



UNIVERSIDAD DE CHILE

Universidad de Chile.  
Facultad de arquitectura y urbanismo.  
Departamento de Diseño



# Metodología de prótesis personalizada: aplicación de caso amputación transmetatarsiana.

Tesis para optar al título de Licenciatura en Diseño con mención Diseño Industrial.

Profesor guía: Mauricio Tapia.

Postulante: Esteban Ramirez G.

Fecha: 01-03-2020.

## Agradecimientos:

A Mauricio Tapia, por todos sus consejos durante este proceso.

A aquellos que fueron parte del equipo de trabajo por su buena disposición.

A mi Osa preferida, por su apoyo y paciencia.

A todos los que me ensaaron desde el inicio de mi formación académica.

Dedicado a mi Padre Gabriel, mi Madre Sonia y mi hermana Gabriela, que gracias a su apoyo hoy estamos aquí.

“La primera condición de un diseñador es saber escuchar” – Alberto Corazón.

## Índice:

índice de imágenes: .....	14
Resumen / Abstrac: .....	18
Alcance del proyecto: .....	20
Cap. 1.- Antecedentes del caso:.....	23
1.1.- Antecedentes sobre las amputaciones en nuestro país: .....	24
1.1.1.- Discapacidad o movilidad reducida:.....	24
1.1.2.- Amputaciones en Chile: .....	26
1.2.- ¿Qué es la protésica en 3D?:.....	28
1.3.- Amputaciones:.....	31
1.3.1.- Definición de amputación:.....	31
1.3.2.- Amputación de miembro superior: .....	31
1.3.3.- Amputación de miembro inferior: .....	31
1.3.4.- Amputación transversal:.....	32
1.3.5.- Desarticulaciones:.....	32
1.3.6.- Etapas de una amputación:.....	32
1.3.7.- Factores y contexto:.....	34
1.3.8.- Equipo tras una amputación: .....	36
1.4.- Prótesis:.....	39

1.4.1.- Prótesis estética.....	39
1.4.2.- Prótesis mecánica: .....	39
1.4.3.- Prótesis de bajo impacto.....	39
1.4.4.- Prótesis de medio impacto: .....	40
1.4.5.- Prótesis de alto impacto: .....	40
1.4.6.- Prótesis de alta gama o biónicas: .....	40
1.4.7.- Elementos básicos de una prótesis: .....	40
1.5.- Elaboración de una prótesis:.....	43
1.5.1.- Elaboración de prótesis de forma artesanal:.....	43
1.5.2.- Elaboración de prótesis en base a impresión 3D:.....	43
1.5.3.- Elaboración de prótesis en base a sistema digitales como Rodin 4D:.....	44
1.5.4.- Elaboración de prótesis de alta gama: .....	44
1.5.5.- Malky: Diseño e implementación de una prótesis parcial de mano personalizada:.....	45
1.5.6.- Metodología para el diseño de prótesis médicas, utilizando tecnologías asistidas por computadora: .....	46
1.5.7.- Fabricación de un prototipo de una prótesis de miembro inferior transtibial mediante tecnologías aditivas de acuerdo con las medidas antropométricas del paciente:.....	47
1.5.8.- Manual de fabricación prótesis SYME con ventana medial: .....	48
1.6.- Objetivos de la metodología:.....	51

1.6.1.- Objetivo General:.....	51
1.6.2- Objetivo específico: .....	51
1.7.- Conclusiones del capítulo: .....	52
2.- Cap.2.- Metodología de prótesis personalizada:.....	55
2.1.- Libros guía: .....	56
2.1.1.- Metodología de la investigación, 6ta edición de Roberto Sampieri:.....	56
2.1.2.- Anexo Metodología de la investigación, 6ta edición de Roberto Sampieri, Capitulo 4, Estudio de caso: .....	57
2.1.3.- Diseño y desarrollo de productos, quinta edición de Ulrich y Eppinger: .....	58
2.1.4.- Creando Valor a través del Diseño de Servicios, Figueroa. B, Mollenhauer. K, Rico. M, Salvatierra. R, Wuth. P, Escuela de Diseño, PUC:.....	58
2.2.- Tipos de investigación metodológica: .....	60
2.2.1.- Metodología de datos cuantitativos: .....	60
2.2.2.- Metodología de datos cualitativos:.....	60
2.2.3.- Metodología de datos mixtos: .....	61
2.2.4.- Selección del diseño de método mixto: .....	62
2.2.5.- Diseño anidado concurrente de varios niveles (DIACNIV): .....	62
2.3.- Funciones del diseño: .....	63
2.3.1.- Función practica del diseño: .....	63
2.3.2.- Función estética del diseño:.....	64
2.3.3.- Función simbólica del diseño: .....	65

2.3.4.- Las funciones indicativas:.....	67
2.3.5.- El Diseño metafórico:.....	68
2.3.6.- El diseño emocional: .....	69
2.4.- Esquema metodológico: .....	71
2.4.1.- Niveles metodológicos:.....	73
2.4.2.- Línea de desarrollo criterios de protetización: .....	73
2.4.3.- Factores del amputado: .....	74
2.4.4.- Identificación de las necesidades: .....	74
2.4.5.- Oportunidad de diseño: .....	74
2.4.6.- Requerimientos y especificaciones: .....	74
2.4.7.- Síntesis de criterios de protetización: .....	75
2.4.8.- Línea de desarrollo criterios de diseño: .....	75
2.4.9.- Análisis del usuario: .....	75
2.4.10.- Parámetros formales: .....	75
2.4.11.- Carácter o estilo del usuario: .....	76
2.4.12.- Criterios de diseño: .....	76
2.4.13.- Proceso general de Diseño:.....	76
2.4.14.- Criterios de Diseño y protetización: .....	76
2.4.15.- Marco metodológico asociado al caso de estudio:.....	77
2.4.16.- Generación conceptual: .....	77

2.4.17.- Prototipado:.....	78
2.4.18.- Producto final: .....	78
2.5.- Conclusiones del capítulo: .....	79
Cap.3.- Aplicación metodológica: .....	81
3.1.- Caso de estudio: .....	82
3.2.- Antes de la amputación: .....	82
3.2.1.- Factor Físico:.....	82
3.2.2.- Factor Psicológico: .....	83
3.2.3.- Factor Económico: .....	83
3.2.4.- Factor Social: .....	83
3.3.- Después de la amputación:.....	84
3.3.1.- Factor físico: .....	84
3.3.2.- Factor Psicológico: .....	85
3.3.3.- Factor económico: .....	85
3.3.4.- Factor Social: .....	86
3.4.- La Marcha del usuario: .....	87
3.4.1.- Postura erguida:.....	87
3.4.2.- Análisis de la marcha del usuario descalzo:.....	88
3.4.3.- Análisis de la marcha del usuario en utilización de calzado:.....	89
3.4.4.- Zona plantar del amputado:.....	91

3.4.6.- Contextos donde el usuario utiliza calzado .....	95
3.4.7.- Contexto en casa: .....	95
3.4.8.- Contexto al movilizarse:.....	95
3.4.9.- Contexto en trabajo:.....	96
3.4.10.- Recurso N°1 Arquetipo de Usuario: .....	97
3.4.11.- Recurso N°2 Mapa de empatía: .....	98
3.5.- Criterios de protetización y necesidades del usuario: .....	99
3.5.1.- Recurso N°3: Matriz comparativa factor versus problemática: .....	99
3.5.2.- Recurso N°4. Esquema asociativo, Problemática versus necesidad:.....	101
3.5.3.- Recurso N°5. Identificación de las necesidades específicas:.....	102
3.5.4.- Recurso N°6. Clasificación de las necesidades específicas identificadas en el contexto del usuario: .....	104
3.5.5.- Recurso N°7. Cuestionario de validación:.....	105
3.6.- Oportunidades de diseño: .....	106
3.6.1.- Recurso N°8: Identificación de las oportunidades de diseño a través de una matriz comparativa:.....	107
3.6.2.- Recurso N°9. Síntesis y evaluación de las oportunidades de Diseño: .....	109
3.7.- Requerimientos y especificaciones: .....	111
3.8.- Síntesis de los criterios de protetización:.....	113
3.8.1.- Recurso N°11 Mapa de actores:.....	114
3.8.2.- Recurso N°12 Validación y síntesis de los criterios de protetización: .....	115

3.9.- Criterios de Diseño y estilo del usuario: .....	117
3.9.1.- Recurso N°13 Brandboard:.....	118
3.9.2.- Recurso N°14 Moodboard: .....	119
3.9.3.- Recurso N°15 Coolboard:.....	120
3.9.4.- Recurso N°16 Análisis de parámetros formales:.....	122
3.9.5.- Criterios de diseño para el caso de estudio:.....	127
3.10.- Criterios de Protetización y Diseño: .....	129
3.10.1.- Recurso N°17 Elaboración de los “Criterios de diseño y protetización”: ....	130
3.10.2.- Representación estética-funcional de los criterios a través del calzado:....	132
3.10.3.- Aumento del confort en el miembro residual a través de la corrección postural en la marcha: .....	132
3.10.4.- Mejorar la distribución de cargas, puntos de presión y equilibrio presentes en la zona plantar: .....	133
3.10.5.- Delimitar las incidencias de los actores en la elaboración protésica, separando variables antropométricas y estético-formales en la propuesta conceptual: .....	133
3.11.- Marco teórico asociado al caso de estudio: .....	135
3.11.1.- Biomecánica del pie: .....	135
3.11.2.- Flexoextensión plantar:.....	135
3.11.3- Flexo extensión dorsal: .....	135
3.11.4.- Ejes del pie:.....	136
3.11.5.- Eversión e inversión:.....	136

3.11.6.- Bóveda plantar:.....	137
3.11.7.- El caminar: .....	138
3.11.8.- Fase de contacto inicial (CI): .....	139
3.11.9.- Fase inicial de apoyo o de respuesta a la carga (AI): .....	139
3.11.10.- Fase media del apoyo (AM):.....	139
3.11.11.- Fase Final de apoyo (AF): .....	139
3.11.12.- Fase previa de la oscilación: .....	140
3.11.13.- Fase inicial de oscilación: .....	140
3.11.14.- Fase media de la oscilación:.....	140
3.11.15.- Fase final de la oscilación:.....	140
3.11.16.- El calzado protésico: .....	142
3.11.17.- Para pie diabético con componentes específicos:.....	142
3.11.18.- Calzado balancín retrocapital:.....	143
3.11.19.- Zapato de cala alta o caja amplia: .....	143
3.12.20.- Calzado protésico con realce y componentes específicos: .....	143
3.12.21.- Componentes de un pie protésico: .....	144
3.12.22.- Proceso de confección: .....	146
3.12.23.- Plantilla de medidas antropométricas del amputado:.....	150
3.12.24.- Conclusiones del marco teórico asociado al caso de estudio: .....	151
3.13.- Generación conceptual:.....	154

3.13.1.- Aclarar el problema: .....	156
3.13.2.- Buscar soluciones de manera externa e interna al equipo de trabajo:.....	157
3.13.3.- Recurso N°18 Tabla resumen información obtenida de manera externa: ..	157
3.13.4.- Información obtenida de forma interna:.....	163
3.13.5.- Explorar Sistemáticamente: .....	167
3.13.6.- Recurso N°19.- Matriz comparativa problema solución conceptual:.....	168
3.14.- Proceso de elaboración conceptual: .....	171
3.14.1.- Principales referentes formales: .....	171
3.14.2.- Generación de un árbol conceptual a través de la utilización de un mapeo en muro:.....	175
3.15.- Prototipado digital y validación de las propuestas conceptuales: .....	179
3.15.1.- Propuesta zapatilla: .....	181
3.15.2.- Propuesta zapato Formal:.....	182
3.15.3.- Propuesta Crocs:.....	183
3.15.4.- Propuesta Plantilla pie plano: .....	184
3.15.5.- Propuesta plantilla pie cavo:.....	185
3.15.6.- Propuestas de color y diferencial semántico:.....	186
3.16.- Producto Final: .....	190
3.16.1.- Zapatilla digital:.....	191
3.16.2.- Zapato digital: .....	192
3.16.3.- Croc Digital: .....	193

3.16.4.- Plantillas: .....	194
3.16.5.- Medidas antropométricas:.....	195
3.16.6.- Modelos Impresos: .....	196
Cap.4.- Termino de la aplicación metodológica: .....	197
4.1.- Conclusiones generales: .....	197
4.2.- Discusiones:.....	201
4.3.- Proyecciones:.....	204
5.- Referencias Bibliográficas:.....	205
6.- Anexos:.....	211

## Índice de imágenes:

- Ilustración 1: Población de personas declaradas con discapacidad versus población de personas declaradas sin discapacidad. Fuente: Estudio Nacional de Discapacidad 2015. SENADIS, Gobierno de Chile, Pág. 63. .... 24
- Ilustración 2: Cantidad de personas con discapacidad por tramos de edad. Fuente: Estudio Nacional de Discapacidad 2015. SENADIS, Gobierno de Chile, Pág. 64. .... 25
- Ilustración 3: Características clínicas de pacientes con deficiencia congénita o amputación antes de los 18 años, actualmente entre 25 y 65 años el 2013. Fuente: Instituto Teletón Santiago. .... 26
- Ilustración 4: Mano protésica 3D Cyborg Beast. Fuente: “Funcionalidad de prótesis de mano impresa en 3D en adolescentes con amputación congénita parcial de mano: Una serie de casos”, Rev. chil. pediatría. vol.91 no.3 Santiago jun. 2020 ..... 28
- Ilustración 5: Práctica de agarre de una prótesis de miembro superior impresa en 3D. Fuente: <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/protesis-en-impresiones-en-3d-en-colombia-101964>..... 30
- Ilustración 6: Niveles de amputación. Fuente: Personas con amputación, guía de rehabilitación, Universidad tecnológica de Pereira, programa de Medicina y Cirugía, programas de salud III, 2013..... 31
- Ilustración 7: Amputación Transtibial. Fuente: imagen proporcionada por Isabel, (Primer caso de estudio)..... 33
- Ilustración 8: equipo multidisciplinario asociado a la rehabilitación de un amputado. Fuente: [https://www.abc.es/salud/enfermedades/abci-cirugia-elimina-dolor-fantasma-amputados-201812272000\\_noticia.html](https://www.abc.es/salud/enfermedades/abci-cirugia-elimina-dolor-fantasma-amputados-201812272000_noticia.html)..... 36

- Ilustración 9: Prótesis mecánica transfemoral. Fuente: <https://www.ottobock.es/protesica/miembro-inferior/articulaciones-de-rodilla/.....> 39
- Ilustración 10: Prótesis biónica Biom. Fuente: <https://steemit.com/spanish/@flamingirl/reporte-tecnologico-51-es-este-el-futuro-de-las-piernas-roboticas.....> 40
- Ilustración 11: Prótesis elaborada de forma Artesanal. Fuente: <https://www.estrategiaynegocios.net/lasclavesdeldia/873573-330/nicaragua-v%C3%ADctimas-de-minas-enfrentanapat%C3%ADa-y-burocracia.....> 43
- Ilustración 12: Oscar Pistorius y sus prótesis de alto rendimiento. Fuente: <https://wlvdigital.files.wordpress.com/2013/09/pistorius-cheetah-flex.jpg.....> 44
- Ilustración 13: Prótesis terminada para su uso, “Manual de fabricación, prótesis SYME con ventana media”, Programa de rehabilitación física CIRC, Suiza, 2013. .... 48
- Ilustración 14: Metodología de la Investigación Sampieri.R..... 57
- Ilustración 15: Diseño y desarrollo de productos, Ulrich.K y Eppinger. S. .... 58
- Ilustración 16: Diseño anidado concurrente de varios niveles (DIACNIV), Sampieri. R, Metodología de la investigación, 6ta edición, pag.564. .... 62
- Ilustración 17: “Soy edición Limitada”, muestra de un producto de diseño personalizado, Fuente: Ramirez. E..... 63
- Ilustración 18: Exprimidor electrónico, muestra de un producto de diseño. Fuente: Ramirez. E..... 69
- Ilustración 19: Mapa de síntesis de Hallazgos, fuente: Creando valor a través del diseño de servicios, pag.63. .... 74
- Ilustración 20: mapa de análisis de problemas, fuente: Creando valor a través del diseño de servicios, pag.64. .... 75
- Ilustración 21: matriz de necesidades versus métricas, fuente: Diseño y desarrollo de productos, pag. 99..... 77

- Ilustración 22: Árbol conceptual para la generación y mapeo ideas o áreas. Fuente: Diseño y Desarrollo de productos, Ulrich. K y Eppinger. S. Pag. 134. .... 78
- Ilustración 23: Espacio de trabajo del caso de estudio. Fuente: Elaboración propia. .. 82
- Ilustración 24: Miembro residual del amputado. Fuente: Elaboración propia. .... 84
- Ilustración 25 comparación frontal y ortogonal de ambos miembros inferiores del caso de estudio. Fuente: elaboración propia..... 87
- Ilustración 26: Marcha del usuario con pie descalzo: Fuente: Elaboración propia. .... 88
- Ilustración 27: Marcha del usuario con pie calzado. Fuente: Elaboración propia..... 89
- Ilustración 28: Comparación de huellas, marcha sana versus marcha del caso de estudio. Fuente: Elaboración propia..... 91
- Ilustración 29: Comparación de huellas, marcha sana versus marcha del caso de estudio. Fuente: Elaboración propia..... 92
- Ilustración 30: Grados de deformaciones plantares. Fuente: <http://www.ortopedicosdinky.com/patoinfante.shtml> ..... 94
- Ilustración 31: Estado de las extremidades inferiores del caso de estudio. Fuente: Elaboración propia.....100
- Ilustración 32: Comparación frontal de los miembros inferiores del usuario. Fuente: Elaboración propia.....110
- Ilustración 33: objetos representativos seleccionados por el usuario. Fuente: imágenes proporcionadas por Google imágenes. ....121
- Ilustración 34: biomecánica del pie. Fuente: <http://www.tecnicadecarrera.com/la-biomecanica-del-pie-y-su-relacion-con-la-tecnica-de-carrera/> .....136
- Ilustración 35: bóveda plantar y puntos del arco plantar. Fuente: <https://es.slideshare.net/dtcf/biomecnica-del-pie> .....137
- Ilustración 36: fases de la marcha, balanceo y oscilación. Fuente: [https://www.goconqr.com/es/p/5797526?dont\\_count=true&frame=true&fs=true](https://www.goconqr.com/es/p/5797526?dont_count=true&frame=true&fs=true).138

- Ilustración 37: calzado protésico de caña alta con velcro. Fuente: <http://www.elautenticoortopedico.com/>.....142
- Ilustración 38: calzado ortopédico con balancín. Fuente: <http://www.elautenticoortopedico.com/>.....143
- Ilustración 39: partes de un calzado protésico. Fuente: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-elaboracion-del-molde-escayola-toma-13083633> .....145
- Ilustración 40: elaboración de un calzado protésico con escayola. Fuente: <https://www.alamy.es/imagenes/fabricaci%C3%B3n-de-calzado.html> .....147
- Ilustración 41: Generación conceptual paso a paso. Fuente: Diseño y desarrollo de producto, Ulrich. K y Eppinger. D, pag. 122.....154
- Ilustración 42: Elementos de un calzado. Fuente: <https://www.mashoe.es/noticias/las-partes-de-un-zapato> .....172
- Ilustración 43: Suela de aire comprimido. Fuente: <https://blog.jdsports.es/tecnologia-nike-air-camaras-de-aire/> .....173
- Ilustración 44: nike air zoom vaporfly, referente directo para suela. Fuente: <https://www.seplook.com/search/nike-alphafly-next-percent> .....174
- Ilustración 45: metodología de desarrollo conceptual a través del muro. Fuente: elaboración propia.....175
- Ilustración 46: desglose del problema y referentes conceptuales. Fuente: elaboración propia .....175
- Ilustración 47: análisis morfológico de la forma. Fuente: elaboración propia .....176
- Ilustración 48: Propuesta conceptual. Fuente: Elaboración propia .....177

## Resumen / Abstrac:

En Chile existe una gran cantidad de personas declaradas con alguna instancia asociada a discapacidad, actualmente denominada “movilidad reducida” o “capacidades diferentes”, según el CENSO realizado en nuestro país en 2015 existen 2,9 millones de personas que presentan dificultades en su cotidiano y de estas cerca de un 37% de estas presenta problemas asociada a su movilidad, por este contexto se plantea intervenir las condiciones de usuarios cuya necesidad principal es la solución de problemáticas asociadas a una amputación, a través de la generación de una **prótesis personalizada**. Para esto se formula una metodología basada en procesos de investigación y el Diseño y desarrollo de productos o servicios.

La metodología para elaboración de prótesis personalizadas inicia con la definición del equipo de trabajo junto a la inclusión del usuario, con esto se desarrollaran dos instancias de análisis, primero se levantarán los criterios de protetización en base al contexto del usuario y los factores físicos, psicológicos, sociales y económicos de este, junto a la observación del muñón y el tipo de prótesis proyectual que sea necesaria generar, la segunda instancia aborda la identificación de los parámetros formales para formular el carácter o estilo del usuario, para incluir las funciones propias del diseño entre el proceso

creativo (práctica, estética, simbólica) y ser representadas en el carácter de la prótesis. A partir de la síntesis de estos dos contextos se formularán los “Criterios de Diseño y Protetización” concepto principal de la metodología, ya que con ellos se iniciará el proceso de diseño y producción de la prótesis personalizada.

Este proceso presenta un modelo de investigación mixta y un diseño metodológico de niveles anidados, los cuales fueron adaptados para generar niveles de investigación, con cada resultante validada por el usuario se generará un nuevo nivel metodológico sintetizando cada vez más la información hasta generar los “Criterios de Diseño y Protetización”, que serán los requerimientos para iniciar la propuesta conceptual que de origen al prototipo y el producto final.

Palabras Clave / keywords: Prótesis, Prótesis personalizada, Diseño de productos, Metodología, Amputación Transmetatarsiana, Estudio de caso.

## Alcance del proyecto:

El siguiente documento presenta la formulación, desarrollo y aplicación metodológica para la generación de una prótesis personalizada en base al contexto identificado en un estudio de caso, cuya principal finalidad es desarrollar los niveles metodológicos y a través de la vinculación y aplicación de recursos sintetizar y validar tanto variables, problemáticas, oportunidades de diseño, “criterios de diseño y prototización”, propuestas conceptuales y terminar con la generación de un prototipo por lo bajo de carácter digital. Uno de los principales inconvenientes para tener en cuenta durante este proceso es que todas las fuentes consultadas fueron en repositorios académicos online o internet (debido a la contingencia sanitaria actual). Una variable importante a definir antes de aplicar la metodología es el tamaño del equipo con el cual se trabaja (para la aplicación metodológica es equipo es el estudiante, el profesor guía y el usuario), además de definir cuál será la incidencia de cada actor en cada nivel metodológico, el producto resultante de la metodología siempre será definido por el equipo y los actores que influirán en cada caso específico, es por esto que en este documento y dado los resultados obtenidos, la generación de un calzado termina con las propuestas digitales y las medidas antropométricas en una ficha descriptiva, listas para entregarlas a un zapatero ortopedista profesional, el cual genere la propuesta de calzado (para la mayoría de los resultados es

necesaria la intervención de un tercero que sea profesional en la construcción final de la prótesis, debido a la gran cantidad de variables sensibles que deben ser aplicadas para minimizar los problemas secundarios que el uso de esta pueda provocar en el amputado) por lo que el fin de la metodología es desarrollar la prótesis en base a la identificación de todas las problemáticas y variables del usuario vinculadas a las funciones del diseño (práctica, simbólica y estética), y relacionar a dicha prótesis personalizada como producto de diseño.

El repositorio de documentos complementarios se puede encontrar en el siguiente enlace de Google Drive.

(<https://drive.google.com/drive/folders/18qMSYv4ALZJu-4KJ1fHkfAOFU3rAXI-J?usp=sharing>),

durante el desarrollo del documento se citaran elementos específicos con el fin de que el lector pueda profundizar en cada tema que sea de su interés.

La metodología está basada en la generación de un producto a través de métodos aplicables al diseño de productos y servicios, además de basarse en un modelo de investigación mixta (el cual será explicado más adelante). Cuenta con un repositorio en donde se entregan 4 textos bases por los cuales se formuló la metodología, además de contar con 12 documentos que contienen toda la información desarrollada y explicada en más detalle desde el proceso de IBM (investigación de base memoria) y las preentregas de título (todo desarrollado durante dos semestres académicos). Por ultimo mencionar que la metodología se basó en un principio en un caso de estudio

de amputación transtibial, pero a pocos meses de concluir el trabajo y antes de realizar la aplicación metodológica el usuario decidió dejar el proyecto por problemas de salud física y mental, generando una iteración en el proceso y necesaria aplicación a un caso de estudio el cual se pudiera validar, por esto se presentará una amputación transmetatarsiana (como caso de estudio en esta metodología) y no en una transtibial como se muestra hasta la “Entrega 5” dentro de la carpeta “Documentos de título” del repositorio complementario a esta entrega.

## Cap. 1.- Antecedentes del caso:

La formulación de la metodología surge luego de varias iteraciones en la investigación realizada tanto el proceso de IBM como en el transcurso de título, pero desde el inicio el propósito (por motivaciones personales) era trabajar con prótesis y las áreas de salud, por lo que este capítulo podremos encontrar:

- Antecedentes sobre las personas con movilidad reducida en nuestro país.
- Prótesis impresas en 3d y sus características.
- Amputaciones y sus factores.
- Protésica y sus factores.
- Metodologías aplicadas a la elaboración de prótesis.
- Objetivos generales y específicos.

La información complementaria la podemos encontrar en las entregas 1, 2 y 3 del repositorio “Documentos IBM” y entregas 2 y 3 de “Documentos de Título”

### 1.1.- Antecedentes sobre las amputaciones en nuestro país:

*“De acuerdo con el II Estudio Nacional de la Discapacidad el 16,7% de la población de 2 y más años se encuentra en situación de discapacidad, es decir 2 millones 836 mil 818 personas.”*- Servicio Nacional de la Discapacidad (SENADIS), CENSO 2015, Chile.

1.1.1.- Discapacidad o movilidad reducida: SENADIS es una de las principales organizaciones del gobierno Chileno encargado de abordar las problemáticas de los habitantes que presentan algún tipo de discapacidad o movilidad reducida, la cifra anteriormente descrita se basa en los resultados obtenidos de un CENSO realizado en el 2015 del cual se generó el estudio “Segundo Estudio Nacional de la Discapacidad, ENDISC II – 2015”, presentando porcentajes más acertados correspondientes a habitantes de nuestro país, en este estudio se identifican que 2.836.818 habitantes poseen algún tipo de discapacidad lo que equivale al 16,7% total de la población, al ser agrupados por sexo se establece que de este total el 20,3% son mujeres (1.764.192 de 8.683.448 habitantes mujeres) y un 12.9% pertenecientes al sexo masculino (1.072.626 de 8.307.889 habitantes hombres). De la población adulta un 11,7% presenta discapacidad moderada (1.523.949 habitantes) versus un 8,3% discapacidad severa (1.082.965 habitantes), mientras que en



Ilustración 1: Población de personas declaras con discapacidad versus población de personas declaras sin discapacidad. Fuente: Estudio Nacional de Discapacidad 2015. SENADIS, Gobierno de Chile, Pág. 63.

Tramo de edad	PsSD		PeSD		Total	
	N	%	N	%	N	%
2 a 17 años	3.733.281	94,2	229.904	5,8	3.963.185	100
18 a 29 años	2.836.051	92,9	215.351	7,1	3.051.402	100
30 a 44 años	2.613.812	88,7	332.077	11,3	2.945.889	100
45 a 59 años	2.991.349	78,3	828.861	21,7	3.820.210	100
60 años y más	1.980.026	61,7	1.230.625	38,3	3.210.651	100
<b>Total (2 años y más)</b>	<b>14.154.519</b>	<b>83,3</b>	<b>2.836.818</b>	<b>16,7</b>	<b>16.991.337</b>	<b>100</b>

Ilustración 2: Cantidad de personas con discapacidad por tramos de edad. Fuente: Estudio Nacional de Discapacidad 2015. SENADIS, Gobierno de Chile, Pág. 64.

las poblaciones menores a 18 años se presentan en un 5,8% (total de 229.904 habitantes entre 2 a 17 años) siendo el 7,2% del total de hombres discapacitados (144.208 habitantes) y 4,4% de mujeres (85.696 habitantes). Con lo anterior podemos establecer que la gran cantidad de personas que declaran poseer algún tipo de

discapacidad pertenecen en su mayoría a personas mayores de 18 años, mientras que pese a ser un porcentaje menor con respecto al total existen más de 200.000 menores declarados con discapacidad, identificándose así una gran cantidad de complicaciones asociadas a la discapacidad, en este mismo estudio SENADIS declara que de este 16,7% de personas que presentan alguna movilidad reducida se segmentan según las siguientes áreas y porcentajes:

- Dificultad física o de movilidad: 36,9%
- Dificultad visual: 11,9%
- Dificultad auditiva: 8,2%
- Dificultad mental o intelectual: 5,4%
- Dificultad psiquiátrica: 4,1%
- Dificultades del habla: 3,7%

Mientras que el resto de las personas se declara con algún tipo de discapacidad leve.

1.1.2.- Amputaciones en Chile: la falta de movimiento, o la restricción de actividades no solo puede darse por algún tipo de discapacidad motriz, por el contrario, algunas de estas pueden ser provocadas por amputaciones (las cuales serán definidas más adelante en profundidad) y según algunos registros podemos encontrar:

- La ACHS (Asociación Chilena de Seguridad) posee un registro dado en el año 2015, el cual establece que una cantidad de 291 personas fueron operadas por algún tipo de amputación, siendo el principal motivo de esto accidentes laborales relacionadas a la mala práctica de herramientas eléctricas, correspondiente al 52% del total. (Ficha 97, Alerta de seguridad accidente grave, Estadísticas N°2 de accidentes con consecuencia de amputación traumática 2015, ACHS)
- El Hospital Barros Lucos y el Doctor Gabriel Seguel a través de la revista médica de Chile indican un registro de que aproximadamente se realizan más de 2.000 amputaciones anuales por Diabetes Mellitus. (¿Por qué debemos preocuparnos

Característica	n	%
<b>Total</b>	61	100,0
<b>Etiología</b>		
Deficiencia congénita	42	68,9
Adquirida traumática	10	16,4
Adquirida tumoral	9	14,8
<b>n de extremidades comprometidas</b>		
1 extremidad superior	24	39,3
1 extremidad inferior	24	39,3
2 extremidades	11	18,0
4 extremidades	2	3,3
<b>Edad amputación (años)</b>		
Nacimiento	39	63,9
1 a 5	10	16,4
5,1 a 13	8	13,1
13,1 y más	4	6,6
<b>Presencia de dolor</b>		
Sí	16	26,2
No	45	73,8
<b>Nivel de amputación</b>		
Proximal EESS	6	9,8
Distal EESS	16	26,2
Proximal EEII	17	27,9
Distal EEII	10	16,4
Longitudinal EESS	5	8,2
Longitudinal EEII	5	8,2
Proximal 4 extremidades	2	3,3
<b>Uso de prótesis</b>		
Sí	39	63,9
No	22	36,1
<b>Uso de prótesis (h/días de la semana)<sup>a</sup></b>		
7 o más horas/7 días	34	87,2
7 o más horas/5 ó 6 días	3	7,7
Ocasional	2	5,1

Ilustración 3: Características clínicas de pacientes con deficiencia congénita o amputación antes de los 18 años, actualmente entre 25 y 65 años el 2013. Fuente: Instituto Teletón Santiago.

del pie día bético? Importancia del pie diabético, Revista médica de Chile, Seguel. G, Rev. med. Chile vol. 141 no. 11 Santiago Nov. 2013).

- El hospital Hernan Henríquez Aravena de Temuco en un estudio comprendido entre los años 2004 a 2008 registro cerca de 892 cirugías de amputación, de las cuales 143 fueron asociadas a la perdida de dedos en miembro superior por mala manipulación de herramientas eléctricas. (Amputación de extremidades superiores: caracterización epidemiológica, Contreras Bizama. J, Rev Chilena Salud Pública 2010; Vol 14 (2-3): 417-463).

Como se puede observar tanto la discapacidad, movilidad reducida y las amputaciones son parte del cotidiano de una gran cantidad de personas en nuestro país, por lo que involucrarse en esta área puede ser relevante, tanto a nivel nacional, personal e inclusive académico.

## 1.2.- ¿Qué es la protésica en 3D?:



Ilustración 4: Mano protésica 3D Cyborg Beast. Fuente: "Funcionalidad de prótesis de mano impresa en 3D en adolescentes con amputación congénita parcial de mano: Una serie de casos", Rev. chil. pediatría. vol.91 no.3 Santiago jun. 2020

Actualmente en Chile el desarrollo protésico ha dado que decir, especialmente en el área de desarrollo asociada a las tecnologías CAD/CAM en donde a través del modelado digital, el escaneo de cuerpos, la impresión 3D en resina y en MDF, y gracias al apoyo de algunas universidades, se empeñan en generar una prótesis "funcional" a bajo costo, pero lejos de la ayuda que esta presenta, no siempre es adecuada para el uso diario. El análisis de esta prótesis de bajo costo radica principalmente en cómo son elaboradas o cuál es su "finalidad", dentro de la información obtenida

la principal motivación para su construcción es devolver la movilidad de un miembro amputado o una mal formación congénita, el área principal de desarrollo radica en las ingenierías, donde el mecanismo es la principal parte intervenida, dejando de lado lo que es la estética del producto, la significancia y nulas variables de personalización.

En la Revista Chilena de Pediatría el Laboratorio de Ortesis y prótesis del instituto Teletón junto a la Universidad de Nebraska Omaha y la universidad Autónoma de Chile ([https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-41062020000300410](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062020000300410))

presentan un estudio donde estudiaron las reacciones de 5 individuos menores de 17 años a los cuales se le facilito una mano protésica impresa en 3d con cierta capacidad de movimiento y agarre, las conclusiones de este estudio fueron:

- Existe una mejora en el aprendizaje del movimiento pero que a su vez no fue incrementada paulatinamente, debido a las limitaciones de la misma prótesis, tanto el agarre como el movimiento de la extremidad no fueron totalmente aceptados por los participantes.
- Después de un tiempo algunos de los participantes dejaron de lado la prótesis debido a que podían realizar sus actividades diarias de mejor manera solo con el miembro residual.
- Al malograrse la prótesis si bien su arreglo era sencillo dependían netamente de la entidad que producía las piezas, por lo que este apartado no se vio solucionado, dependiendo del fabricante.
- Para un usuario femenino las prótesis no resultaban atractiva, debido a que su color como su tamaño no reflejaba ni su entidad ni la simetría corporal, por lo que las medidas antropométricas eran estándar y no personalizadas.

Para más información consultar entrega N°1 IBM “Antecedentes identificados en prótesis de miembro Superior”. Pág. 6 a 12 en recursos en línea.

Ramírez. E – 01-03-2020.

- La fuerza de agarre de la mano no cumplía con algunas actividades básicas como agarrar vasos de agua, no poseía antideslizante y tampoco se podía controlar de manera adecuada.
- Se establece que esta pieza protésica elaborada en 3d serviría para casos de amputación en infantes, los cuales estarían en una etapa de conocer su cuerpo, con esto, las habilidades compensativas podrían desarrollarse a temprana edad y no como algunas que ya están acomodadas al cotidiano de usuarios con años de experiencia, donde incluso su amputación fue aceptada dentro de su vida.



Ilustración 5: Practica de agarre de una prótesis de miembro superior impresa en 3D. Fuente: <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/protesis-en-impresiones-en-3d-en-colombia-101964>

Como se pudo observar el desarrollo protésico en base a tecnologías de impresión 3d no es un mal recurso para la elaboración de prótesis, especialmente si estas se centran en mejorar la simetría corporal del usuario y las condiciones estéticas, mientras que la parte funcional de la misma queda al debe en una gran cantidad de aspectos, debido a que las funciones de una extremidad son bastante complicadas y deben ser emuladas desde el control de fuerzas hasta movimientos independientes en las articulaciones, proponiendo así la prótesis en impresión 3d como un producto estético más que funcional.

### 1.3.- Amputaciones:

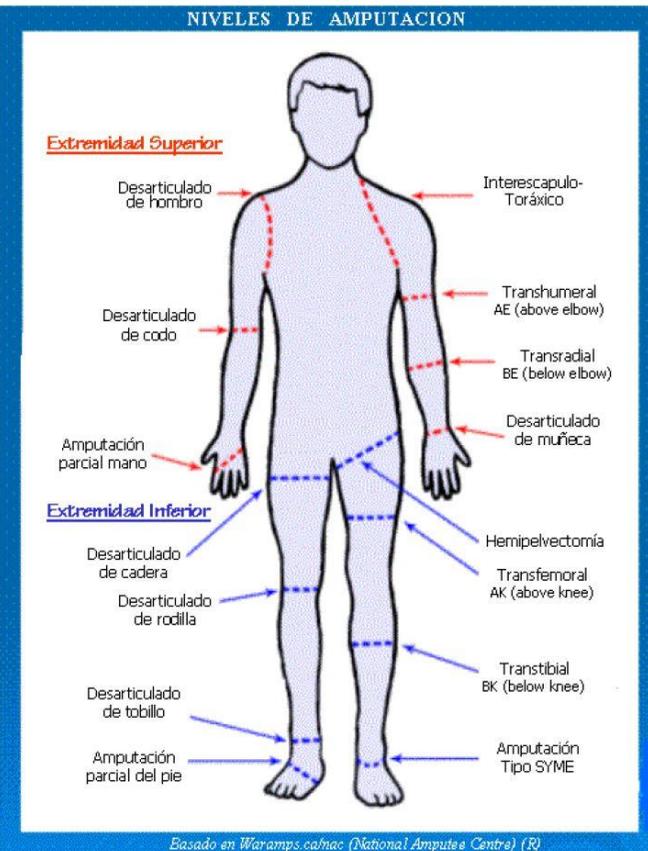


Ilustración 6: Niveles de amputación. Fuente: Personas con amputación, guía de rehabilitación, Universidad tecnológica de Pereira, programa de Medicina y Cirugía, programas de salud III, 2013.

1.3.1.- Definición de amputación: una amputación es el resultado generado a partir de una intervención quirúrgica realizada en una extremidad o parte de ella, realizada por diversos motivos, entre los que se encuentran, malformaciones de nacimiento, patologías asociadas al mal cuidado del estado de salud (diabetes, por ejemplo) u ocurridas por algún tipo de traumatismo (accidentes de tránsito o mal manejo de herramientas eléctricas).

1.3.2.- Amputación de miembro superior: Se cataloga como amputación de miembro superior a toda amputación comprendida entre las falanges de la mano y el hombro de un paciente, algunas de estas pueden ser la desarticulación de hombro o transfemoral.

1.3.3.- Amputación de miembro inferior: son todas las amputaciones producidas entre la cadera y los metatarsianos de los pies, algunas de estas pueden ser la amputación transtibial o la desarticulación de cadera.

1.3.4.- Amputación transversal: son todas aquellas amputaciones producidas de formas transversal a un segmento de la articulación, como la transfemoral, o transmetatarsiana.

1.3.5.- Desarticulaciones: aquellas amputaciones realizadas en una articulación de la extremidad, dígase como desarticulación de tobillo o rodilla.

1.3.6.- Etapas de una amputación: la amputación no es solo acción quirúrgica realizada por un especialista médico, si no una condición la cual será llevada durante el resto de la vida, y complementada en el mejor de los casos con una prótesis correspondiente a las necesidades del usuario, con esto la amputación es una serie de instancias que involucran:

- Antes de la amputación: dependiendo del caso y el estado en que llegue la extremidad a cirugía, lo ideal es preparar al paciente para la amputación, dándole una serie de consejos y advirtiéndole todo el proceso por el cual pasará, introduciendo tanto las problemáticas de movimiento, como las soluciones del mercado para afrontar su nueva condición, las cuales se sugiere plantearlas como habilidades diferentes antes que discapacidad.
- Durante la amputación: proceso quirúrgico muy importante que consta de la remoción del segmento o articulación de la extremidad, aunque además de este proceso depende la calidad del muñón que quedará para la futura integración de la

Para más información consultar entrega N°3 IBM “Re-Inserción laboral de personas amputadas a través del delivery y el ciclismo urbano.”. Pág. 4

Ramírez. E – 01-03-2020.

prótesis, por lo que una mala operación puede incurrir en un muñón mal formado, en el cual se vuelva a realizar una intervención quirúrgica.

- Después de amputación: en este proceso son introducidos los primeros cuidados que el paciente debe tener con su miembro residual, especialmente la colocación de vendaje para dar forma al muñón, el cuidado de la piel, y no dejar que la masa muscular baje produciendo una atrofia en la extremidad.
- Rehabilitación: en este proceso se le enseñan los procesos físicos que debe mantener un amputado para el cuidado del miembro residual, especialmente en los factores físicos por los cuales el cuerpo debe pasar, realizar actividad física, inclusive la incorporación de una prótesis que devuelva el movimiento del cuerpo.
- Desarrollo de habilidades compensativas: las habilidades compensativas de un amputado se desarrollarán en base a las necesidades que surjan en su nuevo contexto, las cuales abordan principalmente el cómo su espacio de trabajo se verá afectado, y el cómo se modifique su instancia en casa, algunos necesitarán volver a caminar, otros necesitarán volver a correr, e inclusive algunas personas dispondrán de prótesis especiales que les permitan ejercer alta actividad física.



Ilustración 7: Amputación Transtibial. Fuente: imagen proporcionada por Isabel, (Primer caso de estudio).

### 1.3.7.- Factores y contexto:

“La amputación genera un impacto psicológico importante en la persona afectada en casos de amputaciones traumáticas, es incluso más intensa, pues llega inesperadamente alterando la estabilidad de la persona. En caso de amputaciones quirúrgicas, la persona tiene más tiempo para prepararse psicológicamente para afrontar la situación.” (Tavera, 2014).

Fishman en 1961 postula cinco grandes áreas en las cuales el contexto del amputado se verá afectado, área física, cosmética, comodidad personas, vocacional y económica, social y familiar, pero para la aplicación de la presente metodología estas áreas se resumen en cuatro factores determinantes, los cuales son:

Como se verá más adelante el correcto análisis de los factores asociados al contexto del usuario generará las bases para la formulación de los criterios de protetización.

- Factor físico: son todas aquellas afecciones producidas en el cuerpo del amputado, tanto médicas (en el carácter de la salud) como en la postura, debido a que al poseer una amputación normalmente los niveles de actividad física descienden lo que aumenta la posibilidad del desarrollo de enfermedades crónicas y una disminución de la masa muscular, junto a que en algunos esta misma puede provocar un

desequilibrio en el centro de masa en el cuerpo, lo que genera afecciones posturales en el amputado.

Para introducir de manera más extensa los factores del amputado revisar la “Entrega N°1 de IBM” y la “Entrega N°1 de Título” disponibles sus respectivos directorios en los recursos en línea.

- Factor psicológico: son todos los aspectos mentales que involucran una amputación, como el desarrollo de patologías conocidas como dolor fantasma. En estas situaciones el amputado percibe dolores o sensaciones que no existen, lo que puede provocar estados de estrés, también se vincula el cómo se siente personalmente luego de sufrir la amputación.
- Factor económico: son todas las complicaciones que puede tener el amputado dentro de su calidad económica, principalmente asociadas al trabajo y como este debe sustentarse durante su rehabilitación y en el caso de no poder volver a ejercer, estas complicaciones generalmente desembocan en la búsqueda de nuevas habilidades que permitan la reinserción laboral.
- Factor social: son todas aquellas sensaciones asociadas a como el usuario se siente tanto intrapersonal como extra personal, en relación con sus pares, debido a que su nueva cotidianidad incluye la falta de una extremidad, el amputado puede sentirse diferente, observado, e inclusive el cómo se viste puede afectar su cotidianidad.

Como se verá más adelante el análisis de estos factores para el caso de estudio es de suma importancia, ya que en base a estos se elaborarán los criterios de protetización necesarios para la formulación de la prótesis personalizada.

1.3.8.- Equipo tras una amputación: el equipo multidisciplinario tras la amputación es un determinante importante para el proceso de rehabilitación, ya que con su guía el amputado podrá volver a realizar actividades y volver a la normalidad en su cotidiano, la calidad del muñón y el cuidado de la piel deben ser tratados desde un inicio para la incorporación de una futura prótesis. Este equipo es formulado por:

- Cirujano: es el encargado de diagnosticar y formular la amputación a aplicarle al paciente, de él depende en como resulte la cirugía y como esta se realice para la futura formación del muñón.
- Fisioterapeuta: es el encargado de mantener el cuidado de las articulación sana y residual del paciente, además de encargarse de cierta parte de la rehabilitación, le enseña al amputado como mantener el movimiento de las extremidades para evitar la atrofia muscular.

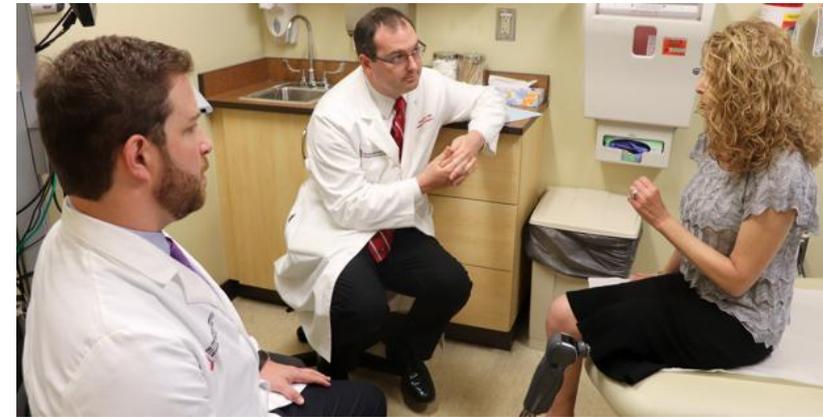


Ilustración 8: equipo multidisciplinario asociado a la rehabilitación de un amputado. Fuente: [https://www.abc.es/salud/enfermedades/abci-cirugia-elimina-dolor-fantasma-amputados-201812272000\\_noticia.html](https://www.abc.es/salud/enfermedades/abci-cirugia-elimina-dolor-fantasma-amputados-201812272000_noticia.html)

- Enfermera: es la primera persona en cuidar el miembro residual luego de amputación, enseñando como vendar la extremidad residual para dar un mejor cuidado y forma al muñón resultante.
- Protesistas: es el encargado de sugerir y elaborar una prótesis adecuada para el amputado, dando tanto consejos de funcionalidad como de confort para el miembro residual. El proceso protésico fue la principal área en donde se observó la intervención del proceso de Diseño.
- Amputado: el actor principal para el proceso de rehabilitación, de él depende que tan bien sane el miembro residual, poniendo énfasis en el autocuidado y la perseverancia puede resultar un proceso ideal para recuperarse tras la amputación.

La rehabilitación no es un proceso sencillo para el amputado, partiendo por el hecho de aceptar la nueva realidad, se aprende a convivir con la amputación y se desarrollan los planes futuros para solventaran entre algunas cosas, problemas económicos, cuidar los cambios físicos que se ven detectados, como se percibe, como se siente y como trata su alrededor, son entre algunos factores decisivos que determinan la estabilidad del cotidiano. Al asimilar estos nuevos cambios, al intentar desarrollar nuevas habilidades compensativas, es como se va transformando y mejorando el diario vivir, pero en la mayoría de los casos es necesario la inclusión de una prótesis, el volver a caminar, el volver

Ramírez. E – 01-03-2020.

a correr, volver a conducir, son situaciones que pueden ser comunes para la gente sana pero para un amputado estas actividades básicas pueden producir dificultades, es por esto que se encuentra necesario abordar una prótesis personalizada en base a las necesidades encontradas tras el análisis del contexto del amputado.

#### 1.4.- Prótesis:

Las prótesis se definen como un instrumento cuya finalidad es la recuperación de un miembro amputado, dígase a partir de una función motriz y movimiento, o a partir de una habilidad específica que se desee desarrollar. Dentro de las clasificaciones de prótesis podemos encontrar:

1.4.1.- Prótesis estética: son todos aquellos dispositivos protésicos cuya finalidad es devolver la simetría corporal al amputado, generalmente estas no tienen un uso mecánico debido a que son elaboradas en base resina como copia simétrica del miembro sano. Podemos encontrar por ejemplo prótesis de dedos, de brazos e incluso de orejas.

1.4.2.- Prótesis mecánica: dispositivos de carácter complejo que buscan devolver la movilidad perdida de un amputado, ayudando al desarrollo de habilidades compensativas según las aspiraciones o necesidades.

1.4.3.- Prótesis de bajo impacto: prótesis mecánica que permite devolver al amputado una parte del movimiento perdido en la amputación, este tipo de prótesis se utiliza además para actividades de bajo impacto como caminar, recomendado generalmente para personas adultas.



Ilustración 9: Prótesis mecánica transfemoral. Fuente: <https://www.ottobock.es/protesica/miembro-inferior/articulaciones-de-rodilla/>

Ramírez. E – 01-03-2020.

1.4.4.- Prótesis de medio impacto: se sugiere el uso de prótesis de impacto medio cuando un amputado realiza actividades físicas casuales de bajo impacto, como trotar o montar un vehículo, ya que se necesita un aumento en el mecanismo funcional de la prótesis.

1.4.5.- Prótesis de alto impacto: prótesis especializada utilizada generalmente por deportistas destacados o personas que demanden una gran carga de movimiento al realizar una actividad, podemos encontrarnos con prótesis para correr, alpinismo, natación entre otras.

1.4.6.- Prótesis de alta gama o biónicas: son las prótesis donde su alto desarrollo tecnológico permite al usuario poder utilizarlas en diferentes contextos, especialmente adecuándose a demandas más altas de coordinación motriz, un ejemplo de estas son las Biom (transtibial) desarrolladas por Hage Her, estas prótesis poseen sensores que permiten al usuario realizar una serie de actividades físicas en diferentes tipos de suelos, adaptándose a la marcha del amputado.

1.4.7.- Elementos básicos de una prótesis: en la gran mayoría de las prótesis tanto de miembro inferior como superior, y que son elaboradas con fines de movimiento mecánico podemos encontrar una serie de elementos básicos:



Ilustración 10: Prótesis biónica Biom. Fuente:  
<https://steemit.com/spanish/@flamingirl/reporte-tecnologico-51-es-este-el-futuro-de-las-piernas-roboticas>

- Encaje: es una capa polimérica que entra en contacto con la piel, protege y cuida al muñón de las cargas distribuidas al ejercer fuerzas.
- Socket: estructura que recubre al encaje y protege al muñón del exterior, se encuentra generalmente antes de una articulación y permite la amortiguación de las cargas del cuerpo sobre el muñón.
- Suspensión: su finalidad es reducir el daño producido en el muñón, estas suspensiones pueden ser mecanismos de sujeción como correas, o válvulas de succión que impiden movimientos innecesarios cercanos al muñón.
- Articulación: mecanismo de la prótesis cuya función es permitir y emular el movimiento perdido entre los segmentos de la extremidad, como por ejemplo mecanismos de rodilla o codo.
- Componentes: son aquellos elementos estructurales que actúan como soporte y distribuidores de cargas, emulan lo ocurrido en el segmento faltante de la extremidad, y según la característica de la prótesis pueden ser estructuras endoesqueleticas o exoesqueleticas.
- Fundas cosméticas: son aquellos elementos ocupados para dar tanto estética como forma biológica a las prótesis mecánicas, utilizadas generalmente como recubrimiento.

- Dispositivos Terminales: son aquellos elementos o dispositivos que buscan emular la constitución y forma biológica en un extremo de la prótesis, como por ejemplo un dispositivo terminal de manos o pies, y su función depende de la demanda física por parte del amputado.

Si bien podemos establecer que existen diferentes tipos de prótesis según los requerimientos de actividad por parte del usuario, podemos observar que esta clasificación se basa en si querer o no una prótesis con movimiento y cuál será el grado de actividad asociada a esta, la mayoría de los componentes elaborados para dichos requerimientos físicos mezclan las diferentes resistencias que estas estructuras deben tener para dicho soporte de cargas y distribución de fuerzas, grandes empresas como Ottobock o Össur, presentan catálogos extensos para una “personalización” de los componentes pero que a su vez cada uno de estos elementos son clasificados para el tipo de requerimiento físico, estableciendo una prioridad en su función antes de poder generar un usuario una personalización en base a su carácter como persona.

Si el lector decide profundizar en todas los tipos y características de diferentes prótesis (inclusive como pieza de arte) se sugiere revisar “Entrega N°3” de Título disponible en los recursos en línea.

### 1.5.- Elaboración de una prótesis:

Como antecedentes fueron consultados todo lo relacionado con los procesos de elaboración de una prótesis, tanto desde la perspectiva académica, grandes empresas e inclusive de forma artesanal, identificando las principales características de cada proceso, además de esto fueron consultados casos cuya premisa era la elaboración de prótesis personalizada, pero como se nombró anteriormente, podremos observar tanto la perspectiva medica como de la ingeniera.

1.5.1.- Elaboración de prótesis de forma artesanal: la forma de elaborar este tipo de prótesis radica en la toma y generación de moldes de yeso, las cuales al obtener el negativo del miembro residual y realizar un proceso de vaciado en yeso se obtiene una réplica del muñón, trabajando sobre esta superficie, generalmente se ocupan siliconas, tubos de aluminio y madera para la elaboración de cada una de las piezas, estas prótesis son recomendadas para un uso de bajo impacto físico o de uso estético.

1.5.2.- Elaboración de prótesis en base a impresión 3D: como se mencionó en el apartado anterior el uso de las tecnologías CAD/CAM ha ayudado



Ilustración 11: Prótesis elaborada de forma Artesanal.  
Fuente:  
<https://www.estrategiaynegocios.net/lasclavesdeldia/873573-330/nicaragua-v%C3%ADctimas-de-minas-enfrentanapat%C3%ADa-y-burocracia>

bastante a la fabricación de prótesis de bajo costo, las cuales tienen como finalidad ayudar a recuperar el movimiento del miembro perdido, pero su uso prolongado genera problemáticas, tanto en la mantención de la pieza como el casi nulo control de fuerzas sobre el mecanismo, se sugiere que este tipo de elaboración pueda ser destinado a prótesis con funciones estéticas.

1.5.3.- Elaboración de prótesis en base a sistema digitales como Rodin 4D: este es un sistema CAD/CAM ocupado actualmente por el instituto Teletón en Santiago, es un brazo robotizado que a través de un fresado genera moldes en espuma de alta densidad para la generación de prótesis. Su proceso inicia con la toma del muñón a través de un escáner, digitalizando esta pieza a tamaño real, se corrige con el control de superficies y luego se fresa a través del brazo mecánico. El fin de este mecanismo es dejar de lado el proceso artesanal de sacar los negativos con moldes de yeso (reduciendo el peso) además de generar un proceso más cómodo para el amputado.

1.5.4.- Elaboración de prótesis de alta gama: el desarrollo de alta gama se centra principalmente en el requerimiento físico que desea aplicar sobre la prótesis, estas generalmente se ocupan para deportes paraolímpicos o donde el usuario busca tener un soporte de cargas adecuado que le permita generar una buena postura y equilibrio, al observar una de estas prótesis podemos ver que las estructuras están



Ilustración 12: Oscar Pistorius y sus prótesis de alto rendimiento. Fuente: <https://wlvdigital.files.wordpress.com/2013/09/pistorius-cheetah-flex.jpg>

mejoradas para la actividad física y las materialidades presentan una resistencia mayor (fibra de carbono), un ejemplo conocido de estas son las Flex-Foot Cheetah, ocupadas por Oscar Pistorius en los juegos paraolímpicos de Londres 2012.

Al consultar documentos los cuales postulaban estudio de casos reales, las necesidades que identificaban en el usuario radicaban en cual miembro de su cuerpo había sido amputado, o mas bien consultaban las medidas antropométricas del mismo, en ninguna metodología consultada se encontró por ejemplo una paleta de colores que representara al usuario.

1.5.5.- Malky: Diseño e implementación de una prótesis parcial de mano personalizada: Trabajo de tesis para optar a la Licenciatura de Diseñador Industrial propuesta por Pérez. F y Moll. S, año 2018 en la Pontificia universidad católica del Perú, este documento fue consultado para observar los métodos utilizados para elaborar la prótesis en base los requerimientos de un usuario en particular, las observaciones encontradas postulan:

- El mecanismo fue elaborado en base a tecnologías de impresión 3D por lo cual, si bien existe movimiento, no pueden ser controladas las fuerzas aplicadas sobre este.
- La articulación de muñeca es la encargada de ejercer fuerzas por lo que el control de esta es limitado al no existir un segmento largo posterior.
- Como producto de diseño no presenta una composición armónica, predominando solo función antes que lo estético y lo simbólico.

- Los problemas identificados son solo de movimiento, no se presentó un análisis de su contexto ni su cotidiano, tampoco se levantó una entidad representativa del usuario.

1.5.6.- Metodología para el diseño de prótesis médicas, utilizando tecnologías asistidas por computadora: tesis de grado de doctor en Diseño, y es presentado por Romero. I, en la Universidad autónoma Metropolitana, de la división de ciencias y artes para el Diseño, en septiembre de 2016. Este documento fue consultado para observar los métodos que ocupa un diseñador con experiencia al presentar una tesis doctoral, además de presentar una prótesis para cadera, las observaciones exponen:

- La metodología ocupada se basa en la obtención de un modelo digital de la cadera del paciente a partir de una resonancia magnética, con esto se puede obtener el hemisferio sano de la cadera y reflejarlo para conseguir un simétrico ideal, por lo que la elaboración de la prótesis se basa en que tan bien se puede parametrizar un cuerpo a través de un modelo generado a partir de resonancias.
- Si bien se presenta una metodología en base a las necesidades de un paciente, el principal actor del proceso es el cirujano que realizara el implante, debido a que la

identificación de las medidas es realizada y corregida en torno al especialista médico.

- La prótesis se elabora netamente en torno a la funcionalidad como producto, debido a que esta sería una prótesis por debajo de la piel.
- La aplicación metodológica del caso es especializada, debido a que es necesario el manejo de información en diferentes especialidades tanto medicas como ingenieriles.

1.5.7.- Fabricación de un prototipo de una prótesis de miembro inferior transtibial mediante tecnologías aditivas de acuerdo con las medidas antropométricas del paciente:

Este documento elaborado por Velazco. M, trabajo de grado orientado a la solución de un problema de ingeniería, desarrollado en la universidad Santo Tomás ubicada en Bogotá, consultado con el fin de observar los procesos de producción asociados a impresoras de resinas, en donde se prioriza la alta resolución al ser un mecanismo de impresión fotosensible, la información encontrada propone:

- La utilización de prototipado rápido por parte de la impresión 3d, ya que al ser precisa se minimizan los errores métricos del prototipado.
- Los antecedentes se presentan en base a requerimientos del usuario, estudio de mercado e ingeniería inversa para la producción de la prótesis.

Ramírez. E – 01-03-2020.

- Se basa en una prótesis catalogada como de mediana actividad, lo que limita el problema a optimizar el rendimiento previo de la referencia, generando solo una mejora en la marcha del paciente.
- La producción el prototipo se limita solo a la experimentación de cargas propuestas por la impresión 3d, al no trabajarse con materiales reales no existe un correcto análisis de fuerzas y cargas.

1.5.8.- Manual de fabricación prótesis SYME con ventana medial: Este documento pertenece al programa a la rehabilitación física del comité internacional de la Cruz Roja en Ginebra Suiza, elaborado en el año 2013. Principalmente muestra una forma artesanal de elaborar una prótesis, de este documento se identifica:

- La elaboración de esta prótesis se realiza con materiales comúnmente utilizados, por lo que no existe una exploración de este, su principal característica es la duración de la estructura frente al uso diario por parte del amputado.
- La metodología propone pasos de “fácil” aplicación, debido a que las materialidades mostradas son accesibles en el mercado.
- Se elabora un negativo del muñón como primer paso, para luego trabajar sobre esta pieza en yeso.



Ilustración 13: Prótesis terminada para su uso, “Manual de fabricación, prótesis SYME con ventana media”, Programa de rehabilitación física CIRC, Suiza, 2013.

Ramírez. E – 01-03-2020.

- Se genera a partir de una lámina de Eva de un grosor a definir previamente un cilindro, el cual es calentado a 120 grados y luego es moldeado según las características el muñón.
- La rectificación del mecanismo y la nivelación del pie Sach se realizan con el usuario antes del primer uso.
- El uso recomendado en esta instancia es de bajo impacto físico, debido a que la estructura presenta más una calidad asociada a la estética que la funcional, siendo su principal estructura de carácter exoesqueletica.

Al observar cada una de las formas de elaboración de una prótesis, se infiere que independiente de la forma de producción que tienen estas, ya sea artesanal o industrial, con desarrollo o no de materiales, e inclusive con la aplicación de tecnologías asociadas a la biónica, el principal objetivo es la devolución del movimiento de la extremidad perdida, con ello y observando los diferentes casos vistos anteriormente, pese a que el usuario es incluido dentro de proceso de producción, los requerimientos siguen siendo de movimiento, no se identifica a la prótesis como producto o como producto de diseño, dejando de lado en su gran mayoría el componente estético, la significancia y el simbolismo que una prótesis puede producir en el usuario, en ninguna se trabaja con el impacto emocional, psicológico o social del amputado y la utilización de la prótesis, solo se

identifica una mejora funcional a un costo reducido, o más bien una optimización del material para que la estructura y la distribución de cargas sea más óptima, esto nos conlleva a postular que, si la necesidad de movimiento es la principal razón por la cual utilizar una prótesis.

## **1.6.- Objetivos de la metodología:**

### 1.6.1.- Objetivo General:

- Desarrollo de una metodología que permita la generación de una prótesis personalizada en base al análisis del contexto del usuario para el desarrollo de habilidades compensativas.

### 1.6.2- Objetivo específico:

- Diseño de niveles metodológicos que permitan una síntesis de información aplicable a los recursos presentes en la metodología.
- Desarrollo e incorporación de recursos que permitan la validación de cada nivel.
- Incorporación de las funciones del diseño como método para la fabricación de una prótesis como producto personalizado

### **1.7.- Conclusiones del capítulo:**

En nuestro país cerca del 16% del total de habitantes se declara poseer algún tipo de discapacidad o movilidad reducida (alrededor de 2.9 millones de personas) de esta cantidad cerca de 1 millón se declara tener problemáticas asociadas a la movilidad, con esto podemos darnos cuenta que trabajar con personas con habilidades diferentes es una buena oportunidad de diseño, no solo por las demandas de trabajo, si no que las soluciones actuales, si bien se centran estas necesidades de movimiento, no siempre son lo que la persona necesita, en el caso de las amputaciones, las cuales tampoco poseen un porcentaje bajo en nuestro país (predominando las cirugías por diabetes o traumatismos por mal manejo de herramientas eléctricas), nos muestran la posibilidad de que una gran cantidad de habitantes tenga problemáticas asociadas a la reinserción laboral, a la búsqueda de nuevas habilidades compensativas que mejoren su factores económicos e inclusive, que el uso de las prótesis actuales puedan generar patologías que afecten de manera negativa a su cotidianidad, es por esto que al revisar la literatura asociada al contexto de un amputado podemos inferir que:

- El análisis del contexto en el usuario: al hacer parte de un proceso de desarrollo al usuario, no solo se deben incluir las necesidades de movimiento que este posee,

restablecer la simetría corporal si bien es importante, es necesario analizar en profundidad los factores del amputado, como se siente físicamente, psicológicamente, económicamente y socialmente, además de vincular estos factores a una posible nueva habilidad compensativa que complemente sus actividades diarias, con esto se puede obtener información valiosa que provocara que la prótesis a generar pueda tener dentro de su elaboración soluciones a problemáticas que inclusive el mismo usuario no identificaba.

- Estética y funcionalidad: al elaborar un producto de diseño en base a las necesidades y el carácter del usuario, su base serán parámetros identificables a partir de procesos en los cuales el mismo usuario se vea involucrado, con esto podemos asociar y nivelar aspectos funcionales, estéticos y simbólicos de un producto y conducirlos a una prótesis personalizada.
- Prótesis y su elaboración: La elaboración de una prótesis no es un proceso sencillo, pero si dependiendo de con que fabricante hablemos, podremos obtener una de carácter estandarizado, donde la principal personalización es la funcionalidad de cada uno de los componentes en base a requerimientos estructurales, dígame máximo de peso, estrés del material, mejora de los mecanismos articulares, entre otros, con esto si bien podemos generar una prótesis adecuada para la actividad de

alto impacto, dejamos de lado la estética del producto, proporcionando al usuario un objeto que no refleja su propia identidad.

Luego de lo expuesto en el capítulo, podemos inferir que la elaboración de una metodología que permita la generación de una prótesis personalizada en base a las necesidades identificadas en el contexto de un amputado, puede ser de gran importancia, debido a que al hablar de una prótesis, se habla de un usuario, pero no se profundiza en todas las necesidades que este puede tener, o que el movimiento sea la principal habilidad compensativa que desee desarrollar, dejando sin solucionar los inconvenientes relacionados a los factores identificables en su cotidiano.

## 2.- Cap.2.- Metodología de prótesis personalizada:

Luego de identificar las posibles oportunidades de diseño a partir del análisis del contexto de las personas con movilidad reducida, en específico, amputaciones y prótesis, además del casi inexistente análisis del contexto del amputado, se decide elaborar una metodología en base a los procesos de desarrollo presentes en el diseño de productos y servicios, los cuales a partir de las líneas de desarrollo, **factores del amputado**, y **parámetros formales** del usuario, se generaran los “criterios de Diseño y Protetización” concepto principal de la metodología, cuya aplicación en un caso real resultará en una prótesis personalizada. En este capítulo podremos ver:

- Libros guía para la aplicación de recursos y métodos.
- Tipo de investigación metodológica y objetivos.
- Funciones del diseño.
- Mapa esquemático de la metodología:
- Niveles metodológicos:

## **2.1.- Libros guía:**

Durante el desarrollo metodológico es necesario incluir una serie de pasos, los cuales al seguir cierto orden en su aplicación generaran resultados coherentes, si bien estos deben ser validados, la sucesión correcta en la aplicación metodológica permite relacionar mejor la información, reduciendo la posibilidad de errores a partir de información no incluida o no encontrada. Para esto es necesario consultar el cómo se maneja una investigación y como se aplican métodos y recursos en el diseño de productos y servicios, para la presente metodología se decide trabajar con los siguientes libros digitales, los cuales estarán disponibles en los recursos en línea anexados con la memoria, para que el lector pueda consultar tanto otros recursos como formas de aplicar la información. Estos libros son:

2.1.1.- Metodología de la investigación, 6ta edición de Roberto Sampieri: este libro postula el cómo se debe abordar una investigación, pero desde un inicio se demuestra que toda investigación tanto cualitativa como cuantitativa es flexiva en su desarrollo metodológico (se establece además que el campo en donde se desarrolló la investigación será determinante ya que es diferente el resultado esperado tanto en una investigación científica, una de mercado o una en el área de la psicología), con lo anterior se presentan desde diferentes perspectivas el cómo abordar un caso cuantitativo, un caso cualitativo y un caso mixto, indicando diferentes metodologías de aplicación según el tipo de variable a

obtener, un libro completo que guía de buena manera al lector que desee realizar una investigación pura.

2.1.2.- Anexo Metodología de la investigación, 6ta edición de Roberto Sampieri, Capítulo 4, Estudio de caso: en este anexo, como capítulo complementario al libro principal se nos da a conocer todo lo relacionado con la investigación de un caso específico, haciendo referencia a la posibilidad de acotar el caso a un individuo, o expandirlo a un caso específico con un común en una población, para ello además muestra el cómo a través de la aplicación de metodologías mixtas se pueden diferenciar los diferentes niveles de datos obtenidos y como mezclar tanto datos cualitativos como cuantitativos, una de las aplicaciones más destacadas es como a partir de un dato (sea cualitativo o cuantitativo) y su resultado se puede elaborar una investigación por niveles, donde el resultado inicie una sub investigación acotando así cada vez la problemáticas, por ultimo mencionar que en este anexo también se introducen la intervención del usuario y la formulación de prototipos al nexa metodológico.

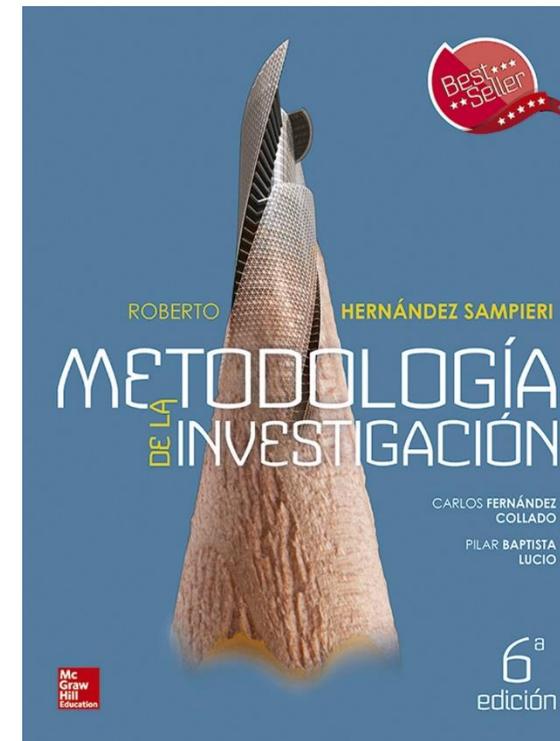


Ilustración 14: Metodología de la Investigación Sampieri.R



2.1.3.- Diseño y desarrollo de productos, quinta edición de Ulrich y Eppinger: este libro sugiere una metodología y su aplicación al cómo a través de una serie de procesos y la aplicación de recursos se puede formular el desarrollo de un producto o servicio, en base a la identificación de oportunidades, si bien se puede observar una mezcla interdisciplinar en su aplicación, debido a que la base del proceso es un equipo con integrantes especialista en diferentes áreas, incluyendo diseño, ingeniería, marketing, publicidad, economía, etc. Pero con respecto a los niveles metodológicos expuestos se puede entender y extrapolar dichos procesos a un caso desde la perspectiva del diseño. Los niveles metodológicos que expuestos indican un proceso simple en donde a través de la investigación y la aplicación de ideas e inferencias desarrolladas por el equipo, se generará una base sólida de información que permita a través de la síntesis de problemáticas, variables y contextos, una generación contextual adecuada, y esta a su vez permita la producción de un prototipo que después de ser validado se elabore como producto.

2.1.4.- Creando Valor a través del Diseño de Servicios, Figueroa. B, Mollenhauer. K, Rico. M, Salvatierra. R, Wuth. P, Escuela de Diseño, PUC: este libro elaborado desde la perspectiva del diseño, nos sugiere una serie de métodos y recursos aplicables a que lo es

el diseño de servicios, en base a la identificación de una oportunidad, extrapolando cada una de los recursos y aplicaciones metodológicas a nuestro caso de estudio, se puede analizar de buena manera el cómo organizar la información encontrada, distribuyéndola tanto en matrices como fichas descriptivas, inclusive validando la información con el uso de entrevistas y cuestionarios. Una de las premisas más destacable de este libro es lo conocido como “mapa de actores” el cual identifica los “profesionales y áreas” necesarios para solucionar las problemáticas del usuario, relacionando como y cuando un especialista debe ser consultado según el nivel en el cual metodológicamente nos encontremos desarrollando.

## 2.2.- Tipos de investigación metodológica:

Metodología de la investigación de Sampieri presenta una serie de directrices para realizar una investigación, las cuales se elaboran según el tipo de dato que se desee obtener, incorporando además un diseño metodológico, que determina el cómo obtener el dato y guiar los pasos de la investigación, generando así tres tipos de investigaciones distintas:

2.2.1.- Metodología de datos cuantitativos: este tipo de investigación tiene como finalidad demostrar la veracidad de un interrogante, postulado o hipótesis a través de obtención de datos cuantificables o

escalables basado en datos numéricos, la intención de este modelo es analizar la realidad de forma objetiva, a través de inferencias precisas y resultados claros y contundentes. Generalmente podemos encontrar este tipo de investigación en reportes científicos, donde las variables escalables son más precisas.

2.2.2.- Metodología de datos cualitativos: se refiere al análisis de información subjetiva referente a un caso de estudio, en donde a través de diferentes métodos y recursos, el investigador obtiene datos a través de la extracción de significados a partir de un contexto o situación dada, en este tipo de investigación se concluyen realidades no secuenciales ni

La aplicación metodológica de prótesis personalizada esta basada y modificada a partir de un modelo de niveles anidados, esto quiere decir que por cada resultante se acota la información resultando en un nuevo subnivel, mezclando los datos encontrados a partir del contexto del usuario. Dependerá del equipo la selección del tipo de dato que se deseará investigar.

cuantificables de manera objetiva, debido a que lo obtenido se relaciona directamente con los objetivos o cuestionamientos previos al proceso aplicado en la investigación, resultando además en un proceso no secuencial de actividades, ya que dichos resultados pueden generar más interrogantes, incurriendo en una iteración en la aplicación metodológica.

### 2.2.3.- Metodología de datos mixtos:

“La meta de la investigación mixta no es reemplazar a la investigación cuantitativa ni a la investigación cualitativa, sino utilizar las fortalezas de ambos tipos de indagación, combinándolas y tratando de minimizar sus debilidades potenciales.”, Sampieri. R, Metodología de la investigación, 6ta edición, pág. 532.

Metodología que busca la aplicación de datos cualitativos y cuantitativos dentro de una investigación, esto con el fin de trabajar diferentes tipos de variables y sus resultados, especialmente cuando se necesita la obtención de diferentes datos frente a una interrogante o caso de estudio. Para la aplicación de un modelo de investigación mixta podemos encontrar una serie de diseños, los cuales tienen como finalidad mostrar la secuencia de cómo pueden ser aplicados los diferentes recursos para vincular de mejor manera la obtención de datos cualitativos como cuantitativos.

Los procesos de investigación Mixta pueden observarse en el capítulo 4 del libro Metodología de la investigación a partir de la página 531.

2.2.4.- Selección del diseño de método mixto: Sampieri en su libro propone una serie de diseños metodológicos aplicables a una investigación de tipo mixta, se selecciona para la metodología de prótesis personalizada un diseño que relacione dos variables importantes, primero se encuentra necesario el análisis desde los dos puntos de vista, la versatilidad en la obtención de datos, cualitativos para el análisis del contexto del usuario, cuantitativos para validaciones o análisis de estructura y materiales se fuesen necesarios y segundo la generación de nuevos niveles a partir del dato obtenido, estableciéndose así un modelo de diseño con posibilidades de iteración si fuese necesario. Para este caso el diseño seleccionado es el “Diseño anidado concurrente de varios niveles” que se definirá a continuación.

2.2.5.- Diseño anidado concurrente de varios niveles (DIACNIV): Este diseño generar datos de manera intermitente durante la aplicación del estudio, al inferir y dar concluido cada nivel se acota cada vez el estudio o la muestra al generar nuevos subniveles a partir del resultado anterior, alternando el análisis cualitativo o cuantitativo según corresponda.

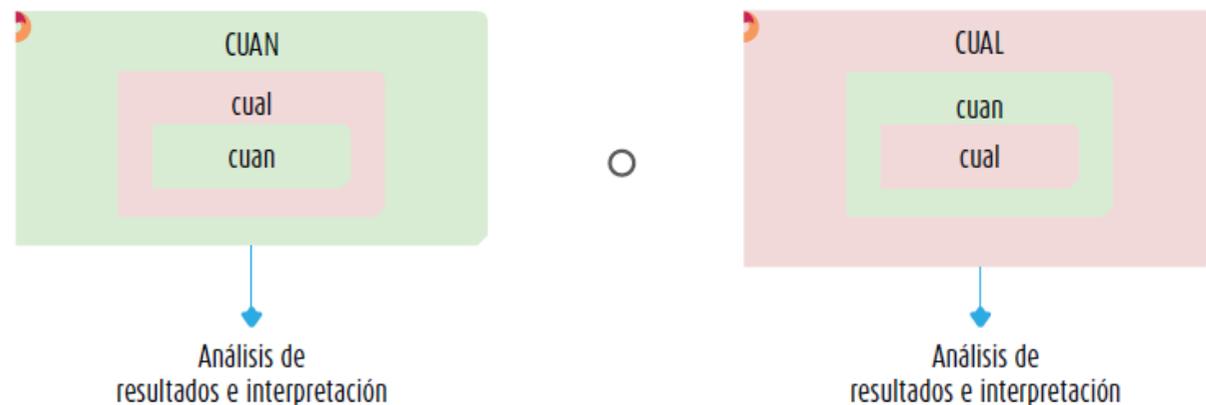


Ilustración 16: Diseño anidado concurrente de varios niveles (DIACNIV), Sampieri. R, Metodología de la investigación, 6ta edición, pag.564.

### 2.3.- Funciones del diseño:

Para la correcta aplicación metodológica y la correcta representación de los “Criterios de diseño y protetización”, es necesario saber equilibrar las funciones del diseño en un producto de carácter personalizado, donde no solo la funcionalidad debe predominar si no a su vez la estética y el simbolismo del producto, la interacción que este debe tener con el usuario, y más cómo se comporta una prótesis con respecto al amputado, categorizándose esta como un producto amigo donde podemos incluso incluir el diseño emocional dentro de la personalización metodológica.

2.3.1.- Función practica del diseño: es aquella función que compromete el funcionalismo mismo del objeto, y como este se comporta durante su uso, se identifica a partir de las necesidades del usuario, consideraciones tanto sociales, culturales, tecnológicas, económicas y ambientales (contexto de amputación, por ejemplo), las cuales deben ser representadas tanto en atributos, criterios o requerimientos. Se relaciona directamente al usuario con los elementos compositivos del producto, haciéndose efectiva la función en el momento de su utilización, generando una satisfacción (de manera eficiente y eficaz), deben



Ilustración 17: “Soy edición Limitada”, muestra de un producto de diseño personalizado, Fuente: Ramirez. E.

considerarse además los factores humanos para el desarrollo funcional (la hapticidad al contacto con el uso).

2.3.2.- Función estética del diseño: es aquella que se relaciona directamente con el gusto, el placer, la sensación y la gran cantidad de parámetros individuales, sociales, culturales e históricos presentes en el contexto del usuario. Con estos criterios se busca la aceptación y el bienestar, junto a lograr una composición adecuada y balanceada de elementos como proporción, estructura y ubicación espacial de las partes que lo conformen. Dentro de esta función podemos hablar además de una percepción sensorial, asociada a una definición de textura, superficie, complejidad, contraste, continuidad, coherencia, color, entre otros, que atraen la atención del usuario con la apariencia y motivan la utilización de este. La percepción estética se vincula directamente con las apariencias perceptibles por los sentidos y como su configuración formal afecta el análisis propio proyectado en el objeto, tanto como al ser parte de una comunidad, poseer hábitos, identidad, etc.

Al ser un producto de uso personal, por ejemplo, la función estética establece además una relación estrecha o de confianza con el usuario, donde estos pasan a ser parte de la vida diaria, también pueden ser nombrados objetos amigos que, inclusive al fallar, romperse o dejar de funcionar (como un celular) puede generar un quiebre en usuario y sentirse traicionado. Dentro de la configuración armónica de estos objetos podemos encontrar,

una percepción visual, composición por contraste de forma, por contraste de colores, por complementariedad, agrupación u orientación de componentes, vale decir es como percibe el usuario la estructura del objeto.

2.3.3.- Función simbólica del diseño: la función simbólica del diseño representa el símbolo, la significancia del objeto para el usuario, sustentado en tradiciones, manifestaciones culturales, rituales, arte, música e inclusive el idioma. Suele no identificarse de manera inmediata, ya que es necesaria una lectura y comprensión del objeto, proyectando el pensamiento a mucho más que el objeto como tal, relacionándose la representación objetiva de la composición con la significancia subjetiva del usuario. Se establece la relación del orden simbólico con el objeto a partir de sensaciones o experiencias previas que son proyectadas en los futuros usos de este, relacionando la analogía de los aspectos de la vida con la percepción sensorial del objeto, buscando una diferenciación de una alta carga simbólica del producto en relación con sus semejantes. Esta transmisión simbólica debe realizarse en base a un carácter representativo, utilizando colores y estructuras tradicionales que son representadas en formas, dicha representación del símbolo incluye además la experiencia, la valoración, la intuición, las normas culturales el comportamiento del usuario e inclusive el factor tiempo puede influir en dicho carácter valorativo, puesto

que esta variable puede influir en el carácter que se le dé al mismo (por ejemplo el concepto de reliquia familiar al ser heredada de generación en generación).

Con todo lo anterior podemos establecer que cada una de las funciones aborda un contexto especial para la formulación de los criterios de diseño, en donde cada una de las variables se verán representadas en la función, la forma y la expresión del objeto hacia el usuario, donde cada una de estas se complementa con otra, la funcionalidad no debe verse entorpecida por la estética ni en sentido contrario, el color y la textura deben representar un simbolismo según criterios del usuario, y el simbolismo puede determinar la forma de utilización del objeto, logrando una armonía entre la función practica reafirmada en la estética, y el simbolismo que es generado en base a referentes formales, estéticos y funcionales, con todo esto el diseñador será el encargado de interpretar la información y nivelar la composición de las diferentes funciones en la composición del objeto.

Dentro del diseño de producto podemos encontrar una serie de aspectos formales que ayudan a la composición y estructuración de un objeto, las cuales, al tenerse en cuenta, nos ayudan a agrupar y formular las necesidades y como solucionarlas a través de formas, estructuras y colores, relacionando con estos aspectos las funciones de diseño antes mencionadas. Vistos de manera introductoria estos aspectos son:

2.3.4.- Las funciones indicativas: son aquellas funciones que nos indican las cualidades del producto, son representadas en la composición formal del producto, y su finalidad es transmitir sensaciones hacia el usuario:

- Delimitación: los componentes se delimitan según forma y contorno haciendo llamativos unos más que otros donde el usuario debería centrarse.
- Contraste: los componentes se diferencian por algún elemento característico, sea color o contraste, por ejemplo.
- Estructuras superficiales: elementos cuya forma irrumpe la continuidad del cuerpo principal, pueden diferenciarse por color, textura o forma.
- Orientación: son aquellos elementos que tiene una representatividad en su uso, ya sea por tamaño, la utilización de flechas, o indicadores de acción.
- Formación de grupos: la continuidad es la principal característica ya que todos los componentes forman un grupo que ayuda a la comprensión de la utilización total del objeto.
- Relación al cuerpo humano: es aquella característica que indica la utilización del objeto correspondiente a la forma del cuerpo, los zapatos y las sillas no se utilizarán en cabezas ni manos.

- Solidez y estabilidad: son aquellos elementos que caracterizan el centro del objeto, o donde debe colocarse el componente, según gravedad, peso, tamaño, apoyo o estructura.
- Versatilidad: diferentes posibilidades de uso de un mismo objeto, según requerimientos del usuario.
- Precisión y manejo: son aquellos elementos que buscan indicar la utilización correcta del objeto por parte del usuario, un buen objeto puede ser usado de forma intuitiva por su forma y distinción.

2.3.5.- El Diseño metafórico: se relaciona directamente con el diseño estético del producto representado a través de conceptos asociados al contexto del usuario, la utilización de estos aspectos tiene como finalidad hacer notorio algo que no lo es, valiéndose de la semejanza o similitud de lo que se conoce con lo que no, este diseño se puede contener aspectos:

- Antropomórficos: se toman las formas del cuerpo humano como línea de desarrollo de forma.
- De lo concreto a lo abstracto: adecua formas de objetos reconocidos a formas abstractas.
- Zoomórfico: utilización de las formas distintivas de animales.

- Histórico: se ocupan formas relacionadas a objetos de tiempos pasados.
- Técnicos: formas identificables en la rama de la ciencia y la tecnología.
- Naturales: se proyectan formas relacionadas a eventos tanto del pasado como actuales en un contexto más cultural.

2.3.6.- El diseño emocional: esta clasificación se basa en lo expuesto según Donald Norman, que propone tres aspectos fundamentales que dirigen las emociones, balanceando la composición según una de carácter representativo, este diseño se puede clasificar en:

- Diseño Visceral: es aquel diseño que se centra en la utilización de una emoción momentánea ligada a la apariencia del objeto, generalmente identificable o asociado al impacto que puede producir lo brillante, lo moderno, lo diferente.
- Diseño de Comportamiento: tiene que ver con la efectividad y el placer producido al ocupar eficientemente el objeto, es decir con el beneficio personal que se obtendrá al manejar el objeto.
- Diseño Reflectivo: se relaciona con el nivel de aceptación producido entre el usuario y el objeto, se establece que esta relación se extiende más que solo a las



Ilustración 18: Exprimidor electrónico, muestra de un producto de diseño. Fuente: Ramírez. E.

características del objeto, ya que este produce otras sensaciones en el usuario, dígase aceptación personal, auto imagen o el estatus producido por la utilización de dicho producto.

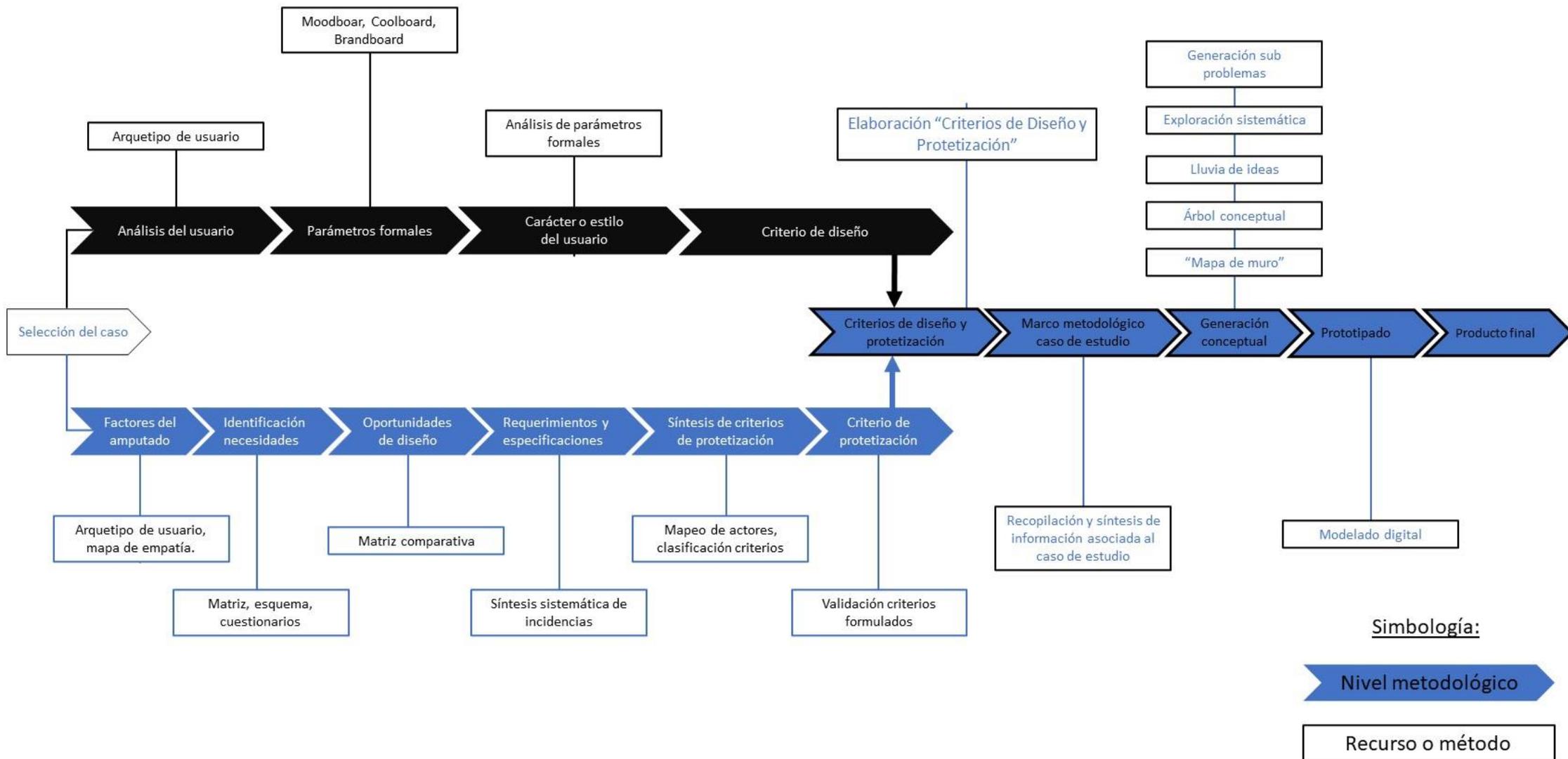
El diseño de producto es una instancia de desarrollo en donde dependiendo de las variables escogidas junto a una composición armónica de las funciones del diseño, proyectan una serie de aspectos formales que se ven representados en la terminación del producto, ya sea en su forma, su estética o su significancia, y como se establece la relación misma con el usuario, vale decir tanto la primera impresión, como su utilización o la incorporación al cotidiano, dichas serán las evaluaciones que realizara el usuario, para determinar si el objeto corresponde a todas las necesidades y gustos que demanda. Para esto podemos seleccionar una serie de criterios formales de desarrollo entre los que están los pertenecientes a las funciones indicativas del diseño, junto a un desarrollo centrado en un diseño metafórico u emocional (entre otros) que son las bases para sentar las relaciones entre el usuario y el objeto.

Toda la información anteriormente ocupada se puede profundizar con el recurso en línea “Diseño, Tecnología e Innovación”, que es un resumen sobre la teoría de las funciones de los objetos, elaborado por Trejos. J para la unidad de diseño de productos.

#### **2.4.- Esquema metodológico:**

Como se ha mencionado hasta ahora el desarrollo metodológico presente en esta memoria se sustenta en una serie de referentes que serán aplicados de manera secuencial, para esto se recopilaron recursos metodológicos que serán adaptados a un caso de estudio, desde un modelo de investigación mixta, un diseño de investigación de niveles concurrentes anidados, y validaciones que serán aplicadas a un caso de amputación transmetatarsiana.

A continuación, se mostrará a modo de esquema como es formulada la aplicación metodológica de una prótesis personaliza, vinculando a cada nivel recursos que pueden ser aplicados, dependiendo de las decisiones que tome el equipo de desarrollo.



2.4.1.- Niveles metodológicos: a continuación mostraran de forma resumida cuales son las principales características de cada nivel metodológico propuestos, como se ha mencionado podemos diferenciar dos líneas de desarrollo que generan los “Criterios de Diseño y Protetización” para luego ser aplicados a un proceso de diseño, que incluye entre otros aspectos la generación de un marco teórico asociado al caso, la generación conceptual de las propuestas, y un desarrollo de prototipado, que para el caso de estudio será digital.

2.4.2.- Línea de desarrollo criterios de protetización: primer apartado de la metodología, este proceso aborda la investigación y el levantamiento de todas las necesidades identificadas en el contexto del usuario, luego a través de estas se formulan las oportunidades de diseño, indicando desde que perspectiva se puede abordar la prótesis personalizada, luego de esto se elaboran los requerimientos y las especificaciones, las cuales tienen como finalidad ordenar las problemáticas y sus posibles soluciones de forma proyectual, sintetizando así los criterios de protetización, que son los requerimientos específicos que el amputado necesita para la correcta elaboración de la prótesis personalizada.

Los recursos postulados en esta metodología son solo una guía para obtener información, ya que dependiendo de las habilidades del equipo de desarrollo es como se debe obtener la información de cada nivel metodológico. Para mas información revisar la entrega N°4 de proyecto de título y las fichas esquemáticas presentadas en el recurso Creando valor a través del diseño de servicios.

2.4.3.- Factores del amputado: como se nombró anteriormente para esta aplicación metodológica, se identifican cuatro factores importantes para el análisis del contexto del usuario, factor físico, psicológico, económico y social, levantando así toda la información necesaria para estudiar el cotidiano del usuario, identificando habilidades compensativas, metas, aspiraciones y preocupaciones entre otros.

2.4.4.- Identificación de las necesidades: luego del análisis del contexto en necesario sintetizar las diferentes necesidades del usuario, validando con el mismo los postulados, con este proceso ya se pueden proyectar las áreas o las variables a intervenir o formular para la generación de la prótesis.

2.4.5.- Oportunidad de diseño: al generar y seleccionar una oportunidad de diseño el equipo de trabajo puede acotar y delimitar tanto el área de trabajo como un posible alcance del proyecto, refinando y seleccionando tanto variables como oportunidades en donde el diseño pueda intervenir.

2.4.6.- Requerimientos y especificaciones: es una síntesis y un desglose de la oportunidad de diseño, observando cada una de las áreas en las que puede intervenir el equipo de trabajo, para solucionar cada uno de los requerimientos identificados.



Ilustración 19: Mapa de síntesis de Hallazgos, fuente: Creando valor a través del diseño de servicios, pag.63.



Ilustración 20: mapa de análisis de problemas, fuente: Creando valor a través del diseño de servicios, pag.64.

2.4.7.- Síntesis de criterios de prototización: se elaboran los criterios de prototización en base a las problemáticas, variables, requerimientos y especificaciones postuladas, con el fin de proyectar cuáles serán los parámetros con los cuales elaborar la prótesis.

2.4.8.- Línea de desarrollo criterios de diseño: para esta segunda línea de desarrollo se determina importante generar lo que es “el carácter o estilo del usuario” el cual se asocia directamente con las funciones del diseño (práctica, simbólica y estética) ya que al identificar los parámetros de los objetos que el usuario utiliza, se pueden representar la significancia de su estilo en un producto, esto con la

finalidad que la prótesis personalizada sea un diseño de producto centrado en el usuario.

2.4.9.- Análisis del usuario: a través del arquetipo de usuario se pueden establecer que tipos de productos y marcas el usuario utiliza (moodboard, brandboard, coolboard), luego se eligen junto a la una muestra de objetos representativos (se sugiere 4 por usuario) para ser analizados en el siguiente nivel.

2.4.10.- Parámetros formales: método que permite a través de un análisis de parámetros, como color, textura, forma, brillo, terminación, entre otros, identificar el carácter o estilo

del usuario, el cual será representado a través de 4 objetos, para luego realizar un análisis de general de estos, identificando así el estilo a aplicar sobre la prótesis.

Para observar como cada recurso fue adaptado para la metodología de prótesis personalizada se sugiere profundizar la entrega N°5 de Título.

2.4.11.- Carácter o estilo del usuario: son las conclusiones obtenidas del análisis de parámetros formales, con ellos se establecen los parámetros a incluir en el desarrollo de la prótesis personalizada.

2.4.12.- Criterios de diseño: criterios identificados a partir del análisis del carácter o estilo del usuario, estos serán vinculados con los criterios de protetización para generar los requerimientos tanto prácticos, estéticos y simbólicos de la prótesis personalizada.

2.4.13.- Proceso general de Diseño: con este proceso se da fin la investigación del contexto del usuario, para iniciar el proceso de Diseño como tal, en donde a partir de la información obtenida, se generará una serie de aplicaciones que permitirán la generación conceptual de ideas, la confección de prototipos, y la prótesis como producto personalizado.

2.4.14.- Criterios de Diseño y protetización: síntesis general de la información del estudio de caso, en donde se vinculan tanto los criterios de protetización obtenidos, como los parámetros del estilo del usuario, con esto se general los “criterios de protetización y

diseño” concepto principal de la presente metodología, cuya aplicación nos permite generar los requerimientos bases para la generación conceptual de la prótesis.

**2.4.15.- Marco metodológico asociado al caso de estudio:** para poder obtener información asociada a los requerimientos del caso de estudio se encuentra necesario generar un estado de arte o marco teórico donde se aborden y estudien todas las variables y áreas identificadas a partir de los “criterios de protetización y diseño”, por ejemplo, cuáles son las prótesis actuales en el mercado, que materiales se ocupan, procesos productivos, biología del miembro residual, necesidades posturales, etc. Esto con el fin de agrandar además la cantidad de soluciones y referentes a aplicarse en el proceso conceptual.

**2.4.16.- Generación conceptual:** proceso en donde el equipo de trabajo genera las posibles soluciones a los criterios identificados, proponiendo y discutiendo resultados, a través de diferentes métodos (estos dependen de como el equipo de trabajo desarrolle sus ideas) como por ejemplo lluvia de ideas, exploraciones tanto dentro como fuera del dominio disciplinar, referentes indirectos, exposición de ideas en muros, reuniones, sketching, etc. Es uno de los procesos más libres de la metodología, ya que, si bien existe

Necesidad		Métrica																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
1	Reduce vibración en las manos																												
2	Permite un recorrido fácil en terreno lento y difícil																												
3	Hace posible descensos a alta velocidad en veredas llenas de baches																												
4	Permite ajustar la sensibilidad																												
5	Mantiene las características de dirección de la bicicleta																												
6	Permanece rígida en vueltas cerradas																												
7	Es ligera																												
8	Contiene puntos rígidos de montaje para los frenos																												
9	Se ajusta a una amplia variedad de bicicletas, ruedas y neumáticos																												
10	Es fácil de instalar																												
11	Trabaja con guardafangos																												
12	Inspira orgullo																												
13	Es accesible para un aficionado entusiasta																												
14	No se contamina con agua																												
15	No se contamina con polvo																												
16	Es de fácil acceso para mantenimiento																												
17	Permite la fácil reposición de piezas desgastadas																												
18	Permite un mantenimiento con herramientas sencillas																												
19	Tiene una larga vida útil																												
20	Es segura en un choque																												

FIGURA 6-5 Matriz de necesidades-métricas.

Ilustración 21: matriz de necesidades versus métricas, fuente: Diseño y desarrollo de productos, pag. 99.

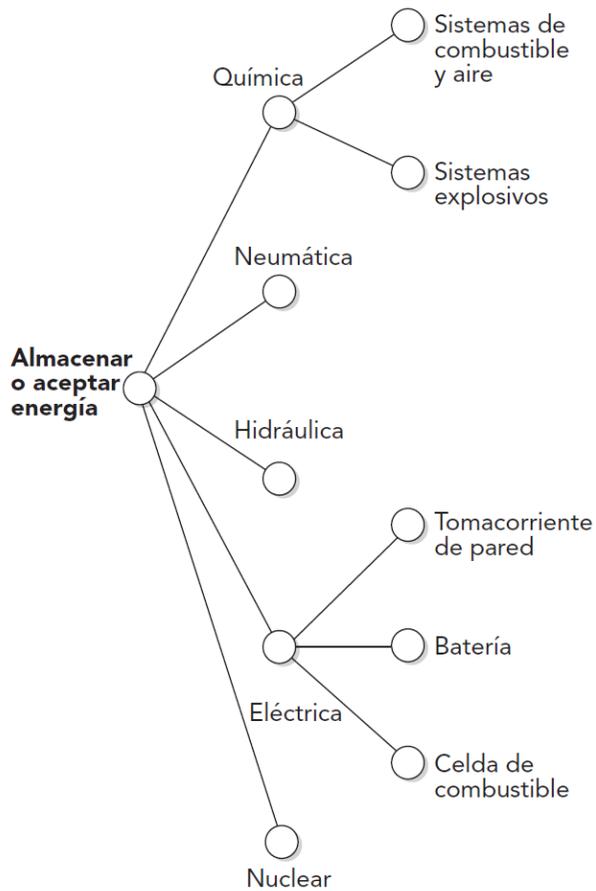


Ilustración 22: Árbol conceptual para la generación y mapeo de ideas o áreas. Fuente: Diseño y Desarrollo de productos, Ulrich. K y Eppinger. S. Pág. 134.

una guía, el proceso conceptual es una de los más iterativos dentro de la elaboración, debido a que a través del debate y la discusión se mejoran cada vez las ideas hasta generar propuestas que puedan ser aplicadas a la construcción de un prototipo y validadas por el usuario.

2.4.17.- Prototipado: el proceso de prototipado depende mucho de las habilidades del equipo de trabajo, dentro de este podemos encontrarnos, prototipos físicos, funcionales, de color, de textura e incluso digitales, con los cuales se pueden validar las propuestas conceptuales antes generadas.

2.4.18.- Producto final: término del proceso de diseño en donde se entregan los resultados obtenidos del proceso metodológico, cada producto final dependerá tanto del equipo de trabajo como de los actores identificados para la formulación de la prótesis personalizada, debido a que se propone que dicha elaboración final debe realizarse por un especialista protésico que pueda corregir como validar la prótesis. Entregando así los requerimientos tantos funcionales,

estéticos y simbólicos necesarios para la elaboración de una prótesis personalizada como producto de diseño.

## **2.5.- Conclusiones del capítulo:**

La aplicación metodológica presente en esta memoria es una guía formulada a partir de cuatro textos guías, los cuales exponen metodologías y recursos asociadas a la investigación, el estudio de casos y el diseño de productos y servicios, a partir del estudio de estos textos, nos damos cuenta existen tres tipos de formas e abordar una investigación, la obtención de datos cualitativos, cuantitativos y metodología mixta, esta última usada para el presente desarrollo metodológico, debido a la versatilidad con las cuales se pueden sintetizar e inferir resultados. Junto a una investigación mixta se selecciona una aplicación de diseño de niveles concurrentes anidados (DIACNIV), junto a procesos asociados al estudio de caso, esto con la finalidad de organizar la obtención de información a través de niveles que, al concluir y obtener resultados se puedan generar nuevas aproximaciones, acotando cada vez más posibilidades, esta información resultara en los “Criterios de Diseño y Protetización” que es la base para la generación del proceso de diseño.

Estos criterios serán obtenidos a partir de un estudio de caso, generando dos líneas de investigación para levantar criterios, los criterios de protetización se generarán a partir del análisis del contexto del amputado, analizando sus factores físicos, psicológicos, económicos y sociales, su amputación, aspiraciones, metas, y habilidades compensativas que desea desarrollar, para luego en base al análisis del “carácter y estilo del usuario” se

formulen los criterios de diseño, vinculando la función práctica, estética, y simbólica del diseño, junto a la morfología, la significancia, la emoción, entre otras variables que el diseñador y su equipo establezcan como base del análisis.

El resultado de ambos criterios y la síntesis de estos, generarán los requerimientos bases y los subproblemas a tratar en la fase de desarrollo conceptual de la prótesis, aplicando diferentes métodos y recursos que permitan tanto la validación con el usuario de cada propuesta como el desarrollo del prototipo y el producto final, resultando en una prótesis de diseño personalizada.

## Cap.3.- Aplicación metodológica:

En este capítulo se desarrollará la aplicación del método de prótesis personalizada a un estudio de caso real, como se mencionó en un principio el caso de estudio por el cual se estaba elaborando la metodología era a partir de una amputación transtibial, pero debido a problemas personales el usuario anterior dejó el proyecto, produciendo una iteración en el proceso de diseño, puesto que la gran mayoría de los niveles metodológicos se habían logrado desarrollar. Se decide seleccionar un nuevo caso de estudio para aplicar la metodología desde cero y así poder validar de buena manera cada uno de los niveles, el nuevo caso presenta una amputación transmetatarsiana, demandando la generación de un calzado protésico específico para cada instancia de su cotidiano, calzado de descanso, calzado de caminata calzado de descanso. En este capítulo podremos encontrar:

- Factores del contexto del caso de estudio.
- Parámetros del carácter o estilo del usuario.
- Criterios de Diseño y Protetización.
- Aplicación del proceso de Diseño.

### 3.1.- Caso de estudio:

La selección del caso se inicia con Gabriel un adulto de 58 años cuya principal ocupación es ser guardia de seguridad, posee una amputación transmetatarsiana en su pie izquierdo debido a un mal cuidado asociado a su diabetes. Para introducir el caso se realiza una entrevista (revisar anexos) con la cual podemos identificar una serie de factores y cómo vivió la amputación. Para este caso no se considera la rehabilitación, ya que según sus palabras “Mi rehabilitación duro dos sesiones, luego de esto no ocurrió nada que valió la pena”. Gabriel tiene tres cirugías de amputación realizadas durante el año 2011, a inicios se le amputo el dedo pulgar del pie, pero debido a negligencias en su cuidado 6 meses después debió internarse para que removieran las falanges restantes en dos operaciones, lo que llevo a Gabriel a estar cerca de un año aproximadamente sin actividad física.



Ilustración 23: Espacio de trabajo del caso de estudio. Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.- Antes de la amputación:

3.2.1.- Factor Físico: Gabriel era una persona en su totalidad sana, tenía diagnosticada diabetes pero no era insulino dependiente, todos los días se dirigía a su trabajo de maestro panadero en bicicleta por lo que realizaba actividad física por lo menos una hora al día en

ese trayecto, junto a la carga física ejercida en sus labores diarias, sus comidas eran reguladas pero reconoce que por esa época no se cuidaba como debía, por esto no se presentó a medico lo antes posibles por la infección presente en su pie, lo que conllevó a tirar licencias y ser hospitalizado, además de avanzar su diabetes y ser generar una dependencia a la insulina.

3.2.2.- Factor Psicológico: Se identificaba como una persona estable emocionalmente sin muchas variaciones pese a su enfermedad, decía que sus motivaciones no han cambiado en años, trabajar para sacar a sus hijos adelante.

3.2.3.- Factor Económico: Nunca gozo de grandes lujos hasta después de la amputación, dice que su trabajo era esclavizador y no era bien remunerado, por lo que siempre se centraba en colocar alimento para el consumo diario y solventar las principales necesidades escolares y de salud de sus hijos si necesitasen.

3.2.4.- Factor Social: La personalidad del usuario dice no cambiar desde que recuerda, una persona introvertida y selectiva para las personas de su círculo personal, sus mayores amistades fueron siempre desde el trabajo, además de llevarse relativamente bien con vecinos y familiares, una persona retraída que conversa siempre y cuando hablen primero con él.

### 3.3.- Después de la amputación:

Después de amputación todas las cosas cambiaron, la primera gran diferencia fue la utilización de insulina dependiente, junto a que a través de medio año se llevaron tres tipos de amputaciones, por lo que el usuario establece que durante este tiempo la rehabilitación fue nula, lo más que aprendió fue el uso de vendajes, que también eran cambiadas en algunas ocasiones, puesto que las curaciones eran periódicas en el CESFAM más cercano, durante estos 6 meses fue lo complicado, primero se realizó una amputación y no se logró controlar la infección por lo que se volvió a internar y realizar una segunda amputación para que luego de dos semanas se realizara la tercera, concluyendo la amputación transmetatarsiana completa del pie izquierdo, luego de eso pasaron 2 meses más de poder trabajar.



Ilustración 24: Miembro residual del amputado. Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.- Factor físico: durante este periodo el usuario ocupó silla de ruedas y no ejercía movimiento de pies, por lo que la masa muscular inferior se redujo, más de la del pie amputado ya que sobre ella no se apoyaba en ningún momento, la postura no se vio

involucrada, y tampoco empeoraron las enfermedades crónicas, luego de darse de alta y con la separación de su matrimonio, el usuario vuelve a trabajar y realizar una vida normal en donde algunas personas no se dan cuenta que es amputado, observándose un suave cojeo en su pierna izquierda, el medico Fisiatra, hasta el día de hoy no sugiere cambios posturales más que la utilización simétrica del cuerpo y con ello intentar realizar ejercicio con el miembro residual.

El primer factor con problemáticas en el caso de estudio después de la amputación fue el económico, ya que su antiguo trabajo necesitaba extremidades sanas, por lo que decide cambiar a un rubro mas tranquilo en demanda física.

3.3.2.- Factor Psicológico: La más duro del proceso según el usuario se vive en el hospital, nos cuenta que cree “uno podría morir” que la imputación empeorara y terminarán con la pierna, lo que a él no le asustaba, si no el no poder darles a sus hijos el apoyo mientras crecían, hoy nos cuenta que está más tranquilo ya que ellos pueden valerse por sí solos.

3.3.3.- Factor económico: la economía se vio afectada durante las licencias, luego se llegó a un acuerdo con la amasandería donde trabajaba, para el posterior despido, luego de la separación y al llegar a otra casa donde una hermana, Gabriel se pone a trabajar de conserje después de dos semanas, por lo que el dinero se le empieza a notar, el sueldo es mejor y dice no cansarse tanto, por lo que trabaja seguido con turnos extras, actualmente trabaja de lunes a domingo, y pese a que admite cansarse, nunca necesito de reinserción

laboral, y la única capacitación que realizo fue el curso OS-10 de carabineros para conserjería.

3.3.4.- Factor Social: en el ámbito social el usuario propone pocos cambios, consiguió parejas nuevas, pero de corta duración, sigue siendo una persona introvertida y selectiva, y la mayoría de sus amistades se relacionan con su trabajo.

### 3.4.- La Marcha del usuario:

Es importante analizar el cómo camina nuestro usuario, para esto se distinguen tres aspectos importantes, postura erguida, ciclos de marcha, y cuál es la calidad de la planta de ambos pies, tres factores importantes para una correcta bipedestación.

3.4.1.- Postura erguida: se realizará una comparación en como nuestro usuario se mantiene erguido tanto a pie descalzo como con el uso de su calzado regular.



Ilustración 25 comparación frontal y ortogonal de ambos miembros inferiores del caso de estudio. Fuente: elaboración propia.

Lo primero que se observa es una clara diferencia entre la masa muscular de ambas extremidades siendo menor en el miembro residual, al sufrir de diabetes podemos

observar las características comunes presentes en un pie diabético, piel seca, varices, piel de otro color, etc., el cuidado del muñón siempre ha sido prioridad pero observa una deformación en el borde exterior de la zona plantar, por último el usuario propone que la utilización de calcetines de tiro alto le ayuda a reducir el roce de la piel con otras telas, ayudando a su cuidado dermatológico.

3.4.2.- Análisis de la marcha del usuario descalzo: para el siguiente análisis se le pide al usuario realizar dos ciclos de marcha, tanto en utilización de calzado como no, el material visual expuesto se puede encontrar en los recursos en línea (capeta “Material audiovisual”) y descargar el video “Caminar del amputado”.



Ilustración 26: Marcha del usuario con pie descalzo: Fuente: Elaboración propia.

Al observar las diferentes instancias de la marcha del amputado podemos darnos cuenta de las diferencias presentes entre el miembro sano y el miembro residual, en el miembro sano existe dorsiflexión plantar, apoyando parte del peso debajo de los metatarsianos, mientras que el miembro residual posee un apoyo menor, girando el pie y manteniéndolo de forma más rígida, con respecto a la zancada, el miembro sano posee una extensión más grande.

#### 3.4.3.- Análisis de la marcha del usuario en utilización de calzado:



Ilustración 27: Marcha del usuario con pie calzado. Fuente: Elaboración propia.

Al observar la marcha en presencia de calzado se identifica una considerable mejora en ambas extremidades, dando una zancada más larga y equilibrada, el miembro residual mantiene la rotación y rigidez en el tobillo, pero puede lograr un impulso más grande en presencia de calzado.

Ramírez. E – 01-03-2020.

Los principales requerimientos que podemos observar tras el análisis de la bipedestación del usuario, es que necesita aumentar el cuidado y confort del miembro residual, aumentar su masa muscular, corregir el mal soporte sobre el borde exterior de su pie amputado, y además brindarle un mejor punto de apoyo tanto para la zona plantar como para el muñón, generando una zona de impulso para el despegue antes de la fase de oscilación.

3.4.4.- Zona plantar del amputado: Para este caso se realiza la actividad con el usuario y un tercero comparativo, con una altura similar a la del amputado para generar una comparación de la zancada, se toma como referencia la cuadrilla generada por el piso.



*Ilustración 28:* Comparación de huellas, marcha sana versus marcha del caso de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Al contar los cuadros del suelo podemos establecer que una marcha normal (imagen de la izquierda) en esta distancia (cada cuadro mide aproximadamente 20 cm) recorre una distancia de 6 cuadros en donde se identifican 2 huellas desde el inicio, en comparación la marcha del amputado deja 4 huellas de marcha en la misma distancia, con esto podemos establecer que el amputado a pie descalzo realiza el doble de esfuerzo para recorrer la distancia de una persona sana.

3.4.5.- Comparación de las huellas dejadas:



Ilustración 29: Comparación de huellas, marcha sana versus marcha del caso de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Al observar el pie sano (imagen de la izquierda) en comparación al pie amputado (imagen central) y el pie sano del amputado (imagen derecha), nos damos cuenta de que un pie sano posee un claro apoyo plantar entre el talón, el dedo pulgar (con el contorno del tarsiano del mismo dedo) y el contorno exterior del pie, donde la zona media del arco no toca el suelo, para el amputado, el miembro residual se observa que el arco plantar se ha deformado o estirado, debido a la distribución de cargas, provocando que la zona plantar baje mucho más de lo que debe (conocido como pie plano), compensando así la distribución de cargas, como se puede observar la huella es mucho más ancha que las demás, mostrando una sobrecarga en el borde exterior del pie y el tarsiano correspondiente al dedo pulgar (de forma aproximada esta corrección debe realizarse con una plantilla), ahora bien con respecto al miembro sano del amputado podemos observar una similitud en la huella en comparación a la sana, pero apreciando que una gran cantidad del peso es llevado por el talón, una parte central del arco plantar y el contorno interior del dedo pulgar (esta afección es conocida como pie cavo, aunque para el caso de estudio este debería ser aproximado al tipo 1 el nivel más leve de la patología), contrario a lo ocurrido en el miembro sano, por lo que también debiera existir una pequeña corrección en la suela del pie sano del amputado, para ayudar además a la distribución ideal de cargas y un ciclo de la marcha adecuado.



Ilustración 30: Grados de deformaciones plantares. Fuente: <http://www.ortopedicosdinky.com/patoinfante.shtml>

Los arcos plantares del amputado especialmente el del miembro residual ha desarrollado una adaptación que le permita al usuario poder caminar de la mejor manera posible, distribuyendo el peso del cuerpo para lograr una marcha equilibrada, pero junto a esto podemos observar una deformación de la misma, siendo un arco plantar más ancho y que se deforma mucho más que la de un pie sano, con respecto al miembro sano del amputado, su arco plantar no ha sufrido muchas modificaciones, pero si el peso del cuerpo es sobrellevado por el talón del pie, provocando además que el borde interno comparta esta acción, se establece necesaria la utilización de plantillas para nivelas las cargas en el miembro residual.

Las afecciones y patologías posturales asociadas a la zona plantar de los miembros inferiores pueden ser corregidas o ayudadas a través de la incorporación de plantillas.

3.4.6.- Contextos donde el usuario utiliza calzado: luego de observar tanto la marcha del amputado como la zona del plantar de ambos pies podemos observar una clara diferencia en cómo se comportan las extremidades bajo la utilización de calzado, por esta razón se decide consultar al usuario cuales son las principales instancias diarias donde recubre sus pies.

3.4.7.- Contexto en casa: las sandalias tipo crocs son ocupadas para su cotidiano, con ellas se desplaza para todas las actividades que realiza dentro de la casa, especialmente el caminar y el ducharse, ya que dice que “las siente bastantes cómodas para su uso diario”, el tiempo aproximado que realiza actividades en casa son 2 horas, ya que el resto serian actividades de bajo requerimiento donde está sentado o recostado.

3.4.8.- Contexto al movilizarse: durante el día establece más o menos 3 horas estando de pie en intervalos irregulares, en donde sobre 2 horas es el desplazamiento de ida y retorno al trabajo, caminando una distancia moderada, pero que a su vez esta varia en el transporte colectivo, ya que tiene que subir y bajar escaleras en el metro, o de repente transportase de pie en la micro Transantiago, la dificultad en esta actividad son las molestias ocurridas en la planta del pie al caminar, debido a las problemáticas asociadas a la mala distribución de los puntos de apoyo en el arco plantar del miembro residual.

3.4.9.- Contexto en trabajo: trabaja aproximadamente 8 horas diarias de lunes a domingo, entre turnos rotativos de día tarde o noche, establece que en cada una de las jornadas no existe diferencia, salvo en la cantidad de movimiento de personas, aumentando en la mañana y disminuyendo en la noche, otra diferencia es la cantidad de rondas ya que en la noche aumentan al no existir mucho tráfico peatonal dentro del establecimiento, su trabajo principal es mantenerse de pie registrando visitas (peatones y automóviles) y observando que no ocurra ningún altercado dentro de la comunidad, establece que el 50% del tiempo se mantiene parado de forma estática, mientras que el otro 25% camina y el restante se mantiene sentado observando cámaras o registrando en el libro de novedades las ocurrencias del turno correspondiente.

Como hemos podido observar las principales problemáticas del caso de estudio radican netamente en sus extremidades inferiores y el cuidado de estas, presentando complicaciones principalmente en las condiciones de su arco y bóveda plantar, proporcionando información relevante al momento de orientar de forma futura las soluciones proyectuales al momento de generar la prótesis personalizada.

3.4.10.- Recurso N°1 Arquetipo de Usuario: el arquetipo de usuario es un recurso que nos permite sintetizar la información proporcionada por Gabriel, especialmente el cómo es como persona, habilidades que domina y marcas representativas.

### Arquetipo de Usuario:



**Introvertido**

**Responsable**

**Esforzado**

- Edad: 58 años.
- Ocupación: Guardia conserje.
- Estado Civil: Separado.
- Nivel educacional: Media completa.

**Personalidad**

Extrovertido - Introvertido

Reflexivo - intuitivo

Racional - Emocional

Crítico - Perceptivo

**Tecnología**

Internet

Aplicaciones móviles

Software

Redes Sociales

**Metas:** Recuperar el poder caminar de buena manera, sin esfuerzos ni cansancios, para poder desempeñarse mejor en su trabajo.

**Frustraciones:** Limitaciones de movimiento por la amputación, no poder trasladarme cómodamente dificulta su trabajo.

**Motivaciones:**

Trabajo.

Independencia.

Deporte.

Cuidado personal.

Esforzado.

Gabriel es una persona que se siente mejor al trabajar, dice que el no pensar en cosas negativas le ayuda a concentrarse mejor y olvidarse de las preocupaciones de salud, catalogado como un trabajador con basta experiencia es muy querido por la comunidad en donde trabaja, además de ser muy querido por su familia. Siempre intenta dar lo mejor si en cuanto a trabajo se trata destacando por sobre los demás, con un carácter retraído y serio, selecciona muy cuidadosamente a su círculo cercano. Una persona que no se deja sobrepasar por las enfermedades.



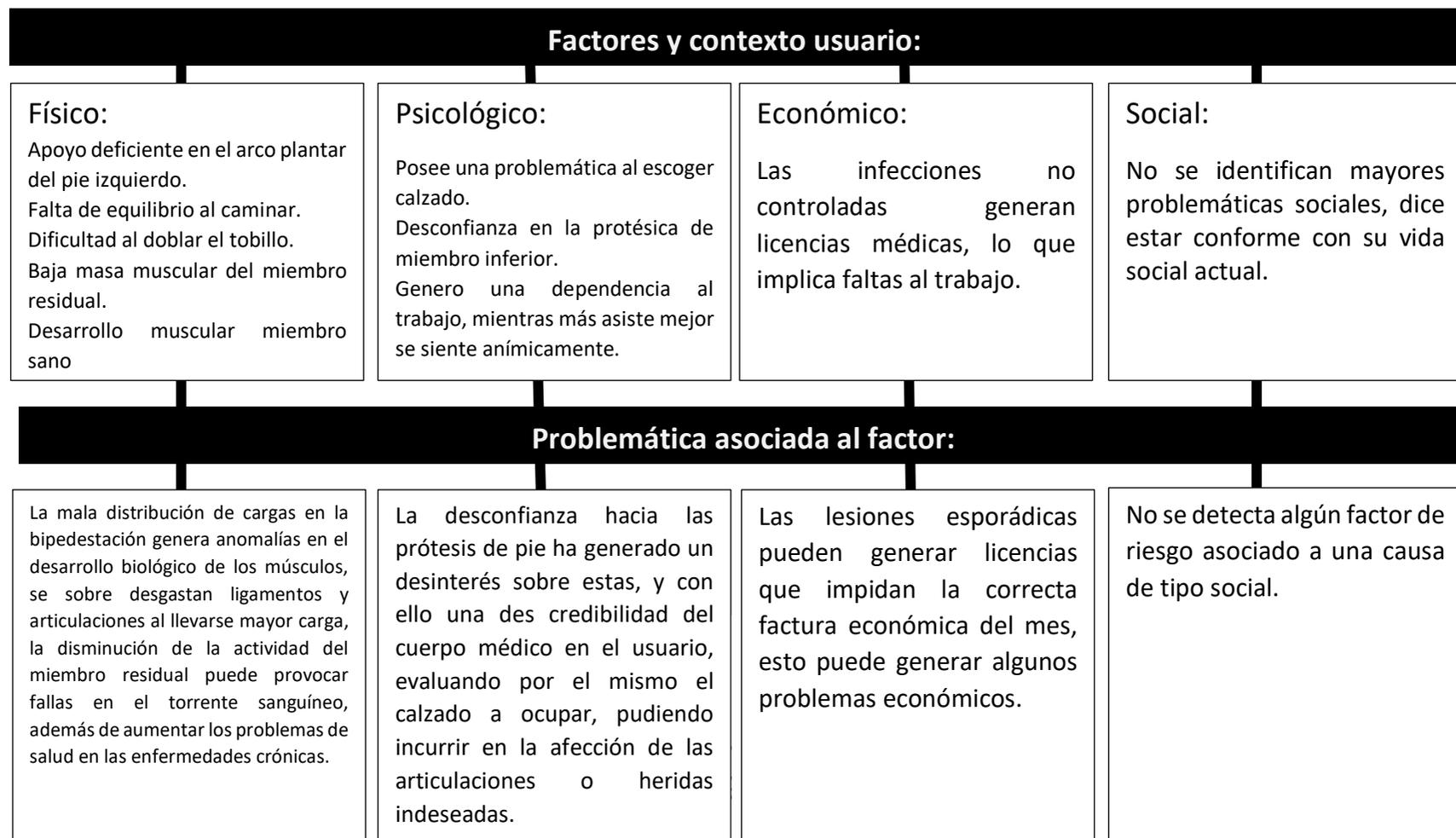
3.4.11.- Recurso N°2 Mapa de empatía: este recurso nos permite observar una serie de instancias subjetivas proporcionadas por el usuario, asociados a sus gustos, como que ve y escucha, que piensa, que hace, que siente, entre otras variables importantes.



### 3.5.- Criterios de protetización y necesidades del usuario:

Esta instancia nos permite desglosar y segmentar todas las necesidades identificadas en el contexto del caso estudio, se organizarán a través de tablas y esquemas que nos permite mapear y expandir cada uno de los casos específicos donde Gabriel necesite intervención.

**3.5.1.- Recurso N°3: Matriz comparativa factor versus problemática:** Para cada factor debe existir una problemática asociada, la cual debe ser identificada a través del análisis del contexto, antes de amputación, durante y después de la rehabilitación, cada característica del factor debe ser asociado a una incomodidad, meta, aspiración o molestia identificada en las conversaciones con el usuario.



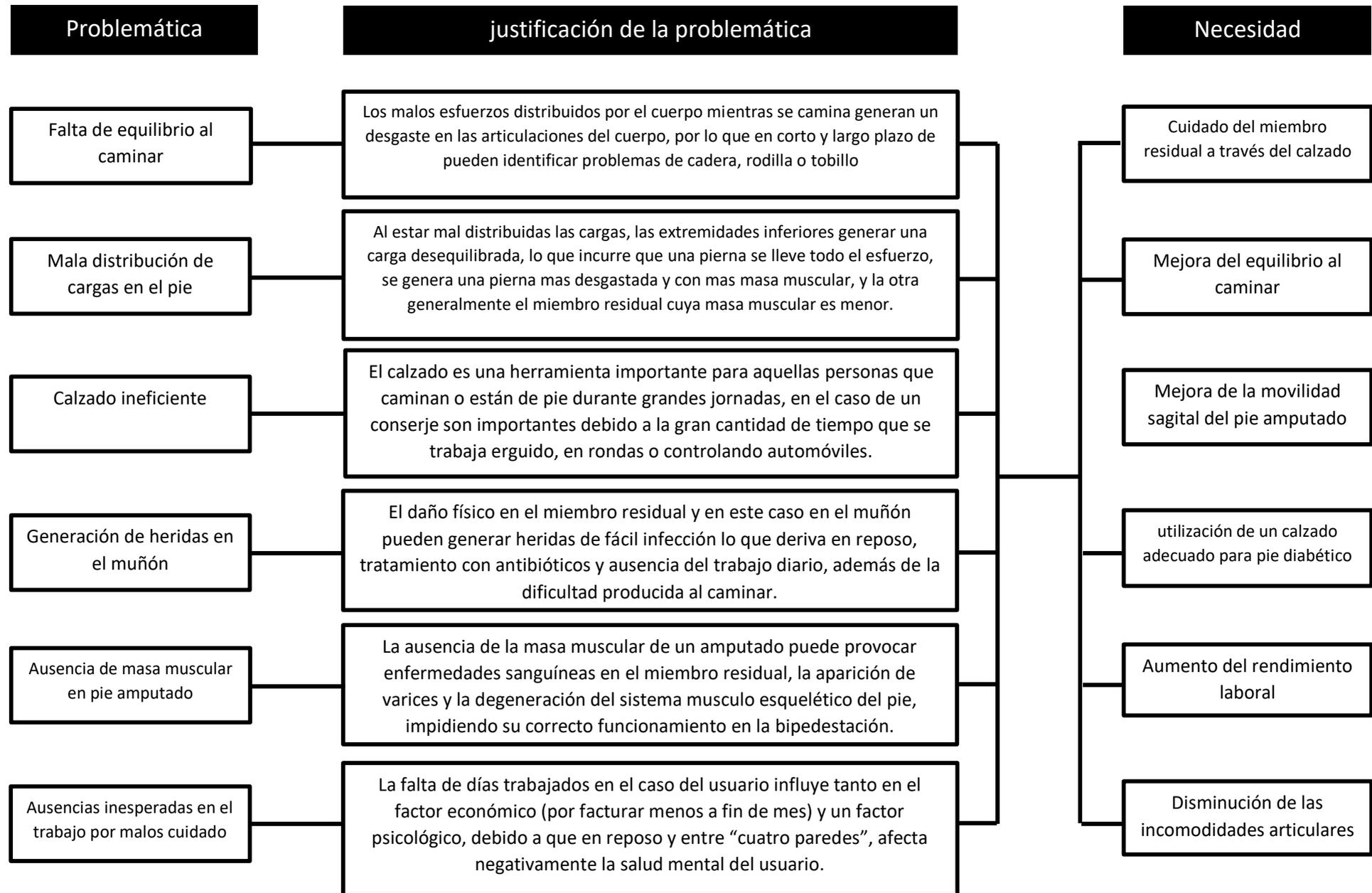
Ramírez. E – 01-03-2020.

Las problemáticas identificadas en el usuario radican netamente en el estado del miembro residual y como el cuidado de este a repercutido en su cuerpo y su calidad de trabajo, es necesario aplicar modificaciones en su marcha, permitiendo una mejora en el confort de la planta de sus pies, una mejora en su masa muscular y generar nuevos puntos de apoyos que permitan una adecuada distribución de fuerzas, como se observó en el nivel anterior la planta de los pies del amputado presenta deformaciones, presentando pie plano en el miembro residual y pie cavo en su miembro sano, provocando falencias en los puntos de apoyo de su arco plantar, además de proveer una mejora en la instancia de su contexto diario ayudando a sus actividades en casa, traslado en la ciudad y mientras desempeña su trabajo como guardia conserje.



Ilustración 31: Estado de las extremidades inferiores del caso de estudio. Fuente: Elaboración propia.

3.5.2.- Recurso N°4. Esquema asociativo, Problemática versus necesidad:



3.5.3.- Recurso N°5. Identificación de las necesidades específicas:

Necesidades	Necesidades específicas
Cuidado del miembro residual a través del calzado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Utilización de una prótesis adecuada.</li><li>• Presencia de movimiento sagitales para la bipedestación.</li><li>• Reducción de las callosidades de la zona plantar.</li></ul>
Mejora del equilibrio al caminar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mejorar el apoyo del muñón.</li><li>• Presencia de un apoyo para la articulación de tobillo.</li><li>• Desarrollo de la simetría corporal al caminar.</li></ul>
Mejora de la movilidad sagital del pie amputado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mejora en los puntos específicos del arco plantar.</li><li>• Mejora de la carga y el rechazo de fuerzas al caminar.</li><li>• Mejora de la distribución de cargas sobre la planta del pie amputado.</li></ul>
Utilización de un calzado adecuado para pie diabético	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calzado blando y flexible, que proporcione confort a la base del pie.</li><li>• Presencia de estructuras que distribuyan de cargas.</li><li>• Materialidades antitranspirantes.</li><li>• Materiales agradables al contacto con el pie.</li></ul>
Aumento del rendimiento laboral	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mejora del estado físico.</li><li>• Aumento del tiempo estando erguido.</li><li>• Aumento de la distancia recorrida en ausencia de dolores.</li><li>• Posibilidades cómodas de traslado.</li><li>• Desarrollo de nuevas actividades físicas.</li></ul>
Disminución de las incomodidades articulares	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reducción del dolor articular.</li><li>• Reducción de la sobrecarga del pie sano.</li><li>• Protección del muñón frente a esfuerzos.</li><li>• Cuidado del sistema musculo esquelético del pie.</li></ul>

De forma proyectual para este caso de estudio, el desarrollo metodológico se centrara en la mejora de todas las características de sus miembros inferiores, poniendo énfasis en la calidad de la marcha.

Como se especuló anteriormente la gran mayoría de necesidades del usuario se asocian al cuidado del miembro residual y como con la solución de estas mismas mejoraran la calidad en el trabajo de Gabriel, además de identificar afecciones en la zona plantar, como lo son la presencia de callosidades en los puntos de apoyo, la deformación en el borde externo del pie, la presencia de varices en el empeine y zonas frágiles alrededor de la cicatriz del muñón donde han surgido heridas.

A continuación, se propone una clasificación de tres niveles (1 al 3) con respecto a las necesidades primarias, secundarias o terciarias que el usuario observara, validando la importancia de cada una de estas asociadas a la mejora de su salud. El usuario debe evaluar la necesidad postulada según el nivel de importancia personal, clasificando con un 1 a la necesidad de carácter primario, 2 secundario y 3 terciario.

3.5.4.- Recurso N°6. Clasificación de las necesidades específicas identificadas en el contexto del usuario:

<b>Necesidad específica</b>	<b>Puntuación</b>
Utilización de una prótesis adecuada.	1
Presencia de movimiento sagitales para la bipedestación.	1
Reducción de las callosidades de la zona plantar.	1
Mejorar el apoyo del muñón.	1
Presencia de un apoyo para la articulación de tobillo.	2
Desarrollo de la simetría corporal al caminar.	1
Mejora en los puntos específicos del arco plantar.	1
Mejora de la carga y el rechazo de fuerzas al caminar.	1
Mejora de la distribución de cargas sobre la planta del pie amputado.	1
Calzado blando y flexible, que proporcione confort a la base del pie.	1
Presencia de estructuras que distribuyan de cargas.	2
Materialidades antitranspirantes.	1
Materiales agradables al contacto con el pie.	2
Mejora del estado físico.	1
Aumento del tiempo estando erguido.	1
Aumento de la distancia recorrida en ausencia de dolores.	1
Posibilidades cómodas de traslado.	1
Desarrollo de nuevas actividades físicas.	2
Reducción del dolor articular.	1
Reducción de la sobrecarga del pie sano.	1
Protección del muñón frente a esfuerzos.	1
Cuidado del sistema musculo esquelético del pie.	1

3.5.5.- Recurso N°7. Cuestionario de validación: a continuación, se expone una validación por parte del usuario, donde se evaluará la importancia de las necesidades antes identificadas, la escala se presenta como, 1-totalmente de acuerdo, 2- de acuerdo, 3-ni de acuerdo ni en des acuerdo, 4-en desacuerdo, 5- totalmente en desacuerdo.

Postulado	Validación
¿Cree que las necesidades identificadas fueron las correctas?	1
¿Le parece adecuado centrarse en el desarrollo protésico de un calzado?	2
¿Le parece adecuado de la presencia de estructuras que ayuden a su pie?	1
¿Es importante el desarrollo enfocado en la mejora postural?	1
¿Es importante el desarrollo enfocado en la mejora del rendimiento laboral?	2
¿Es necesaria la presencia estética en el calzado?	3
¿Es preferible priorizar comodidad?	1
¿Es preferible priorizar funcionalidad?	2
¿Es preferible priorizar seguridad de la planta del pie?	1
¿Es necesario incorporar una protección adecuada para la piel?	2
¿Qué tan representado se siente con las conclusiones establecidas por el trabajo?	1
¿Cree que las áreas exploradas fueron adecuadas para su caso?	1

Junto a lo anterior, ¿Desea realizar algunos comentarios sobre la aplicación metodológica?

- Por ahora no identifico la existencia de omisiones, lo que me preocupa es que, si todos lo antes mencionado es factible incorporarlo en un zapato, ya que la salud y todo lo relacionado con ello es importante.

### **3.6.- Oportunidades de diseño:**

Para la generación de las oportunidades de diseño se aplicara una matriz comparativa y a la vez correlacional, en donde una columna tendrá las necesidades identificadas y una fila las soluciones proyectuales desarrolladas por equipo de trabajo, luego en cada casilla donde se crucen los postulados es equipo debe relacionar y validar cada una de estas generando y categorizando la importancia de esta relación del 1 al 10, siendo 10 muy importante y 1 menos importante (con ayuda del usuario), con este cruce de información y la categorización del postulado se pretenden identificar las oportunidades de diseño más importantes para el usuario, y que hagan sentido a lo expuesto anteriormente.

3.6.1.- Recurso N°8: Identificación de las oportunidades de diseño a través de una matriz comparativa:

<b>Tabla comparativa: Necesidades / solución proyectual.</b>	Calzado que permita el correcto caminar, recubriendo el pie amputado.	Incorporación de anclajes que permitan la sujeción del muñón a una estructura compleja.	Utilización de materiales en base a espumas y resinas elásticas, que posean deformación y memoria.	Generación de estructuras exo esqueléticas que permitan la distribución de cargas por estructuras externas al pie.	Estructuras que permitan la sensibilidad del miembro residual, sentir cada paso.
Generación de un calzado protésico.	9	10	9	8	10
Generación de apoyos para la bipedestación.	Sin relación aparente	8	10	8	10
Uso de materialidades que permitan el confort de la piel del muñón.	Sin relación aparente	7	10	Sin relación aparente	9
Presencia de estructuras soportantes para el miembro residual	8	10	9	7	8
Control de la carga y rechazo de fuerzas al caminar.	10	8	Sin relación aparente	9	10

Para el análisis de la comparativa anterior primero debemos fijarnos en la diagonal de la matriz la cual indica como el usuario clasifica la relación principal entre necesidad y solución proyectual, determinado que las relaciones más importantes son “el uso de materialidades elásticos con memoria” y “Sensibilidad motora y control del caminar”, podemos otras relaciones clasificadas nota 10 las cuales postulan una solución proyectual, “control de la carga a través de un zapato ortopédico”, “calzado protésico que permita la sujeción del muñón”, “estructuras que permitan la sujeción del muñón”, “Materialidades que permitan un confort en la bipedestación”, “Calzado protésico que permita controlar la sensibilidad al caminar” y “apoyos estructurales que permitan una mejora de la sensibilidad al caminar”, de lo anterior todo indica que el usuario necesita un calzado para la mejora de todas las complicaciones que este posee al caminar, pero la solución a esto puede darse de diferentes maneras, especialmente al modificar el confort de los miembros inferiores. A continuación, y sintetizando las ideas se postularán tres oportunidades de diseño que vinculen las inferencias determinadas, con esto además se incluirá una breve descripción y una clasificación del 1 al 3 en donde, el valor uno será la primera opción para desarrollar, el 2 y 3 la segunda y tercera opción correspondiente. Con esto se espera que la selección de la oportunidad de diseño se dé por concluida.

3.6.2.- Recurso N°9. Síntesis y evaluación de las oportunidades de Diseño:

Oportunidad de Diseño	Justificación	Clasificación por el usuario
Generación de un calzado protésico que permita el confort del pie amputado.	La incorporación de materialidades con memoria, formas y recubrimientos con espumas o superficies blandas que permitan una mejora del confort del muñón, permitiendo una mejora en la salud del pie, pero pérdida del control del caminar en ausencia de apoyos para articulaciones y zonas plantares.	1
Generación de un calzado protésico que poseen estructuras que ayuden a la sensibilidad motriz del caminar.	La incorporación de estructuras que permitan ayudar al control motriz y sensible de la bipedestación del usuario, generado a partir de requerimientos para usos prolongado, permite desarrollar mejoras en el aspecto físico del paciente, pero se descuida el confort del muñón debido a que es necesario del control motor sobre el calzado para aumentar la sensibilidad	2
Generación de un calzado protésico que recubra al miembro residual a través de estructuras y anclajes soportante.	Incorporando recubrimientos, anclajes y zonas estructurales de apoyo se establece el desarrollo de nuevas habilidades motrices, debido a que es necesario que el usuario maneje la prótesis como tal, ya que con las estructuras se producirán nuevas sensaciones de cargas, pero a la vez se limita el control y la sensibilidad al uso, se establece que esta prótesis sea utilizada en largos periodos de tiempo debido a su composición y funcionalidad.	3

Ramírez. E – 01-03-2020.

El equipo de Diseño junto al usuario, luego de los primeros niveles metodológicos definen cual es la oportunidad de diseño de acuerdo al contexto del amputado, las necesidades, problemáticas y soluciones proyectuales, luego de la validación de cada nivel, definen la oportunidad de diseño como “Generación de un calzado protésico que permita el confort del pie amputado.”, este postulado contiene una serie de especificaciones y necesidades vistas en los niveles previos de la metodología, donde se parte de la premisa de cuidar el muñón al estar recubierto, para que luego a través de todos los elementos que conformen el calzado protésico, se dé una mejora a todas las afecciones presentes en la superficie de la piel, especialmente en las callosidades, puntos de presión en su zona plantar, e inclusive una mejora en el caminar con las existencia de apoyos y correcciones posturales.



Ilustración 32: Comparación frontal de los miembros inferiores del usuario. Fuente: Elaboración propia.

### **3.7.- Requerimientos y especificaciones:**

El siguiente nivel metodológico nos permite desglosar la oportunidad de diseño identificada en el nivel anterior, esto con la finalidad de definir cuáles serán las áreas y aspectos a investigar de forma futura mediante el transcurso de la aplicación metodológica, especialmente asociadas a las necesidades y soluciones a aplicar para el caso de estudio, con esta descomposición además podemos generar la información base que nos permita generar los criterios a incluir dentro de la formulación de la prótesis personalizada.

3.7.1.- Recurso N°10. Sistemas e incidencias en el desarrollo protésico:

Sistema o necesidad identificada	Aspectos generales de la bipedestación humana	Articulaciones metatarsianas	Composición y estructuras de una prótesis.	Materialidades
Componentes o requerimientos del sistema o necesidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar la biología del pie humano.</li> <li>• Identificar la biónica de la bipedestación.</li> <li>• Identificar los movimientos de las articulaciones al caminar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los principales puntos de apoyo en la bipedestación.</li> <li>• Seleccionar las articulaciones a emular.</li> <li>• Establecer el alcance del movimiento a producir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liner.</li> <li>• Socket.</li> <li>• Encajes.</li> <li>• Zapatos ortopédicos.</li> <li>• Suelas.</li> <li>• Hormas.</li> <li>• Sujeciones.</li> <li>• Estructuras soportantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialidades necesarias para la correcta fabricación de un zapato ortopédico.</li> </ul>
Incidencia sobre el usuario	Al observar la biónica de la extremidad amputada se pueden establecer relaciones que indiquen que se debe emular en la prótesis.	Al saber cuáles y como deben ser las estructuras que faltan, se pueden establecer las principales limitaciones de movimiento faltantes	Cada uno de los elementos que se pueden añadir a la elaboración del calzado protésico pueden ayudar a determinar cómo se puede solucionar la necesidad establecida en el usuario, además de dar a conocer que es lo que se está desarrollando actualmente y con qué tipo de tecnología.	Las materialidades determinan el posible confort que pueda tener tanto el usuario como el miembro residual, en este caso es necesario además recurrir a recursos que no generen daños en la piel del muñón al tener algunas características de sensibilidad.

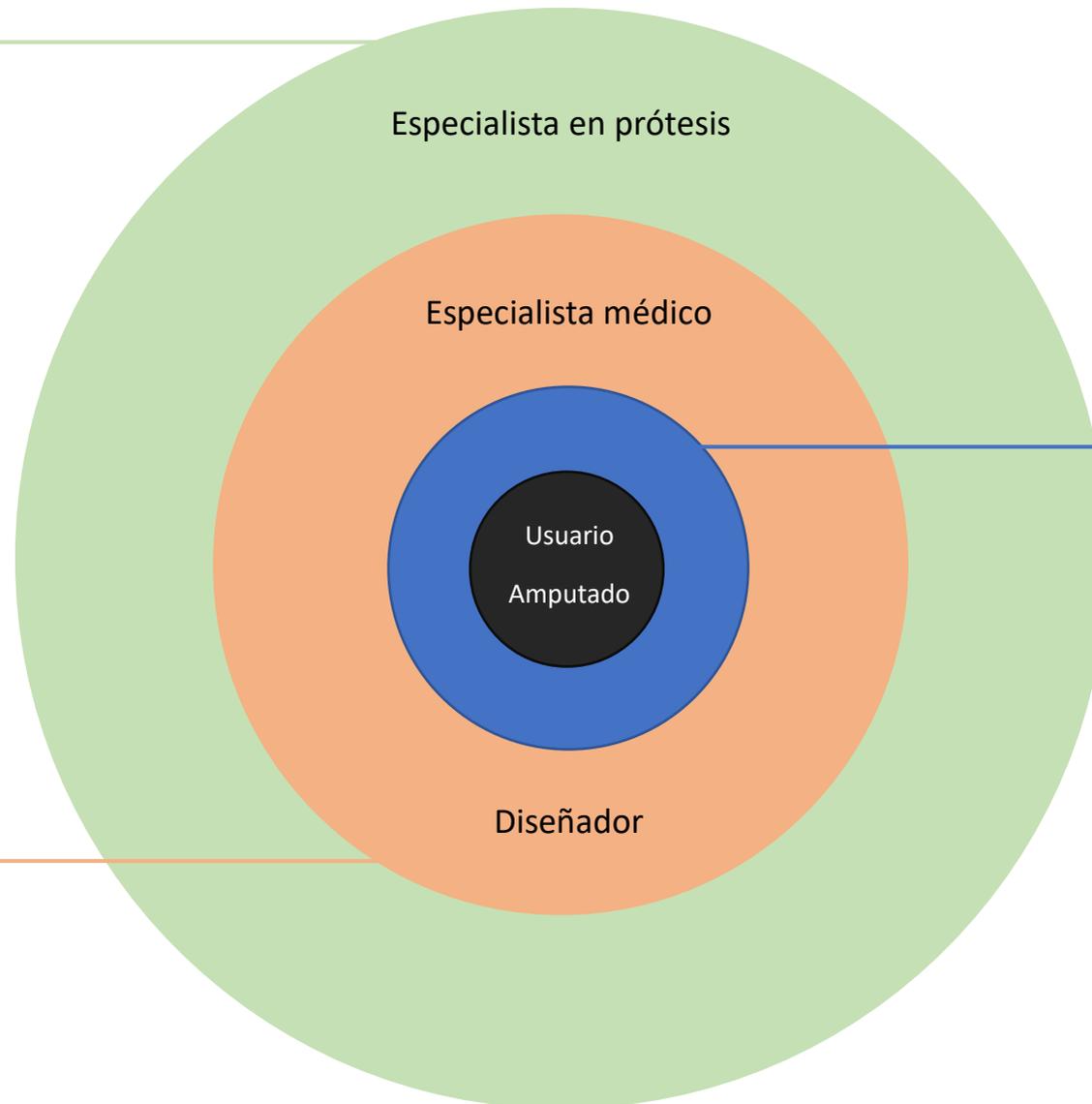
### **3.8.- Síntesis de los criterios de protetización:**

La información anteriormente obtenida nos puede indicar las áreas en donde se necesite investigar para la correcta formulación de los criterios de protetización, por lo que se plantean necesarios dos acciones, la primera es la elaboración del mapa de actores, lo que determinara cuáles serán los especialistas que intervendrán dentro del proceso de elaboración y diseño, cuales se ven relacionados de forma más cercana, y que profesionales serán los encargados de elaborar la prótesis, este mapa de actores queda determinado por la capacidad del equipo de desarrollo a solucionar las problemáticas y confeccionar las soluciones, aunque como sugerencia, la elaboración final de la prótesis debe realizarse por un especialista en el área protésica, tomando como base los resultados de la presente metodología. La segunda acción es la elaboración y sintetizas de los criterios de protetización los cuales concluyen la primera línea del desarrollo metodológico.

3.8.1.- Recurso N°11 Mapa de actores:

El medico como el diseñador será los actores que formulen los requerimientos para la elaboración de una prótesis personalizada, la forma general es la confección de una plantilla con especificación antropométricas y de forma.

El especialista protésico es aquel encargado de la elaboración de la prótesis a partir de los requerimientos identificados en la ficha de desarrollo, con ellos también rectifica los procesos de elaboración o variables que no correspondan a la demanda física del amputado.



Contexto del usuario: parte importante del proceso metodológico, de una buena identificación de los factores dependerán los niveles de desarrollo futuros.

3.8.2.- Recurso N°12 Validación y síntesis de los criterios de protetización: en este recurso se formulan y validan los criterios de protetización, es decir se sintetiza toda la información y se relaciona con la oportunidad de diseño identificada previamente (el criterio de evaluación será por importancia abarcado desde 5 muy importante a 1 poco importante).

<b>Criterio de protetización:</b>	<b>Nivel de importancia</b>
Identificación de las afecciones del muñón	5
Estado postural del amputado al caminar	4
Necesidades de confort del miembro residual	5
Selección del tipo de calzado	3
Aspecto visual del tipo de calzado	4
Presencia de estructuras soportantes	4
Protección del muñón entre pie y zapato	5
Provocar estabilidad al caminar	5
Nivelar postura corporal	4
Disminución del impacto plantar	5
Corrección de los puntos de presión en la bipedestación	5
Ayuda en el impulso metatarsiano al caminar	5
Amortiguación plantar	5
Plantilla retro capital para nivelar cargas	4
confección ficha en base a medidas antropométricas	5

La tabla anterior nos muestra la importancia que tiene sobre el usuario el cuidado del pie amputado, en donde identificamos tres factores importantes, la mejora de la marcha, la mejora de los puntos de apoyo en la zona plantar y el confort al interior del calzado, al vincular esta información con el contexto analizado al principio del nivel podemos inferir que el camino no se ha desviado, ya que desde un inicio el cuidado del miembro residual fue prioridad, y con ello postulamos una mejora en el rendimiento del trabajo, mejorando la instancia en cada uno de los contextos del usuario. Los cuales se verán reflejados al desarrolla la oportunidad de diseño identificada “Generación de un calzado protésico que permita el confort del pie amputado”

### **3.9.- Criterios de Diseño y estilo del usuario:**

Como segunda línea de desarrollo tenemos los criterios de diseño, los cuales serán elaborados a partir de un recurso aplicado a los objetos representativos identificados en el contexto del usuario. Los parámetros formales nos indicarán cual es el carácter o el estilo que representa al usuario, vinculando la función práctica, estética y simbólica a la metodología. Para iniciar este proceso se deben generar tres tipos de collages informativos, el branboard, el coolboard y el moodboard, y a partir de estos se escogerán estos objetos representativos para el análisis de parámetros formales.

3.9.1.- Recurso N°13 Brandboard: como se nombró anteriormente la importancia de este collage es identificar principalmente las marcas que el usuario utiliza, mencionar que pueden no ser todas, ya que por ejemplo nuestro usuario utiliza tres cremas distintas para el cuerpo, para evitar la resequedad en extremidades.



3.9.2.- Recurso N°14 Moodboard: este recurso nos permite generar un collage de los principales objetos que el usuario utiliza en su cotidiano, excluyendo el vestuario general como tal, además también se pueden colocar otros objetos de otras marcas que el usuario ocupa.



3.9.3.- Recurso N°15 Coolboard: este recurso se utiliza para generar una vista del vestuario que el usuario ocupa, relacionando las marcas, las formas y colores.



Al observar el coolboard establecemos una relación entre los colores azules y negros, junto a variantes de estos y la presencia de blanco en prendas, las texturas de los zapatos varían entre brillantes y opacas, la horma alta junto a empeines anchos es lo que predomina, utiliza calzado de descanso como los crocs, junto a la presencia de ropa holgada para descanso y ropa formal para su trabajo.

Una vez elaborados los board se procede a seleccionar junto a usuario cuatro objetos representativos (el equipo de trabajo será el encargado de definir la cantidad adecuada) para elaborar el recurso “análisis de parámetros formales” los cuales serán aplicados a estos productos utilizados por el usuario, el análisis se llevará a cabo con:



Ilustración 33: objetos representativos seleccionados por el usuario. Fuente: imágenes proporcionadas por Google imágenes.

3.9.4.- Recurso N°16 Análisis de parámetros formales: este recurso tiene como finalidad definir una serie de parámetros que representen al carácter o estilo del usuario, para esto se seleccionaran objetos representativos extraídos del contexto del usuario.

**ANÁLISIS DE PARÁMETROS FORMALES**

Camisa de trabajo

**Proporciones**

Armónico Desproporcionado

Estilizado Abultado

**Composición**

Primitiva Orgánica

Estática Dinámica

Unitaria Articulada

Abstracta Figurativa

**Geometría**

Plana Curva

Aguzada Suavizada

**Detalles**

Reducidos Evidentes

Coherentes Incoherentes

**Color**

Acromático Cromático

**Textura**

Bidimensional Tridimensional

**Opacidad**

Translúcido Opaco

**Acabado**

Mate Brillante

## ANÁLISIS DE PARÁMETROS FORMALES



Zapatilla con caña

**Proporciones**

Armónico — Desproporcionado

Estilizado — Abultado

**Composición**

Primitiva — Orgánica

Estática — Dinámica

Unitaria — Articulada

Abstracta — Figurativa

**Geometría**

Plana — Curva

Aguzada — Suavizada

**Detalles**

Reducidos — Evidentes

Coherentes — Incoherentes

**Color**

Acromático — Cromático

**Textura**

Bidimensional — Tridimensional

**Opacidad**

Translúcido — Opaco

**Acabado**

Mate — Brillante



## ANÁLISIS DE PARÁMETROS FORMALES



Smartphone

**Opacidad**

Translúcido Opaco

**Acabado**

Mate Brillante

**Proporciones**

Armónico Desproporcionado

Estilizado Abultado

**Composición**

Primitiva Orgánica

Estática Dinámica

Unitaria Articulada

Abstracta Figurativa

**Geometría**

Plana Curva

Aguzada Suavizada

**Detalles**

Reducidos Evidentes

Coherentes Incoherentes

**Color**

Acromático Cromático

**Textura**

Bidimensional Tridimensional

### SÍNTESIS DEL ANÁLISIS:



**Proporciones**

Armónico — Desproporcionado

Estilizado — Abultado

**Composición**

Primitiva — Orgánica

Estática — Dinámica

Unitaria — Articulada

Abstracta — Figurativa

**Geometría**

Plana — Curva

Aguzada — Suavizada

**Detalles**

Reducidos — Evidentes

Coherentes — Incoherentes

**Color**

Acromático — Cromático

**Textura**

Bidimensional — Tridimensional

**Opacidad**

Translúcido — Opaco

**Acabado**

Mate — Brillante

3.9.5.- Criterios de diseño para el caso de estudio: Como se puede observar existen ciertos parámetros los cuales fueron evaluados en base a los objetos que el usuario proporciona, con esto podemos establecer los siguientes criterios de diseño:

- Proporciones: para las proporciones se presentan en su gran mayoría con formas armónicas, con una leve inclinación a parámetros estilizados.
- Composiciones: se presenta en su gran mayoría un equilibrio entre estos parámetros, pero la inclinación se da en los parámetros orgánicos, dinámicos y figurativa además de una clara presencia de una composición unitaria.
- Geometría: se presenta una geometría asociado a las curvas y bordes suavizados.
- Detalles: los detalles observados en los productos se asocian a una composición reducida y coherente.
- Color: se presenta una disposición de colores cromáticos.
- Textura: la textura presente en bidimensional.
- Opacidad: la opacidad de los productos identificada es opaca.
- Acabado: posee un acabado mate.

Al obtener los criterios de diseño para el desarrollo de productos en base al análisis de parámetros formales, se pueden establecer las especificaciones necesarias para poder iniciar el proceso de diseño, ya que al identificar las tendencias que el usuario prefiere, consume y observa, nos acercaremos más al estilo propio desarrollado. Con esto se da por concluida la etapa de generación de criterios de diseño, a continuación, se inicia el proceso de diseño y con ello la síntesis de “Los Criterios de Protetización y Diseño”.

### **3.10.- Criterios de Protetización y Diseño:**

Luego de identificar y sintetizar tanto los criterios de protetización y los criterios de diseño en necesario sentar las bases para empezar la generación de la prótesis personalizada, el nivel a desarrollar a continuación establece como podemos analizar y vincular de forma global cada uno de los criterios obtenidos, para esto se realiza una matriz asociativa, en donde la columna de la matriz contendrá todos los criterios del usuario, mientras que en las filas se sintetizaran los “Criterios de Diseño y Protetización” vinculando la información antes encontrada.

3.10.1.- Recurso N°17 Elaboración de los “Criterios de diseño y protetización”:

Criterio / subproblema de diseño y protetización	Representación estética-funcional de los criterios a través de la elaboración de un calzado.	Aumento del confort en el miembro residual a través de la corrección postural en la marcha.	Mejorar la distribución de cargas, puntos de presión y equilibrio presentes en la zona plantar.	Delimitar las incidencias de los actores en la elaboración protésica, separando variables antropométricas y estético-formales en la propuesta conceptual.
Criterio de diseño:				
Proporción: Armónico – Abultado.	X			
Composición: Orgánica – Dinámica – Unitaria – Articulada – Figurativa.	X			
Geometría: Curva – Suavizada.	X			
Detalles: Reducidos – Coherentes.	X			
Color: Cromático.	X			
Textura: Bidimensional.	X			
Opacidad: Opaco.	X			
Acabado: Brillante.	X			
Criterio de protetización:				
Identificación de las afecciones del muñón		X	X	
Estado postural del amputado al caminar		X	X	

Necesidades de confort del miembro residual	X	X		X
Selección del tipo de calzado	X			X
Aspecto visual del tipo de calzado	X			X
Presencia de estructuras soportantes		X		
Protección del muñón entre pie y zapato		X	X	X
Provocar estabilidad al caminar			X	
Nivelar postura corporal			X	X
Disminución del impacto plantar	X		X	
Corrección de los puntos de presión en la bipedestación			X	X
Ayuda en el impulso metatarsiano al caminar			X	
Amortiguación plantar	X	X		
Plantilla retro capital para nivelar cargas		X	X	X
confección ficha en base a medidas antropométricas				X

Según lo sintetizado anteriormente podemos establecer cuatro “criterios de diseño y protetización” que nos permiten establecer las relaciones principales entre los criterios de diseño y los criterios de protetización, para el caso de estudio, estos cuatro apartados representan las necesidades y problemáticas identificadas en el contexto del usuario, ya que estos “subproblemas” son las bases que nos permitirán elaborar las propuestas conceptuales de una prótesis personalizada.

3.10.2.- Representación estética-funcional de los criterios a través del calzado: este apartado incluye cada uno de los parámetros formales para el desarrollo estético-simbólico-funcional en la propuesta conceptual, ya que involucra la significancia del contexto con la utilización de formas y figuras en el calzado, este tópico aborda el cómo debe verse y sentirse el producto final.

3.10.3.- Aumento del confort en el miembro residual a través de la corrección postural en la marcha: al eliminar los problemas posturales de la marcha, especialmente los puntos de apoyo que permiten ejercer el despegue y la simetría entre ambos pasos del ciclo permitirán una mejora en el sistema locomotor, generando una mejora de la masa muscular del pie, y el aumento del confort del miembro residual ayudara a que el usuario pueda recorrer distancias largas y realizar su trabajo en mejores condiciones.

3.10.4.- Mejorar la distribución de cargas, puntos de presión y equilibrio presentes en la zona plantar: engloba el cómo debe configurarse interna y externamente el calzado ortopédico, debido a que cada una de las variables tanto de protetización como diseño deben ser capaces de producir una mejora en los puntos de presión del arco plantar, por lo que deben ser relacionadas para mejorar lo ocurrido en la planta del pie al realizar la marcha.

3.10.5.- Delimitar las incidencias de los actores en la elaboración protésica, separando variables antropométricas y estético-formales en la propuesta conceptual: a través del mapa de actores se puede establecer que áreas de desarrollo se puede incorporar, y con esto el equipo debe limitar cuál o cuáles serán los alcances de desarrollo, para este caso se establecen dos productos importantes, la primera son todas las medidas antropométricas y sistemas necesarios para el confort del miembro residual y la segunda son todos los parámetros funcionales, estéticos y simbólicos que deben ser representados en la elaboración del concepto, en donde el usuario debe verse representado (dígase de las funciones indicativas vistas anteriormente).

Luego de la identificación de las problemáticas en el contexto del usuario, nos encontramos con las variables que debemos controlar, de esto surgen las oportunidades de diseño en donde el equipo puede intervenir y desarrollar, para luego generar tanto los

criterios de protetización (asociados a las necesidades que la prótesis debe solucionar en el amputado) y los criterios de diseño (asociados a los parámetros formales para el desarrollo de un producto de diseño en base a un contexto) al sintetizar estas dos líneas de desarrollo surgen los “criterios de diseño y protetización” definidos como los subproblemas que deben ser solucionados a través de las propuestas conceptuales en donde, tanto la parte protésica, como la parte personalizada deben ser mostradas en la generación del concepto final antes de prototipar.

### 3.11.- Marco teórico asociado al caso de estudio:

Este marco teórico es un resumen de todas las entregas presentadas en IBM y Proyecto de título, debido a cada nueva profundización en la información recopilada.

Para poder encontrar información asociada a cada uno de los “Criterios de Diseño y Protetización” junto a las variables, problemáticas, la amputación, condiciones biológicas, entre otras, se sugiere realizar un marco teórico asociado al caso de estudio, donde se podrán encontrar tanto referentes directos como indirectos de cómo solucionar cada una las problemáticas identificadas.

3.11.1.- Biomecánica del pie: existen una serie de movimientos ocurridos en el pie, tanto de extensión, flexión e inclusive de rotación, una persona al caminar experimenta una rotación en el plano transversal que es transmitida desde la pelvis hasta el tobillo, luego desde la bóveda astragalina hasta los dedos de los pies, por lo que a continuación se muestran los principales movimientos del miembro inferior.

3.11.2.- Flexoextensión plantar: es aquel movimiento en donde la planta del pie es alejada del segmento de la pierna, lo cual produce una extensión angular entre los 30° a 50° grados.

3.11.3- Flexo extensión dorsal: es aquel movimiento en donde la cara dorsal del pie es acercada al segmento de la pierna, produciendo una flexión angular entre 20° a 30° grados.

3.11.4.- Ejes del pie: existen diferentes tipos de ejes asignados para los movimientos del pie, dependiendo de la sección y el movimiento analizado, pese a que cada articulación del miembro inferior posee su propio sistema de ejes de movimientos, los más ocupados son los ejes sagitales, los cuales se identifican en base a la postura erguida de una persona, con esto al eje vertical del pie se le asignan los movimientos de aducción y abducción (movimiento que aleja y acerca la punta del pie a la línea medial), mientras que al eje longitudinal se le asignan los movimientos de supinación y pronación, estos ocurren de forma pareada, produciéndose simultáneamente la aducción-supinación o la abducción-pronación.

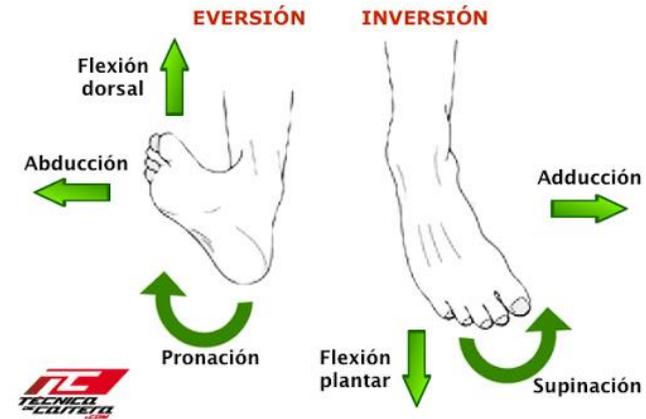


Ilustración 34: biomecánica del pie. Fuente: <http://www.tecnicadecarrera.com/la-biomecanica-del-pie-y-su-relacion-con-la-tecnica-de-carrera/>

3.11.5.- Eversión e inversión: son los movimientos más complejos que realiza el pie, debido a que ocurren 3 movimientos de forma pareada, para la inversión ocurre la combinación de aducción, supinación y una ligera extensión, mientras que la eversión se compone de abducción, pronación y flexión, para este caso se denomina un nuevo eje (eje de Henke) para explicar de forma más correcta como ocurren los movimientos.

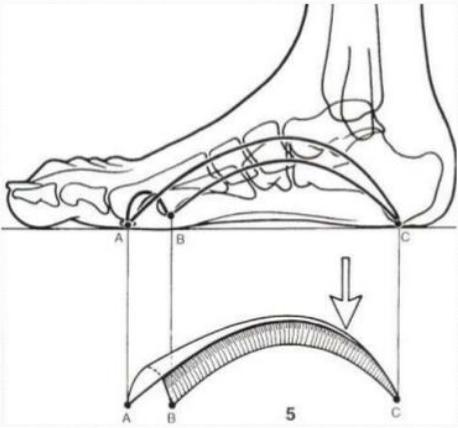


Ilustración 35: bóveda plantar y puntos del arco plantar. Fuente: <https://es.slideshare.net/dtcf/biomecnica-del-pie>

3.11.6.- Bóveda plantar: la bóveda plantar es una de las zonas importantes del pie, debido a que, está constituida por varios puntos de apoyo necesarios para una buena dispersión de fuerzas, en esta zona se encuentra el arco plantar, definido por tres zonas de apoyo, el talón, y el extremo superior del metatarsiano 1 y 5, este arco además se forma para distribuir de forma equitativa el 50% de la fuerza, ya que se establece que el metatarsiano del pulgar absorbe aproximadamente el otro 50% de carga aplicada restante.

Si bien los movimientos ocurridos son ejercidos según la actividad que se esté realizando, la flexoextensión plantar, junto a la deformación producida en los dedos de los pies (puntos de apoyos que impulsan el caminar) y la bóveda plantar, son los principales mecanismos que permiten la estabilidad al momento de la bipedestación, además de esto se debe considerar la rotación del tobillo al caminar, junto a los movimientos complejos de eversión e inversión. Con esto en mente podemos extrapolar la falta de los dedos del pie del amputado, dificultan estos movimientos, al distribuir de mala manera las cargas en los puntos de apoyo, reajustando los puntos del arco plantar, y produciendo que esta carga se distribuya más en otras áreas, dañando huesos, ligamentos, articulaciones y músculos, se ha de considerar estas características para mejorar la bipedestación del amputado.

**3.11.7.- El caminar:** la bipedestación humana es aquel proceso donde una persona erguida se mueve hacia adelante, soportando el peso a través de ambas piernas (proceso locomotor), en donde una pierna se desplaza (balanceo) mientras la otra sirve de apoyo.

En este proceso existen varias etapas (analizando el movimiento de una sola pierna debido a la simetría), este proceso también llamado ciclo de marcha o zancada, es la secuencia que acontece en la repetición de la acción iniciándose generalmente cuando el talón toca el suelo. Este ciclo consta de una fase de apoyo y una fase de oscilación, en donde el apoyo comienza con el contacto del talón con el suelo y termina con el despegue del antepié, mientras que la fase de oscilación es aquella en la que el pie está en el aire, iniciando con el despegue y finalizando cuando el talón vuelve a bajar. La Fase de apoyo consta de 5 etapas:

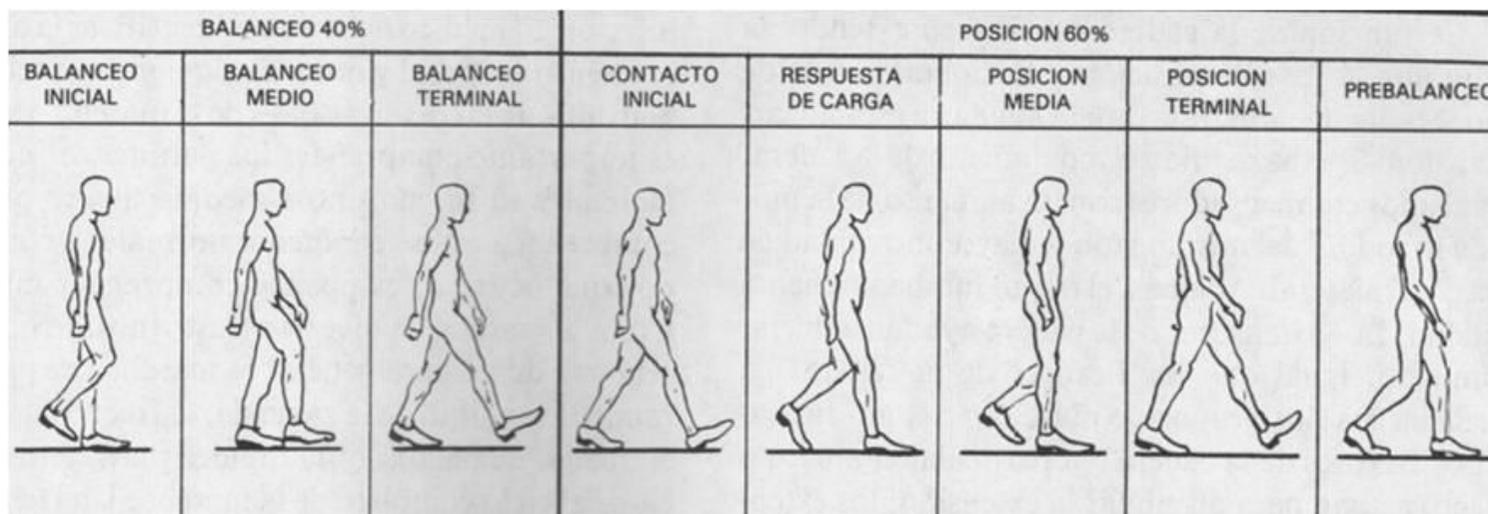


Ilustración 36: fases de la marcha, balanceo y oscilación. Fuente: [https://www.goconqr.com/es/p/5797526?dont\\_count=true&frame=true&fs=true](https://www.goconqr.com/es/p/5797526?dont_count=true&frame=true&fs=true)

3.11.8.- Fase de contacto inicial (CI): esta fase se caracteriza por posicionar correctamente el pie al entrar en contacto con el suelo, generándose una flexión dorsal del tobillo, ligera o nula extensión de rodilla o cadera, además de que cada articulación se ve afectada internamente.

3.11.9.- Fase inicial de apoyo o de respuesta a la carga (AI): esta fase tiene como principal acción, lograr una mantenida progresión (de manera suave) al tiempo que el descenso del cuerpo se amortigua, es decir al controlar la flexión de rodilla o la flexión del tobillo se provoca una desaceleración.

3.11.10.- Fase media del apoyo (AM): esta fase se inicia con el despegue de los dedos del pie contrario (estabilizándose la cadera y rodilla por ese plano) mientras el cuerpo avanza desde un pie estacionario, además de empezar la fase de oscilación encontrándose el cuerpo en apoyo mono podal. En esta fase el sóleo y otros ligamentos estabilizan las tres articulaciones del miembro inferior y en el tobillo el tibial y los peroneos le dan estabilidad al pie.

3.11.11.- Fase Final de apoyo (AF): en esta fase se produce una aceleración del pie, con el objetivo de asegurar la longitud correcta o adecuada de la zancada, en donde además el cuerpo pasa a una línea vertical encontrándose ambos pies alejados de forma máxima, los

gemelos con el soleo controlan la dorsiflexión del tobillo, y el tríceps se contrae para despegar el talón del suelo.

La fase de oscilación se puede segmentar en cuatro sucesos importantes

3.11.12.- Fase previa de la oscilación: esta fase tiene como finalidad preparar al miembro para su oscilación, en contraparte ocurre la fase CI en el miembro opuesto, así como la fase de doble apoyo, de forma articular los flexores de cadera impulsan al muslo hacia arriba, y los gemelos inducen a una flexión de rodilla.

3.11.13.- Fase inicial de oscilación: el objetivo básico de esta fase es lograr despegar adecuadamente el pie del suelo, además de alcanzar la cadencia adecuada para lograr elevar y mover el miembro inferior, el tibial anterior es el encargado de levantar el pie junto a los dedos, que son los encargados de dar el impulso.

3.11.14.- Fase media de la oscilación: esta fase tiene como objetivo mantener la separación entre el pie y el suelo al estar elevado, producido gracias a la actuación concéntrica de los flexores dorsales.

3.11.15- Fase final de la oscilación: en esta fase podemos observar una desaceleración de la pierna suspendida y el correcto aterrizaje de esta y el contacto con el talón, iniciándose

nuevamente el ciclo, la rodilla es extendida casi completamente en donde además el pie busca una posición adecuada manteniendo el equilibrio para el nuevo ciclo.

Las fases de la bipedestación de una persona pueden ser analizadas mediante un ciclo, iniciando desde que el talón toca el suelo, se levanta, avanza y vuelve a caer, con esto se da una zancada, en cada una de las fases diferentes tipos de musculaturas, estructuras óseas y ligamentosas se ven involucradas, dentro de todas las fases podemos darnos cuenta de la importancia tanto de la planta (las cuales rechazan y distribuyen la carga de todo el cuerpo) y los dedos los cuales son necesarios para estabilizar el pie junto a generar un impulso que ayuda al levantamiento de la pierna.

3.11.16.- El calzado protésico: el calzado protésico es una solución que permite la devolución parcial o total de la marcha a personas que poseen alguna afección patológica en el tren inferior, ya sea por alguna amputación traumática, amputación por diabetes, mal formaciones, entre otras patologías, de forma general el calzado protésico tiene como finalidad la protección del miembro residual, la corrección o prevención de deformidades, la distribución adecuada del peso corporal, la reducción del roce de la piel, y la prevención de heridas en los principales puntos de presión al realizar la marcha.

Existen una serie de calzados protésicos los cuales son prescritos por los profesionales médicos, cada uno de estos con una ergonomía, aplicación, y forma específica, y de forma resumida algunos de estos son:

3.11.17.- Para pie diabético con componentes específicos: este tipo de calzado presenta una holgura en su interior para que el muñón del amputado posea cierta libertad pero a su vez confort, no poseen costuras interiores y su desarrollo además se centra en permitir un ciclo de aire para la ventilación del pie, se confeccionan generalmente de cuero para su exterior, mientras que su interior presenta badana y malla antimicótica, la planta puede ser de goma, de poliuretano antideslizante, además sus sistemas de anclajes pueden ser



Ilustración 37: calzado protésico de caña alta con velcro. Fuente:

<http://www.elautenticoortopedico.com/>

cordones, correas, cierres o velcros, por ultimo su composición radica en la disminución de humedad al interior del zapato.

3.11.18.- Calzado balancín retrocapital: este calzado se caracteriza por poseer una modificación en la suela, agregando material para generar un balancín, o con la generación de una barra retrocapital (almohadilla debajo del arco plantar) su principal función es dar comodidad y distribuir de mejor forma el peso en los metatarsianos, ayudando además a la distribución de cargas en la bóveda plantar, además corrige algunos problemas posturales junto a la disminución de la movilización de la articulación del tobillo.



Ilustración 38: calzado ortopédico con balancín.  
Fuente: <http://www.elautenticoortopedico.com/>

3.11.19.- Zapato de cala alta o caja amplia: como su nombre lo indica su principal característica es poseer una caña alta, para aumentar la sujeción del miembro residual, en su interior consta de elementos que permiten evitar cualquier tipo de presión ejercida en el contorno del muñón y su punta (generalmente redondeada) permite dar más confort en la bipedestación frente al rechazo o amortiguación del impulso generado.

3.12.20.- Calzado protésico con realce y componentes específicos: la principal característica de este zapato es la regulación o compensación de las diferencias en las longitudes de las extremidades de una persona que posee deformación o patología, siendo ocupado el recurso tanto en el interior como el exterior del calzado, sus componentes se

centran en dar tanta sujeción (al poseer caña alta) como confort en el arco plantar (puntos de apoyo) del pie.

De forma aproximada la composición de un calzado protésico u ortopédico centra su construcción en base a las necesidades físicas el amputado, paciente, o la persona afectada de forma traumatológica, de acuerdo con esta necesidad, podemos identificar soluciones específicas de acuerdo con necesidades de confort en el muñón, necesidades en los puntos de presión, dificultades en el impulso de la bipedestación, e inclusive nivelar las articulaciones para resolver problemas posturales. Un apartado importante también es la materialidad con los cuales se elabora un calzado protésico, ya que, entre las espumas, el cuero, las resinas y algunos polímeros podemos encontrar una gama que se adecue tanto a los requerimientos de confort como requerimientos asociados a la sensibilidad de la piel del amputado.

3.12.21.- Componentes de un pie protésico: para la confección de un calzado ortopédico, podemos establecer una serie de piezas mínimas que componen su estructura, pero no son una muestra representativa, debido a que cada uno de estos se confecciona en base a los requerimientos prescritos por un profesional, además de las necesidades físicas que el usuario puede demandar, pero de forma resumida los componentes que posee un calzado protésico son:

- Caña: es aquella sección del calzado que permite cubrir y sujetar el retropié, además de ayudar al tobillo en su función articular durante la marcha.
- Pala o empeine: encargada de proteger el antepié y el medio pie, tanto de impactos como de brindar confort y paso de aire para evitar humedad dentro del calzado.
- Suela: sección que amortigua el contacto del pie con el suelo, y dependiendo de la patología esta puede ser elaborada con ciertos materiales o presentar modificaciones en su forma.
- Tacón: definido como la elevación de la suela, le permite tener confort al talón, ayuda a recibir el pie al final de la marcha y proporciona estabilización al caminar.
- Sujetadores: como en toda prótesis y calzados son los encargos de dar tanto sujeción articular, como ayudar a las estructuras a contener e impedir el movimiento innecesario del miembro residual.

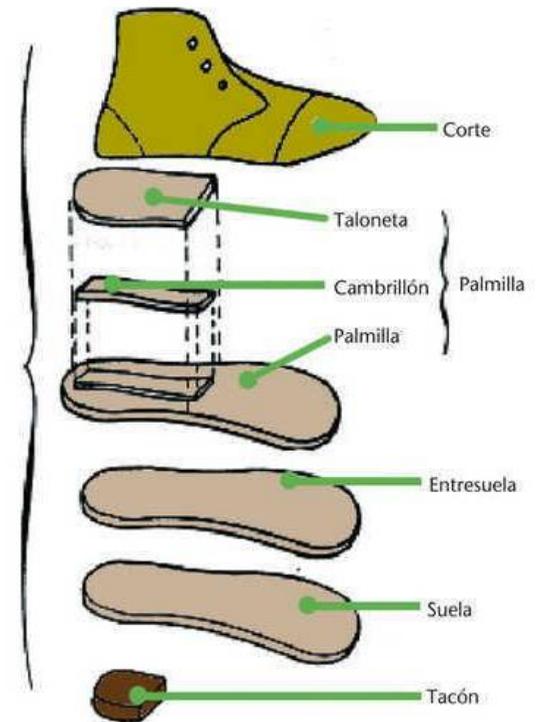


Ilustración 39: partes de un calzado protésico.  
Fuente: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-elaboracion-del-molde-escayola-toma-13083633>

3.12.22.- Proceso de confección: El proceso de confección de un calzado radica netamente en los componentes que este tendrá, además de las necesidades del miembro residual, necesidades posturales, e inclusive la corrección de medidas antropométricas, pero para el caso escogido de amputación transmetatarsiana es adecuado definir los siguientes procesos de elaboración:

- Rellenar plantilla antropométrica del calzado (definición y descripción): en este paso el especialista ortopédico rellena una plantilla con todas las medidas antropométricas del pie residual, en donde se identifican las variables fisiológicas correctas de las dimensiones que debe tener el calzado protésico, junto a las modificaciones de la caña, el empeine, el interior, la suela y el tacón, especificando también observaciones que modifiquen el proceso de elaboración. Después de la confección de estas especificaciones se debe contactar con el especialista protésico.
- Selección de horma: en este proceso se identifica la horma que tendrá el calzado, mostrando moldes ya establecidos por el especialista, entre los que podemos encontrar por ejemplo horma curva, recta neutra, aproximadora, recta helicoidal, recta polilla entre otros, este proceso también puede haber sido definido anteriormente por el especialista médico.

Ramírez. E – 01-03-2020.

- Componentes del zapato a medida: en este caso se proporcionan e identifican los componentes básicos y adicionales que tendrá el zapato, junto a la definición de la forma y la disposición de estos.
- Detalles terapéuticos: es la inclusión de todos los detalles y observaciones realizados por el especialista médico, con ellos se incluyen materialidades, flujo de aire, y las medidas antropométricas aplicadas para cada parte del zapato.
- Toma del molde negativo: es aquella fase para tomar el negativo del miembro residual del amputado, generalmente se ocupan vendas de yeso para poder obtener la forma real del miembro residual.
- Toma del molde con escayola: al tomar el molde con una paleta que aumenta el espacio del molde y la utilización de escayola (polvo de yeso de alta calidad y de grano fino) podemos obtener una capa que pueda cubrir el negativo del pie, con esto se puede observar el comportamiento del recubrimiento necesario para el confort del miembro residual.
- Obtención del molde positivo: para este proceso se llenará el molde nuevamente con una lechada escayola, retirándose suavemente si se aplicó un desmoldante



Ilustración 40: elaboración de un calzado protésico con escayola. Fuente: <https://www.alamy.es/imagenes/fabricaci%C3%B3n-de-calzado.html>

adecuado, para ello luego de fraguar es necesario corregir el molde positivo, para minimizar las diferencias entre miembro residual y copia en yeso.

- Construcción de la horma: se elabora en base a madera una réplica del miembro residual, para que luego sean puestas sobre estos diferentes elementos del calzado protésico.
- Cortado de la piel y el forro: se corta el cuero o piel según lo dispuesto anteriormente.
- Aparado: es el proceso de cosido entre todas las piezas anteriormente cortadas sobre la horma.
- Guarnecido: es la colocación o sujeción de ojetes, hebillas, cierres u otros elementos según corresponda.
- Cosido: se unen las principales estructuras del calzado protésico, con estos los contrafuertes, topes y la horma se montan quedando fijas sobre la plumilla.
- Acabado: son todos los procesos finales para el término de la producción del calzado, se fija el tacón a la suela, se pega la tapa de goma, se limpia el calzado entre otros.
- Corrección: se prueba el calzado y se realizan ciertas modificaciones que pueden ser encontradas en los primeros usos, con ello se afinan los detalles antes de la entrega.

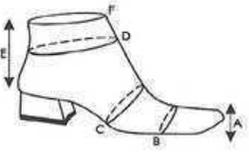
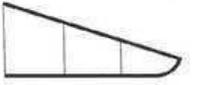
- Entrega: una vez corregido el producto si fuese necesario, se entrega el calzado para su uso, tanto cotidiano como en rehabilitación, según el caso particular del amputado.

La confección de un zapato ortopédico demanda una gran cantidad del manejo de variables, pero estas a su vez están determinadas por la prescripción del especialista ortopédico, por lo que un proceso de elaboración de calzado es un más proceso metódico que de experimentación, ya que el paso a paso puede ser determinado, especialmente al hablar con un protesista experimentado. Dentro del análisis del proceso lo más importante radica en las observaciones para la confección debido a que tanto las medidas antropométricas como las demandas de materialidades, costuras, formas de la horma, serán las que determinen el confort del miembro residual del amputado, junto a la corrección de la distribución de peso, la disminución de cargas en la zona plantar, y la corrección postural en la marcha del amputado.

3.12.23.- Plantilla de medidas antropométricas del amputado:

Cliente: _____	Modelo: _____	Fecha pedido: _____
Población: _____	Color: _____	Fecha servicio prueba: _____
Paciente: _____		Fecha acabado: _____
Diagnóstico del prescriptor: _____		

<b>Medidas pie izquierdo (cm)</b> Largo palmilla interior: _____ A Altura dedos: _____ B $\varnothing$ Metatarsal: _____ C $\varnothing$ Empeine arco: _____ D $\varnothing$ Maleolos: _____ E Altura caña (bota) _____ F $\varnothing$ Caña a esa altura: _____		<b>Medidas pie derecho (cm)</b> Largo palmilla interior: _____ A Altura dedos: _____ B $\varnothing$ Metatarsal: _____ C $\varnothing$ Empeine arco: _____ D $\varnothing$ Maleolos: _____ E Altura caña (bota) _____ F $\varnothing$ Caña a esa altura: _____
<b>Complementos</b> Plataforma oculta <input type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/>		<b>Complementos</b> Plataforma oculta <input type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/>
Cuñas correctoras: _____ (mm)		Cuñas correctoras: _____ (mm)
Pisos: _____	Cuero <input type="checkbox"/> Goma <input type="checkbox"/> Miki <input type="checkbox"/> Microporoso <input type="checkbox"/> Spay <input type="checkbox"/>	Pisos: _____
Tacones Altura: _____ (mm)		Tacones Altura: _____ (mm)
Observaciones: _____		Observaciones: _____
Contrafuertes y topes: _____		Contrafuertes y topes: _____
Observaciones: _____		Observaciones: _____
Observaciones generales: _____		



Esta plantilla proporcionada por empresa Calzamedi, nos proporciona una aproximación de lo que un especialista medico prescribe, podemos encontrar las medidas necesarias para cada pie, en donde se consideran por secciones para su correcta fabricación, se

observa la definición de componentes estéticos (modelo y color) y algunos funcionales (los modelos de suelas y hormas que se aplicaran y en que parte puede llevar una modificación) la utilización de cuñas, la altura del tacón, que topes y contrafuertes se utilizara, e inclusive las observaciones necesarias para la correcta confección del calzado, este tipo de plantilla nos muestra una aproximación de lo que se sería un proceso de elaboración personalizada, pero en base necesidades físicas, ya que los parámetros son determinados en base a modelos y formas disponibles por el proveedor.

#### 3.12.24.- Conclusiones del marco teórico asociado al caso de estudio:

Luego del análisis de los campos investigados en el anterior recurso, podemos definir que la elaboración de un calzado protésico inicia con la prescripción de un especialista médico, que luego de evaluar cada una de las necesidades físicas del paciente, sugiera en base a parámetros establecidos, los requerimientos para que el experto en prótesis confeccione dicho calzado, estas variables son netamente funcionales, lo que excluyen variables estéticas o simbólicas, y si bien estos zapatos pueden ser de ayuda, no siempre están pensados en base a cubrir todas las necesidades en el cotidiano del amputado, existen modelos preestablecidos sin mayores modificaciones más que tallas, no existe personalización, ni la incorporación de estructuras soportantes que ayuden de mejor manera al miembro residual. Este proceso se sintetiza en dos etapas, el diagnostico medico

(donde se puede intervenir) y la confección del zapato (prótesis que se sugiere sea confeccionada por un experto).

De acuerdo con lo anterior podemos establecer una serie de conclusiones importantes que nos ayudaran a observar en profundización las áreas de desarrollo en cual centrar la generación conceptual.

Bipedestación: todas las acciones que realizan los pies (en conjunto con otras articulaciones) pueden definirse como fases o ciclos, en donde el inicio de esta acción parte al colocar el talón sobre el suelo, se soporta el peso, se transfiere hacia un rechazo y luego los dedos son los encargados de realizar un impulso que permita iniciar la fase de oscilación del pie, para el caso de Gabriel podemos observar dos grandes premisas, la primera es que es necesario un punto de apoyo metatarsiano que ayude al impulso de su caminar en el miembro residual para que este pueda recorrer más distancia equilibrando mejor la postura de la bipedestación, y que cuando el miembro residual recibe el peso del cuerpo este normalmente se encuentra inclinado hacia fuera con respecto a su eje sagital, lo que provocó una pequeña deformación en el pie al ser este borde quien reciba la mayoría de la carga como punto de apoyo, es decir posee deficiencias en su arco plantar.

Componentes de una prótesis: se puede establecer que para la confección de un calzado protésico la utilización de los diferentes componentes de una prótesis de miembro inferior

puede funcionar como referente, tanto tecnológicos, estéticos o estructurales, ya que la presencia de sujeciones, anclajes, amortiguadores, e inclusive diferentes materialidades pueden ayudar a mejorar el confort de un calzado protésico.

Calzado protésico: el calzado protésico puede ser de gran ayuda para una persona con amputación parcial de pie, en donde a través de la incorporación de medidas antropométricas, la definición de la utilización de suelas, tacones y hormas específicas, se pueden corregir los principales problemas posturales, de confort e inclusive ayudar tanto a la protección como la reducción de la carga física del muñón, es por esto que con el cuidado necesario, las problemáticas asociadas a una mala bipedestación pueden ser corregidas con estos tipos de zapatos protésicos, que a su vez pueden ser potenciados con la inclusión de las necesidades o habilidades compensativas que el usuario puede incluir, para así mejorar y solucionar problemáticas a generarse en su vida diaria.

### 3.13.- Generación conceptual:

Para la generación del concepto podemos aplicar un método de 5 pasos propuesto en libro “Diseño y desarrollo de productos” (Ulrich.K y Eppinger. S, página 122), los cuales tienen como finalidad guiar el proceso conceptual para generar la solución a la problemática identificada, este método es una guía referencial, y como tal es parte del equipo de trabajo definir cuál o cuáles serán las instancias de aplicación de cada uno de los niveles. A continuación, una síntesis de cada nivel metodológico:

- Buscar soluciones de manera interna en el grupo: en esta etapa se aplican métodos o recursos como la lluvia de ideas, en donde el equipo debe proponer, discutir, y seleccionar las soluciones proyectuales para cada generación conceptual, dentro de este paso se sugiere que el usuario dialogue y aplique ideas propias que influyan en la conceptualización.
- Buscar soluciones de manera externa al grupo: se relaciona directamente con una investigación asociada al estado del arte,

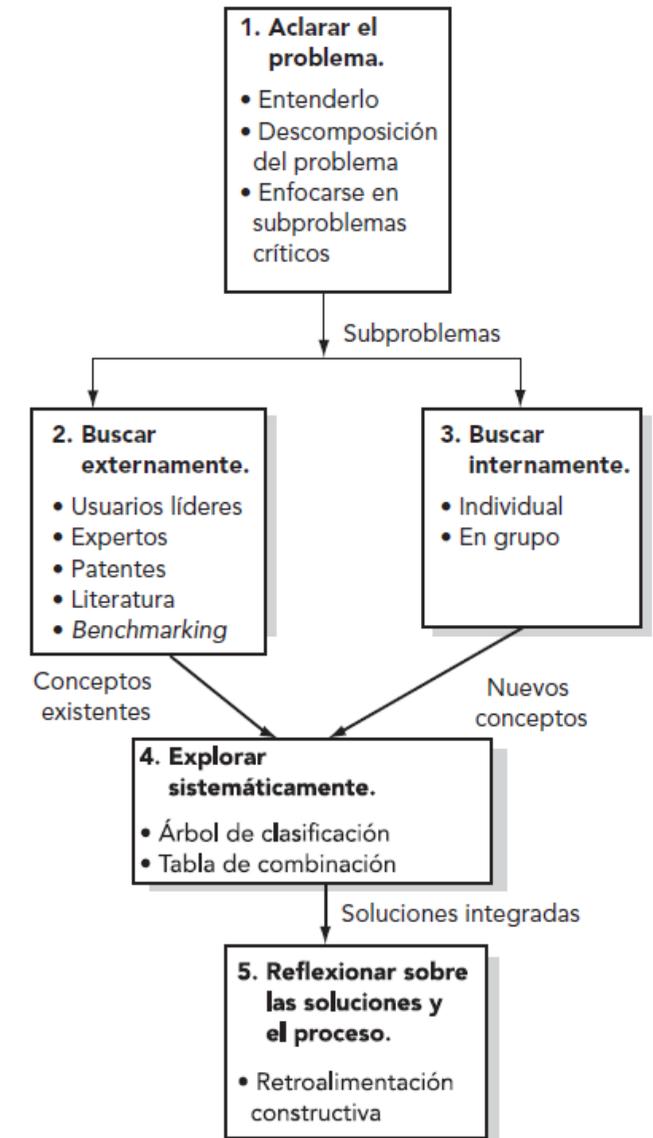


Ilustración 41: Generación conceptual paso a paso. Fuente: Diseño y desarrollo de producto, Ulrich. K y Eppinger. D, pág. 122.

observando aspectos encontrados en el marco teórico, donde se pueden identificar soluciones tanto en personas con más experiencia, como productos con una funcionalidad similar, inclusive la incorporación de referentes indirectos.

- Explorar sistemáticamente: este proceso se caracteriza por exponer y desarrollar sistemáticamente (por ejemplo, a través de una árbol conceptual o tablas combinadas) toda la información recopilada, comparando tanto los criterios de diseño y protetización con las soluciones proyectuales postuladas por el equipo, con esto se deben seleccionar y discutir las ideas más prometedoras, en donde a través del debate generar una serie de propuestas conceptuales.
- Reflexionar sobre las soluciones y el proceso: se conversan, discuten y validan las propuestas conceptuales con el usuario, en donde a través de la iteración y algún método aplicado (por ejemplo, una validación a través de un diferencial semántico o cuestionario con valores) se identifiquen las ideas adecuadas, que correspondan a los “criterios de diseño y protetización” identificados durante la metodología.

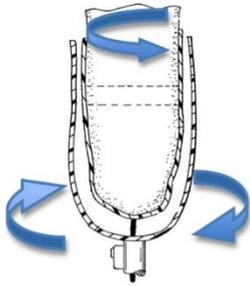
3.13.1.- Aclarar el problema: La descomposición de la problemática ya fue dada previamente al generar los “Criterios de Diseño y Protetización”, debido a que estos criterios fueron formulados a partir de problemáticas que abordaban una serie de variables en base a los diferentes factores del cotidiano, por ello en el primer nivel metodológico se iniciara a partir de estos criterios.

- Representación estética-funcional de los criterios a través de la elaboración de un calzado.
- Aumento del confort en el miembro residual a través de la corrección postural en la marcha.
- Mejorar la distribución de cargas, puntos de presión y equilibrio presentes en la zona plantar.
- Delimitar las incidencias de los actores en la elaboración protésica, separando variables antropométricas y estético-formales en la propuesta conceptual.
- Desarrollar una línea de productos para las tres actividades del usuario, descanso en casa, marcha al trabajo y actividades en conserjería.

3.13.2.- Buscar soluciones de manera externa e interna al equipo de trabajo: al desarrollar el marco teórico asociado al caso de estudio, podemos vincular dicha información con este nivel conceptual, en donde según la cantidad de referentes e información obtenida, se profundizarán nuevas áreas investigativas, esto depende netamente de las habilidades dominadas por el equipo de trabajo, ya que el manejo de información, referentes y soluciones solo dependerá del dominio y complementariedad entre los actores que participen en el proceso metodológico.

3.13.3.- Recurso N°18 Tabla resumen información obtenida de manera externa:

Imagen:	Síntesis de la información resultante:
	<p>Un liner o recubrimiento con anclaje y sistema de suspensión sirven para amortiguar los impactos producidos en el muñón, protege la piel del amputado y asegura también la unión entre muñón y la articulación de la prótesis.</p>

	<p>Existen diferentes sistemas de amortiguación, entre los que se destacan los hidráulicos, la presencia de espacios rellenos de aire permite un cuidado del muñón, otros sistemas desarrollados en base a anclajes y materiales blandos son utilizados para actividades de bajo impacto.</p>
 <ol style="list-style-type: none"><li>1. Esponja acojinada para mayor comodidad.</li><li>2. Talle rígido con material termoplástico. (bomba de aire para el pie)</li><li>3. Plantilla natural de Res (lista para recibir sobre plantillas ortopédicas).</li><li>4. Planta material 100% vacuno, para para arnejos ortopédicos entresuelados.</li><li>5. Tacón tipo Thomas, ayuda a flexionar el arco soporte del pie.</li><li>6. Forro flor de res, brinda flexibilidad y una mejor transpiración natural interna.</li><li>7. 100% piel natural de res.</li><li>8. Punta semi-rígida brinda protección al pie.</li><li>9. Suela 100% de caucho (centro), apta para recibir adaptaciones ortopédicas sobre la misma suela.</li></ol>	<p>Este modelo de calzado protésico está elaborado en base a diferentes cueros naturales, se conforma de un forro de flor de res para ayudar a la transpiración del pie, una punta semirrígida que cuida al muñón, un talón tipo Thomas que ayuda al arco del pie, y una plantilla de res con la forma personalizada para corregir patologías en la planta del pie.</p>
	<p>Este modelo de zapato ortopédico presenta una composición que ayuda a nivelar la altura cuando el largo de los pies es distinto, nivela las cargas del cuerpo y estabilizar la bipedestación, se ocupa principalmente cuero y se utilizan cordones para su sujeción.</p>

Ramírez. E – 01-03-2020.

	<p>Este modelo presenta una configuración orientada para amputados transmetatarsiana, se elabora en base a un molde sacado del miembro residual, se ocupan plantillas y suelas adecuadas para las cargas, y se utiliza velcro para su fijación, permitiendo una sujeción más sencilla.</p>
	<p>Este modelo de sandalia crocs realizado por Nike se toma como referencia estética, debido a que es una de las marcas ocupadas por el usuario, además presenta una configuración más sencilla y la presencia de orificios que permiten generar tránsito de aire en el empeine del pie.</p>

	<p>Este tipo de plantillas elaboradas en base a polímeros suaves permite rectificar las deficiencias de la marcha, cuando el arco plantar se ha deformado por pie plano o pie cavo. Se toma como referencia por las posibles configuraciones que podría tener la plantilla.</p>
 <p><b>ELASTÓMERO</b> Disipación de la energía y amortiguación</p> <p>Suela dentada: Ofrece una flexibilidad óptima</p> <p><b>ENTRESUELA DE GEL</b> Absorbe el choque y aumenta la amortiguación</p> <p><b>RUBBER</b> Mejora el agarre y la resistencia a la abrasión</p> <p><b>PHYLON</b> Aporta ligereza y amortiguación</p> <p>Plantilla ergonómica y transpirable que regula la temperatura</p>	<p>Este tipo de modelo de zapato nos permite observar algunos materiales con los cuales son elaborados un “zapato de calidad”, estos cuestan sobre los 200 euros y son personalizados, entre los materiales que encontramos tenemos, elastómeros, entresuela de gel, caucho y phylon (material ocupado por grandes marcas para las suelas, especialmente en las zapatillas de Running).</p>

Ramírez. E – 01-03-2020.



Este modelo de zapatilla se toma como referente debido a que es uno de los modelos más utilizados por el usuario, preferidas principalmente por la utilización de la caña alta, además en su interior generalmente es elaborado con foam o phylon.



Este referente nos muestra la utilización de cierres o cremalleras para asegurar la sujeción del pie a la zapatilla, aumenta también el tamaño de la suela y la horma para aumentar la comodidad, es una zapatilla de running enfocada principalmente en el confort del pie.

Ramírez. E – 01-03-2020.

	<p>Este referente se analiza principalmente por la utilización de un recubrimiento elástico que permite la sujeción del zapato al tobillo, con este método se establece que podemos complementar la sujeción a definirse con cordones, cierres, velcros o hebillas, además de ser un modelo utilizado para actividades de alto impacto.</p>
	<p>Referente formal proporcionado por el usuario para mostrar cómo sería un zapato de trabajo ideal, aunque directamente dice que preferiría un zapato con caña alta.</p>

Podemos observar que los referentes vistos anteriormente nos entregan información importante, especialmente al analizar el cómo se puede configurar tanto un zapato ortopédico, protésico o uno elaborado en base a la personalización, además de esto existen referentes desarrollados en base a la demanda física que el usuario demanda, las sandalias crocs poseen una estructura diferente a las zapatillas para jugar futbol, e

inclusive los zapatos formales poseen una costura diferente en donde se prioriza la totalidad del empeine con una sujeción menor, también podemos encontrar calzado con modificaciones, tanto en el interior como el exterior incluso en suelas para nivelar la marcha. Por último, existen modificaciones en la plantilla del zapato, para regular pie plano o pie cavo, mientras que algunas suelas poseen juncos o discontinuidades para ayudar a la deformación de esta al momento de caminar, es por lo anterior que se deben esclarecer los requerimientos antes de elaborar un calzado, ya que su forma dependerá directamente del uso al que se le quiera dar.

#### 3.13.4.- Información obtenida de forma interna:

Para este paso dentro el método conceptual es necesario entablar conversaciones con todos los miembros del equipo de desarrollo, la aplicación se asemeja a lo que es la lluvia de ideas y a través de esta seleccionar las mejores soluciones proyectuales para cada caso, también se sugieren sesiones individuales que serán presentadas en reuniones de grupo. Para esta aplicación metodológica se sugiere mezclar esta parte del método con el paso 4, donde los conceptos son directamente evaluados con el usuario. Algunos consejos que el libro “Diseño y desarrollo de productos” de Ulrich.K y Eppinger. S (pag. 130) presentan para este paso son:

- Suspende el juicio: cuando se suspende todo lo que uno sabe en base a las leyes propias de conocimiento podemos imaginar muchas soluciones, las que pueden no estar dentro de los límites de confort propio.
- Generar muchas ideas: una generación grande de ideas permite ampliar el espectro de soluciones, inclusive acercarnos a desarrollos no cuestionados que pueden proveer de una solución adecuada.
- Dar la bienvenida a ideas que pueden parecer no factibles: que no se sepa como hacer no significa que no se pueda aprender, o que un tercero lo pueda realizar, el prototipo viene después.
- Usar medio gráficos y físicos: no solo la escritura define el concepto, observar formas, colores, escuchar sonidos o material audiovisual ayudara a la experiencia.
- Hacer analogías: observar otro tipo de soluciones relacionadas con otros seres vivos, por ejemplo, esta sección intenta vincular la aplicación de la biomimética para la solución de problemas.
- Desear y preguntarse: iniciar la premisa con deseos propios puede ayudar a la automotivación imaginativa, por ejemplo “ojalá pudiéramos desarrollar...”.

Ramírez. E – 01-03-2020.

- Usar estímulos relacionados: intentar sentir las necesidades del usuario estudiado puede estimular la generación de conceptos, el vivir de forma propia la experiencia te ayuda a comprenderla mejor.
- Establecer objetivos cuantitativos: establecer una cantidad fijas de propuestas por equipo.
- Usar el recurso de la galería: expandir la gama de soluciones y propuestas conceptuales a través del uso de la pared, para poder observar y relacionar todas las propuestas conceptuales generadas, con esto se busca que todos los integrantes del equipo crucen ideas propias con la de los demás así con esto llegar a una solución sintetizada de una gran cantidad de soluciones proyectuales.

La investigación de forma interna al grupo es un recurso adecuado para la generación de ideas, pero se debe mencionar que según las decisiones que se tomen es la aplicación a la cual se debe llegar, las habilidades de cada persona son diferentes, y tampoco es un desarrollo lineal paso a paso, el diseño es iterativo. Para este paso el equipo que aplica la metodología posee los siguientes recursos:

- Generación de ideas a través del sketch: los dibujos pueden expresar de buena forma una idea, y por esto se decide realizar las primeras ideas en forma de sketch,

las cuales serán validadas a través de un criterio de diferencial semántico con el usuario.

- Conceptualización a través del modelo digital: luego de validar y aceptar los primeros modelos conceptuales a través del sketch, estos serán digitalizados para poder observar el comportamiento de formas y figuras aplicadas al caso.
- Definición de formas, colores y texturas a través del renderizado: una vez validadas las formas se procede a realizar un renderizado de cada uno de los modelos, especialmente con una propuesta de color y textura, para luego ser validadas con el usuario y poder establecer el concepto para elaborar el prototipo.

3.13.5.- Explorar Sistemáticamente:

Para este paso se sintetiza toda la información encontrada en el paso 2 y 3, y luego se compara con los subproblemas identificados en el paso uno, por lo que para esto es necesario aplicar una tabla comparativa entre las soluciones proyectuales investigadas de forma interna como externa al equipo en relación con cada “criterios de diseño y prototización”.

3.13.6.- Recurso N°19.- Matriz comparativa problema solución conceptual:

Solución proyectual a: representación estética-funcional de los criterios a través de la elaboración de un calzado.	Solución proyectual a: aumento del confort en el miembro residual a través de la corrección postural en la marcha.	Solución proyectual a: mejorar la distribución de cargas, puntos de presión y equilibrio presentes en la zona plantar.	Solución proyectual a: delimitar las incidencias de los actores en la elaboración protésica, separando variables antropométricas y estético-formales en la propuesta conceptual.	Solución proyectual a: desarrollar una línea de productos para las tres actividades del usuario, descanso en casa, marcha al trabajo y actividades en conserjería.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Línea de color: azul, negro y blanco.</li> <li>• Criterios formulados a través del análisis de parámetros formales.</li> <li>• Uso de curvas y formas suavizadas.</li> <li>• Presencia de hormas holgadas.</li> <li>• Texturas asociadas a lo formal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de phylon y foam para suelas.</li> <li>• Uso de polímeros blandos para interior del calzado, como espumas.</li> <li>• Soluciones ortopédicas del pie plano y pie cavo.</li> <li>• Uso de horma grande.</li> <li>• Uso de cierres, velcro o hebillas.</li> <li>• Desarrollo del interior del zapato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de una plantilla enfocada a la mejora del pie plano y pie cavo.</li> <li>• Uso de cuero.</li> <li>• Uso de hidrogel o gel polimérico recubierto.</li> <li>• Uso de tela elástica que cubra al pie (zona del collarín).</li> <li>• Materiales impermeables que permitan la ausencia de humedad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega asociada a dos líneas de desarrollo.</li> <li>• Generación de los requerimientos antropométricos del calzado a través de una ficha descriptiva.</li> <li>• Elaboración de una ficha antropométrica descriptiva.</li> <li>• Entrega de un modelo conceptual.</li> <li>• Propuestas de color.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La línea de desarrollo incluye 3 calzados a desarrollar.</li> <li>• Crocs para descanso.</li> <li>• Zapatillas para larga caminata.</li> <li>• Zapatos formales de trabajo para estar de pie.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uso de un modelo 3d del pie amputado para delimitar los espacios adecuados.</li><li>• Mecanismo de anclaje y suspensión en base a un recubrimiento.</li><li>• Uso de talones que ayuden a la marcha.</li><li>• Empeine adecuado al pie amputado</li><li>• Lengüeta que proteja al empeine del pie.</li><li>• Uso de calcetines suaves.</li><li>• Uso de protecciones para el pie.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uso de cuero de flor de res que impida la transpiración.</li><li>• Suela con patrones que permita una adherencia al suelo.</li><li>• Suela con surcos que permitan una mayor flexibilidad.</li><li>• Bóveda del zapato que ayude junto a la plantilla a las patologías presentes en el pie.</li><li>• Balancín de puntera que ayude al impulso del miembro amputado.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Propuestas de textura.</li><li>• Modelo físico a través de la impresión 3d.</li></ul>	
--	---	--	---	--

Ramírez. E – 01-03-2020.

Luego del desarrollo de este recurso, y concebir ideas a partir de lo propuesto se inicia la generación de la propuesta conceptual a través del sketch (dibujo explicativo de las propuestas) en donde se presentarán soluciones de las dos líneas de desarrollo, tanto para el interior del pie y la representación formal de los parámetros pertenecientes al usuario, forma, estética y simbólica aplicados al desarrollo de productos.

### **3.14.- Proceso de elaboración conceptual:**

3.14.1.- Principales referentes formales: Al iniciar la propuesta conceptual se vuelven a observar los referentes, especialmente zapatos, zapatillas y crocs, dentro de toda la tecnología asociada a la elaboración de calzado podemos encontrar una serie de premisas que ayudan a la formulación del concepto, están son:

Partes de un zapato: los componentes de un zapato se pueden identificar como:

- Talón: es la zona que cubre la parte posterior del pie.
- Tacón: pieza que tiene contacto por la parte inferior del talón, puede regular la altura según el diseño del zapato o la necesidad del usuario
- Cuarto: es el espacio que queda entre el talón y los tarsianos del pie, amortigua la pisada.
- Palas: es la parte superior del zapato que cubre el empeine del pie.
- Puntera: zona del zapato que cubre los dedos.
- Suela: parte inferior del zapato, soporta cargas y es la que tiene contacto con el suelo.
- Orejas: superficie sobresaliente del zapato que cubre y asegura al empeine.

- Cordoneras: sujeción del pie a través de cordones, esta depende del modelo encontrándose cremalleras, hebillas o velcros.
- Forro: material que cubre al pie en el interior y está en contacto con la piel.
- Lengüeta: superficie ubicada debajo de las orejas del zapato, recubre al empeine.
- Ojales: orificios por donde pasan las cordoneras.
- Empeine: parte que esta con las orejas y envuelve al pie.
- Cerco: tira flexible, colocada alrededor de la zuela y que tiene contacto con el piso.
- Plantilla: superficie que se encuentra debajo del arco plantar del pie, su función es dar comodidad al pie y también solucionar patologías en la marcha de ser requerido por el usuario.



El uso de plantillas: cómo se puede observar en los apartados anteriores, ambos pies del usuario poseen una patología, se presenta el pie amputado como pie plano, mientras que el miembro sano del amputado requiere un análisis médico para la corrección de un pie

cavo. Es por este motivo que la utilización de plantillas se ven necesarias para modificar la morfología de ambos pies, junto a esto ayudar a los puntos de apoyo plantar y aumentar el confort del talón.

Tipo de sujeción: al hablar con el usuario, se le proponen la utilización de tres diferentes métodos de sujeción, cordones, velcro, cremalleras y hebillas, él nos cuenta que ponerse el zapato si bien no es tan complicado, la forma de colocarlos y sacarlos puede ser incomoda al no contar con la extensión de sus dedos, por lo que se establece la utilización de una cremallera en la zona del talón la cual es aceptada por el usuario debido a que con esta forma podrá introducir el pie con más espacio.



Ilustración 43: Suela de aire comprimido. Fuente: <https://blog.jdsports.es/tecnologia-nike-air-camaras-de-aire/>

Bolsas de aire: para mejorar el confort del miembro residual, se utiliza una tecnología tomada como referencia, la cual está presente en las zapatillas para running de diferentes marcas conocidas, como Nike y Adidas, esta tecnología es de Marion Franklin Rudy (ingeniero aeroespacial que trabajo para Nike), y consta principalmente de una capsula de aire que permita tanto el rechazo como la amortiguación de impactos, esta bolsa posee una composición de gases densos que son envueltos en un capa de poliuretano, encapsuladas por un procedo determinado soplado de goma, con esto se presente utilizar esta bolsa

de aire tanto en el talón del amputado como en la zona tarsiana del miembro residual, ayudando al rechazo y el impulso al momento de caminar.

Anclaje por liner o recubrimiento: se le consulta al usuario si estaría de acuerdo con implementar una sujeción del miembro residual al calzado protésico, el establece que no sería una mala idea, pero se refiere a que pese a tener una amputación en los dedos, nota la libertad de movimiento dentro del calzado, por lo que un pie estático puede producir alguna molestia (además prefiere ocupar calcetines), se establece que este apartado puede ser una proyección para el caso de estudio.

Suela con cuarto: esta suela se suele ocupar para aumentar el punto de apoyo al momento de realizar una zancada, vale decir, con este espacio el calzado puede realizar una mejor deformación impidiendo la limitación en la estructura del mismo, con esto se busca de que al momento de realizar una flexión plantar esta se realice de la mejor forma posible, además en este cuarto se busca colocar las bolsas de aire para producir una mejor amortiguación y rechazo al caminar, la suela del amputado tendrá una bolsa de aire tanto en la parte de los metatarsianos como debajo del talón.

Análisis morfológico de un calzado: en este apartado y a través del análisis de diferentes propuestas conceptuales investigadas, se identifican las principales formas



*Ilustración 44:* nike air zoom vaporfly, referente directo para suela. Fuente: <https://www.sepllook.com/search/nike-alpha-fly-next-percent>

Ramírez. E – 01-03-2020.

que posee un zapato, curvaturas, espacios, proporciones entre otros, especialmente la forma de ubicar componentes y como estos forman la estructura principal del mismo.

3.14.2- Generación de un árbol conceptual a través de la utilización de un mapeo en muro: La siguiente información para exponer es lo ocurrido en una serie de procesos para poder concebir el producto de diseño, en esta fase se pueden observar la síntesis total de la metodología en donde se involucran todas las variables observadas, para el caso de estudio podemos proponer lo siguiente:



Ilustración 45: metodología de desarrollo conceptual a través del muro. Fuente: elaboración propia.



Ilustración 46: desglose del problema y referentes conceptuales. Fuente: elaboración propia

Identificación de las zonas a elaborar: al elaborar un árbol conceptual podemos partir con todas las variables que se necesitan identificar, en este caso las primeras interrogantes radican en, la identificación de formas para modificar los puntos y la comodidad del arco plantar, formas de colocarse un zapato, observar las componentes de uno, definir el mejor material para cada componente, entre otros, los resultados nos arrojan un referente bastante importante que se asocia a la presencia de capsulas de aire en las zapatillas deportivas, con este elemento podemos modificar la suela del calzado para provocar ayudas tanto en la amortiguación de la marcha como en generar un impulso al momento de levantar

el pie amputado, una suela de tamaño alto junto a la utilización de material con espuma reactiva, nos proporcionarían una ayuda al confort que el usuario necesita, con respecto a la sujeción se decide con el usuario elaborar un sistema con la utilización de cremallera en la zona del talón, con esto el usuario tendrá una apertura más grande en el collar del calzado para poder introducir su pie, con respecto al interior tanto en la zapatilla como el

zapato se decide utilizar cuero de res, ya que es utilizado en gran cantidad de zapatos protésicos para evitar la transpiración del pie, con respecto a la propuesta formal de forma y color este se verá con mayor profundidad al momento de elaborar un renderizado por computadora.

Análisis morfológico del producto: en este apartado se analizan las formas de los elementos de un zapato, con la principal finalidad de poder dibujarlos mejor, con esto se pueden comprender, identificar, y analizar la ubicación espacial de cada componente, se realizan impresiones de modelos (utilización de sketch de otros artistas e imágenes reales) como referentes formales para su composición, identificando así las proporciones adecuadas para la elaboración de propuestas.

Propuestas de forma: se elabora de forma básica las principales ubicaciones espaciales de los componentes del calzado a través de un sketch simple, además de identificar algunas



Ilustración 47: análisis morfológico de la forma. Fuente: elaboración propia.

Ramírez. E – 01-03-2020.

propuestas de color, proporciones, formas, entre otros, se presentan la forma en que será elaborado el calzado, definiendo como producto una zapatilla, un zapato de aspecto formal y una sandalia croc para uso diario, estos dibujos son elaborados principalmente para poder distribuir e identificar la forma en como elaborar dichos modelos de forma digital.

Modelo digital en Blender 2.9: para la elaboración de la propuesta digital (herramienta que más se domina por parte de uno de los integrantes del equipo) se realizaron los renderizados a ser evaluados por el usuario en base a un diferencial semántico, con esto se pretende que se validen y se corrijan detalles, para luego generar la propuesta final de renderizado y pasar la fase de prototipado y entrega del producto. Por otro lado, el programa Blender es un programa informático utilizado en múltiples plataformas, especializado en modelado, iluminación, renderizado y animación. Para el caso de proceso conceptual se elabora un producto en base a superficies, las cuales serán renderizadas con materialidades y partículas digitales.



*Ilustración 48: Propuesta conceptual. Fuente: Elaboración propia.*

El proceso de la propuesta conceptual elaborado en la presente metodología es un proceso adaptativo en donde cada paso se vio modificado por las decisiones tomadas por el equipo, en donde según los resultados previos y las validaciones realizadas con el amputado se forman iteraciones, las cuales se mezclan con el paso 5 en el proceso de elaboración conceptual, con esto podemos establecer que aplicando de buena de forma las soluciones a las variables encontradas, vinculando los requerimientos establecidos y generando los criterios adecuados, llegaremos a una serie de propuestas conceptuales, las cuales como se observaran en el próximo capítulo no siempre pueden incluir todos los requerimientos encontrados, ni incorporar todas las soluciones de manera interna como externa al equipo, los referentes directos e indirectos, e inclusive las propuestas de formas y función pueden estar ligadas a diferentes variables que pueden ser incluso inmodificables, por esto, con una debida mirada y abordando temáticas diferentes, observando soluciones fuera de nuestros campos de estudio, se pueden generar soluciones más completas y coherentes en cada proceso iterativo, en donde con cada reformulación de los parámetros funcionales, estéticos y simbólicos se elaborará una propuesta que corresponda a las demandas identificadas por los “criterios de protetización y diseño”.

### 3.15.- Prototipado digital y validación de las propuestas conceptuales:

A continuación se procederá a observar las propuestas conceptuales elaboradas en base a toda la información recopilada al aplicar la generación conceptual, donde se observaran principalmente las soluciones encontradas para los criterios anteriormente formulados,

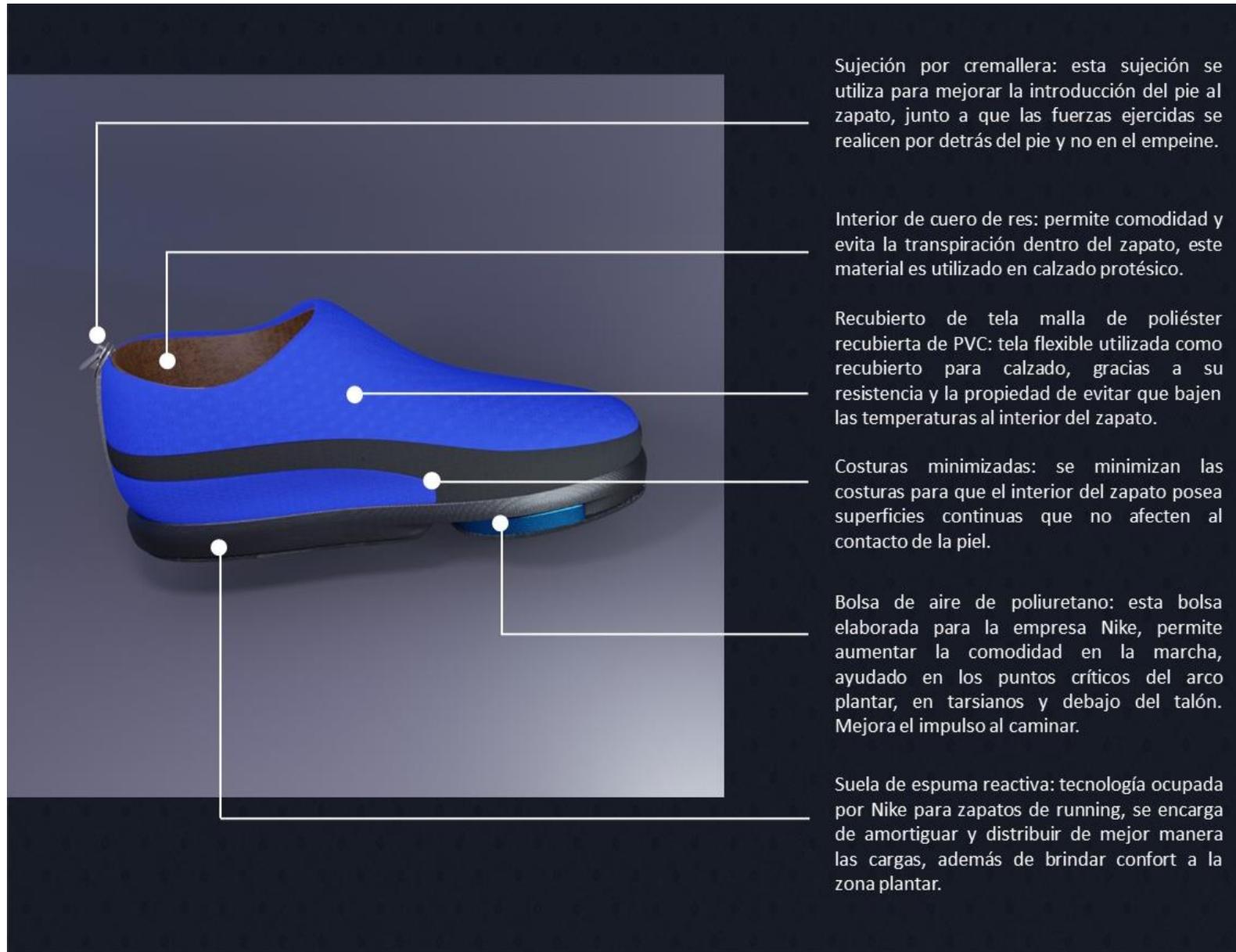
luego de esto se elabora un diferencial semántico de las propuestas relacionándolas a los parámetros formales identificados previamente en el contexto del usuario, comparando las similitudes de los parámetros identificados con los parámetros de las propuestas conceptuales, validando así que la información representada corresponde a la información de niveles previos.

Con respecto a las propuestas conceptuales se proponen una serie de relaciones que van de acuerdo a las conversaciones realizadas con el usuario, en las cuales encontramos 3 contextos diferentes en el cotidiano del amputado, resumiendo, una instancia de descanso, una instancia de desplazamiento, y una instancia de trabajo en su mayoría erguido, con esto se desarrolla una para cada instancia, resultando una zapatilla adecuada para caminar, un zapato con aspectos formales para trabajo en conserjería, y un crocs (sandalia) de descanso para uso cotidiano y ducha. Para las patologías en las plantas del pie del usuario, pie plano en el miembro amputado y pie cavo en su miembro sano, se

El principal concepto desarrollado en el calzado del caso de estudio es “Ligereza y confort”

desarrolla la corrección con el uso de plantillas para cada caso, las cuales complementarán a cada calzado (plantilla para zapato y zapatilla e incorporación de la forma en la suela del croc, el concepto principal resultante a aplicar al calzado como producto de diseño en la “ligereza y confort”. Junto al diferencial semántico también se sugiere una propuesta de color en donde el usuario escoge cual es la que prefiere para cada instancia marcando su preferencia del 1 (preferida) a 3 (menos preferida).

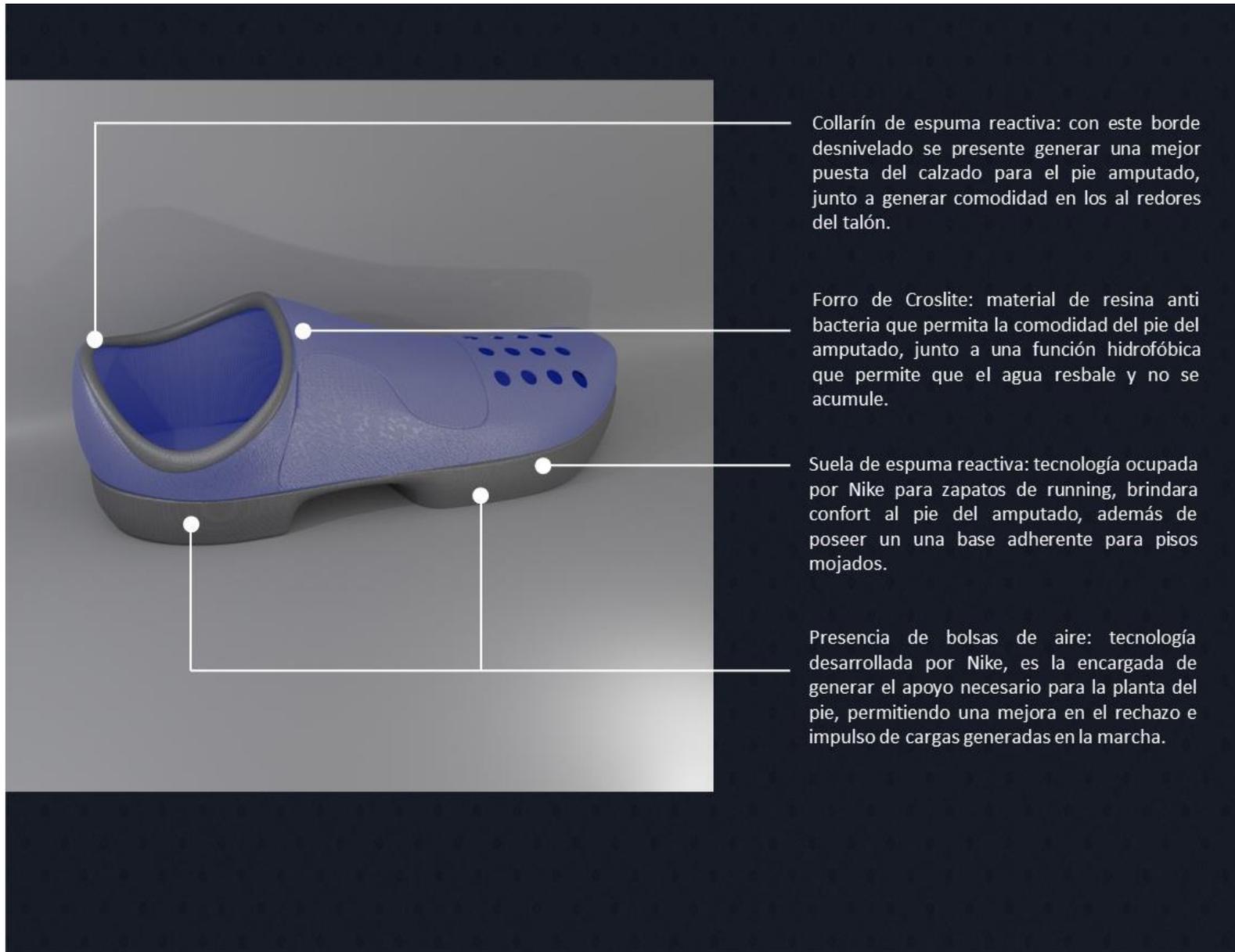
### 3.15.1.- Propuesta zapatilla:



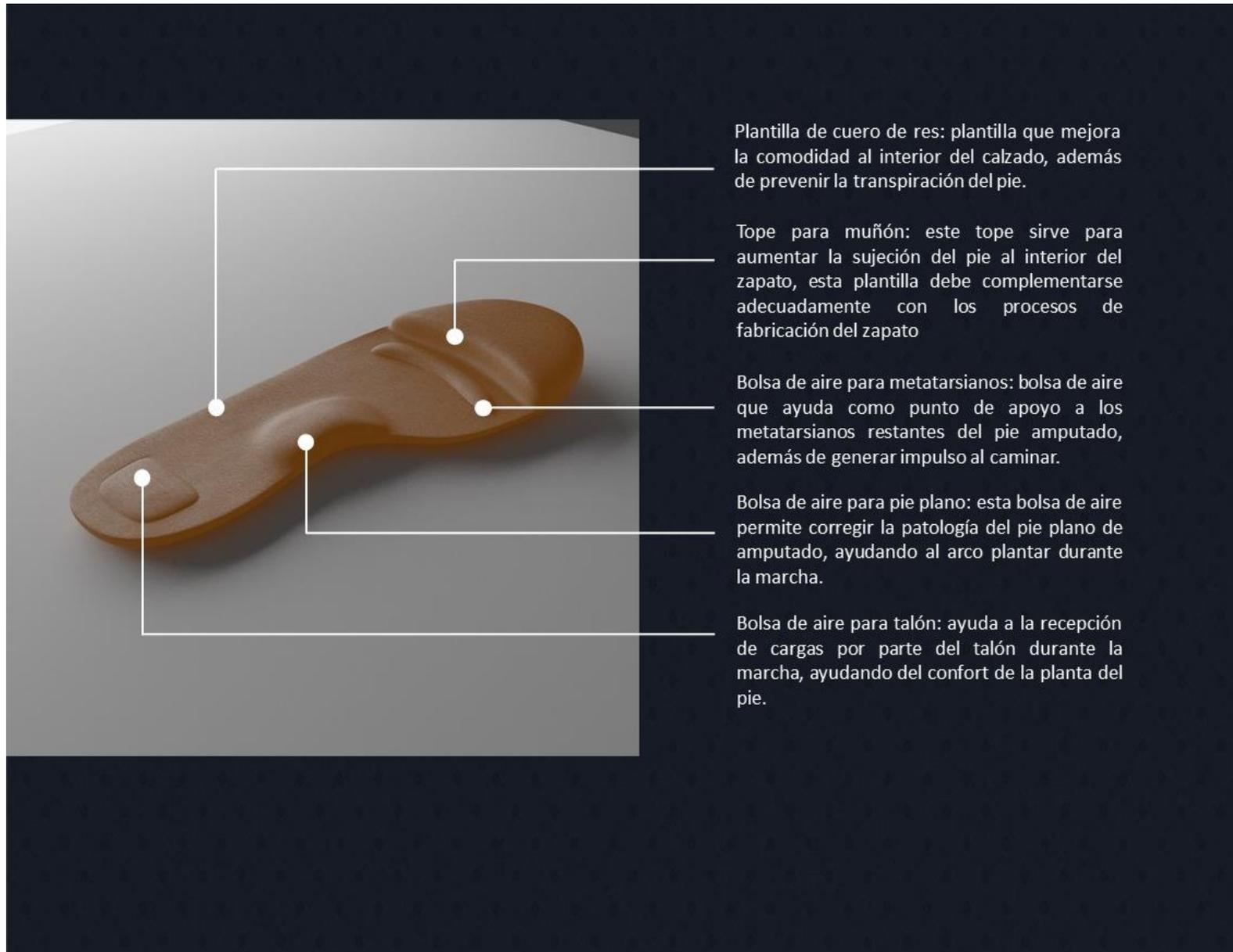
### 3.15.2.- Propuesta zapato Formal:



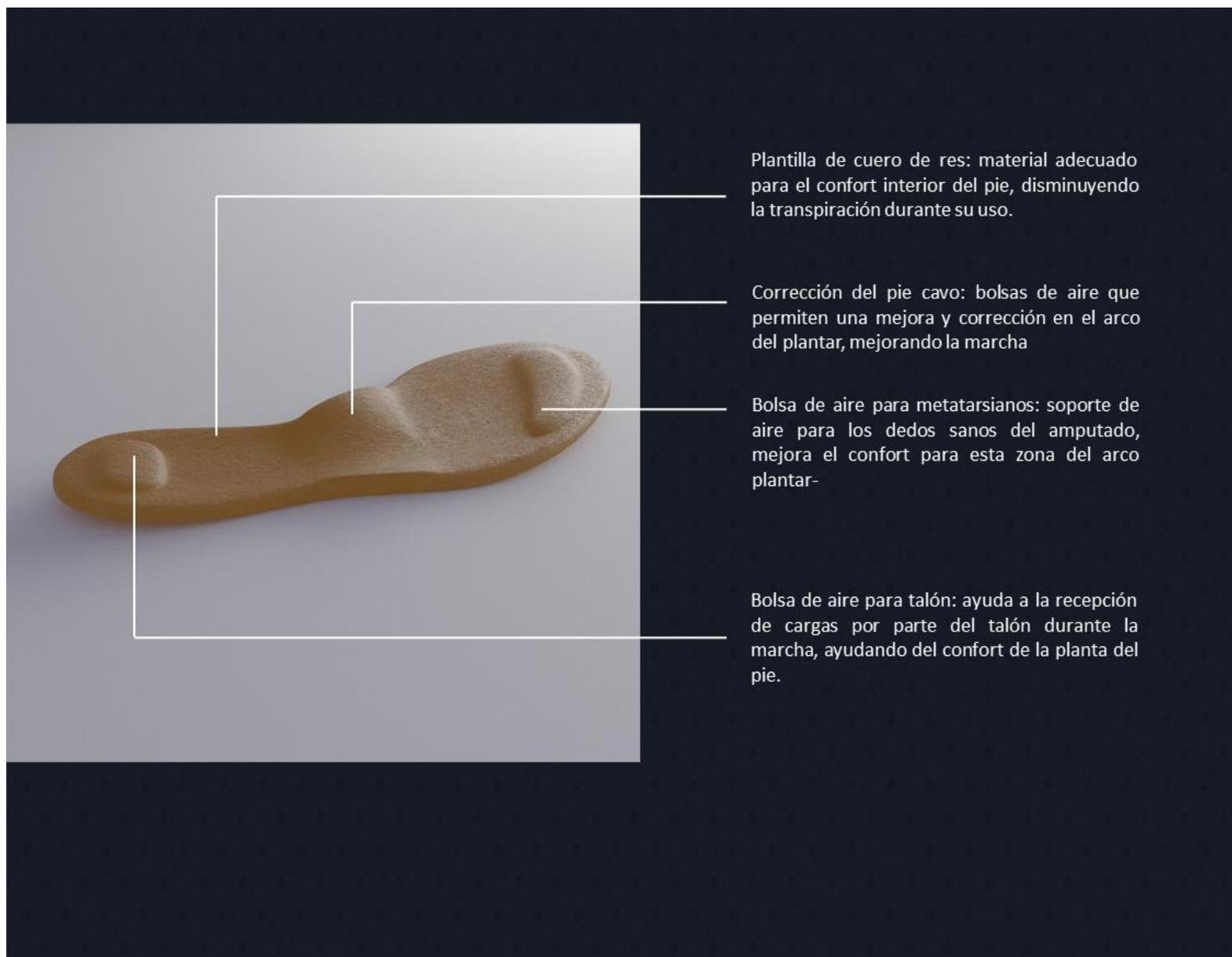
### 3.15.3.- Propuesta Crocs:



### 3.15.4.- Propuesta Plantilla pie plano:



### 3.15.5.- Propuesta plantilla pie cavo:



3.15.6.- Propuestas de color y diferencial semántico:

Selección de la propuesta de color:



1 :

3 :

2 :

Diferencial Semántico:

Primitiva	__	:	__	:	__	:	__	:	__	:	X	:	__	Orgánica
Estática	__	:	__	:	__	:	__	:	X	:	__	:	__	Dinámica
Unitaria	__	:	__	:	X	:	__	:	__	:	__	:	__	Articulada
Abstracta	__	:	__	:	__	:	__	:	X	:	__	:	__	Figurativa
Mate	__	:	__	:	X	:	__	:	__	:	__	:	__	Brillante
Reducidos	__	:	__	:	X	:	__	:	__	:	__	:	__	Evidentes
Coherentes	__	:	__	:	X	:	__	:	__	:	__	:	__	Incoherentes
Plana	__	:	__	:	__	:	__	:	X	:	__	:	__	Curva
Aguzada	__	:	__	:	__	:	__	:	__	:	X	:	__	Suavizada
Armónico	__	:	__	:	X	:	__	:	__	:	__	:	__	Desproporcionado
Estilizado	__	:	X	:	__	:	__	:	__	:	__	:	__	Abultado
Acromático	__	:	__	:	__	:	__	:	__	:	X	:	__	Cromático
Bidimensional	__	:	__	:	X	:	__	:	__	:	__	:	__	Tridimensional
Translúcido	__	:	__	:	__	:	__	:	__	:	X	:	__	Opaco

Selección de la propuesta de color:



2 :



1 :



3 :

Diferencial Semántico:

- Primitiva \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ :  : \_\_\_ Orgánica
- Estática \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ :  : \_\_\_ Dinámica
- Unitaria \_\_\_ : \_\_\_ :  : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Articulada
- Abstracta \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ :  : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Figurativa
- Mate \_\_\_ :  : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Brillante
- Reducidos \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ :  : \_\_\_ : \_\_\_ Evidentes
- Coherentes \_\_\_ : \_\_\_ :  : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Incoherentes
- Plana \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ :  : \_\_\_ : \_\_\_ Curva
- Aguzada \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ :  : \_\_\_ : \_\_\_ Suavizada
- Armónico \_\_\_ : \_\_\_ :  : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Desproporcionado
- Estilizado \_\_\_ : \_\_\_ :  : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Abultado
- Acromático \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ :  : \_\_\_ Cromático
- Bidimensional \_\_\_ : \_\_\_ :  : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Tridimensional
- Translúcido \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ :  : \_\_\_ Opaco

Selección de la propuesta de color:



1 :



2 :



3 :

Diferencial Semántico:

Primitiva \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : **X** : \_\_\_ Orgánica

Estática \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : **X** : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Dinámica

Unitaria \_\_\_ : **X** : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Articulada

Abstracta \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : **X** : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Figurativa

Mate \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : **X** : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Brillante

Reducidos \_\_\_ : \_\_\_ : **X** : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Evidentes

Coherentes \_\_\_ : **X** : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Incoherentes

Plana \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : **X** : \_\_\_ : \_\_\_ Curva

Aguzada \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : **X** : \_\_\_ : \_\_\_ Suavizada

Armónico \_\_\_ : \_\_\_ : **X** : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Desproporcionado

Estilizado \_\_\_ : \_\_\_ : **X** : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Abultado

Acromático \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : **X** : \_\_\_ Cromático

Bidimensional \_\_\_ : \_\_\_ : **X** : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ Tridimensional

Translúcido \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : \_\_\_ : **X** : \_\_\_ Opaco

Al observar y comparar cada uno de los resultados del diferencial semántico realizado por el usuario en base a los parámetros formales, podemos inferir en que cada una de las propuestas corresponde o se acerca a los parámetros bases con los cuales fueron elaborados, al presentarle además cada una de las propuestas de color y explicarle la forma en que cada uno de los calzados funcionaban, nos indica que siente que está representado y solucionado en su mayoría las problemáticas que él observaba, encuentra adecuado que se elabore una propuesta para cada contexto, y con esto una de las cosas que más le llamo la atención fue la forma en que se puede introducir el pie, el cierre presente en el talón del calzado puede ayudar a disminuir la incomodidad generada por la sujeción de los cordones, además de poder generar un zapato más cómodo al complementarse con las plantillas, las cuales le hacen sentido al ser explicado su funcionamiento, su forma y su relación con el calzado, mejorando así el pie plano y el pie cavo correspondiente a cada extremidad del amputado

### 3.16.- Producto Final:

Para la entrega final del caso se estudió se confecciona un producto digital, asociado a la selección de las propuestas validadas por el usuario y a la futura elaboración de este por un especialista protésico, dicho producto contiene las tres propuestas metodológicas con forma, textura y color, una plantilla con las medidas antropométricas de cada extremidad inferior del amputado, y la forma que deben tener las plantillas para que permitan la mejora de arco plantar en cada caso (pie cavo y pie plano), y un modelo a escala impreso en 3d presentado al usuario para observar cada una de las formas al calzado, junto a esto además se incluyen los principales requerimientos que deben tener cada uno de los calzados en base a su confección. (Revisar la carpeta “producto” de los recursos en línea.

3.16.1.- Zapatilla digital:



Ramírez. E – 01-03-2020.

3.16.2.- Zapato digital:



Ramírez. E – 01-03-2020.

3.16.3.- Croc Digital:

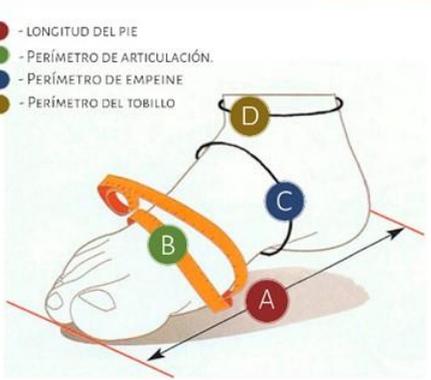


3.16.4.- Plantillas:



3.16.5.- Medidas antropométricas:

**Ficha descriptiva: Medidas ergonómicas del pie.**

Pie izquierdo	Pie derecho	Cliente: Gabriel Ramirez Alfaro.
		
Largo del pie: 215 mm. Altura de los dedos: - cm. Circunferencia metatarsal: 250 mm. Circunferencia empeine del arco: 28 mm. Circunferencia del tobillo: 190 mm. Altura de caña: 75 mm. Circunferencia del collarín: 205 mm. Afecciones: pie plano Altura Suela: 20 mm Altura tacón: 17 mm.	Largo del pie: 265 mm. Altura de los dedos: 18 mm. Circunferencia metatarsal: 230 mm. Circunferencia empeine del arco: 265 mm. Circunferencia del tobillo: 170 mm. Altura de caña: 75 mm. Circunferencia del collarín: 205 mm. Afecciones: pie plano Altura Suela: 20 mm. Altura tacón: 17 mm.	Tipo de calzado: Zapato Formal.
Materialidades: Cuero de res, phylon, espuma reactiva.		 <ul style="list-style-type: none"><li>● - LONGITUD DEL PIE</li><li>● - PERÍMETRO DE ARTICULACIÓN.</li><li>● - PERÍMETRO DE EMPEINE</li><li>● - PERÍMETRO DEL TOBILLO</li></ul>
Complementos: interior de cuero, suela de espuma, presencia de bolsas de aire.		
Observaciones: cremallera en la zona del talón.		<p>lugares donde tomar las medidas antropométricas del pie. Fuente: <a href="https://cooperativehandmade.pe/tienda/info/como-tomar-sus-medidas-para-realizar-un-pedido.html">https://cooperativehandmade.pe/tienda/info/como-tomar-sus-medidas-para-realizar-un-pedido.html</a></p>

Ramírez. E – 01-03-2020.

3.16.6.- Modelos Impresos:



## Cap.4.- Termino de la aplicación metodológica:

En este apartado se discutirán los resultados obtenidos de la aplicación metodológica, junto a las conclusiones de la memoria y algunos otros aspectos relacionados con el caso de estudio.

### **4.1.- Conclusiones generales:**

El desarrollo metodológico presente fue un proceso extenso de realizar, esto debido a la cantidad de variables que deben ser manejadas en relación a la amputación de una extremidad, el contexto del usuario y sus problemáticas, las habilidades compensativas y aspiraciones futuras, el proceso metodológico, y la aplicación de la metodología a dos casos de estudio, pero a que su vez se postula fructuoso debido a que todo proceso fue validado de buena manera con el segundo caso de estudio y la amputación transmetatarsiana, con respecto a esto podemos concluir:

El área de diseño: las instancias de investigación en Diseño pueden ser abordadas desde una infinidad de áreas, investigaciones, problemáticas y oportunidades, pero es necesario saber identificar y delimitar la problemática, al trabajar con el área médica, especialmente

en el área de amputaciones, es necesario contar con un especialista que nos guíe en este proceso, especialmente en las referencias y la búsqueda bibliográfica, ya que existirán variables que solo un experto pueda incorporar y solucionar, mejorando potencialmente el resultado al final de la metodología.

Libros guías: los libros guías ocupados en este desarrollo metodológico fueron de gran ayuda, debido a la cantidad de métodos y recursos versátiles que se lograron adaptar a cada nivel metodológico, con este tipo de recursos el equipo trabajo puede generar cada instancia a su propio campo de estudio y habilidades, estableciendo requerimientos más específicos para cada oportunidad de diseño identificada.

Cantidad de información y validaciones: para esta aplicación metodológica se encontró necesario la aplicación y formulación de una gran cantidad de información, complementándose además con las entregas previas durante dos semestres académicos, esto por la poca posibilidad de validación con especialistas médicos, debido a la contingencia nacional de pandemia y el retroceso de las comunas en cuarentena, por ello se estipula que al manejar una gran cantidad de información y variables se puede minimizar hasta cierta instancia la inclusión de un especialista asociado al caso de estudio seleccionado.

Niveles metodológicos: cada nivel metodológico fue desarrollado en base a la información obtenida durante las primeras fases de investigación y la aplicación de los recursos propuestos por los libros guías, si bien se sugiere seguir cada nivel metodológico en el desarrollo, los recursos aplicados son de libre disposición para el equipo de trabajo, debido a que cada uno de estos presenta requerimientos que pueden ser abordados desde diferentes áreas metodológicas, surgiendo así un proceso iterativo de diseño.

Iteraciones en el proceso: como se mencionó anteriormente el primer caso de estudio dejó el equipo de trabajo al iniciar la validación de la metodología, con ello fue necesario volver a aplicar el método a un nuevo caso de estudio con una amputación diferente, sustentarse en procesos iterativos que no dependen de las variables formuladas pueden ayudar a minimizar este tipo de inconvenientes al momento de ser presentadas.

“Criterios de Diseño y protetización”: el concepto principal de la metodología aborda y concluye de buena manera el análisis del contexto del usuario, desde las perspectivas funcionales, estéticas y simbólicas, de las cuales se pueden extraer todos los requerimientos bases para formular las propuestas conceptuales que generarán una prótesis personalizada como producto de diseño.

Producto final: el producto final para esta metodología consto de tres partes, un modelo digital con propuesta de forma, color y textura, una ficha con todos los requerimientos

ergonómicos de las extremidades del amputado y un modelo impreso en 3d de todos los tipos de calzados que se formularon al aplicarse la metodología, con estos productos el equipo de trabajo debe de contactarse con un especialista que elabore el calzado protésico correspondiente.

La experiencia como estudiante de Licenciatura en Diseño con mención Diseño industrial ha sido difícil pero interesante, esta área propone y promete un alcance importante en la situación del país, debido a la gran cantidad de áreas que se pueden abordar, dando solución a problemáticas, identificación de oportunidades de trabajo, y nuevas áreas de desarrollo, si bien tanto la revolución social del país, como la condición de pandemia no permitió realizar en las mejores condiciones los últimos semestres de estudio, el desarrollo personal, el autoaprendizaje, y junto a una buena guía academia permiten que el estudiante desarrolle nuevas habilidades y se interese por nuevas áreas de investigación, aspiraciones académicas y nuevas propuestas de desarrollo, que permitirán de buena manera formular habilidades y competencias asociadas al mundo laboral y profesional en Diseño Industrial.

#### 4.2.- Discusiones:

El resultado obtenido de esta metodología fue bien recibido por el usuario debido a que como este fue parte del proceso de desarrollo, siempre observo e intervino el cómo se elaboraban todos los criterios en base a sus necesidades, pero lamenta el hecho que al término del trabajo no se pueda presentar un calzado funcional, aunque quedan elaborados todos los aspectos necesarios para acudir a un especialista en calzado que pueda elaborar dicho producto. Los temas discutidos para esa metodología son:

Equipo multidisciplinario: el equipo disciplinario presente en esta metodología puede abordar temas en su principal especialización, el Diseño, pero es necesario comentar que para una mejor aplicación metodológica es necesario establecer por lo menos dos integrantes especialistas en otras, asociadas a las estructuras (materialidades, formas, análisis y resistencia, entre otros) y profesionales del área médica, como fisiatras o terapeutas, los cuales puedan profundizar el factor físico del amputado y diagnosticar patologías y afecciones en cada caso de estudio, el diseñador dentro de su investigación puede postular e introducir temas que se deban desarrollar pero el alcance de este es solo superficial, debido a que se encuentran necesarios diagnósticos médicos para profundizar en los criterios de protetización, junto a lo anterior también se plantea necesario la revisión de los avances protésicos por un profesional en área, debido a que una mal configuración

antropométrica del producto puede generar problemáticas posturales, o en el muñón, esto debido a que el cuidado del miembro residual debe ser una de las prioridades al momento de confeccionar una prótesis, y como se identifica, en algunos casos las extremidades residuales no estarán en condiciones adecuadas para la inclusión de prótesis, retardando el proceso de rehabilitación y desarrollo de la metodología, o a su vez que la generación protésica se centre en este aspecto.

Niveles metodológicos: los niveles metodológicos aplicados resultaron en una identificación de “Criterios de Diseño y Protetización” validada por el usuario, descartándose que estas sufran cambios futuros, ya que por un lado tenemos los requerimientos a aplicar en la prótesis de manera funcional, y por otro a través de la aplicación del carácter o estilo del usuario será representado en aspectos estéticos y formales en la prótesis como producto de diseño, con esto y la generación de los “criterios de diseño y protetización” se sientan las bases para el último proceso metodológico asociado a la confección de un proceso iterativo de diseño, donde con la iteración de ideas, se generarán las propuestas conceptuales que elaborarán la prótesis, un proceso lineal y definido con posibilidades de iteración.

Alcance de la metodología: como se menciona anteriormente el alcance de la metodología radica en tres aspectos fundamentales, como se confeccione el equipo de trabajo, la

identificación de los factores prácticos, simbólicos y estéticos a representar en la prótesis personalizada, y la elaboración del producto final a partir de un especialista protésico o en calzado, junto a esto se debe incluir a un profesional médico que valide cada propuesta asociada a la elaboración de la prótesis, junto a probar y validar un prototipo funcional según la habilidad compensativa que se desee desarrollar.

Desarrollo de la prótesis: una determinante en el caso de estudio fueron las instancias en donde el usuario ocupaba calzado, esto nos lleva a formular un contexto específico para cada instancia, lo que si bien provoca una expansión de la información, también provoca que los requerimientos sean más específicos, por ejemplo la generación de un calzado ortopédico de descanso que permita al usuario mojarse, un calzado que mejore el desplazamiento del usuario por la ciudad y un calzado de aspecto formal que minimice las complicaciones del trabajo de pie, además de identificar patologías asociadas al cuidado de la planta del pie y la formulación de plantillas. Como se puede observar todas las instancias generadas se ven relacionadas con los aspectos identificados en el contexto del usuario, a partir de las necesidades de confort plantar sugeridas e identificadas en el caso de estudio.

#### **4.3.- Proyecciones:**

La metodología puede aplicarse a cualquier caso de estudio relacionado con amputaciones, debido a la versatilidad que esta posee con respecto a la identificación de la problemática, además de que fue probada dos veces, pero a su vez sería importante incluir más actores dentro del equipo de trabajo, especialistas médicos y protésicos que a través de los niveles formulados puedan elaborar una prótesis de diseño personalizada para cualquier caso de amputación. Las prótesis siempre se han de vincular a las condiciones de los miembros superiores, inferiores y residuales, en el caso de miembro superiores se plantean desafíos de motricidad y movimiento, junto al control de fuerzas de agarre y mecanismos de acción, mientras que las de extremidades inferiores proponen la posibilidad de mantener y mejorar el equilibrio frente a diferentes requerimientos de actividad, con esto en mente se propone la utilización de la metodología en diferentes situaciones, como lo son el desarrollo de prótesis personalizada de alto impacto físico, prótesis personalizadas para el desarrollo de habilidades compensativas asociadas a instancias de reinserción laboral, e inclusive mezclar la biónica, la tecnología y la biomimética para el estudio y desarrollo de prótesis de alta gama que permitan una mejora en el cotidiano del caso de estudio.

## 5.- Referencias Bibliográficas:

1. Garreta. M, Mor. E, (-), Diseño centrado en el usuario, Cataluña: Universidad Oberta de Catalunya.
2. Rodríguez. G, (-), “Manual de Diseño Industrial, Curso Básico”, México: Ediciones G. Gili, S.A. de C.V.
3. Pauta. J, Sánchez. M, (2014), “Diseño y construcción de la carrocería de un vehículo de competencia tipo formula SAE”, Cuenca: Universidad Politécnica de Salesiana.
4. Bernhard. E, (1994), Historia, practica y teoría del diseño Industrial, Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SA.
5. Otto Bock Ibérica S.A., (-), Ottobock Planificación y Montaje, Novedades y productos destacados, España: Madrid, [www.ottobock.es](http://www.ottobock.es).
6. Comité Internacional de la Cruz Roja, (2013), Manual de Fabricación Prótesis SYME con “ventana medial” programa de rehabilitación física, Suiza: Ginebra.
7. Mangus. R, (2003), tapicería de autos customizados, California Bill's Automotive Hnbks; Illustrated Edición.
8. Sabino. A, (1998), “Como hacer una tesis y elaborar todo tipo de escritos”, Argentina: Buenos aires.

9. Corral. M, (2013). “Diseño y construcción de una prótesis para ciclistas con amputación transfemoral”, Bogotá: Universidad de los Andes.
10. Pereira. Z, (2011). “Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta”, Costa Rica: Centro de investigación y docencia en Educación.
11. Comité Internacional de la Cruz Roja, (2013), “Manual de fabricación, prótesis SYME con “ventana medial”, Suiza: Ginebra.
12. Romero. A, (2006), “Metodología para el diseño de prótesis médicas, utilizando tecnologías asistidas por computadora”, México: Universidad Autónoma Metropolitana.
13. Bohórquez. S, (2018), “Fabricación de un prototipo de una prótesis de miembro inferior transtibial mediante tecnologías aditivas de acuerdo con las medidas antropométricas del paciente”, Bogotá: Universidad Santo Tomas.
14. Gutiérrez. F, (2009), “Manual para la elaboración de tesis y trabajos de investigación”, México: Universidad Politécnica Hispano Mexicana.
15. Pérez. F, Moll. S, (2018), “MALKY: Diseño e implementación de una prótesis parcial de mano personalizada”, Lima: Pontificia universidad católica del Perú.
16. Muñoz. V, (2016), “Desarrollo de metodología para la creación de prótesis low cost en torno al usuario”, Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

17. Hernández. R, (2003), “Metodología de la investigación, 6ta edición”, México.
18. Rohen. J, Yokoxhi. C, Lütjen.E, (2003), “Atlas de anatomía humano”, quinta edición, Alemania: Erlangen.
19. Sánchez. S, (2011), “Bases anatómicas del tobillo”, Revista Canarias Medica y quirúrgica, Vol 8.
20. Dalmau. M, (2020), “Anatomía del tobillo”, Revista Española de artroscopia y cirugía articular, Vol. 27, España: Madrid.
21. Molina. F, (-), “Protésica de Miembro Inferior”, Curso de ortopedia y productos de apoyo en las patologías más comunes dirigido a fisioterapeutas, Editorial medica Panamericana.
22. Roman. J, (2017), “Análisis cinemático de la pedalada en ciclismo en función de la altura del sillín”, Proyecto de fin de carrera, España: Sevilla.
23. Castollote. J, (-), “biomecánica de la extremidad inferior en el ciclista”, Archivos de medicina del deporte, Volumen 3, pag. 233-238, España: Zaragoza.
24. Boada. A (2003), “Guía descriptiva de ortoprotesis, prótesis externas de miembro superior e inferior”, Consejo interterritorial del sistema nacional de salud. España: Valencia.
25. Sanchez. E, (2016), “Biomecánica funcional del pie y tobillo: Comprendiendo las lesiones en el deportista”, Volumen 12, Numero 1, México: Guadalajara.

26. Viladot. A, (2003), “anatomía Funcional y biomecánica del tobillo”, Revista Española Reumatol, tomo 30, España: Barcelona.
27. Sampieri. R, (2005), “Metodología de la investigación”, 6ta edición, Mc Graw Hill Education, Bogotá: México.
28. Sampieri. R, (2005), “Anexo capítulo 4: Estudio de caso”, capitulo complementario de recursos en línea metodología de la investigación 6ta edición, Mc Graw Hill Education, Bogotá: México.
29. Figueroa. B, Mollenhauer. k, Rico. M, Salvatierra. R, Wuth. P, (2017), “Creando Valor a través del Diseño de servicios”, Escuela de Diseño PUC, Santiago: Chile.
30. Ulrich. K, Eppinger. S, (2013) “Diseño y Desarrollo de productos” Quinta edición, Mc Graw Hill Education, versión en español Bogotá: México.
31. Ramirez. E, (2020) “Metodología de prótesis personalizada: aplicación de métodos por etapas de desarrollo”, Preentrega de Titulo, Santiago: Chile.
32. SENADIS, (-), “Elementos ortésicos calzado ortopédico”, Gobierno de Chile.
33. UDLAP, (-), “Biomecánica del pie, capítulo 2”, Universidad de las Américas de Puebla, México.
34. Gorgues. J, (2021), “Elaboración del molde de escayola y toma de medidas para la adaptación del calzado ortopédico a medida”, Offarm.

35. Municipalidad del deporte, (-), “Biomecánica de la Marcha y la Carrera”, Madrid: España.
36. <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/metatarsiano>
37. [https://es.wikipedia.org/wiki/Tarso\\_\(anatom%C3%ADa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Tarso_(anatom%C3%ADa))
38. <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/metatarsiano>
39. <https://buenavida.pr/sabias-la-funcion-de-los-dedos-de-los-pies/>
40. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-elaboracion-del-molde-escayola-toma-13083633>
41. <https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/todos-los-nombres-de-los-huesos-del-pie-2477.html>
42. <http://www.elautenticoortopedico.com/>
43. <https://www.ortopedialopez.com/tienda/calzado/calzado-a-medida-bazar/>
44. <https://www.alamy.es/imagenes/fabricaci%C3%B3n-de-calzado.html>
45. <https://thealternativelimbproject.com/>
46. <https://www.ottobock.es/protesica/miembro-inferior/pies-protesicos/>
47. <https://www.ormuces.cl/index.php/productos/protesis/protesis-transtibial>
48. [https://www.ottobock.es/noticias/news-detail-page\\_45952.html](https://www.ottobock.es/noticias/news-detail-page_45952.html)
49. <https://computerhoy.com/noticias/hardware/konami-construye-protesis-robotica-joven-britanico-45467>

50. <https://tecnologiadeportivaljtm.blogspot.com/2019/09/tecnologia-deportiva-desde-el-calzado.html>
51. <https://caracteres.mx/este-grupo-de-investigadores-casi-perfeccionan-el-tacto-en-protesis/>
52. <https://www.red-dot.org/project/doggy-leg-40511>

## 6.- Anexos:

Luego de presentarse y aclarar el alcance de investigación de diseño, se inicia la entrevista con el nuevo usuario.

Nombre: Gabriel Ramirez Alfaro.

Edad: 58 años.

Peso: 68.

Altura: 1.56 metros.

Tipo de amputación: amputación transmetatarsiana del pie izquierdo.

Para la primera parte se realiza un cuestionario para identificar a grandes rasgos las características del usuario:

¿Cómo ha sido vivir con una amputación como la suya?

- Incomodo, ya que pierdo el equilibrio, camino más lento, cuesta subir y bajar escaleras, y cuando camino no tengo apoyo por lo que siento que me deslizo, también es difícil escoger zapatos ya que los ortopédicos no me dieron buen resultado.

¿Qué tipo de prótesis posee?

Ramírez. E – 01-03-2020.

- No tengo prótesis, una vez ocupe, pero pagada por la municipalidad, no dio buenos resultados y me genero heridas en el muñón.

¿Por qué no tiene su prótesis?

- Al romperme el muñón perdí el interés por mandarme a hacer una nueva, la preocupación de que vuelva a pasar y no resulte, tiempo y dinero perdido.

¿Cuáles fueron las causas de dejar usar esa prótesis?

- Por la herida genera, no era cómoda para caminar, además de ser pesada, alta y robusta, la caña era mucha, aunque si me gusta con caña alta, recuerdo que era duro el material.

¿Cómo ha mediado con su miembro residual en ausencia de prótesis?

- Reutilicé algunas partes de la prótesis que le di uso, como el relleno los cuales me han servido para algunos zapatos, algunas costuras del zapato me hacían heridas-

¿Existe algo en el zapato que ocupe actualmente?

- Tiene una plantilla de goma, y un relleno de espuma o goma ya que yo mismo la adapte.

Ramírez. E – 01-03-2020.

¿Se ha modificado su entorno en base a las problemáticas que conlleva tener una amputación?

- No existe ninguna modificación, salvo algunas veces que es más cómodo colocar una silla en el baño para no estar de pie.

¿Se ha modificado su espacio de trabajo?

- Ocupo todo normal, evito las escaleras lo más posible, tanto en el transcurso del trabajo como el mismo.

¿Cómo se comporta la ciudad en torno a su estado físico?

- No me gusta la ciudad, de echo me canso más llegando y saliendo del trabajo que en trabajo mismo.

¿Realiza alguna actividad Física?

- Realizo ejercicio mínimo en la cama como estiramientos y demás, evitas estar de pie, lo diabéticos evitamos estar de pie.

Ramírez. E – 01-03-2020.

¿Ha participado de algún programa de rehabilitación?

- Fui dos veces a rehabilitación, pero no sentí ningún avance, debido a que para mí todo radicaba en el zapato, además camino bien, cojeo un poco pero bien, establezco que sería al 70%, no estoy cómodo, pero tengo que echarle para adelante.

¿Cómo ha sido su rehabilitación si ha tenido?

- No fue una buena experiencia.

¿En que trabaja actualmente?

- Conserje de cuatro torres en la comuna de la florida.

¿Ha tomado alguna capacitación para realizar reinserción laboral?

- El curso de os-10 de carabineros.

¿Es necesaria la prótesis para esta reinserción laboral?

- No fue necesaria la prótesis para esa experiencia, pero me hizo falta al momento de intentar botar una persona.

¿Qué oportunidades cree que le daría la utilización de una prótesis metatarsiana?

- Caminar mejor, reducir las durezas que tengo en partes del muñón.

¿Cuáles son sus metas personales?

- Seguir trabajando al 100, es decir con todos mis sentidos buenos.

¿Cuáles son sus frustraciones?

- No poder caminar bien.

¿Cuáles son sus oportunidades?

- Realizarme como una persona normal.

¿Cuáles son sus limitaciones?

- Limitaciones de movimiento y caminata

¿Qué ve regularmente?

- Películas, Facebook y YouTube, diferentes series antiguas para distraer la mente.

¿Qué oye regularmente?

- Música de los 80ª y 90ª.

¿Qué dice y hace regularmente?

- Converso con mis hijos, en el trabajo, y duermo, ya que soy nochero.

Ramírez. E – 01-03-2020.

¿Posee algún miedo?

- Miedo a caerme, ya que me he caído varias veces y algunas duelen durante días.

Proponga alguna frase o cita que la represente

- Conseguir un buen bienestar para mi salud

Proponga tres colores que la representes

- Blanco, azul, negro

Proponga 5 marcas de cualquier cosa con las cuales se sienta representada o utilice frecuentemente

- Coca cola, Nike, Adidas, Dennis, Nivea, Gillette, LG.

La Entrevista que se realiza con Gabriel arroja el siguiente dialogo:

¿Como se encuentra?

- Me siento del 10 a 1 un 7, teniendo cansancio más que otras molestias, el calor me desgasta más, además de la diabetes.

Ramírez. E – 01-03-2020.

Se realiza una explicación de lo que se estará haciendo, la importancia del usuario dentro del proceso de diseño y como a partir de este se arma un contexto, identificando problemáticas y oportunidades de diseño

¿Cuénteme un poco de usted?

- soy un hombre trabajador, un buen padre, una persona alegre, socialmente selectiva, debido que soy callado y elijo con quien estar

¿Usted tiene hijos y pareja?

- Si tengo 2 hijos y estoy separado, me dedico solo a mis hijos y trabajar

¿Cómo es la relación que tiene con ellos?

- Muy buena, me siento orgulloso de ellos, y estoy mas tranquilo ya que han logrado muchas cosas, no los veo como niños si no como al camino de la adultez.

¿Cuáles fueron las causas de la amputación?, existió alguna patología

- Tengo pie diabético, y admito que tanto el medico como yo tuvimos culpa ya que yo no me cuide la infección y el tomo malas decisiones lo que llevo a tres amputaciones en 6 meses, ya que la primera amputación no sirvió comprometiendo el pie entero.

¿Por qué no se ha preocupado de utilizar prótesis?

- Por qué las zapatillas con caña las adapto y me funcionan bien, no al 100 pero me sirven.

¿Ha investigado sobre otras prótesis en el mercado?

- No, no me he interesado debido a la mala experiencia que tuve.

¿Qué es lo que más le importa en una prótesis, busca que sea estética, o funcional?

- Prefiero que sea una prótesis funcional, pero me gustaría tener algo que sirva para trabajar con el uniforme cordial, zapatos antes que zapatillas.

¿Cuándo camina siente que realiza un esfuerzo físico grande?

- Cuando camino me canso si camino rápido, me centro en mantener el equilibrio, lo que más me cansa es subir las escaleras.

¿Cómo le afecto en los factores psicológicos?

- Si me afecto cuando me amputaron, uno piensa que se puede morir o no recuperarse, obviamente que te falten partes de tu cuerpo incomoda, pero mis miedos

Ramírez. E – 01-03-2020.

radicaban en no poder trabajar para darles a mis hijos, ya que en ese tiempo era maestro panificador, además del sostenedor de la casa.

¿Cómo obtuvo su primera prótesis?

- Fue por un subsidio de la municipalidad, un tipo vino a la casa a sacarme moldes, luego apareció la prótesis y problemas con ella, las heridas.

¿Luego de la amputación las relaciones con demás cambio o se vieron afectadas?

- Principalmente en el trabajo, me separe de mi exesposa, pero por otros temas, luego de irme de la casa encontré trabajo de guardia conserje y en ese rubro me quede, es cómodo limpio y se gana bien, por lo menos lo suficiente para estar independiente y cuidar de mis hijos.

¿Y en su economía, tubo falta de dinero o relacionados?

- Primero la pasamos bastante mal, recuerdo que el campin estaba en boca de todos por atender tan mal y pedir tantas cosas, recuerdo sentir una rabia muy grande cuando me dijeron que el médico del campin tenía q verme la amputación.

¿En que trabaja actualmente?

Ramírez. E – 01-03-2020.

- Soy conserje y estoy feliz con mi trabajo, me gustaría mas turnos de noche, pero es lo que hay después de la pandemia

¿Posee sabe lo que es un dolor fantasma y lo posee?

- Si se lo que es, pero en mi caso nunca he sentido ninguna molestia.

¿Cómo se siente el muñón que posee, le ha dado algún problema?

- Algunas veces he tenido heridas por dentro de la piel que se han infectado, también me duelen algunos sectores por las durezas que se generan en el zapato, lamentablemente la podóloga del consultorio este paro y casi no se pueden pedir horas.

¿Siente que su muñón lo deja trabajar tranquilamente?

- No es que me deje o no me deje, el dolor en el pie es según las durezas que tenga, pero la incomodidad más grande es el vaivén producido al caminar, además la diabetes me afecta la vista y la audición, por lo que son varios factores, pero aun puedo trabajar bien

¿Le gustaría desarrollar alguna actividad física?

- Si me gustaría poder trotar o correr, algunas caídas han sido para poder alcanzar micros que me llevan al trabajo. El mundo se mueve rápido hoy en día.

Ramírez. E – 01-03-2020.

¿Prefiere realizar actividad física o dedicarse al trabajo?

- Me gustaría realizar actividad física, el trabajo puede ser en cualquier momento.

¿Cómo considera su estado físico actual?

- Al 70% puedo caminar bien y trotar distancias cortas, pero con suelo regular, en piedras y tierra siento dolores en el tobillo y varias veces me los he doblado, es re jodido cuando tu pie amputado duele.

¿Qué cuidados médicos le han recomendado últimamente?

- Mis cuidados médicos radican más a mi diabetes, debido a que es la principal que me cuido, la amputación esta “en segundo plano por ahora”

¿Tiene algún problema de salud crónica diagnosticado?

- Soy Diabético (mellitus tipo dos) hipertenso, pero ambas enfermedades entran controladas según el médico.

¿tendría algún inconveniente al utilizar una prótesis?

- No, pero siempre y cuando no me haga daño.

¿Qué es lo que buscaría en una prótesis?

Ramírez. E – 01-03-2020.

- Que sea cómoda, que no me haga daño y que me sirva para caminar, trabajar y bailar.

¿Zapatilla o zapato y por qué?

- Zapato para poder trabajar.

¿Qué funciones busca en su prótesis?

- Me gustaría que tuviera una forma que me apoye al caminar, una especie de vaivén, para que este más establece mi pie.

¿Debe tener algunos aspectos estéticos determinados?

- Que sea un zapato formal, dentro de la estética del conserje, ya que en mi trabajo se fijan en eso.

¿Significa algo para usted una prótesis?

- Tiene un significado de ayuda, que me complemente al caminar y no me produzca daño.

¿Le gustaría agregar algo más?

- Me gustaría que tuviera algo de taco bajo, que tuviera un poco de respiración, además que fuera amplio ya que me gustan más cómodos que apretados.

## Segunda entrevista:

Entrevista simple realizada para definir los usos esperados de un calzado protésico personalizado:

Esta entrevista tiene como finalidad esclarecer los momentos en los cuales Gabriel ocupa calzado, consultando las situaciones que vive, que molestias tiene, cuáles son sus complicaciones y como las soluciona de manera momentánea.

- ¿Qué le parecen los “criterios de diseño y protetización” postulados?

Debo admitir que cada cosa que me mostraron me parecía un poco complicada de entender, me doy cuenta de que elaborar cosas no es llegar y hacerlas como se piensa por ahí, pero en realizar esos postulados dentro de lo que entiendo me parecen adecuados ya que identifico por algunas palabras y algo de imaginación el camino por dónde va la solución.

- ¿Qué dudas tiene con los subproblemas mencionados anteriormente?

Gabriel: más que nada la última parte, que es eso de los actores y delimitar la incidencia.

Entrevistador: este apartado es importante, debido a lo que se puede y no se puede hacer con la prótesis, dentro de la investigación establecemos conviniendo que la elaboración

Ramírez. E – 01-03-2020.

del calzado debe ser realizada por un experto protesistas, ya que encontramos una plantilla que debemos llenar con las medidas de ambos pies, para luego sugerir los elementos necesarios que permitan una protección y mejora del confort de su pie, y luego como segunda parte entregar un prototipo digital de cómo debe verse el calzado una vez elaborado, esto en base a sus gustos.

Gabriel: ahí me queda mucho más claro, entonces una parte de esto tiene que ver como se construye el zapato y la otra en cómo me gustaría que se ve el zapato.

- Entonces Gabriel una vez aclarada esas dudas ¿posee otra?

No por ahora, gracias.

- ¿En qué momento utiliza calzado?

Yo diría que son tres veces donde noto las fallas de los zapatos que ocupo, la primera tiene que ver en mi casa, tengo una sandalias que ocupaba en el hospital y que me gustaron por lo que las compre (llamadas crocs) estas las ocupo para levantarme y bañarme, la segunda es cuando voy al trabajo ya que como mencione antes subir y bajar escaleras junto a caminar me cansa bastante, y la tercera es en el trabajo mismo, debido a que si bien camino grandes distancias muy poco ya que las rondas por las torres son pocas por turno,

Ramírez. E – 01-03-2020.

me mantengo parado cuando atiengo a la gran mayoría de visitas tanto peatones como automóviles.

- ¿Cuáles serían las complicaciones de estas situaciones?

Principalmente la dificultad al caminar, la sandalia que ocupo en casa me queda grande en el pie sin dedos por lo que suelo resbalarme, aunque es la única que me acomoda para bañarme, luego me duele el pie cuando camino al trabajo, y en el trabajo pese a que no me duele la planta del pie me duele más como subiendo, por ahí debajo de la rodilla.

- ¿Cuáles de estas situaciones les importa más?

La verdad las tres, debido a que cada una de estas forman parte de lo que hago diario, bañarse, caminar y estar de pie son las tres cosas que hago diariamente, o por lo menos donde más siento que el zapato no me acompaña.

- De forma proyectual ¿le gustaría más un zapato que cumpla para todo?

Sería ideal si se pudiese, pero no creo poder bañarme con una zapatilla y la vez que esta pertenezca al uniforme de trabajo, no sé qué tan conveniente puede ser andar con zapatos mojados.

- ¿cree que es más adecuada una para cada situación?

Ramírez. E – 01-03-2020.

No sé qué tanto puede ser diferente una zapatilla a un zapato, pero me gustaría usar zapatos para cuando trabajo, las zapatillas no me molestan ya que con ellas camino bastante mejor, y bueno las sandalias de casa son solo para eso, por lo que sí, creo que sería más adecuado poder tener tres zapatos ya que en la pega tengo casillero para guardar cualquier cosa.