

**INTERFAZ PARA AMPUTADOS TRANSTIBIALES QUE PERMITA EL USO DE
MÁQUINAS DE POLEA CRUZADA EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA DE
MIEMBROS INFERIORES**

**MÓNICA LICETH JAIMES ORTEGA
SANDRA CAROLINA GARCÍA RUSSI**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2016

**INTERFAZ PARA AMPUTADOS TRANSTIBIALES QUE PERMITA EL USO DE
MÁQUINAS DE POLEA CRUZADA EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA DE
MIEMBROS INFERIORES**

**MÓNICA LICETH JAIMES ORTEGA
SANDRA CAROLINA GARCÍA RUSSI**

Trabajo de grado para optar al título de Diseñador Industrial

**Director:
EDGAR AUGUSTO SARMIENTO LEÓN
Magíster en Diseño Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2016

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	17
1. DESCRIPCION DEL PROYECTO	19
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	19
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.3. OBJETIVOS.....	24
1.3.1. Objetivo General.....	24
1.3.2. Objetivos específicos	24
1.4. METODOLOGIA PROYECTUAL	25
2. MARCO TEÓRICO	27
2.1. DISCAPACIDAD FISICA	27
2.1.1. Grado de la discapacidad	28
2.1.2. La inclusión de los discapacitados	29
2.2. AMPUTACION DE MIEMBROS INFERIORES	30
2.2.1. Tipos de amputación en miembros inferiores.....	31
2.3. AMPUTACIÓN POR DEBAJO DE RODILLA (TRANSTIBIAL)	32
2.4. ANATOMIA DE LA EXTREMIDAD INFERIOR.....	36
2.4.1. Región glútea.....	36
2.4.2. Región femoral (Muslo).....	37
2.4.3. Región de la Rótula o Rodilla.....	40
2.4.4. Región de la Pierna	43
3. REQUERIMIENTOS DE AMPUTADOS TRANSTIBIALES EN LA EJECUCIÓN DE EJERCICIOS FÍSICOS PARA EL FORTALECIMIENTO MUSCULAR DEL TREN INFERIOR.....	46
3.1 MOVIMIENTOS DE MUSCULACIÓN EN CENTROS DE ACONDICIONAMIENTO FISICO PARA LOS MIEMBROS INFERIORES	46

3.2. EJECUCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE MUSCULACION	52
3.2.1. Movimientos de musculación de amputados transtibiales con pesos libres	52
3.2.2. Movimientos de musculación de amputados transtibiales en máquinas.....	55
3.2.3. Movimientos de musculación de amputados transtibiales en polea	58
3.3. VIABILIDAD DEL USO DE LA POLEA COMO ALTERNATIVA DE ENTRENAMIENTO DE LOS GRUPOS MUSCULARES DEL TREN INFERIOR PARA UN AMPUTADO TRANSTIBIAL.....	66
3.3.1. Uso de la máquina de polea por amputados transtibiales	67
3.3.2. Priorización del trabajo muscular según el movimiento de musculación	75
4. PERCEPCIÓN DEL USUARIO	79
4.1. ENCUESTA EXPLORATORIA DE MERCADO.....	79
4.1.1. Usuario primario	81
4.1.2. Usuario secundario	82
4.1.3. Usuario terciario.....	83
4.2. ANÁLISIS DE MERCADO.....	84
4.3. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.....	88
5. GENERACION DE ALTERNATIVAS	92
5.1 GENERACIÓN DE IDEAS.	97
5.1.1 Método del diagrama Morfológico	98
5.2 DESCRIPCION DE ALTERNATIVAS. Desarrollo de alternativas	108
6. EVALUACION DE ALTERNATIVAS	114
6.1 DESCRIPCION DE LA PROPUESTA.....	118
6.1.1 Definición y evolución de la alternativa seleccionada.....	118
6.1.2 Solución de alternativa.....	119
6.1.3 Primera interacción con el usuario	121
6.1.4 Evolución de la alternativa seleccionada.....	122
7. EVALUACIÓN FINAL MODELO FUNCIONAL	124
7.1 MODELADO INTERFAZ.....	125
7.2 DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA (DIFERENCIAS DEL MODELO ANTERIOR)	126

7.3 GUÍA DE EJERCICIOS.....	132
8. CONSTRUCCIÓN Y FABRICACIÓN	145
8.1 MATERIALES DEL PRODUCTO Y SUS ESPECIFICACIONES.....	145
8.2. MATERIALES	146
8.3. TALLAS	147
8.4. DIAGRAMA DE MANUFACTURA.....	149
9. IMAGEN VISUAL E IDENTIDAD GRÁFICA.....	150
9.1 TIPOGRAFÍA.....	150
9.2 DESCRIPCIÓN DEL LOGOTIPO.....	151
9.3 APLICACIÓN DEL COLOR.....	153
9.4 PROPORCIONES DEL LOGOTIPO	154
9.5 APLICACIÓN ES ESCALA DE GRISES	155
9.6 EMPAQUE.....	156
10. POSIBLES USOS EN EL MERCADO.....	160
11. CONCLUSIONES	162
BIBLIOGRAFÍA.....	163
ANEXOS	166

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 . Clasificación Topográfica	31
Figura 2. Nivel de amputación óptimo	33
Figura 3. Zonas de descarga del muñón.....	34
Figura 4. Zonas de carga del muñón	34
Figura 5. Músculos de la región glútea	37
Figura 6. Músculos del muslo. (Vista anterior)	38
Figura 7. Músculos del muslo. (Vista Posterior)	39
Figura 8. Anatomía de la rodilla	41
Figura 9. Anatomía de la rodilla normal	42
Figura 10. Músculos de la pierna (Vista anterior)	44
Figura 11. Músculos de la pierna (Vista Posterior).....	45
Figura 12. Sentadilla.....	53
Figura 13. Peso muerto	53
Figura 14. Extensión de la cadera en el suelo - Patada	54
Figura 15. Elevación de la pelvis en el suelo	54
Figura 16. Extensión de rodillas en máquina	55
Figura 17. Isquiotibiales sentado en máquina	55
Figura 18. Isquiotibiales sentado en máquina	56
Figura 19. Isquiotibiales alterno, de pie en máquina o flexión unilateral.....	56
Figura 20. Prensa inclinada o “HackSquat”	57
Figura 21. Press de piernas inclinado o Prensa atlética.....	57
Figura 22. Abductores, sentado en máquina	58
Figura 23. Aductores, sentado en máquina	58
Figura 24. Abductores en polea de pie	59

Figura 25. Extensión de la cadera en polea baja	59
Figura 26. Aductores en polea	60
Figura 27. Análisis movimientos de musculación con pesos libres de amputados transtibiales	63
Figura 28. Extensión de rodilla en máquina del amputado transtibial.....	64
Figura 29. Flexión de rodilla del amputado transtibial	64
Figura 30. Abducción de cadera en polea de amputado transtibial	65
Figura 31. Máquina de polea cruzada.....	68
Figura 32. Extensión cadera amputado TT	69
Figura 33. Abducción de cadera amputado TT	70
Figura 34. Aducción de cadera amputado TT	71
Figura 35. Flexión de rodilla de pie en polea	72
Figura 36. Flexión de pierna con polea, en banco	73
Figura 37. Extensión de rodilla en polea, con banco.....	74
Figura 38. Puntos de agarre	92
Figura 39. Medición del movimiento de la rodilla.	96
Figura 40. Distancias guías para generación de alternativas	96
Figura 41. División del subsistema	99
Figura 42. Esquema de los ligamentos cruzados (LC anterior y posterior). Vista sagital	100
Figura 43. Propuesta concepto sistema de tensión 1.....	101
Figura 44. Propuesta concepto sistema de tensión 2.....	102
Figura 45. Propuesta concepto sistema de tensión 3.....	102
Figura 46. Propuesta concepto sistema de funda 1	103
Figura 47. Propuesta concepto sistema de funda 2	104
Figura 48. Propuesta concepto sistema de funda 3	105
Figura 49. Propuesta concepto sistema de enganche 1	106
Figura 50. Propuesta concepto sistema de enganche 2	106
Figura 51. Propuesta concepto sistema de enganche 3	107
Figura 52. Alternativa de diseño 1	109

Figura53. Alternativa 2.....	111
Figura 54. Alternativa 3.....	112
Figura 55. Modelo funda interfaz	118
Figura 56. Unión de piezas anatomía muñón.....	119
Figura 57 Proceso de mejoras, modelo de interfaz	120
Figura 58. Modelado interfaz	125
Figura 59. Resultados prueba propuesta final pregunta 1.....	127
Figura 60. Resultados prueba propuesta final pregunta 2.....	128
Figura 61. Resultados prueba propuesta final pregunta 3.....	129
Figura 62. Resultados prueba propuesta final pregunta 4.....	130
Figura 63. Resultados prueba propuesta final pregunta 4.....	131
Figura 64. Aducción de cadera de pie.....	134
Figura 65. Extensión de rodilla sentado en banco	143
Figura 67. Flexión de rodilla en banco acostado boca abajo.....	144
Figura 68. Diagrama de manufactura	149
Figura 69. Selección de modulo.....	151
Figura 70. Composición del logotipo	152
Figura 71. Logotipo del producto	152
Figura 72. Composición de colores para los métodos principales de reproducción	153
Figura 73. Retícula de proporciones	154
Figura 74. Empaque del producto.....	156
Figura 75. Empaque ensamblado	158
Figura 76. Bolsa contenedora.....	158
Figura 77. Diagrama de uso	159

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Relación movimiento de musculación - solicitud muscular	48
Tabla 2. Ejecución de movimientos de musculación con pesos libres	53
Tabla 3. Ejecución de movimientos de musculación en máquinas	55
Tabla 4. Ejecución de movimientos de musculación en polea	59
Tabla 5. Calificación nivel de complejidad del movimiento.....	61
Tabla 6. Calificación de las molestias en la ejecución de movimientos de musculación.....	62
Tabla 7. Priorización del trabajo muscular según el movimiento de musculación .	77
Tabla 8. Movimientos de musculación para el tren inferior en polea	78
Tabla 9. Método de recolección de datos	80
Tabla 10. Accesorios deportivos para desarrollo muscular o de fuerza en el tren inferior.	85
Tabla 11. Métodos de rehabilitación o entrenamientos de fuerza y desarrollo muscular de amputados transtibiales.....	87
Tabla 12. Interpretación de necesidades del cliente	89
Tabla 13. Prueba ubicación puntos de agarre.....	93
Tabla 14. Arcos de movimientos de las articulaciones de miembros inferiores	97
Tabla 15. Análisis Alternativa 1	110
Tabla 16. Valores de utilidad de rendimiento de los requerimientos	117
Tabla 17. Evidencias primera interacción con el usuario	121
Tabla 18. Evolución sistemas de funda y bandas elásticas.....	123
Tabla 19. Evaluación Final Modelo Funcional.....	124
Tabla 20. Materiales y procesos	147
Tabla 21. Costos materiales	147

Tabla 22. Costos del empaque 157

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Encuestas Usuarios Directos	166
ANEXO B. Encuestas para preparadores físicos y profesionales de la salud	183
ANEXO C. Prioridad de los requerimientos de evaluación	188
ANEXO D. Primera comprobación ergonómica	189
ANEXO E. Formato evaluación prototipo final	195
ANEXO F. Formato evaluación prototipo final.....	197

RESUMEN

TITULO: “INTERFAZ PARA AMPUTADOS TRANSTIBIALES QUE PERMITA EL USO MÁQUINAS DE POLEA CRUZADA EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA DE MIEMBROS INFERIORES”.*

AUTORES: GARCÍA RUSSI Sandra Carolina
JAIMES ORTEGA Mónica Liceth**

PALABRAS CLAVES: Amputación, Miembro o tren inferior, Socket o encaje protésico, Máquina de polea cruzada, Musculación, Centro de Acondicionamiento Físico (CAF)

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto nace de la necesidad particular de un amputado transtibial bilateral, de fortalecer su tren inferior y de los problemas físicos y psicológicos que tenía como consecuencia del uso de máquinas comunes en centros de acondicionamiento físico. Se plantea el diseño y construcción de un elemento de uso deportivo que funcione como interfaz entre el amputado de miembros inferiores por debajo de rodilla y las máquinas de polea cruzada para la ejecución de movimientos de musculación, que les permita el fortalecimiento de sus miembros afectados.

La intención es permitirle a la persona con esta condición, la práctica de ejercicios con diferentes niveles de dificultad (peso) para que exista un avance en el desarrollo y fortalecimiento muscular, reduciendo las molestias causadas entre los puntos de apoyo de sus muñones con el socket protésico en los entrenamientos físicos. En Colombia los CAF, cuentan con máquinas de poleas que permiten a las personas ejecutar movimientos de musculación, con diferentes amarres y agarres que funcionan como interfaz entre la persona y la máquina, vimos cómo al ser una máquina universal y versátil por la posibilidad de modificar la altura del gancho de arnés, los pesos de manera gradual y los ángulos de los cables de las poleas cuando se ejecutan movimientos, podríamos usarla como una alternativa en el entrenamiento de musculación para un amputado por debajo de rodilla.

La interfaz que desarrollamos permite al usuario ejecutar los movimientos de desarrollo muscular para sus miembros inferiores en la máquina de polea cruzada, ubicándola sobre su rodilla, parte del muslo y el muñón, brindándole la posibilidad de usarla sobre la prótesis o sin ella.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Diseño Industrial, Director: Sarmiento León, Edgar Augusto. Magíster en Diseño Industrial

SUMMARY

TITLE: "AMPUTEES TRANSTIBIAL INTERFACE USE MACHINES ALLOWING THE CROSS PULLEY STRENGTH TRAINING IN LOWER LIMB"^{*}

AUTHORS: GARCIA RUSSI Sandra Carolina
JAIMES ORTEGA Mónica Liceth^{**}

KEYWORDS: Amputation, Member or lower body, Socket or prosthetic socket, cross machine pulley, Weight lifting, Fitness Center (CAF)

DESCRIPTION:

This project stems from the particular need for a bilateral transtibial amputee, to strengthen his lower body and the physical and psychological problems that had as a result of the use of common machines in fitness centers. the design and construction of a piece of sports use that works as an interface between the amputee lower limb below knee and machines cross pulley for the execution of movements bodybuilding, enabling them to strengthen their affected members it arises.

The intention is to allow the person with this condition, practice exercises with different difficulty levels (weight) for there to be a breakthrough in the development and muscle strengthening, reducing the inconvenience caused between the fulcrums of his stumps with the socket prosthetic in physical training. In Colombia the CAF, have machines pulleys that allow people to execute movements bodybuilding, with different moorings and grips that work as an interface between man and machine, we saw how to be a universal and versatile machine for the possibility of modifying the harness hook height, weights and angles gradually cables pulleys when running movements, we could use it as an alternative strength training for an amputated below the knee.

The interface developed allows the user to execute the movements of muscular development for their lower limbs in the cross-machine pulley, placing it on his knee, thigh and stump, giving the possibility of using it on the prosthesis or without.

^{*} Degree work

^{**} Faculty of Mechanical Engineering Physics and School of Industrial Design, Director: Leon Sarmiento, Edgar Augusto. Magister in Industrial design

INTRODUCCIÓN

En la cotidianidad realizamos un gran número de actividades que involucran cientos de movimientos, desde levantarnos de la cama, subir escalones, o práctica de actividades deportivas, que resultan de la contracción de los músculos. Para algunos, son actos normales, pero para las personas que han sufrido amputaciones, estas actividades que a simple vista son rutinarias podrían convertirse en una tarea nada fácil. Como consecuencia de una amputación, los miembros que han sido afectados tienen severos cambios musculares, óseos, etc., especialmente los amputados de miembros inferiores, sufren molestias en los muñones, baja masa muscular, malas posturas y graves daños psicológicos.

Por esta razón encontramos que este tipo de personas requieren de un apoyo especial, que no solo brinde ayuda física sino un estímulo emocional, al sentir que son tomados en cuenta en un campo a veces tan discriminatorio como lo son las actividades deportivas, y especialmente en recintos de acondicionamiento físico. De un caso particular, hallamos algunas de las necesidades de las personas amputadas que practican deportes de forma profesional o quienes lo hacen de manera recreativa, y las dificultades que tienen cuando realizan dichas actividades. Nos enfocamos en personas con amputación por debajo de rodilla, debido a las posibilidades que vimos de sustituir algunos de los ejercicios de musculación que no podían hacer en máquinas tradicionales, por la ejecución de movimientos en poleas, debido a las alternativas que dicho aparato nos ofrece al permitirnos modificar alturas y variar pesos, y por su configuración al ofrecernos la posibilidad de realizar desplazamientos mediante diferentes tipos de agarres y amarres.

Indagamos acerca de los movimientos y ejercicios que realizan las personas para el fortalecimiento muscular de sus miembros inferiores, se realizaron encuestas y entrevistas a amputados transtibiales, a entrenadores y a personal de la salud que están involucrados con las actividades deportivas, que nos permitió proponer diferentes alternativas para realizar una interfaz entre la máquina de polea baja y el miembro amputado.

Como resultado de los procesos de investigación y diseño, se propuso un elemento deportivo, que facilita la ejecución de movimientos de musculación en la máquina de poleas y permite el fortalecimiento muscular, reduciendo los dolores y molestias en puntos de apoyo que se dan por el encaje protésico, causados por la presión que ejercen algunas piezas de las máquinas que se encuentran en los centros de acondicionamiento físico, al realizar las actividades deportivas.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. JUSTIFICACIÓN

En Colombia, las amputaciones (pérdida o ausencia total o parcial de un miembro o una extremidad) no solo se dan por enfermedades, sino por accidentes de toda índole y por el conflicto armado. Aunque no hay cálculos exactos, la Asociación Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación estima que la incidencia de amputación en el país se da de 200 a 300 personas por cada 100 mil habitantes. Esta cifra se calcula teniendo en cuenta que del 10 por ciento de discapacitados colombianos, entre el 5 y el 10 por ciento son amputados. El número se incrementa en población con factores de riesgo como la diabetes, los sistemas vasculares y las enfermedades crónicas¹

Las causas más comunes de una amputación son las traumáticas, ocasionadas por accidentes de tránsito, violencia común, accidentes laborales, enfrentamientos armados, minas anti persona, y quemaduras.

Desde 1990 hasta el 2004, el Observatorio de Minas de la Vicepresidencia de la República registró más de 3.000 víctimas de estos artefactos y municiones sin explotar; de ellos hay más de 2.300 heridos, la mayoría con mutilaciones y amputaciones en sus extremidades. En el ámbito laboral, es frecuente la pérdida de miembros superiores, en especial la mano, mientras que en accidentes de tránsito son los miembros inferiores los más afectados.²

¹ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANE. Información estadística de la discapacidad. Julio de 2014. Disponible en: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/discapacidad/inform_estad.pdf

² FERNÁNDEZ, Carlos F. Sí hay salida para los amputados. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1992341>

Enfermedades como la diabetes, alteraciones nerviosas, problemas circulatorios, infecciones, enfermedades del corazón, tumores, trastornos de coagulación e hipertensión arterial pueden llevar también a una amputación. En cuanto a casos de diabetes, la Federación Diabetológica Colombiana, en su publicación Diabetes control y prevención, muestra que entre un 7,4 y 9,4 por ciento de la población adulta es diabética, es decir 1,7 millones de personas; de ellos, al menos un 50 por ciento tienen sus pies en riesgo por presentar alteraciones en los nervios, problemas circulatorios o alteraciones biomecánicas.

Las amputaciones más comunes pueden hacerse en miembros superiores que incluyen pérdida parcial de la mano, por debajo o por encima del codo y desarticulación de la muñeca o del hombro. Si es del miembro inferior se puede dar amputación parcial del pie, al nivel del tobillo; debajo o por encima de la rodilla, y desarticulación de esta última y de la cadera.

Teniendo en cuenta las altas cifras de amputados en Colombia, y las diversas causas, existen grupos y asociaciones deportivas, que buscan brindar a esta población una oportunidad para incluirlos en actividades de recreación y deporte, además de ofrecer una alternativa de vida; aunque encontramos en el país deportistas con limitaciones físicas de movilidad a causa de amputaciones, no se han desarrollado espacios diseñados especialmente para los entrenamientos de ejercicios físicos donde estimule la masa muscular y les permitan aumentar su potencia y resistencia en la actividad deportiva que practiquen.³

Los ejercicios para la estimulación muscular de los amputados se realizan usualmente en la rehabilitación, pero una vez esta etapa ha terminado, las personas en esta condición tienden a abandonar las practicas debido a diferentes factores como falta de compañía, limitaciones espaciales, dificultad para la

³ INSTITUT DESVERN DE PROTÉTICA S.L. anual para amputados de extremidad inferior. Disponible en: <http://www.desvern.cat/manual-cast.pdf>

realización de una correcta técnica, molestia y dolor cuando se ejecutan los movimientos. Aunque muchos individuos buscan adaptarse en la utilización de máquinas en gimnasios en espacios cerrados, pese a su condición, no se han hecho adaptaciones estándar que permitan a los amputados usar dichas máquinas sin las comunes molestias y limitaciones que tienen.

Revisando las alternativas de entrenamiento de fuerza en Centros de acondicionamiento físico, encontramos diversas máquinas que permiten el trabajo muscular en personas con sus extremidades en condiciones normales, y cada una se enfoca en un grupo muscular particular, también encontramos una alternativa más versátil que permite ejecutar diferentes ejercicios en la misma máquina, variando las posturas y los pesos, también con una interfaz con el usuario que podría ser adaptada al caso particular de un amputado de miembros inferiores, permitiéndole la realización de algunos de los ejercicios de trabajo muscular de sus miembros residuales.

El objetivo de este proyecto es brindar una alternativa a los amputados de miembros inferiores por debajo de rodilla para la utilización de máquinas estándar de polea cruzada en el entrenamiento de fuerza de los músculos del tren inferior, permitiéndoles desarrollar el tono y la masa muscular, disminuyendo las molestias debido a la utilización del socket o encaje protésico cuando realizan ejercicios físicos para estos grupos musculares causadas por movimientos de flexión y extensión donde se hace presión en puntos de apoyo diferentes a los que se hacen normalmente para la ejecución de dichos ejercicios en una persona con la totalidad de sus extremidades; además permitiéndoles variar los pesos de las máquinas según sus necesidades y objetivos.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los seres humanos nos movemos gracias a los grupos musculares y no por músculos individuales, los músculos del tren inferior son los encargados de darnos fuerza y estabilidad, soportan el peso del cuerpo y dan la potencia necesaria para poder realizar actividades comunes como caminar, correr, sentarnos etc. Dentro del grupo de los músculos del tren inferior podríamos dividirlos en los músculos de la cadera, el muslo, la pierna y el pie.

Cuando una persona es amputada por debajo de rodilla, significa que se cortan los huesos de la tibia y el peroné, produciéndose un corte de una porción de la pierna, que no siempre se hace a la misma distancia, pero usualmente los cortes se hacen cerca del músculo gastrocnemio o popularmente gemelo, produciendo un daño inminente a los tibiales anteriores, al soleo, al grupo de los gemelos, y a todos los músculos que se encuentran en esta zona donde se realizó la amputación.

La pérdida de tono muscular de la pierna se ve afectada severamente y como consecuencia también los músculos del muslo y la cadera se debilitan ya que los movimientos que se realizaran posteriores a una amputación están enfocados en la ejecución de una nueva marcha con prótesis en el caso de quienes las usen, y existirá un daño mayor en quienes después de la amputación usen otro tipo de ayuda ortopédica como bastón, muletas o sillas de ruedas, en cuyos casos, existe una disminución radical en la masa muscular debido al poco uso que se hace de estos grupos musculares.

La problemática descrita nos llevó a indagar sobre qué métodos o procedimientos se ofrecen en los centros de acondicionamiento físico y gimnasios para el trabajo muscular en el tren inferior de las personas amputadas de miembros inferiores y

además si las mismas son aptas para que ellos las usen y puedan mejorar su condición física, y así mismo puedan aumentar el desarrollo de los grupos musculares del tren inferior, de igual forma se hizo la búsqueda de otras técnicas empleadas fuera de los recintos deportivos, para los ejercicios físicos y la estimulación muscular de las personas con amputaciones.

En este análisis encontramos que en todos los casos descritos, se aplican técnicas similares para la rehabilitación de la zona muscular involucrada, tales como la terapia física, la gimnasia pasiva, teraband, pilates reformer e informalmente métodos caseros que cada persona desarrolla según sus necesidades.

Las técnicas aplicadas para el fortalecimiento muscular de miembros inferiores y los elementos para su ejecución que encontramos en el mercado no ofrecen a los amputados transtibiales una forma autónoma para ejercitar sus miembros residuales, el amputado tiene que buscar la manera de adaptarse en el caso de los Centros de Acondicionamiento Físico a los equipos para personas comunes ya que no existe una interfaz entre las máquinas existentes y el muñón o la prótesis, o no se hacen dichos aparatos teniendo en cuenta este tipo de población.

Por lo expuesto, se hace necesario proponer el desarrollo de implementos y técnicas que le permitan a este grupo de personas el uso de elementos deportivos con fines tanto de rehabilitación como de fortalecimiento y entrenamiento de manera profesional, para no limitar las posibilidades de promover el trabajo muscular en los miembros de las personas amputadas o de incursionar y avanzar en eventuales carreras deportivas.

El proyecto pretende suplir la necesidad de desarrollar un accesorio de uso deportivo que se pueda adaptar al muñón o a la prótesis del amputado transtibial y que le permita conectarse de la forma más flexible que sea posible, en este

sentido, las máquinas de polea baja son las más indicadas, teniendo en cuenta que son equipos multifuncionales donde se pueden graduar las alturas de los amarres y agarres y los pesos, permitiendo así verificar si es posible sustituir el uso de las demás máquinas de fortalecimiento muscular que se encuentra en los gimnasios y que requieren de movimientos de extensión y flexión de la cadera y rodilla, valga aclarar que todas están diseñadas para personas con plenas facultades físicas

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General. Diseñar y construir un accesorio (interfaz) amoldable al muñón o a la funda de la extremidad residual de amputados por debajo de rodilla (transtibial), que permita el uso de máquinas estándar de polea cruzada para ejecución de ejercicios en el entrenamiento de los grupos musculares del tren inferior.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos de personas con amputación transtibial en la ejecución de ejercicios físicos para el fortalecimiento de los grupos musculares del tren inferior.
- Estudiar la viabilidad funcional de la máquina de polea baja como sustituto al uso de máquinas convencionales de entrenamiento físico.
- Configurar una interfaz que facilite las actividades de acondicionamiento físico y promuevan el uso de máquinas estándar de polea cruzada en personas con amputación transtibial.
- Proponer una guía de uso de la interfaz configurada para orientar a las personas con amputación transtibial en el entrenamiento de los grupos musculares del tren inferior.

- Determinar los posibles usos alternos de la interfaz resultante de este proyecto.

1.4. METODOLOGÍA PROYECTUAL

En esta parte describimos la manera como se llevarán a cabo las tareas durante el proceso de investigación y comprobación.

Para lo cual se realizará de manera concurrente de las siguientes tareas:

- **Revisión y análisis** de literatura e información referente a las personas con discapacidad física, a causa de amputación en miembros inferiores en Colombia.
- **Revisión y análisis** de literatura del uso de máquinas y técnicas para los movimientos de musculación.
- **Revisión y análisis** de literatura y actividades referentes al tema del acondicionamiento físico, las máquinas de polea y la interacción de estos con la población objetivo.
- **Plantear y desarrollar** los métodos de medición ergonómica y recolección de datos de usabilidad en la población objetivo, con el fin de utilizar estos resultados en el diseño y construcción de una interfaz que le permita el acceso a las máquinas de polea estándar en los gimnasios a la población en condición de discapacidad.
- **Diseñar y construir** modelos de los accesorios de uso deportivo que le permita el uso de la máquina de polea con fines de comprobaciones técnicas y ergonómicas.
- **Recolección y tabulación** de la información recolectada durante pruebas que se realicen con personas con o sin discapacidad.

- **Analizar** desde el punto de vista de las funciones y operaciones necesarias para el desarrollo entretenido y terapéutico que implica la interacción con estas máquinas de las personas con o sin discapacidad.
- **Realizar** entrevistas estructuradas o semi-estructuradas en donde se requiera la opinión externa para el trabajo interdisciplinario.
- **Registrar** en video, fotografías o apuntes los avances y entrevistas a lo largo del desarrollo del proyecto.
- **Proponer** un objeto final que cumpla con los objetivos planteados a lo largo del proyecto.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. DISCAPACIDAD FÍSICA

Para definir la situación de los individuos, se cita a la Organización Mundial de la Salud, una discapacidad “permite entenderla como la limitación para el desempeño o debida a una deficiencia de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para un ser humano.”* La discapacidad no es un atributo de la persona, sino un complicado conjunto de condiciones, muchas de las cuales son creadas por el contexto/entorno social, que se evidencia en los procesos de rehabilitación psicológica de personas con amputaciones, donde la percepción del paciente sobre su condición es de mayor relevancia que la discapacidad física, fenómeno que se presenta en la gran mayoría de los amputados.

En Colombia las principales causas de discapacidad según el Banco Interamericano de Desarrollo son las enfermedades adquiridas, lesiones causadas por accidentes de tránsito y/o laborales y la violencia generalizada. Lo anterior determina un mayor impacto emocional tras la pérdida de un miembro debido a que la comprensión de la realidad anterior a la condición de discapacidad se realizaba de manera diferente.

Para el año 2010 la dirección de censos y demografía del DANE reseñó una población de 413.269 personas con pérdida de sus extremidades, aunque existe una política establecida recomendada por la OMS, adoptada por Colombia en el artículo 47 de la constitución política de 1991 para brindar rehabilitación e

* Según la OMS en su clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías (CIDDM), publicada en 1980

integración social a esta población los desarrollos llevados a cabo en materia de ayudas técnicas son pocas, especialmente aquellas orientadas al entretenimiento pues no se considera una prioridad como mecanismo de integración social a la vida cotidiana de estas personas.

Con el fin de establecer lo normal para un ser humano, se deben observar las actividades cotidianas del mismo, que incluyen el dormir, levantarse, comer, transportarse, trabajar, descansar, entretenerse, etc., al existir una deficiencia física o mental, se obstruye el normal desarrollo de las actividades anteriores. Por lo tanto el individuo es excluido de diferentes entornos y se bloquea el desarrollo pleno del mismo.

Entonces para enfrentar el problema se deben establecer soluciones puntuales a los distintos componentes, para lograrlo el primer paso es entender las causas de la discapacidad, que son diversas, entre las cuales encontramos de tipo congénito, enfermedad, accidentes e incluso mutilaciones derivadas de un conflicto armado.

2.1.1. Grado de la discapacidad. Un elemento importante dentro del conocimiento de la discapacidad, es el grado en que esta se presenta o compromete a la persona. Por tal motivo es necesario conocer el nivel de restricción en el desempeño propio de la persona en relación con su edad y sexo, para lo cual se utiliza la siguiente clasificación:⁴

- Leve: cuando la reducción de la capacidad del individuo para desempeñar sus actividades cotidianas es mínima y no interfiere en su productividad.
- Moderada: cuando la reducción de la capacidad del individuo limita parcialmente sus actividades cotidianas y su productividad.

⁴ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Información estadística de la discapacidad. Julio de 2014. Disponible en: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/discapacidad/inform_estad.pdf

- Grave: cuando la reducción de la capacidad del individuo es tal que lo hace completamente dependiente y poco productivo.

2.1.2. La inclusión de los discapacitados. Las leyes que promueven la inclusión de las personas con discapacidad reflejan el momento que vivimos, que valora el compromiso ético de promocionar la diversidad, respetar la diferencia y reducir las desigualdades sociales. La participación e inclusión plenas y efectivas de todas las personas en la sociedad, es proclamada como principio en la Convención de los Derechos de las Personas con Discapacidad.

Como acción complementaria, los Estados Partes de la CDPD se comprometen a adoptar medidas inmediatas, efectivas y pertinentes para luchar contra los estereotipos, los prejuicios y las prácticas nocivas respecto a las personas con discapacidad, incluidos los que se basan en el género o la edad, en todos los ámbitos de la vida.

A fin de que las personas con discapacidad puedan vivir en forma independiente y participar plenamente en todos los aspectos de la vida, los Estados Partes adoptarán medidas pertinentes para asegurar el acceso de las personas con discapacidad, en igualdad de condiciones con las demás, al entorno físico, el transporte, la información y las comunicaciones, incluidos los sistemas y las tecnologías de la información y las comunicaciones, y a otros servicios e instalaciones abiertos al público o de uso público, tanto en zonas urbanas como rurales. Estas medidas, que incluirán la identificación y eliminación de obstáculos y barreras de acceso, se aplicarán.⁵

⁵ CDPD, Art. 9

2.2. AMPUTACIÓN DE MIEMBROS INFERIORES

La **amputación** es el corte y separación de una extremidad del cuerpo mediante traumatismo (también llamado avulsión) o cirugía. Como una medida quirúrgica, se la utiliza para controlar el dolor o un proceso causado por una enfermedad en la extremidad afectada, por ejemplo un tumor maligno o una gangrena. En ciertos casos, se la realiza en individuos como una cirugía preventiva para este tipo de problemas.⁶

Existen 2 tipos de amputaciones.

- Amputación primaria o traumática: aquella producida por un agente traumático.
- Amputación secundaria o quirúrgica: aquella electiva programada para ser realizada por medio de un acto quirúrgico.

Causas para una amputación

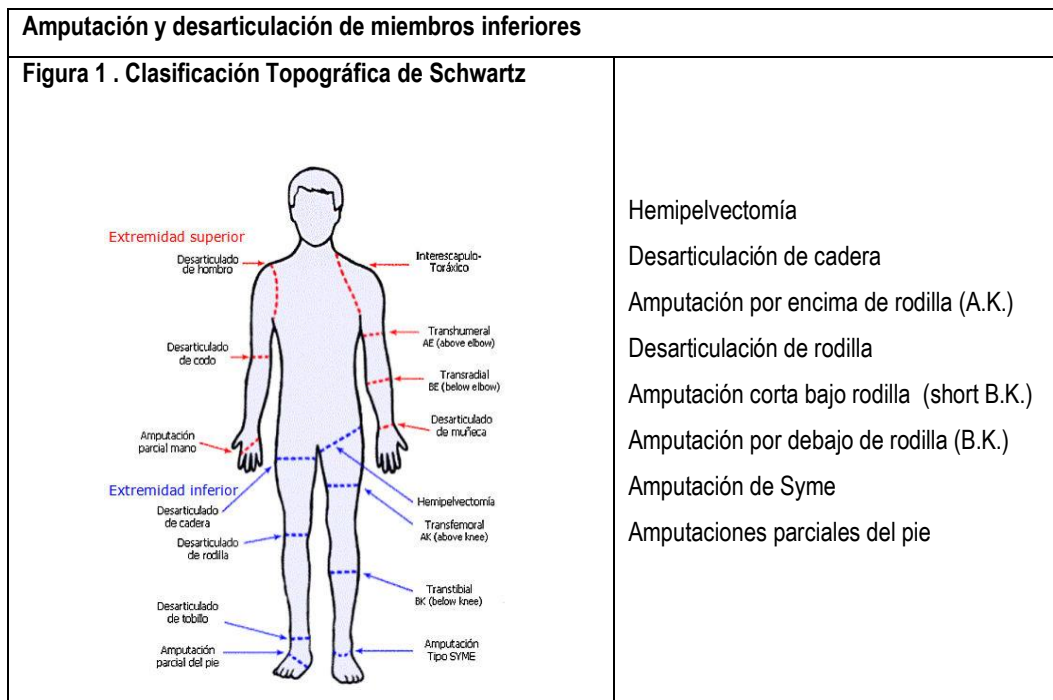
- Lesiones accidentales por violencia en las extremidades.
- Muerte tisular por insuficiencia vascular periférica arteriosclerótica ó diabética.
- Muerte de los tejidos por estados vasospásticos periféricos como enfermedad de Buerger y enfermedad de Raynaud.
- Neoplasias malignas.
- Infecciones de larga duración de huesos y otros tejidos que no permiten el restablecimiento de la función.
- Lesiones térmicas por calor ó frío.
- Miembro deforme inútil que el paciente considera antiestético.
- Otros estados que pueden poner en peligro la vida del paciente, como accidente vascular y mordedura de serpiente.

⁶ Amputación. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Amputación>

- Falta congénita

2.2.1. Tipos de amputación en miembros inferiores. Se reconocen los siguientes tipos de amputación en los miembros inferiores:

- Amputación de dedos
- Amputación parcial de pie (Chopart, Lisfranc)
- Desarticulación del tobillo (Syme, Pyrogoff)
- Amputación debajo de la rodilla (transtibial)
- Amputación en la rodilla (desarticulación de la rodilla)
- Amputación arriba de la rodilla (transfemoral)
- Desarticulación de la cadera
- Amputación en la pelvis



Fuente: Fibroma desmoplástico.
http://www.bvs.sld.cu/revistas/ort/vol24_2_10/ort09210.htm

Disponible

en:

Los cirujanos tienden a conservar la máxima longitud del muñón en las amputaciones, ya que un muñón más largo permite controlar más fácilmente la prótesis. Esto no quita que los expertos consideren que se deba eliminar la piel y los músculos innecesarios.; se prefiere conservar la articulación para preservar su función, aunque en las cirugías oncológicas se prefiere la desarticulación.

2.3. AMPUTACIÓN POR DEBAJO DE RODILLA (TRANSTIBIAL)

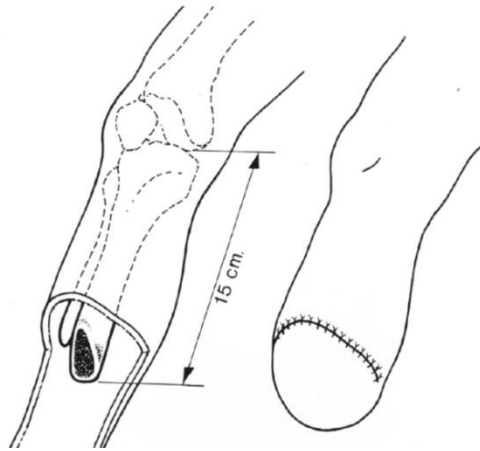
En una amputación transtibial, es decir, la amputación en la zona inferior de la pierna, se cortan los huesos de la tibia y el peroné, se seccionan los tres compartimientos musculares de la pierna, senos venosos del soleo y se destruye el mecanismo de bomba muscular de la pierna

Los “niveles ideales” son los que conservan una buena movilidad, fuerza y buen brazo de palanca que les permiten la adaptación y manejo de la prótesis, siendo el tercio medio el nivel más apto, con una longitud aproximada de 13 a 15 cm, desde la meseta tibial hasta el borde distal de la tibia.

Una amputación infracondilea (por debajo de la rodilla) es, en general, más favorable para el amputado, el valor de conservar la rodilla es tan grande que es prudente amputar por debajo de la rodilla hasta en casos vasculares dudosos porque el riesgo de tener que rehacer la amputación es relativamente bajo.⁷

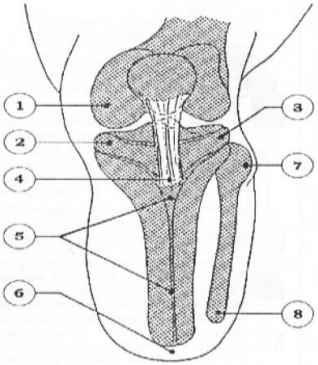
⁷ INSTITUT DESVERN DE PROTÉTICA S.L. Manual para amputados de extremidad inferior. pág. 4. Disponible en: <http://www.desvern.cat/manual-cast.pdf>.

Figura 2. Nivel de amputación óptimo



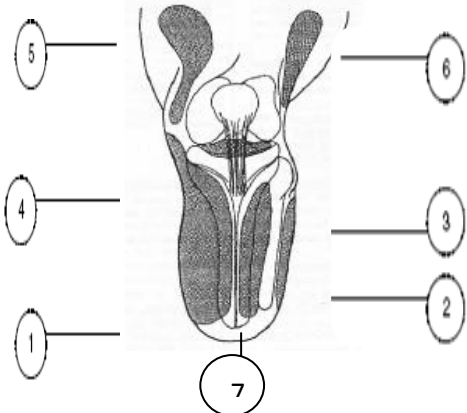
Fuente: ELÍAS VENTURA, Emilio Ernesto. Fabricación de prótesis transtibial tipo PTB y orto prótesis para deficiencia focal femoral proximal sin cirugía.

Los muñones soportan presiones que corresponden a criterios fisiológicos, las zonas de descarga de un muñón son sensibles a las cargas que se hagan sobre él, ya sea con las fundas de silicona, los encajes protésicos, o cualquier recubrimiento que tenga.

Zonas de descarga (Áreas sensibles a la carga del muñón)	
<p>Figura 3. Zonas de descarga del muñón</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Borde del cóndilo medial del fémur. 2. Tuberosidad medial de la tibia 3. Tuberosidad lateral de la tibia 4. Tuberosidad anterior de la tibia. 5. Cresta tibial. 6. Extremo distal de la tibia. 7. Cabeza del peroné. 8. Extremo distal del peroné. 9. Tendones flexores.

Fuente: ELÍAS VENTURA, Emilio Ernesto. Fabricación de prótesis transtibial tipo PTB y orto prótesis para deficiencia focal femoral proximal sin cirugía.

Así mismo existen superficies que soportan presión, y son muy tenidas en cuenta cuando se elaboran los encajes protésicos, ya que estas zonas de carga son las encargadas de soportar aplastamientos.

Zonas de carga (Áreas del muñón que permiten presión)	
<p>Figura 4. Zonas de carga del muñón</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Superficie medial de la tibia. 2. Superficie interósea entre la Tibia y el Peroné. 3. Superficie lateral del peroné hasta 2 cm arriba de su extremo distal. 4. Tendón rotuliano (pero no su inserción). 5. Superficie medial del cóndilo femoral. 6. Superficie lateral supracondilea. 7. Gemelos y soleos

Fuente: ELÍAS VENTURA, Emilio Ernesto. Fabricación de prótesis transtibial tipo PTB y orto prótesis para deficiencia focal femoral proximal sin cirugía.

En el libro de Gottschalk,⁸ se cita un trabajo realizado por Thiele et ál (1999)⁹ en el que se determinó que la reducción en masa muscular en la amputación, combinada con una fijación mecánica inadecuada y la atrofia muscular, son los factores responsables en la disminución de la fuerza muscular. En el caso de los músculos flexores, extensores, aductores y abductores de la cadera, este fenómeno se evidencia primordialmente en la inadecuada estabilización muscular, lo que ocasiona una alteración en el movimiento corporal.

A medida que transcurre el tiempo, las articulaciones proximales a la amputación y las del miembro sano sufren un desgaste por la sobrecarga. Esto genera la aparición de patologías como artrosis y osteoporosis, pues la densidad normal del hueso disminuye por el cambio de actividad del paciente, lo cual ocasiona un flujo sanguíneo menor y por consiguiente la nutrición del hueso resulta afectada.¹⁰

Consecuencias tras la amputación transtibial

- Equilibrio inestable.
- Contractura en abducción
- Muñón hipersensible y doloroso, especialmente en la cara lateral, tercio distal si el muñón es muy corto el paciente puede haber adquirido este mal hábito por falta de entrenamiento
- Inseguridad que le impide flexionar la rodilla, por debilidad muscular o miedo de tropezar.
- Molestia en el muñón.
- Extensión muy fuerte del fémur cuando el talón toca el suelo.
- Falta de fuerza muscular en el muñón para controlar la prótesis.

⁸Gottschalk F. "Transfemoral amputation biomechanics and surgery". ClinOrthopRelat Res 2000; 361:15-22.

⁹Libro: de gottschalk - thieleerál (1999), 10-11

¹⁰ Clinical biomechanics 2005. Roger T, koeing m

- El brazo del lado de la prótesis se mantiene muy cerca del cuerpo durante la marcha.
- Mala marcha.
- Falta de un buen compás en la marcha.
- Debilidad muscular en los miembros inferiores.

2.4. ANATOMÍA DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

En anatomía humana miembro inferior o *pelviano* es cada una de las dos extremidades que se encuentran unidas al tronco a través de la pelvis mediante la articulación de la cadera. Tienen la función de sustentar el peso del cuerpo en la posición bípeda y hacer posible los desplazamientos mediante la contracción de su potente musculatura.¹¹

Los músculos del miembro inferior comprenden los músculos de la región glútea o pélvica, del fémur o muslo, de la pierna y del pie.

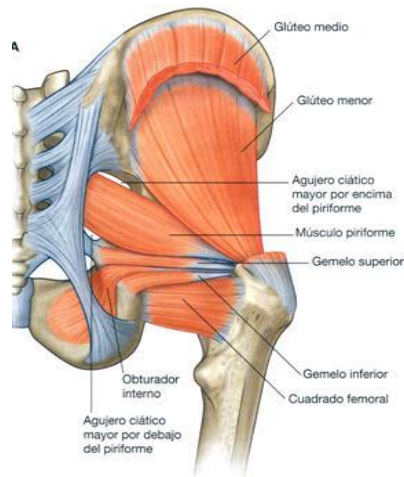
2.4.1. Región glútea. La cintura pelviana es el primer segmento del miembro inferior. Es un anillo óseo que está formado por el hueso sacro en la región posterior y los huesos coxales derecho e izquierdo. Ambos se unen por delante en la sínfisis del pubis que cierra el anillo.

La región glútea corresponde a un cuadrilátero delimitado por: una línea horizontal superior que pasa por la parte más alta de la cresta iliaca, una línea horizontal inferior que cruza el pliegue glúteo, una línea vertical que pasa por la línea

¹¹ TORTORA - Derrickson. Principios de Anatomía y Fisiología, 11ª edición. 2006. ISBN 968-7988-77-0. Consultado el 13 de abril de 2010

mediana y otra línea vertical que desciende desde la espina iliaca anterior superior.

Figura 5. Músculos de la región glútea



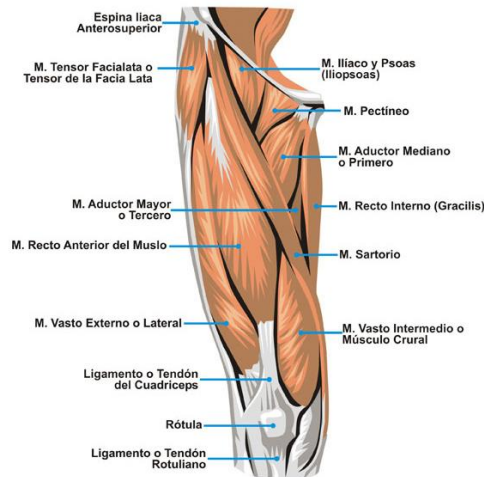
Fuente: <http://anatomiamiembroinferior.bligoo.com.co/miologia#.V5OjjqK6p8M> Miología. Disponible en:

El músculo más superficial de esta región es el glúteo máximo; profundo a él se encuentra el glúteo medio y por delante de éste el glúteo mínimo. Por debajo de los glúteos medio y mínimo se encuentran en orden descendente el piriforme, el gemelo superior, el obturador interno, el gemelo inferior y el cuadrado femoral. Por delante del cuadrado femoral se encuentra el obturador externo y en la parte lateral de la región glútea el tensor de la fascia lata.

2.4.2. Región femoral (Muslo). Su esqueleto es un solo hueso, el fémur; es el segundo segmento de la extremidad inferior o pelviana, entre la cintura pelviana por arriba y la pierna por abajo. Muslo y pierna se articulan en la rodilla.

Los músculos del fémur están dispuestos en grupos anterior, medial y posterior. Al grupo anterior pertenecen el iliopsoas, el sartorio y el cuádriceps femoral. El iliopsoas pertenece en gran parte a la pared abdominal posterior y está formado por el músculo psoas mayor que se origina en las vértebras lumbares y el iliaco que se origina en la fosa iliaca del hueso coxal. Ambos músculos se unen y terminan insertándose en el trocánter menor.

Figura 6. Músculos del muslo. (Vista anterior)



Fuente: Créditos: *Corel Mega Gallery*. Por Corel Corporation, 1996. Disponible en: <http://www.saludmed.com>.

El sartorio cruza oblicuamente el fémur en sentido lateromedial desde su origen en la espina iliaca anterior superior hasta su inserción en la parte superior y medial de la tibia.

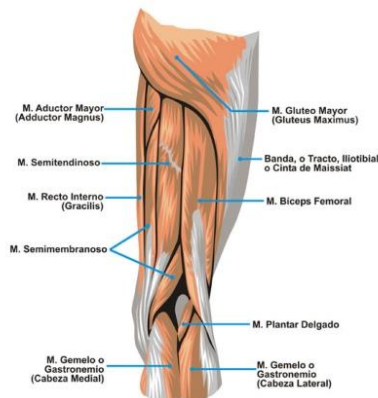
Por su parte el cuádriceps femoral está formado por tres cabezas superficiales: el recto femoral, el vasto lateral y el vasto medial, y una cabeza profunda: el vasto intermedio. De estas cabezas la única que se origina en el hueso coxal, en la espina iliaca anterior inferior, es el recto femoral; las demás se originan en el cuerpo del hueso del fémur. Las cuatro cabezas se unen por un tendón común

que contiene a la patela, el mayor hueso sesamoideo del cuerpo; de la patela el tendón desciende para insertarse en la tuberosidad de la tibia por que el cuádriceps actúa esencialmente en la rodilla.

Los músculos del grupo medial están dispuestos en tres planos: el plano superficial está formado por el pectíneo, el aductor largo y el grácil. El plano medio por el aductor breve y el plano profundo por el aductor magno. Todos estos músculos se originan en el pubis y se insertan en el hueso del fémur hacia su parte posterior, excepto el grácil que se inserta en la parte superior y medial de la tibia, por detrás del sartorio.

Los músculos del grupo posterior moldean la cara posterior del fémur. Son músculos largos cuyas fibras se extienden entre el cingulo y la pierna y cruzan la cara posterior de las articulaciones coxal y de la rodilla.

Figura 7. Músculos del muslo. (Vista Posterior)



Fuente: Créditos: *Corel Mega Gallery*. Por Corel Corporation, 1996. Disponible en: <http://www.saludmed.com>.

Lateralmente se encuentra el bíceps femoral, con sus cabezas larga y breve; medialmente el semitendinoso y, por delante de éste, el semimembranoso. Todos se originan en el túber isquiático, excepto la cabeza breve del bíceps femoral que lo hace en la parte inferior del cuerpo del hueso del fémur. El bíceps se desvía lateralmente para insertarse en la cabeza de la fíbula, mientras que el semitendinoso y el semimembranoso conservan su posición medial para insertarse el primero en la parte superior y medial de la tibia, por detrás del grácil y del sartorio, y el semimembranoso en el cóndilo medial.

Los movimientos de la cadera o del fémur son realizados de la siguiente manera por los músculos correspondientes:

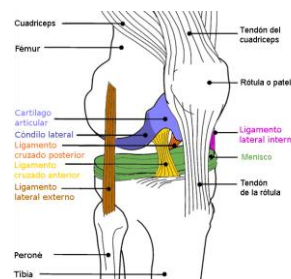
- **Flexión:** iliopsoas, sartorio, recto femoral, tensor de la fascia lata, pectíneo y aductores.
- **Extensión:** glúteo máximo, bíceps femoral (cabeza larga), semitendinoso y semimembranoso.
- **Aducción:** aductores longo, breve y magno, pectíneo y cuadrado femoral.
- **Abducción:** glúteo medio, piriforme, glúteos mínimo y máximo, sartorio, tensor de la fascia lata.
- **Rotación medial:** glúteo mínimo, glúteo medio, tensor de la fascia lata.
- **Rotación lateral:** iliopsoas, sartorio, pectíneo, aductores, piriforme, obturador interno y externo, cuadrado femoral, gemelos superior e inferior.

2.4.3. Región de la Rótula o Rodilla. Es la zona de unión entre el muslo y la pierna, y en los seres humanos es la articulación central de los miembros inferiores. La rodilla está conformada por la unión de dos huesos, el fémur en su porción distal, y la tibia en la porción proximal, también de un pequeño hueso, llamado rótula, que se articula con la porción anterior e inferior del fémur. Realiza principalmente los movimientos de flexión y extensión.

Está rodeada por una cápsula articular y varios ligamentos que le dan estabilidad. En sus proximidades se insertan potentes músculos que hacen posible el movimiento de la extremidad. Es la articulación más grande del cuerpo y de las más complejas y soporta la mayor parte del peso del cuerpo en posición de pie. Está compuesta por la acción conjunta de los huesos fémur, tibia, rótula y dos discos fibrocartilagosos que son los meniscos. Fémur y tibia conforman el cuerpo principal de la articulación, mientras que la rótula actúa como una polea y sirve de inserción al tendón del músculo cuádriceps y al tendón rotuliano cuya función es transmitir la fuerza generada cuando se contrae el cuádriceps.¹²¹³

La rodilla está sustentada por fuertes ligamentos que impiden que sufra una luxación, siendo los más importantes el ligamento lateral externo, el ligamento lateral interno, el ligamento cruzado anterior y el ligamento cruzado posterior.¹⁴

Figura 8. Anatomía de la rodilla



Fuente: Cinturón de asteroides. Disponible en: <https://es.wikipedia.org>. Créditos. Disponible en: <http://www.drgarzamoren.com/>

¹² Merriam-Webster. Diccionario. Consultado el 25 de marzo de 2012

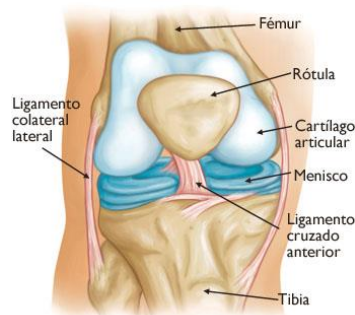
¹³ EIROA BERMÚDEZ, Juan José; GONZÁLEZ GARCÍA, Matilde, NAVARRO PATÓN, Rubén, Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte, Universidad de Vigo. 2011. «La tendinitis rotuliana, una de las lesiones más frecuentes en el ciclismo. Pautas para su tratamiento y recuperación». Consultado el 10 de enero de 2011.

¹⁴ HERNÁNDEZ Stengele, F «Diseño y construcción de prototipo neumático de prótesis de pierna humana». Anatomía de la pierna humana. 2008. Consultado el 27 de marzo de 2012.

Es una articulación compuesta que está formada por dos articulaciones diferentes:

- Articulación femorotibial: Es la más importante y pone en contacto las superficies de los cóndilos femorales con la tibia. Es una articulación bicondilea (con dos cóndilos).
- Articulación femoropatelar: Está formada por la tróclea femoral y la parte posterior de la rótula. Es una diartrosis del género troclear.¹⁵

Figura 9. Anatomía de la rodilla normal



Fuente: Reemplazo total de rodilla (Total Knee Replacement). Disponible en: <http://orthoinfo.aaos.org/topic.cfm?topic=A00485>

El principal movimiento que realiza es de flexoextensión, aunque posee una pequeña capacidad de rotación cuando se encuentra en flexión. En los humanos es vulnerable a lesiones graves por traumatismos, muy frecuentemente ocurridos durante el desarrollo de actividades deportivas. También es habitual la existencia de artrosis que puede ser muy incapacitante y precisar una intervención quirúrgica¹⁶. La mayoría de los músculos del fémur actúan sobre la rodilla. Estos son los movimientos y los músculos que los realizan:

¹⁵Anatomía Humana. Descriptiva, Topográfica y Funcional. Tomo 3. Miembros. Sistema Nerviosos Central. 9ª edición. Ed. Masson. H.Rouvière. A. Delmas.

¹⁶Dufour, Michael «Biomecánica funcional». 2005. Consultado el 27 de marzo de 2012.

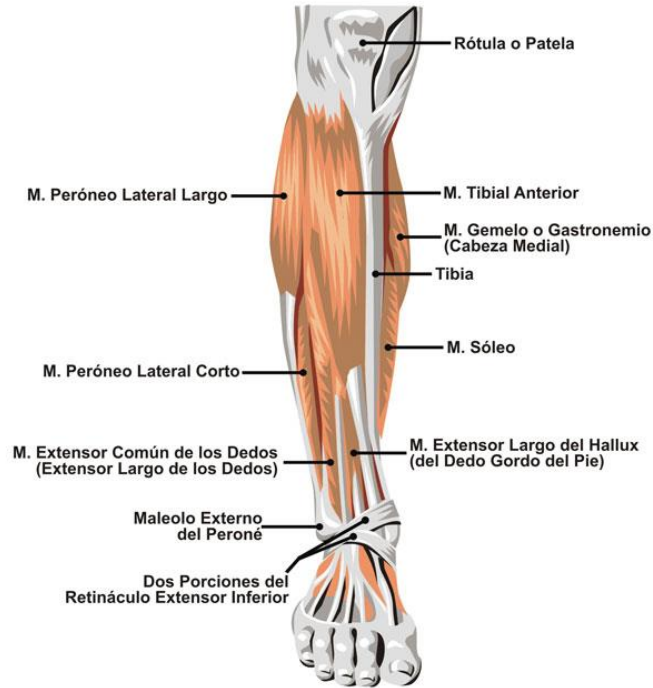
- Extensión de rodilla o de pierna: Cuádriceps femoral. El vasto medial realiza los últimos 15° de extensión de la rodilla, por lo que es considerado el "cerrojo de la rodilla" ya que su contracción impide que la rodilla sea fácilmente flexionada.
- Flexión de la rodilla o de la pierna: bíceps femoral, semitendinoso, semimembranoso, gastrocnemios, poplíteo, plantar.

2.4.4. Región de la Pierna. Formada por la tibia y el peroné, es el tercer segmento del miembro inferior, la pierna se articula con la región femoral o el muslo mediante la rodilla, y con el pie a través del tobillo.

Los músculos de la pierna tienen sus orígenes en la tibia y el peroné y su acción la realizan en la articulación crurotalar y en los dedos. Están distribuidos en grupos anterior, lateral y posterior.

El grupo anterior comprende los músculos tibial anterior, extensor largo de los dedos y extensor largo del hálux. El tibial anterior se origina en la cara lateral de la tibia, su tendón rodea el borde medial del pie y se inserta en el cuneiforme medial y en el I metatarsiano. Los extensores de los dedos y del hálux se originan en la fíbula; el tendón del hálux se inserta en la falange distal del dedo gordo del pie, en tanto los cuatro tendones del extensor de los dedos lo hacen en las falanges media y distal de los cuatro dedos laterales.

Figura 10. Músculos de la pierna (Vista anterior)



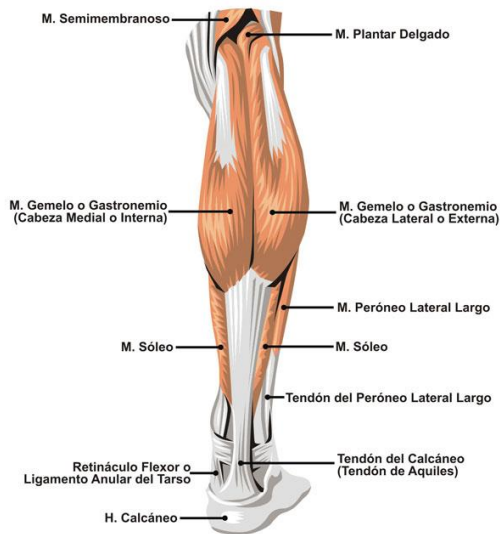
Fuente: Créditos: *Corel Mega Gallery*. Por Corel Corporation, 1996. Disponible en: <http://www.saludmed.com>.

El grupo lateral está conformado por los músculos peroneos o fibulares largo y breve. Estos músculos se originan en la parte lateral de la fíbula, sus tendones pasan por detrás del maléolo lateral y se insertan en el pie, el breve en la parte lateral del dorso y el largo en la planta a la cual atraviesa oblicuamente en sentido lateromedial.

El grupo posterior lo forman el tríceps sural, que es superficial, y los músculos plantar, poplíteo, tibial posterior, flexor largo de los dedos y flexor largo del hálux que ocupan un plano profundo. El músculo tríceps sural es un músculo voluminoso formado, a su vez, por el sóleo que se origina en la tibia y la fíbula y el gastrocnemio que tiene una cabeza medial y otra lateral, cada originada en el cóndilo correspondiente del hueso del fémur. Las tres cabezas se unen al tendón

calcáneo (o tendón de Aquiles), el cual desciende hasta el talón para insertarse en la parte posterior del hueso calcáneo.

Figura 11. Músculos de la pierna (Vista Posterior)



Fuente: Créditos: *Corel Mega Gallery*. Por Corel Corporation, 1996. Disponible en: <http://www.saludmed.com>.

3. REQUERIMIENTOS DE AMPUTADOS TRANSTIBIALES EN LA EJECUCIÓN DE EJERCICIOS FÍSICOS PARA EL FORTALECIMIENTO MUSCULAR DEL TREN INFERIOR.

La mayoría de ejercicios para el tren inferior implican el trabajo de estabilidad de la columna vertebral, por lo cual da fortaleza muscular a la espalda y mejora la postura al caminar, se mejora la base de sustentación (estabilidad) permitiendo marchas más seguras; De ahí radica la importancia que tiene el trabajo de musculación en personas con amputación de miembros inferiores por debajo de rodilla, ya que al tener la posibilidad de conservar esta articulación aún tienen movimientos de extensión y flexión en sus muñones.

3.1 MOVIMIENTOS DE MUSCULACIÓN EN CENTROS DE ACONDICIONAMIENTO FÍSICO PARA LOS MIEMBROS INFERIORES

En los centros de acondicionamiento físico encontramos diferentes máquinas, técnicas y movimientos para el trabajo de musculación de los miembros inferiores. La importancia del trabajo de este grupo muscular radica en que representa aproximadamente del 30% al 50% de la masa muscular del ser humano, y los cuádriceps y femorales son grupos musculares altamente anabólicos, lo cual quiere decir que se segregan mayores niveles de testosterona cuando se entrenan y esto representa un aumento hormonal que lleva a un mayor gasto calórico, es decir menos grasa y mayor masa muscular en general, no solo en las extremidades inferiores.

El trabajo muscular para el tren inferior se divide según el grupo que se quiera trabajar, y para esto hay movimientos específicos que solicitan los músculos en mayor o menor grado. Se conocen tres tipos fundamentales de ejecución de los movimientos de musculación en los gimnasios: trabajo con pesos libres, trabajo en máquinas y trabajo en poleas.

En la siguiente tabla se muestran algunos de los movimientos de musculación más relevantes para el tren inferior y la relación de la sollicitación muscular según el movimiento, se omiten los relacionados con el trabajo en piernas debido a la ausencia de la articulación de tobillo y el daño causado en los músculos de esta región en los amputados.

Tabla 1. Relación movimiento de musculación - solicitud muscular

	Movimientos de musculación	Cuádriceps	Glúteos	Femoral	Gemelos	Aductores
LIBRES**	Flexión de rodillas con una haltera entre las piernas	▲▲	▲▲	▲	▲	▲
	Sentadilla	▲▲	▲▲	▲	▲	▲
	Sentadilla piernas separadas - sumo	▲▲	▲▲	▲	▲	▲▲
	Flexiones anteriores de tronco o buenos días	▲	▲▲	▲▲	▲	
	Flexiones anteriores de una pierna	▲▲	▲▲	▲	▲	▲
	Zancadas con mancuernas	▲▲	▲▲	▲	▲	▲
	Extensión de la cadera en el suelo	▲	▲▲	▲	▲	
	Elevación de la pelvis en el suelo	▲	▲▲	▲▲	▲	
	Abducción de la cadera, acostado	▲	▲▲	▲		▲
	Aductores en polea baja	▲	▲	▲	▲	▲▲
POLEA**	Extensión de la cadera en polea baja	▲	▲▲	▲	▲	
	Abducción de la cadera de pie, en polea baja	▲	▲▲	▲	▲	▲
	Press de piernas inclinado	▲▲	▲▲	▲	▲	
MAQUINA*	Press inclinado o "Hack squat"	▲▲	▲	▲	▲	
	Extensión de rodillas en máquina	▲▲	▲	▲	▲	
	Isquiotibiales, en posición tendida - LegCurl	▲	▲	▲▲	▲▲	
	Isquiotibiales alterno, de pie, en máquina (flex-unilateral)	▲	▲	▲▲	▲▲	▲
	Isquiotibiales sentado en máquina	▲	▲	▲▲	▲▲	
	Extensión de la cadera en máquina	▲	▲▲	▲	▲	▲

	Movimientos de musculación	Cuádriceps	Glúteos	Femoral	Gemelos	Aductores
	Abducción de la cadera, de pie, en máquina	▲	▲▲	▲	▲	▲
	Abductores, sentado en máquina	▲	▲▲			
	Aductores en máquina	▲				▲▲

▲▲ Mas sollicitación (El grupo muscular actúa de manera primaria o principal) ▲ Menor sollicitación (El grupo muscular actúa de manera secundaria o residual)

***Los movimientos con pesos libres**

Son todos aquellos que se hacen con barras y mancuernas o con el peso del cuerpo, y son conocidos como “ejercicios básicos”, ayudan al trabajo de los músculos estabilizadores, que son los que favorecen la correcta postura del cuerpo. Su ejecución requiere de una técnica muy estricta, para evitar balanceos y lesiones en la columna.

****Los movimientos con máquinas**

Son todos aquellos que se realizan en máquinas de musculación que disponen de mecanismos que asisten los movimientos, brindan seguridad al tener topes, y facilitan la correcta ejecución de la técnica. Aíslan el trabajo muscular en el que se quiere enfatizar y aportan sencillez para el cambio de pesos.

*****Los movimientos con poleas**

Son los movimientos que se realizan en máquinas con poleas y cables, el levantamiento de peso es directo y se suma la resistencia que ejerce la distancia de la carga. Aíslan el trabajo del músculo deseado, y permite reducir las molestias por cargas excesivas. Requieren de una correcta postura para evitar lesiones lumbares y cervicales.

Análisis de datos

De acuerdo a la literatura la relación que existe entre trabajo muscular y el ejercicio puede darse de manera directa o indirecta, por lo cual, según la ejecución del movimiento, algunos músculos son más solicitados que otros, pero es un trabajo en conjunto. En la tabla anterior se muestra solamente la relación que hay con los músculos de las extremidades inferiores, lo cual no quiere decir que el tren superior no esté involucrado, esto con el fin de enfatizar en el interés de la propuesta de diseño. Se destacan algunas observaciones a partir de la información evaluada.

- Al ejecutarse un ejercicio se involucran diferentes músculos, pero hay unos que son más solicitados que otros.
- Los ejercicios que se hacen sentados aíslan más el grupo muscular que se quiere trabajar.
- Los músculos que actúan de manera secundaria son quienes en ocasiones permiten la ejecución de movimientos.
- Los ejercicios ejecutados con pesos libres necesitan del trabajo de mayor cantidad de músculos, ya que intervienen más grupos musculares para estabilizar la postura.
- Los ejercicios en polea generan menor intervención muscular de manera secundaria, por lo cual se aísla el grupo deseado y se recluta el esfuerzo en esa zona.
- La mayoría de ejercicios con pesos libres requieren para su ejecución la intervención de las articulaciones de los miembros inferiores, especialmente el tobillo, que se encarga de dar los ángulos a las piernas para estabilizar la columna en el desarrollo de los movimientos.
- Los ejercicios realizados en poleas reducen los esfuerzos cuando se ponen grandes pesos, pero requieren de un mayor desplazamiento de los miembros, esto genera mejoría en la estabilidad corporal al ejecutarse con la postura correcta.
- Todos los ejercicios requieren de cuidado en la técnica, para evitar lesiones en las articulaciones o desgarres musculares.

3.2. EJECUCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE MUSCULACIÓN




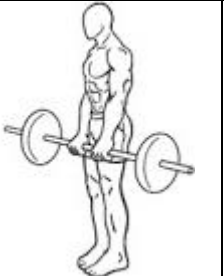


En la tabla se muestra una comparación de la ejecución de cada movimiento con la técnica establecida y su descripción y al lado la manera como fue ejecutado (como se le pide al usuario que ejecute el trabajo de musculación) y la descripción de lo que se observó en cada caso y lo que manifestó acerca del desarrollo de la prueba.

Se eligieron algunos ejercicios de musculación para que el amputado por debajo de rodilla realizara con la técnica establecida, se dividió la prueba al igual que en la tabla anterior, según la manera de trabajar los pesos (libres, en máquinas o en poleas).

Se realizó la prueba con un amputado bilateral ya que es el caso más extremo, y al que más se le dificulta mantener el equilibrio por la ausencia ambas articulaciones de tobillo.





3.2.1. Movimientos de musculación de amputados transtibiales con pesos libres

Tabla 2. Ejecución de movimientos de musculación con pesos libres

EJECUCIÓN DE MOVIMIENTOS DE MUSCULACIÓN CON PESOS LIBRES			
Figura 12. Sentadilla			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Descripción de la ejecución del movimiento</p> <p>Para la ejecución de este movimiento es recomendable apoyarse en una jaula.</p> <p>Con una pequeña flexión de piernas, la espalda recta, la cabeza erguida y las manos sujetando la barra con un agarre prono y ancho, se ubica debajo de la barra y se saca del soporte.</p> <p>Se inspira y se realiza una flexión de caderas y rodillas hasta llegar a que los glúteos se acerquen a las pantorrillas, desde esa posición se realiza una extensión de caderas y rodillas hasta la posición inicial. Se debe mantener la cabeza y la espalda erguidas. Se inspira al bajar y expira al subir.</p>		<p>Ejecución del movimiento del amputado</p> <p>El amputado entra a la jaula, se ubica debajo de la barra y realiza una pequeña flexión, saca la barra e intenta ejecutar el movimiento como se le indica.</p> <p>No puede realizarlo ya que no tiene equilibrio debido a la ausencia de la articulación del tobillo y los músculos de las piernas.</p> <p>Calificación: Imposible (5)</p>	
Figura 13. Peso muerto			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Descripción de la ejecución del movimiento</p> <p>Se agarra la barra y se ubican las manos a la misma distancia que hay entre los hombros, los brazos estirados y las piernas un poco flexionadas</p>		<p>Ejecución del movimiento del amputado</p> <p>Se ubica frente a la barra, se le dificulta iniciar el ejercicio con la barra en el suelo, ya que no puede flexionar sus rodillas para recogerla.</p>	

<p>Sin cambiar la flexión de rodillas, se flexionan las caderas y se baja el cuerpo paralelo al suelo, se mantiene esa posición un instante y se vuelve a subir, se deben mantener la barra cerca y paralela a los miembros inferiores a medida que se baja y sube.</p>	<p>Hace el agarre de la forma indicada, se ubica con la espalda recta y ejecuta el movimiento, baja la barra con la columna encorvada. No puede ejecutar el ejercicio debido a la falta de los músculos de las piernas y especialmente la ausencia del tobillo.</p> <p>Calificación: Imposible (5)</p>
---	--

Figura 14. Extensión de la cadera en el suelo - Patada

Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			

<p>Descripción de la ejecución del movimiento</p> <p>Boca abajo, apoyándose sobre las manos o antebrazos y las rodillas, con la espalda firme y el abdomen contraído, se hace una flexión de cadera, con la rodilla flexionada aproximadamente a 90 grados, se debe permanecer con el tronco paralelo al suelo y mantener una contracción isométrica en el abdomen durante la ejecución del movimiento, debe ejecutar los movimientos primero con una pierna y luego con la otra</p>	<p>Ejecución del movimiento del amputado</p> <p>Ejecuta el movimiento de la manera indicada, tiene dificultad para mantener el equilibrio, le talla mucho la rodilla que queda apoyada, el peso de la prótesis le molesta.</p> <p>Manifiesta que es incómodo de realizar.</p> <p>Calificación: Muy difícil (4)</p>
---	---



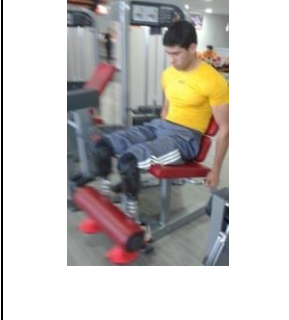


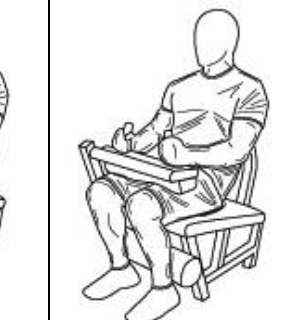


Figura 15. Elevación de la pelvis en el suelo

Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			

<p>Descripción de la ejecución del movimiento</p> <p>Acostado boca arriba con las rodillas flexionadas y apoyándose sobre la espalda y los pies, se eleva la pelvis hacia arriba y se contraen los glúteos. Se regresa a la posición inicial lentamente.</p>	<p>Ejecución del movimiento del usuario</p> <p>Se ubica en la posición indicada, con ayuda de algún apoyo. Realiza el movimiento y manifiesta sentir comodidad, cuando lo ejecuta. Siente una pequeña molestia en la tibia por la posición de las piernas, y el socket ejerce presión en la zona posterior a la rodilla.</p> <p>Calificación: Fácil (2)</p>
---	--


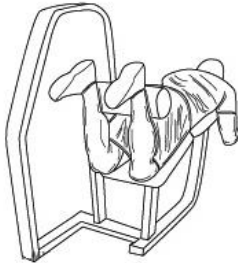

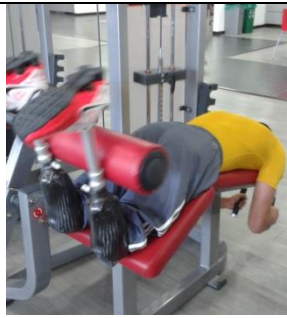
3.2.2. Movimientos de musculación de amputados transtibiales en máquinas

Tabla 3. Ejecución de movimientos de musculación en máquinas

EJECUCIÓN DE MOVIMIENTOS DE MUSCULACIÓN EN MÁQUINAS			
Figura 16. Extensión de rodillas en máquina			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Descripción de la ejecución del movimiento</p> <p>Se sienta con la espalda bien apoyada y los pies bajo el rodillo, se ajusta el asiento de manera que las rodillas sobresalgan del borde, se inicia el ejercicio con una flexión de 90 grados, y se extienden las rodillas para elevar los pies a la misma altura, se sostiene un instante y se baja el rodillo lentamente.</p>		<p>Ejecución del movimiento del amputado</p> <p>Se acomoda en la posición indicada y ejecuta el movimiento. Le es posible realizarlo e indica molestias en la ejecución de los movimientos, a causa de la presión que ejerce el socket sobre la tibia. El peso que logra elevar es muy bajo. (Max. 30 lbs.)</p> <p>Calificación: Fácil (2)</p>	
Figura 17. Isquiotibiales sentado en máquina			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Descripción de la ejecución del movimiento</p> <p>Se sienta con la espalda bien apoyada y los pies sobre el rodillo, se ajusta el asiento de manera que las rodillas</p>		<p>Ejecución del movimiento del amputado</p> <p>Se sienta en la maquina con la espalda bien apoyada, e inicia los movimientos, manifiesta sentirse muy cómodo, aunque un</p>	





sobresalgan del borde, se inicia el ejercicio con las piernas elevadas y se flexiona la rodilla hasta llegar a un Angulo de 90 grados y se devuelve lentamente a la posición inicial.	poco de pellizco en la piel de la zona anterior a la rodilla, por los pliegues que se forman con la silicona y el socket. Puede ejecutar los movimientos con cargas altas. Calificación: Fácil (2)
---	---

Figura 18. Isquiotibiales sentado en máquina

Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			

Descripción de la ejecución del movimiento Se acuesta boca abajo, con las piernas extendidas, las manos sobre los agarres y los tobillos contra el cojín, se inspira y se hace una flexión de rodilla para intentar tocar los glúteos con los talones, se devuelve el movimiento de manera lenta y expirando al final del esfuerzo	Ejecución del movimiento del amputado Se acomoda de la manera indicada para la ejecución del movimiento, manifiesta sentirse cómodo cuando realiza el ejercicio con una carga muy liviana. Cuando flexiona la rodilla le incomoda el encaje protésico, siente dolor en los músculos residuales de los gemelos, y no le es posible trabajar con cargas altas debido a la ausencia y daño de músculos de la pierna. Calificación: Difícil o complejo (3)
--	---

Figura 19. Isquiotibiales alterno, de pie en máquina o flexión unilateral

Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			

Descripción de la ejecución del movimiento De pie o con una rodilla apoyada en el cojín y la otra pierna tocando el rodillo, se flexiona la rodilla y se intenta tocar los gluteos con el talon, se regresa lentamente a la posición inicial.	Ejecución del movimiento del amputado Se ubica en la posición indicada, en este caso con máquina de apoyo sobre rodilla, inicia el movimiento y logra ejecutarlo sin dificultad, cuando la carga es baja, siente molestia en la rodilla que se apoya en el cojín, ya que el socket ejerce presión, también
---	--

	<p>se indica que al flexionar la rodilla del miembro que está ejercitando siente un pellizco en la parte anterior a la rodilla, producido por el pliegue que se forma con la silicona y el encaje protésico.</p> <p>Calificación: Muy difícil (4)</p>
--	---

Figura 20. Prensa inclinada o "HackSquat"








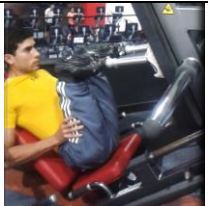




Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Descripción de la ejecución del movimiento</p> <p>Se ubica la parte posterior del tronco sobre la almohadilla, se ubican los pies sobre la plataforma inclinada y se saca el seguro, y se ponen las manos sobre los agarres, se flexiona la cadera y las rodillas para lograr descender lentamente, se baja hasta formar un ángulo un poco menor de 90 grados y se sube nuevamente.</p>		<p>Ejecución del movimiento del amputado</p> <p>Se apoya sobre la almohadilla con la espalda recta y ejecuta el movimiento como se indica, se le dificulta subir y siente dolor en los músculos residuales de la pierna, hay puntos de apoyo muy fuertes y no puede flexionar las rodillas hasta el ángulo de 90 grados.</p> <p>Calificación: Muy difícil (4)</p>	

Figura 21. Press de piernas inclinado o Prensa atlética

Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Descripción de la ejecución del movimiento</p> <p>Se apoya la espalda sobre el cojín o respaldo de la máquina y los glúteos bien pegados al asiento se quita el seguro que sostiene el peso, se hace una flexión de rodillas para descender la plataforma y tratar de poner los muslos sobre el abdomen, y formar un ángulo con las rodillas de 90 grados.</p> <p>Se empuja la plataforma hacia arriba para regresar a la</p>		<p>Ejecución del movimiento del amputado</p> <p>Se acomoda de la manera indicada, se le dificulta un poco empujar la prensa para desasegurar la máquina, flexiona sus rodillas tratando de llevarlas al pecho y lo logra, repite los movimientos un par de veces hasta completar una serie de 10 repeticiones, indica molestia en la tibia, inseguridad, prefiere sujetar sus piernas para darse apoyo, cuando hace la flexión se pelliza la parte anterior a la rodilla. El encaje protésico talla</p>	

posición inicial.	continuamente en los puntos de apoyo. No puede aumentar las cargas, solamente trabaja con la carga inicial de la máquina que es aproximadamente 53 Kg. Calificación: Difícil o complejo (3)
-------------------	--

Figura 22. Abductores, sentado en máquina

Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			

Descripción de la ejecución del movimiento





Sentado sobre el sillón y con las manos en los agarres, la espalda recta, y las rodillas juntas y flexionadas deben quedar justamente en los cojines de la máquina. Se inicia el movimiento desde esta posición, se deben separar las piernas para empujar los cojines al máximo, y luego regresar lentamente hasta la posición inicial

Ejecución del movimiento del amputado

Realiza el ejercicio de la forma indicada, no se le dificulta empujar los cojines, si la rodilla sobresale un poco el socket protésico no interfiere en el movimiento por lo cual no siente dolor o molestia por su uso

Calificación: Muy Fácil (1)

Figura 23. Aductores, sentado en máquina

Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			

Descripción de la ejecución del movimiento

Sentado sobre el sillón y con las manos en los agarres, la espalda recta, y los muslos muy separados y apoyados de los cojines, se ejerce fuerza para tratar de unir las rodillas, se realiza el movimiento de manera controlada y cuando se cierra completamente, se devuelve lentamente a la posición inicial.









Ejecución del movimiento del amputado



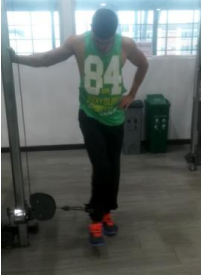
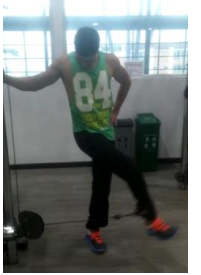
Realiza el ejercicio de la forma indicada, no se le dificulta empujar los cojines para tratar de unir sus rodillas, cuando aumenta los pesos siente algunas molestias en la piel por la presión del encaje protésico.

Calificación: Muy fácil (1)

3.2.3. Movimientos de musculación de amputados transtibiales en polea

Tabla 4. Ejecución de movimientos de musculación en polea

EJECUCIÓN DE MOVIMIENTOS DE MUSCULACIÓN EN POLEA			
Figura 24. Abductores en polea de pie			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Descripción de la ejecución del movimiento</p> <p>Se fija la correa al tobillo. En la posición inicial, se sujeta de la barra o agarre de la máquina, con la espalda derecha se hace un movimiento con la pierna hacia afuera y hacia arriba y se regresa lentamente. No se debe mover el resto del cuerpo durante el ejercicio, y se debe hacer una contracción abdominal.</p>		<p>Ejecución del movimiento del amputado</p> <p>Se fija la correa en la prótesis, e inicia el movimiento como se le indicó, el cable le hala la pierna hacia el lado contrario de la fuerza y al aumentar los pesos prótesis se desalinea del eje de la rodilla. Se siente muy incómodo y no puede elevar el peso. Calificación: Difícil o complejo (3)</p>	
Figura 25. Extensión de la cadera en polea baja			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Descripción de la ejecución del movimiento</p> <p>De pie, frente a la máquina, se fija la correa en el tobillo, se agarra con las manos a los soportes para equilibrar el ejercicio, el cuerpo permanece erguido durante todo el ejercicio, se adelanta la pierna con una ligera flexión, desde esa posición se realiza una extensión de cadera</p>		<p>Ejecución del movimiento del amputado</p> <p>Ubica la correa tobillera y se para justo en frente de la máquina apoyándose de las barras, inicia el ejercicio con la carga básica, logra hacer la extensión de la cadera con un poco de inseguridad al sentir que el encaje protésico se puede soltar. No puede aumentar las cargas ya que no</p>	

atrás, se regresa lentamente a la posición inicial.		puede poner la extremidad inferior totalmente rígida a causa de los músculos faltantes de la pierna. Calificación: Difícil o complejo (3)	
Figura 26. Aductores en polea			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
Descripción de la ejecución del movimiento De pie parado lateralmente a la máquina, ubicado a la suficiente distancia para iniciar el ejercicio con la pierna abierta, y desde esa posición se realiza una aducción de la cadera hasta cruzarla por delante de la pierna apoyada hasta superarla completamente, el movimiento debe realizarlo la parte interior del muslo, no el pie.		Ejecución del movimiento del amputado Se sujeta la correa en la prótesis, y se ubica al lado de la máquina, inicial el movimiento como se le indica y lo repite lentamente, siente molestia en la cara interna de la región rotuliana, el socket se desalinea del eje de la rodilla, se le dificulta elevar una carga mayor. Calificación: Difícil o complejo (3)	

Al realizar la prueba se le pidió que evaluara o calificara de manera cualitativa la ejecución del ejercicio, que describiera lo que sentía respecto a su comodidad, las molestias o dolores relacionados con el uso de las prótesis en los movimientos. Los resultados son mostrados en escala numérica, lo que nos permite evaluar los niveles de complejidad de los movimientos para este tipo de usuario.

1	2	3	4	5
Muy fácil	Fácil	Difícil o complejo	Muy difícil	Imposible

Tabla 5. Calificación nivel de complejidad del movimiento.

	Movimientos de musculación	Valor
LIBRE	Flexión de rodillas con una haltera sujeta entre las piernas	5
	Sentadilla	5
	Sentadilla piernas separadas - sumo	5
	Flexiones anterior de tronco o buenos días	5
	Flexiones anteriores de una pierna - Tijera	5
	Zancadas con mancuernas	5
	Extensión de la cadera en el suelo	4
	Elevación de la pelvis en el suelo	2
	Abducción de la cadera, acostado	1
POLEA	Aductores en polea baja	3
	Extensión de la cadera en polea baja	3
	Abducción de la cadera de pie, en polea baja	3
	Extensión de rodilla de pie	4
MAQUINA	Press de piernas inclinado	3
	Press inclinado o "Hack squat"	4
	Extensión de pierna o rodillas en máquina	2
	Isquiotibiales, en posición tendida en la máquina - LegCurl	3
	Isquiotibiales alterno, de pie, en máquina (flex-unilateral)	4
	Isquiotibiales sentado en máquina	2
	Extensión de la cadera en máquina	3
	Abducción de la cadera, de pie, en máquina	2
	Abductores, sentado en máquina	1
	Aductores en máquina	1

Una vez dado el valor cualitativo sobre la complejidad del ejercicio, se le pide que para cada ejercicio explique la causa de molestia, o la razón por la que le da el calificativo anterior, el usuario describe cada caso y se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Calificación de las molestias en la ejecución de movimientos de musculación

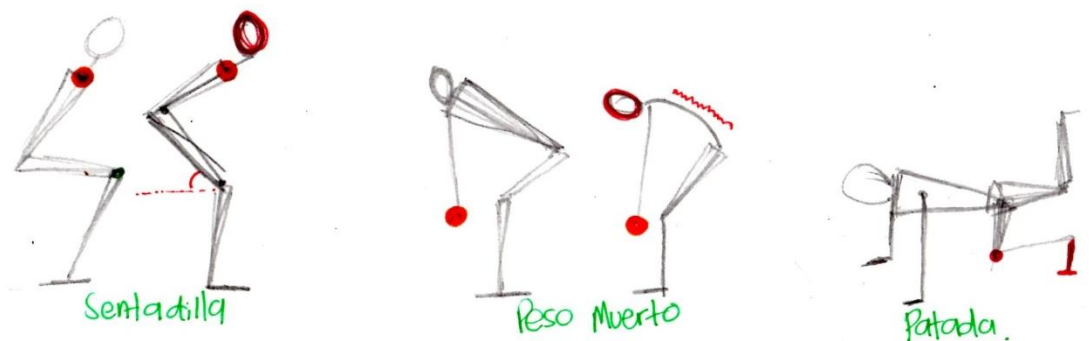
	Movimientos de musculación	Presión en los huesos amputados	No hay equilibrio	Pelizco por el socket	Ausencia de articulación o grupo muscular	Talla la rodilla por socket
LIBRE	Flexión de rodillas con una haltera sujeta entre las piernas -SUMO		●		●	
	Sentadilla		●		●	
	Sentadilla piernas separadas -		●		●	
	Flexiones anterior de tronco o buenos días		●		●	
	Flexiones anteriores de una pierna - Tijera		●		●	
	Zancadas con mancuernas		●		●	
	Extensión de la cadera en el suelo					●
	Elevación de la pelvis en el suelo	●		●		
POLEA	Abducción de la cadera, acostado	●				
	Aductores en polea baja	●				
	Extensión de la cadera en polea baja	●				
MAQUINA	Abducción de la cadera de pie, en polea baja	●				
	Press de piernas inclinado	●		●		●
	Press inclinado o "Hack squat"	●		●		●
	Extensión de pierna o rodillas en maquina	●		●		
	isquiotibiales, en posición tendida en la máquina - LegCurl			●		
	Isquiotibiales alterno, de pie, en máquina (flex-unilateral)			●		●
	Isquiotibiales sentado en máquina			●		
	Extensión de la cadera en máquina	●				●
	Abducción de la cadera, de pie, en máquina	●				●
	Abductores, sentado en máquina					
Aductores en máquina						

- Razón por la cual califica la complejidad del movimiento.

Análisis de la información

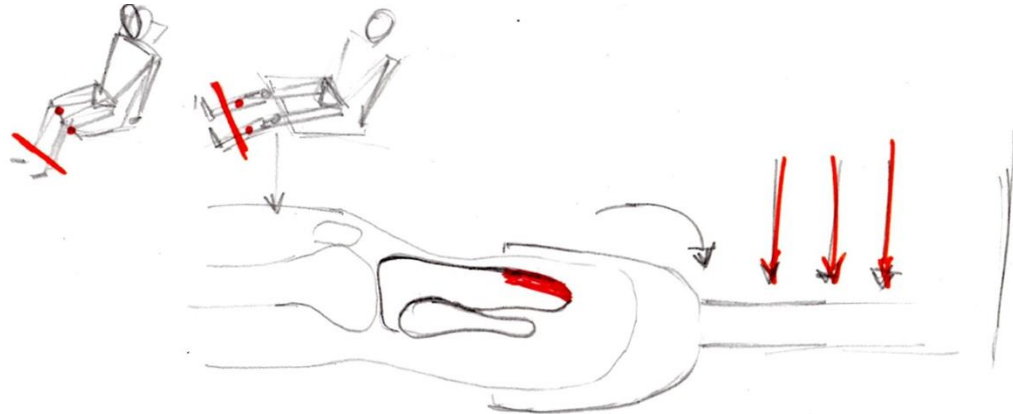
Se revisaron los resultados obtenidos a partir de la prueba, las imágenes tomadas y la literatura, con esto hizo un análisis de las posturas en los movimientos, se identificaron los puntos más críticos de dolor y molestias. A partir de esta información se hacen hallazgos que son tenidos en cuenta en la elaboración de los requerimientos de diseño y en la generación de alternativas.

Figura 27. Análisis movimientos de musculación con pesos libres de amputados transtibiales



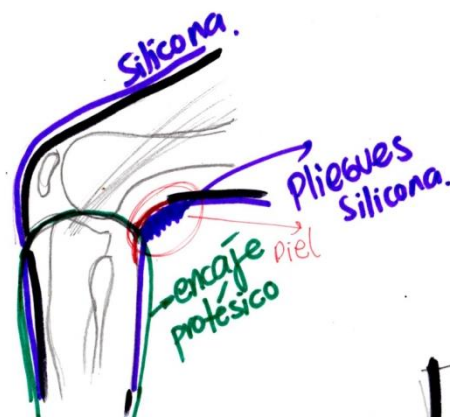
- Los ejercicios de pesos libres de pie le son imposibles de ejecutar para un amputado bilateral transtibial, aunque intenta realizarlos la falta de equilibrio no le permite realizar los movimientos de manera correcta.
- El temor a caer o a sufrir alguna lesión es una de las causas de no hacer el ejercicio de peso libre correctamente, la inseguridad que genera la falta de equilibrio tiene como consecuencia las malas posturas para buscar la estabilidad que necesita.
- La ausencia del pie limita la ejecución de los movimientos, ya que posee funciones tan importantes como la de apoyo y propulsión, aunque la prótesis tiene pies articulados o rígidos, no cumplen la misma función como la de la articulación del tobillo.

Figura 28. Extensión de rodilla en máquina del amputado transtibial



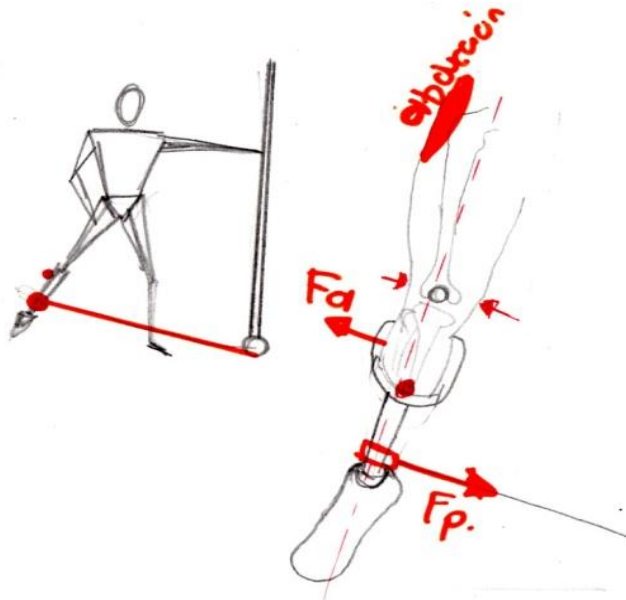
- Los movimientos de flexión y extensión de rodilla le generan varias molestias ocasionadas por el uso del encaje protésico, presión en los puntos de descarga del muñón, pellizcos en la piel cuando flexiona la rodilla, dolor intenso en la tibia cuando hace palanca.
- Las fuerzas que actúan sobre el sistema de enlace o pilar, generan un torque en el encaje protésico.

Figura 29. Flexión de rodilla del amputado transtibial



- Los pliegues que se forman en el liner o funda de silicona por los movimientos de flexión de rodilla, incomodan constantemente al amputado, ya que le producen quemaduras en la piel.
- El encaje protésico pellizca la piel cuando se flexiona la rodilla en ejercicios donde está sentado, o cuando ejecuta movimientos en prensa donde flexiona la cadera.

Figura 30. Abducción de cadera en polea de amputado transtibial



- La fuerza que ejerce la polea sobre la conexión de seguridad de la prótesis (tobillo) hace que en el encaje protésico se genere un torque.
- La distancia que hay entre la ubicación de la tobillera que conecta la polea y el encaje protésico está directamente relacionada con la magnitud del torque, y al aumentar los pesos de la máquina, la resultante será mayor, por lo cual la dificultad para hacer la abducción se incrementará.

Hallazgos generales

- El daño causado en los músculos de la pierna del miembro residual dificultan el aumento de cargas para el fortalecimiento muscular.
- Los movimientos de pesos libres que se ejecutan cuando esta acostado le dan mayor comodidad aunque se describe el uso de las prótesis como una carga incómoda.
- Los ejercicios realizados sentados en máquina de abducción y aducción no representan molestias mayores y si permiten en aumento progresivo de peso.
- En la ejecución de cada ejercicio por lo general hay una molestia o dolor a causa de los apoyos de la prótesis, los más comunes son: dolor en los huesos amputados o presión en los puntos de apoyo.
- Aunque hay movimientos que le son posibles de realizar, se ve limitado el aumento de cargas ya que los músculos que actúan de manera secundaria, en ocasiones son los que han sido afectados por la amputación, y son músculos residuales con mucha debilidad.

3.3. VIABILIDAD DEL USO DE LA POLEA COMO ALTERNATIVA DE ENTRENAMIENTO DE LOS GRUPOS MUSCULARES DEL TREN INFERIOR PARA UN AMPUTADO TRANSTIBIAL

Trabajo de musculación del tren inferior en polea

El trabajo de musculación del tren inferior se puede llevar a cabo en la máquina de polea cruzada, o polea ajustable mediante movimientos de extensión, abducción y aducción de la cadera, ya sea acostado, de pie o sobre un banco, según la destreza o necesidad de cada usuario.

La versatilidad que nos da esta máquina permitió usarla como una alternativa más cómoda para el amputado transtibial, por lo cual se hizo una revisión a la validación de las hipótesis en la prueba inicial (ver tabla 4), y a partir de esta se hace un seguimiento de los posibles usos de esta máquina, los movimientos que realiza el amputado con otros puntos de agarre, las posturas necesarias según el trabajo para cada grupo muscular, etc.

3.3.1. Uso de la máquina de polea por amputados transtibiales. La máquina de polea cruzada o de cable cruzado es una estructura metálica en forma de arco, en cuyos extremos se encuentran torres con pesos divididos en rangos de 10 a 15 libras, que se mueven por la acción de las poleas. La polea de agarre es ajustable verticalmente por lo cual se pueden variar las alturas. El cable que pasa por las poleas tiene en su extremo un gancho de arnés, que permite poner los agarres o los amarres, según el grupo muscular que se va a trabajar.

Las dimensiones son muy similares entre las diferentes marcas fabricantes, las medidas aproximadas de la estructura son: Largo: 3.8 m, Ancho: 0.7 m, Alto: 2.4m.

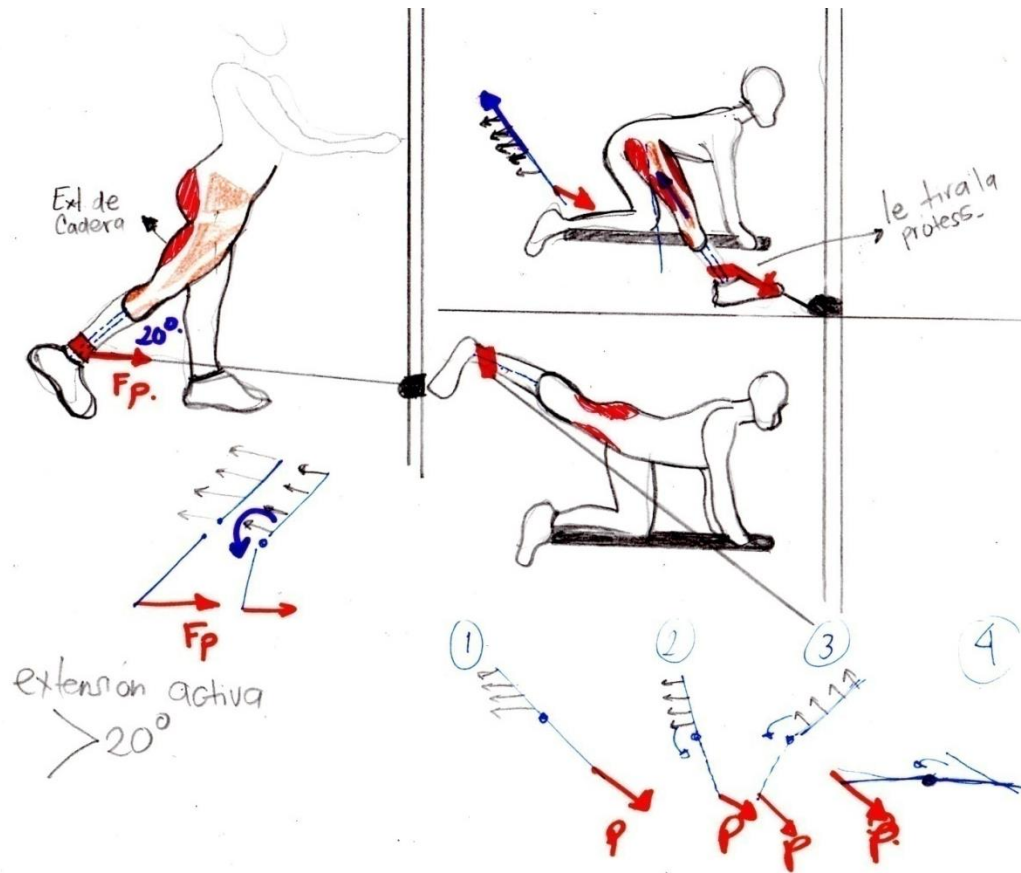
La máquina de polea cruzada, es una máquina clásica que se encuentra en todos los gimnasios y Centros de Acondicionamiento físico, ya que suple algunos de los ejercicios que el peso libre no puede abarcar. Es una maquina multifuncional ya que permite el trabajo del tren superior y el inferior.

Figura 31. Máquina de polea cruzada



Dichas posibilidades brindan a los amputados una solución al entrenamiento de su miembro residual, los movimientos realizados por ellos se analizan cuando el agarre se hace en la misma ubicación como si tuviese la extremidad, sobre el tobillo o pie.

Figura 32. Extensión cadera amputado TT

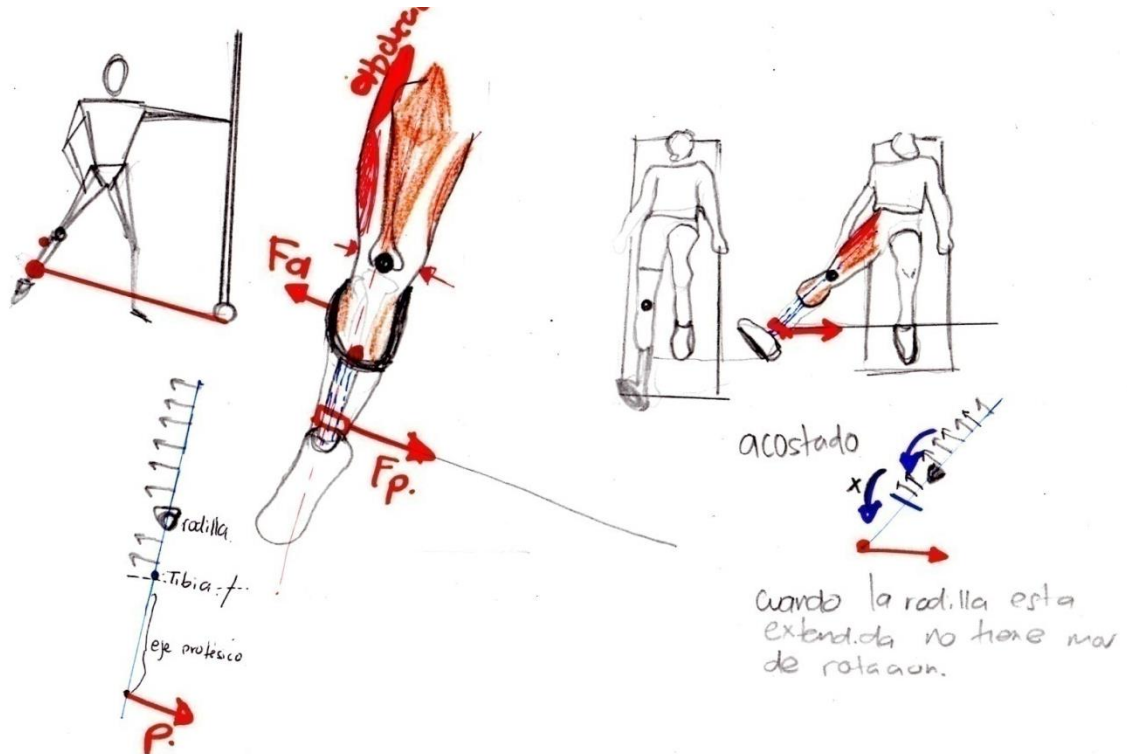


Extensión de cadera en polea: se realiza de dos maneras, de pie sujetándose de la barra o sobre un banco plano con el apoyo en la rodilla, los músculos que actúan de manera primaria son los glúteos (principalmente el glúteo medio), seguidos de los femorales, cuádriceps, gemelos y aductores.

- Se presenta el problema de torque sobre el encaje protésico que provoca una híper-extensión de la rodilla (cuando se hace de pie).
- Cuando se ejecuta la extensión sobre un banco, la carga no se puede aumentar, ya que la prótesis halada por la fuerza de la polea, hace que se realice un movimiento antinatural de rodilla.

- Cuando hace la extensión sobre el banco, el amputado tiende a flexionar la rodilla, por lo cual puede ocurrir una rotación (interna o externa) mayor a la permitida por los ligamentos, debido a la carga que tenga en la polea.

Figura 33. Abducción de cadera amputado TT



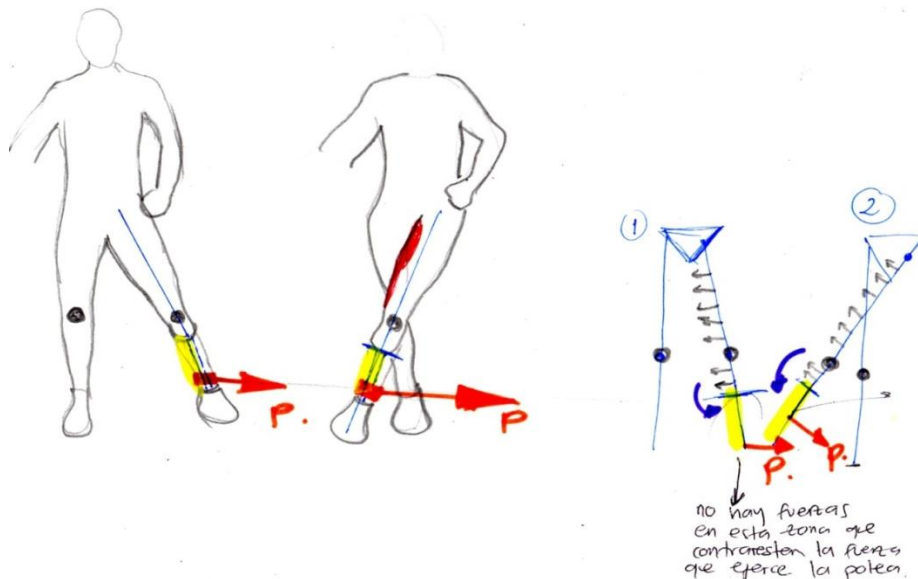
Abducción de cadera en polea: se puede realizar de pie o acostado boca arriba, el trabajo muscular predominante es el de los glúteos (glúteo medio), y se manera secundaria actúan: el aductor mayor, la zona femoral, los cuádriceps y los gemelos.

- Cuando se hace la abducción de cadera, la fuerza que ejerce la polea es contrarrestada por la fuerza de la cara lateral del muslo, la resultante de esta acción es una ligera rotación en el encaje protésico, además de que este,

también actúa sobre la rodilla, produciendo un movimiento poco natural de esta articulación.

- En la ejecución del movimiento cuando se está acostado actúan de manera similar las fuerzas sobre la pierna, rodilla y muslos, a diferencia que el cuerpo está más relajado por lo tanto se deben controlar más los rangos de velocidad y movimiento; debido al esfuerzo que realiza el amputado, el busca la manera de equilibrar su cuerpo con una flexión lateral de la columna.

Figura 34. Aducción de cadera amputado TT



Aducción de cadera en polea: a pesar de ser un movimiento en ocasiones incomodo, es de los que más aíslan el trabajo del grupo muscular requerido, como su nombre lo dice este movimiento solicita los músculos de la cara interna del muslo (pectíneo, aductor largo, aductor corto, aductor mayor y grácil), además de los otros grupos musculares del tren inferior que actúan de manera secundaria.

- Durante el recorrido permanece con la rodilla semiextendida, pero el control del movimiento se le dificulta, la fuerza que ejerce la polea sobre la rodilla es igual que la de los movimientos anteriores donde la esfuerza y la lleva a realizar desplazamientos anormales.

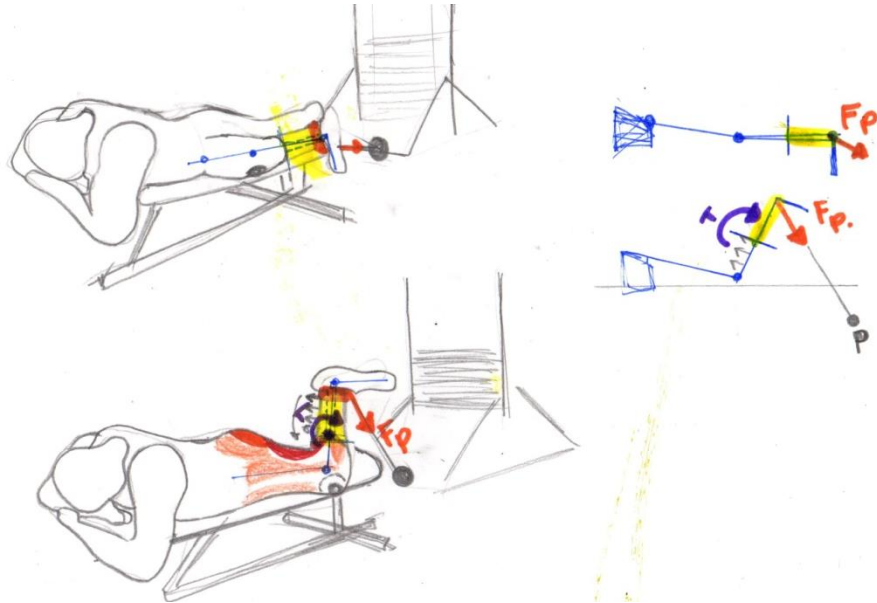
Figura 35. Flexión de rodilla de pie en polea



Flexión de rodilla de pie en polea: El trabajo muscular de este movimiento proviene de manera primaria de los femorales (bíceps femoral, semitendinoso y semimembranoso), además de la alta sollicitación que se da a los músculos gemelos y al musculo poplíteo, ubicado en la profundidad de la cara posterior de la pierna.

- La fuerza de la polea actúa sobre la cara posterior del muslo, pero al existir una ruptura en el eje que une la rodilla con el punto de agarre provoca un torque, que se ve relegado en el movimiento del encaje protésico de su eje.

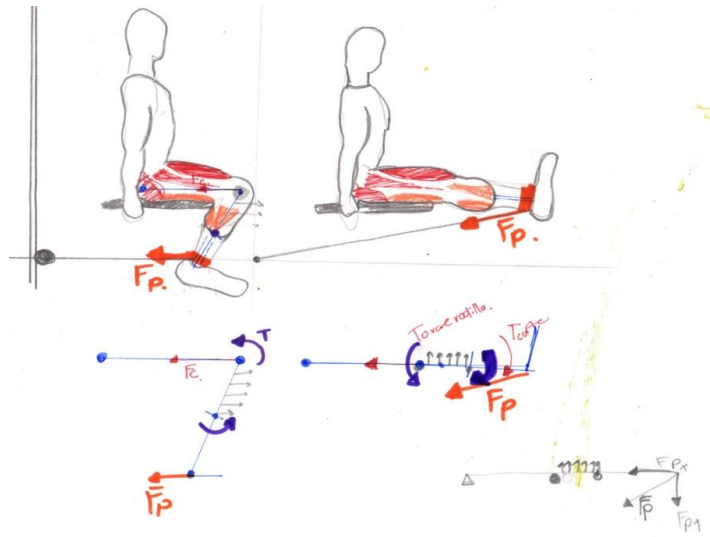
Figura 36. Flexión de pierna con polea, en banco



Flexión de pierna con polea, en banco: No es un ejercicio muy usual, debido a que existen máquinas de musculación que permiten trabajar de manera bilateral estos grupos musculares, y brindan estabilidad en la ejecución del movimiento. Es un ejercicio para el trabajo de la zona femoral y los glúteos.

- El mayor esfuerzo se concentra en los gemelos, que en este caso son los músculos afectados por la amputación, la carga que soportan junto con la acción de la flexión de rodilla y la sollicitación de la región femoral, es mucho mayor.

Figura 37. Extensión de rodilla en polea, con banco



Extensión de rodilla con polea, en banco: es una forma inusual de entrenamiento de los cuádriceps, debido a que no permite el movimiento bilateral de las extremidades, el trabajo muscular de este ejercicio recae principalmente en los cuádriceps, y los grupos musculares restantes de los miembros inferiores son solicitados de manera secundaria.

- La fuerza que ejerce la polea en este movimiento genera un torque en sentido horario sobre el encaje protésico, en la extensión de rodilla junto con la acción del esfuerzo muscular producen un torque anti horario sobre esta articulación.
- Debido a la distancia que hay entre el enganche de arnés de la polea y el usuario puede necesitarse de la ayuda de un tercero.

Observaciones

- El amputado transtibial puede ejecutar los movimientos de musculación en la máquina de polea graduable usando la tobillera con la prótesis, con cargas bajas (entre 5 lbs. y 15 lbs.) que le permiten mantener la rodilla extendida evitando tener luxaciones.

- Al existir una separación entre el hueso que fue amputado y el encaje protésico, la fuerza que ejerce la polea y la fuerza que hace el amputado para contrarrestarla provocan un torque en ese punto de unión.
- La rodilla durante los movimientos de cadera tiene que estar totalmente rígida, ya que de esta manera se impide la rotación que tiene cuando es levemente flexionada.
- La acción de la polea sobre la prótesis tiene como resultado la desalineación del eje del miembro inferior.
- El encaje protésico ejerce presión en la cabeza y extremos distal del peroné, en los cóndilos y en la tuberosidad media de la tibia.

3.3.2. Priorización del trabajo muscular según el movimiento de musculación. Se intenta ubicar el accesorio tobillero en otra parte del miembro inferior, pero su diseño está hecho para las dimensiones de la anatomía de la región del tobillo. Se antepone la idea según el análisis que se hizo, de poner más cerca a la rodilla la interfaz para evitar los movimientos no deseados en su ejecución.



Una vez recopilada la información sobre el trabajo muscular en la máquina de polea y la ejecución de los movimientos de personas con amputación trasntibial, se plantea la posibilidad de ubicar el punto de agarre sobre el miembro residual o en la región femoral.

Para el análisis sobre los esfuerzos musculares según el tipo de movimiento, se eliminaron de la tabla 1. Relación movimiento de musculación - sollicitación muscular, todos los grupos de músculos que actuaban de manera secundaria en los ejecutados con pesos libres y maquinas, y se le dio valor a cada uno de los calificativos ▲=1, con la intención de cuantificar el trabajo. En los realizados en polea la relación se mantuvo de todos los grupos musculares para ver la acción general del trabajo sobre todo el miembro inferior, aun cuando la sollicitación de algunos músculos sea menor.

Tabla 7. Priorización del trabajo muscular según el movimiento de musculación

	Movimientos de musculación	Cuádriceps	Glúteos	Femoral	Gemelos	Aductores	Sumatoria
MAQUINA	Flexión de rodillas	▲▲	▲▲				4
	Sentadilla	▲▲	▲▲				4
	Sentadilla piernas separadas - sumo	▲▲	▲▲			▲▲	6
	Flexiones anterior de tronco o buenos días		▲▲	▲▲			4
	Flexiones anteriores de una pierna - Tijera	▲▲	▲▲				4
	Extensión de la cadera en el suelo		▲▲				2
	Elevación de la pelvis en el suelo		▲▲	▲▲			4
	Abducción de la cadera, acostado		▲▲				2
POLEA	Aductores en polea baja	▲	▲	▲	▲	▲▲	6
	Extensión de la cadera en polea baja	▲	▲▲	▲	▲		5
	Abducción de la cadera de pie, en polea baja	▲	▲▲	▲	▲	▲	6
MAQUINA	Press de piernas inclinado	▲▲	▲▲				4
	Press inclinado o "Hack squat"	▲▲					2
	Extensión de rodillas en maquina	▲▲					2
	Isquiotibiales			▲▲	▲▲		4
	Extensión de la cadera en máquina		▲▲				2
	Abducción de la cadera, de pie, en máquina		▲▲				2
	Aductores en máquina					▲▲	2

Número de grupos musculares involucrados



El planteamiento del trabajo muscular en polea para el amputado se describe a continuación, teniendo en cuenta, según los movimientos de las articulaciones del miembro inferior, la relación muscular que ejerce cada uno. Son los mismos movimientos que realizaría una persona con sus miembros completos, con la variación en la ubicación de la interfaz.

Tabla 8. Movimientos de musculación para el tren inferior en polea

	Movimientos de musculación	Cuádriceps	Glúteos	Femoral	Gemelos	Aductores
POLEA	Aductores de pie	▲	▲	▲	▲	▲▲
	Aductores acostado	▲	▲	▲	▲	▲▲
	Extensión de rodilla sentado en banco	▲▲	▲	▲	▲	▲
	Extensión de rodilla acostado	▲▲	▲	▲▲	▲	▲
	Flexión de rodilla acostado en banco	▲	▲	▲▲	▲▲	▲
	Flexión de rodillas acostado en colchoneta	▲	▲	▲▲	▲▲	▲
	Flexión de rodilla de pie	▲	▲	▲▲	▲	▲
	Extensión de la cadera de pie	▲	▲▲	▲▲	▲	▲
	Extensión de la cadera en banco	▲	▲▲	▲▲	▲	▲
	Abducción de cadera de pie	▲	▲▲	▲	▲	▲
	Abducción de cadera acostado	▲	▲▲	▲	▲	▲

- ▲▲ Mas solicitación (El grupo muscular actúa de manera primaria o principal)
- ▲ Menor solicitación (El grupo muscular actúa de manera secundaria o residual)

4. PERCEPCIÓN DEL USUARIO

Una vez hechos los procesos de validación de los objetivos sobre el trabajo de los amputados en máquinas de musculación, movimientos con pesos libres y especialmente el enfoque de los ejercicios físicos en poleas, se aborda de manera interdisciplinar los conocimientos sobre este tema, contando con profesionales del deporte y la salud, para llevar a cabo una propuesta de diseño que se ajuste a las necesidades del cliente.

4.1. ENCUESTA EXPLORATORIA DE MERCADO

En esta parte la recolección de datos sobre el entrenamiento físico de amputados transtibiales, nos orientará a conocer la percepción que tienen los diferentes usuarios a quienes está dirigido el producto, sobre lo que conocen acerca de este tema.

También se indaga sobre lo que esperarían encontrar en un producto u objeto que ayude en el entrenamiento de los miembros inferiores; de esta manera se aplican entrevistas y cuestionarios como técnica de muestreo.

Para el desarrollo de la encuesta de la investigación de mercados propuesta se usó la estrategia de muestra tradicional, para la recolección de la información primaria; por tanto fue necesario diseñar dos cuestionarios y una entrevista, y se aplicó de manera personal. El contenido de la entrevista y los cuestionarios fue

orientado por la guía “UsabilityContextAnalysis: A Practical Guide”¹⁷ A continuación se describe la planeación de la recolección de información primaria.

RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 9. Método de recolección de datos

Acciones	Método de contacto	Instrumento
Encuesta	correo electrónico	Usuarios directos
Entrevistas	Teléfono	Usuarios indirectos
Observación del usuario	Personalmente	Fotografía y videos

Usuarios

En esta investigación también se conocerán las características que el usuario o consumidor prefiere respecto al producto, indicando las expectativas de precio y funcionalidad, así como los beneficios que se buscan cuando el producto salga al mercado y se divide en los siguientes grupos de usuarios:

- **Usuario primario:** Hacen contacto directo y constante con el producto. Son personas con amputación transtibial en edades de 18 años en adelante.
- **Usuario secundario:** Pertenecen a este grupo el personal que no hace uso de las funciones del producto pero interactúa directamente con él. La interacción de este usuario con el producto es ocasional. Es el personal e Instructores de centros de acondicionamiento físico, entrenadores deportivos, rehabilitadores o fisioterapeutas.

¹⁷ THOMAS, Catty y BEVAN, Nigel. Usability Context Analysis: A Practical Guide. Versión 4.04. Inglaterra: NPL UsabilityServices, 1996.

- **Usuario terciario:** puede ser afectado por la interacción usuario/producto, no tiene contacto directo con el producto pero depende de los resultados obtenidos por los usuarios primarios. Son los Comercializadores

4.1.1. Usuario primario

Perfil del Usuario.

El usuario primario es un amputado transtibial, mayor a 18 años y con los procesos de rehabilitación ya culminados, de cualquier género, sin otro tipo de discapacidad o amputación y que realicen alguna actividad física deportiva.

Población usuarios

- FRAPON (Fraternidad de personas con discapacidad Policía Nacional)

fraponsantander2010@hotmail.com

Contacto: Humberto Gómez

- Casa del Reservista (Fundación para el desarrollo social de la reserva activa de las fuerzas y la comunidad en general)

Casa.del.reservistas@hotmail.com

Contacto: SP Mayo Rodríguez

- FUNDAEROES

Contacto: Marcos Medina

Análisis de datos. El análisis de la tabulación de datos se desarrolla de forma escrita enfatizando en el resultado final para concluir satisfactoriamente el trabajo de investigación. (Ver ANEXO A)

Resultados

- Con este cuestionario se conoció que aunque el amputado transtibial tiene un interés permanente en ejercitarse y mantener fortalecidos los músculos del tren inferior, el dolor extremo que se causa por el uso de máquinas de musculación, o ejercicios aeróbicos hacen que eviten trabajar estas zonas corporales.
- En general se encuentra un deseo común por trabajar los músculos de los miembros inferiores, sin importar el método o técnica.
- Se quiso conocer a fondo la necesidad del usuario con el fin de saber qué aspectos tienen más importancia para ellos y así utilizar la información suministrada para lograr obtener un diseño óptimo, estos fueron algunos de los requerimientos que nos indicaron: cómodo, seguro, fácil de usar, portátil, buen diseño, que en poco tiempo muestre resultados, que sea pequeño, que tenga colores vivos, no oprima los puntos de apoyo, que no pellizque la piel, tamaño correcto.

4.1.2. Usuario secundario

Perfil del Usuario.

El usuario secundario incluye preparadores físicos, tecnólogos deportivos, entrenadores, profesionales en cultura física, fisioterapeutas, fisiatras, médicos deportivos, kinesiólogos y cualquier persona que trabaje con lo relacionado al deporte y al trabajo corporal.

Población usuarios

- Entrenadores Centro Médico Deportivo Bodytech.
- Entrenadores Centro de Acondicionamiento Físico FitForm.
- Entrenadores personalizados independientes.
- Fisioterapeutas independientes.

- Kinesiólogo Indersantander.

Análisis de datos. El análisis de la tabulación de datos se desarrolla de forma escrita enfatizando en el resultado final para concluir satisfactoriamente el trabajo de investigación. (Ver ANEXO B)

Resultados

- Los entrenadores o preparadores que trabajan en Centros de Acondicionamiento físico, desconocen técnicas aplicadas al trabajo de musculación para personas con amputaciones, desde su formación académica y por su experiencia, carecen de conocimientos especializados en este tipo de usuarios.
- Reconocen la importancia del desarrollo de este tipo de elementos, no solo por la comodidad del usuario sino por la facilidad que les da a ellos de enfatizar en el trabajo de musculación.

4.1.3. Usuario terciario

Perfil del Usuario.

Tiendas de elementos deportivos, almacenes de productos ortopédicos, centros de acondicionamiento físico, centros de terapia de física.

Análisis de datos. Se realizan visitas y llamadas telefónicas a los lugares de interés, con el fin de indagar y buscar ayudas deportivas para personas con amputaciones

Resultados

- Se encontraron elementos y alternativas de productos que están hechos para personas con sus miembros completos, pero que podrían ser usados por

personas con amputaciones, los más nombrados fueron las bandas elásticas, el trx, y las tobilleras y muñequeras con pesos.

- Les motiva la idea de tener en el stock de productos elementos de este tipo, que promuevan el trabajo físico en personas con amputaciones.
- No se conocen en las tiendas locales elementos deportivos diseñados para amputados de miembros inferiores.
- Esperan accesorios deportivos y no máquinas de musculación, diseñadas para estos usuarios.



4.2. ANÁLISIS DE MERCADO


Según la indagación realizada con algunos amputados transtibiales, las empresas distribuidoras de accesorios deportivos, personal interdisciplinario de la salud, preparadores físicos o entrenadores personales e información buscada por internet, se verifica que no existe en el mercado un elemento que sirva para la ejecución de ejercicios de fortalecimiento muscular y trabajo de fuerza en amputados transtibiales especialmente en el entrenamiento en los CAF.

Hemos encontrado alternativas relacionadas con accesorios deportivos de musculación para personas con sus miembros inferiores, y que se asemejan al tipo de amarre que se plantea para el desarrollo de la interfaz.

También se presentan métodos de fortalecimiento muscular o rehabilitación, donde interviene el amputado con algún objeto o máquina y también otros accesorios que necesitan de la ayuda de un tercero para su manejo.



Tabla 10. Accesorios deportivos para desarrollo muscular o de fuerza en el tren inferior.


ESTADO DEL ARTE	
	Tobillera con gancho para polea
	<p style="text-align: center;">Descripción</p> <p>Correa de tobillo que incluye ojal para el enganche al cable. Fabricada en diferentes materiales.</p> <p>Permite a los usuarios realizar movimientos de musculación para el tren inferior en las poleas, al sujetarse con el gancho de arnés.</p>
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Autoajustable mediante cierre de velcro. • Para entrenamiento de gimnasio, yoga, crossfit. • Bajo costo en el mercado. • Mejorará el rango de movimientos. • Material de alta resistencia que soporta grandes cantidades de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Debido a la longitud de la correa solo permite ajustar al nivel del tobillo. • Como no se ajusta en toda la extensión de la prótesis, no permite diferentes ángulos de palanca. • La prótesis se puede desencajar del pin o deslizar la funda de silicona por la resistencia que ejerce cuando se estira continuamente la banda.
<p>Fuente imagen: win D-Ring Ankle Strap Multi Gym Cable Attachment Leg Thigh Pulley Lifting A20. Disponible en: http://www.ebay.ie/itm/Twin-D-Ring-Ankle-Strap-Multi-Gym-Cable-Attachment-Leg-Thigh-Pulley-Lifting-A20-/331394187030?hash=item4d28a1ff16:g:2tIAAOSwyQtV3Yhj</p>	
	Tobilleras con bandas elasticas
	<p style="text-align: center;">Descripción</p> <p>Está diseñado para construir con eficacia la fuerza muscular, permitiendo fortalecer principalmente las piernas y el abdomen.</p> <p>Correas con anillos que conectan bandas.</p> <p>El color de los elásticos representa la resistencia a la elongación. Los elásticos son intercambiables</p>
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Permite cambiar los niveles de resistencia. • Es un dispositivo que se puede usar en gimnasio o casa. • Materiales resistentes. • La longitud de la correa permite la ubicación por toda la pierna. • De bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> • Solo existen dos niveles de resistencia • Esta diseñada principalmente para ser ubicada en el tobillo o a lo largo de la pierna. • Limita los movimientos de los amputados según la postura
<p>Fuente imagen: Muslo de la pierna gimnasio ejercicio Latex Tube resistencia banda banda correas del tobillo nueva. Disponible en: http://es.aliexpress.com/item/Leg-Thigh-Fitness-Exercise-Latex-Tube-Resistance-Band-Ankle-Straps-New/2040799662.html</p>	

Bandas elásticas con agarre a la cintura	
	<p>Banda ubicada en la cintura con dos cuerdas elásticas y dos correas para tobillos.</p> <p>Especialmente diseñada para saltos y movimientos con impactos repetitivos.</p>
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Se puede añadir más cuerda elástica para aumentar la resistencia. • Bajo costo • Se puede usar en recintos deportivos o en casa 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere que el usuario cuente con equilibrio para su uso. • El amputado bilateral no puede realizar saltos debido a la ausencia de articulación en los tobillos • Puede generar problemas de rodilla por los impactos.
<p>Fuente imagen: Pierna de la despedida ejercicio baloncesto voleibol entrenamiento tire de la cuerda de salto de fútbol la cuerda de la aptitud cuerda pecho desarrollador. Disponible en: http://es.aliexpress.com/item/leg-Bounce-Exercise-basketball-stretching-volleyball-pull-rope-training-Football-Jumping-rope-fitness-String-Chest-Developer/32423802292.html?spm=2114.10010408.100007.5.mJvLr0#extend</p>	

Aro de pilates	
Descripción	
<p>Anillos que se utilizan comúnmente en Pilates para agregar intensidad a los ejercicios de piso. La resistencia del anillo y la velocidad permite tonificar músculos específicos.</p> <p>Especialmente útil en áreas problemáticas como los muslos internos y externos, los brazos, el pecho y hasta los músculos de la pelvis.</p>	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrolla fuerza muscular. • Permite variar la ubicación de los soportes 	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene amarres para ubicarlo en muñones • No generaría estabilidad en un muñón corto, se usaría solo en los muslos, el amputado tendría que usarlo acostado o con las prótesis.
<p>Fuente imagen: Circles anillo crossfit yoga fitness magia gimnasio body building ejercicio deporte equipo de entrenamiento de accesorios al por mayor. Disponible en: http://es.aliexpress.com/item/crossfit-yoga-circles-ring-fitness-magic-gym-body-building-exercise-training-equipment-sport-accessories-for-freeshipping/32256279761.html?spm=2114.43010308.4.119.E42T7S</p>	

Tabla 11. Métodos de rehabilitación o entrenamientos de fuerza y desarrollo muscular de amputados transtibiales

	<p style="text-align: center;">Bandas elásticas</p> <p style="text-align: center;">Descripción</p> <p>Bandas elásticas usadas en entrenamientos de resistencia que se adaptan a la prótesis.</p> <p>Varían en color para indicar los niveles de resistencia a la elongación.</p>
<p style="text-align: center;">Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se permite ajustar en diferentes alturas de la prótesis o sobre el muñón. • Se puede ubicar en cualquier superficie paralela al usuario.] 	<p style="text-align: center;">Desventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limita los esfuerzos de acuerdo a lo que ofrece el mercado. • Al usarla con la prótesis limita los movimientos en el trabajo muscular por los puntos de presión que ejerce el encaje protésico.
<p>Fuente: When a Prosthesis or Mobility Device Isn't Enough, Part II. Proactive Methods to Enhance Stability in the Prosthesis. Disponible en: http://www.amputee-coalition.org/inmotion/jan_feb_07/devices_not_enough_pt2.html</p>	
	<p style="text-align: center;">Pilates reformer</p> <p style="text-align: center;">Descripción</p> <p>Maquina comúnmente encontrada en gimnasios que ofrezcan este servicio, o en centros de rehabilitación. Consta de una cama o plataforma y una estructura de metal con resortes y bandas para ejecución de movimientos de musculación y fuerza.</p> <p>Permite realizar algunos ejercicios de rehabilitación y puede ser usada por personas que han sufrido una amputación.</p>
<p style="text-align: center;">Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> • El amputado puede realizar los ejercicios con prótesis o sin ellas. • Puede variar los niveles de resistencia • Es una plataforma acolchada que brinda comodidad. 	<p style="text-align: center;">Desventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta maquina no se encuentra con facilidad. • Usualmente el trabajo es dirigido por un instructor. • La mayoría de ejercicios se realizan cuando el amputado esta acostado sobre la plataforma.
<p>Fuente imagen: Work with amputees as a rehab Pilates instructor. Disponible en: http://pilates.wonderhowto.com/how-to/work-with-amputees-as-rehab-pilates-instructor-381557/</p>	

		Bandas elasticas
		<p style="text-align: center;">Descripción</p> <p>Estructura metálica con un eje que permite la rotación de una varilla con un contrapeso que es el nivel de resistencia que ejerce para poderla rotar, permite modificar los pesos adicionando discos.</p>
<p style="text-align: center;">Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se pueden modificar los pesos y la altura • Está hecha especialmente para personas con amputación de miembros inferiores. 	<p style="text-align: center;">Desventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> • La interfaz es personal, ya que el apoyo del muñon es un encaje hecho a medida del muñon. • No se encuentra en el mercado local, ni en tiendas deportivas. 	
<p>Life after amputation: Canberra's amputee numbers are falling. Disponible en: http://article.wn.com/view/2014/09/25/Life_after_amputation_Canberras_amputee_numbers_are_falling/</p>		

4.3. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Con el fin de concretar los resultados esperados, se realizó un listado teniendo en cuenta el marco teórico y los aspectos que caracterizan al objeto de diseño tales como su uso, funcionamiento, estructura, aspectos ergonómicos, proceso de producción, materias primas, etc.¹⁸

Se realiza el planteamiento de los requerimientos a través de la identificación de las necesidades del cliente.

¹⁸ RODRÍGUEZ, Gerardo. Manual de Diseño Industrial. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. Editorial Gustavo Gili. México 1995. P 52-62

Necesidades del usuario

Las necesidades apuntan a un mismo objetivo; efectividad y confort, los usuarios demandan comodidad en el uso y descanso.

Tabla 12. Interpretación de necesidades del cliente

Necesidad del usuario	Interpretación de diseño
Que sea cómodo	Confortable
Sea de fácil manejo, fácil de quitar y poner	Lenguaje de uso claro
Que no pese y que sea liviano	Peso adecuado en relación con los usuarios
Que no me talle	Que este adecuado a la anatomía del muñón
Que sea práctico	Pocas piezas y operaciones para su postura y uso
Que dure y sea de buena calidad	Durabilidad
Que no se dañe con el sudor	(suciedad, humedad)
Que se pueda cambiar las partes que se dañen (repuestos)	Reparable
Que sea seguro (en cuanto a su uso)	Seguridad
Que lo pueda llevar a diferentes lugares	Portable
Que sea resistente a la humedad	Lavable, durable, impermeable

Requerimientos de función.

- Que permita disminuir el dolor en el muñón durante la ejecución de los ejercicios físicos. Puntos de presión o dolor por uso
- Debe impedir la hiper-extensión de rodilla del miembro residual.
- Debe estar ubicado próximo a la rodilla para proveerle seguridad y efectividad en el ejercicio.
- Debe permitir la ejecución de ejercicios para diferentes grupos musculares al variar las posiciones y pesos.
- Seguridad y fiabilidad en el uso

Requerimientos de Uso

- Ajustable a diferentes diámetros de muñones.
- Cantidad de pasos para su uso y postura.
- Pocas piezas.
- Limpieza secado y almacenamiento.
- El accesorio debe ser diseñado para ser manipulado también por personal interdisciplinario de la salud, que no requiera conocimientos previos.

Requerimientos estructurales.

- Se debe especificar el peso que puede soportar el accesorio,
- Los sistemas de unión y agarre deben soportar los esfuerzos.
- Los elementos deben ser elaborados con materiales resistentes a la tracción.

Requerimientos técnico-productivos.

- En el diseño del sistema se debe contemplar los materiales a utilizar y procesos de producción que sean asequibles en nuestro país.
- Métodos de producción apropiados para este tipo de accesorio.
- Materiales de calidad que no se deterioren fácilmente.
- Bajo costo de material y productivo.

Requerimientos formal-estéticos.

- El accesorio debe tener un estilo formal coherente, guardando un equilibrio del diseño anatómico
- El color debe ser coherente con la estética y el entorno del producto.
- No sobredimensionar los accesorios internos
- Permitir la diferenciación de sus partes con el diseño

Requerimientos ergonómicos.

En el sistema se debe contemplar los factores:

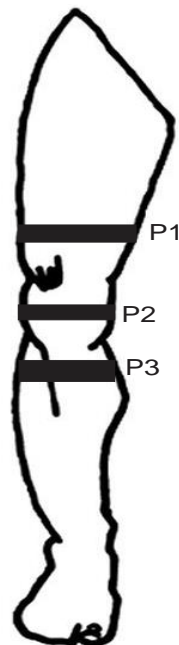
- Factores psicológicos como percepción del sistema y su representación.
- Posturales que coadyuve con la correcta postura de los pacientes.
- Cantidad de pasos para su uso y postura
- Acabados y estructura interna
- Ajustable a la anatomía del muñón

5. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

Aunque los resultados obtenidos de las pruebas previas, el análisis de la información y las encuestas exploratorias nos orientaron sobre los requerimientos de diseño, se hizo una revisión relacionada con la de ubicación del agarre, para tener en cuenta este aspecto durante el desarrollo de las propuestas.

El primer paso para el desarrollo de las alternativas es la definición de la ubicación de los puntos de agarre, para esto se realizó una prueba inicial donde se proponen tres puntos diferentes para el pasador.

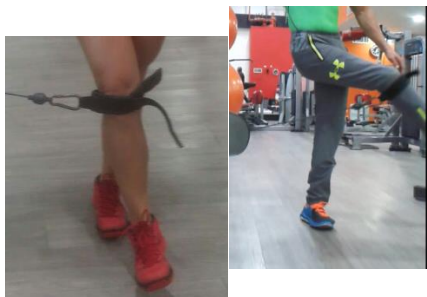
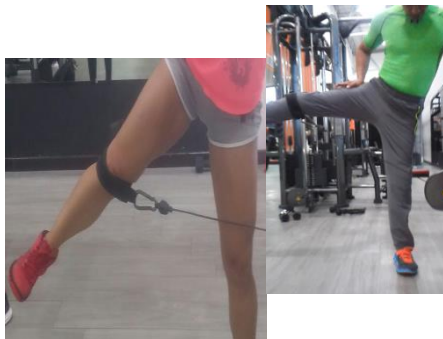
Figura 38. Puntos de agarre



Para la prueba se ubica un amarre en tres diferentes puntos cercanos a la rodilla, con una población n= 10, que incluyen amputados transtibiales y personas con sus extremidades completas, se definen los puntos: p1 (por encima de la rodilla, p2 sobre la rodilla, p3 por debajo de la rodilla). Se construye este elemento con Polybon, relleno acolchado con espuma, recubierto con riata y un pasador hecho con este mismo material, se sujeta y ajusta con un pasador plástico que asegura la riata de no deslizarse.

Tabla 13. Prueba ubicación puntos de agarre

Aductor de cadera - p1	Extensión de cadera - p3
	
Extensión de cadera p1	Extensión p1
	

Aductor de cadera en polea p2	Abductor p3
	

Observaciones

- En personas con amputación la percepción de comodidad cambia con la ubicación de los puntos de agarre según si hacen uso de la prótesis o no.
- Para los movimientos de aducción la prótesis era molesta, aun cuando se ubicó el elemento en los tres diferentes puntos.
- Para los ejercicios realizados con el amarre por encima de rodilla p1, se modificaron los pesos, cuanto más se aumentaban mayor era la molestia en el muslo, debido a que la superficie de contacto era pequeña. Pero ofrecía más estabilidad. El esfuerzo era mayor para lograr el desplazamiento.
- En los movimientos que se hicieron ubicando la banda sobre la rodilla p2, la sensación de seguridad era poca, ya que la banda se movía constantemente de manera vertical durante los movimientos.
- Cuando se ubicó la banda por debajo de la rodilla p3, en personas con piernas, la sensación de comodidad era mayor que en otros puntos, aun cuando se

aumentaban las cargas, en este punto el esfuerzo era menor para realizar los movimientos; en amputados la sensación era igual, pero al estar solo la banda sentían que podría soltarse o deslizarse del muñón.

- En general cada uno de los puntos tiene ventajas y desventajas, lo cual nos deja claro que debemos dar la oportunidad de dar varios puntos de agarre y sobretodo que el gancho para arnés que lleve el elemento tenga un desplazamiento alrededor del contorno del miembro inferior, lo que permite realizar los diferentes movimientos sin cambiar la postura de toda la interfaz.
- La zona de contacto de la interfaz debe abarcar los tres puntos que se eligieron, para brindar los beneficios de cada una de las ubicaciones, y los puntos de amarre deben estar cerca de la rodilla pero no sobre ella.

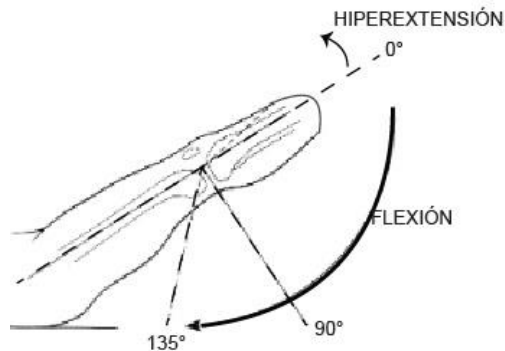
Una vez revisada esta parte, se tomó como referencia la anatomía del muñón, y las condiciones biomecánicas de la rodilla, teniendo en cuenta que la interfaz se ubica sobre esta articulación.

Muñón

Se toma como referencia la longitud mínima del muñón y el ángulo máximo de flexión entre el muslo y la extremidad residual, para determinar la posición más adecuada para conectar el gancho de la polea al accesorio. Por análisis geométrico, utilizando un eje como referencia se encuentra que la distancia de flexión aceptable para el amputado es de 135°. ¹⁹

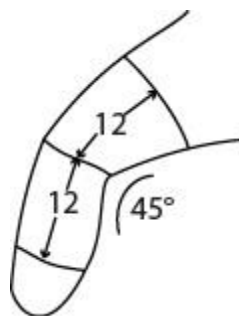
¹⁹ JUAN GARCÍA, Emilio L. Evaluación clínica del movimiento articular. Disponible en: http://www.traumazaragoza.com/traumazaragoza.com/Documentacion_files/Principios%20ba%CC%81sicos%20de%20la%20movilidad%20articular.pdf

Figura 39. Medición del movimiento de la rodilla.



También se tendrá en cuenta que el muñón “ideal” está catalogado como aquel que mide entre 14 y 15 cm, y que una flexión normal es de 45° cuando el amputado está sentado. Por lo cual se define que la máxima distancia que se usara, a lo largo del muñón será de 12 cm, y el largo mínimo usado sobre el muslo es de 12 cm, tomando como punto medio la rótula.

Figura 40. Distancias guías para generación de alternativas



Los arcos de movimiento de las articulaciones de los miembros inferiores que tendremos en cuenta se describen a continuación.

Tabla 14. Arcos de movimientos de las articulaciones de miembros inferiores

Movimientos de la articulación	
Cadera	Arco de movimiento
Extensión	30°
Flexión	110°-135°
Abducción	45° - 50°
Aducción	20° - 30°
Rodilla	
Flexión	120° - 140°
Extensión	100°-120°

Para el correspondiente planteamiento de alternativas de diseño se hace uso de la información recolectada, del análisis del mercado y de los requerimientos establecidos.

5.1 GENERACIÓN DE IDEAS.

Como técnica para la generación de ideas, se usa el método del análisis morfológico ideado por Zwicky, expuesto por Francisco Aguayo y Víctor Soltero²⁰. Su principio se encuentra en el hecho que un problema de diseño de un producto se resuelve mejor si se descompone en subsistemas.

Este método está orientado a promover la creatividad en materia de productos o procesos, de una forma sistémica y estructurada. Se busca para el problema general, dividirlo en subsistemas y jerarquizarlos, de esta manera se puede dar una lluvia de ideas para cada uno de los subsistemas y posteriormente se puede generar alternativas resultantes de la combinación.

²⁰ “Metodología del Diseño Industrial”, Editorial Ra-Ma, España

De la combinación de las propuestas formales de esta clasificación se obtienen alternativas que serán evaluadas según aspectos formales, de uso y de producción.

5.1.1 Método del diagrama Morfológico. Es un método orientado a promover la creatividad, en materia de productos o procesos, de una manera sistemática y estructurada. Este método busca identificar las dimensiones estructurales de un problema y el examen de las relaciones entre ellos, la finalidad radica en encontrar alguna combinación novedosa. El procedimiento usado consiste en:

- Designar una letra y un subíndice a cada una de las partes o subsistemas. De esta manera la combinación originaria estará dada por $a_1, b_1, c_1, d_1, e_1, e_1, \dots, n_1$.
- Se considera, que cada parte o subsistema, puede llegar a ser reemplazado o puede tener distintas alternativas de diseño, por ejemplo a_1 puede ser sustituido por $a_2, a_3, a_4, \dots, a_n$, de este modo se puede establecer un conjunto de alternativas:

A: $[a_1, a_2, a_3, a_4 \dots a_n]$

- Se realiza sucesivamente con el resto de partes o subsistemas. Esto se puede definir para los distintos subsistemas c_1, d_1, e_1, f_1, g_1 , y a partir de esto se realiza una morfología general.

A: $[a_1, a_2, a_3, a_4 \dots a_n]$

B: $[b_1, b_2, b_3, b_4 \dots b_n]$

C: $[c_1, c_2, c_3, c_4 \dots c_n]$

D: $[d_1, d_2, d_3, d_4 \dots d_n]$

E: $[e_1, e_2, e_3, e_4 \dots e_n]$

F: $[f_1, f_2, f_3, f_4 \dots f_n]$

G: $[g_1, g_2, g_3, g_4 \dots g_n]$

- A partir de la morfología general, mediante un cierto proceso que depende del objeto de diseño, se forman distintas soluciones de producto por formación de grupos a partir de un elemento de cada conjunto, por ejemplo:

$$\emptyset: [a_5, b_1, c_2, d_1, c_6, f_3, g_4, h_3, i_2]$$

- La técnica consiste en llevar a cabo la exploración de todas las soluciones que se puedan generar.

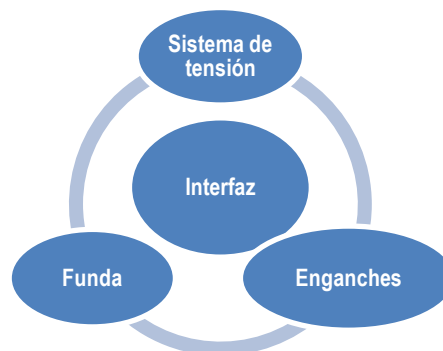
Al dividir en subcomponentes el sistema a diseñar, se obtienen los siguientes:

Descripción de los subsistemas:

Al dividir en subcomponentes el sistema a diseñar, se obtiene lo siguiente

1. Sistema de tensión: es el encargado de proporcionar seguridad al usuario.
2. Funda: es la encargada de rodear y proteger al usuario.
3. Enganches: es el encargado de la conexión máquina-usuario.

Figura 41.División del subsistema

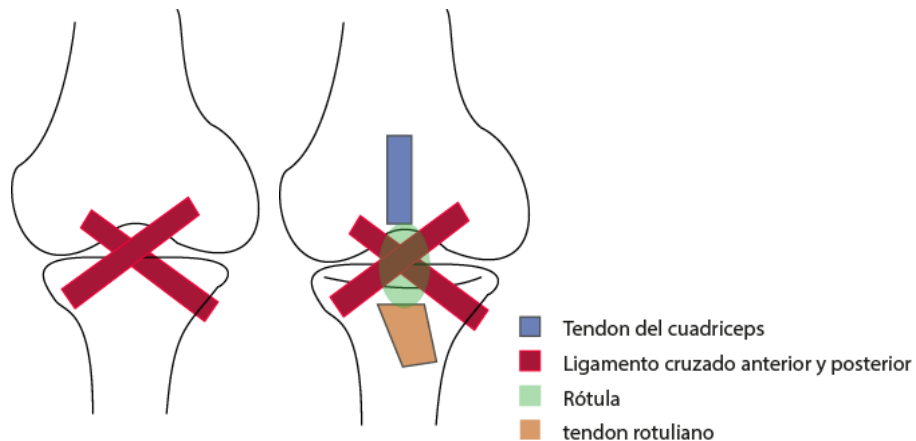


Propuesta Concepto Sistema de tensión

En esta parte del sistema nos encargaremos de generar estabilidad a la rodilla y a los ligamentos, del usuario cuando usa el accesorio, se enfatizara en los agarres que rodean el contorno del muslo y el muñón. Proporcionará apoyo a través de una fuerte compresión y un sistema de sujeción.

La distribución de cintas elásticas sobre el muslo y el muñón ejercen compresión, aseguran un drenaje de los tendones durante el esfuerzo ya que recrean el efecto del método kinesio taping (vendaje neuromuscular), que en la actualidad es usado en cirugía, postoperatorios, actividades deportivas, tratamientos para prevenir y rehabilitar lesiones, etc. y se empleara una de sus técnicas de aplicación, la Corrección mecánica: mejora la mecánica articular previniendo movimientos patológicos; nunca evita el movimiento natural de las articulaciones.²¹

Figura 42. Esquema de los ligamentos cruzados (LC anterior y posterior). Vista sagital



²¹ RAMÍREZ, Erwin Andrés. KinesioTaping - Vendaje neuromuscular. Historia, técnicas y posibles aplicaciones. Viref, Revista de Educación Física. Universidad de Antioquia (Colombia) Octubre-Diciembre 2012

En la Figura 42. Se destacaron los más importantes componentes de la articulación, para hacer una abstracción que sirve como guía para la generación de alternativas de diseño.

Conceptos de Sistemas de tensión

Propuesta 1

Descripción: consiste en colocar cintas elásticas en la parte anterior y posterior de la pierna y el muslo unidos en la parte lateral cuya dirección de tracción es diagonal, para que ayude a centrar lo rotula y cuide los ligamentos mediales.

Figura 43. Propuesta concepto sistema de tensión 1



Propuesta 2

Descripción: consiste en colocar cintas elásticas verticales y diagonales ajustables conectadas a un anillo protector de rotula para dar apoyo y protección a la rodilla.

Figura 44. Propuesta concepto sistema de tensión 2



Propuesta 3

Descripción: consiste en colocar cintas elásticas diagonales que se entrecruzan para dar fuerza a los cuádriceps, y permitir el completo movimiento de las articulaciones.

Figura 45. Propuesta concepto sistema de tensión 3



Conceptos de la Funda

Es la parte interna del accesorio, está en contacto con la piel o con la silicona, y consiste en cubrir una sección del muslo y del muñón para proteger los puntos de apoyo donde normalmente el usuario tiene dolores a causa del uso de las prótesis.

Para el desarrollo de esta propuesta se realizó una prueba ergonómica con cada una de las alternativas, la cual permitió conocer la aceptabilidad por parte del usuario, se analizaron las ventajas y desventajas, y el procedimiento para su postura, ya que es la base de donde se sustentaran las bandas y los amarres de la interfaz.

Propuesta 1

Descripción: consiste en colocar una funda alrededor del muslo y del muñón, con abertura lateral para asegurar con velcro, buscando hacer que el accesorio sea sencillo y que se ubique encima o debajo de la rodilla.

Figura 46. Propuesta concepto sistema de funda 1



Propuesta 2

Descripción: consiste en colocar una funda completa que cubre el muslo y el muñón, no tiene uniones ni enganches por lo cual la forma de colocar es introduciendo el muñón a través de ella y ajustar hasta centrarla.

Figura 47. Propuesta concepto sistema de funda 2



Propuesta 3

Descripción: Consiste en colocar la funda sobre el muslo y el muñón, teniendo en cuenta que permite envolver la parte inferior y posterior para así obtener un doble enganche.

Deja al descubierto la rodilla y permite por medio de un anillo que rodea la rodilla protegerla de lesiones.

Figura48. Propuesta concepto sistema de funda 3



Conceptos del Enganche

En esta parte se sitúa la conexión entre el gancho de la polea y el accesorio, ya que el pasador debe permitir que se pueda introducir la riata y a su vez se debe deslizar a lo largo de esta. Se ha definido ubicar dos enganches, uno en el muslo y el otro en el muñón, de tal manera que cada uno se pueda mover por todo el contorno y así el usuario ubica el lado del cual quiere hacer el acoplamiento.

Esta parte del accesorio requiere de un material rígido y resistente para que soporte la tensión ejercida por el gancho y el peso de la máquina de polea.

Propuesta 1

Descripción: consiste en un elemento que posee un orificio con forma rectangular plana en la parte inferior acorde al grosor y de la riata, se extiende en la parte superior una media circunferencia que permite ubicar el gancho de la polea.

Figura 49. Propuesta concepto sistema de enganche 1



Propuesta 2

Descripción: consiste en un pasador plano rectangular con un sobresalto en el medio que permite frenarlo con respecto a la riata en el momento en que se usa.

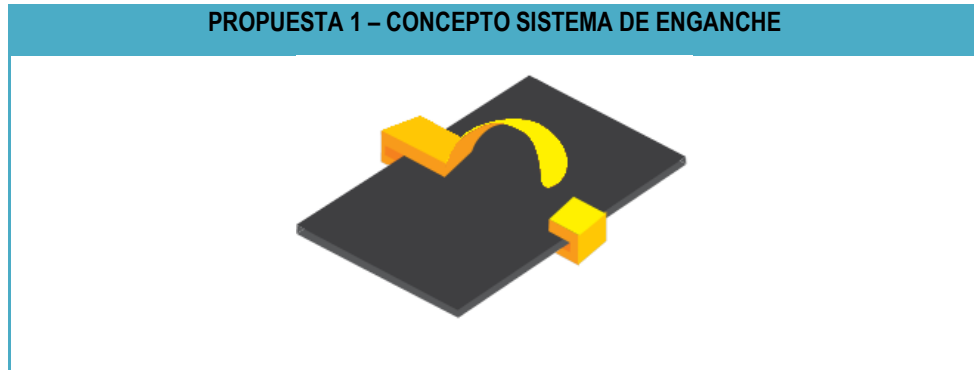
Figura50. Propuesta concepto sistema de enganche 2



Propuesta 3

Descripción: Consiste en un pasador sencillo de fácil embrague con la riata. Supe3rficie curva para la conexión del gancho de la polea.


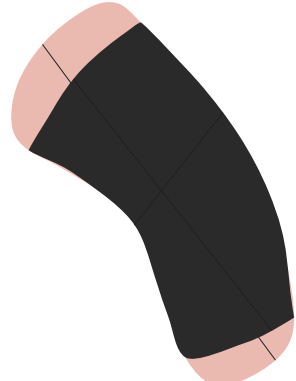




Figura51. Propuesta concepto sistema de enganche 3




Con el método de diagrama morfológico se usaron tres combinaciones, respetando cada uno de los requerimientos de diseño, cuando se seleccionaron las alternativas, se le asignó un valor numérico y un valor en letras y a cada combinación se le dio un color.


Las propuestas resultan de la unión de los subsistemas de la pieza, funda, sistemas de tensión y sistemas de enganche, en la tabla se muestra el proceso de selección.


ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES			
Sub- sistemas	1	2	3
a			

ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES									
Sub- sistemas	1			2			3		
	a1					a2		a3	
b									
			b1	b2				b3	
c									
		c1		c2					c3

Combinaciones para selección

Alternativa 1: Ø: [a₃, b₂, c₂] 

Alternativa 2: Ø: [a₁, b₁, c₃] 

Alternativa 3: Ø: [a₂, b₃, c₁] 

5.2 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS. Desarrollo de alternativas

Después de hacer un análisis de la información de los especialistas de la salud, entrenadores físicos, amputados transtibiales y luego de observar los diferentes

accesorios; que por su relevancia pueda ser requerida para el desarrollo del elemento, se integraran todos estos conocimientos en el desarrollo de una interfaz óptima del usuario con respecto a la maquina seleccionada.

Metodología para el desarrollo de las alternativas: Se seleccionan los principales aspectos a tener en cuenta para el diseño de la interfaz.

- Protección para zonas específicas: puntos de apoyo.
- Disminución de las molestias en el muñón.
- Reducción de la inestabilidad rotuliana y el dolor patelo-femoral (dolor rodilla y muslo)
- Adaptación morfológica: se diseñaran y evaluaran las sujeciones

ALTERNATIVA 1. ■ “Interfaz para amputados transtibiales que permita el uso de máquinas de polea cruzada en el entrenamiento de fuerza de miembros inferiores”

En la primera idea conceptual presentada en la figura se plantea una posible solución que sera evaluada según aspectos funcionales, de usabilidad, formal-esteticos y ergonómicos.

Figura 52. Alternativa de diseño 1



Descripción

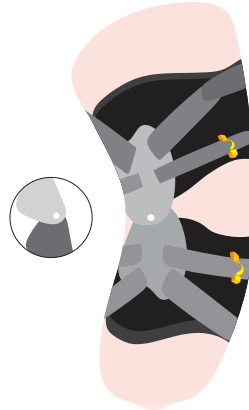
El elemento se adapta a la forma y longitud del muslo y el muñón permitiendo la libertad de movimiento, el muñón se introduce por uno de los orificios del accesorio deslizándolo hasta cubrir completamente el área de estos.

Tabla 15. Análisis Alternativa 1

ALTERNATIVA 1	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">• Pasadores frontales, laterales y posteriores: permiten la ubicación de la argolla que va unirse a la polea.	<ul style="list-style-type: none">• La funda se coloca solo introduciendo el muñón dentro de ella y esto dificulta el deslizamiento.
<ul style="list-style-type: none">• El elemento cuenta con un anillo estabilizador de rotula	<ul style="list-style-type: none">• Las bandas elasticas no rodean la rodilla.
<ul style="list-style-type: none">• Sistema antideslizante, mediante textura ubicada internamente en las zonas laterales.	<ul style="list-style-type: none">• No cuenta con superficies internas que brinden confort.
<ul style="list-style-type: none">• Cintas ajustables que refuerzan y sujetan la funda, esta opción mantiene el accesorio fijo al muslo y el muñón.	<ul style="list-style-type: none">• No se puede usar con la prótesis.
<ul style="list-style-type: none">• Pocos pasos para su postura.	<ul style="list-style-type: none">• Cuando se realizan los movimientos de flexion se hacen pliegues en la zona poplitea.
<ul style="list-style-type: none">• Bolsillo de agarre para desplazar verticalmente el accesorio.	

ALTERNATIVA 2. “Interfaz para amputados transtibiales que permita el uso de máquinas de polea cruzada en el entrenamiento de fuerza de miembros inferiores”

Figura53. Alternativa 2



Descripción

El elemento adaptarse perfectamente a la forma y contorno del muslo y el muñón ya que cuenta con abertura en la parte posterior que se une entre sí con uniones de tiras adhesivas.

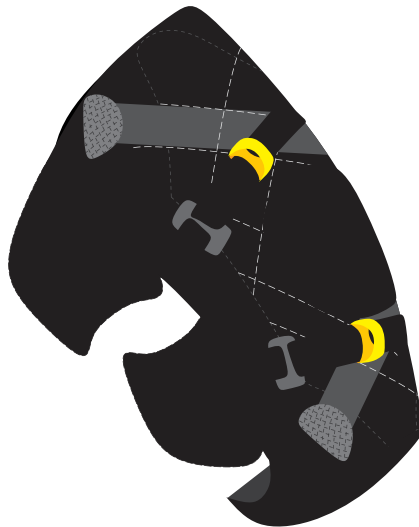
Permite una mejor distribución de esfuerzos y de esta forma disminuyan los puntos de concentración, en las zonas del muñón reduciendo el umbral de dolor

- Bandas elásticas inferiores (Tensión hacia atrás del muslo)
- Bandas elásticas superiores (refuerzan ligamentos laterales)

ALTERNATIVA 2	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Cintas elásticas que rodean la rótula 	<ul style="list-style-type: none"> • Posee muchas uniones, aumenta la cantidad de tareas al usuario
<ul style="list-style-type: none"> • Abertura en el hueco poplíteo para mejor movilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Piezas rígidas que se pueden desgastar o quebrar.
<ul style="list-style-type: none"> • Cintas ajustables que refuerzan y sujetan la funda, esta opción mantiene el accesorio fijo al muslo y el muñón. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de bandas que pueden causar confusión en el lenguaje de uso.
<ul style="list-style-type: none"> • cuenta con varillas flexibles a ambos lados de la pierna que aportan rigidez y limitan los movimientos laterales, evitando así traumatismos en los ligamentos laterales (interno y externo). 	

ALTERNATIVA 3. ■ “Interfaz para amputados transtibiales que permita el uso de máquinas de polea cruzada en el entrenamiento de fuerza de miembros inferiores”.

Figura 54. Alternativa 3



Descripción

Elemento que se ajusta al muslo y al muñón envolviéndolo desde la parte inferior subiéndolo por detrás y uniéndose entre sí con los dos laterales, el anillo protector de rótula es exterior y va sujeto con cintas elásticas (refuerzos diagonales) – ejercen líneas de fuerza de los cuádriceps y refuerzos verticales que ayudan con la estabilización de la rótula.

ALTERNATIVA 3	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">• Se ubica externamente un anillo protector de rótula unido a cintas elásticas desde el lateral de la funda y cintas elásticas verticales.	<ul style="list-style-type: none">• Posee muchas uniones, aumenta la cantidad de tareas al usuario
<ul style="list-style-type: none">• Mayores zonas de contacto que brindan sensación de seguridad.	<ul style="list-style-type: none">• Refuerzo lateral
<ul style="list-style-type: none">• Cintas ajustables que refuerzan y sujetan la funda, mantiene el accesorio fijo al muslo y el muñón.	<ul style="list-style-type: none">• La pieza inferior no permite ubicarse en caso de tener funda de silicona con pin o tornillo.
<ul style="list-style-type: none">• Mayores zonas de ajuste.	<ul style="list-style-type: none">• No se puede usar con la prótesis.

6. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para seleccionar la alternativa final, se hizo una evaluación cuantitativa de cada una de las alternativas, basándose en el método del valor técnico ponderado el cual propone Francisco Aguayo y Víctor Soltero²².

En este método se parte del hecho de que se han establecido un conjunto de criterios para la valoración de distintas soluciones. De esta manera se elabora un listado de criterios.

Estos criterios de valoración suelen tener distinta importancia en el proceso de selección, para lo que se hace necesario jerarquizar los mismos y asignarle un peso en función a su posición en la evaluación jerárquica. Se evalúan de la siguiente manera:

- Establecer parámetros de rendimiento o calificación de utilidad para cada uno de los objetos.
- Calcular y comparar los valores de utilidad relativa de las alternativas evaluadas.
- Finalmente se selecciona aquella alternativa de mayor valor técnico ponderado.

Las alternativas de concepto anteriores se sometieron a una prueba realizada con amputados transtibiales pertenecientes al grupo objetivo y con personas sin amputaciones (para verificación de ciertos requerimientos), quienes manipularon cada una de las opciones expuestas.

²² Metodología del diseño Industrial”, Editorial Ra-Ma, España 2003, cap. 8, Pág. 200

a. Lista de requerimientos de diseño:

1. Seguridad
2. Acabados
3. Facilidad de uso
4. Practicidad
5. Ergonomía
6. Resistencia
7. Portabilidad
8. Eficiencia
9. Aprendizaje del uso
10. Mantenimiento

Organizar los requerimientos o criterios en una lista jerarquizada

b. Orden de los requerimientos

1. Seguridad
2. Facilidad de uso
3. Aprendizaje del uso
4. Practicidad
5. Portabilidad
6. Ergonomía
7. Resistencia
8. Acabados
9. Eficiencia
10. Mantenimiento

c. Ponderación relativa de los requerimientos

Se asigna un porcentaje a los requerimientos establecidos anteriormente.

Se aplica el método de las proporciones utilizando la siguiente fórmula:

$$X = \frac{Si}{ST} * 100\%$$

X: Valor del porcentaje del requerimiento

Si: Puntos de cada requerimiento obtenidos en la encuesta

ST: $\sum S_n$: S1 + S2 +...+Sn

Los resultados obtenidos de la fórmula anterior se evidencian en el ANEXO C, se muestran en valores porcentuales así:

Seguridad	12,5%
Facilidad de uso	10,5%
Aprendizaje del uso	8,5%
Practicidad	9%
Portabilidad	8,5%
Ergonomía	7%
Resistencia	9%
Acabados	6,5%
Eficiencia	9.5%
Mantenimiento	9%

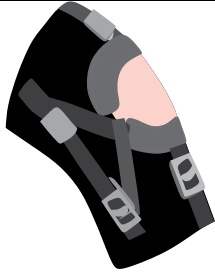
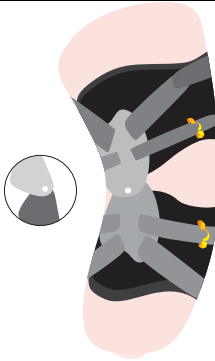
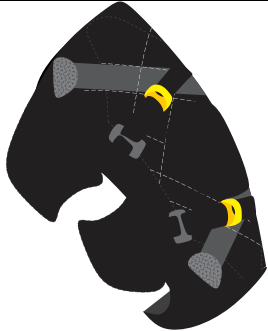
d. Parámetros de rendimiento de los requerimientos:

La siguiente escala de valoración está expuesta en el libro “Metodología del Diseño Industrial: Un enfoque desde la Ingeniería Concurrente”²³

²³ Aguayo González, Francisco; Soltero Sánchez, Víctor M. Editorial Ra-MA, España 2003, Cap. 8

- 0 – No cumple
- 1 – Cumple medianamente
- 2 – Cumple
- 3 – Cumple satisfactoriamente

Tabla 16. Valores de utilidad de rendimiento de los requerimientos

REQUERIMIENTOS		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
							
Requerimientos	Peso	Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor
Seguridad	12,5%	3	37,5	2	25	3	37,5
Facilidad de uso	10,5%	1	10,5	2	21	2	21
Aprendizaje del	8,5%	1	8,5	2	17	3	25,5
Practicidad	9%	1	9	2	18	2	18
Portabilidad	8,5%	2	17	2	17	2	17
Ergonomía	7%	2	14	2	14	2	14
Resistencia	9%	2	18	2	18	2	18
Acabados	6,5%	2	13	2	13	1	6,5
Eficiencia	9,5%	3	28,5	3	28,5	2	19
Facilidad de	9%	2	18	1	9	2	18
TOTAL			174		180,5		194,5

Después de evaluar y comparar las soluciones propuestas al diseño, se selecciona la alternativa 3 para su evolución.

6.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

6.1.1 Definición y evolución de la alternativa seleccionada. La tercera alternativa se evoluciona conservando algunas de las ventajas de las otras propuestas seleccionadas y evaluadas anteriormente. Se hace un estudio formal haciendo énfasis en las características más relevantes de cada una de las propuestas, se establece una selección general del accesorio.

- **Modelo funcional prueba funda**

Una vez el modelo virtual ha cumplido con los requerimientos estipulados anteriormente, se procede a la construcción de un modelo físico, con el fin de verificar los problemas de diseño que posean y posteriormente realizar una prueba con el usuario, esto hará que la alternativa sea sometida a un rediseño.

Figura 55. Modelo funda interfaz

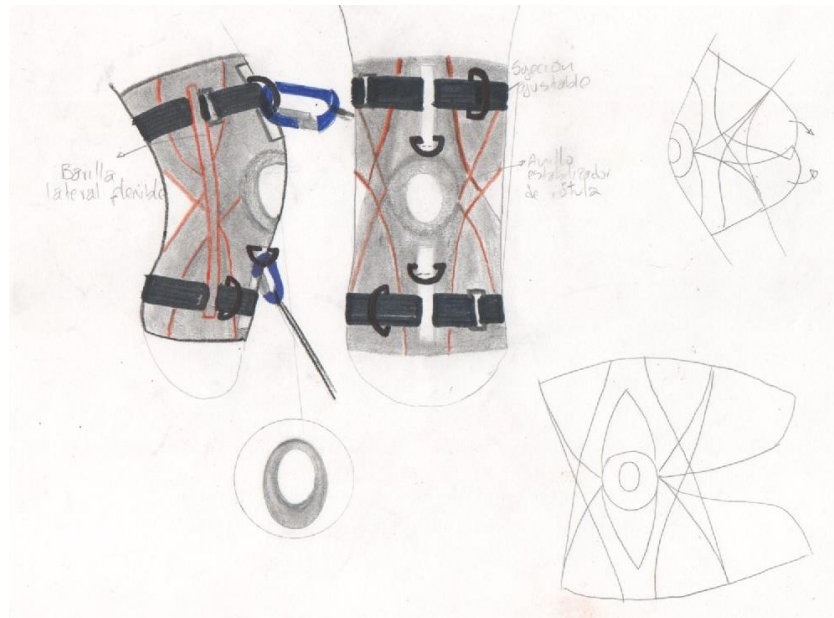


- **Problemas encontrados**

- El accesorio es simétrico horizontalmente, esto hace que en la parte del contorno del muñón quede un exceso y no se ajuste el accesorio.
- Las cintas elásticas están unidas a la funda en los laterales por lo que quedan sueltas y generan confusión en la postura.
- El exceso de bandas elásticas o bandas de ajuste generaban confusión.
- Los amarres en la parte anterior estaban sobredimensionados, por lo cual se hacían pliegues cuando se flexionaba la rodilla.

6.1.2 Solución de alternativa. El problema más sobresaliente fue la forma, que no se adecuaba a la anatomía, debido al diseño de pocas piezas de unión, para esto se replantea la distribución de los cortes y se hacen mejoras con piezas confeccionadas en pequeños segmentos, lo que le proporciona curvas de ajuste a la configuración de la pierna o muñón.

Figura 56. Unión de piezas anatomía muñón.



Para el diseño de detalle de la interfaz se definió un esquema general de la disposición de la funda y se procede a la realización de un modelo virtual, que permita la comprobación de los componentes, de manera que se pueda observar la interacción que existe entre ellos. Los elementos del accesorio se disponen con variaciones en la forma de la funda y la distribución del sistema de sujeción.

Figura 57 Proceso de mejoras, modelo de interfaz



Materiales: tela polybon
Dimensiones: Altura: 24 cm
Escala: 1:1

Se solucionan algunos de los problemas del primer modelo prueba, ya que en este se tiene en cuenta para el desarrollo de la funda, la construcción a partir de piezas pequeñas, hasta llegar a una pieza general, las costuras forman parte de la distribución de cargas donde se sujetaran bandas y agarres. Se plantean enganches verticales en diferentes puntos.

Problemas encontrados

- La posición del enganche con desplazamiento vertical hacia que la funda se encogiera.
- Al no definir los sistemas de tensión no se tiene claro el orden de la distribución de las cintas.

6.1.3 Primera interacción con el usuario

Tabla 17. Evidencias primera interacción con el usuario

Evaluación Final Modelo Funcional	
	
	

Descripción de la sesión: Inicialmente se da una breve introducción acerca del proyecto y se indica cuál es su objetivo general, esta primera interacción del usuario con el producto permite conocer su punto de vista y mostrar el resultado de las variables estudiadas.

Se presenta a los usuarios (6 personas amputadas) un modelo funcional indicándoles la clase de ejercicios a realizar, se les permite interactuar con él sin indicarle formas de postura o formas de sujeción. Durante cada prueba se verifican movimientos y postura.


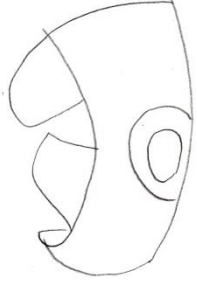
Una vez finalizada la sesión se hace un test sencillo donde se indaga sobre la opinión general respecto del proyecto y se pide sugerencias con la finalidad de reevaluar el diseño seleccionado. (Ver ANEXO D).

Tomando en cuenta las opiniones más relevantes dichas por los usuarios y analizando la interacción con él se puede concluir que:

- Los usuarios presentaron confusión o se detenían a pensar y analizar el lugar correcto para adherir las cintas elásticas al accesorio.
- La manipulación del accesorio es sencilla
- El usuario indica un alto grado de comodidad en el momento de realizar actividades físicas.
- La secuencia de uso no es muy clara.
- Los ganchos de sujeción de las riatas resultan incómodos y no son muy seguros.

6.1.4 Evolución de la alternativa seleccionada. Partiendo de las características formales descritas en la propuesta seleccionada, se realizaron algunos cambios de tipo formal. Durante la construcción del modelo funcional, se decide ampliar el tamaño de las bandas elásticas para que tenga mejor agarre y mayor soporte, Además se seleccionan los puntos de unión con respecto a la funda y los lugares donde se realiza la adhesión final de estas donde el usuario dispone el grado de tensión.

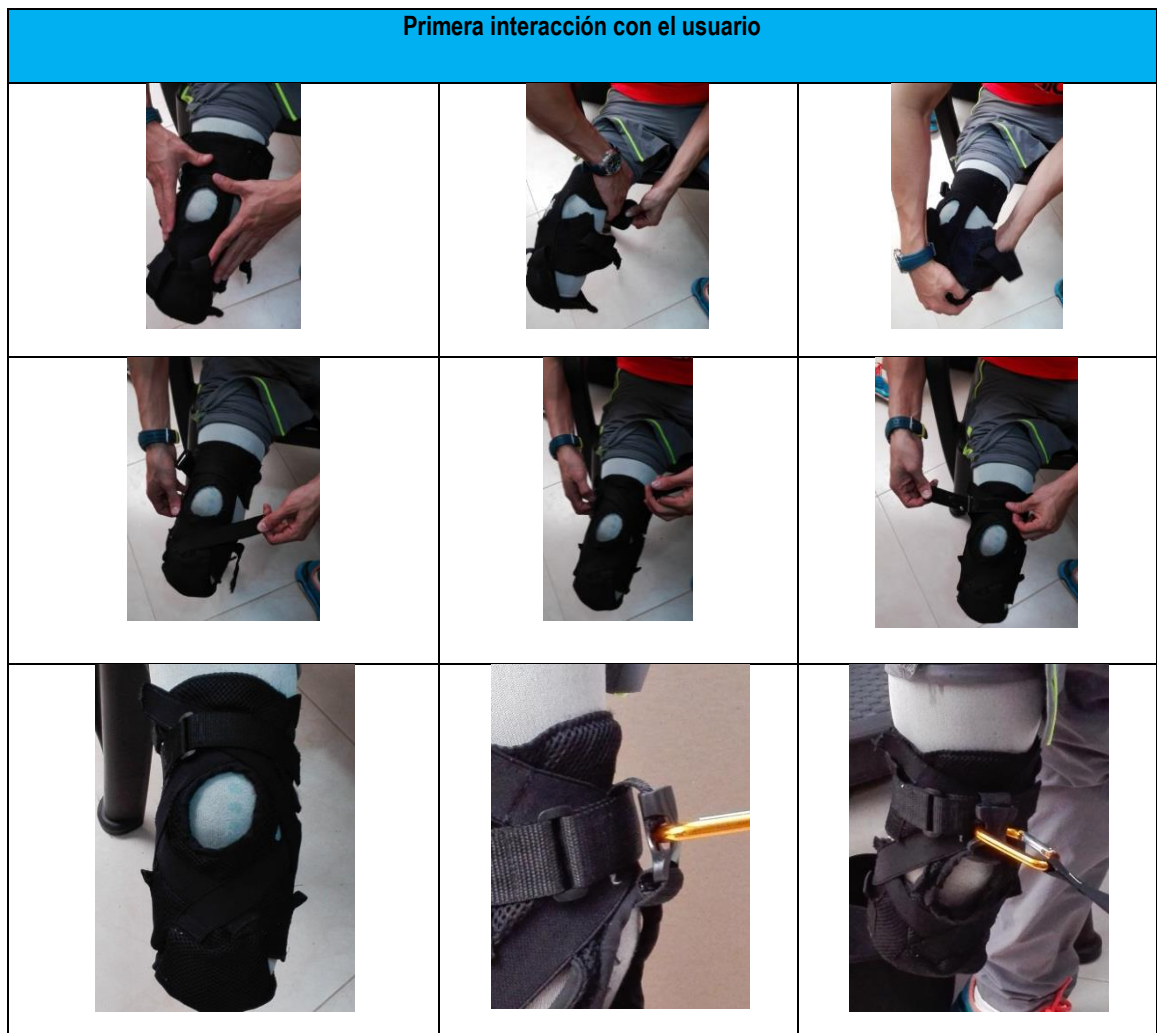
Tabla 18. Evolución sistemas de funda y bandas elásticas

		
<p>Se parte de la alternativa inicial</p>	<p>Se realiza una división simétrica de la funda en la parte posterior</p>	<p>Se hace una ampliación de la parte inferior de la funda para desplazarla hacia atrás.</p>
		
<p>Se definen los enganches de la funda para asegurarla.</p>	<p>Se ubican las bandas elásticas</p>	<p>Vista general del accesorio</p>

7. EVALUACIÓN FINAL MODELO FUNCIONAL

La evaluación del modelo funcional permitió conocer a fondo el comportamiento del accesorio y la respuesta del usuario ante el uso de este. A continuación se muestran algunas imágenes donde se realiza la evaluación final del accesorio.

Tabla 19. Evaluación Final Modelo Funcional



7.1 MODELADO INTERFAZ

Figura 58. Modelado interfaz



7.2 DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA (DIFERENCIAS DEL MODELO ANTERIOR)

Este proyecto está dirigido a personas con amputación transtibial que presentan problemas para realizar un acondicionamiento físico óptimo que les permita trabajar y acondicionar los músculos del tren inferior, es por esto que se diseña una prueba para verificar el modelo funcional y un formato de encuesta para que puedan opinar acerca de la interfaz y además podamos verificar el desempeño que ejercen con él.

El objetivo principal de la prueba es evaluar el modelo funcional e inspeccionar que el producto cumpla con las especificaciones de diseño, particularmente las necesidades de los usuarios, con el fin de escoger la mayor cantidad de información altamente relevante para el óptimo desarrollo del proyecto. (Ver ANEXO E)

Procedimiento de la prueba:

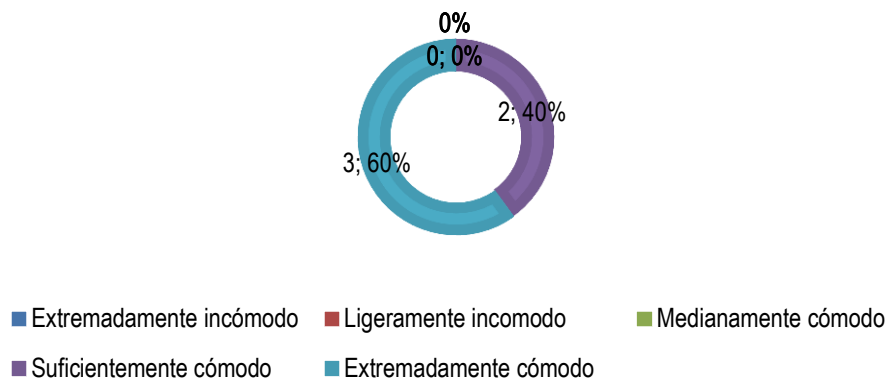
1. Se le indica al usuario por medio de una breve explicación en qué consiste el proyecto desarrollado, con el fin de que su interacción con el producto se haga con conocimientos previos. Se trabaja con el movimiento de extensión de cadera.
2. En segunda instancia se entrega el modelo funcional, para que haga uso de este y a la vez inicie su etapa de acondicionamiento. Por lo tal este paso se registra a través de fotografías y videos para realizar un análisis y determinar el comportamiento del usuario con el accesorio.
3. Finalmente cuando ya el usuario ha hecho uso indiscriminado del producto se realiza un test para que evalúe la interfaz.

Resultados de la prueba en usuarios primarios:

1. Usar el accesorio es

Usar el accesorio es		Participante				
Categoría		1	2	3	4	5
1	Extremadamente incómodo					
2	Ligeramente incomodo					
3	Medianamente cómodo					
4	Suficientemente cómodo			x	x	
5	Extremadamente cómodo	x	x			x

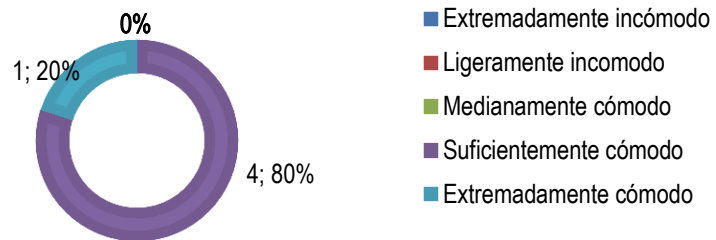
Figura 59. Resultados prueba propuesta final pregunta 1.



2. La conexión del gancho de la polea con la interfaz es

Usar el accesorio es		Participante				
Categoría		1	2	3	4	5
		1	Extremadamente incómodo			
2	Ligeramente incomodo					
3	Medianamente cómodo					
4	Suficientemente cómodo	x		x	x	x
5	Extremadamente cómodo		x			

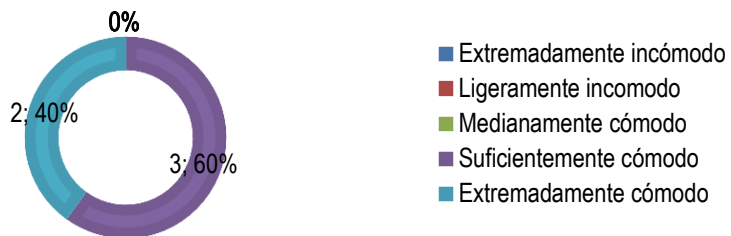
Figura 60. Resultados prueba propuesta final pregunta 2



3. Al realizar los movimientos usando el accesorio se siente

Usar el accesorio es		Participante				
Categoría		1	2	3	4	5
		1	Extremadamente incómodo			
2	Ligeramente incomodo					
3	Medianamente cómodo					
4	Suficientemente cómodo		x	x		
5	Extremadamente cómodo	x			x	x

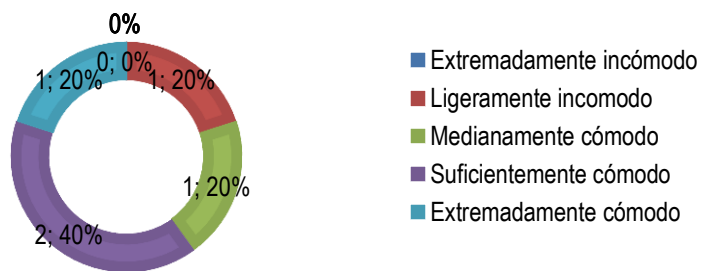
Figura 61. Resultados prueba propuesta final pregunta 3



4. El cambio de lugar del enganche por el contorno del muñón y el muslo es

		Usar el accesorio es				
		Participante				
Categoría		1	2	3	4	5
1	Extremadamente incómodo					
2	Ligeramente incomodo					x
3	Medianamente cómodo	x				
4	Suficientemente cómodo			x	x	
5	Extremadamente cómodo		x			

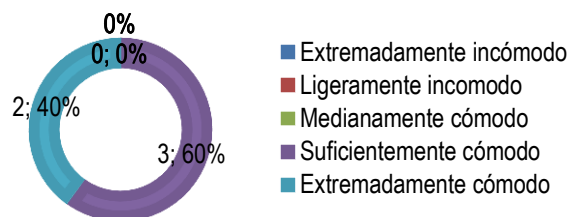
Figura 62. Resultados prueba propuesta final pregunta 4



5. En la ejecución de los ejercicios la comodidad del accesorio es

Usar el accesorio es		Participante				
Categoría		1	2	3	4	5
		1	Extremadamente incómodo			
2	Ligeramente incomodo					
3	Medianamente cómodo					
4	Suficientemente cómodo		x	x		
5	Extremadamente cómodo	x			x	x

Figura 63. Resultados prueba propuesta final pregunta 4



Resultados

- La percepción de comodidad de usuarios primarios y secundarios es buena, ya que en la mayoría de respuestas se califican sus usos como cómodos o extremadamente cómodos.
- El nivel de aceptación de comodidad en lo referente a los movimientos del gancho alrededor del muslo y del muñón fue variable, ya que en su totalidad no fue catalogado como extremadamente cómodo.

Como parte de la retroalimentación se les pide a los usuarios que nos aporten ideas, observaciones, que indiquen las fallas o debilidades del sistema, y los hallazgos fueron:

- La apreciación sobre el diseño, y la postura es aceptable, aunque prefieren encontrar claridad del lenguaje de uso dado por colores o formas que indiquen la ubicación de cada una de las partes.
- Sugieren algún tipo de pieza que permita ser halada para acomodar la interfaz si por alguna razón se desliza a causa del movimiento.
- Al existir este tipo de interfaz para polea de tobillo, y encontrarse en los centros de acondicionamiento como un accesorio para todo público, se inquietan y exigen su uso como objeto personal.
- Aparte de ser ajustable a la anatomía del muñón, sugieren que se comercialice por talla, dado la diversidad de tamaños y grosores de los miembros residuales.

Para responder a las inquietudes y a los procesos de retroalimentación, se plantean soluciones que encajan como parte de los requerimientos, y se evalúan al igual que todas las anteriores necesidades.

7.3 GUÍA DE EJERCICIOS

Para la realización de esta etapa se hacen diferentes pruebas reemplazando los movimientos tradicionales, por la ejecución en polea, se realiza una prueba con 6 personas, dos amputados transtibiales y 4 con extremidades completas. Se evalúan los movimientos ejecutando 10 repeticiones de cada uno de los ejercicios. Para la evidencia de esto se muestra el proceso completo con un amputado bilateral al ser el caso más crítico.



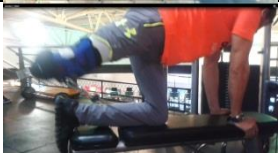



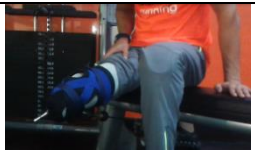


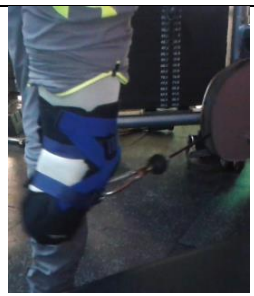

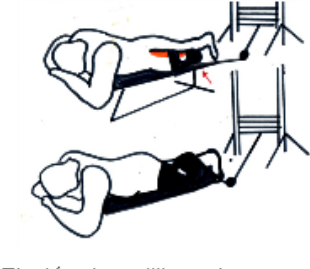
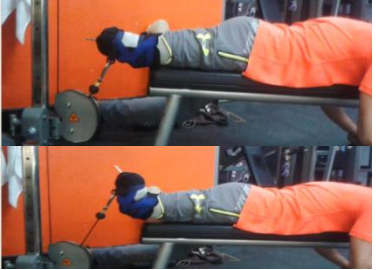
EJECUCIÓN DE MOVIMIENTOS DE MUSCULACIÓN EN POLEA			
Abducción de cadera de pie			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Fije el gancho de la polea en cualquiera de las dos posiciones y gradúe la altura. De pie al lado de la polea, sujétese de la barra o agarre de la máquina para estabilizar el cuerpo.</p> <p>Con la espalda recta y las rodillas levemente flexionadas, eleve lateralmente la pierna lo más alto posible, y regrese lentamente hasta llegar a la posición inicial</p>		<p>Fija el gancho en cualquiera de los agarres y los movimientos son realizados sin dificultad, en ambos puntos se define como cómodo.</p> <p>No requiere de la asistencia de un tercero, se debe apoyar sobre la barra, y puede aumentar las cargas sin soltar el cable.</p> <p>Lo califica como "efectivo"</p>	
Abducción de cadera acostado boca arriba			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Acostado boca arriba sobre una colchoneta y agarrándose de ella, ubicarse lateralmente a la máquina, fije el gancho de la polea en cualquiera de las dos opciones de agarre, contraiga los músculos abdominales para estabilizar el cuerpo.</p> <p>Con la espalda recta, la pierna que estará en reposo debe estar con la rodilla flexionada. Extienda la pierna lo más lejos posible, con una máxima abducción de 45°, y regrese lentamente a la posición inicial.</p>		<p>Se ubica en la colchoneta, y fija el gancho en ambos agarres para probar la comodidad, no requiere de la ayuda de un tercero, pero sí de supervisión.</p>	

Figura 64. Aducción de cadera de pie

Figura 64. Aducción de cadera de pie			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Ubicarse de pie lateralmente a la máquina, ajustar el gancho de la polea según la altura requerida, sujétese de la barra o del apoyo de la máquina, se debe ubicar a una distancia prudente para iniciar el ejercicio con las piernas un poco separadas.</p> <p>Desde esa posición, con la espalda recta, y el abdomen contraído, realice una aducción de la cadera hasta cruzar por delante de la pierna apoyada, luego regresar a la posición inicial con un movimiento lento y controlado.</p>		<p>Fija el gancho en cualquiera de los agarres y los movimientos son realizados sin dificultad, en ambos puntos se define como cómodo.</p> <p>No requiere de la asistencia de un tercero, se debe apoyar sobre la barra, y puede aumentar las cargas sin soltar el cable.</p> <p>Lo califica como "efectivo"</p>	
Aducción de cadera acostado boca arriba			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Acostado boca arriba sobre una colchoneta y agarrándose de ella, ubicarse lateralmente a la máquina, fije el gancho de la polea en cualquiera de las dos opciones de agarre, contraiga los músculos abdominales para estabilizar el cuerpo.</p>		<p>Se ubica en la colchoneta, y fija el gancho en ambos agarres para probar la comodidad, no requiere de la ayuda de un tercero, pero sí de supervisión.</p> <p>No se le dificulta la ejecución del movimiento.</p>	

<p>Con la espalda recta, la extremidad que reposara debe estar estirada sobre la colchoneta, y la otra elevada levemente para poder cruzarla por encima.</p> <p>Haga una aducción de la cadera de manera controlada, y regrese a la posición inicial lentamente.</p>			
Extensión de cadera de pie			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Fije el gancho de la polea en cualquiera de las dos posiciones. De pie frente a la máquina, sujétese de la barra o agarre para estabilizar el cuerpo. El pie de apoyo cercano a la polea, y la rodilla ligeramente flexionada.</p> <p>Se lleva la extremidad a ejercitar un poco delante de la otra, y se empieza el ejercicio desde esa posición, se eleva hacia atrás la pierna, realizando una flexión de cadera corta, sin exagerar el movimiento para no cambiar la inclinación de la columna, regrese lentamente hasta llegar a la posición inicial.</p> <p>PRECAUCIÓN: Levantar la pierna sin impulso.</p>		<p>Fija el gancho en cualquiera de los agarres y los movimientos son realizados sin dificultad, en ambos puntos se define como cómodo.</p> <p>No requiere de la asistencia de un tercero, se debe apoyar sobre la barra, y puede aumentar las cargas sin soltar el cable.</p>	
Extensión de cadera en banco			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Fije el gancho de la polea preferiblemente en la parte interna del muslo, póngase de rodillas sobre el banco y apóyese de este, la extremidad a trabajar se acerca al pecho.</p>		<p>Fija el gancho en cualquiera de los agarres y los movimientos son realizados sin dificultad, en ambos puntos se define como cómodo.</p> <p>Requiere de la asistencia de alguien para los cambios de pesos o</p>	

Se lleva la pierna hacia atrás, y se hace una extensión de cadera completa, se regresa lentamente dejando esa extremidad fuera del banco.		para soltarse del gancho.	
Extensión de rodilla sentado en banco			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Siéntese sobre un banco y ubique el gancho de la polea en la parte de atrás, en el agarre más bajo, sujétese del banco con la espalda recta y haciendo una contracción abdominal. Mantenga la rodilla flexionada a 90° Extienda la rodilla hasta llevarla a una línea horizontal con el muslo, sin exagerar el movimiento, haga una pausa de dos segundos para una mayor eficacia y regrese lentamente a la posición inicial.</p> <p>PRECAUCIÓN: No exceder las cargas</p>		<p>Fija el gancho en la parte posterior del muñón, en el agarre de la parte baja del accesorio, requiere de la asistencia o supervisión de alguien, pero no es indispensable la ayuda.</p>	
Flexión de rodilla de pie			
Posición inicial	Posición final	Posición inicial	Posición final
			
<p>Parado frente a la polea, se agarra de la máquina y con la polea sujeta debajo de la rodilla. La extremidad de apoyo debe tener la rodilla ligeramente flexionada, y la otra que realizara el trabajo un poco adelante.</p> <p>Se flexiona la rodilla lentamente, hasta llegar a un Angulo de</p>		<p>Se ubica frente a la máquina y se pon el agarre sin dificultad, puede variar los pesos.</p> <p>No requiere de la ayuda de un tercero.</p> <p>No siente mayor esfuerzo y le parece un movimiento complejo.</p>	

90°, se mantiene en esa posición dos segundos y se regresa controlando el movimiento.	
Flexión de rodilla acostado en banco	
	
<p>Acostado boca abajo, y con el gancho de la polea ubicado debajo de la rodilla, sujétese del banco para dar estabilidad al cuerpo.</p> <p>Inicie con las rodillas extendidas y flexiónelas lentamente hasta tratar de pegar el muñón al femoral. Regrese lentamente a la posición inicial.</p> <p>IMPORTANTE: El miembro residual dolerá a causa del trabajo que realiza el gemelo.</p>	<p>Requiere de un tercero que le ajuste el gancho, el agarre se hace en la parte anterior del muñón.</p> <p>Siente que el trabajo muscular es alto y necesita que alguien le ayude a aumentar o disminuir cargas.</p> <p>No puede realizarlo solo</p>

CALIFICACIÓN CUALITATIVA – Ejecución del movimiento

	Movimientos de musculación	Valor
POLEA	Aductores de pie	5
	Aductores acostado	5
	Extensión de rodilla sentado en banco	4
	Flexión de rodilla acostado en banco	5
	Flexión de rodillas acostado en colchoneta	3
	Flexión de rodilla de pie	5
	Extensión de la cadera de pie	5
	Extensión de la cadera en banco	5
	Abducción de cadera de pie	5
	Abducción de cadera acostado	5

JUSTIFICACIÓN DE VALOR (Calificativo anterior)

	Movimientos de musculación	Descripción
POLEA	Aductores de pie	Seguridad
	Aductores acostado	Seguridad
	Extensión de rodilla sentado en banco	Arco de movimiento claro
	Flexión de rodilla acostado en banco	Seguridad
	Flexión de rodillas acostado en colchoneta	cercanía y altura de polea
	Flexión de rodilla de pie	arco de movimiento claro
	Extensión de la cadera de pie	Seguridad
	Extensión de la cadera en banco	No presenta inestabilidad
	Abducción de cadera de pie	Seguridad
	Abducción de cadera acostado	Seguridad

CALIFICACIÓN CUALITATIVA- Postura y ubicación para el desarrollo del movimiento hasta la terminación

	Movimientos de musculación	Valor
POLEA	Aductores de pie	4
	Aductores acostado	5
	Extensión de rodilla sentado en banco	3
	Flexión de rodilla acostado en banco	2
	Flexión de rodillas acostado en colchoneta	2
	Flexión de rodilla de pie	4
	Extensión de la cadera de pie	4
	Extensión de la cadera en banco	3
	Abducción de cadera de pie	4
	Abducción de cadera acostado	5

5 4 3 2 1
 Muy fácil Fácil Difícil o complejo Muy difícil Imposible

JUSTIFICACIÓN DE VALOR (Calificativo anterior)

	Movimientos de musculación	Descripción
POLEA	Aductores de pie	Requiere apoyo máquina
	Aductores acostado	Autonomía
	Extensión de rodilla sentado en banco	Buscar gancho polea
	Flexión de rodilla acostado en banco	Requiere de un tercero
	Flexión de rodillas acostado en colchoneta	Requiere de un tercero
	Flexión de rodilla de pie	Requiere apoyo máquina
	Extensión de la cadera de pie	Requiere apoyo máquina
	Extensión de la cadera en banco	Buscar gancho
	Abducción de cadera de pie	Requiere apoyo máquina
	Abducción de cadera acostado	Autonomía

Como resultado de la prueba se hace un manual donde indique a los usuarios la manera de ubicar los ganchos según la ejecución y se les muestra las precauciones que debe tener, al igual que las ventajas o el trabajo muscular en cada ejercicio.



RECOMENDACIONES GENERALES



- Antes de realizar cualquier ejercicio gradúe la altura de la polea.
- Para la ejecución de los movimientos es recomendable buscar siempre un apoyo.



- Mantener el abdomen contraído, la espalda recta y no mover el resto del cuerpo durante la ejecución de los ejercicios.
- Realice los movimientos de manera lenta y controlada, al igual que la respiración.
- Aumente progresivamente los pesos según su resistencia
- Para una eficacia máxima, es preferible efectuar series largas hasta notar una sensación de quemazón en la zona que se está trabajando.

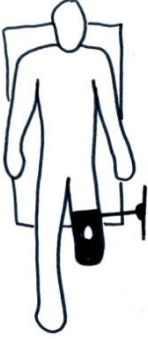



ADVERTENCIAS

- Se recomienda la supervisión de un tercero
- Si siente alguna molestia suspenda inmediatamente el ejercicio
- No exagere los arcos de movimiento de las articulaciones.

MOVIMIENTOS DE MUSCULACIÓN EN POLEA, PARA EL TREN INFERIOR. Guía de Ejercicios para Amputados Trans Tibiales			
Abducción de cadera de pie			
Posición inicial		Posición final	
	<p>Fije el gancho de la polea en cualquiera de las dos posiciones y gradúe la altura. De pie al lado de la polea, sujétese de la barra o agarre de la máquina para estabilizar el cuerpo.</p>		<p>Con la espalda recta y las rodillas levemente flexionadas, eleve lateralmente la pierna lo más alto posible, y regrese lentamente hasta llegar a la posición inicial</p>
<p>No se debe mover el resto del cuerpo durante el ejercicio, y se debe hacer una contracción abdominal.</p> <p>En este ejercicio se trabaja principalmente el glúteo medio y el glúteo menor, interviene la fascia lata, el glúteo mayor y piramidal</p>			
Abducción de cadera acostado boca arriba			
Posición inicial		Posición final	

Abducción de cadera acostado boca arriba			
Posición inicial		Posición final	
	<p>Acostado boca arriba sobre una colchoneta y agarrándose de ella, ubicarse lateralmente a la máquina, fije el gancho de la polea en cualquiera de las dos opciones de agarre, contraiga los músculos abdominales para estabilizar el cuerpo.</p>		<p>Con la espalda recta, la pierna que estará en reposo debe estar con la rodilla flexionada. Extienda la pierna lo más lejos posible, con una máxima abducción de 45°, y regrese lentamente a la posición inicial.</p>
<p>No se debe mover el resto del cuerpo durante el ejercicio, y se debe mantener la extremidad inferior amputada lo más recta posible y paralela al suelo.</p> <p>En este ejercicio se trabaja principalmente el glúteo medio y el glúteo menor. Este ejercicio aumenta la fuerza en esta zona muscular.</p>			

Aducción de cadera de pie			
Posición inicial		Posición final	
	<p>Ubicarse de pie lateralmente a la máquina, ajustar el gancho de la polea según la altura requerida, sujétese de la barra o del apoyo de la máquina, se debe ubicar a una distancia prudente para iniciar el ejercicio con las piernas un poco separadas</p>		<p>Desde esa posición, con la espalda recta, y el abdomen contraído, realice una aducción de la cadera hasta cruzar por delante de la pierna apoyada, luego regresar a la posición inicial con un movimiento lento y controlado.</p>
<p>No se debe mover el resto del cuerpo durante el ejercicio, el movimiento lo debe hacer la parte interior del muslo y no esforzar el miembro residual ni la rodilla.</p> <p>Con este ejercicio se trabajan los músculos aductor largo y mayor, el grácil, y el musculo pectíneo.</p>			

Aducción de cadera acostado boca arriba			
Posición inicial		Posición final	
	<p>Acostado boca arriba sobre una colchoneta y agarrándose de ella, ubicarse lateralmente a la máquina, fije el gancho de la polea en cualquiera de las dos opciones de agarre, contraiga los músculos abdominales para estabilizar el cuerpo.</p>		<p>Con la espalda recta, la extremidad que reposara debe estar estirada sobre la colchoneta, y la otra elevada levemente para poder cruzarla por encima. Haga una aducción de la cadera de manera controlada, y regrese a la posición inicial lentamente.</p>
<p>No se debe mover el resto del cuerpo durante el ejercicio, el movimiento lo debe hacer la parte interior del muslo y no esforzar el miembro residual ni la rodilla.</p> <p>Con este ejercicio se trabajan los músculos aductor largo y mayor, el grácil, y el musculo pectíneo.</p>			
Extensión de cadera de pie			
Posición inicial		Posición final	
	<p>Fije el gancho de la polea en cualquiera de las dos posiciones. De pie frente a la máquina, sujétese de la barra o agarre para estabilizar el cuerpo. El pie de apoyo cercano a la polea, y la rodilla ligeramente flexionada.</p> <p>PRECAUCIÓN: Levantar la pierna sin impulso.</p>		<p>Se lleva la extremidad a ejercitar un poco delante de la otra, y se empieza el ejercicio desde esa posición, se eleva hacia atrás la pierna, realizando una flexión de cadera corta, sin exagerar el movimiento para no cambiar la inclinación de la columna, regrese lentamente hasta llegar a la posición inicial.</p>
<p>No se debe mover el resto del cuerpo durante el ejercicio, y se debe hacer una contracción abdominal.</p>			







En este ejercicio se trabaja principalmente Tensor de la fascia lata, glúteo mayor, medio, menor, y piramidal., obturado interno y en menor medida los isquiotibiales.			
Extensión de cadera en banco			
Posición inicial		Posición final	
	Fije el gancho de la polea preferiblemente en la parte interna del muslo, póngase de rodillas sobre el banco y apóyese de este, la extremidad a trabajar se acerca al pecho.		Se lleva la pierna hacia atrás, y se hace una extensión de cadera completa, se regresa lentamente dejando esa extremidad fuera del banco.
Mantenga durante el movimiento la espalda recta y no sobrepase la extensión de la línea de la columna.			
En este ejercicio se trabaja el glúteo mayor, los extensores de la espalda, el semimembranoso, semitendinoso y el bíceps femoral.			
Para trabajar glúteo e isquiotibiales mantener la rodilla totalmente extendida, para aislar el trabajo al glúteo se debe flexionar la rodilla.			

Figura 65. Extensión de rodilla sentado en banco			
Posición inicial		Posición final	
	Siéntese sobre un banco y ubique el gancho de la polea en la parte de atrás, en el agarre más bajo, sujétese del banco con la espalda recta y haciendo una contracción abdominal. Mantenga la rodilla flexionada a 90° PRECAUCIÓN: No exceder las cargas		Extienda la rodilla hasta llevarla a una línea horizontal con el muslo, sin exagerar el movimiento, haga una pausa de dos segundos para una mayor eficacia y regrese lentamente a la posición inicial.
Mantener la espalda recta y si se quiere mayor trabajo del tensor de la fascia lata inclinarse un poco hacia atrás manteniendo la rectitud.			

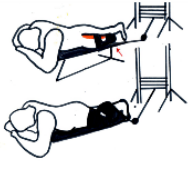
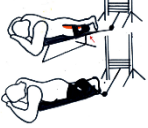
Con este ejercicio se trabajan los músculos: vasto externo, cuádriceps crural, vasto interno y vasto anterior.

Figura 66. Flexión de rodilla de pie

Posición inicial		Posición final	
	<p>Parado frente a la polea, se agarra de la máquina y con la polea sujeta debajo de la rodilla. La extremidad de apoyo debe tener la rodilla ligeramente flexionada, y la otra que realizara el trabajo un poco adelante.</p>		<p>Se flexiona la rodilla lentamente, hasta llegar a un Angulo de 90°, se mantiene en esa posición dos segundos y se regresa controlando el movimiento.</p>

En este ejercicio se trabaja el conjunto de los isquiotibiales (semitendinoso, semimembranoso y bíceps crural porciones corta y larga) y en menor medida, los gemelos.

Figura 67. Flexión de rodilla en banco acostado boca abajo

Posición inicial		Posición final	
	<p>Acostado boca abajo, y con el gancho de la polea ubicado debajo de la rodilla, sujétese del banco para dar estabilidad al cuerpo</p>		<p>Inicie con las rodillas extendidas y flexiónelas lentamente hasta tratar de pegar el muñón al femoral. Regrese lentamente a la posición inicial.</p> <p>IMPORTANTE: El miembro residual dolerá a causa del trabajo que realiza el gemelo.</p>

Se debe contraer el abdomen durante la ejecución del movimiento, En este ejercicio se trabaja el bíceps femoral (porción larga y porción corta), semimembranoso y el gemelo (porción lateral y porción media).

8. CONSTRUCCIÓN Y FABRICACIÓN

8.1 MATERIALES DEL PRODUCTO Y SUS ESPECIFICACIONES

Pieza	Material	Ventajas del material
SISTEMA	Neopreno	<ul style="list-style-type: none"> • Como el tejido tiene una forma anatómica, ofrece un amplio contacto con la superficie de la pierna, por lo que evita puntos de presión local que puedan provocar deformación y, así, soporta la actividad muscular • El tejido de punto de forma anatómica contiene algunas zonas no elásticas que son especialmente estables a la tracción. • La almohadilla garantiza una colocación fácil y correcta • Excelente medio de sujeción
	Tejido De Malla De Aire	<p>El espesor de la malla puede ser de 3 mm a 12 mm, la tasa de resistencia elástica puede llegar por encima de 93 % después de rodamiento. La malla proporciona permeabilidad, la absorción de choque, y capacidad de recuperación elástica Aplicaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. la malla de la nada se puede aplicar en la ropa, bolsos, sombreros, zapatos de cochecitos de bebé, etc. 2. si los materiales compuestos se combinan con la malla es posible producir material en compartimientos, la construcción, tablero de aislamiento acústico, etc.
	Velcro	<ul style="list-style-type: none"> • Cuenta en un lado con unos ganchos más o menos deformables que se agarran a una tira de fibras enmarañadas. • El velcro está formado por dos cintas de poliamida o nylon de distinto tipo. Una de ellas es denominada garfio o gancho y está cubierta por centenares de ganchos delgados, que alcanzan, aproximadamente, las 50 unidades por cm². La otra cinta tiene el nombre de lazo y, al igual que el garfio, cuenta con cientos de rizos delgados, también alrededor de 50 por cm². • Al ponerlas en contacto estas cintas se pegan. Los garfios de una penetran en los rizos de la otra, provocando un cierre bastante ajustado, que puede ser abierto con el simple acto de reabrir las cintas.
	Reata	<ul style="list-style-type: none"> • Cintas de poliéster que soportan grandes esfuerzos (cientos de Kilogramos) de diferentes espesores y anchos. • Usada en la mayoría de casos como cintas para arnés, correas, sistemas de suspensión, amarres de bolsos o maletas.

8.2. MATERIALES

Características:

- El tejido de punto es transpirable y tiene una gran superficie de contacto con la extremidad residual
- Como el tejido tiene una forma anatómica, ofrece un amplio contacto con la superficie de la pierna o la funda de silicona, por lo que evita puntos de presión local que puedan provocar deformación y, así, soporta la actividad muscular
- Cinturones de velcro inelásticos producen un efecto de conexión estable.

Efectos:

- La parte inelástica y estable a la tracción del tejido de punto en combinación con los flejes articulares y los cinturones de velcro estabilizan la articulación de la rodilla según el sistema de 4 puntos.
- Como el tejido es flexible, permite que los movimientos musculares se produzcan de forma continuada.
- La almohadilla favorece la correcta posición de la rótula y contrarresta el dolor de la parte anterior de la rodilla.

A continuación se presenta una tabla en donde se especifica en cada material con el cual se trabajara y su proceso de manufactura.

Tabla 20. Materiales y procesos

Pieza	N. de piezas	Material	Proceso de manufactura
Funda	3	Neopreno (mm)	Corte y confección
Reatas	2	Cinta poliéster	Corte
Cintas elásticas	4	Cinta elástica de poliéster	Corte
Pasadores	2	Metal recubierto	Inyección

Tabla 21. Costos materiales

Pieza	Material	Costos unitario	total
PIEZA N°1	Neopreno	\$25000 (metro)	\$25.000
	Tela malla	\$6.000 (1/2 metro)	\$6000
PIEZA N°2	Velcro	\$900 (metro)	\$1800
	Riata	\$320 (metro)	\$640
	Pasadores	\$350	\$1050
TOTAL			\$34.490

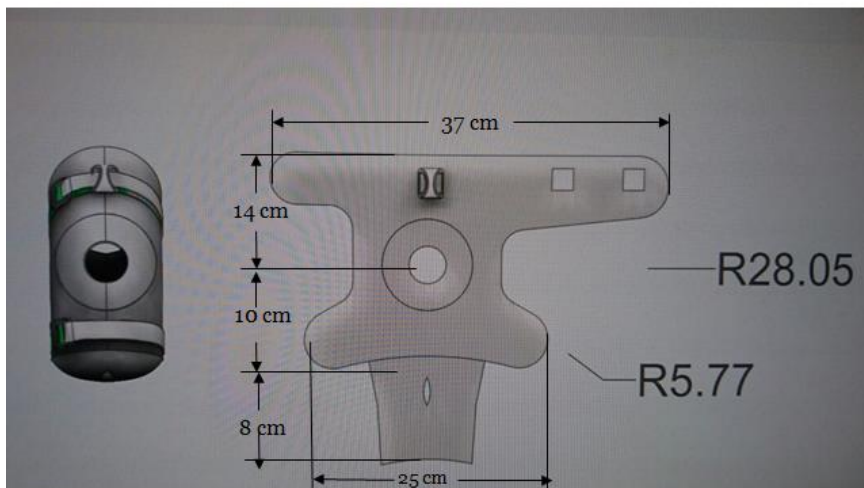
8.3. TALLAS

Dado que la antropometría de los seres humanos varía según edad, sexualidad, constitución física, población, y peso, es necesario estandarizar las medidas de la interfaz por tallas, al igual que cualquier artículo corporal, se definen 5 tallas, de la siguiente manera:

Talla	XS	S	M	L	XL
Medida (cm)	< 30	30,5 - 35,5	35,5 - 40,5	38 - 43	43 - 51

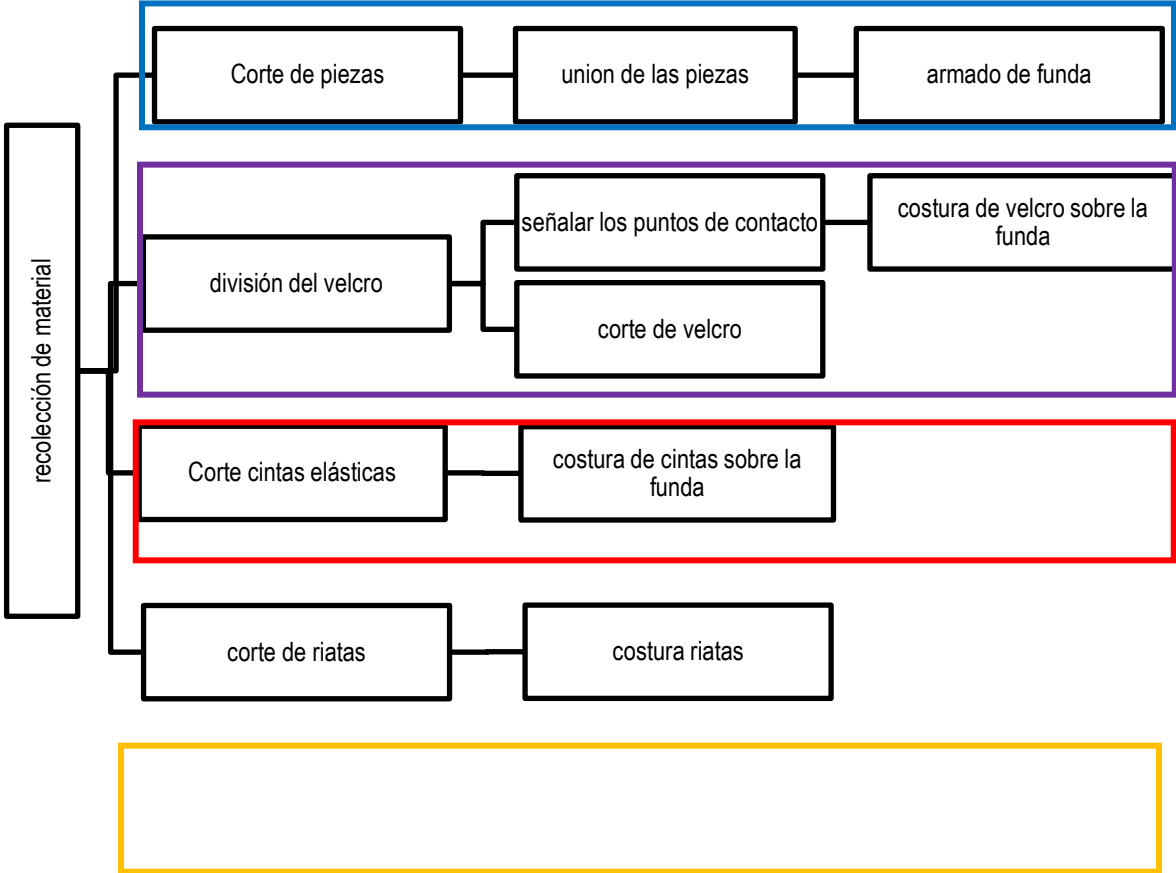
Se maneja un rango de 5 cm por talla, y se debe medir el perímetro de la rodilla para verificar el tallaje al que corresponde.

- **Construcción de modelo paratalla S**



8.4. DIAGRAMA DE MANUFACTURA

Figura 68. Diagrama de manufactura



9. IMAGEN VISUAL E IDENTIDAD GRÁFICA

En este capítulo se describen los aspectos más importantes de la identidad visual del producto como es su nombre, aplicaciones y correcto uso que definían la percepción inicial por el usuario al interactuar con el accesorio.

Los componentes básicos en los que se va a trabajar se inician con el diseño de la marca que condensa los componentes más importantes como la elección de los colores y de las tipografías entre otros, para poder producir una imagen innovadora materializada visualmente en un manual de identidad.

Identidad del producto. Es necesario reconocer la importancia de la imagen de un producto y aún más generar preferencia y posicionamiento en la mente del público ya que dicha recordación y fidelidad van encaminadas a tener un mayor volumen de ventas y sostenimiento de la marca a largo plazo.

9.1 TIPOGRAFÍA

El logo compone dos tipos de fuentes

- Nombre del producto: Bauhaus 93



ADA

- Frase secundaria: Gadugi

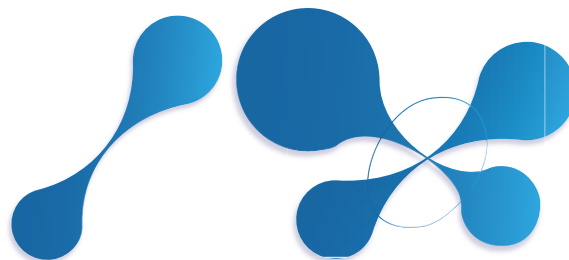
Accesorio Deportivo para Amputados

9.2 DESCRIPCIÓN DEL LOGOTIPO

El nombre designado para el producto comprende la sigla “ADA” (Accesorio Deportivo para Amputados)

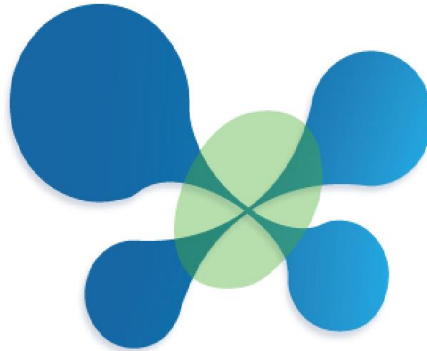
La imagen que se ha creado para el logotipo contextualiza una selección de relevancia para la elaboración del accesorio. Se hace una abstracción del método de sujeción ya que este concepto denota seguridad, soporte y desde el inicio al usuario se adentra dentro del contexto.

Figura 69. Selección de modulo



A la imagen del logotipo se le hace una repetición de forma y se aumenta el tamaño de una terminación del segundo módulo se refleja de manera que se entrecrucen y quede una sobrepuesta.

Figura 70. Composición del logotipo



Junto a la imagen al lado derecho se ubica el nombre del producto y la frase secundaria, para formar el logo completo del producto. Ambos deben ser aplicados siempre. En ningún caso estos dos elementos o la relación entre ellos podrán ser alterados (ej. Color, dimensiones, espacio o familia tipográfica) con ningún objeto

Figura 71. Logotipo del producto

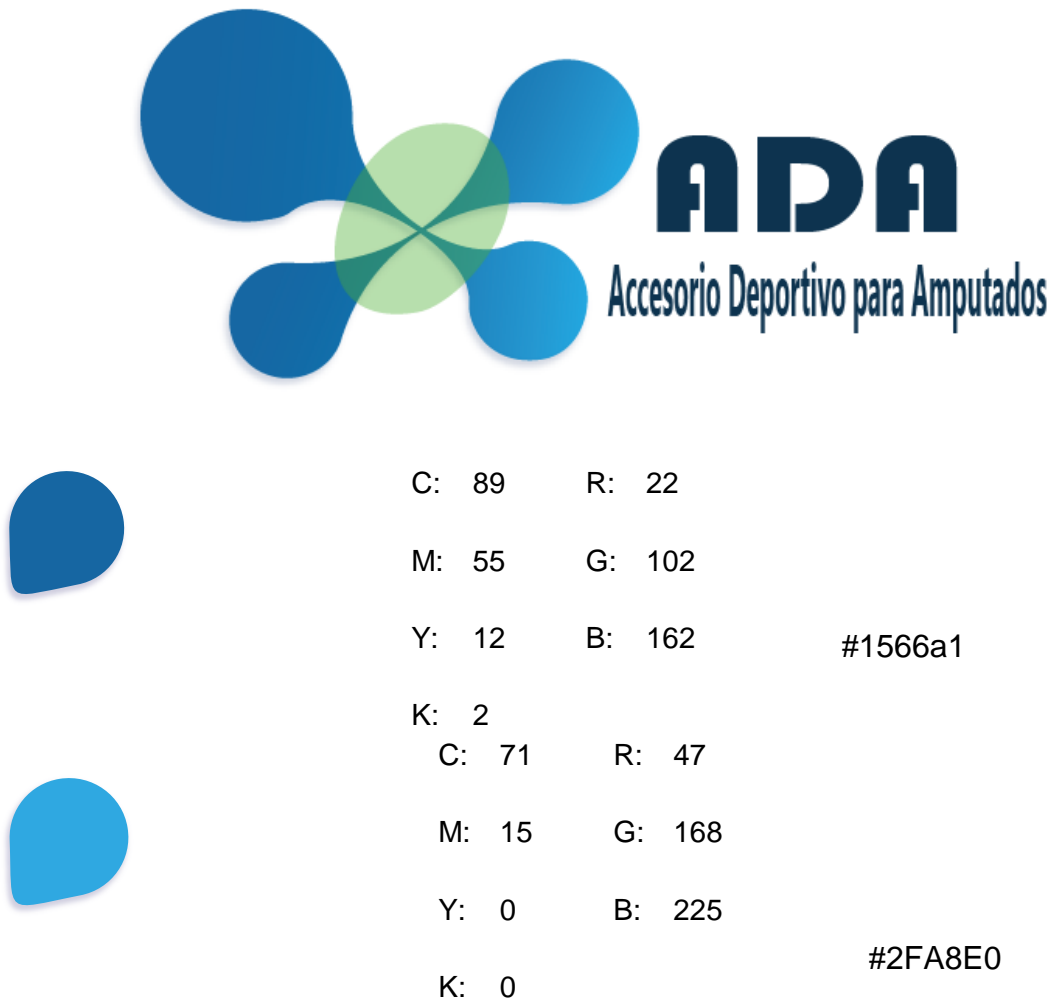


9.3 APLICACIÓN DEL COLOR

A continuación se muestra la gama de colores que se ha designado para la propuesta del logotipo, mostrando una gradación de color en los módulos.

Los colores se muestran en sistema CMYK, RGB y WEB.

Figura 72. Composición de colores para los métodos principales de reproducción



9.4 PROPORCIONES DEL LOGOTIPO

La retícula que se ha utilizado es de base cuadrada, y está compuesta por una unidad que equivale a 0,5 cm. Referencia que se va a utilizar para las proporciones en la reproducción del logo.

Debe ser respetada el AREA DE SEGURIDAD alrededor de la marca, donde no podrá incluirse ningún elemento gráfico (color, texto, textura, etc.) ni podrá ser cortado el soporte dentro de estos límites (papel, vinilo, etc.). la línea punteada define el espacio limite.

Figura 73. Retícula de proporciones



Base de la retícula: 0,5 cm

Para preservar la legibilidad y la calidad técnica de impresión, el logo “ADA” jamás deberá ser impresa con menos de 30 mm de largo. Reducción mínima permitida para su aplicación en cuatricromía offset o serigrafía sobre papel.



9.5 APLICACIÓN ES ESCALA DE GRISES



C: 0 R: 60

M: 0 G: 60

Y: 0 B: 60

K: 90



C: 0 R: 135

M: 0 G: 135

Y: 0 B: 135

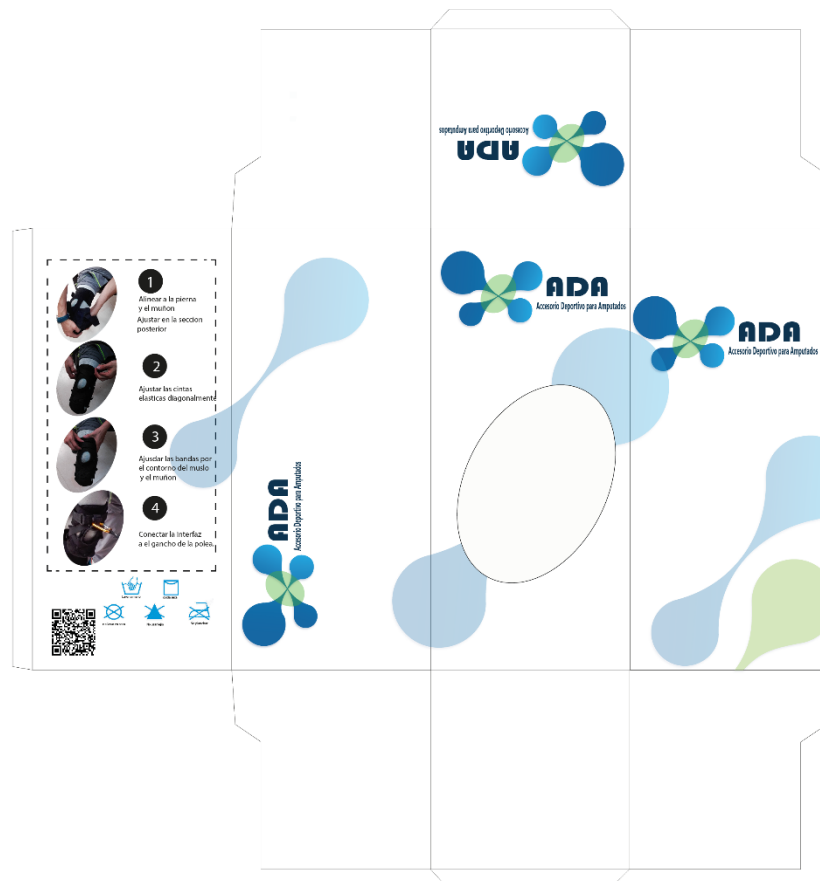
K: 60

9.6 EMPAQUE.

Está compuesto de un empaque rígido de cartón y un contenedor o bolsa en tela polybon, esta última maneja un sistema de protección del producto y permite la portabilidad de la interfaz ADA.

- Materia primas. Empaque cartón

Figura 74. Empaque del producto



Empaque según especificaciones técnicas, diseñado específicamente para contener el accesorio y protegerlo de agentes externos como humedad, golpes y aplastamiento.

- **Especificaciones**

Tamaño desarrollo, empaque desplegado (imagen)

Tamaño en impresión: 70 X 70 cm

Tamaño ensamblado: 33cm X 15cm X 15cm.

Material: Cartón Micro corrugado

- **Costos.** A continuación se indican los costos estipulados tanto del material como del proceso de elaboración del empaque y de la bolsa que contiene al accesorio, y el costo de impresión y confección.

Tabla 22. Costos del empaque

Proceso	Valor
Impresión y troquelada Caja de cartón	\$3000
Confección bolsa	\$2000
Total	\$5000

Figura 75. Empaque ensamblado

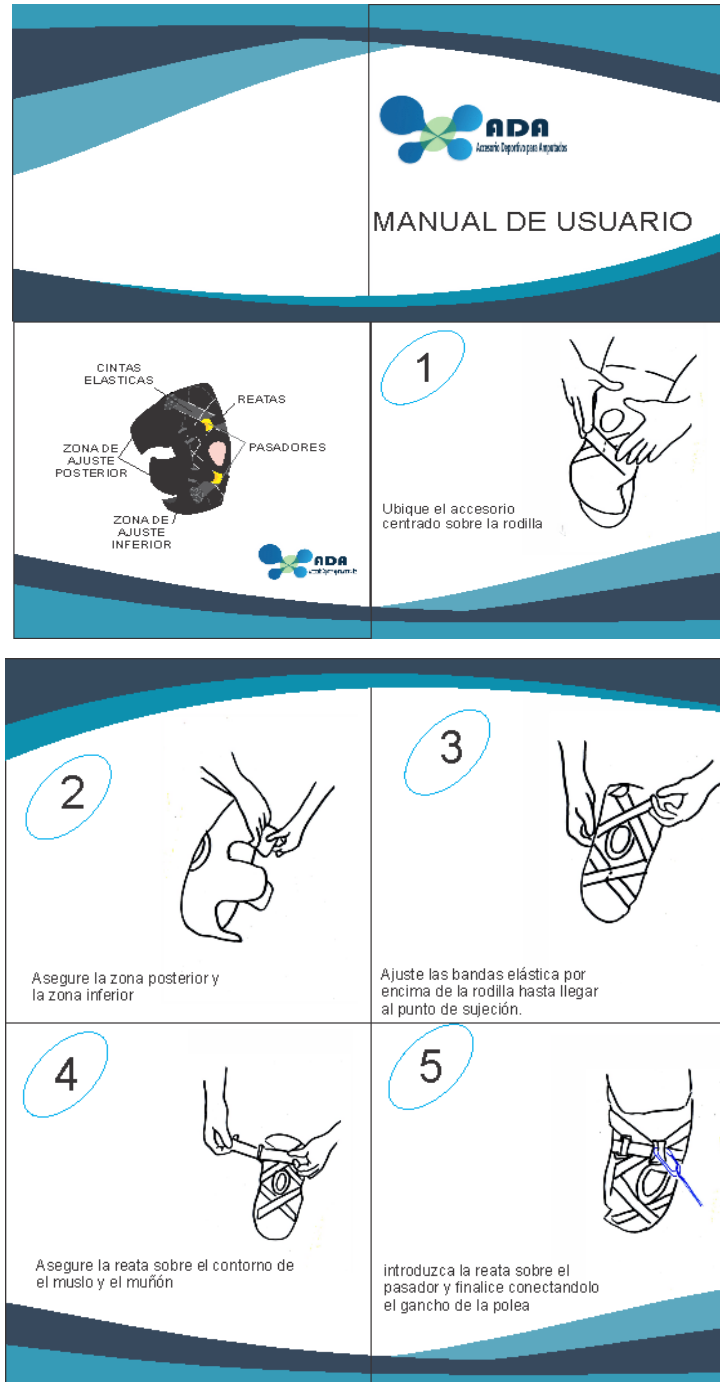


Figura 76. Bolsa contenedora



Diagrama de uso

Figura 77. Diagrama de uso



10. POSIBLES USOS EN EL MERCADO

Durante cada una de las pruebas, encuestas o entrevistas se mencionaba la posibilidad de usar la interfaz en otros casos, y se hizo una retroalimentación con los comentarios de las personas que hicieron las pruebas, algunos observadores, entrenadores y rehabilitadores físicos, donde se encontraron hipótesis sobre “otros usos”:

- **Rehabilitación de pacientes con amputación transtibial.** Teniendo en cuenta el proceso de cicatrización de la amputación, se podría usar como ayuda en los procesos de rehabilitación, donde se fortalecen los músculos del miembro afectado para la mejoría en la nueva marcha con prótesis.
- **Rehabilitación de personas que han sufrido problemas de rodilla.** Ayuda a aumentar progresivamente cargas durante los procesos de rehabilitación.
- **Alternativa de musculación para personas con problemas de desplazamiento de rodilla.** En personas que han sufrido lesiones o sus ligamentos han sido intervenidos quirúrgicamente, que temen a entrenar con cargas libres o pesos altos, da la posibilidad de proteger la rodilla y a su vez aislar los esfuerzos que esta hace.
- **Entrenamiento de personas con otras amputaciones de miembros inferiores.** Con una adaptación y diseño adecuado al tipo de amputación, se puede usar el mismo principio de diseño, aplicando su uso a personas con esta condición

- **Aplicación para personas con amputación de miembros superiores.**
Aplicando el mismo principio, donde se evidencie el diseño basado en la anatomía del muñón, se aplica para el trabajo de musculación de miembros superiores, reemplazando las adaptaciones que hacen con las tobilleras estos usuarios.
- **Alternativa de ejercicio o rehabilitación para personas con artritis o artrosis o quienes tengan problemas en las articulaciones de las manos.**
Para personas que se les dificulte hacer agarres por diferentes problemas, se puede adaptar a la mano, muñeca o antebrazo, según el estudio que se haga para este diseño

Esta parte del proyecto se hace a manera de exploración, teniendo en cuenta comentarios, observaciones y revisión del mercado actual, etc. con el fin de aumentar el interés de la población con amputaciones, y proyectar este tipo de trabajos a otros usuarios.

11. CONCLUSIONES

- Durante las pruebas se identificaron las formas como los amputados realizan los ejercicios de musculación para los miembros inferiores en Centros de Acondicionamiento Físico, junto con el análisis literario y la ayuda de preparadores físicos, se identificaron las necesidades de los usuarios al realizar estas actividades.
- Como se verificó durante el proceso de observación y comprobación, sobre la viabilidad del uso de la polea como alternativa que sustituye el entrenamiento de musculación en máquinas, para el fortalecimiento muscular de los miembros inferiores de personas con amputación transtibial, vemos que la interfaz propuesta cumple con las expectativas.
- El proceso de diseño llevado con la selección de alternativas, orientado a la construcción de modelos con los que se evaluaron los requerimientos, y se evolucionaron cada uno de los subsistemas, se presentaron nuevas propuestas a los usuarios, hasta llegar a un nivel de aceptación y satisfacción.
- El uso de la interfaz se propone para la ejecución de los mismos movimientos tradicionales de musculación en polea, variando el punto de agarre a esta.
- Ada es un dispositivo que permite el fortalecimiento muscular de personas con amputación transtibial, y puede ser una alternativa en terapias de rehabilitación de pacientes con este tipo de amputación; con algunas modificaciones en su configuración puede ser una alternativa para personas con problemas de rodilla que quieran entrenar miembros inferiores en polea, y de la evolución de la idea puede aplicarse en futuros diseños como alternativa de musculación para otro tipo de amputaciones tanto de miembros inferiores como superiores.

BIBLIOGRAFÍA

Amputación por debajo de rodilla. [En Línea]. Consultado el 02 de febrero de 2015.
<http://www.amputee-coalition.org/spanish/inmotion/jul_aug_03/meddir.html>

Amputados en Colombia. [En Línea]. Consultado el 25 de marzo de 2015.
Disponible en: <<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1992341>>

Amputados Santander DANE [En Línea]. Consultado el 25 de marzo de 2015.
Disponible en:
<<https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/discapacidad/SANTANDER.xls>>

DELAVIER Frédéric. Guía de los movimientos de musculación, Descripción anatómica, 6° Edición. Editorial Paidotribo 197p 2013. Pdf

Discapacidad en Colombia. [En Línea]. Consultado el 25 de marzo de 2015.
Disponible en: <<http://www.colombialider.org/wp-content/uploads/2011/03/discapacidad-en-colombia-reto-para-la-inclusion-en-capital-humano.pdf>>

Ejercicios en polea tren inferior. [En Línea]. Consultado 26 de junio de 2016.
Disponible en: <<http://www.makeoverfitness.com/cable-machine-hamstring-exercises>>

ELÍAS VENTURA, Emilio Ernesto. Fabricación de prótesis transtibial tipo PTB y ortoprótesis para deficiencia focal femoral proximal sin cirugía. Trabajo de graduación Técnico en Ortesis y Prótesis. Soyapango, Universidad Don Bosco. Facultad de estudios tecnológicos. Departamento de Ortesis y Prótesis, 2004.92 p.

ESPINEL, Francisco y GARCÍA, Maradei. Ergonomía para el Diseño. Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2009.

FISHMAN S. Psychological Practices with the Physically Disabled'l. 1961. Disponible en: <http://www.oandp.com/news/jmcorner/library/protesica/LLP-02.pdf>

GÓMEZ J. Discapacidad en Colombia: Reto para la Inclusión en Capital Humano. 2010.

JIMÉNEZ BUÑUALES, M. T., GONZÁLEZ DIEGO, P., & MARTÍN MORENO, J. M. La clasificación internacional del funcionamiento, de la discapacidad y de la salud (CIF) 2001. 2013

Manual para amputados de miembro inferior [En Línea]. Consultado el 31 de enero de 2015. Disponible en: http://www.colfisio.org/adjuntos/adjunto_2513.pdf

MORALES, Leonardo; CASTELLANOS, Vilma; RUIZ Alejandra. BIÓNICA: Guía de observación analítica. Universidad de los Andes, Facultad de Arquitectura y Diseño. Bogotá. 2008.

Músculos de miembros inferiores. [En Línea]. Consultado el 25 de junio de 2016. Disponible en: <http://www.anatomiahumana.ucv.cl/kine1/Modulos2012/Osteologia%20miembro%20inferior%20kine%202012.pdf>

Músculos de miembros inferiores. [En Línea]. Consultado el 25 de junio de 2016. <http://www.anatolandia.com/2013/12/musculos-miembro-inferior.html>

Niveles de amputación. [En Línea]. Consultado el 02 de febrero 2015. Disponible en: http://www.ottobock.com/cps/rde/xchg/ob_com_es/hs.xsl/23289.html

Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización Panamericana de la salud (OPS). Clasificación Internacional del funcionamiento de la discapacidad y de la salud. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2001.

PANERO, Julius y ZELNIK Martin. Las dimensiones humanas en los espacios interiores, ediciones G. Gilli. Mexico 1987

RAMÍREZ, Erwin Andrés. KinesioTaping - Vendaje neuromuscular. Historia, técnicas y posibles aplicaciones. Viref, Revista de Educación Física. Universidad de Antioquia (Colombia) Octubre-Diciembre 2012

Rehabilitación y desarrollo humano.[En Línea]. Consultado julio de 2016. Disponible en: <http://www.urosario.edu.co/urosario_files/1e/1e408e63-5ffe-4f52-9e27-e915d29bbc48.pdf>

RODRÍGUEZ GARCÍA, P.L. Ejercicio Físico en Salas de Acondicionamiento Muscular. Bases científico-médicas para una práctica segura y saludable. Editorial panamericana. Buenos Aires: Madrid. 2008

Salud, O. M. d. I. (2010). Informe mundial sobre la discapacidad (CIF): OMS Ginebra.

Salud, O. M. d. I. Informe mundial sobre la discapacidad (CIF): OMS Ginebra. [En Línea]. Consultado el 25 de marzo de 2015. 2010. Disponible en: <http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/summary_es.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. Encuestas Usuarios Directos

ENCUESTA

FORMATO PARA USUARIOS

NOMBRE: _____ edad: _____

PROFESIÓN: _____ e-mail: _____

Somos estudiantes de diseño industrial de la Universidad Industrial de Santander y nos encontramos desarrollando una “Interfaz para amputados transtibiales que permita el uso de máquinas de polea cruzada en el entrenamiento de fuerza de miembros inferiores.”

Sus opiniones son muy importantes para el desarrollo de este producto.

PARTE I – Aspectos Generales

Marque la casilla correspondiente

1. ¿Cuál fue la causa de su amputación?

Diabetes___ Traumatismo___ Trastorno___ Vascular___

Otro: _____

2. Su amputación es:

Unilateral___ Bilateral___

3. ¿Tiempo de amputación?

Menos de 1 año___ entre 1 y 3 años___ entre 3 y 8 años___

Más de 8 años____

4. En promedio, ¿cuántas horas al día usa la prótesis?

2 a 4 horas____ 4 a 6 horas____ 6 a 8 horas____ más de 8 horas____

5. Experimenta dolores o molestias en la extremidad residual (Muñón) debido al uso de la prótesis?

Sí____ No____

¿Cuáles?:_____

6. Padece algún otro problema médico, aparte de dolor del muñón?

Sí____ No____

¿Cuál?:_____

_____ Indique, cuales dolencias ha padecido:

Bursitis____ Miembro fantasma____ Molestias en puntos de apoyo____

Úlceras____ Quemaduras____ Otro: _____

7. Considera que su estado de salud respecto a la amputación es:

Muy malo____ Malo____ Normal____ Bueno____ Muy bueno____

8. Considera que su capacidad física es:

Muy mala____ Mala____ Normal____ Buena____ Muy buena____

9. Realiza actividades de fortalecimiento muscular uotra actividad física aeróbica?

Si____ No____ Cual:_____

10. Cuanto tiempo utiliza a la semana para el ejercitamiento físico?

1-3 horas ___ 3-5horas ___ 5-7 horas ___ 7 o más horas ___

11. Utiliza alguna técnica, máquina o aparato de musculación para trabajar los músculos de la parte inferior del cuerpo?

Si la respuesta es sí, continúe con la pregunta 13

Si _____ No _____

¿Cual? _____

12. Indique cuál de estos problemas ha experimentado con el uso de los aparatos:

Alteración del equilibrio ___ Problemas de piel ___ Dolor en puntos de apoyo ___

Presión del socket ___ Dolor de rodilla ___ Dolor de espalda ___ Asistencia de un tercero ___

Otros: _____

13. A continuación se escriben una serie de enunciados sobre el uso de máquinas en el gimnasio, lea cuidadosamente y seleccione que tan de acuerdo o en desacuerdo está.

	De acuerdo	No aplica	En desacuerdo
Las maquinas no están diseñadas para amputados			
Un amputado no puede ejercitarse físicamente			
El dolor extremo en el uso de las maquinas impiden el uso			

	De acuerdo	No aplica	En desacuerdo
frecuente de las mismas			
Como amputado me interesa fortalecer los músculos del tren inferior.			

PARTE II - Desarrollo del producto

La investigación que se adelanta tiene como objeto desarrollar un accesorio que permite al amputado por debajo de rodilla el adecuado acondicionamiento de los músculos del tren inferior, pues sabemos que a partir de la amputación hay disminución radical de la masa muscular debido al poco uso que se hace de estos grupos musculares; por tal razón queremos conocer su opinión sobre este proyecto.

14. ¿Conoce algún elemento que cumpla la función de FORTALECIMIENTO muscular para amputados?

Si _____ No _____ Cual: _____

15. ¿Ha pensado alguna vez en un sistema o accesorio que le permita ejercitar los músculos del tren inferior, pudiendo reemplazar los realizados con máquinas?

Sí ___ No ___ ¿Cuál? _____

16. Como califica los siguientes aspectos relacionados con el accesorio a diseñar, en una escala del 1 al 5, donde 1 es totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo?

ASPECTO	1	2	3	4	5
Fácil De limpiar					
Cómodo					
Fácil de usar					
Seguro					

17. Estaría dispuesto a utilizar un producto que le permita realizar su acondicionamiento físico?

Sí ___ No ___ ¿Porqué? _____

18. Cuanto estaría dispuesto a pagar por un producto de esas características?

Entre \$30.000 a \$60.000 _____
 Entre \$60.000 a \$90.000 _____
 Más de \$1000.000 _____
 Otro _____

19. Que características considera que debe tener el accesorio?

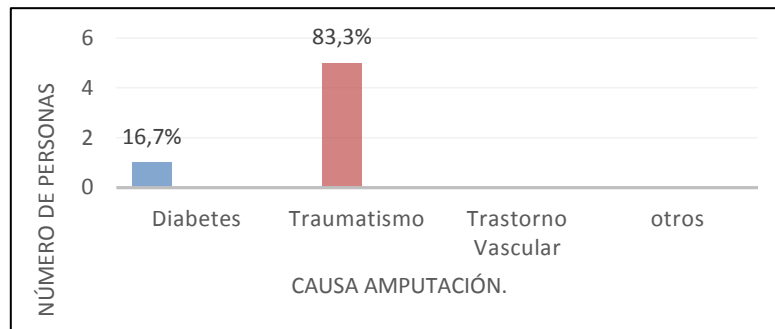
Gracias por su colaboración

RESULTADOS DE ENCUESTA

PARTE I – Aspectos Generales

Pregunta 1. Causa de la amputación

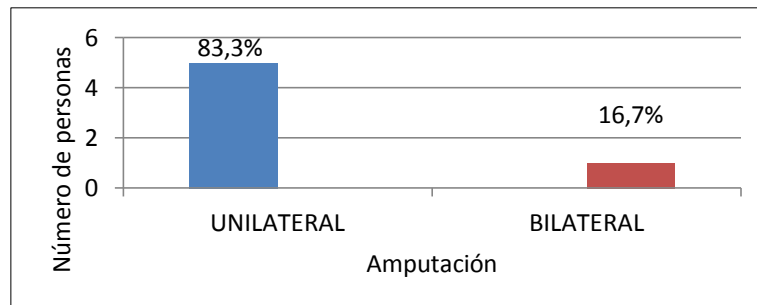
30 mm



La causa predominante de amputación de la población encuestada corresponde en su mayoría a traumatismos, seguida de diabetes.

Pregunta 2. ¿Su amputación es?

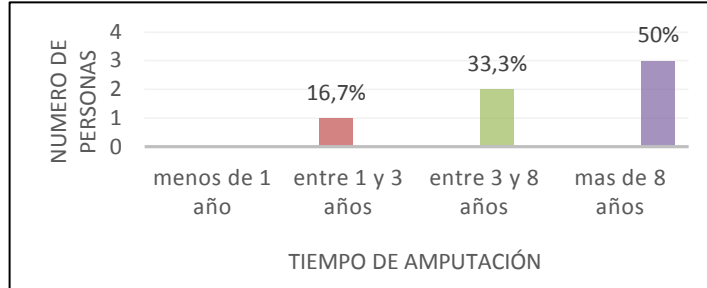
Gráfico estadístico tipo de amputación



Los resultados muestran que el alto índice entre los encuestados de amputación transtibial pertenece a los amputados unilaterales, este resultado no altera ni interviene en el desarrollo del diseño.

Pregunta 3. ¿Tiempo de amputación?

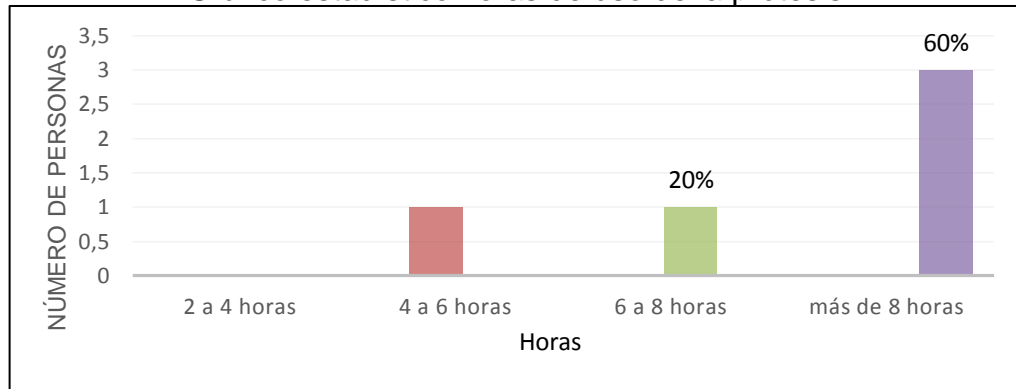
Gráfico estadístico tipo de amputación



Los resultados muestran que el intervalo de tiempo desde la amputación, se generó entre 1 y 3 años el 16,7%, entre 3 y 8 años el 33,3% y el porcentaje que predomina en los encuestados es de más de 8 años con un 50%.

Pregunta 4. En promedio, ¿cuántas horas al día usa la prótesis?

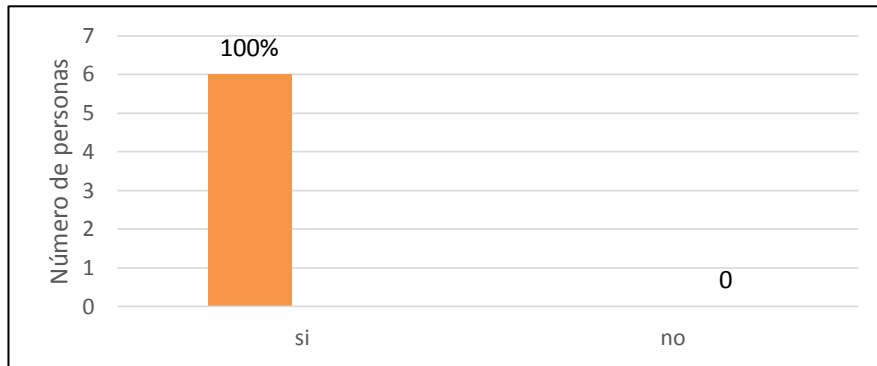
Gráfico estadístico horas de uso de la prótesis



El mayor tiempo de uso de la prótesis por parte de los amputados corresponde a más de 8 horas al día con un (60%) en total, seguido de los que lo hacen de 6 a 8 horas (20%) y con igual porcentaje los usuarios que lo utilizan entre 4 a 6 horas.

Pregunta 5. ¿Experimenta dolores o molestias en su extremidad residual (muñón) debido al uso de la prótesis?

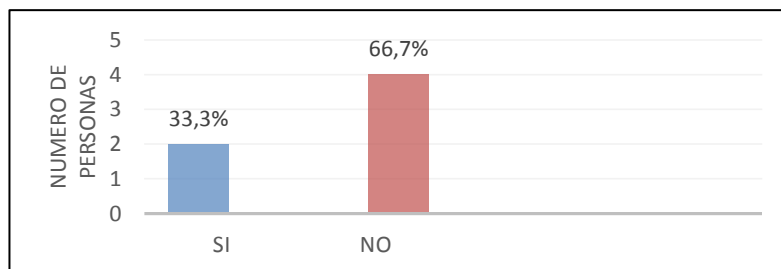
Gráfico estadístico molestias del muñón



El 100% de los encuestados indicaron experimentar dolor en el o los muñones, principalmente expusieron sentir molestias en puntos de presión, dolor en cadera, dolor muscular, ampollas, quemaduras, abscesos, osteomielitis (inflamación de huesos), dolor de rodilla, inestabilidad de la rodilla.

Pregunta 6. ¿Padece algún otro problema médico, aparte del dolor del muñón?

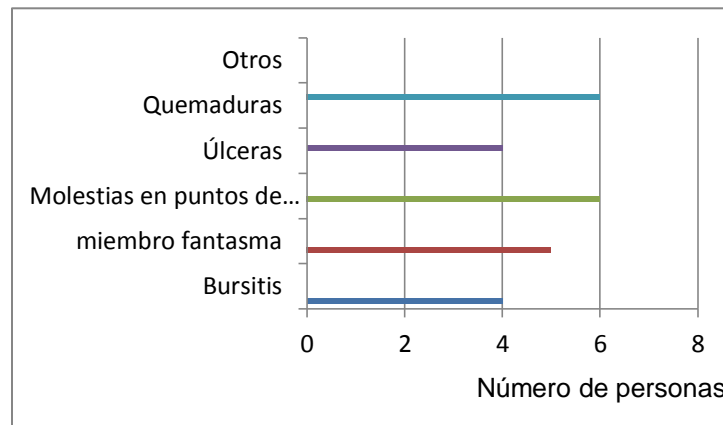
Gráfico estadístico de problemas médicos



Los encuestados que indicaron poseer un problema médico además de su amputación, presentan cuadros como diabetes, hipertensión, salud mental, estrés postraumático y arritmia cardiaca.

Pregunta 7. Indique cuáles dolencias ha padecido:

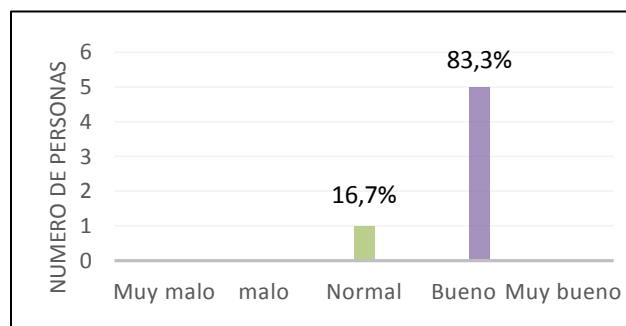
Gráfico estadístico dolencias que padece



Los amputados tanto unilaterales como bilaterales, de forma genérica exponen presentar la mayoría de las dolencias, y además muestran otras no mencionadas como dermatitis e inflamación de huesos.

Pregunta 8. ¿Considera que su estado de salud respecto a la amputación es?

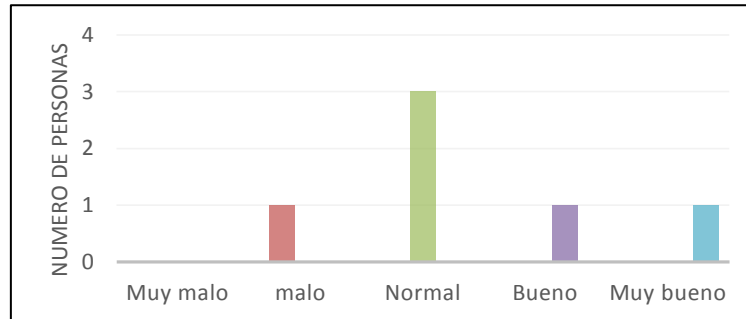
Gráfico estadístico estado de salud



Se observa que la mayor parte del personal encuestado considera estar en un término “bueno” de salud con respecto a la amputación.

Pregunta 9. Considera que su capacidad física es:

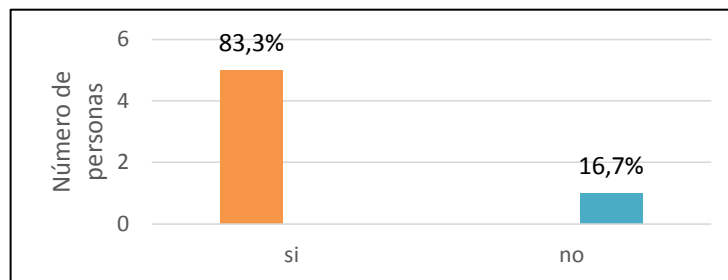
Gráfico estadístico capacidad física



Según el aspecto de capacidad física incluido en la encuesta, el mayor nivel está dentro de lo normal, varía con respecto a la edad y la salud.

Pregunta 10. ¿Realiza actividades de fortalecimiento muscular o actividad física aeróbica?

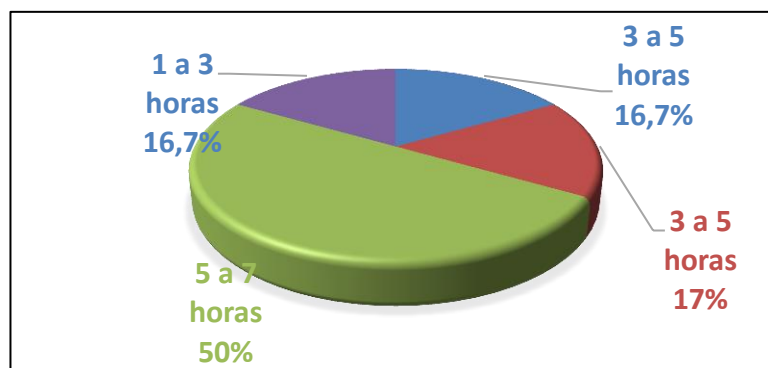
Gráfico estadístico actividades de fortalecimiento muscular



Para la mayor parte de los encuestados es importante ejercitarse físicamente por tal motivo indican realizar una o más actividades físicas como son: Caminatas, elíptica, pedaleo, futbolsala, ejercicio aeróbico y anaeróbico, ejercicios de musculación.

Pregunta 11. ¿Cuánto tiempo, utiliza a la semana para el ejercicio físico?

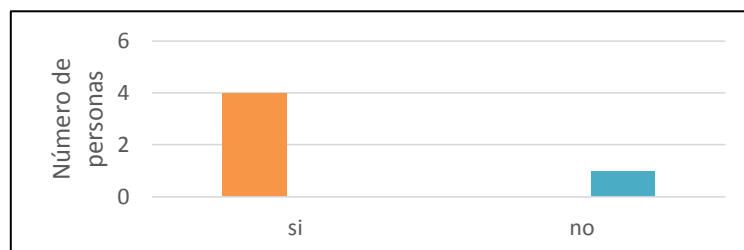
Gráfico estadístico ejercicio físico semanal



Según los datos generados se observó que en mayor porcentaje los encuestados destinan de 5 a 7 horas semanales para ejercitarse físicamente.

Pregunta 12. ¿Utiliza alguna máquina o aparato de musculación para trabajar los músculos de la parte inferior del cuerpo?

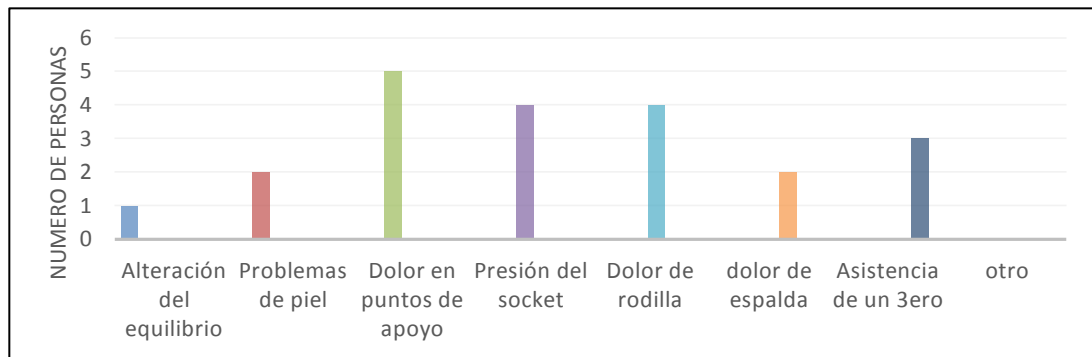
Gráfico estadístico utilización de máquinas para musculación



De los encuestados el 80% ha utilizado o utiliza algún método para trabajar los músculos del tren inferior como son: Teraband (bandas elásticas), pesas, extensión de pierna, flexor tumbado, prensa de 75° femoral acostado, flexor de pierna, aductor, abductor, bicicleta estática, ciclismo.

Pregunta 13. Indique ¿cuál de estos problemas ha experimentado con el uso de los aparatos?

Gráfico estadístico problemas que ha experimentado por el uso de las máquinas



Los encuestados que indicaron haber utilizado algún método de musculación, señalan tener uno o más problemas y en su mayoría es el dolor en puntos de apoyo seguido de presión del socket, dolor de rodilla.

Pregunta 14. A continuación se escriben una serie de enunciados sobre el uso de máquinas en el gimnasio, lea cuidadosamente y seleccione que tan de acuerdo o desacuerdo esta.

Gráfico estadístico tipo de amputación

Las maquinas no están diseñadas para amputados



Un amputado no puede ejercitarse físicamente



El dolor extremo en el uso de las maquinas impiden el uso frecuente de las mismas



Como amputado me interesa fortalecer los músculos del tren inferior.

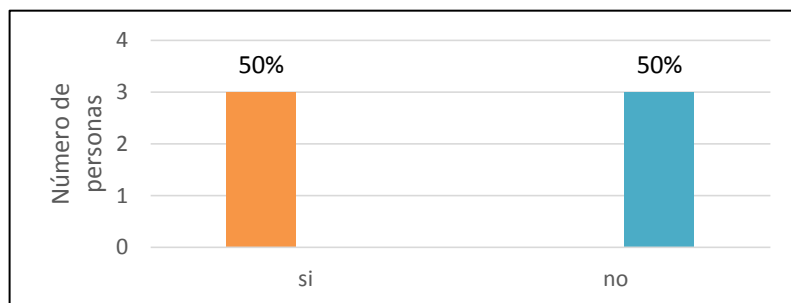


En los resultados obtenidos para los enunciados, el 100% de los encuestados afirman que las maquinas no están diseñadas para los amputados, y con el mismo porcentaje indican tener interés en ejercitar los músculos del tren inferior. El 83,3% indican que no usan o descartan las máquinas de musculación al sentir dolor o molestias con el uso.

PARTE II - Desarrollo del producto

Pregunta 15. ¿Conoce algún elemento que cumpla la función de FORTALECIMIENTO muscular y que se pueda adaptar al muñón?

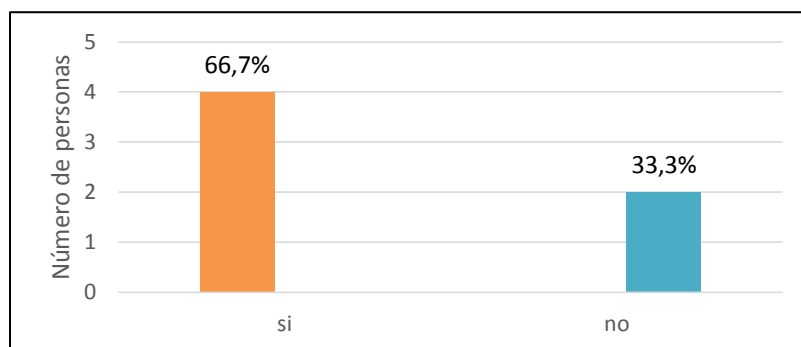
Gráfico estadístico conocimiento de elementos para el fortalecimiento muscular



En cuanto al conocimiento de elementos que cumplan con la función de fortalecimiento solo el 50% de los encuestados indican tener alguna idea de que está disponible en el mercado para el uso de los amputados e informan sobre lo que han utilizado o visto, entre ellos encontramos: Teraband (banda elástica), maquinas especializadas para amputados, ejercicios funcionales, entrenamiento de fuerza con pesas.

Pregunta 16. Ha pensado alguna vez en un sistema o accesorio que le permita ejercitar los músculos del tren inferior, pudiendo reemplazar los realizados con otras máquinas?

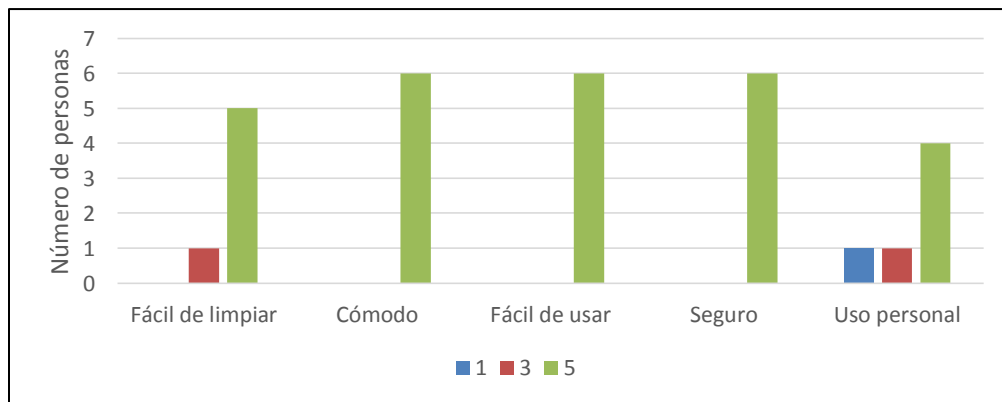
Gráfico estadístico conocimiento de elementos para el fortalecimiento muscular que reemplacen los realizados por máquinas de musculación.



Los usuarios encuestados en algún momento se han imaginado o han pensado en alguna clase de elementos que les podrán permitir hacer lo que no se les facilita con las máquinas convencionales de musculación del tren inferior, por tanto expresan algunas características como son: “elementos acolchados que no lastime el muñón, máquina para discapacitados, un elemento que me deje mover libremente, que resista pesos, contrapeso, que aumente la fuerza”.

Pregunta 17. Como califica los siguientes aspectos relacionados con el accesorio a diseñar, en una escala del 1 al 5, donde 1 es totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo?

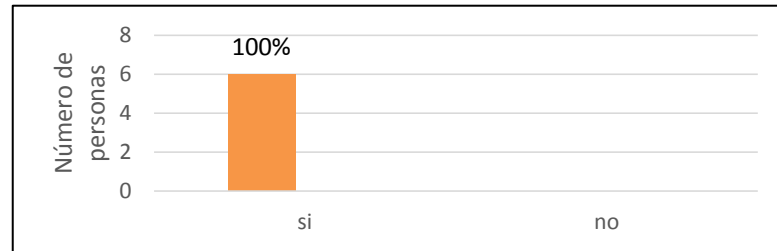
Gráfico estadístico calificación de aspectos para el elemento a diseñar.



El factor más importante para el 100% de los usuarios se denota en la comodidad, seguridad y el fácil uso, no obstante también se le da preponderancia a los otros factores como son la facilidad para limpiar y el hecho de que el artículo sea de uso personal.

Pregunta 18. Estaría dispuesto a utilizar dicho producto para realizar su acondicionamiento físico?

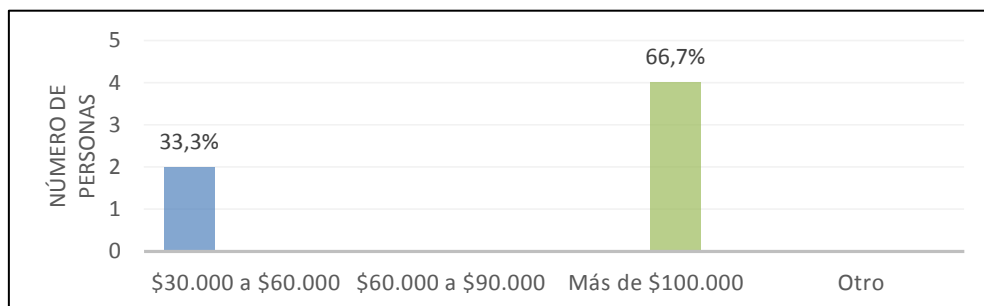
Gráfico estadístico aceptación para el uso del producto a diseñar.



Efectivamente el 100% de los usuarios encuestados están dispuestos a utilizar un producto o elemento que les permitirá mejorar su condición y añaden la razón para tomar dicha determinación como son: Mejoramiento de la calidad de vida, fortalecimiento de los músculos, innovar, probar otros métodos, permitir elevar peso, aumento de resistencia muscular, mejorar la pedaleada, mejorar la postura, mejoramiento del acondicionamiento físico, permitir más estabilidad para correr.

Pregunta 19. Cuanto estaría dispuesto a pagar por un producto de esas características?

Gráfico estadístico elección de precio a pagar por el elemento a diseñar.



Los encuestados difieren en dos intervalos de precios diferentes, por un lado el 66,7% está dispuesto a pagar más de \$100.000, mientras que el 33,3% indican que pagarían por el elemento de \$ 30.000 a \$60.000.

Pregunta 20. Que características considera que debe tener el accesorio?

En esta pregunta se quiso conocer a fondo la necesidad del usuario con el fin de saber qué aspectos tienen más importancia para ellos y así utilizar la información suministrada para lograr obtener un diseño óptimo, estos fueron algunos de los requerimientos que nos indicaron.

cómodo, seguro, fácil de usar, portátil, buen diseño, , que en poco tiempo muestre resultados, que sea pequeño, que tenga colores vivos, no oprima los puntos de apoyo, que no pellizque la piel, tamaño correcto.

ANEXO B. Encuestas para preparadores físicos y profesionales de la salud

ENCUESTA # 2 FORMATO PARA PREPARADORES FÍSICOS O ENTRENADORES PERSONALES



NOMBRE: _____

PROFESIÓN: _____ e-mail: _____

OCUPACIÓN: _____ TELÉFONO: _____

Somos estudiantes de diseño industrial de la Universidad Industrial de Santander y nos encontramos desarrollando una “Interfaz para amputados transtibiales que permita el uso de máquinas de polea cruzada en el entrenamiento de fuerza de miembros inferiores.”

Sus opiniones son muy importantes para el desarrollo de este producto.

PARTE I – Aspectos Generales (Marque la casilla correspondiente)

Formación

1. ¿Dentro de su formación académica recibió algún curso o capacitación relacionados con el entrenamiento de personas con amputación?

Si____No____

¿Cuál? _____

Conocimiento

2. ¿Conoce alguna técnica o tipo de entrenamiento para personas amputadas?

Si____ no____

Experiencia

3. ¿En el tiempo que lleva como preparador ha ayudado en el entrenamiento físico a personas amputadas?

Sí___ No ___

De ser si: responder las siguientes preguntas

4. ¿Si lo ha hecho, cual técnica, elementos o maquinas ha implementado?
-

5. ¿El entrenamiento a la persona amputada se enfoca en el o los miembros mutilados?

Si___ No___

6. A continuación se escriben una serie de enunciados sobre el uso de máquinas en el gimnasio, lea cuidadosamente y seleccione que tan de acuerdo o en desacuerdo está.

De acuerdo No aplica En desacuerdo

Las maquinas no están diseñadas para amputados

Un amputado no puede ejercitarse físicamente

No es posible que los amputados fortalezcan la zona muscular o residual de la amputación

En los centros de acondicionamiento físico no hay personal capacitado para trabajar con personas amputadas

PARTE II - Desarrollo del producto

La investigación que se adelanta tiene como objeto desarrollar un accesorio que permite al amputado por debajo de rodilla el adecuado acondicionamiento de los músculos del tren inferior, pues sabemos que a partir de la amputación hay disminución radical de la masa muscular debido al poco uso que se hace de estos grupos musculares; por tal razón queremos conocer su opinión sobre este proyecto.

7. ¿Conoce algún elemento que cumpla la función de FORTALECIMIENTO muscular para amputados?

Si_____ No_____ Cual: _____

8. ¿Ha pensado alguna vez en un sistema o accesorio que le permita AL AMPUTADO ejercitar los músculos del tren inferior, pudiendo reemplazar los realizados con máquinas?

Sí_____

No_____¿Cuál?_____

9. Como califica los siguientes aspectos relacionados con el accesorio a diseñar, en una escala del 1 al 5, donde 1 es totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo?

ASPECTO	1	2	3	4	5
Fácil De limpiar					
Cómodo					
Fácil de usar					
Seguro					

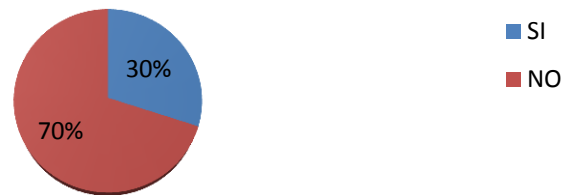
10. Estaría dispuesto a utilizar O SUGERIR un producto que permita al AMPUTADO realizar su acondicionamiento físico?

Sí ___ No ___ ¿Porqué? _____

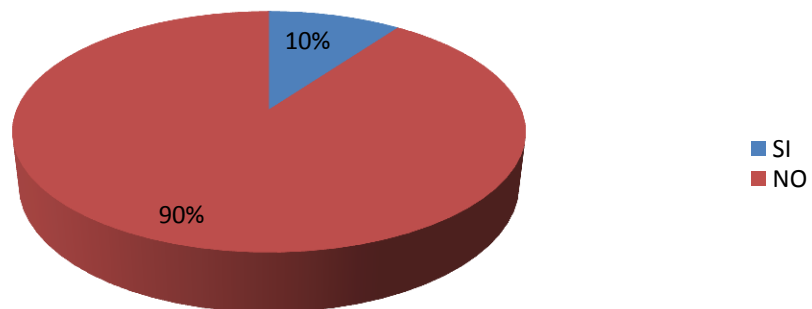
11. Que características considera que debe tener el accesorio?

RESULTADOS DE LA ENCUESTA

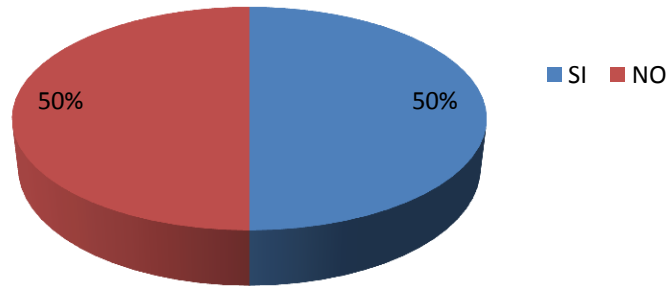
¿Dentro de su formación académica recibió algún curso o capacitación relacionados con el entrenamiento de personas con amputación?



¿En el tiempo que lleva como preparador ha ayudado en el entrenamiento físico a personas amputadas?



¿Conoce alguna técnica o tipo de entrenamiento para personas amputadas?



ANEXO C. Prioridad de los requerimientos de evaluación

- **Objetivo Principal**

Establecer la prioridad de los requerimientos evaluadores de las alternativas de diseño planteadas.

- **Tipos de usuarios**

Personas amputadas transtibiales unilaterales y bilaterales, participan de la encuesta 6 personas de sexo masculino con edades comprendidas entre 25 y 60 años.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Seguridad										6
Facilidad de uso								1		5
Aprendizaje del uso					3	1	1			
Practicidad								1	1	4
Portabilidad								2		4
Ergonomía										1
Resistencia								1		
Acabados					4		1	1		
Eficiencia									1	5
mantenimiento		1			4			1		

ANEXO D. Primera comprobación ergonómica

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

Teniendo definidos nuestros aspectos y la variable ergonómica a tratar, se realizará una prueba con algunos usuarios de la interfaz con tal de verificar si la variable se está cumpliendo desde la perspectiva del usuario, esto con el fin de recopilar información importante para el desarrollo y evolución del proyecto en curso.

OBJETIVOS:

- Obtener Información que permita enfocar el análisis del proyecto en la variable efectividad del dispositivo en el momento de realizar la actividad física, donde indique el trabajo realizado por los músculos del tren inferior.
- Contextualizar al usuario al de uso y tomar datos relevantes para la toma de decisiones del proyecto.
- Utilizar elementos similares para recrear las condiciones de uso del dispositivo para la toma de datos importantes que nos aporten al proyecto.
- Evidenciar puntos críticos e inadecuados en la interfaz hombre-máquina y posibles cambios a realizar en el producto que mejoren su efectividad.

Para un mejor análisis de los datos en las pruebas ergonómicas, es importante jerarquizar las actividades en las que el usuario interactúa en la interfaz hombre-máquina-entorno.

PROCEDIMIENTO:

El usuario va a tener a su disposición una modelo funcional (interfaz), el cual se va a conectar con la máquina de polea baja y va a realizar diferentes ejercicios de musculación, a fin de evaluar el comportamiento del usuario.

VARIABLES:**INDEPENDIENTES:**

- Efectividad
- comodidad

DEPENDIENTES:

- Características del usuario
- Facilidad de uso

ELEMENTOS PARA EL DESARROLLO DE LA PRUEBA:

- Interfaz ADA (modelo preliminar escala 1:1)
- Cámara Fotográfica y grabadora.

DESARROLLO DE LAS PRUEBAS:

Las pruebas que se realizaron para esta primera etapa de la prueba ergonómica, se les realizaron a 2 personas con amputación transtibial que realizan acondicionamiento físico dentro de las instalaciones de un gimnasio y 8 personas sin ninguna discapacidad ya que las variables a estudiar no requieren dicha condición física.

Se les explico en qué consistía y para que se iba a utilizar este accesorio y por último se procedió a realizar la interacción del usuario con la misma mediante la ejecución de ejercicios físicos utilizando la máquina de polea baja.



Protocolo

Procedimiento

1. Explicación de la prueba
2. Desarrollo de la prueba
 - a. Se acerca el usuario a la máquina de polea
 - b. Se entregará un modelo funcional
 - c. Se coloca el accesorio en la pierna (ajustando todos los componentes)
 - d. Se conecta el accesorio a el gancho de la polea
 - e. Se indica al usuario la clase de ejercicios físicos que va a realizar.
- 3- Se varían las posiciones del pasador en todo el contorno del muslo y el muñón.
- 4- Se entregara el formato de encuesta para que lo llene.

5- Anotaciones por parte del observador

Los usuarios que se sometieron a la prueba respondieron el siguiente cuestionario:

Parte I

Para las siguientes preguntas responda con un número del 1 al 5 teniendo en cuenta que, a menos que se le indique otra respuesta

- 5. cumple absolutamente.
- 4. cumple medianamente.
- 3. Aceptable.
- 2. no cumple medianamente.
- 1. no cumple en absoluto.

1. *En cuanto a comodidad, ¿Cómo sintió el accesorio?* _____
2. *¿Cómo sintió el accesorio acoplado en su pierna referente a la comodidad al momento de ejercitarse?* _____
3. *¿La manera en que se coloca el dispositivo en el muñón y el muslo es fácil y rápida?* _____
4. *¿La opción de variar la ubicación del pasador utilizando uno solo es acertada?*
Sí _____ No_____

Parte II

5. *¿Es comprensible la secuencia de uso para la correcta acomodación del accesorio? y debía que escoger entre los siguientes criterios de evaluación:*
 - 1. Muy difícil de comprender
 - 2. Difícil de comprender
 - 3. Medianamente fácil de comprender

- 4. Fácil de comprender
- 5. Muy fácil de comprender

6. ¿Cómo cree que se debe facilitar la secuencia de señales de uso?

7. ¿Qué recomendación tiene para mejorar el sistema actual?

- **Respuestas de la encuesta**

En cuanto a comodidad, ¿Cómo sintió el accesorio?

1	
2	
3	
4	++
5	+++++++

¿Cómo sintió el accesorio acoplado en su pierna referente a la comodidad al momento de ejercitarse?

1	
2	
3	
4	+
5	+++++++

¿La manera en que se coloca el dispositivo en el muñón y el muslo es fácil y rápida?

1	
2	
3	
4	++++
5	+++++++

¿La opción de variar la ubicación del pasador utilizando uno solo es acertada?

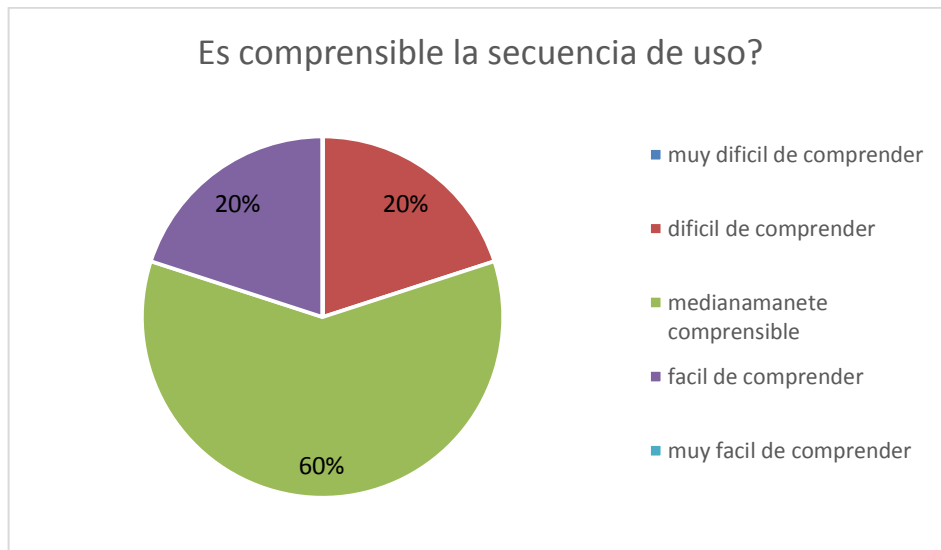
Si +++++++

No ++

¿Cómo cree que se debe facilitar la secuencia de señales de uso?

- Símbolos y formas similares.
- Etiquetas claras.

¿Es comprensible la secuencia de uso para la correcta acomodación del accesorio?



ANEXO E. Formato evaluación prototipo final

Formato para usuarios

Basado en su experiencia utilizando las máquinas de polea, Ud, considera que
(Indique su respuesta con una x)

2. Usar el accesorio es

Usar el accesorio es

Categoría	Participante				
	1	2	3	4	5
1 Extremadamente incómodo					
2 Ligeramente incomodo					
3 Medianamente cómodo					
4 Suficientemente cómodo					
5 Extremadamente cómodo					

6. La conexión del gancho de la polea con la interfaz es

Usar el accesorio es

Categoría	Participante				
	1	2	3	4	5
1 Extremadamente incómodo					
2 Ligeramente incomodo					

- 3 Medianamente cómodo
- 4 Suficientemente cómodo
- 5 Extremadamente cómodo

7. Al realizar los movimientos usando el accesorio

Usar el accesorio es

Categoría	Participante				
	1	2	3	4	5
1 Extremadamente incómodo					
2 Ligeramente incomodo					
3 Medianamente cómodo					
4 Suficientemente cómodo					
5 Extremadamente cómodo					

8. El cambio de lugar del enganche por el contorno del muñón y el muslo es

Usar el accesorio es

Categoría	Participante				
	1	2	3	4	5
1 Extremadamente incómodo					
2 Ligeramente incomodo					
3 Medianamente cómodo					

- 4 Suficientemente cómodo
- 5 Extremadamente cómodo

9. En la ejecución de los ejercicios la comodidad del accesorio es

Usar el accesorio es

Categoría	Participante				
	1	2	3	4	5
1 Extremadamente incómodo					
2 Ligeramente incomodo					
3 Medianamente cómodo					
4 Suficientemente cómodo					
5 Extremadamente cómodo					

ANEXO F. Formato evaluación prototipo final

Formato para Entrenadores o Preparadores físicos

Basado en su experiencia utilizando las máquinas de polea, Ud, considera que
(Indique su respuesta con una x)

1. Usar el accesorio es

Usar el accesorio es

Categoría	Participante				
	1	2	3	4	5
1 Extremadamente incómodo					
2 Ligeramente incomodo					
3 Medianamente cómodo					
4 Suficientemente cómodo					
5 Extremadamente cómodo					

2. La conexión del gancho de la polea con la interfaz es

La conexión del gancho de la polea con la interfaz es

Categoría	Participante				
	1	2	3	4	5
1 Extremadamente incómodo					
2 Ligeramente incomodo					
3 Medianamente cómodo					
4 Suficientemente cómodo					
5 Extremadamente cómodo					

3. Al realizar los movimientos usando el accesorio es:

Al realizar los movimientos usando el accesorio es

Categoría	Participante				
	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

4. El cambio de lugar del enganche por el contorno del muñón y el muslo es

**El cambio de lugar del enganche por el
contorno del muñón y el muslo es**

Categoría	Participante				
	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

5. En la ejecución de los ejercicios la comodidad del accesorio es

**En la ejecución de los ejercicios la comodidad
del accesorio es**

Categoría	Participante				
	1	2	3	4	5
1 Extremadamente incómodo					
2 Ligeramente incomodo					
3 Medianamente cómodo					
4 Suficientemente cómodo					
5 Extremadamente cómodo					