



Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750 - www.unipamplona.edu.co

FACULTADES DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO INDUSTRIAL
PROGRAMA DE DISEÑO INDUSTRIAL
PRIMER SEMESTRE DE 2016

PROYECTO DE GRADO

Elaborado por:

Jorge René García Martínez

Cód: 1094270878

Dirigido por:

D.I. Paola Nigrinis

MAYO DE 2016



Una universidad *incluyente* y *comprometida* con el desarrollo integral



Tabla de contenido

1. CAPÍTULO I – FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	10
1.1. JUSTIFICACIÓN	10
1.2. MARCO DE REFERENCIA	11
1.2.1. TENIS DE MESA – ESPECIFICACIONES	11
1.2.1.1. La mesa	11
1.2.1.2. La pelota.....	12
1.2.1.3. La Raqueta	12
1.2.1.4. Maneras de coger la raqueta.....	12
1.2.1.4.1. Tipo Europeo o clásico.....	12
1.2.1.4.2. Tipo Asiático o Lapicero.....	13
1.2.1.5. El partido.....	13
1.2.1.6. Duración del juego	14
1.2.1.7. El servicio.....	14
1.2.2. TENIS DE MESA ADAPTADO	15
1.2.3. TIPOS DE LIMITACIÓN EN MIEMBROS SUPERIORES	21
1.2.3.1. NIVELES DE AMPUTACION MIEMBROS SUPERIORES	21
1.2.3.2. Amputación.....	21
1.2.3.3. Desarticulación.....	22
1.2.3.4. Amputaciones de la extremidad superior	22
1.2.3.5. Amputación de la muñeca.....	22
1.2.3.6. Amputaciones del antebrazo (por debajo del codo)	23
1.2.3.7. Desarticulación del codo	24
1.2.3.8. Amputaciones del brazo (por encima de codo).....	24
1.2.4. DISMELIA.....	24



1.2.4.1	Clasificación de las Dismelias	25
1.2.4.1.1	Amelias	25
1.2.4.1.2	Peromelia.....	25
1.2.4.1.3	Micromelia	26
1.2.4.2	Tratamiento de las dismelias	26
1.3	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	27
1.3.1	ANÁLISIS DEL USUARIO	33
1.3.1.1	INFORMACIÓN DEL DEPORTISTA CLASE 10.....	33
1.3.1.2	ANÁLISIS ANTROPOMÉTRICO.....	35
1.3.1.3	DEFINICIÓN DE CLASIFICACIÓN CLASE 10.....	42
1.3.1.4	AGARRE DE RAQUETA POR PARTE DEL DEPORTISTA CLASE 10.....	44
1.3.1.5	ANÁLISIS BIOMECÁNICO	45
1.3.1.5.1	MOVIMIENTOS EN EL SERVICIO.....	46
1.3.1.5.2	Lesiones más frecuentes en el tenis de mesa.....	52
1.3.1.5.3	Dificultades presentadas a la hora de jugar Tenis de mesa Clase 10	52
1.3.2	FORMULACION DEL PROBLEMA	53
1.4	OBJETIVO GENERAL	54
1.5	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	54
1.6	MODELO DE INVESTIGACIÓN	55
1.7	REQUERIMIENTOS Y DETERMINANTES	57
1.8	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	61
2	CAPÍTULO II - DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE DISEÑO	63
2.1	ALTERNATIVAS	63
2.2	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	72
2.2.1	MODELADO 3D DE ALTERNATIVAS	72
2.2.2	COMPROBACIÓN DE ALTERNATIVAS	74
2.2.3	PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	76





2.3	EVOLUCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	80
2.4	PROPUESTA FINAL.....	83
2.4.1	COMPONENTES Y PIEZAS DEL FACILITADOR.....	84
2.5	ANÁLISIS DE LA CONFIGURACIÓN FORMAL.....	87
2.6	MATERIALES Y PROCESO PRODUCTIVO.....	91
2.6.1	MATERIALES UTILIZADOS.....	91
2.6.1.1	PLA.....	91
2.6.1.2	VELCRO.....	94
2.6.2	PROCESO PRODUCTIVO.....	94
2.7	COSTOS.....	97
2.8	ANÁLISIS ERGÓNOMICO.....	98
2.9	MANUAL DE USUARIO.....	100
2.10	DIFINICIÓN DE MERCADO.....	101
2.11	INNOVACIÓN.....	104
2.12	ANALISIS AMBIENTAL DE LA RESPUESTA.....	105
2.13	PLANOS Y FICHAS TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN.....	106
2.14	BOCETOS DE EVOLUCIÓN.....	110
2.15	RENDERS FINALES.....	112
2.16	DESPIECES.....	112
2.17	RELACIÓN CON EL USUARIO.....	113
2.18	SECUENCIA DE USO.....	114
2.19	MODELO DE COMPROBACIÓN TRIDIMENSIONAL Y/O PROTOTIPO.....	115
3	COMPROBACIÓN.....	116
3.1	FASE 1 – PREPARACIÓN DEL FACILITADOR.....	116
3.1.1	IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS.....	116
3.1.2	MONTAJE DE ELEMENTO EN BRAZO.....	117
3.2	FASE 2 – RECOLECCIÓN DE LA PELOTA.....	118





3.2.1 RECOGER LA PELOTA..... 118

3.3 FASE 3 – POSICIONAMIENTO Y SERVICIO DE LA PELOTA 119

3.3.1 POSICIONAMIENTO Y SERVICIO..... 119

3.4 FASE 4 – PRÁCTICA DEL JUEGO CON EL FACILITADOR 120

3.4.1 PRACTICA EN JUEGO 120

3.5 COMPROBACIÓN DE EXPERIENCIA DEL PROTOTIPO FINAL POR PARTE DEL DEPORTISTA 120

4 CONCLUSIONES 122

5 BIBLIOGRAFIA 126





Ilustración 33 - Músculos del abdomen como el oblicuo interno y transverso.50

Ilustración 34 - Movimiento de flexión palmar y supinación de la muñeca.....50

Ilustración 35 – Se observa que hay un movimiento de inclinación lateral del tronco 51

Ilustración 36 - Alternativa #163

Ilustración 37 - Alternativa #264

Ilustración 38 - alternativa #364

Ilustración 39 - Alternativa #465

Ilustración 40 - Alternativa #565

Ilustración 41 - Alternativa #666

Ilustración 42 - Alternativa #766

Ilustración 43 - Alterativa #867

Ilustración 44 - Alternativa #967

Ilustración 45 - Alternativa #1068

Ilustración 46 - Alternativa #1168

Ilustración 47 - Alternativa #1269

Ilustración 48 - Alternativa 13.69

Ilustración 49 - Alternativa #1470

Ilustración 50 - Alternativa #1570

Ilustración 51 - Alternativa #1671

Ilustración 52 - Selección de alternativas con deportista y entrenador de la liga72

Ilustración 53 - Planos y especificaciones de la alternativa #172

Ilustración 54 - Planos y especificaciones de la alternativa #2.....73

Ilustración 55 - Planos y especificaciones de la alternativa #3.....73

Ilustración 56 - Alternativas construidas para comprobación74

Ilustración 57 - Juan Carlos, deportista en clasificación CLASE 775

Ilustración 58 - Secuencia e imágenes de comprobación de las alternativas.....75

Ilustración 59 - Boceto de evolución de alternativa escogida80

Ilustración 60 - Planos y especificaciones de modelado 3d de evolución80

Ilustración 61 - Proceso de construcción de evolución de alternativa81

Ilustración 62 - Evolución de propuesta construida.....81

Ilustración 63 - Comprobaciones con los deportistas de la evolución de alternativa ...82

Ilustración 64 - Modelado 3d de Propuesta final83

Ilustración 65 - Base principal para recoger la pelota84





Ilustración 66 - Pieza de soporte de brazo 85

Ilustración 67 - Pieza de soporte de antebrazo 85

Ilustración 68 - Correas de ajuste en velcro..... 86

Ilustración 69 - Mecanismo de giro por medio de tornillo enroscable 86

Ilustración 70 - Partes y músculos que componen el brazo humano 87

Ilustración 71 - Proceso de abstracción de la configuración formal..... 88

Ilustración 72 - Comparación del proceso de abstracción 89

Ilustración 73 - Comparación entre la forma final del soporte de antebrazo..... 90

Ilustración 74 - Geometrización de brazo humano 90

Ilustración 75 - Material PLA en composición inicial..... 92

Ilustración 76 - Proceso de la impresión 3d..... 95

Ilustración 77 - Proceso de producción de prototipo en modelado 3d y PLA 96

Ilustración 78 - Análisis ergonómico sobre las dimensiones del facilitador 98

Ilustración 79 - Análisis de posturas y ángulos del deportista usando el facilitador 99

Ilustración 80 - Facilitador con ajuste a la anatomía del brazo del deportista..... 100

Ilustración 81 - Elementos estructura de facilitador 100

Ilustración 82 - Montaje de facilitador ARM - 10 en brazo de usuario 101

Ilustración 83 – Recolección de pelota a través del facilitador ARM -10 101

Ilustración 84 - Diagramación de empaque del facilitador ARM -10 103

Ilustración 85 - Nombre y logo definidos para el facilitador..... 104

Ilustración 86 - Felipe Mora haciendo uso del facilitador en juego de tenis de mesa 104

Ilustración 87 - Proceso de impresión 3D..... 105

Ilustración 88 - Planos técnicos y medidas de propuesta final 106

Ilustración 89 -Planos técnicos de soporte de antebrazo 107

Ilustración 90 - Planos Técnicos de soporte de brazo..... 107

Ilustración 91 - Planos técnicos del soporte base de la pelota 108

Ilustración 92 - Planos técnicos de correas de ajuste..... 108

Ilustración 93 - Planos técnicos de mecanismo de unión en punto de giro 109

Ilustración 94 - Secuencia de bocetos de evolución 111

Ilustración 95 - Renders finales de propuesta final..... 112

Ilustración 96 - Ficha técnica y despiece de propuesta final 112

Ilustración 97 - Secuencia de uso para el montaje del facilitador 114

Ilustración 98 -Secuencia de uso para recoger la pelota empleando el facilitador 114





Ilustración 99 - Prototipo en material PLA..... 115
 Ilustración 100 - Secuencia 1, identificación de elementos..... 116
 Ilustración 101 – Secuencia 2, montaje del elemento en el brazo 117
 Ilustración 102 - Secuencia 3, pasos para recoger la pelota con el facilitador 118
 Ilustración 103 - Secuencia 4, posicionamiento y servicio por parte del deportista... 119
 Ilustración 104 - Secuencia 5, práctica del deportista en uso del facilitador..... 120
 Ilustración 105 - Comparación al momento de recoger la pelota de antes y después 123
 Ilustración 106 - Comparación de servicio básico antes y después..... 124

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Sistema de Clasificación de tenis de mesa definido por el Comité Paralímpico internacional de tenis de mesa 20
 Tabla 2 - Movimientos adecuados para una posición inicial en el tenis de mesa..... 38
 Tabla 3 -Pasos en un servicio básico. 39
 Tabla 4 - Comparación de la secuencia de movimientos a la hora de ejecutar un servicio..... 40
 Tabla 5 - Definición de Clasificación clase 10 al deportista Felipe Mora..... 43
 Tabla 6 – Secuencias de pasos con posible solución de las existentes en el mercado y requerimientos a cumplir 61
 Tabla 1 - Tabla de usabilidad de elemento facilitador..... 74
 Tabla 2 - Tiempos de impresión 3D por pieza..... 94

ANEXOS

- Anexo 1 - Encuesta a deportista clase 10
- Anexo 2 – Encuesta prototipo





1. CAPÍTULO I – FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. JUSTIFICACIÓN

La práctica del tenis de mesa genera para el deportista con limitaciones físicas una mejora en cuanto al equilibrio, reflejos, rapidez de movimientos o posturas. Sirve para liberar estrés, ansiedad y/o tensión que el deportista lleva consigo, generando mejoras en la salud física y mental, además de ejercitar el cerebro y la vista, retrasando los efectos seniles.

Dentro de la liga de tenis de mesa en norte de Santander para personas en condición de discapacidad existen 6 deportistas en silla de ruedas, 2 con amputación de miembros superiores (brazo y/o antebrazo), 2 deportistas con amputación en miembros inferiores (piernas), en edades que oscilan entre 15 y 50 años de edad; en la actualidad no cuentan con los elementos necesarios para la práctica adecuada, lo cual lleva a limitarlos, además de traer problemas de salud, estrés, rechazo y muy pocas oportunidades, dando como resultado la deserción de la población en la práctica de este deporte.

Los elementos que permiten la práctica del tenis de mesa en la actualidad, tienen problemas como al enfrentar un servicio propio, pues no se cuenta con ningún tipo de elemento adecuado para realizarlo, para la clasificación en clase 10 definida por la ITTF (Federación internacional de tenis de mesa) la cual consiste en: - severo a moderado problema del brazo que no juega- dismelia o discapacidades similares no más largo que 1/2 del antebrazo, no existe un elemento que permite sujetar la pelota adecuadamente lo cual dificulta ya que se pierden bastantes puntos por este motivo. Por tanto este proyecto busca mejorar la participación a través de un facilitador para la práctica del tenis de mesa en personas con limitación en extremidades de miembros superiores.



1.2. MARCO DE REFERENCIA

El tenis de mesa es un deporte de raqueta en el que se compite entre dos jugadores o cuatro jugadores en su modalidad de dobles. Es uno de los deportes más practicados a nivel mundial, y es el deporte en el que más se conjugan la preparación física con la inteligencia.¹ Es un deporte sano de los que se puede practicar ya que al no haber contacto físico entre los jugadores apenas se producen lesiones.

1.2.1. TENIS DE MESA – ESPECIFICACIONES

Características generales

1.2.1.1. La mesa

Las medidas reglamentarias de la mesa son:

Longitud: 2,74 metros, Ancho: 1,52 metros, Altura: 0,76 metros, Altura de la red: 15,25 cm.

Grosor de la mesa: 9 mm (como mínimo para competiciones oficiales de la ITTF).

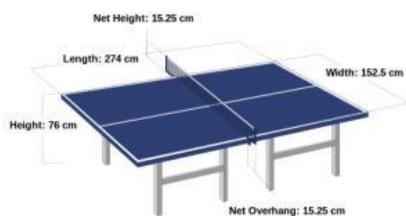


Ilustración 1 - Dimensiones de mesa de tenis de mesa

¹ Carlos Van Lerberghe. Tomado de: <http://www.fetemba.org.ar/editorial/view/7-curiosidades.html>

La superficie de juego será de color oscuro (generalmente azul o verde), uniforme y mate, con una línea de 2 cm de anchura que circunda todo el borde de la mesa. La línea central o divisoria mide 0,3 cm.

1.2.1.2. La pelota

Bolas de 38 mm y de 40 mm. La pelota es esférica y tiene un diámetro de 40 mm (a partir del 01/10/2000), y un peso de 2,7 g. Será de celuloide o de un material plástico similar, blanca o naranja. Hasta hace unos años (aproximadamente año 2001), el diámetro de la bola era 38 mm, pero fue aumentado a 40 mm con la finalidad de conseguir puntos más largos y conseguir una mayor visibilidad en las retransmisiones por televisión.



Ilustración 2 - Bola de 40mm Tenis de mesa

1.2.1.3. La Raqueta

Para golpear la bola se emplea una raqueta, que puede ser de cualquier tamaño, forma o peso, compuesta por una madera y dos gomas. Cada lado de la raqueta debe ser cubierto por un color diferente 15 (roja y negra). Ninguna de estas debe tener defectos que puedan impedir el desarrollo normal de un partido.

1.2.1.4. Maneras de coger la raqueta

La raqueta se puede agarrar principalmente de dos formas:

1.2.1.4.1. Tipo Europeo o clásico

Permite utilizar las dos caras de la raqueta, dando lugar a los golpes clásicos de derecha, y de revés.

Estilo europeo

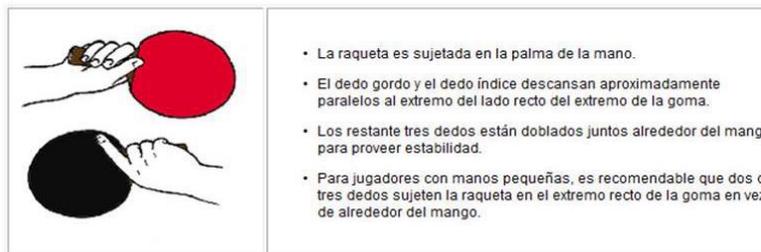


Ilustración 3 - Agarre de la raqueta estilo europeo en tenis de mesa

1.2.1.4.2. Tipo Asiático o Lapicero

Da origen a las variaciones Japonesa o Mariposa (utilizando la parte trasera, o revés, del madero para golpear) y China (sólo se utiliza la parte delantera, o derecho, para golpear, y se colocan los dedos en el revés para dar mayor apoyo).

Estilo chino o lapicero



Ilustración 4 - Agarre de la raqueta estilo europeo en tenis de mesa

1.2.1.5. El partido

Los partidos pueden ser individuales o dobles. Cada jugador o pareja sacará dos veces, pasando a continuación el saque al jugador o pareja contraria. En el caso de que la bola, tras realizar un saque correcto, desde el campo del jugador que saca, golpee en

la red o sus soportes y entre en el campo contrario, se deberá repetir el saque tantas veces como sea necesario.

Si cualquiera de los dos jugadores toca la mesa con cualquier parte de su cuerpo que no sea la raqueta, será punto para el contrario

1.2.1.6. Duración del juego

El juego o set acaba cuando uno de los dos jugadores llegue a 11 puntos ganando por diferencia de dos. En caso de que queden empatados a diez, se seguirán jugando puntos sucesivos en los que cada jugador hará un saque por turno hasta que uno de los dos gane por diferencia de dos. Los sets pueden ser al mejor de 3 de 5 y en torneos oficiales está definido que el ganador será el mejor de 4 de 7 sets.

1.2.1.7. El servicio

El servicio es libre. Hay que sacar sosteniendo la pelota completamente inmóvil, con la mano abierta, elevarla verticalmente y golpearla por detrás y por encima de 15 cm de la superficie de juego. La pelota debe botar una vez en el campo del que sirve y al menos una vez en el campo del que recibe. Solo hay que cumplir eso: por lo demás, el saque es válido. Si la pelota toca



Ilustración 5 - Jugadores profesionales durante un punto en juego en el campeonato mundial de Yokohama 2009



Ilustración 6 - Dimitri Ovcharov, Jugador profesional alemán realizando un servicio



la red y el saque cumple todo lo dicho en el punto anterior, se repite. El saque se repetirá tantas veces como sea necesario. No se le podrá dar efecto a la bola en el saque.

1.2.2. TENIS DE MESA ADAPTADO

El tenis de mesa también es uno de los deportes adaptados más tradicionales para personas con limitaciones físicas no sólo por el número de participantes, sino también por su enorme poder de integración. Puede ser practicado por cualquier persona con limitación física (tetraplejia, parálisis cerebral, amputaciones, malformaciones severas, polio), lo que convierte a este deporte en uno de los más practicados entre el colectivo. Además, el tenis de mesa permite a la persona con limitación el montaje e instalación del campo de juego, lo que ofrece una autonomía para su práctica que muy pocos deportes permiten.²

Los participantes se dividen en 11 clases, en función de su condición motriz. Todas empiezan con las letras TT (de tenis de mesa en inglés) y son acompañadas por un número: del 1 al 5 para personas en silla de ruedas; del 6 al 10 para las que pueden caminar y 11 para las que tienen discapacidad mental.

En cuanto a las adaptaciones reglamentarias el tenis de mesa paralímpico sigue con las mismas normas de la Federación Internacional de Tenis de Mesa (ITTF), a los atletas que no pueden utilizar su mano libre para sacar (ya sea por haber sido amputada o por alguna discapacidad que les impide lanzar la pelota), se les permite usar la mano

² Soñá con Londres, Pilar Nieva, febrero 28, 2011. Tomado de:
<https://superaccionargentina.wordpress.com>

que sostiene la paleta. Esto debe estar debidamente anotado en la clasificación funcional del deportista.

También los atletas tienen que asegurarse que la bola traspase la línea de fondo de su rival en silla de ruedas en el momento del servicio. Si esto no ocurre, se repite el proceso todas las veces que sea necesario.

Además, se les permite sostenerse a sí mismos en la mesa para volver a sus asientos después del golpe, aunque no todo el tiempo. Los atletas pueden jugar con aparatos ortopédicos, prótesis y/o muletas. No existe ningún tipo de limitación de elementos o facilitadores. Pueden utilizar un vendaje para ayudar a colocar la paleta en la mano e incluso contar con una extensión del mango si lo precisan.³

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE TENIS DE MESA		
Tipo	Discapacidad	Referencia - Imagen
Clase 1	CPS: Cuadriplejía asimétrica o simétrica. Problemas severos de equilibrio del tronco. Espasticidad en extremidades superiores (Escala de grado de espasticidad para tono muscular: 3-4).	

³ Tomado de: <http://paradeportes.com/inedito-duelo-de-tenis-de-mesa-en-el-obelisco/>

<p>Clase 2</p>	<p>CPS: Triplejía. Problemas severos de equilibrio del tronco. Espasticidad en extremidades superiores (Escala de grado de espasticidad para tono muscular: 2-3).</p>	
<p>Clase 3</p>	<p>CPS: Diplejía severa. Limitaciones mínimas en el control de extremidades superiores. Problemas moderados en el equilibrio del tronco. Espasticidad severa en extremidades inferiores (Escala de grado de espasticidad para tono muscular: 4).</p>	

<p>Clase 4</p>	<p>CPS: Diplejía moderada. Problemas moderados en el equilibrio del tronco. Espasticidad moderada en extremidades inferiores (Escala de grado de espasticidad para tono muscular: 3).</p>	
<p>Clase 5</p>	<p>CPS: Diplejía leve. Problemas mínimos en el equilibrio del tronco. Ligera espasticidad en las extremidades inferiores. No puede jugar parado.</p>	
<p>Clase 6</p>	<p>Problemas severos de piernas y brazos</p>	

<p>Clase 7</p>	<p>Problemas muy severos de piernas, O severos a moderados problemas del brazo de juego, O moderada hemiplejía de CP o diplejía incluido el brazo de juego.</p> <p>O Combinación de problemas en brazo y pierna en el cual el problema en un miembro es menos severo para ser elegible en clase 7.</p>	
<p>Clase 8</p>	<p>Moderado problema en piernas</p> <p>O moderada CP hemipléjica de CP o diplejía con el brazo de juego bueno O moderados problemas en el brazo de juego.</p>	

<p>Clase 9</p>	<p>Leve problemas en piernas, o problemas severos del brazo que no juega, o leve CP con hemiparesis o monoplegia</p>	
<p>Clase 10</p>	<p>Problemas muy leves en las piernas, o problema muy leve en el brazo de juego, o severo a moderado problema del brazo que no juega, o relacionado con la espalda</p>	
<p>Clase 11</p>	<p>Jugadores con discapacidad intelectual.</p>	

Tabla 3 - Sistema de Clasificación de tenis de mesa definido por el Comité Paralímpico internacional de tenis de mesa

1.2.3. TIPOS DE LIMITACIÓN EN MIEMBROS SUPERIORES

1.2.3.1. NIVELES DE AMPUTACION MIEMBROS SUPERIORES

Alturas de Amputación

- 7 Amputación de la cintura escapular
- 6 Desarticulación de hombro
- 5 Amputación de brazo superior
- 4 Desarticulación de codo
- 3 Amputación de antebrazo
- 2 Desarticulación de muñeca
- 1 Amputación de mano/dedo

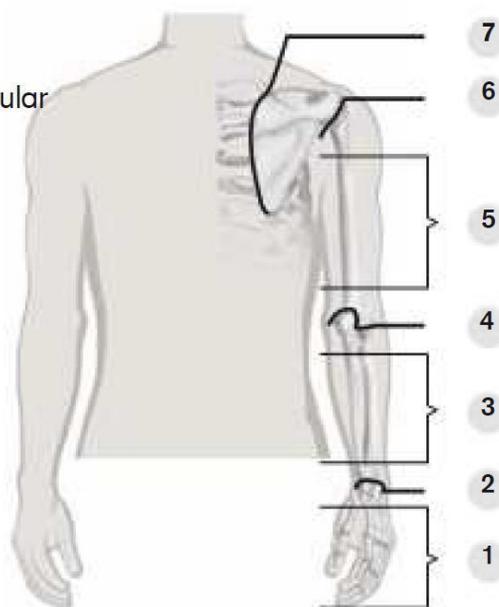


Ilustración 7 - Alturas de Amputación

1.2.3.2 Amputación

Es la remoción o resección total o parcial de una extremidad seccionada a través de uno o más huesos, en forma perpendicular al eje longitudinal del miembro. En relación al mecanismo de producción puede ser de dos tipos:

Amputación Primaria o Traumática.- Es aquella producida por un agente traumático.

Amputación Secundaria o Quirúrgica.- Es aquella electiva o programada para ser realizada por medio de un acto quirúrgico.



1.2.3.3 Desarticulación

Es cuando el nivel de amputación pasa a través de una interlínea articular. La conservación de los cóndilos femorales y del codo, por el largo brazo de palanca del muñón, ofrecen dificultades para la correcta adaptación de un aparato protésico. Sin embargo, son de gran utilidad en los niños porque conservan la lámina de crecimiento.

La amputación es irreversible; ningún miembro artificial posee percepción sensitiva, de manera que es importante no eliminar una extremidad que tenga intacta su sensibilidad (aunque con dolor tolerable), aun cuando haya desaparecido la función motora.

El miembro superior se articula con el tronco a través de una cintura escapular y se divide en tres segmentos: brazo, antebrazo, y mano. El miembro superior se caracteriza por su considerable movilidad.

1.2.3.4 Amputaciones de la extremidad superior

En las amputaciones de la extremidad superior por encima de la mano, debe conservarse la mayor parte posible de miembro que sea compatible con el buen juicio clínico y con la naturaleza del trastorno que exige la amputación.

La mano es de manera incuestionable el segmento más importante de la extremidad superior. La función de los muñones de amputación se reduce de forma progresiva al subir el nivel de la amputación.

1.2.3.5 Amputación de la muñeca

- Amputación transcarpiana
- Desarticulación de la mano

Estos dos tipos de amputación son preferibles a la amputación a través del antebrazo, porque, debido a que no se modifica la articulación radio cubital, se conserva la pronación y la supinación; estos movimientos son valiosos para el paciente y debe hacerse todo lo posible por conservarlos.

1.2.3.6 Amputaciones del antebrazo (por debajo del codo)

En las amputaciones a éste nivel es deseable conservar la mayor longitud de extremidad posible.



Ilustración 8 - Hombre con amputación del antebrazo con prótesis

Cuando la articulación de la extremidad superior está muy afectada, es menos probable que curen bien las amputaciones a través del tercio distal, que las realizadas a un nivel más proximal, debido a que la piel más distal suele ser más delgada y tiene menos tejido subcutáneo; también los tejidos blandos a nivel más distal se componen básicamente de estructuras poco vascularizadas como fascia y tendones.⁴

Por esta razón en estas circunstancias excepcionales es preferible la amputación en la unión de los tercios medio y distal del antebrazo.

En las amputaciones a través del tercio proximal del antebrazo es preferible dejar un muñón muy pequeño por debajo del codo de 3.8-5 cm de largo a una amputación a través del codo. Es muy importante conservar la articulación del codo.

⁴ UNER - Fac.Ciencias de la Salud Carrera:Licen Kinesiología y Fisiatria Alumnos: Acheriteguy Jael Campodonico Romina Cheirasco Juan Rizzo Enzo. Tomado de:
<http://protesismmssuner.blogspot.com.co/2009/10/niveles-de-amputacion-miembro-superior.html>



Ilustración 9 - Hombre con Desarticulación del codo y prótesis

1.2.3.7 Desarticulación del codo

Esta articulación es un nivel excelente de amputación porque el encaje de la prótesis puede agarrarse con fuerza a los cóndilos humerales.

1.2.3.8 Amputaciones del brazo (por encima de codo)

Este tipo de amputación se define como aquella realizada a cualquier nivel deseado entre la región supracondílea del húmero y el nivel del pliegue axilar.



Ilustración 10 - Hombre con amputación del brazo (por encima del codo) y prótesis de brazo

1.2.4 DISMELIA

Dismelia es el término general para todos los tipos de anomalías congénitas en los miembros, ya sean por genética, provocadas por el medio ambiente o a través de un problema aislado de desarrollo fetal.

La Dismelia se trata de un proceso anormal congénito, caracterizado por la ausencia o graves malformaciones de las extremidades del cuerpo, asociado en algún caso, a otras malformaciones cardiovasculares, cutáneas, genitourinarias o gastrointestinales, producidas por un metabolismo anormal durante el desarrollo embrionario.⁵



Ilustración 11 - Mujer en condición de dismelia en ambos brazos

Se considera dentro las enfermedades raras con diferentes grados y tipos de daño congénito ya que afectan aproximadamente a 5 neonatos de cada 10.000 personas.

1.2.4.1 Clasificación de las Dismelias

Dismelias encontramos otras malformaciones:

1.2.4.1.1 Amelias

Son ausencias de las extremidades donde los brazos y las piernas se articulan directamente en el tronco

1.2.4.1.2 Peromelia

Consiste en el acortamiento congénito de las extremidades en forma de muñones

⁵ Tomado de: <http://www.guttmann.com/es/treatment/dismelias>, referencias Dysnet, The Online Dismelia Community



1.2.4.1.3 Micromelia

La presencia de extremidades pequeñas.

1.2.4.2 Tratamiento de las dismelias

No existe en la actualidad ningún tratamiento específico, si bien el abordaje rehabilitador interdisciplinar con la participación de las familias en la neurorrehabilitación es la base para lograr el máximo nivel de independencia en las actividades de la vida diaria para las personas afectadas de dismelias. En muchos casos serán pacientes que requerirán de intervenciones quirúrgicas especializadas por el equipo de neuro-ortopedia y la adaptación de prótesis, a medida que el niño/a crezca.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente no se cuenta con los elementos adecuados para la participación e integración de las personas con limitación en extremidades en miembros superiores a nivel de brazo y antebrazo ya que no se integra sus herramientas para un uso y práctica adecuada.



Ilustración 12 - Juegos Paralímpicos Londres 2012. Natalia Partyka ejecutando el servicio en un juego CLASE 10

No se han planteado soluciones actualmente para cumplir con la necesidad de poder adaptar la limitación de los jugadores para la competición del deporte de tenis de mesa en juegos paralímpicos por ello se ven bastante reducidos a la hora poder realizar un servicio adecuado para un óptimo desarrollo del juego.



Ilustración 13 - 27 de Marzo de 2014/ SANTIAGO, clasificatorias de tenis de mesa realizadas en el Centro de Alto rendimiento (CAR) del Estadio Nacional. I Juegos Parasuramericanos Santiago 2014



Ilustración 14 - Deportista paralímpico español José Manuel Ruiz – Clasificación Clase 10 de Tenis de mesa paralímpico sin ningún tipo de elemento de ayuda.

En Cúcuta se cuenta desde hace 7 años con una liga de tenis de mesa para personas en condición de discapacidad en donde hay diferentes tipos de personas con limitaciones que van desde paraplejía hasta dismelias en miembros superiores.

La liga no cuenta con ningún elemento de ayuda para estos deportistas ya que cada deportista practica el deporte con la condición en que se encuentra con sus propios elementos necesarios.



Ilustración 15 - Deportistas de la liga de tenis de mesa de Norte de Santander para personas con limitaciones físicas celebrando su participación e importantes logros en el campeonato para-nacional de Tenis de mesa en la ciudad de Cúcuta en el año 2012.



Ilustración 16 - Integrante de la liga de tenis de mesa de norte de Santander en proceso de entrenamiento



Ilustración 17 - Deportistas de la liga en situación de discapacidad en silla de ruedas en sesión de entrenamiento



Ilustración 18 - Jugadores de tenis de mesa de norte y jugador de tenis de mesa adaptado de norte de Santander en sesión de estiramiento en calentamiento previo



Ilustración 19 - Secuencia en donde se observa un joven en situación de discapacidad con prótesis en pierna y dismelia en el brazo, realizando una práctica de servicio sin ningún tipo de elemento que le ayude a mejorar su práctica. Secuencia tomada por: Wilmar Niño, Entrenador de la liga de tenis de mesa adaptado de norte de Santander



1.3.1 ANALISIS DEL USUARIO

En la liga de tenis de mesa de norte de Santander cuenta con 1 deportista, el cual se encuentra en clasificación clase 10 definida por la ITTF (Federación internacional de tenis de mesa) la cual consiste en: “Severo a moderado problema del brazo que no juega, dismelia o discapacidades similares no más largo que 1/2 del antebrazo”

Este deportista clase 10 será la muestra a tomar ya que no existe un elemento que permita sujetar la pelota adecuadamente lo cual dificulta el servicio ya que se pierden bastantes puntos por este motivo.

1.3.1.1 INFORMACIÓN DEL DEPORTISTA CLASE 10



Ilustración 20 - Felipe Mora, deportista en clasificación CLASE 10. Integrante de la liga de tenis de mesa Norte de Santander

Nombre: Felipe Mora

Sexo: Masculina

Edad: 26 años

Ciudad: Cúcuta, Norte de Santander

Condición: Dismelia en brazo derecho con articulación de codo, muñeca no mayor 2/3 del antebrazo, Brazo izquierdo realiza soporte sobre la raqueta



Ilustración 21 - Secuencia de deportista de la liga CLASE 10 realizando un servicio y golpeando la bola, no utiliza ningún elemento de ayuda para el agarre y servicio óptimo en donde se dificultad en la actividad.

1.3.1.2 ANÁLISIS ANTROPOMÉTRICO

MEDICIÓN ANTROPOMÉTRICA



Se tomaron en cuenta las medidas necesarias para tomar una medición antropométrica adecuada para la toma de medidas de cada parte del brazo del deportista tomando como base su condición. Las medidas que se tomaron fueron:

Ancho del antebrazo, longitud del muñón, longitud del hombro, longitud del brazo, perímetro del muñón, perímetro de bíceps, perímetro de codo, longitud del brazo convencional, longitud de agarre, longitud de la muñeca.



Referencia	Medida
Codo – muñeca	26 cm
Codo – mano	44 cm
Codo – muñón	7 cm
Longitud de muñón	7 cm
Circunferencia de muñón	22 cm
Diámetro de muñón	6,5 cm
Circunferencia de bíceps	26 cm
Longitud hombro - codo	38 cm
Longitud codo – puño (agarre mínimo)	30 cm

Todo esto para poder tener precisión a la hora de realizar el diseño del facilitador.

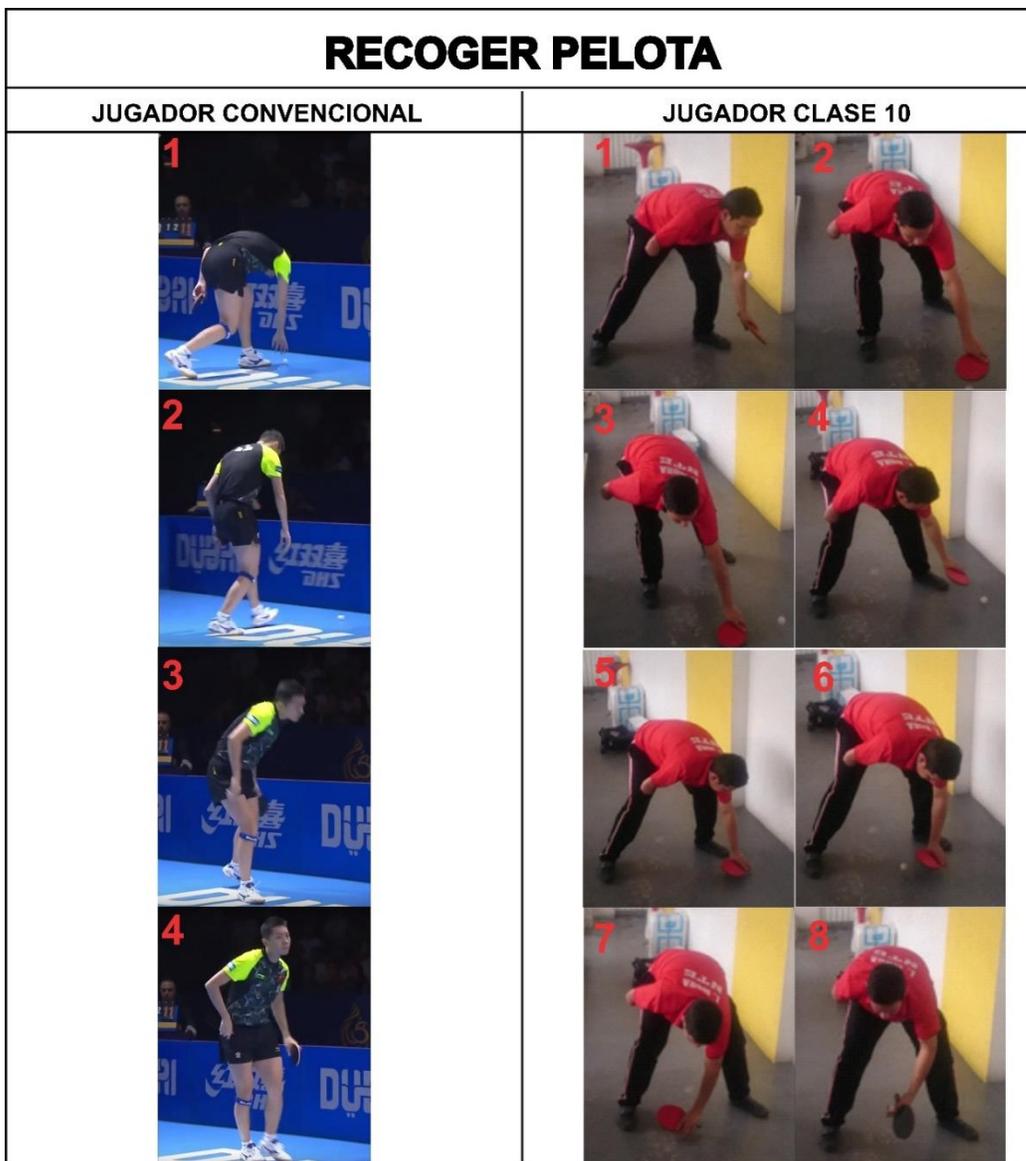


Ilustración 22 – Secuencia para la recolección de la pelota. Jugador convencional y jugador clase 10

En la secuencia se puede observar la manera como el deportista Felipe Mora, integrante de la Liga de tenis de mesa adaptado de Norte de Santander tiene la dificultad al momento de recoger la bola ya que esta se encuentra en movimiento, además es bastante

complicado para el deportista mantener la raqueta para detener la pelota y tratar de agarrarla todo con la misma mano, lo cual lo lleva a realizar hasta 8 pasos que se consideran excesivos para la recolección; Una personal convencional realizaría este proceso en un numero de pasos no mayor a 4 movimientos.

POSICIÓN INICIAL	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Rodillas flexionadas y ligeramente inclinado hacia adelante. 2. Los pies separados al ancho de los hombros. 3. Si el jugador es diestro el pie derecho ira ligeramente retrasado. Si el jugador es zurdo el pie izquierdo ira ligeramente retrasado. El pie retrasado será su pie de apoyo. 4. La raqueta deberá estar a la altura de la mesa y delante del cuerpo (Para un cambio fácil entre la derecha y el revés). 	

Tabla 4 - Movimientos adecuados para adoptar una posición inicial en el tenis de mesa. Arriba – Timo Boll, Jugador profesional alemán. Abajo – Dimitri Ovcharov, jugador profesional alemán.

Saque Básico - Topspin & Cortado

TOPSPIN	<i>Puntos a Observar</i>	CORTADO
 'INICIO'	1. Posición Inicial <ol style="list-style-type: none"> La pelota en la palma de la mano extendida. La paleta y la mano libre encima de la mesa y detrás de la línea de fondo. 	 'INICIO'
 'LANZAMIENTO'	2. Movimiento hacia Atrás <ol style="list-style-type: none"> Lanzar la pelota hacia arriba al menos 15 cm. La paleta se mueve hacia atrás y detrás de la pelota. Cerrar el ángulo de la paleta para sacar con topspin. Abrir el ángulo de la paleta para sacar cortado. 	 'LANZAMIENTO'
 'ENCIMA'	3. Movimiento hacia Adelante <ol style="list-style-type: none"> La paleta se mueve hacia adelante. Tocar la pelota convenientemente. Tocar la pelota en la parte superior para topspin. Tocar la pelota en la parte inferior para cortado. 	 'DEBAJO'
 'TERMINACION'	4. Terminación <ol style="list-style-type: none"> Terminar adelante y arriba para topspin. Terminar adelante y abajo para cortado. Volver a la posición inicial para el siguiente tiro. 	 'TERMINACION'

Tabla 5 -Pasos en un servicio básico. Tomado de <http://deportesderaquetacenda.blogspot.com.co/>

SERVICIO BÁSICO	
JUGADOR CONVENCIONAL	JUGADOR CLASE 10

Tabla 6 - Comparación de la secuencia de movimientos a la hora de ejecutar un servicio, Izq. Jiangsu – Jugador profesional Chino, Der. Felipe Mora – Integrante de la liga de Tenis de mesa adaptado de Norte de Santander

En la tabla anterior se evidencia el movimiento inadecuado de la pelota al momento de servir, ya que la pelota toma una dirección que no es la adecuada inclinándose hacia atrás, lo que conlleva a realizar un servicio incorrecto y como consecuencia la pérdida de puntos.



Ilustración 23 - Comparación entre deportista convencional y jugador clase 10

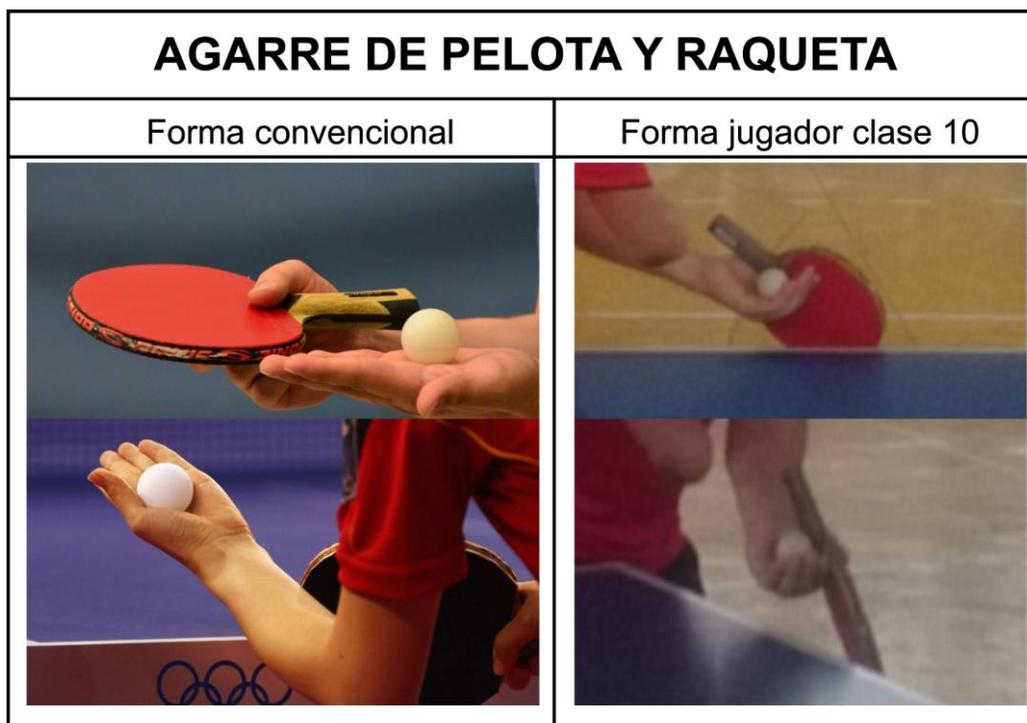


Ilustración 24 - Comparación entre agarres de pelota y raquetas de la forma convencional y la forma de un jugador clase 10



1.3.1.3 DEFINICIÓN DE CLASIFICACIÓN CLASE 10

La definición del deportista Felipe Mora integrante de la liga de tenis de mesa de Discapacidad de Norte de Santander, en donde se defina con una condición de discapacidad por dismelia de brazo derecho con articulación de codo y es catalogado como deportista de pie Clase 10 según la ITTF (Federación Internacional de Tenis de Mesa), la cual especifica una condición: “severo a moderado problema del brazo que no juega, dismelia o discapacidades similares no más largo que 1/2 del antebrazo”

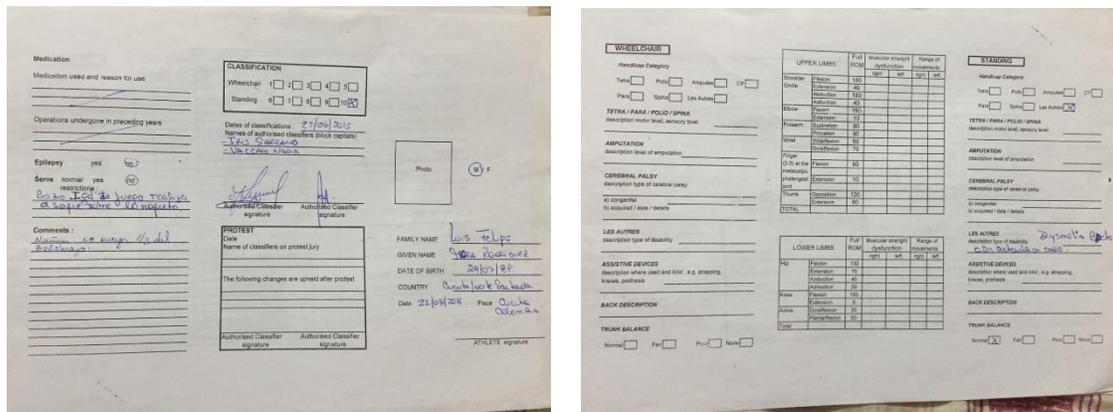


Ilustración 25 - Diagnóstico Médico del deportista Felipe Mora por parte de un médico y una fisioterapeuta por parte de la ITTF, se define la situación del deportista en una clasificación en clase 10



DEFINICIÓN DE LA CLASIFICACIÓN CLASE 10	
Problemas muy leves en las piernas	Solo tobillo rígido
	Amputación de la parte delantera del pie a través de todo el metatarso (mínimo 1/3 de pie)
	(Sub)luxación de cadera
	Polio: Pérdida de 10 puntos en la fuerza de los músculos en una extremidad inferior
Problemas muy leve en el brazo de juego	Dedo con amputación/dismelia con agarre funcional
	Muñeca rígida con agarre funcional
	Debilidad de la mano o una articulación del brazo
Severo a moderado problema del brazo que no juega	Solo Amputación por debajo del codo con una longitud del muñón más largo a ½ del antebrazo
	Lesión del plexo braquial con algunas funciones residuales
	Dismelia o discapacidades similares no más largo que ½ del antebrazo
Relacionado con la espalda	Movimiento reducido por deformación de la columna

Tabla 7 - Definición de Clasificación clase 10 al deportista Felipe Mora, Integrante de la liga de tenis de mesa adaptado de norte de Santander

Tabla de la especificaciones para la definición de la clasificación clase 10, en donde se muestra las condiciones de problemas muy leves en las piernas, problemas muy leve en al brazo de juego, severo a moderado problema del brazo que no juega y problemas relacionados con la espalda.

La condición que se toma como base para la realización del proyecto es la definición de severo a moderado problema del brazo que no juego con dismelia o discapacidades similares no más largo que ½ del antebrazo.



1.3.1.4 AGARRE DE RAQUETA POR PARTE DEL DEPORTISTA CLASE 10

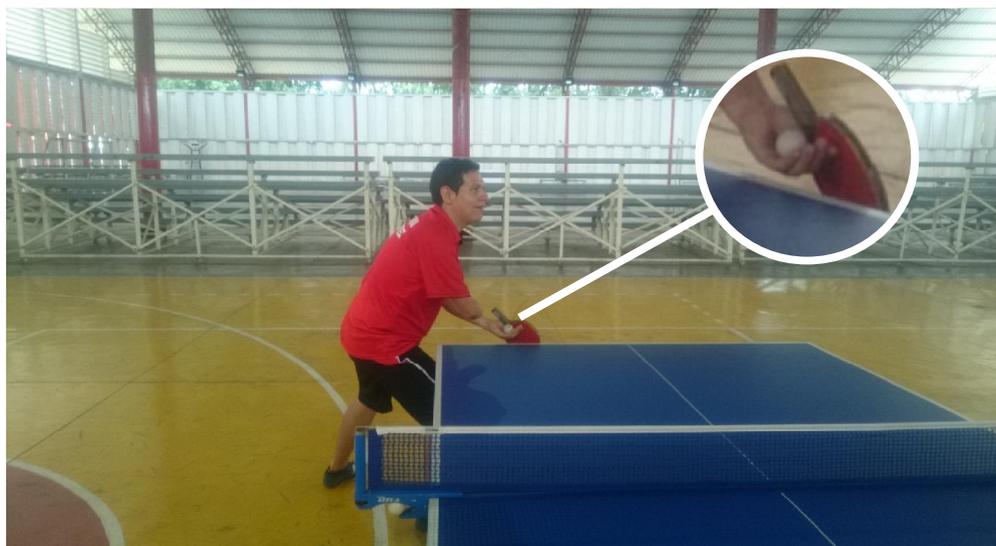


Ilustración 26 - Se puede observar la forma en que el deportista Felipe Mora toma la raqueta, se ve la dificultad para servir lo cual lo significa una pérdida de entre 4 a 5 puntos de los servicios a la hora de jugar.

El agarre de la raqueta se realiza por medio del mecanismo de pinza por oposición subterminolateral en donde la cara palmar del pulpejo del dedo pulgar y la cara lateral radial del dedo índice. Este agarre es fuerte y eficaz.

Dentro de este tipo de agarre intervienen los siguientes músculos:

1. Primer músculo interóseo dorsal del dedo índice
2. Músculo flexor corto del pulgar
3. Primer músculo interóseo palmar
4. Músculo aductor del pulgar



Ilustración 27 - Movimiento del tren superior durante las fases del movimiento hacia el contacto e instante del impacto

1.3.1.5 ANÁLISIS BIOMECÁNICO

El análisis biomecánico es de suma importancia desde el punto de vista clínico, dado que el análisis de la postura y el movimiento son el resultado de la interacción de tres sistemas fisiológicos: El sistema músculo esquelético, sistema nervioso y sistema sensorial. Por esto se deben tener en cuenta para un adecuado estudio y completo análisis del deportista.

1.3.1.5.1 MOVIMIENTOS EN EL SERVICIO

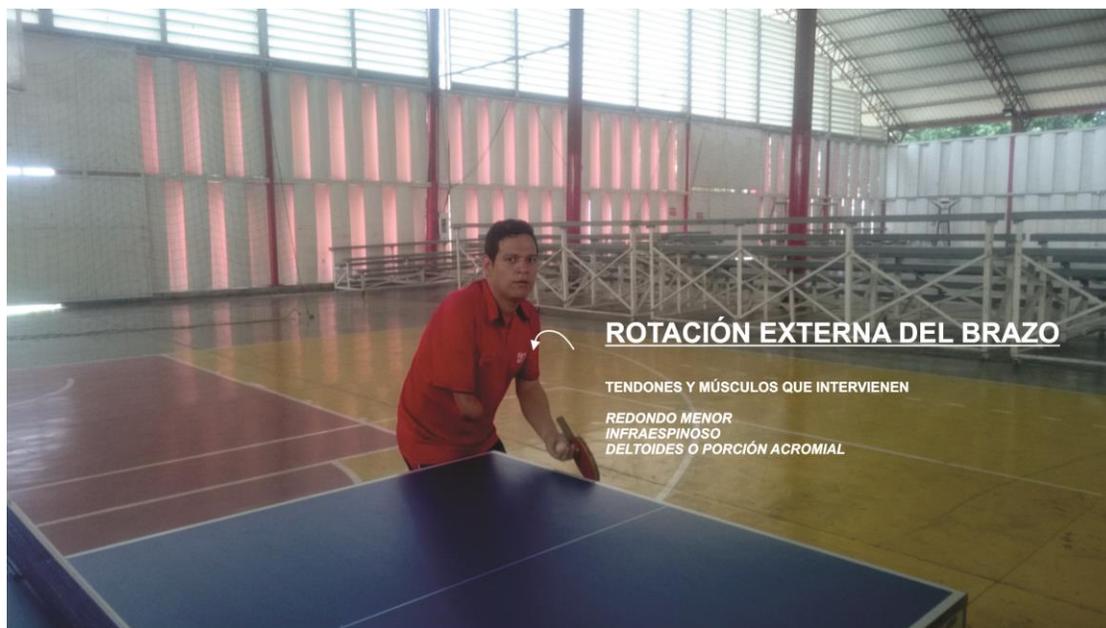


Ilustración 28 - En el inicio del servicio se puede ver como el deportista realiza un movimiento el cual lo lleva a hacer una rotación externa del brazo en donde intervienen los músculos – Redondo menor, infraespinoso y deltoides.



Ilustración 29 - En el movimiento del servicio se realiza la supinación del antebrazo, el cual le lleva intervenir músculos como bíceps braquiales y el supinador corto. Todo esto se debe a la dificultad de tener la raqueta y la bola en la misma mano, por ello se pierden demasiados puntos en el servicio del deportista.



Ilustración 30 - El deportista realiza una anteversión del brazo en el momento del lanzamiento de la bola



Ilustración 31 - Se realiza una flexión del antebrazo sobre el brazo, en el momento en el que el deportista lanza la bola a la distancia mínima definida por la ITTF para que sea un servicio correcto



Ilustración 32 - Se observa que el deportista realiza una extensión del antebrazo sobre el brazo



Ilustración 33 - Se observa el movimiento de abducción del brazo que realiza el deportista al momento para golpear la bola en el servicio



Ilustración 34 - Se puede apreciar al deportista Felipe Mora definido como Clase 10, según la ITTF, realizando un servicio en donde realiza una flexión del tronco de 27 grados, y en donde intervienen los músculos como: Recto del abdomen, oblicuo externo e interno y transversal del abdomen.



Ilustración 35 - Dentro del servicio realizado por el deportista se aprecia como intervienen los músculos del abdomen como el oblicuo interno y transverso del abdomen, todo esto muestra la complejidad y esfuerzo del movimiento que puede realizar dentro del servicio.



Ilustración 36 - Al momento de terminar el servicio se realiza un movimiento de flexión palmar y supinación de la muñeca con ángulo de 32 grados.



Ilustración 37 – Se observa que hay un movimiento de inclinación lateral del tronco

En la secuencia anterior se muestra al deportista Felipe Mora, deportista de la liga de tenis de mesa adaptado de Norte de Santander con una condición de dismelia en brazo derecho con articulación de codo, el deportista está definido en clase 10 según la Clasificación de la ITTF la cual especifica una condición: “severo a moderado problema del brazo que no juega, dismelia o discapacidades similares no más largo que 1/2 del antebrazo.”

En conclusión se evidencian las dificultades que tiene el deportista Felipe Mora a la hora realizar un servicio en la práctica del tenis de mesa, se muestra un exceso de pasos (8 pasos y una persona sin ningún tipo de limitación lo hace en 4 pasos) a la hora de recoger la bola para servir ya que la raqueta ocupa un área de agarre mayor en donde solo queda disponible para usar los dedos como agarre de la pelota. Además, se expone a la fatiga y lesiones en su brazo de juego ya que excede y recarga su brazo de esfuerzo físico.



1.3.1.5.2 Lesiones más frecuentes en el tenis de mesa

1. Tendinitis del supraespinoso
2. Tendinitis de Biceps Braquial
3. Epicondilitis lateral o codo de tenista
4. Síndrome del pronador redondo
5. Distensión muscular

Las dificultades presentadas a la hora de jugar Tenis de mesa presentadas por el deportista Felipe Mora definido dentro de la clasificación según el Comité Paralímpico Internacional de Tenis de mesa como Clase 10 están evidenciadas a continuación:

1.3.1.5.3 Dificultades presentadas a la hora de jugar Tenis de mesa Clase 10

1. Exceso de pasos para recoger la bola
2. Agarre inadecuado de la raqueta
3. Pérdida de puntos en el momento de servir durante un juego
4. Sobrecarga muscular en brazo y muñeca de juego
5. Movimiento inadecuado de la bola al momento de servir
6. Mayor riesgo a lesiones musculares

ANÁLISIS BIOMECÁNICO

Se analiza desde un enfoque biomecánico en la fase del servicio para detallar y hacer el análisis a los siguientes aspectos:



La **efectividad** durante la realización del servicio es muy baja. Ya que el deportista pierde demasiados puntos durante el juego por su mal agarre en la raqueta y la pelota.

Efectividad en el servicio (Durante Set)		
Puntos jugados	20	100 %
Puntos ganados	9	45 %
Servicio Realizados	10	100%
Servicios correctos	6	60 %
Servicio errados o mal servicio	4	40%

El deportista evidencia en la fase del servicio una **eficiencia** del 60% el cual es número considerable de puntos perdidos durante un juego. Lo cual hace que el deportista no aumente su nivel de juego.

1.3.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cómo incentivar la práctica del tenis de mesa en personas con limitación en extremidades de miembros?



1.6 MODELO DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto se define como un método científico Cualitativo ya que busca apoyar a las personas con limitación desde un enfoque humano buscando la igualdad de condiciones y el apoyo de las diferentes entidades para la integración de dicha población.

Para el levantamiento de información necesaria para la realización del proyecto se realiza una serie de herramientas que definirán y apoyaran la culminación exitosa del objetivo, facilitando la práctica del deporte a personas con limitación y con ellos logrando la inclusión de estos dentro nuestra sociedad.

Entrevistas: Donde se busca recolectar la información sobre la participación que han tenido en los diferentes eventos deportivos y saber si han tenido ayuda en los diferentes ámbitos dentro del deporte.

Encuestas: Estas encuestas se les realiza a los deportistas dentro de las liga de Tenis de mesa para conocer las opiniones y observaciones que tienen las personas dentro de la liga en cuanto a competir con personas con limitaciones físicas.

El método para la realización de esta investigación científica está definido por una serie pasos que son las que más se ajustan a las necesidades requeridas para el desarrollo del proyecto.

Para esto se ha tomado como base el método proyectual de diseño planteado por Bruno Munari, ya que se especifica el paso a paso para llegar a una solución ideal.



1. Definir el problema
2. Elementos del problema
3. Recopilación de datos
- 4.- Análisis de datos
5. Creatividad
6. Materiales – Tecnologías
7. Experimentación
8. Modelos
9. Verificación

DQS is member of:



THE INTERNATIONAL CERTIFICATION NETWORK





1.7 REQUERIMIENTOS Y DETERMINANTES

REQUERIMIENTOS DE USO	
REQUERIMIENTOS	DETERMINANTES
Debe considerarse que el tiempo del montaje sea corto	Debe tener un empalme adecuado para el fácil montaje no mayor a 30 segundos
Debe considerarse bordes no peligrosos	Debe tener formas suavizadas en los bordes para evitar peligros de lesionar al deportista
Se debe tener en cuenta una fijación estable del elemento para comodidad del deportista	Debe tener soportes y correas para que el deportista puede sujetar el elemento con firmeza y estabilidad
Debe considerarse uniones que no atenten contra el físico del deportista	Debe tener uniones que se adapten a la forma del codo evitando el contacto con la piel del deportista
Debe contemplarse materiales de fácil limpieza	Debe tener polímeros, telas anti fluidos, elásticos
Debe considerarse materiales que perduren	Debe ser de ABS, Titanio, aluminio, Polímeros, PVC, o policarbonato
Debe considerarse materiales de fácil acceso para su reparación	Debe tener materiales asequibles en el mercado local
Debe contener elementos adicionales para reparación	Debe contener repuestos como elementos de unión, ensamblés
Se debe tener en cuenta un tamaño adecuado para el brazo	Debe tener un tamaño no mayor a 20 cm para permitir los movimientos adecuados del juego
Se debe considerar que el elemento permita movimientos adecuados durante el juego de Tenis de mesa	Deben ser movimientos de Pronación, Supinación, rotación, flexión, extensión y abducción de codo y hombro
Se debe tener en cuenta las medidas antropométricas para usuarios clase 10	Debe estar las medidas con un muñón no mayor a un medio del antebrazo
Se deben contemplar los diferentes ángulos para los movimientos en el juego	Debe permitir movimientos en ángulos de <math><90^\circ</math>
Debe considerarse que el elemento cuente con un peso adecuado	Debe tener un peso máximo de 1 kg
Debe tomarse en cuenta que el elemento permanezca a una temperatura estable	Debe tener espacios de ventilación para permitir que el aire circule evitando un calentamiento excesivo del brazo en el deportista



Se debe tener en cuenta que el elemento no genera ruidos a la hora de practicar el tenis de mesa	Debe tener una estructura compacta y firme para evitar desprendimiento de piezas
Se debe considerar características formal-estéticas para el lenguaje de uso del elemento	Debe tener colores, símbolos que puede distinguir el deportista
Debe considerarse un fácil transporte	Debe tener un empaque para que transporte el elemento desmontado y los repuestos

REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN	
REQUERIMIENTOS	DETERMINANTES
Debe contemplarse un mecanismo para que la bola no gire al momento de servir	Debe tener una base donde siempre esté lista y sea visible para servir la bola
Debe tener en cuenta un sistema que permite mostrar la bola sin obstrucciones	Debe tener una plataforma con soportes para que la bola sea visible por el contrario
Debe facilitarse la dinámica de recoger la bola	Debe ser máximo 4 pasos para recoger la bola
Debe considerarse un mecanismo para recoger la bola sencillo y eficiente	Debe tener una banda elástica templada para el agarre de la bola
Debe considerarse un mecanismo que no ponga en riesgo la salud física del deportista a la hora de recoger la bola con el elemento	Debe tener un soporte para recoger la bola sin poner el riesgo la salud del deportista
Debe considerarse un mecanismo que permite el movimiento interno de la bola en el elemento facilitador	Debe tener canales que permitan el movimiento interno de la bola para su posicionamiento
Se debe tener en cuenta un mecanismo sencillo para el movimiento necesario para el posicionamiento de la bola	Debe ser por medio del movimiento de flexión y extensión del brazo con el elemento para el adecuado posicionamiento de la bola
Debe considerarse un elemento que se vea confiable para el deportista	Debe ser elementos que sean seguros visualmente
Debe considerarse que el elemento desempeñe distintas funciones	El deportista debe poder servir y recoger la bola
Debe tomarse en cuenta los esfuerzos que debe soportar el elemento a la hora que el deportista practique el deporte	Debe soportar esfuerzos de compresión, tensión y choque.
Debe considerarse tener acabados que no afecten el juego	Debe tener acabados lisos





REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	
REQUERIMIENTOS	DETERMINANTES
Debe considerarse la más mínima cantidad de componentes	Debe tener entre 1 a 3 piezas
Debe tener elementos de protección para el producto y el usuario	Debe tener una carcasa que proteja los elementos internos
Se debe tener en cuenta un centro de gravedad estable en la estructura del elemento	Debe tener un peso equilibrado entre sus ejes

REQUERIMIENTOS FORMALES	
REQUERIMIENTOS	DETERMINANTES
Se debe tener en cuenta una simplicidad en su forma	Debe ser de formas orgánicas
Se debe contemplar una característica coherentes en sus formas	Debe tener relación de formas en las partes del elemento
Se debe tener en cuenta la atención visual de los usuarios hacia el elemento	Debe tener contraste de colores
Se debe tomar en cuenta una forma que esté acorde a las proporciones del usuario y el elemento	Debe tener simetría estética para mantener una estabilidad visual
Se debe contemplar una cubierta que facilite el lenguaje de uso	Debe haber relación por medio de conceptos de color y textura que refleje las características del deportista

REQUERIMIENTOS TÉCNICO-PRODUCTIVOS	
REQUERIMIENTOS	DETERMINANTES
Se debe tener en cuenta la maquinaria necesaria	Debe ser con máquinas de impresión 3d
Se debe contemplar la mano de obra en la fabricación del elemento	Se debe tener los operarios de la maquinaria 3d
Se debe contemplar un modo de producción industrial	Debe hacerse en serie para una adecuada producción
Se debe contemplar las materias primas para la elaboración del elemento	Se debe tener rollos de filamentos ABS, PLA





Se debe tener la calidad del elemento por medio de pruebas	Se deben realizar pruebas de compresión y al choque
Se debe tener un proceso de producción definido	Debe ser un proceso por adición y fundición de polímeros capa por capa
Se debe contemplar los gastos generales en la producción del elemento	Materiales, mano de obra

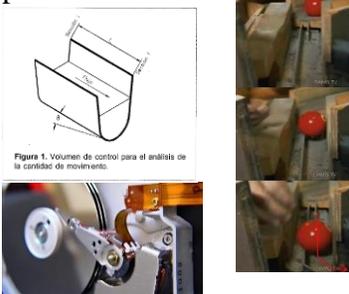
REQUERIMIENTOS ECONOMICOS O DE MERCADO	
REQUERIMIENTOS	DETERMINANTES
Se debe contemplar un precio razonable del elemento para el deportista	El elemento debe tener un precio no mayor a 1'000.000 de pesos

CANALES DE DISTRIBUCIÓN	
REQUERIMIENTOS	DETERMINANTES
Se debe tener en cuenta el modo de transportar el elemento	Debe tener un empaque que proteja al elemento de golpes
Se debe contemplar el tiempo de uso del elemento	El elemento debe tener un tiempo de uso mayor a 2 años



1.8 DEFINICIÓN CONCEPTUAL

Tabla 8 – Secuencias de pasos con posible solución de las existentes en el mercado y requerimientos a cumplir

SECUENCIA DE PASOS DURANTE LA PRACTICA	POSIBLE SOLUCIÓN	REQUERIMIENTO A CUMPLIR
<p>Recoger la Bola</p>	<p>Pinzas, poleas, rodillos, bandas elásticas, palancas, manivelas</p> 	<p>Debe facilitarse la dinámica de recoger la bola</p> <p>Se debe tener en cuenta una fijación estable del elemento para comodidad del deportista</p> <p>Debe considerarse un mecanismo para recoger la bola sencillo y eficiente</p> <p>Debe considerarse un mecanismo que no ponga en riesgo la salud física del deportista a la hora de recoger la bola con el elemento</p>
<p>Posicionar la bola</p>	<p>Canales, palancas</p> <p>Soportes,</p>  <p><small>Figura 1. Volumen de control para el análisis de la cantidad de movimiento.</small></p>	<p>Debe considerarse un mecanismo que permite el movimiento interno de la bola en el elemento facilitador</p> <p>Se debe tener en cuenta un mecanismo sencillo para los movimientos necesarios para el posicionamiento de la bola</p>

<p>Servir la bola</p>	<p>Plataformas, Huellas, soportes</p> 	<p>Debe tener en cuenta un sistema que permite mostrar la bola sin obstrucciones</p> <p>Debe contemplarse un mecanismo para que la bola no gire al momento de servir</p>
<p>Movimiento de juego normalmente</p>	<p>Correas, soportes, vendajes, palancas</p> 	<p>Debe tomarse en cuenta los esfuerzos que debe soportar el elemento a la hora que el deportista practique el deporte</p> <p>Se debe considerar que el elemento permita movimientos adecuados durante el juego de Tenis de mesa</p> <p>Se debe tener en cuenta las medidas antropométricas necesarias de los usuarios</p> <p>Se deben contemplar los diferentes ángulos para los movimientos en el juego</p> <p>Debe considerarse que el tiempo del montaje sea corto</p> <p>Debe tener elementos de protección para el producto y el usuario</p>

2 CAPÍTULO II - DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE DISEÑO

2.1 ALTERNATIVAS

Se desarrollaron una serie de 16 alternativas por medio de una lluvia de ideas en donde se plantearon diferentes mecanismos de unión, soporte, correas, ejes de giro, mecanismos de recoger objetos, como respuesta al diseño de un facilitador para la práctica del tenis de mesa en personas con limitaciones en miembros superiores definidos como deportistas en clasificación clase 10 según el sistema internacional de la ITTF y el comité paralímpico internacional de tenis de mesa.

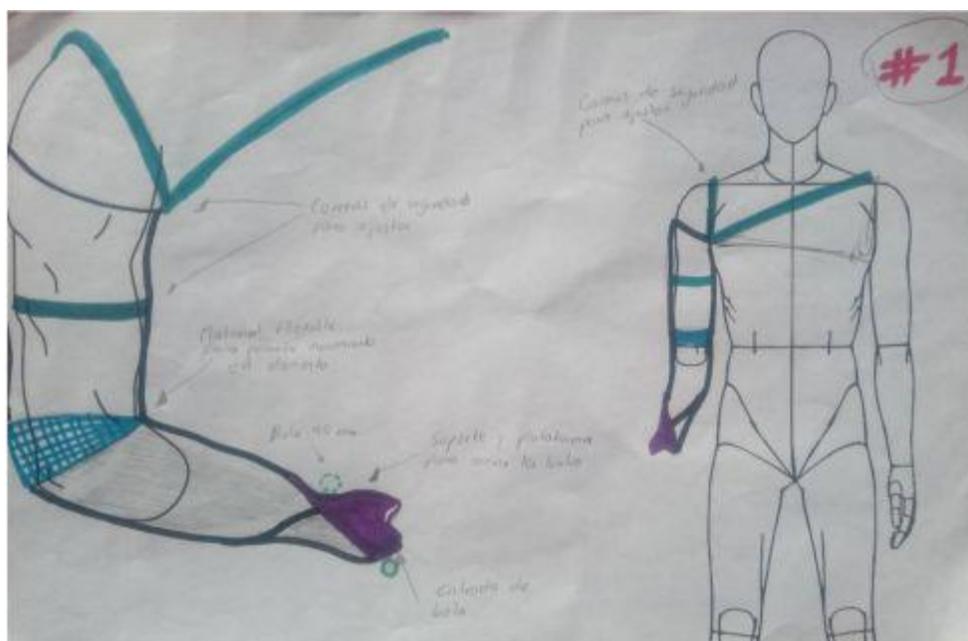


Ilustración 38 - Alternativa #1, Soporte con correas y tela elásticas y elemento con formas orgánicas. (16 cm)

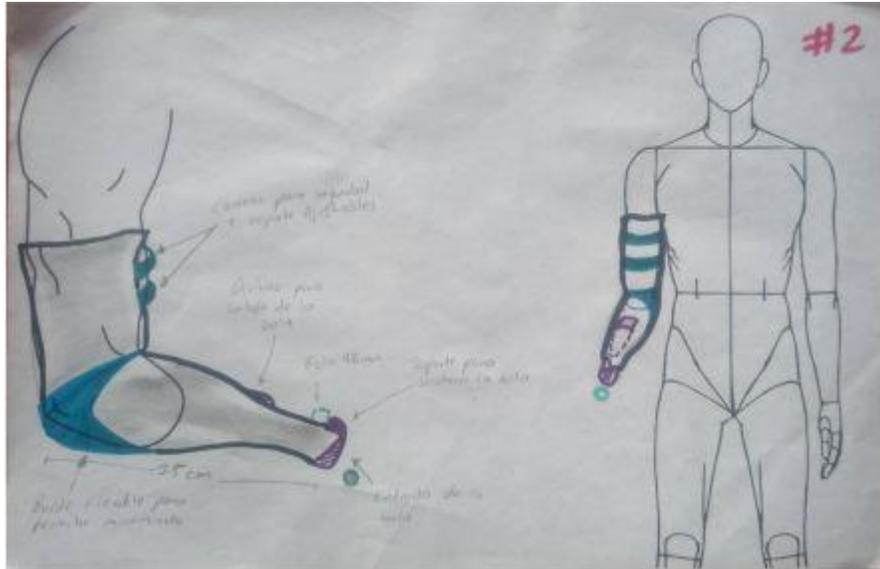


Ilustración 39 - Alternativa #2, Elemento con encaje y soporte hasta el hombro, resorte para flexión y extensión del elemento en codo, plataforma para servir y mecanismo de canal interno para el movimiento de la bola. (15 cm)

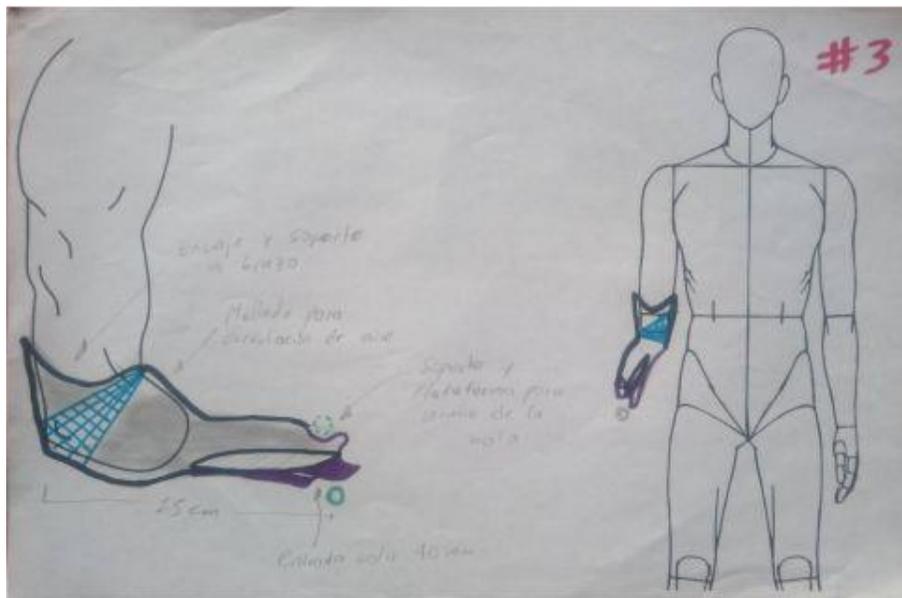


Ilustración 40 - alternativa #3, Elemento con soporte y encaje corto de brazo, con mallado para circulación de aire y flexión de codo. Soporte y plataforma para servicio de la bola y orificio de entrada. (15 cm)

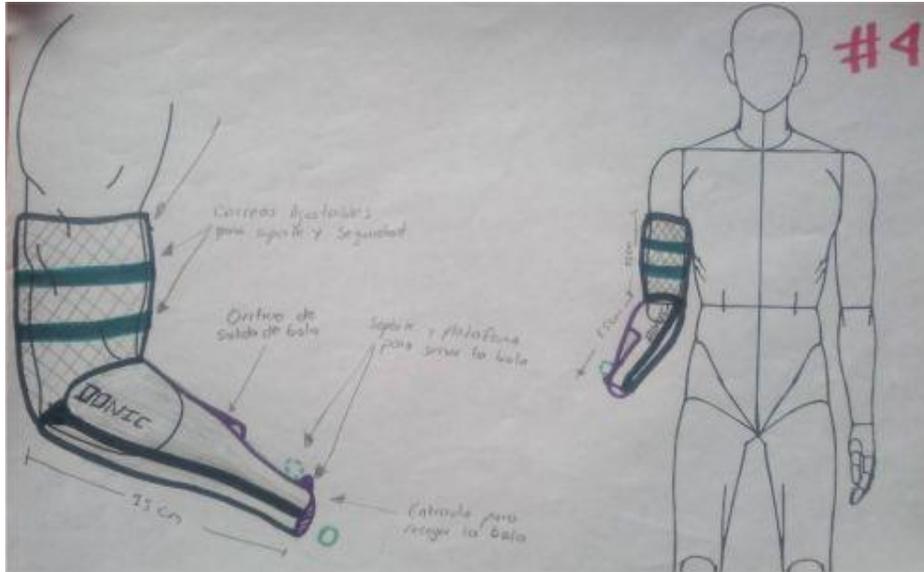


Ilustración 41 - Alternativa #4, Elemento con encaje de codo rígido, soporte y entrada de la bola. (20 cm)

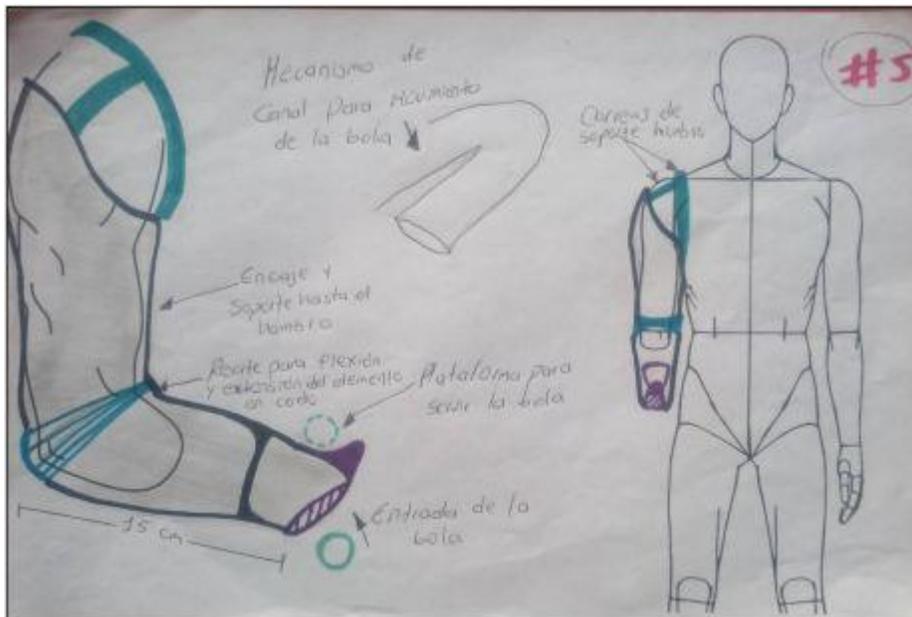


Ilustración 42 - Alternativa #5, mecanismo de canal para recolección de pelota, soporte en hombro y brazo, además material flexible para permitir movimientos del antebrazo. (15 cm)

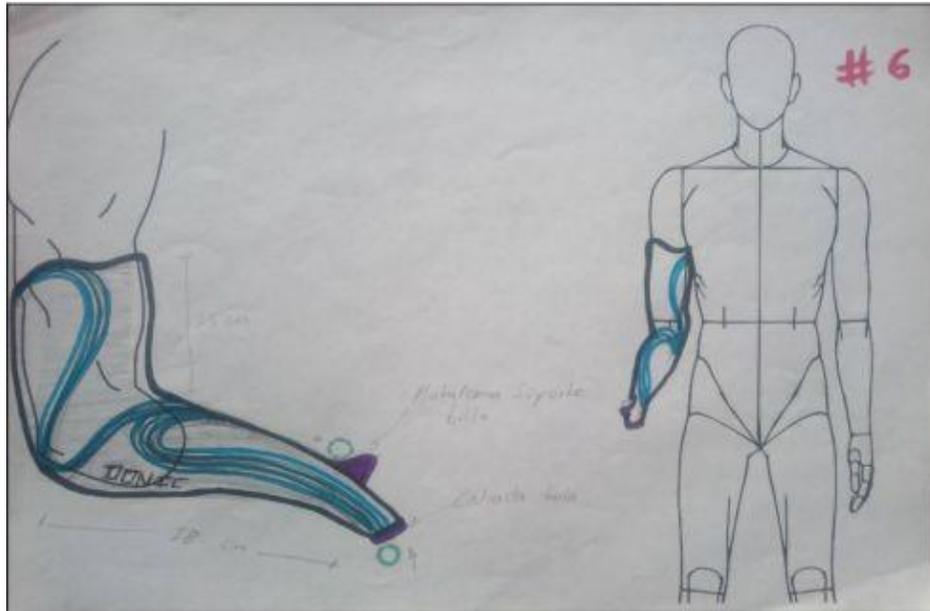


Ilustración 43 - Alternativa #6, Facilitador compacto el cual cuenta con las medidas necesarias para la entrada adecuada del brazo

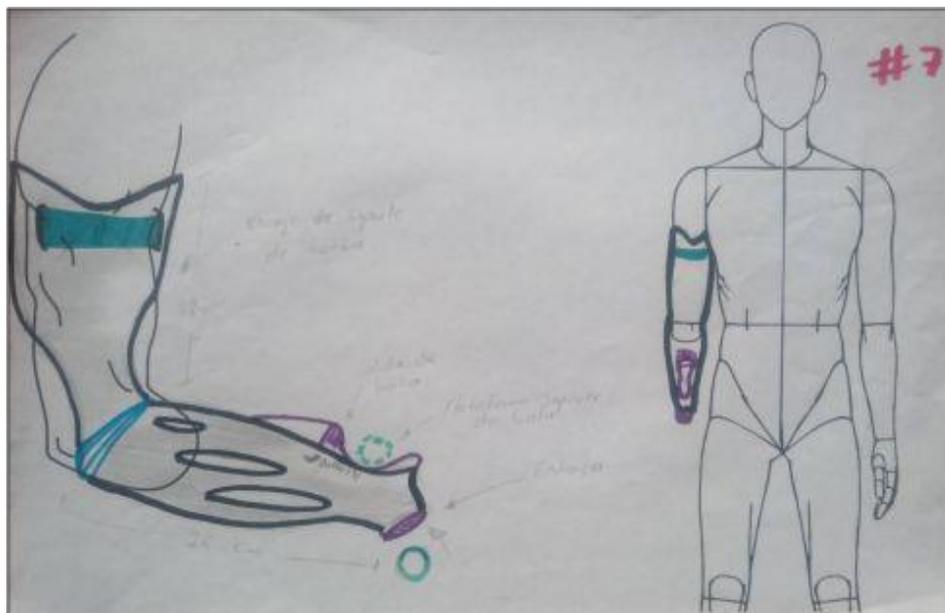


Ilustración 44 - Alternativa #7, Soporte de brazo con correa y flexión de codo en material flexible

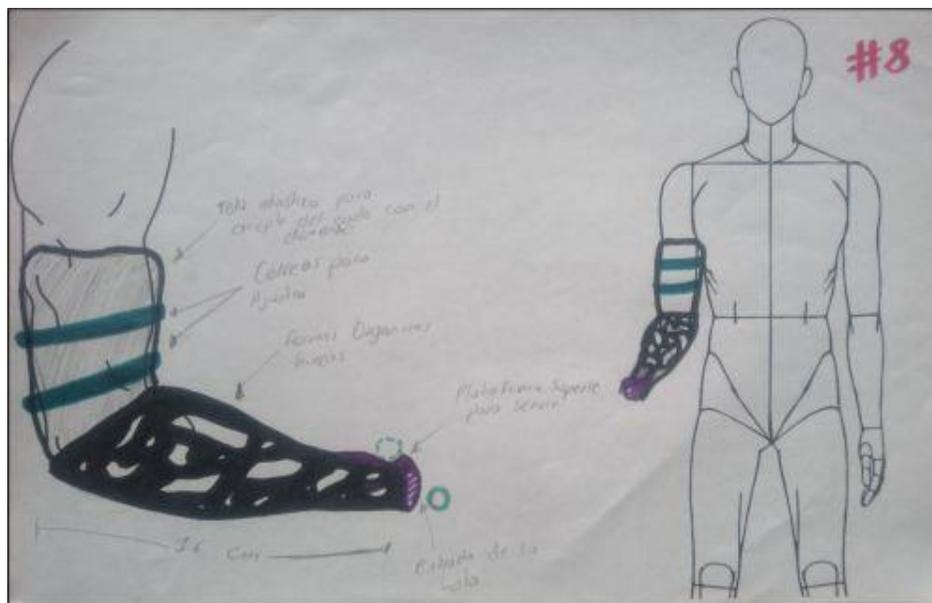


Ilustración 45 - Alternativa #8, Facilitador con tela elástica y correas para el ajustar el brazo, formas orgánicas en antebrazo y soporte para pelota, recolección por tensión. (16 cm)

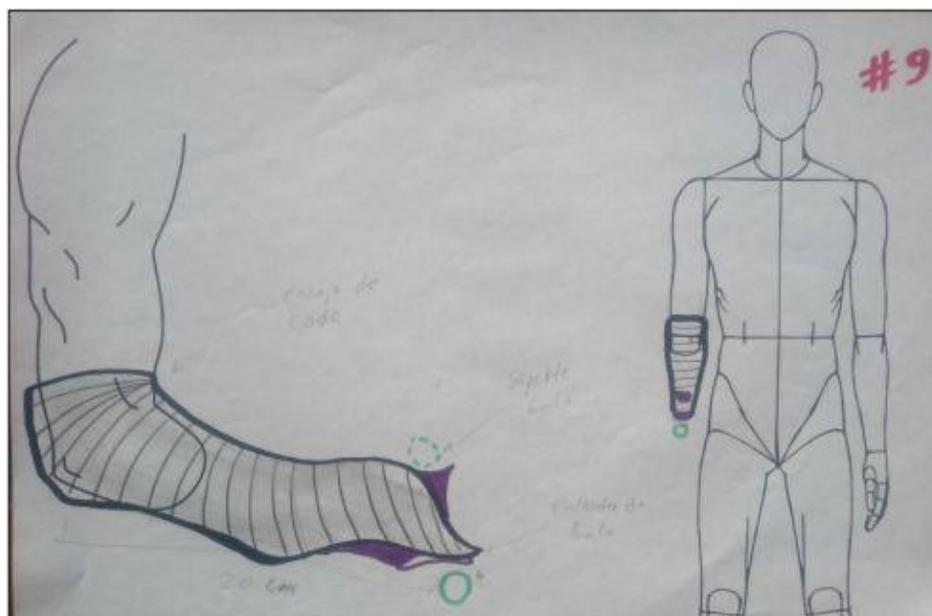


Ilustración 46 - Alternativa #9, Elemento compacto sin soportes en brazo ni correas.

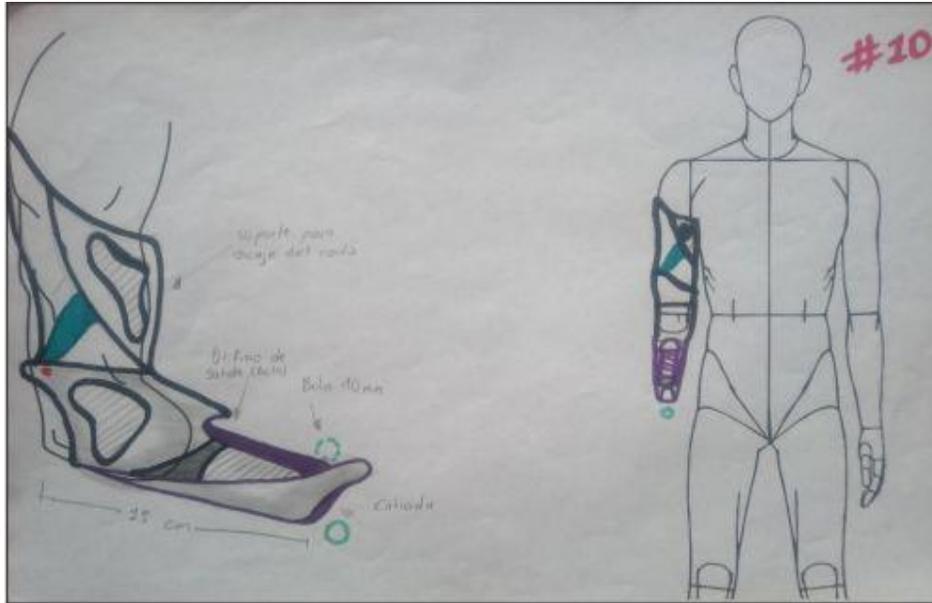


Ilustración 47 - Alternativa #10, Elemento compacto con correa en brazo para ajuste, formas orgánicas, con punto de giro en codo, sistema de recolección por tensión y plataforma para servicio. (15 cm)

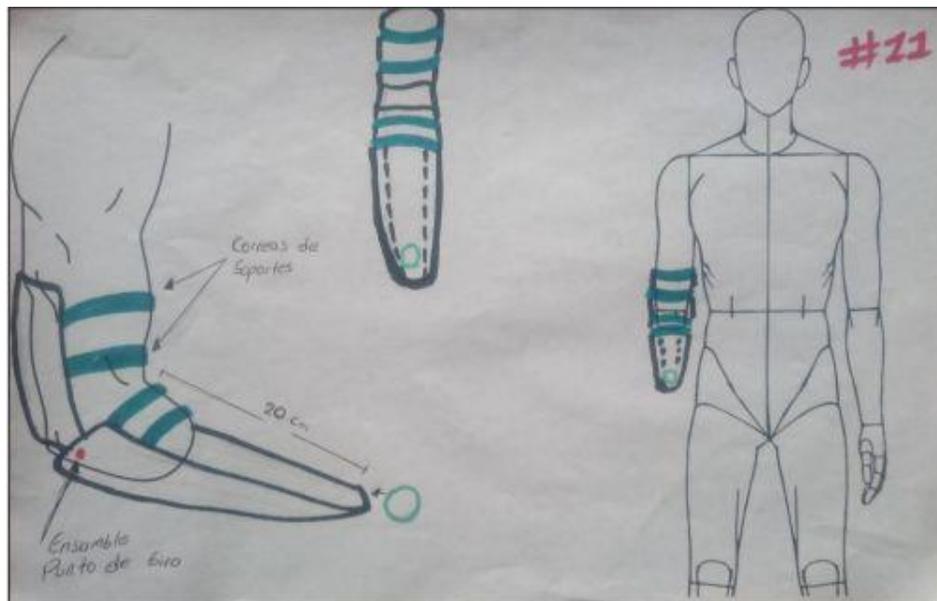


Ilustración 48 - Alternativa #11, Mecanismo de pala para recolección, con punto de giro en codo y correas de ajuste en brazo y antebrazo. (20 cm)

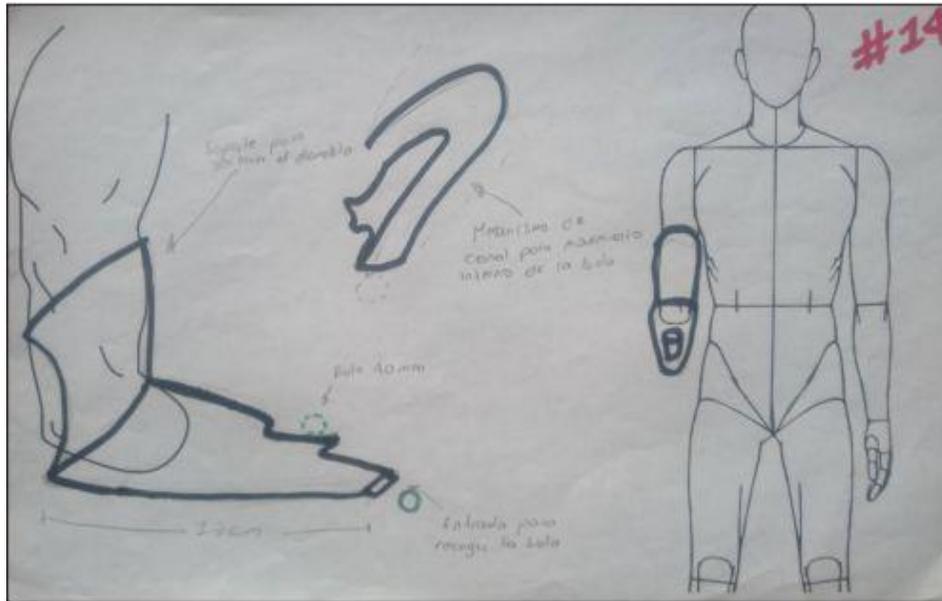


Ilustración 51 - Alternativa #14, Facilitador de forma compacta sin ningún tipo de correas o soportes de ajuste

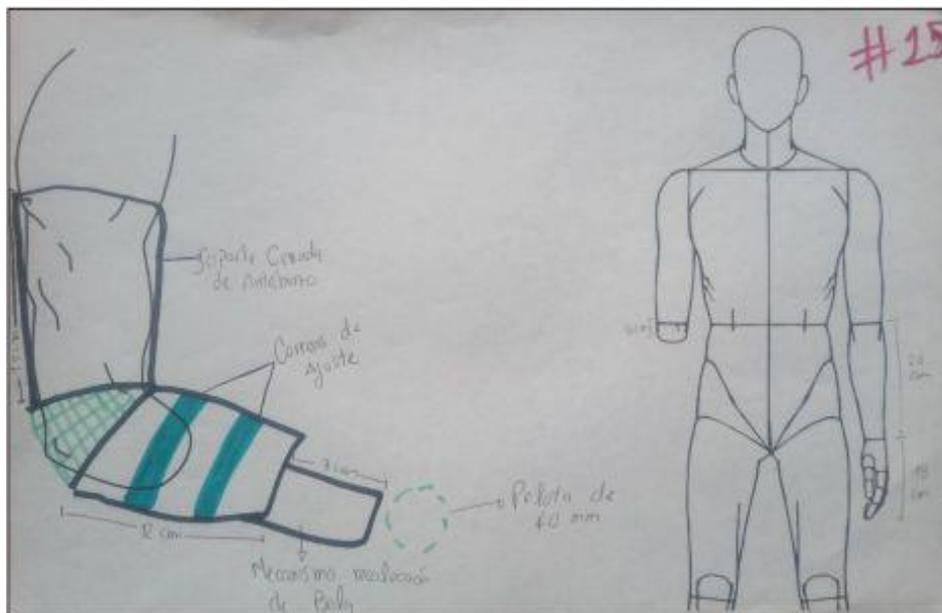


Ilustración 52 - Alternativa #15, Soporte de brazo con cierre mágico interno, y soporte de antebrazo con correas de ajuste, material flexible en codo para permitir flexión de codo, mecanismo de recolección tipo pala con material transparente

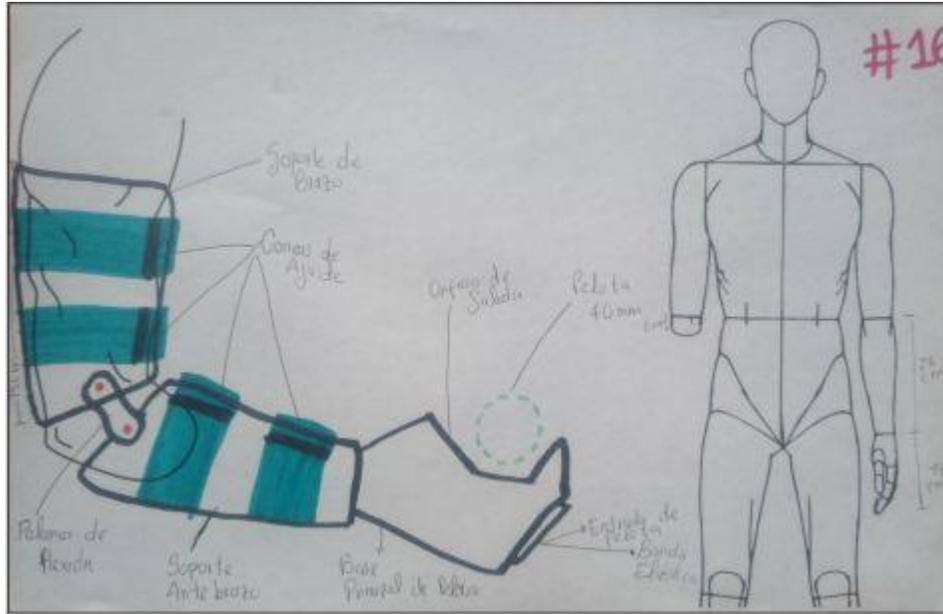


Ilustración 53 - Alternativa #16, Facilitador planteado con soportes en brazo y antebrazo y correas de ajuste en ambos, además cuenta con un mecanismo de palanca para permitir el movimiento adecuado del antebrazo, sistema de recolección de pelota por tensión

2.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS



Ilustración 54 - Selección de alternativas con deportista y entrenador de la liga

2.2.1 MODELADO 3D DE ALTERNATIVAS

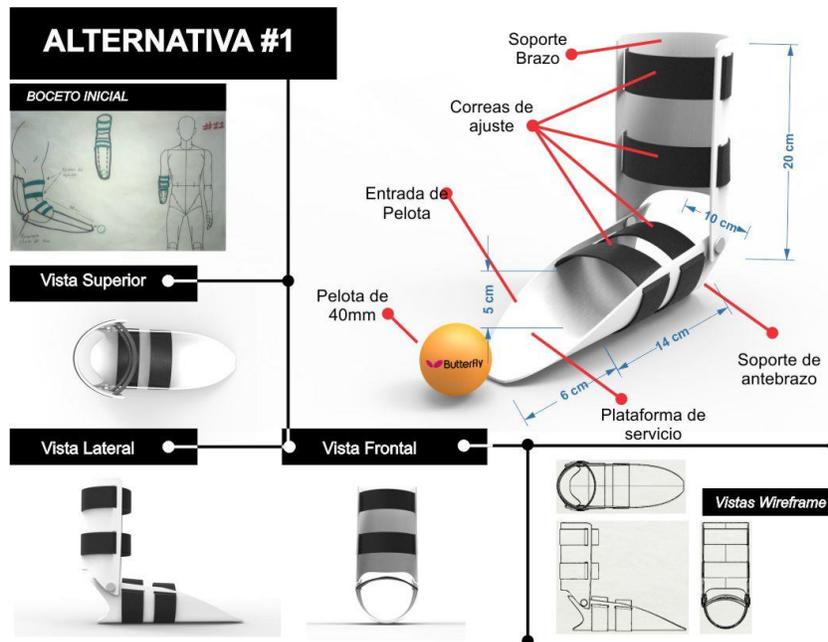


Ilustración 55 - Planos y especificaciones de la alternativa #1

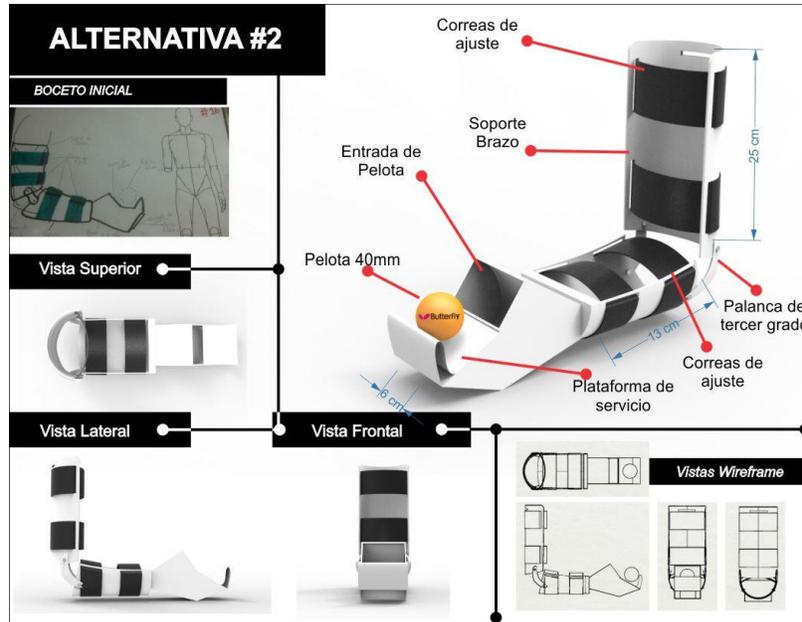


Ilustración 56 - Planos y especificaciones de la alternativa #2



Ilustración 57 - Planos y especificaciones de la alternativa #3

2.2.2 COMPROBACIÓN DE ALTERNATIVAS

Se realizaron los 3 modelos funcionales de las alternativas seleccionadas como más opcionales por el deportista y el entrenador de la liga, se hicieron en material de cartón con correas ajustables en velcro puntos de eje en aluminio y acrílico, los cuales fueron probados por los deportistas Felipe Mora definido en clasificación Clase 10 y un segundo deportista llamado Juan Carlos Jiménez el cual fue diagnosticado en clasificación Clase 7 pero cumple con los requerimientos de tener la misma condición de un deportista Clase 10 con la definición según la ITTF de: “severo a moderado problema del brazo que no juega, dismelia o discapacidades similares no más largo que 1/2 del antebrazo.”



Ilustración 58 - Alternativas construidas para comprobación

INFORMACIÓN DEPORTISTA CLASE 7



Nombre: Juan Carlos Jiménez Velásquez

Sexo: Masculino

Edad: 21 años

Condición: Dismelia en brazo derecho con articulación de codo, brazo derecho falta dedo índice y anular, pie equino vara – tobillo fijo Izq.

Ilustración 59 - Juan Carlos, deportista en clasificación CLASE 7. Integrante de la liga de tenis de mesa Norte de Santander de discapacidad



Ilustración 60 - Secuencia e imágenes de comprobación de cada una de las alternativas realizadas



2.2.3 PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS

Se realizó una tabla de usabilidad de cada una de las alternativas en donde se plantearon diferentes ítems afirmativos o negativos, tomando aspectos tales como: identifica adecuadamente las partes del elemento, realiza un adecuado montaje del elemento en brazo, da buen uso al posicionar la bola en la plataforma de servicio, entre otros. Dando como resultado que la alternativa que cumple con los más altos índices de usabilidad es la alternativa número 2.

Tabla 9 - Tabla de usabilidad de elemento facilitador

TABLA DE USABILIDAD DE ELEMENTO FACILITADOR

ALTERNATIVA #1		
DESCRIPCIÓN	SI	NO
Identifica adecuadamente las partes del elemento	X	
Realiza un adecuado montaje del elemento en brazo	X	
Especifica la función de todos los componentes del elemento	X	
Da buen uso al elemento en el momento de recoger la bola		X
Da buen uso al posicionar la bola en la plataforma de servicio	X	
Cumple con la función adecuada de servir con el brazo de no juego	X	

ALTERNATIVA #2		
DESCRIPCIÓN	SI	NO
Identifica adecuadamente las partes del elemento	X	
Realiza un adecuado montaje del elemento en brazo	X	
Especifica la función de todos los componentes del elemento	X	
Da buen uso al elemento en el momento de recoger la bola	X	
Da buen uso al posicionar la bola en la plataforma de servicio	X	
Cumple con la función adecuada de servir con el brazo de no juego	X	

ALTERNATIVA #3		
DESCRIPCIÓN	SI	NO
Identifica adecuadamente las partes del elemento	X	
Realiza un adecuado montaje del elemento en brazo	X	
Especifica la función de todos los componentes del elemento		X
Da buen uso al elemento en el momento de recoger la bola		X
Da buen uso al posicionar la bola en la plataforma de servicio		X
Cumple con la función adecuada de servir con el brazo de no juego	X	





La siguiente tabla de ponderación proporciona la información obtenida por los deportistas una vez probadas cada una de las tres alternativas, fueron evaluadas a través de una matriz, donde se valora cada alternativa de acuerdo a los requerimientos planteados anteriormente.

DEFINICIÓN DE SISTEMA DE PONDERACIÓN	
<i>Puntaje</i>	<i>Funcionalidad</i>
0	No cumple
1	½ Cumple
2	Cumple

TABLA DE PONDERACIÓN – EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS			
REQUERIMIENTOS	ALTERN. #1	ALTERN. #2	ALTERN. #3
Tiempo de montaje menor a 30 segundos	2	2	2
Fijación estable del elemento	2	2	1
Facilidad de movimientos adecuados durante el juego	2	2	0
Medidas antropométricas para deportistas clase 10	2	1	1
Ángulos de movimientos sin restricción	1	2	0
Facilidad de adaptarse a deportistas clase 10	2	1	1



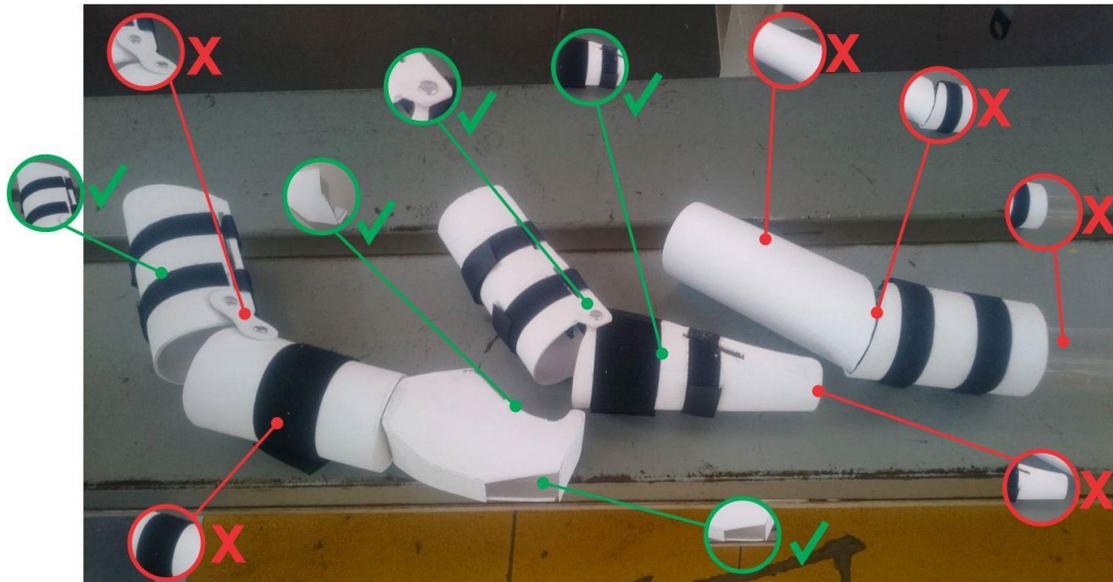
No giro de bola al momento de servir	1	2	1
Bola sin obstrucciones para servir	2	2	1
Disminución de pasos al recoger la bola	0	2	1
Recoger la bola fácilmente	0	2	2
Movimiento interno de la bola	2	2	0
Posicionamiento sencillo de la bola	2	1	2
Protección de producto y usuario	1	2	2
TOTAL	19	23	14

ANÁLISIS DE RESULTADOS: De acuerdo al análisis la alternativa con mayor grado de funcionalidad es la alternativa #2, ya que cumplió con los requerimientos tales como: tiempo de montaje menor a 30 segundos, fijación estable del elemento, facilidad de movimientos adecuados durante el juego, medidas antropométricas para deportistas clase 10, ángulos de movimientos sin restricción, facilidad de adaptarse a deportistas clase 10, no giro de bola al momento de servir, bola sin obstrucciones para servir, disminución de pasos al recoger la bola, recoger la bola fácilmente, movimiento interno de la bola, posicionamiento sencillo de la bola, protección de producto y usuario.

De igual forma la alternativa #1 tuvo aceptación por los deportistas pero no cumplió con todos los requerimientos necesarios tales como: ángulos de movimientos sin restricción, no giro de bola al momento de servir, disminución de pasos al recoger la bola, recoger la bola fácilmente y protección de producto y usuario.

Los deportistas hicieron las siguientes sugerencias de la alternativa #2 (ganadora):

- Cambiar el mecanismo de giro en codo de la alternativa #2 por el mecanismo de la alternativa #1 para mayor flexibilidad
- Implementar el sistema de correas de ajuste de 1 correa a 2 correas en la parte del antebrazo para mayor estabilidad
- Mejorar el mecanismo de recoger la pelota



2.3 EVOLUCIÓN DE ALTERNATIVAS



Ilustración 61 - Boceto de evolución de alternativa escogida, soportes con correas de ajuste, recolección por tensión y posicionamiento por flexión y extensión del brazo



Ilustración 62 - Planos y especificaciones de modelado 3d de evolución de propuesta



Ilustración 63 - Proceso de construcción de evolución de alternativa



Ilustración 64 - Evolución de propuesta construida

Los aspectos que se tuvieron en cuenta para la evolución de la alternativa fueron:

Aspecto #1: Correas doble en el soporte de brazo y antebrazo

Aspecto #2: Mecanismo de giro con unión en codo de soporte de brazo y antebrazo para un mejor movimiento y flexión

Aspecto #3: Mecanismo de recolección de pelota elástico



Ilustración 65 - Comprobaciones con los deportistas de la evolución de alternativa

Después de realizada la comprobación de la propuesta de evolución se concluyó que se mejoraron algunos aspectos tales como:

- Mejor flexión del brazo con el mecanismo de eje de giro
- Se mejoró la recolección de la pelota por medio de las bandas elásticas

- Mayor fijación y estabilidad del facilitador al momento del servicio por la implementación de dos correas en antebrazo y brazo

De igual manera se plantea algunos aspectos que se deben mejorar para una óptima funcionalidad del facilitador como lo son:

- Extensión del soporte para la entrada de la pelota por medio de bandas elásticas
- Soportes en ambos lados de la plataforma de servicio del facilitador para evitar la caída de la pelota por el movimiento del brazo
- Pestaña superior en el orificio de salida de la pelota para evitar que salga expulsada con demasiada fuerza para caer en la plataforma de servicio

2.4 PROPUESTA FINAL



Ilustración 66 - Modelado 3d de Propuesta final

La propuesta final se propone un facilitador el cual está compuesto de tres elementos, dos elementos que se adaptan cada uno a la forma del brazo y del antebrazo unidos por un mecanismo articulado que permite hacer movimientos de flexión. Estos elementos se fijan al brazo a través de correas de ajustes (velcro).

Un tercer elemento es el recogedor de la pelota. Este permite recoger la pelota por medio de un mecanismo de tensión con bandas elásticas, las que permiten presionar con facilidad en el piso, logrando que la pelota ingrese fácilmente para posteriormente posicionarla por medio de movimientos de flexión y extensión del brazo en una plataforma en donde queda lista para realizar el servicio adecuadamente

2.4.1 COMPONENTES Y PIEZAS DEL FACILITADOR

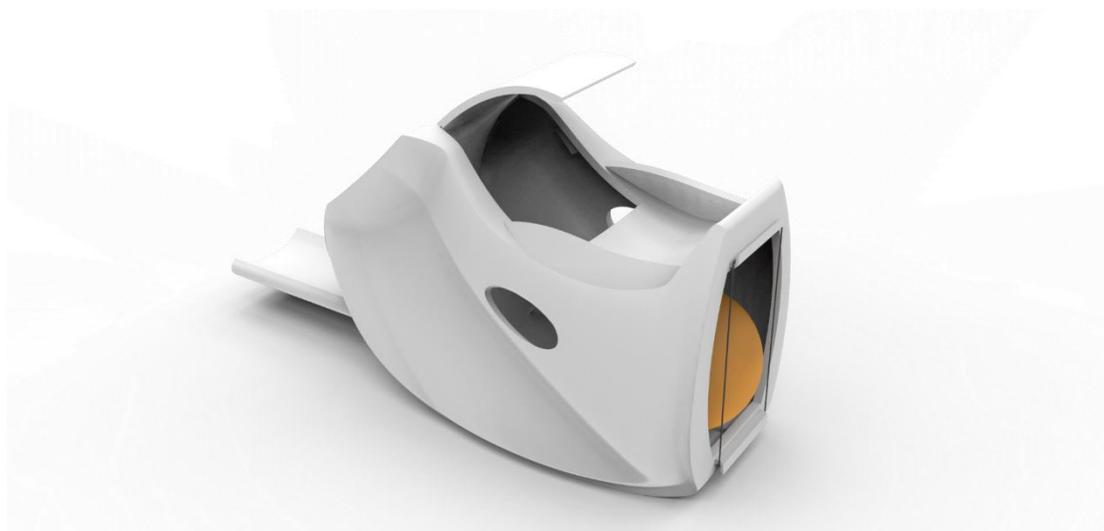


Ilustración 67 - Base principal para recoger la pelota con sistema de bandas elásticas para el ingreso de la pelota a presión, cuenta con una plataforma superior en donde se posiciona la pelota para realizar un servicio adecuado



Ilustración 68 - Pieza de soporte de brazo el cual cuenta con ranuras donde se introducen las correas de ajuste para fijarlo en el brazo

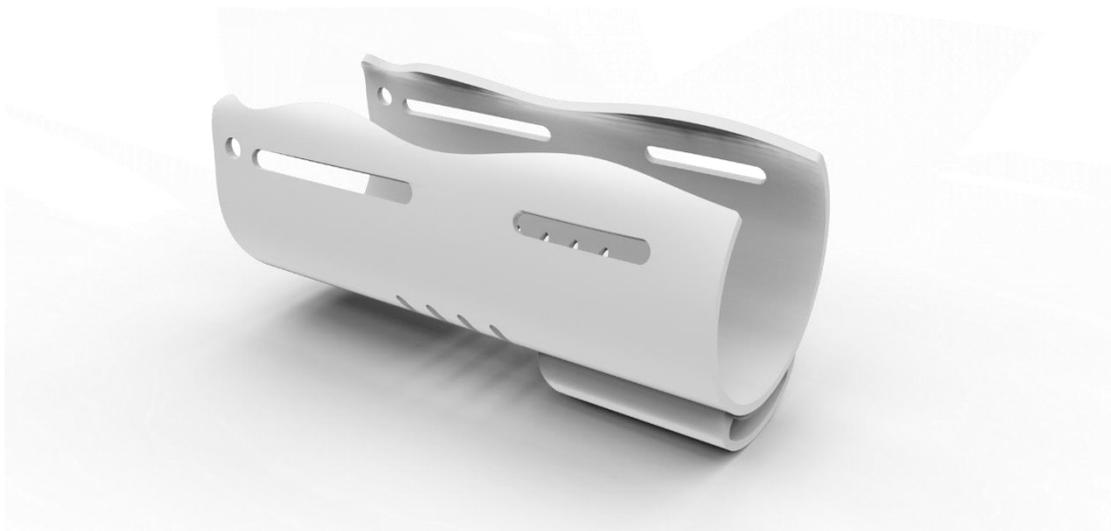


Ilustración 69 - Pieza de soporte de antebrazo con ranuras para soporte de correas de ajuste, orificio para punto de giro y mecanismo de ensamble en la parte inferior de presión



Ilustración 70 - Correas de ajuste en velcro las cuales permiten fijar de manera adecuada los soportes al brazo y antebrazo del deportista

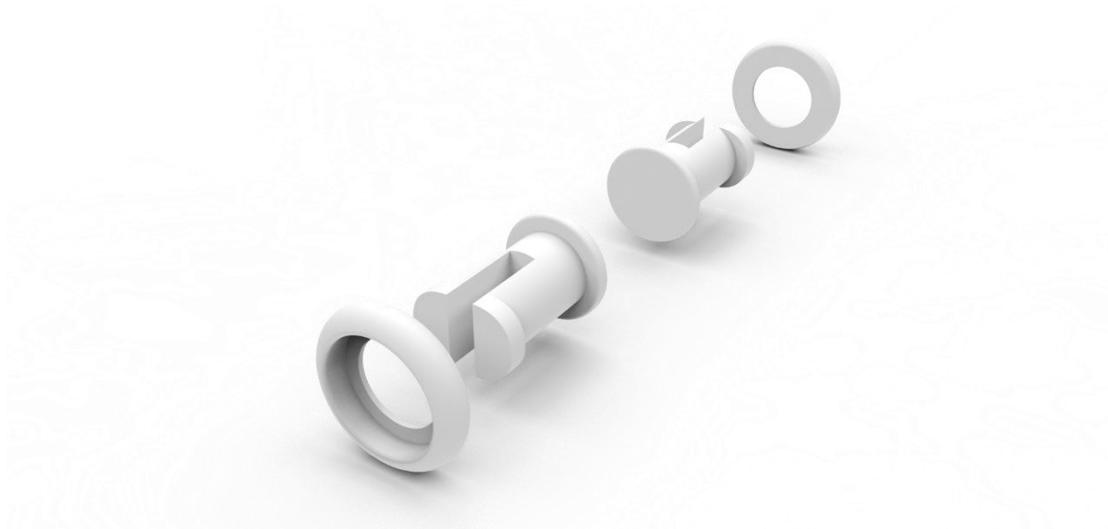


Ilustración 71 - Mecanismo de unión mecánica, el cual permite la sujeción de las partes además de un adecuado movimiento del facilitador

2.5 ANÁLISIS DE LA CONFIGURACIÓN FORMAL

Para la forma del facilitador se utilizó la anatomía del brazo humano como base para el desarrollo formal en donde se tomaron como referencias las partes que componen su estructura.

El brazo humano anatómicamente está compuesto por Hombro, Brazo, Antebrazo y Mano, y a su vez se componen por músculos tales como tríceps braquial, bíceps braquial, pronador, supinador, palmares, entre otros.

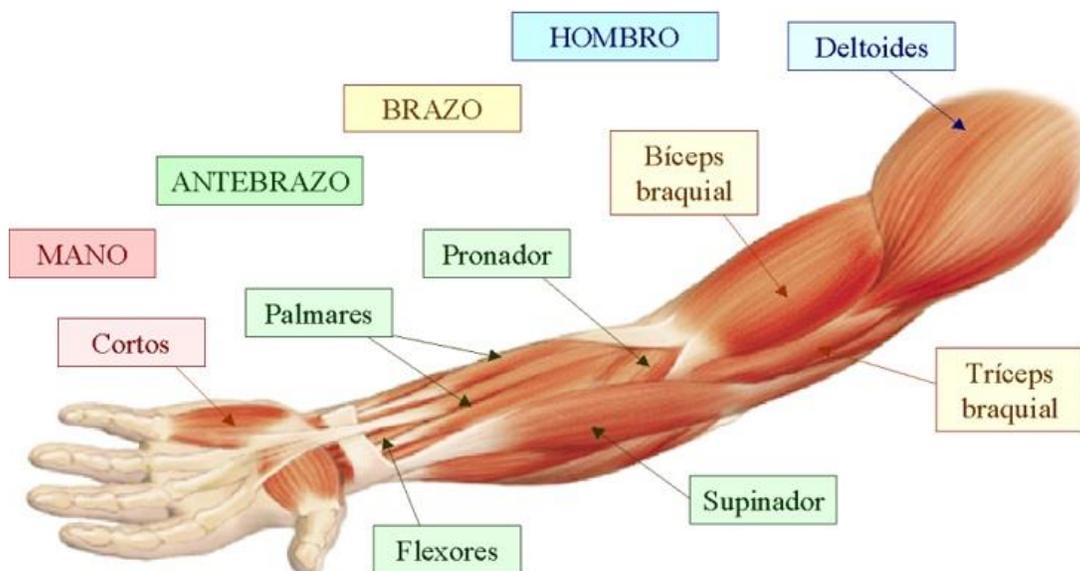


Ilustración 72 - Partes y músculos que componen el brazo humano

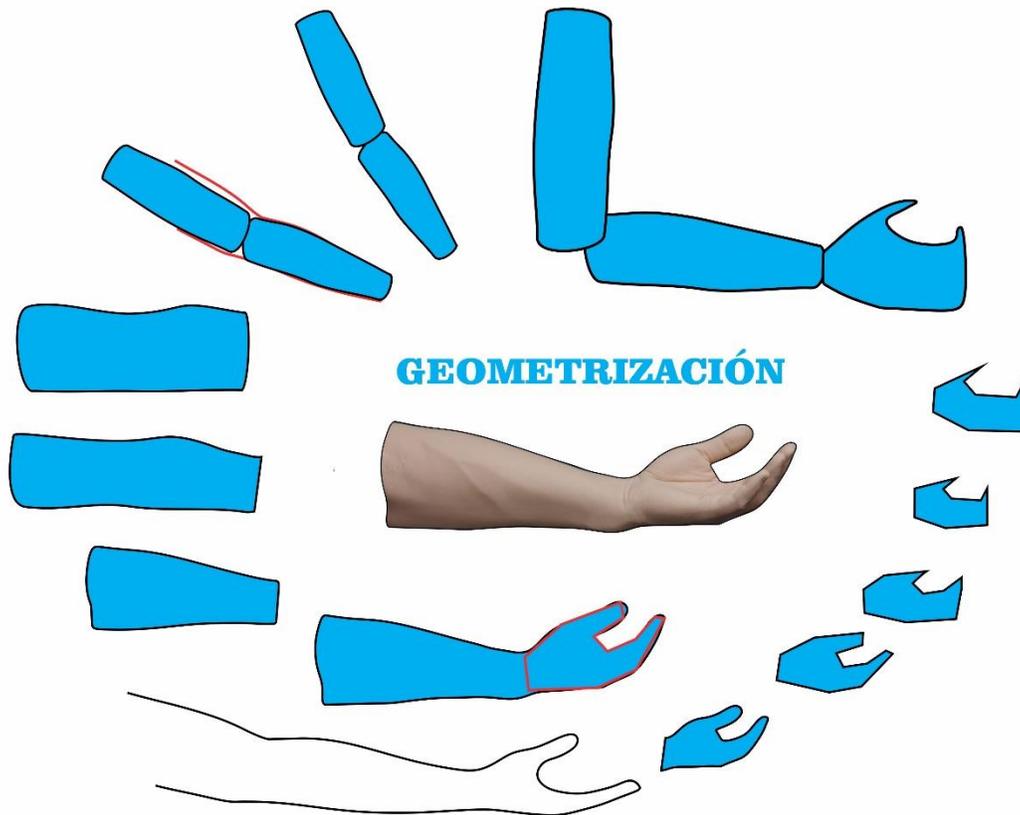


Ilustración 73 - Proceso de abstracción de la configuración formal

Abstracción de la configuración formal en donde se toma como base la forma anatómica del brazo y antebrazo del cuerpo humano, teniendo como referencia sus formas y estructuras.

CONCEPTOS DE DISEÑO

AXIALIDAD: Se puede tomar la axialidad ya que se ve un eje de fijación dentro del brazo humano

GRADACIÓN: Este concepto se encuentra en la forma de como los dedos de la mano van de menor a mayor longitud mostrando una gradación de tamaño.

SIMETRÍA: se evidencia en la simetría que existe entre las dos partes laterales de los miembros superiores

CONTORNO: Existe un contorno el cual se ve al borde de todo el brazo humano

REPETICIÓN: repetición en las capas internas de los músculos por los cuales está compuesto el brazo

SIMILITUD: Existe una similitud entre las partes del brazo y antebrazo ya que las dos tienen formas curvas adaptándose a la función de los músculos

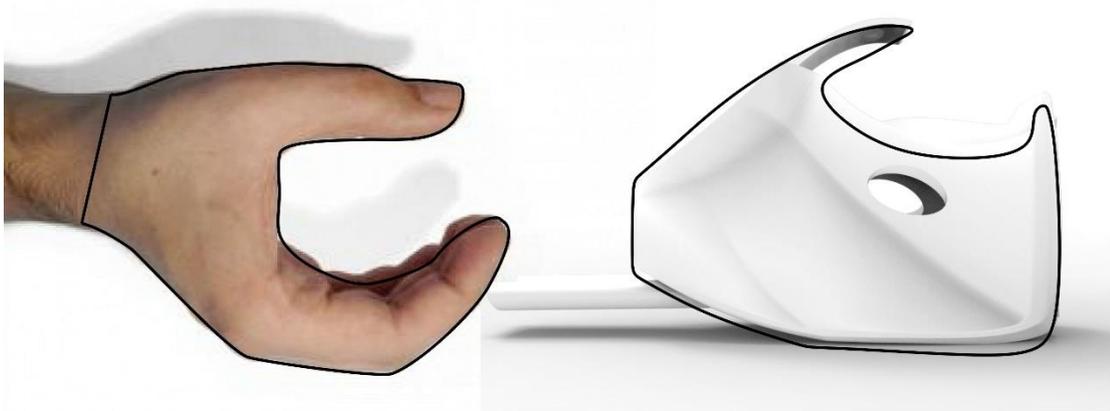


Ilustración 74 - Comparación del proceso de abstracción de la base de la pelota con base en la forma anatómica de la mano humana con referencias en sus formas curvas

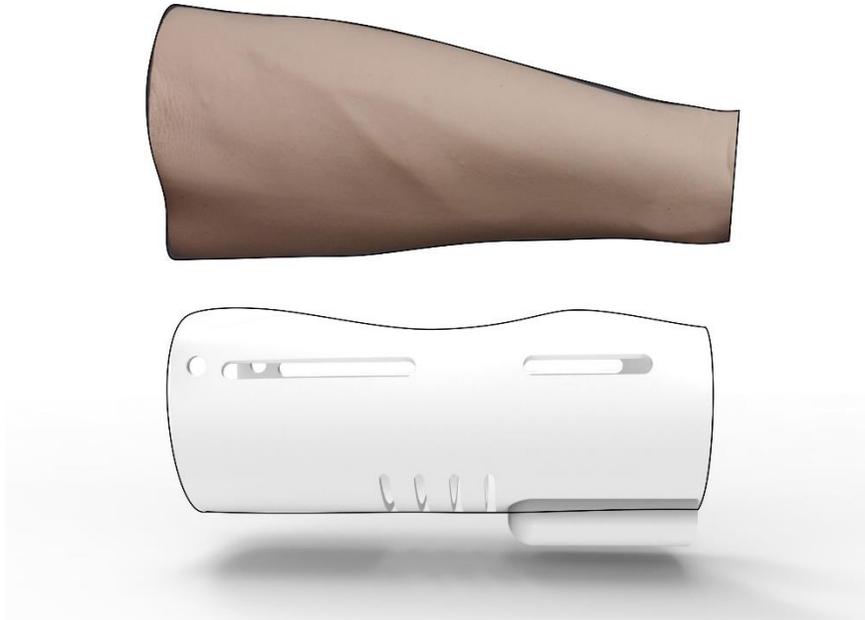


Ilustración 75 - Comparación entre la forma final del soporte de antebrazo y la estructura del antebrazo humano en donde se toman como referencia las formas orgánicas del antebrazo



Ilustración 76 - Geometrización de brazo humano como base para realizar el soporte de brazo del facilitador



2.6 MATERIALES Y PROCESO PRODUCTIVO

2.6.1 MATERIALES UTILIZADOS

2.6.1.1 PLA

El ácido poli-láctico es un polímero biodegradable derivado del ácido láctico. Es un material altamente versátil, que se hace a partir de recursos renovables al 100%, como son la maíz, la remolacha, el trigo y otros productos ricos en almidón. Este ácido tiene muchas características equivalentes e incluso mejores que muchos plásticos derivados del petróleo, lo que hace que sea eficaz para una gran variedad de usos.⁶

Características

- Utilizado en juguetes y baterías.
- Resistente a la humedad y la grasa.
- Módulo de elasticidad es comparable con el polietileno, pero de densidad menor.
- Estable a la luz ultravioleta.
- Puede ser rígido
- Puede ser copolimerizado con otros materiales.
- El PLA se puede hacer con diversas características mecánicas en función al proceso de fabricación utilizado.
- Propiedades parecidas al PET

⁶ <http://www.eis.uva.es/~biopolimeros/alberto/pla.htm>

La fuerza extensible y el módulo de elasticidad del PLA son también comparable al polietileno. Pero es más hidrofílico que el polietileno, tiene una densidad más baja. Es estable a la luz U.V., dando como resultado telas que no se decoloran. Su inflamabilidad es demasiado baja.



El PLA se puede formular para ser rígido o flexible y puede ser copolimerizado con otros materiales. El PLA se puede hacer con diversas características mecánicas dependiendo del proceso de fabricación seguido.

Ilustración 77 - Material PLA en composición inicial

Tabla de características del PLA comparada con otros materiales.

Característica	PLA DEL CDP	PLA de Kuraray	Rayón	Lyocell	Poliester
Densidad (g/cm ³)	1.25	1.27	1.51	1.52	1.38
Punto de fusión (°C)	120-170	170	Ninguno	Ninguno	260
Cuenta (dtex)	1.7 (e.g.)	1.7	1.7	1.7	1.7
Tenacidad (cN/tex)	50	25-45	20-25	40-45	35-65
Alargamiento (%)	35	N/A	18-22	14-16	15-40



Recobro de la humedad (%)	0.4 - 0.6	0.48	13	12	0.4
----------------------------------	------------------	-------------	-----------	-----------	------------

¿CÓMO SE HACE EL PLA?

Su proceso implica la extracción de los azúcares (principalmente dextrosa, pero también de la glucosa y de la sacarosa) del almidón de la remolacha o del trigo y después fermentarlo con ácido láctico. El ácido láctico se convierte en el dimer o el lactide que se purifica y se polimeriza (método de apertura del anillo) a ácido poliláctico sin la necesidad de solventes.⁷

PLA FLEXIBLE

Es un filamento flexible se adecua perfectamente a todas las impresoras 3D especializadas en PLA. El filamento es utilizado en el caso de esas impresoras es un filamento estándar de 1,75mm, de alta calidad. El PLA flexible se utiliza de la misma manera que los otros tipos de PLA, aunque su punto de fusión y de extrusión sea más bajo. Y el resultado obtenido es un objeto impreso que tiene la propiedad de ser elástico. Esta elasticidad conviene para objetos que se llevan y se tienen que adaptar a un tamaño (accesorios o oyería), elementos mecánicos o arquitectónicos que soportan fuerzas, prototipos que requieren flexibilidad⁸

⁷ <https://recicla3dplabs.wordpress.com/caracteristicas-del-pla/>

⁸ <http://ultra-lab.net/blog/nuevos-filamentos-pla-flexible-y-material-de-soporte-para-doble-extrusi%C3%B3n>



2.6.1.2 VELCRO

El velcro es un sistema de apertura y cierre rápido.

Funcionamiento

El sistema de cierre y apertura es rápido y sencillo. Consiste en dos superficies que se adhieren por unión mecánica por ganchos flexibles que deben fijarse en las superficies a unir mediante cosido o pegado. Una de las cintas posee unas pequeñas púas flexibles que acaban en forma de gancho y que por simple presión se enganchan a la otra cinta cubierta de fibras enmarañadas que forman bucles y que permiten el agarre.

2.6.2 PROCESO PRODUCTIVO

El proceso productivo del facilitador se realiza a través de unas impresoras 3D las cuales realizan el modelado por adición de material superponiendo capa por capa del modelado lo que lleva una construcción bastante eficiente y precisa, además de realizarse por medio de materiales como PLA y PLA Flex ya que son biodegradables.



Proceso de la impresión 3D



Ilustración 78 - Proceso de la impresión 3d

El proceso productivo empieza desde la parte inicial del modelado en 3d en donde se desarrollan y modelan todas las piezas con extrema precisión por medio de software especializados en desarrollo 3d (CAD), para este proyecto se utilizó el software Rhinoceros 5.0, luego de tener definido el modelado 3d se procede a guardar el archivo en extensión .STL la cual es la extensión precisa para el prototipado de piezas, la impresora empieza a imprimir calculando tiempo, trayectoria y gasto de materiales generando capas en superposición por el método de adición construyendo el modelado.

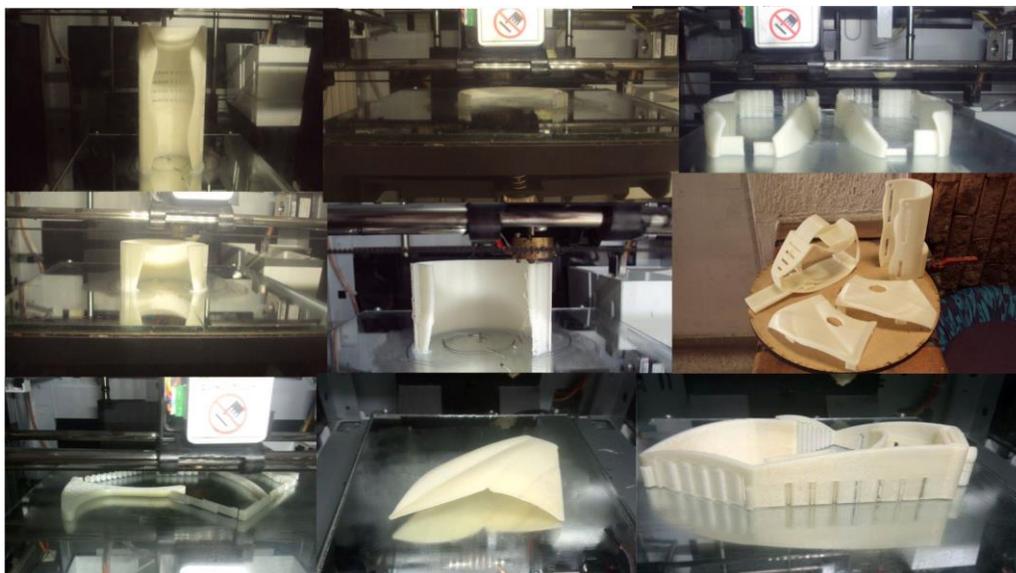


Ilustración 79 - Proceso de producción de prototipo en modelado 3d y PLA

Las piezas de los componentes se imprimen por separado para dar un mejor acabado, además que el área de impresión las máquinas 3D actualmente es de 20x20x20 cm lo que permite la impresión de a una pieza por su tamaño. Las tapas laterales de la base principal de pelota se realizan la impresión de las dos piezas al tiempo ya que el tamaño se ajusta al tamaño de impresión.

Los tiempos de impresión para el elemento completo son de 22 horas, a continuación se especifican los tiempos definidos para cada pieza.

Tabla 10 - Tiempos de impresión 3D por pieza

TIEMPOS DE IMPRESIÓN 3D	
PIEZA	HORAS
Base principal de pelota	9 horas
Soporte de antebrazo	7 horas
Soporte Brazo	6 horas
TOTAL	22 HORAS



Las piezas salen con soportes que crea la impresora para permitir la construcción adecuada de piezas, por ello es necesario retirar los elementos de soportes de construcción que se crean entre los espacios vacíos del modelado.

2.7 COSTOS

Tabla 11 - Tabla de costos generales y por piezas del facilitador en impresión 3d

PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD	TIEMPO DE IMPRESIÓN 3D	VALOR
Soporte de Brazo	PLA (Resolución de 100 micras)	1	6 horas	\$86.000
Soporte de Antebrazo	PLA	1	7 horas	\$78.000
Base principal de pelota	PLA	1	7 horas	\$105.000
Tapas de base principal de pelota	PLA	2	2 horas	\$97.000
Correas de ajuste	Velcro	4	-	\$2.000
Pines de unión y giro	PLA	4	10 minutos	\$5.000
Diseño	-	-	-	\$180.000
Empaque	Poliéster	1	-	\$40.000
TOTAL			22 HORAS	\$593.000

2.8 ANÁLISIS ERGÓNOMICO

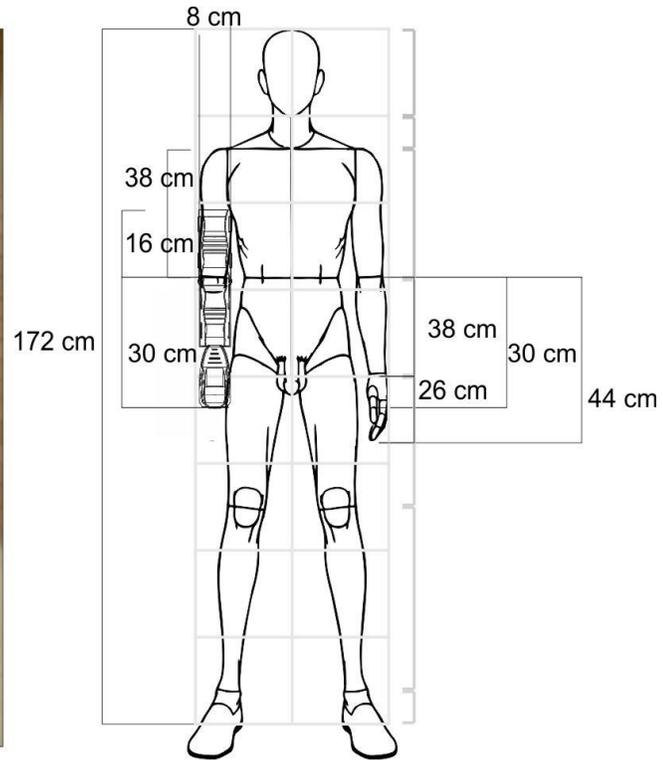


Ilustración 80 - Análisis ergonómico sobre las dimensiones del facilitador en comparación con el brazo del deportista

Se realiza una comparación en cuanto a medidas y dimensiones del facilitador con el brazo del deportista para analizar si cumple con el agarre mínimo el cual y según las medidas tomadas al deportista es de 30 cm, medición desde el codo hasta la mano empuñada de agarre, además se observan las dimensión generales del facilitador y como se acoplan a las medidas del muñón en comparación con el brazo convencional.



Ilustración 81 - Análisis de posturas y ángulos del deportista usando el facilitador

Evaluación de ángulos y posturas de movimiento del deportista al usar el facilitador para recoger la pelota y posicionarla, se hace la diagramación desde un plano sagital para observar adecuadamente las posiciones y realizar el análisis adecuado. También se puede ver en la imagen como el facilitador permite la flexión del brazo para empujar la pelota a la plataforma y prepararla para el servicio



Ilustración 82 - Facilitador con adecuado ajuste a la anatomía del brazo del deportista

El facilitador se ajustará al deportista adecuadamente sin ningún tipo de inconvenientes y elementos que afecten la integridad o comodidad del deportista frente al uso del producto

2.9 MANUAL DE USUARIO



Ilustración 83 - Elementos estructura de facilitador

ARM - 10

MONTAJE DE FACILITADOR

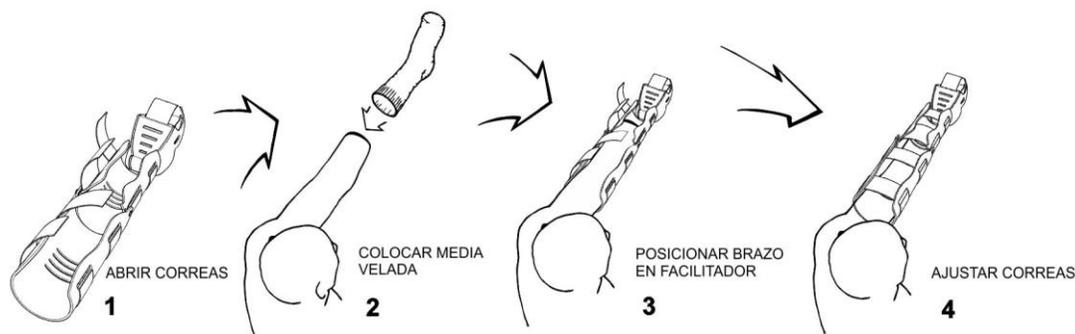


Ilustración 84 - Montaje de facilitador ARM - 10 en brazo de usuario

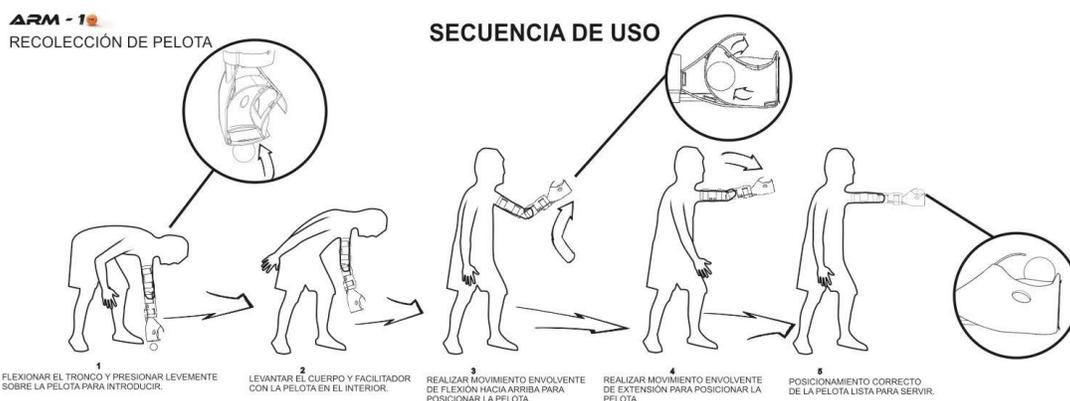


Ilustración 85 – Recolección de pelota a través del facilitador ARM -10

2.10 DIFINICIÓN DE MERCADO

El mercado para este producto es más reducido que el mercado convencional de los elementos y accesorios de tenis de mesa, ya que los deportistas que cuentan con la condición y definidos en clasificación Clase 10 son muy pocos.



El mercado es minorista ya que son pocos los usuarios para el producto, en donde se llegará al mercado objetivo el cual son todas las personas deportistas y principiantes que cumplan con definición y tengan la condición planteada anteriormente

El tipo de producto ofrecido es de mercado de productos de consumo duradero, ya que difundiría el uso del facilitador a través del comité paralímpico internacional y en las ligas de tenis de mesa que existen a nivel nacional, en donde los usuarios pueden tener un contacto directo con el facilitador permitiéndoles tener una adecuación de la manera más óptima posible.

La distribución se hará sobre el pedido que cada liga regional de tenis de mesa para discapacitados realice sobre el facilitador.

La fabricación se realizará sobre el pedido realizado por cada liga, una vez solicitado se enviará en un empaque estilo maletín el cual cumplirá la función de guardar y proteger los elementos del facilitador además de poder llevar la raqueta dentro del mismo estuche.





Ilustración 86 - Diagramación de empaque del facilitador ARM -10

El empaque del Facilitador ARM – 10 consta de un estuche estilo maletín el cual va puesto de forma cruzada sobre el hombro por medio de una correa, se compone de dos compartimentos en donde se guarda el elemento y se incluye otro para guardar la raqueta adecuadamente, los mecanismo de apertura y cierre se realizan a través de mecanismo de cremallera los cuales proporcionan un cierre seguro y fácil.



NOMBRE Y LOGO



Ilustración 87 - Nombre y logo definidos para el facilitador con el cual se dará a conocer en el mundo deportivo

El nombre y logo definido para el producto facilitador se llama ARM – 10, se define por su nombre en inglés en donde ARM significa brazo, por esta razón se busca recordar el objetivo del facilitador el cual permite a los deportistas suplir su limitación con el uso del facilitador contemplando la extensión de su brazo y el número 10 por la clasificación dentro las definiciones de discapacidad establecidas en las reglas de la ITTF, la cual es la definición base para la realización de este proyecto.

2.11 INNOVACIÓN

El proceso de innovación dentro del proyecto, se basa en la creación de un producto el cual no existe ninguna referencia en el mercado actual, por ello el facilitador en sí ya se considera como una innovación, dejando como punto de partida para los futuros elementos que se puedan llegar a realizar. El facilitador proporciona una ayuda a la práctica del deporte en personas con limitaciones en miembros superior, mejorando su rendimiento y jugabilidad.



Ilustración 88 - Felipe Mora haciendo uso del facilitador en juego de tenis de mesa

comparada con otros métodos de fabricación. Además el usuario al momento de usar el facilitador no tiene que ejercer esfuerzos considerables donde consume gran parte de su energía. En cuanto a gastos de recursos naturales como agua, no se utiliza ni para su fabricación ni para el momento de uso este recurso.

2.13 PLANOS Y FICHAS TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN

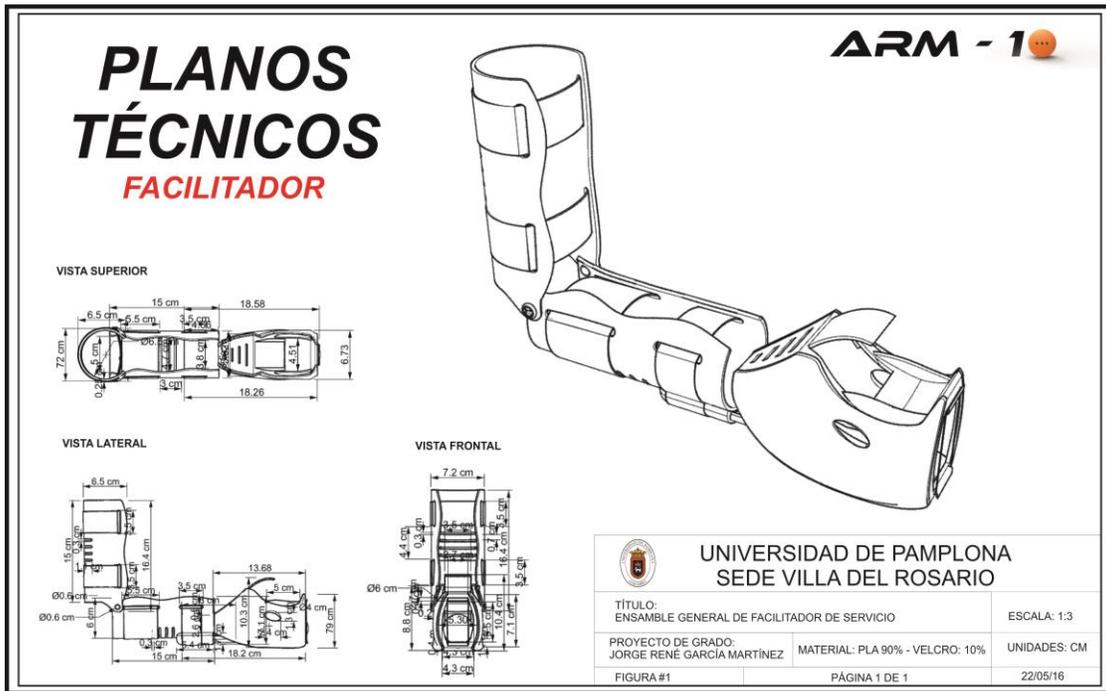


Ilustración 90 - Planos técnicos y medidas de propuesta final



Ilustración 91 - Planos técnicos de soporte de antebrazo



Ilustración 92 - Planos Técnicos de soporte de brazo



Ilustración 93 - Planos técnicos del soporte base de la pelota



Ilustración 94 - Planos técnicos de correas de ajuste



Ilustración 95 - Planos técnicos de mecanismo de unión en punto de giro



2.14 BOCETOS DE EVOLUCIÓN

La secuencia de bocetos de evolución se realizó para llegar a la propuesta final en donde se aprecian los cambios y mejoras planteados para una mejor funcionabilidad del facilitador, como los soportes en la base de servicio de la pelota para evitar la caída de la misma, además de mejorar aspectos como funcionabilidad de movimiento y recolección de la pelota. Por otro lado se tuvo en cuenta todas las sugerencias y recomendaciones que realizaron por parte de los deportistas.

Se obtuvo mejoras en los mecanismos de ajuste en las correas en donde inicialmente se planteó una sola correa para la parte del antebrazo la cual no daba la estabilidad necesaria para uso del facilitador. También hubo una evolución en el mecanismo de eje de giro en la sección del codo ya que inicialmente se realizó un sistema de palanca de tercer grado pero no cumplía adecuadamente para realizar los movimientos necesarios.

En la parte de la base principal de la pelota se mejoró el ingreso de la pelota por medio de bandas elásticas que recogen la pelota por presión y tensión, esto hace una recolección más estable y fácil. En el mecanismo de la plataforma para servir se añadió soportes en los laterales mejorando la estabilidad de la pelota a la hora de servir, ya que anteriormente se producía una caída de la pelota al movimiento del brazo del deportista, y finalmente el cambio que se realizó en la propuesta final es la pestaña superior del orificio por donde sale la pelota para evitar la expulsión inadecuada porque salía con demasiada fuerza y no se posicionaba correctamente.

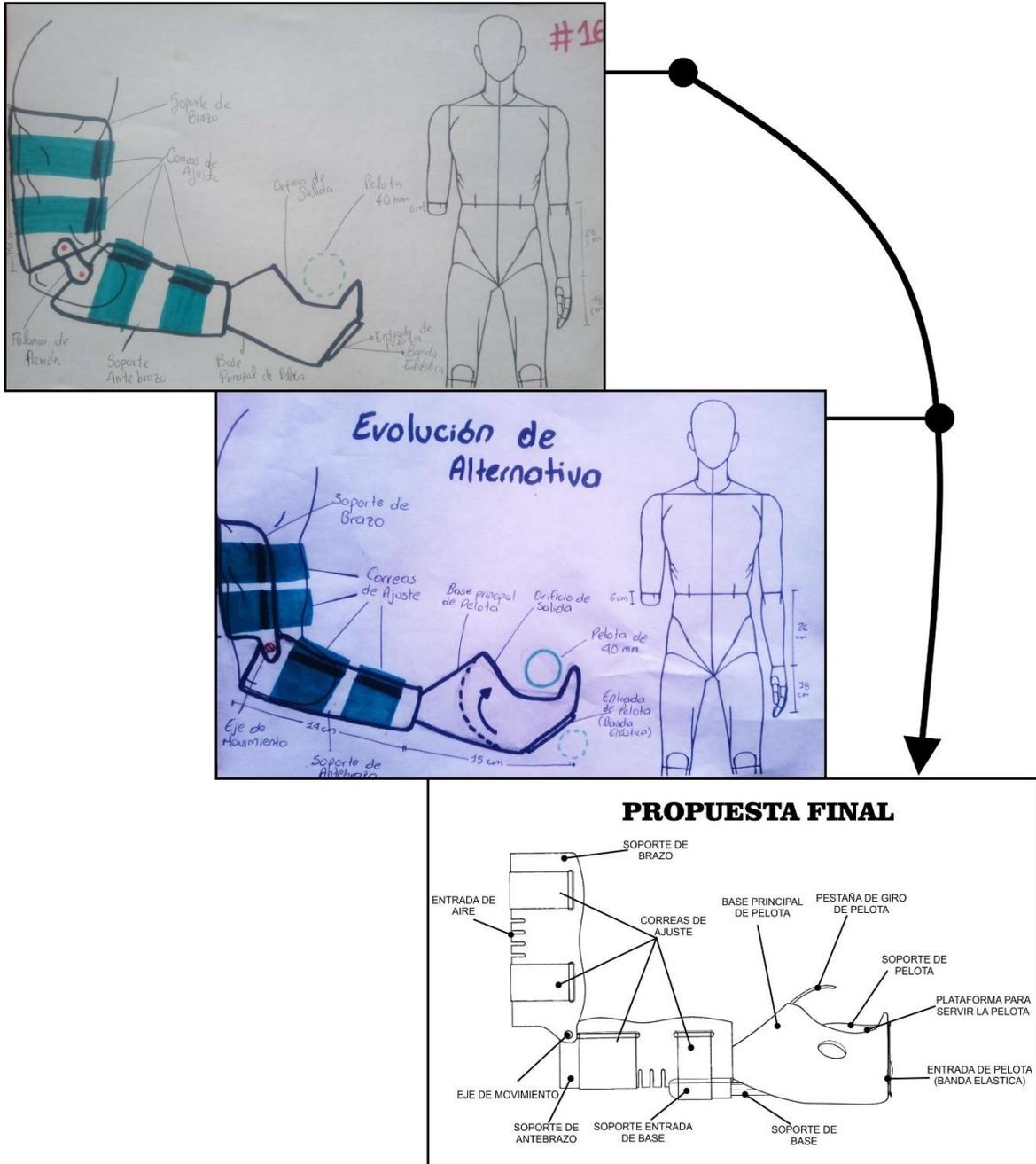


Ilustración 96 - Secuencia de bocetos de evolución

2.15 RENDERS FINALES



Ilustración 97 - Renders finales de propuesta final

2.16 DESPIECES

ARM - 1
FICHA TÉCNICA

TABLA DE NOMENCLATURA Y ESPECIFICACIONES

N° DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	Base principal de pelota	Base con la cual se recoge la pelota y se posiciona para servir	PLA	1
2	Tapa de base	Tapa tipo carcasa para protección de base principal de pelota	PLA	2
3	Banda Elastica	Función de recoger la bola por medio de tensión	Latex	1
4	Soporte Antebrazo	Soporte para posicionar el antebrazo	PLA	1
5	Correas de ajuste	Correas para realizar el ajuste correspondiente de brazo y antebrazo	Velcro	4
6	Cabeza de unión a pin	Cabeza para asegurar la unión de soportes.	PLA	2
7	Pin de unión	Encaje para asegurar el pin.	PLA	2
8	Soporte Brazo	Soporte para posicionar el brazo	PLA	1

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
SEDE VILLA DEL ROSARIO**

TÍTULO: ENSAMBLE GENERAL DE FACILITADOR DE SERVICIO		ESCALA: 1:3
PROYECTO DE GRADO: JORGE RENÉ GARCÍA MARTÍNEZ	MATERIAL: PLA 90 % - VELCRO: 10%	UNIDADES: CM
FIGURA #1	PÁGINA 1 DE 1	22/05/16

Ilustración 98 - Ficha técnica y despiece de propuesta final

2.17 RELACIÓN CON EL USUARIO

La forma de los elementos que conforman el facilitador fueron fácilmente identificados



Ilustración 99 - Relación de usuario con el facilitador

por el deportista de acuerdo a su función

La forma de la base principal (recolector de pelota) demuestra para el usuario un mecanismo con el cual se entiende que el espacio que tiene en su interior corresponde al área que podría ocupar la pelota para ser depositado ahí. Además el espacio donde se encuentra las bandas elásticas fue identificado rápidamente por el deportista como el lugar donde entraría la pelota.

Los soportes del brazo y del antebrazo debido a su abstracción de forma anatómica del brazo, evidencian la manera en que se debe colocar el facilitador y logran que el deportista identifique que tipo

de movimientos podría realizar con el facilitador puesto que muestran la manera en que se debe colocar el facilitador.

Las correas se muestran como un sistema sencillo en donde el usuario no tuvo inconveniente en hacer el uso correcto de ajuste.

En cuanto el material y sus acabados, el deportista afirma que al momento de tocar los diferentes elementos del facilitador, los ve seguros, resistentes y confortables para ponerlos en su brazo.



Ilustración 100 - Deportistas mostrando el significado de las piezas correctamente

2.18 SECUENCIA DE USO

ARM - 1

MONTAJE DE FACILITADOR

SECUENCIA DE USO

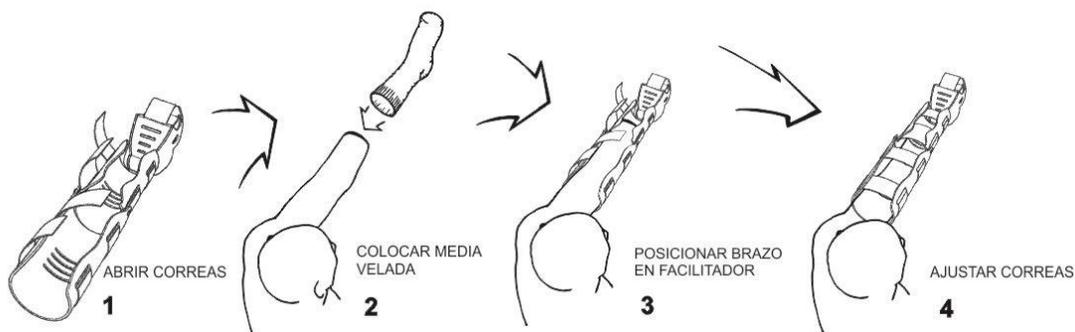


Ilustración 101 - Secuencia de uso para el montaje del facilitador en el brazo del deportista

ARM - 1

RECOLECCIÓN DE PELOTA

SECUENCIA DE USO

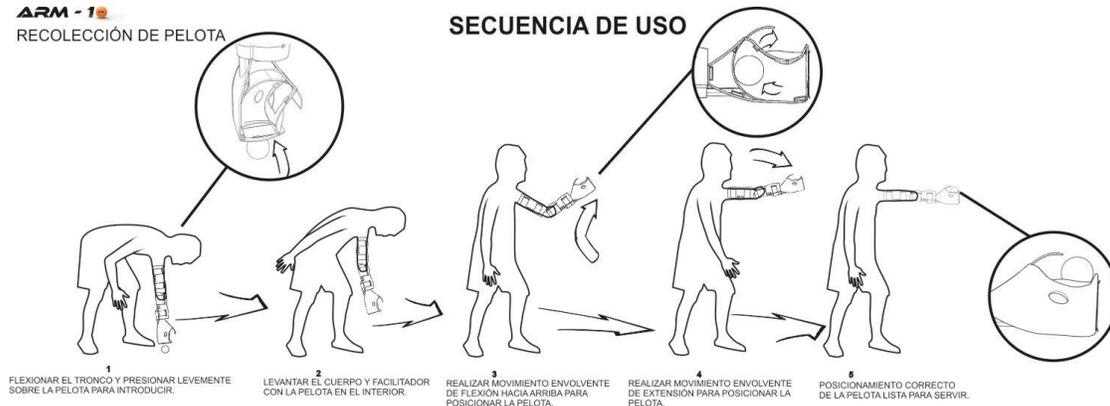


Ilustración 102 - Secuencia de uso para recoger la pelota empleando el facilitador

2.19 MODELO DE COMPROBACIÓN TRIDIMENSIONAL Y/O PROTOTIPO



Ilustración 103 - Prototipo en material PLA

El Prototipo se realizó en impresión 3d con material PLA ya que era el material que mejor se adaptaba a las características del material final, se llevó a cabo este proceso por impresión porque es la tecnología que permite realizar con más precisión las partes funcionales, sus características y detalles más rápidamente y sin ningún tipo de proceso adicional para su funcionamiento.

3 COMPROBACIÓN

3.1 FASE 1 – PREPARACIÓN DEL FACILITADOR

3.1.1 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS



Ilustración 104 - Secuencia 1, identificación de elementos

Dentro de la fase 1 de comprobación se realiza la identificación de elementos del deportista por el método de observación, en donde se identificaron adecuadamente las partes del facilitador.

3.1.2 MONTAJE DE ELEMENTO EN BRAZO



Ilustración 105 – Secuencia 2, montaje del elemento en el brazo por parte del deportista

El montaje del elemento en el brazo se realizó con un tiempo no mayor a 30 segundos los cual es muy adecuado ya que cumple con el requerimiento planteado anteriormente

3.2 FASE 2 – RECOLECCIÓN DE LA PELOTA

3.2.1 RECOGER LA PELOTA



Ilustración 106 - Secuencia 3, pasos para recoger la pelota con el facilitador

Dentro las etapas de comprobación se encuentran la fase 2, la cual se compone principalmente del paso de recolección de la pelota, en donde se observa una mejora en cuanto al número de pasos para realizar la acción, y se le da el uso adecuado al facilitador para realizar la acción.

3.3 FASE 3 – POSICIONAMIENTO Y SERVICIO DE LA PELOTA

3.3.1 POSICIONAMIENTO Y SERVICIO



Ilustración 107 - Secuencia 4, posicionamiento y servicio por parte del deportista con ayuda del facilitador

Se analizó al deportista y se puede determinar que realizó un buen uso al momento de posicionar y servir la pelota, no se presentó ninguna dificultad, se hizo una correcta flexión y extensión del brazo para posicionar la pelota permitiendo ejecutar un servicio adecuadamente. Al momento de lanzar la pelota se mantiene recta ya que con los soportes en los laterales de la plataforma de servicio no se inclina hacia atrás o a un lado como anteriormente ocurría.

3.4 FASE 4 – PRÁCTICA DEL JUEGO CON EL FACILITADOR

3.4.1 PRACTICA EN JUEGO



Ilustración 108 - Secuencia 5, practica del deportista en juego con uso del facilitador

En la secuencia anterior se observa al deportista en práctica de juego haciendo uso del facilitador sin ningún tipo de incomodidad para realizar los movimientos reglamentarios para un juego adecuado del tenis de mesa.

3.5 COMPROBACIÓN DE EXPERIENCIA DEL PROTOTIPO FINAL POR PARTE DEL DEPORTISTA

Se realizó una encuesta de comprobación del prototipo para evaluar la mejora en la experiencia de juego en el deportista Felipe Mora. En donde se buscó saber la opinión del deportista para verificar que se cumpliera el objetivo.



ENCUESTA RESULTADOS DE PROTOTIPO

Nombre: Luis Felipe Mora Rodriguez

Edad: 26

1. ¿El elemento facilitador cumple con la necesidad requerida para el juego?
Si
2. ¿Facilitó realmente el proceso de recolección y servicio de la pelota?
Si
3. ¿Disminuyó la pérdida de puntos por un mal servicio con el elemento facilitador durante el juego?
Si, más de la mitad
4. ¿Considera que los componentes del elemento están bien estructurados?
Si
5. ¿El proceso de sujeción del elemento facilitador fue estable durante el juego?
Si
6. ¿Compraría el elemento?
Si
7. ¿Cuánto pagaría por el elemento?
Dependiendo de la usabilidad y la calidad del elemento un máximo de 200.000 pesos
8. ¿Recomendaría este elemento facilitador a otros deportistas con su misma condición?
¿Por qué?
Si, porque facilita en realidad al momento de recoger la bola y jugar.
9. ¿Qué recomendaciones daría para mejorar el elemento?
Ninguna, cumple muy bien con las funciones

Ilustración 109 - Encuesta de resultados de prototipo



4 CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se llegaron después de haber realizado todo el proceso de análisis y comprobación, en donde se observaron todos los aspectos necesarios tales como biomecánica, análisis ergonómico, medidas antropométricas, entre otros. Es que se puede establecer un punto de partida para la realización de futuros elementos que permitan a los deportistas de tenis de mesa adaptado contar con facilitadores para la práctica de su juego, en donde se buscar el bienestar físico de la persona y una mayor motivación a la hora de jugar un deporte tan sano y complejo.

Dentro de las conclusiones se demostró una mejora en la experiencia de juego del deportista en clasificación clase 10 dentro de las definiciones de la ITTF, ya que se adoptó un mayor rendimiento con ayuda del facilitador permitiendo al deportista concentrarse en el juego y en su servicio.

Una conclusión del proyecto es que a la hora de recoger la pelota se mejoró la secuencia y las posturas a la hora flexionar el tronco, se disminuye notablemente la secuencia de pasos que se tenía que hacer anteriormente porque la pelota en movimiento giraba y el deportista debía detenerla, y agarrarle con una sola mano todo esto sin soltar la raqueta, lo cual era demasiado complicado, por ello el facilitador permitió liberar el brazo con agarre en la raqueta y hacer un recolección adecuada.



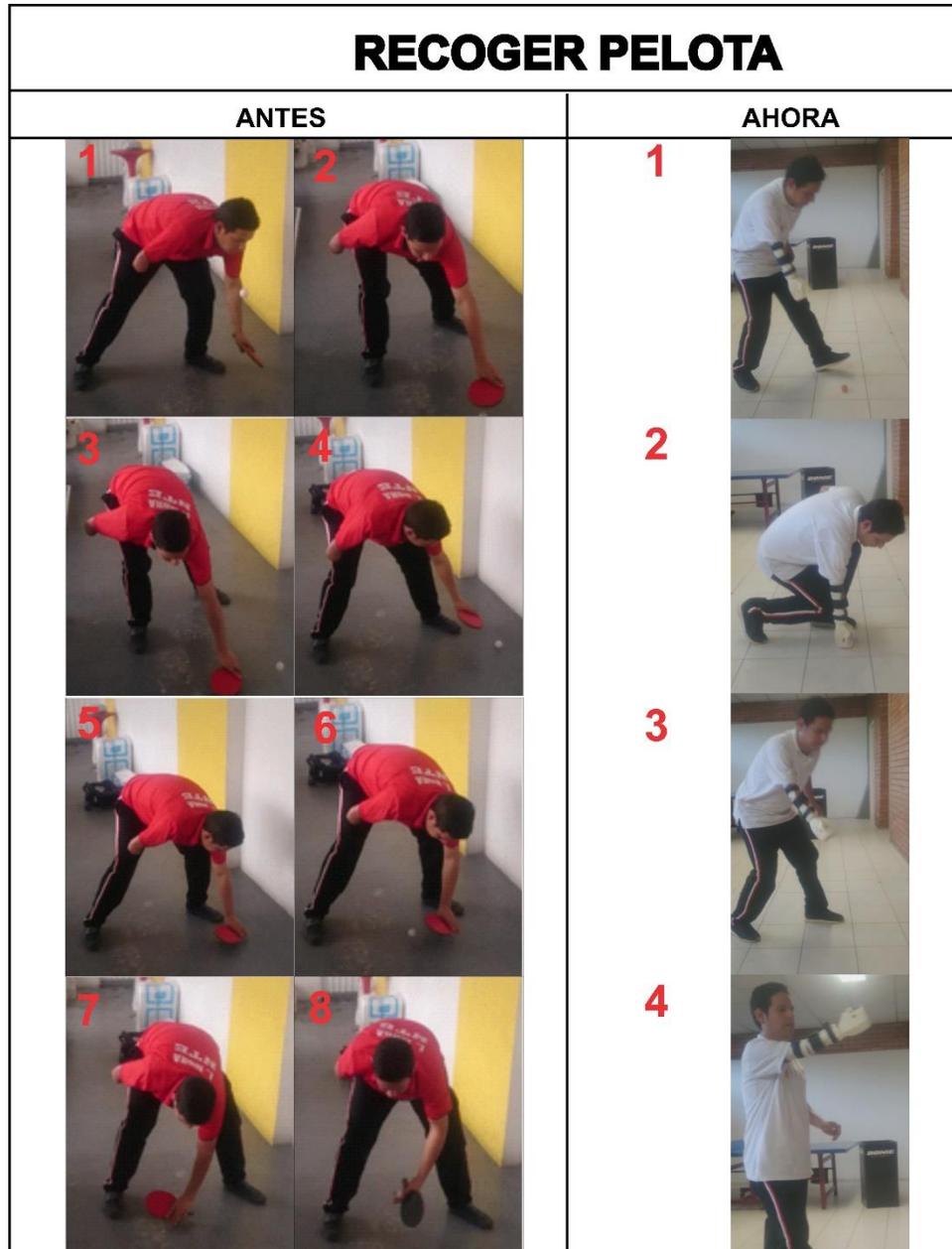


Ilustración 110 - Comparación al momento de recoger la pelota de antes y después del uso del facilitador



Ilustración 111 - Comparación de servicio básico antes y después del uso del facilitador

Se llega a la conclusión que hubo una mejora considerable a la hora de realizar un servicio adecuado ya que con el uso del facilitador se le permite al deportistas usar su mano libre solo para adecuado agarre de la raqueta en donde ya no va a tener el inconveniente de perder puntos por un mal servicio, la pelota no se va a mover hacia atrás lo que dificultaba la acción de servir, evitando la pérdida de puntos durante el juego.



Efectividad

Efectividad en el servicio (Durante Set)		
Puntos jugados	20	100 %
Puntos ganados	11	55 %
Servicio Realizados	10	100%
Servicios correctos	9	90 %
Servicio errados o mal servicio	1	10%

Se pudo concluir que el deportista usando el facilitador ARM – 10 en la fase del servicio obtuvo una mejora en la **eficiencia** de hasta el 90% el cual es número considerable de puntos recuperados durante un juego ya que anteriormente la pérdida de puntos era muy alta. Lo cual hace que el deportista aumente su nivel de juego.



5 BIBLIOGRAFIA

Ames, C. (1995). Metas de ejecución, clima motivacional y procesos motivacionales. En G.C. Roberts (ed.), *Motivación en el deporte y el ejercicio físico* (p.197–214). Bilbao: Desclée De Brouwer.

Gutiérrez, M. y Caus, N. (2006). Análisis de los motivos para la participación en actividades físicas de personas con y sin discapacidad. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 2 (2), 49-64.

Libro, *Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud: CIF*. ISBN 92 4 154544 5 NLM classification: W 15 ISBN 84-8446-077-0 © Organización Mundial de la Salud, 2001

Libro, *Los héroes olvidados: el deporte en los discapacitados físicos*. Ma Elena Fernández Blanco, Ana Ma Fernandez Cascarón, Susana Mendoza García, Ma Consuela Muiña Díaz, Coordinadora: Pilar Castro Pañeda [Servicio de Publicaciones, Universidad de Oviedo], 1999.

Libro, *Biomecánica del aparato locomotor aplicada al acondicionamiento muscular*. Cuarta Edición, MMIII Edición en español, Elsevier España, S.L, Traversa de Gracia, 17-21. 08021 Barcelona, España.

Libro, *Manual de lesiones deportivas*. ISBN: 84-605-6226-3, Déposito Legal: M-11957-97. BOOTS HEALTHCARE

Marco Tulio Gómez Escalante. Libro. *Iniciación y mejoramiento del Jugador de Tenis de Mesa*. (2013) (ISBN: 978-3-8465-6059-4).

Marco Tulio Gómez Escalante. Libro. *Biomecánica del Forehand Topspin en Tenis de Mesa*. (ISBN: 978-3-8454-9286-5),

Marco Tulio Gómez Escalante. Libro. *Tenis de Mesa 600 Jugadas y más. Enfoque de la Comprensión del Juego*. (2014)



<http://www.guttmann.com/es/treatment/dismelias>

<http://www.mibienestar.es/salud/2-general/20-lesiones-mas-corrientes-de-brazo-y-codo.html>

<http://www.cafyd.com/REVISTA/art4n2a06.pdf>

<http://www.eumed.net/rev/cccss/02/gcss.html>

<http://www.feddf.es/SITE/Tmesa/normativa/reglamento.html>

http://www.paralimpico.cl/?page_id=91

<http://ultm.org/wp-content/uploads/2014/10/6427418584911dd3ba7705.pdf>

http://hesperian.org/wp-content/uploads/pdf/es_dvc_2013/es_dvc_2013_58.pdf

<http://www.toronto2015.org/es/parapan/tenis-de-mesa>

<http://paradeportes.com/inedito-duelo-de-tenis-de-mesa-en-el-obelisco/>

<http://www.meds.cl/especialidad/analisis-biomecanico-del-movimiento>

<http://protesismmssuner.blogspot.com.co/2009/10/niveles-de-amputacion-miembro-superior.html>



ANEXOS

Encuesta a deportista clase 10

ENCUESTA A DEPORTISTA CLASE 10

Nombre: Luis Felipe Rodriguez

Edad: 26

1. ¿Desde cuándo practica el tenis de mesa?
 Desde el 2012
2. ¿Con que frecuencia practica el tenis de mesa?
 De lunes a sábado
3. ¿Participa en torneos regularmente?
 Si
4. ¿Ha tenido dificultades al practicar el tenis de mesa normalmente? ¿Cuáles?
 Si, al momento de servir, al momento de elevar la bola se desvia
5. ¿Ha perdido de puntos durante el juego por el servicio?
 Si
6. ¿Qué cree que facilitaría el mejoramiento en su juego?
 Un elemento que me facilite servir
7. ¿Le gustaría disponer de elementos facilitadores para mejor el juego?
 Si
8. ¿Ha visto o conoce algún tipo de elemento que facilite realizar un servicio adecuado?
 No
9. ¿Cree necesario un elemento facilitador para mejorar su rendimiento el juego? ¿Por qué?
 Si, porque facilitaría en el servicio para ser más seguro al momento de servir
10. ¿Usaría un elemento facilitador para mejorar el servicio?
 Si
11. ¿Qué características debería tener el elemento facilitador?
 recoger la bola y un sujetador al momento de elevar la bola para servir



