





Universidad de Chile  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Escuela de Pregrado  
Carrera de Diseño Industrial

# Equipamiento especializado para la artrosis de rodilla

La mejora de la predisposición del adulto mayor hacia el tratamiento con máquinas de ejercicio

---

PROYECTO PARA OPTAR AL TÍTULO DE DISEÑADOR INDUSTRIAL

AUTOR: MAURICIO ANDRÉS SANZ SÁNCHEZ  
PROFESOR GUÍA: MARCELO QUEZADA MONCADA  
Santiago, Chile 2013



A mis padres  
y a mis ángeles que me cuidan desde el cielo

## **ÍNDICE**

1. INTRODUCCIÓN.....	12	2.4 Bicicleta estática.....	33
1.1. El envejecimiento de la población.....	13	2.2.5 Bicicleta horizontal.....	35
1.2 El sector del adulto mayor en el mercado.....	15	2.5 Equipamiento para la artrosis.....	36
1.2.1. Artrosis de rodilla.....	15	3 FORMULACIÓN DEL PROYECTO.....	40
1.2.2. Consideraciones de la artrosis.....	16	3.1 El Problema.....	41
1.3 El ejercicio físico y sus posibilidades.....	17	3.2 El Problema de diseño.....	44
1.3.1 El ejercicio incompleto.....	19	3.3 Árbol de problemas.....	44
1.3.2 La oportunidad del diseño industrial.....	23	3.4 Objetivos del proyecto.....	47
2. LA EXPERIENCIA DEL ADULTO MAYOR EN EL EQUIPAMIENTO DEPORTIVO.....	27	3.4.1 Objetivo general.....	45
2.1 Equipamiento deportivo para el ejercicio físico.....	27	3.4.2 Objetivo específico 1.....	45
2.2 La experiencia de uso del adulto mayor en el ejercicio mediante un equipamiento.....	27	3.4.3 Objetivo específico 2.....	45
2.3 Los equipamientos deportivos para el adulto mayor.....	30	3.4.4 Objetivo específico 3.....	45
2.3.1 Bancos de cuádriceps.....	30	4. CONSIDERACIONES PARA EL PROYECTO.....	50
2.3.2 Máquina isocinética.....	31	4.1 Las propiedades del producto.....	51
2.3.3 Step o escaladora.....	32	4.2 Las propiedades afectivas.....	52
		4.3 Gesto de sentarse/levantarse.....	54
		4.4 Ingreso a un equipamiento actual.....	57
		4.5 Postura sedente para el ejercicio.....	60
		4.6 Inclinación de la espalda.....	61

4.7 Desarrollo del soporte corporal.....	64	el ejercicio.....	87
4.7.1 Apoyos para la espalda.....	64	5.4 La estructura para el equipamiento....	87
4.7.2 Apoyo para el muslo.....	65	5.4.1 Sistema de recubrimiento frontal.....	90
4.7.3 Apoyo para las extremidades superiores .....	65	5.4.2 Estructura para el apoyabrazos.....	91
4.8 Sensación de comodidad.....	65	5.4.3 Apoyos para la estructura.....	92
5. GÉNESIS FORMAL.....	68	5.5 Aplicación de color.....	94
5.1 Desarrollo formal de los soportes.....	69	6. PROPUESTA FINAL .....	98
corporales		6.1 Sistema de regulación.....	99
5.1.2 Desarrollo formal del soporte para la espalda.....	70	6.1.1 Rangos de movimiento de los soportes para la espalda.....	100
5.1.3 Desarrollo formal del asiento.....	75	6.1.2 Rango de desplazamiento en X del mecanismo de ejercicio.....	103
5.1.4 Desarrollo formal del apoyabrazos.....	77	6.2. Controles del sistema de regulación.....	104
5.2 Aproximación formal para la estructura base del equipamiento.....	80	6.3 Propuesta de producto.....	106
5.3 Desarrollo del mecanismo para el ejercicio.....	83	6.3.1. La nueva experiencia para el ejercicio físico.....	110
5.3.1 El mecanismo de la bicicleta.....	84	6.4 Presupuesto para el desarrollo inicial del proyecto.....	114
5.3.2 Desarrollo formal del pedal.....	85	6.5 Planos.....	115
5.3.3 Desarrollo formal del mecanismo para			

7. CONCLUSIONES GENERALES.....	128
8. BIBLIOGRAFÍA.....	132

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS

### 1. INTRODUCCIÓN

<b>Grafico 1:</b> Transición demográfica avanzada de Chile entre 1907 y el 2002.....	14
<b>Tabla 1:</b> Índice de Dependencia Demográfica.....	15
<b>Imagen 1:</b> Las cuatro fases del pedaleo.....	20
<b>Imagen 2:</b> Ángulos máxima extensión y flexión de la pierna.....	21
<b>Imagen 3:</b> Estudio cinemática de la rodilla en el intervalo II de la marcha.....	22

### 2. LA EXPERIENCIA DEL ADULTO MAYOR EN EL EQUIPAMIENTO DEPORTIVO

<b>Imagen 4:</b> Partes visibles de un banco de cuádriceps...28	
<b>Cuadro1:</b> Banco de cuádriceps.....	30
<b>Cuadro 2:</b> Maquina isocinética.....	31
<b>Cuadro 3:</b> Step o escaladora.....	32
<b>Imagen 5:</b> Bicicleta vertical.....	34
<b>Imagen 6:</b> Ingreso a la bicicleta vertical.....	34
<b>Imagen 7:</b> Bicicleta reclinada.....	35
<b>Imagen 8:</b> Equipamientos de la Clínica de Medicina Deportiva MEDS para el tratamiento de la rodilla.....	36

### 3 FORMULACIÓN DEL PROYECTO

<b>Esquema 1:</b> Análisis del problema.....	43
<b>Esquema 2:</b> Árbol de problemas.....	45
<b>Esquema 3:</b> Árbol de Objetivos.....	46

### 4. CONSIDERACIONES PARA EL PROYECTO

<b>Tabla 2:</b> Espacio de las propiedades.....	53
<b>Tabla 3:</b> Relación entre las propiedades.....	54
<b>Imagen 9:</b> Centros de gravedad del cuerpo.....	55
<b>Imagen 10:</b> Primera y segunda fase al levantarse.....	55
<b>Imagen 11:</b> Cinemática comparativa al sentarse.....	56
<b>Imagen 12:</b> Ingreso lateral a la bicicleta.....	57
<b>Imagen 13:</b> Ingreso lateral al equipamiento.....	58
<b>Imagen 14:</b> Ingreso frontal, vista lateral.....	59
<b>Tabla 4:</b> Ángulos de confort de Wisner.....	60
<b>Imagen 15:</b> Ángulos de Wisner para el equipamiento propuesto.....	61
<b>Imagen 16:</b> Cargas en la columna según la postura.....	62
<b>Imagen 17:</b> Las tuberosidades isquiáticas.....	62
<b>Imagen 18:</b> Estudio comparativo entre superficies planas y superficies en forma de “S” al momento de sentarse....	63
<b>Imagen 19:</b> Puntos de apoyo a considerar .....	64
<b>Imagen 20:</b> Regiones y curvas de la columna.....	64
<b>Imagen 21:</b> Tipo de aneión habitual de un cojín a una silla.....	66
<b>Imagen 22:</b> Niveles visuales de comodidad según lo mullido de la superficie.....	66

## 5. GÉNESIS FORMAL

<b>Imagen 23:</b> Dos puntos de apoyo para la sección dorsal.....	69
<b>Imagen 24:</b> Curvas naturales de la espalda.....	70
<b>Cuadro 4:</b> Curvas laterales y transversales para la generación de la forma de cada sección.....	71
<b>Imagen 25:</b> Superficies a partir de las secciones laterales y transversales.....	72
<b>Imagen 26:</b> Traspaso de la forma del punto de apoyo a la superficie.....	72
<b>Imagen 27:</b> Evolución geométrica de la forma de los puntos de apoyo.....	73
<b>Imagen 28:</b> Generación del volumen y aplicación de la doble curvatura.....	73
<b>Imagen 29:</b> Geometría y curvatura final de los puntos de apoyo.....	74
<b>Imagen 30:</b> Volumen y aplicación de curvas definitivas.....	74
<b>Imagen 31:</b> Curvas frontales del asiento y sección para el coxis.....	75
<b>Imagen 32:</b> Doble curvatura del asiento.....	76
<b>Imagen 33:</b> Forma del asiento.....	76
<b>Imagen 34:</b> Visualización de los puntos de apoyo y el asiento.....	76
<b>Imagen 35:</b> Movimiento natural de los codos en reposo sobre una superficie.....	77
<b>Imagen 36:</b> Propuesta del apoyabrazos completo.....	75

<b>Imagen 37:</b> Estabilización del ejercicio y gesto de levantarse.....	78
<b>Imagen 38:</b> Gesto del agarre para levantarse.....	79
<b>Imagen 39:</b> Gesto de agarre para el ejercicio.....	79
<b>Imagen 40:</b> Propuesta del apoyabrazos junto al resto de los soportes corporales.....	80
<b>Imagen 41:</b> Geometrización de la estructura base.....	81
<b>Imagen 42:</b> Extensión de la geometría de la base.....	81
<b>Imagen 43:</b> Vinculación de las partes de la estructura base.....	82
<b>Imagen 44:</b> Visualización de los soportes y la base.....	82
<b>Imagen 45:</b> Mecanismo retráctil.....	84
<b>Imagen 46:</b> Geometrización del mecanismo a integrar dentro del equipamiento.....	84
<b>Imagen 47:</b> Zona de desarrollo para el pedal y Curvas de la plata: antepié y retro pie.....	85
<b>Imagen 48:</b> Curvas para el desarrollo formal del pedal.....	86
<b>Imagen 49:</b> Evolución del desarrollo formal.....	86
<b>Imagen 50:</b> El sistema de sujeción para el pedal.....	86
<b>Imagen 51:</b> Forma del mecanismo para el ejercicio.....	87
<b>Imagen 52:</b> Forma de la estructura vista desde arriba.....	88
<b>Imagen 53:</b> Forma de la estructura vista lateral.....	88
<b>Imagen 54:</b> Alternativas para la estructura y recubrimiento posterior.....	89
<b>Imagen 55:</b> Vista posterior de la estructura.....	89

<b>Imagen 56:</b> Vista frontal de la estructura con el mecanismo retraído.....	90
<b>Imagen 57:</b> Esquema de funcionamiento.....	90
<b>Imagen 58:</b> Desarrollo formal del apoyabrazos.....	91
<b>Imagen 59:</b> Visualización de la forma final del apoyabrazos.....	92
<b>Imagen 60:</b> Apoyos para el equipamiento, vista inferior.....	93
<b>Imagen 61:</b> Integración de los puntos de apoyo lateral.....	93
<b>Imagen 62:</b> Colores fríos y cálidos.....	94

## 6. PROPUESTA FINAL

<b>Imagen 63:</b> Secciones de la espalda establecidas según estatura .....	100
<b>Imagen 64:</b> Rangos de desplazamiento de la sección cervical y lumbar seleccionadas.....	101
<b>Imagen 65:</b> Rangos de desplazamiento de las secciones en X .....	102
<b>Imagen 66:</b> Actuadores lineales para los soportes de la espalda ubicados dentro del equipamiento.....	103
<b>Imagen 67:</b> Ubicación del motor para el desplazamiento del mecanismo de ejercicio.....	104
<b>Imagen 68:</b> Posición y forma del sistema de regulación posterior.....	105
<b>Imagen 69:</b> Bicicleta Extensora Para El Adulto	

Mayor.....	106
<b>Imagen 70:</b> Gesto de sentarse en el equipamiento.....	107
<b>Imagen 71:</b> Persona sentada en el equipamiento.....	105
<b>Imagen 72:</b> Persona ejercitándose en el equipamiento.....	108
<b>Imagen 73:</b> soportes corporales dispuestos para la persona mayor estatura.....	109
<b>Imagen 74:</b> soportes corporales dispuestos para la persona de menor estatura.....	109
<b>Imagen 75:</b> Equipamiento en contexto.....	110
<b>Imagen 76:</b> Equipamiento en contexto 2.....	113



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. El envejecimiento de la población

El envejecimiento poblacional es un fenómeno a nivel mundial que ha comenzado a manifestarse, y es probablemente uno de los problemas más complejos a enfrentar durante el siglo XXI.

El envejecimiento de la sociedad se produce básicamente por el aumento de la población de adultos mayores y paralelamente la reducción de los menores de 15 años. Se estima que para el año 2050 la población mundial de adultos mayores estará compuesta por alrededor de 2 mil millones de personas, cifra que a esa fecha corresponderá a un 20% de la población.

Este gran cambio a nivel demográfico afectará a gran parte del mundo, obligándonos a replantearnos diferentes aspectos que hoy en día no hemos resuelto respecto al adulto mayor, creando nuevas oportunidades y desafíos para el desarrollo de nuevos productos.

Chile es un país cercano a los 17 millones de habitantes, donde la esperanza de vida ha aumentado durante los últimos 50 años. Se estima que los adultos mayores de 60 años, que actualmente representan alrededor del 15% de la población, lleguen a 5,8 millones en el año 2050, representando casi al 30%<sup>1</sup>.

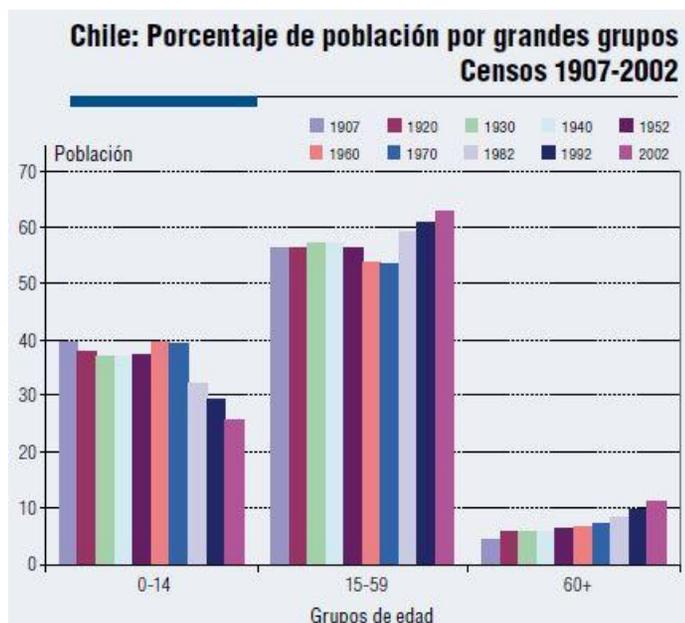
Estas cifras llaman a preocuparnos y tomar cartas en el asunto, dado que actualmente los problemas del adulto mayor no están resueltos completamente. Cuando la población crece, dada la baja mortalidad y natalidad, comienza a concentrarse en un segmento etario avanzado los habitantes de un país.

Este proceso impacta de distintas formas en un país, tanto en la economía, la composición de la fuerza de trabajo y en la sociedad, como en el área de la salud y la educación (ente muchas otras).

---

<sup>1</sup>“ SEGUNDA ENCUESTA NACIONAL” INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN SOCIAL DEL ADULTO MAYOR EN CHILE. Servicio Nacional del Adulto mayor. Chile, Noviembre 2011.  
<http://www.senama.cl/filesapp/SEGUNDA%20ENCUESTA.pdf>

**Grafico 1: Transición demográfica avanzada de Chile entre 1907 y el 2002**



**Fuente: Instituto Nacional de estadística. Página web<sup>2</sup>**

<sup>2</sup> [http://epi.minsal.cl/epi/0notransmisibles/diag\\_regionales/documentos\\_sobre\\_chile/documentos\\_ine\\_demografia\\_y\\_otros/indices\\_poblacion\\_ine.pdf](http://epi.minsal.cl/epi/0notransmisibles/diag_regionales/documentos_sobre_chile/documentos_ine_demografia_y_otros/indices_poblacion_ine.pdf)

El proceso de envejecimiento a nivel mundial se desarrolla en distintas etapas según las características del país. La proporción de los Adultos Mayores en los países desarrollados es de un 21%, en tanto la proporción de los países en desarrollo corresponde a un 8% de la población total.

Nuestro país, al igual que los países desarrollados, está viviendo una etapa avanzada de transición al envejecimiento demográfico de su población.

Actualmente una de cada diez personas pertenece al grupo del Adulto Mayor y se espera que para el año 2025 esta proporción sea de uno por cada cinco. Al comparar los adultos mayores con la población menor de 15 años, éstos actualmente ascienden a uno por cada dos niños y niñas. En el proceso de transición al envejecimiento Chile aumentaría su Índice de Dependencia Demográfica<sup>3</sup> (IDD) de 57,2 en el 2005, a 60,0 en el 2020. Esto significa que, por cada cien personas potencialmente activas habrá 60 dependientes (mayores de 60 y menores de 15 años).

<sup>3</sup> ENFOQUE ESTADÍSTICO. ¿Cuántos Somos?.2007. Boletín Informativo del Instituto Nacional de Estadísticas. 5p

**Tabla 1: Índice de Dependencia Demográfica:**

Chile: Índice de Dependencia Demográfica (IDD) por regiones. 2005-2020				
Regiones	Número dependientes por 100 potencialmente activos			
	2005	2010	2015	2020
Tarapacá	56,8	54,8	56,3	60,3
Antofagasta	54,3	51,1	52,1	55,4
Atacama	59,8	56,3	57,1	61,4
Coquimbo	61,0	57,7	59,0	64,1
Valparaíso	58,8	56,3	57,9	63,2
O'Higgins	58,9	55,7	56,2	61,4
Maule	58,7	55,7	56,7	61,7
Bío-Bío	57,8	54,7	55,6	60,4
La Araucanía	62,3	58,4	59,0	63,3
Los Lagos	59,4	55,7	55,9	59,7
Aysen	56,5	53,9	54,8	58,8
Magallanes	52,6	51,0	52,1	56,6
Metropolitana	55,1	52,8	54,2	58,4
<b>País</b>	<b>57,2</b>	<b>54,5</b>	<b>55,6</b>	<b>60,0</b>

**Fuente: Instituto Nacional de estadística. Página web<sup>4</sup>**

<sup>4</sup> [http://epi.minsal.cl/epi/0notransmisibles/diag\\_regionales/documentos\\_sobre\\_chile/documentos\\_ine\\_demografia\\_y\\_otros/indices\\_poblacion\\_ine.pdf](http://epi.minsal.cl/epi/0notransmisibles/diag_regionales/documentos_sobre_chile/documentos_ine_demografia_y_otros/indices_poblacion_ine.pdf)

## 1.2 El sector del adulto mayor en el mercado

Las características diferenciadoras del adulto mayor se entienden como los aspectos intrínsecos del envejecimiento psicológico, con un declinar paulatino de la funcionalidad de los órganos y sistemas. Además se presenta una disminución de la reserva funcional, aumentando su vulnerabilidad ante situaciones de estrés o enfermedad<sup>5</sup>. Estas características deberán ser el eje central del desarrollo del sector del adulto mayor, que desarrollará mejores condiciones a lo que será una parte importante de la población mundial.

### 1.2.1. Artrosis de rodilla

La artrosis es una de las enfermedades reumáticas más frecuentes, de hecho a partir de los 50 años prácticamente todo el mundo tiene manifestaciones radiológicas de esta.

<sup>5</sup> Pedro Paulo Marín L. *Reumatología* 2004; 20(2): 54-57. "Fragilidad en el Adulto Mayor y Valoración". Centro Geriátrica y Gerontología, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile

La artrosis es una enfermedad crónica que se caracteriza por el deterioro paulatino del cartílago en las articulaciones<sup>6</sup>.

El desgaste del cartílago produce la aparición de dolor al movilizar la extremidad. Cuando la enfermedad tiene un desarrollo avanzado puede comprometer la realización de actividad física, caminar, permanecer de pie, por tanto puede afectar el desarrollo normal de la vida, llevando paulatinamente a la discapacidad.

Si se tiene artrosis dolerá la rodilla y se realizará poca actividad física, al evitar usar las extremidades se atrofiará la musculatura, provocando menos firmeza en la rodilla, por lo que se perpetuará la artrosis. De esta forma se genera un círculo vicioso.

---

<sup>6</sup> en el caso de éste proyecto se habla de la articulación comprendida entre el fémur y el peroné, en las extremidades inferiores, dado que el análisis se centrará en la artrosis de rodilla.

### **1.2.2. Consideraciones de la artrosis**

Aún con la tecnología actual no hay un tratamiento curativo para la artrosis de rodilla. Los adultos mayores lamentablemente deben acostumbrarse a convivir con la enfermedad y adaptar sus actividades a las manifestaciones de la misma.

A pesar de no haber un tratamiento curativo, existen algunos tratamientos útiles que permitirán a la mayoría de los adultos mayores llevar una vida prácticamente normal.

Una entrevista realizada al kinesiólogo Rodrigo Rojo<sup>7</sup> explica que dentro de los tratamientos de la artrosis se busca generar trofismo, es decir desarrollar la musculatura en la zona afectada, y mejorar la capacidad aeróbica.

Cómo en el ejercicio físico ambas finalidades se dan de manera simultánea esto lo hace mayormente atractivo. Ante ello la bicicleta se ha vuelto muy popular para el

---

<sup>7</sup> [Kinesiólogo. Magíster en Kinesiología. Académico Jornada Completa coordinador de IV nivel y encargado asignatura de Kinesiología y técnicas kinésicas de evaluación y tratamiento. Ejercicio privado de la profesión en área Músculo esquelético.]

tratamiento de la enfermedad dado que permite generar estos beneficios de manera positiva. Rodrigo Rojo señala además que específicamente lo que debiera lograr un ejercicio especializado para el tratamiento de la artrosis de rodilla es:

*1-Fortalecer o mejorar el tonus, la cantidad de músculo correspondiente a la zona de la articulación de la rodilla.*

*2- Generar movimiento completo del rango de la extremidad, para incentivar la formación de líquido sinovial (lo que puede detener la artrosis, sin revertirla, pero haciendo más lento el proceso degenerativo del cartílago).*

En síntesis lo que se busca conseguir es: el recorrido articular mayor, trabajo en descarga, trabajo articular efectivo.

El recorrido articular mayor tiene como objetivo lograr progresivamente restablecer la capacidad articular completa de la extremidad.

El trabajo en descarga se refiere a que las extremidades inferiores no se sobrecarguen con un peso excesivo, dado

que podría ser contraproducente al restablecimiento de la función.

Finalmente el trabajo articular efectivo hace referencia a que los músculos de la extremidad logren fortalecerse y trabajen verdaderamente en pro de la recuperación.

### **1.3 El ejercicio físico y sus posibilidades**

El ejercicio físico, casi por consenso, es considerado como la intervención más importante para el tratamiento de la artrosis.

La practica en disciplinas como la kinesiología y la fisioterapia demuestra que un programa de ejercicio físico de bajo impacto, practicado de manera regular, no incrementa el desarrollo de la artrosis y tiene mejores resultado que los de sólo movilidad articular. Por lo tanto el ejercicio físico se traduce para el adulto mayor en fuerza, resistencia, flexibilidad, y capacidad aeróbica.

Muy por el contrario la inactividad en los adultos mayores reduce la función muscular alrededor de la articulación, llevando a inestabilidad y por consiguiente al sedentarismo y la obesidad.

Entre las ventajas que ofrece a los pacientes se encuentran:

- Mejorar la capacidad aeróbica
- Ayudar al control de la obesidad
- Prevenir la Inestabilidad articular
- Recuperar la función de la extremidad
- Ayudar en la funcionalidad general.

El ejercicio físico convencional para el tratamiento de la artrosis corresponde a la caminata, la bicicleta y la natación. Si bien los tres son efectivos cada uno es diferente en cuanto al tipo de impacto que proporciona a la articulación dañada y al control real respecto a la ejecución del ejercicio.

Si se idealizara un ejercicio perfecto para la artrosis de rodilla éste debería ser en su mayor parte en descarga, sin el esfuerzo de sostener el cuerpo y evitando fuertes impactos articulares.

**La caminata** es recomendada en terrenos planos, evitando subir constantemente escaleras y cuidándose de los desniveles. Sin embargo naturalmente debe realizarse

en una postura sedente, descargando todo el peso del cuerpo en las extremidades inferiores.

En estricto rigor la caminata a pesar de que contribuyen al tratamiento de la enfermedad y a la reducción de síntomas, no cumplen a cabalidad los requerimientos óptimos para el tratamiento con bajo impacto articular. Además el adulto mayor debe cargar con el peso de su cuerpo erguido durante el ejercicio aeróbico, sin necesariamente trabajar focalizadamente las zonas musculares que se necesitan fortalecer.

**La bicicleta estática** como ejercicio físico, trabaja soportando el peso del tronco y la cabeza mediante el apoyo del sillín y el manubrio, liberando de una excesiva carga a las extremidades inferiores. A diferencia de la natación y la caminata, la bicicleta posee un carácter focalizado, que la convierte en un ejercicio más atractivo, desde el punto de vista médico, para poder tratar a un paciente

En cuanto al impacto de la **natación y los ejercicios acuáticos**, debido al empuje hidrostático del agua, la carga de las articulaciones no es crítica. En otras palabras

si el cuerpo se sumerge en el agua el peso para las articulaciones cambia siendo mucho menor, por tanto se disminuye el impacto.

A pesar de ello se debe tomar en cuenta que por razones estéticas, de edad o peso los adultos mayores pueden estar reacios a practicarla. Además la natación requiere de una infraestructura considerable, que no siempre es accesible. Por otro lado un programa de ejercicios acuáticos que se especialicen en el movimiento de piernas es difícil de controlar de manera efectiva por parte de quien asista al adulto mayor. Por esta razón se deja a la natación fuera del análisis y de las posibles soluciones de diseño para el proyecto.

### **1.3.1 El ejercicio incompleto**

En comparación a las posturas corporales y movimientos tipificados en los ejercicios de fisioterapia, basados en la Sociedad Española de Medicina Física y Rehabilitación<sup>8</sup>, tanto la caminata como la bicicleta presentan aspectos que no permiten beneficiar completamente a un adulto mayor con artrosis:

- a) No focalizan el trabajo articular
- b) No ejercen un recorrido articular completo
- c) Están expuestos a sobrecargas articulares

Estos aspectos son entendidos como:

- a) Escasa focalización del ejercicio respecto a la articulación

Al pedalear en una bicicleta se trabajan dos músculos principales: los cuádriceps y los isquiotibiales. Al ejercer fuerza hacia abajo mediante el pedal se trabaja fundamentalmente los cuádriceps. El movimiento del

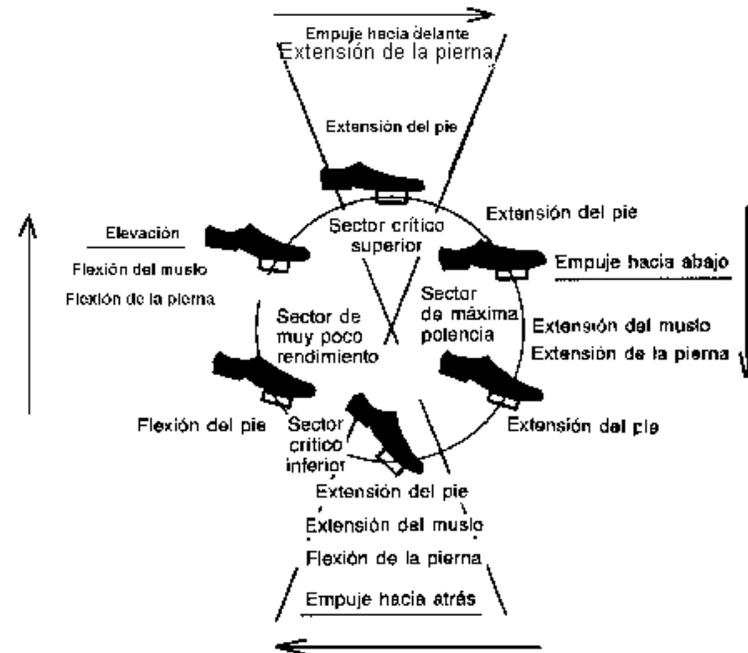
---

<sup>8</sup> Referente utilizado para analizar los ejercicios existentes de fisioterapia para la artrosis de rodilla

pedal hacia arriba debería trabajar de la misma manera los isquiotibiales.

En la práctica las bicicletas estáticas trabajan empujando los pedales hacia abajo y a través de esa misma fuerza se sube el pedal, sin ejercer el mismo esfuerzo para el desarrollo de isquiotibiales, que tienen una importancia fundamental en la articulación. Esta situación ocurre en el sector de poco rendimiento del pedaleo, como se aprecia en la siguiente imagen.

**Imagen 1. Las cuatro fases del pedaleo**



**Fuente: Página web<sup>9</sup>**

<sup>9</sup> <http://webs.adam.es/rlllorens/pedaleo.htm>

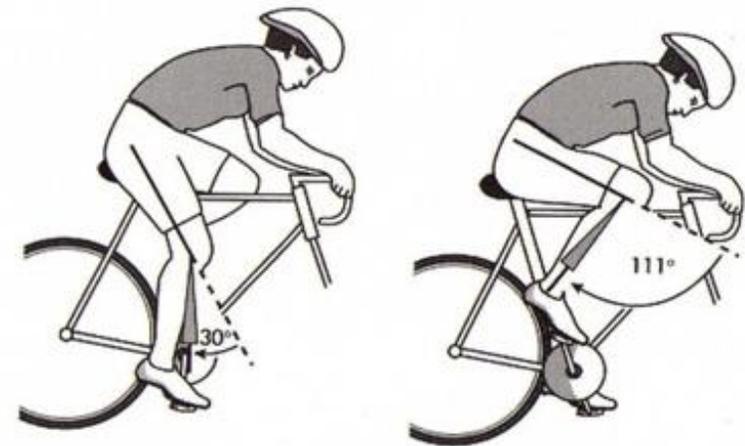
La situación al caminar es totalmente diferente, los músculos que intervienen al caminar son diversos (los cuádriceps, gemelos, flexores de la pierna, glúteos, músculos del pie y flexores de la cadera). Además participan en menor grado brazos, hombros, abdominales, lumbares y músculos del cuello.

La participación de diversos músculos y el carácter dinámico del acto de caminar podría llegar a ser contraproducente, si el verdadero fin del ejercicio físico para la artrosis de rodilla consiste en recuperar la función de dicha extremidad. Además se debe tener en cuenta que la articulación está sometida al peso completo del cuerpo.

b) Rangos articulares incompletos durante el ejercicio, entendiéndose una máxima eficacia cuando se alcanzan los 140 grados de flexión de la rodilla (rango completo de la articulación).

En el caso de la bicicleta los ángulos de máxima flexión durante el pedaleo respecto a la pierna describen un rango entre 30 y 111 grados.

**Imagen 2. Ángulos máxima extensión y flexión de la pierna**



**Fuente: Página web<sup>10</sup>**

<sup>10</sup> <http://www.rialbike.com/magicpower/il-telaio-ideale/>

En cuanto a la caminata se genera una máxima flexión entre los 40 y los 65 grados durante el tercer intervalo del balanceo, según las especificaciones biomecánicas de la pierna al caminar.<sup>11</sup>

**Imagen 3. Estudio cinemática de la rodilla en el intervalo II de la marcha**



**Fuente: “Biomecánica de la marcha humana normal y patológica”<sup>14</sup>**

Debido a la diferencia de 29 y 70 grados, correspondientes a la bicicleta y caminata

<sup>11</sup> Instituto de Biomecánica de Valencia, Pedro M. Vera Luna, 1999, · “Biomecánica de la marcha humana normal y patológica”, Valencia, España, Editorial IBV

respectivamente, en comparación al ángulo completo de 140 grados flexión natural de la pierna, queda en evidencia un rango importante de la articulación que no está siendo aprovechado en el ejercicio físico.

c) El ejercicio y la sobrecarga articular

El ejercicio físico está expuesto a sobrecargas articulares, que podrían exacerbar los síntomas de la enfermedad. Debido a la mayor fragilidad ósea y a la propensión a las lesiones de ligamentos y tendones, no se deben recargar las articulaciones con sobrecargas importantes.

En el caso de la bicicleta, la sobrecarga logra disminuirse significativamente, dada la repartición del peso que entrega su estructura. Sin embargo la altura excesiva del sillín puede sobre exigir la musculatura posterior de la extremidad (flexión excesiva). Por el contrario el sillín bajo provoca sobrecarga del aparato extensor, perjudicando los cuádriceps y tendones (se dobla mucho la rodilla, hay un aumento de presión, se expone a mucho rose).

Por lo tanto la postura y el equilibrio, con la que se enfrenta una persona con artrosis de rodilla, debe

readecuarse para lograr que la estructura de la bicicleta soporte todo el peso del cuerpo (trabajo en descarga), permitiendo las extremidades inferiores trabajar, sin que el ejercicio sea nocivo, controlando la carga.

En función de los puntos anteriores se establece que, para mejorar y completar los beneficios del ejercicio físico actual, en términos específicos se requiere:

- **Una flexión de la rodilla de 140 grados, obteniendo un rango articular completo;** como los ejercicios de fisioterapia desarrollados por Pedro de Antolín<sup>12</sup>
- Generar musculatura en la zona crítica de manera focalizada, mediante **un ejercicio de contra resistencia, es decir que involucre los músculos extensores como los flexores,** utilizando la misma intensidad en ambos para generar mayor tejido muscular en la articulación

---

<sup>12</sup> “DESCRIPCIÓN DE LOS EJERCICIOS PARA ARTROSIS DE RODILLA” Carmen Echávarri Pérez, Juan Aboitiz Cantalapiedra. Fundación Alcorcón. Marzo 2010.

- Que logre **que el cuerpo trabaje en descarga**, sin que las articulaciones soporten la totalidad del peso del cuerpo, y a la vez que se mantenga una postura que no incremente los síntomas de la enfermedad.

### 1.3.2 La oportunidad del diseño industrial

La caminata y la bicicleta estática poseen aspectos técnicos incompletos que representan un punto crítico para la obtención integral de los beneficios esperados. Sin embargo se presenta a la misma vez una oportunidad de diseño, dado que los aspectos técnicos deben relacionarse apropiadamente con las características específicas del adulto mayor con artrosis. La intervención del proyecto pretende hacerse cargo de esa relación en específico, de manera de contribuir a través del desarrollo de un equipamiento especializado, que se enmarque en el sector del adulto mayor.





## **2. LA EXPERIENCIA DEL ADULTO MAYOR EN EL EQUIPAMIENTO DEPORTIVO**

## **2. LA EXPERIENCIA DEL ADULTO MAYOR EN EL EQUIPAMIENTO DEPORTIVO**

### **2.1 Equipamiento deportivo para el ejercicio físico**

Los ejercicios físicos convencionales para una persona con artrosis (bicicleta, caminata) como se analizó anteriormente, poseen aspectos en los que entregan beneficios incompletos.

No obstante, a pesar de los problemas puntuales, las maquinas o equipamientos de ejercicio poseen ciertas ventajas. En primer lugar generan matrices para guiar los movimientos del cuerpo durante el ejercicio, evitando así movimientos innecesarios y disminuyendo el margen de error durante la ejecución. De esta manera es posible cumplir la focalización en la articulación con artrosis, en mayor o menor medida según permita el tipo de mecanismo.

Además los equipamientos ayudan a repartir el peso del cuerpo, a través de las zonas de contacto que se emplean para realizar el ejercicio, evitando así la sobrecarga articular.

En cuanto al recorrido articular este se va a cumpliendo según haya sido concebido cada equipamiento, dependiendo del tipo de mecanismo.

### **2.2 La experiencia de uso del adulto mayor en el ejercicio mediante un equipamiento**

El adulto mayor con artrosis busca mediante del ejercicio físico tratar su enfermedad, para rehabilitar la movilidad de su rodilla. El ejercicio físico en el caso analizado se materializa por medio de equipamientos.

Los equipamientos utilizados específicamente para el ejercicio articular de la rodilla corresponden a: el banco de cuádriceps (máquinas de fuerza), maquinas isocinéticas, escaladoras o “step” y bicicletas estáticas.

Estos equipamientos pertenecen al mundo del ejercicio deportivo, diferente del mundo de la rehabilitación al cual corresponde el adulto mayor. Las características de los equipamientos se acercan más a las necesidades de un deportista, que a las de un adulto mayor en busca de tratar una dolencia. Esto queda en evidencia cuando se analiza su apariencia externa.

El equipamiento deportivo a nivel formal se compone de tres partes básicas: la estructura, el mecanismo y las zonas de contacto.

Formalmente el equipamiento deportivo jerarquiza, poniendo mayor énfasis, en los mecanismos de funcionamiento y la

estructura de soporte general, que en las zonas de contacto que se relacionan con el cuerpo de la persona.

Lo dicho anteriormente no sugiere que el equipamiento deportivo actual sea deficiente, sino que sus características actuales difieren de las capacidades presentes en el adulto mayor, que desea ejercitarse a través de ellos.

Esto puede explicarse dado que el rigor<sup>1</sup> de un deportista es diferente del rigor de un adulto mayor en rehabilitación. En el caso de los equipamientos en cuestión es el rigor del deportista el que predomina en su forma y en sus posibilidades de interacción.

La estética actual de los equipamientos exalta los mecanismos y la estructura (llevándolos a la misma jerarquía que las zonas de contacto), que puede enorgullecer a un deportista de alto rendimiento, pero a la vez puede intimidar o hacer sentir incómodo a un adulto mayor. Las zonas de contacto visualmente tienden a ser delgadas, lo que perceptualmente indica al adulto mayor que son duras e incómodas.

---

<sup>1</sup> Tiesura o rigidez preternatural de los músculos, tendones y demás tejidos fibrosos, que los hace inflexibles e impide los movimientos del cuerpo.

**Imagen 4: Partes visibles de un banco de cuádriceps**



**Fuente: Elaboración propia**

Dicho de otro modo existe una desconexión entre la estética del equipamiento y el usuario. La desconexión entre la apariencia externa del equipamiento y el adulto mayor, se explica por esta adaptación del equipamiento desde el mundo deportivo, con un rigor y características formales que difieren de la instancia esperada para el tratamiento. De la misma manera la interacción se vuelve a su vez un punto crítico, dado que las capacidades y tolerancias del adulto mayor son radicalmente diferentes de las de un deportista de alto rendimiento, por lo que las partes del equipamiento pueden no corresponder de buena manera las necesidades específicas de un adulto mayor.

## 2.3 Los equipamientos deportivos para el adulto mayor

### 2.3.1 Bancos de cuádriceps

**Cuadro1: Banco de cuádriceps**

Descripción	Apariencia	Postura	Desventaja
<p>Los bancos de cuádriceps se encargan de movilizar la pierna ejerciendo una contra resistencia mediante un rodillo ubicado sobre los pies</p> 	<p>El equipamiento en términos formales no es muy llamativo y dentro de la jerarquía que establecen sus partes el mecanismo adquiere un mayor protagonismo, en comparación a las zonas de contacto.</p> <p>Esta diferencia jerárquica puede confundir a los adultos mayores, respecto a su funcionamiento, además de intimidarlo, dado que el conjunto visual de las partes comunica una gran complejidad.</p> <p>Por otro lado el sistema de regulación es engorroso y está dado por una serie de ajustes manuales con pasadores o tornillos.</p>	<p>La posición sedente es muy conveniente, para realizar un ejercicio en descarga de manera focalizada.</p>	<p>Principalmente su relación hacia el cuerpo. Las superficies son delgadas y rígidas.</p> 

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2 Máquina isocinética

**Cuadro 2: Máquina isocinética**

Descripción	Apariencia	Postura	Desventaja
<p>Las máquinas isocinéticas corresponden a un equipamiento para el ejercicio y medición. Representan un avance importante dentro del tratamiento físico para las piernas. La aplicación de nueva tecnología permite medir la fuerza muscular de la persona, seleccionar digitalmente la resistencia y contra resistencia que ella ejerce, además de medir y restringir los ángulos a trabajar.</p>	<p>Logra diferenciarse del equipamiento deportivo en general, acercándose visualmente a las características formales de la rehabilitación, que se conectarán con las expectativas del adulto mayor.</p> <p>Las zonas de contacto, las cuales debe identificar el adulto mayor, están mejor jerarquizadas. Además dada sus características volumétricas hacen visualmente se vean más cómodas formalmente.</p>	<p>La posición sedente es muy conveniente, para realizar un ejercicio en descarga de manera focalizada.</p> 	<p>Habitualmente se utilizan para diagnosticar el estado inicial y el avance del paciente respecto a la enfermedad; no para ejercitarse ni tratar la artrosis.</p>

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.3 Step o escaladora

**Cuadro 3: Step o escaladora**

Descripción	Apariencia	Postura	Desventaja
<p>Simulan el subir y bajar escaleras, a través de un mecanismo ubicado en la parte inferior que soporta los pies.</p>	<p>Se enmarca claramente en el mundo deportivo y el gimnasio en general.</p>	<p>La persona debe soportar el peso de su cuerpo sobre exigiendo las articulaciones dañadas. Ésto impide una focalización y un trabajo en descarga.</p> 	<p>La mayoría de las escaladoras hace trabajar a la persona de pie, manteniendo el equilibrio por medio de unas manillas ubicadas en la parte superior.</p> 

Fuente: Elaboración propia

## 2.4 Bicicleta estática

La bicicleta se ha vuelto muy popular en el último tiempo, entre otras cosas para el tratamiento de la artrosis, y sus beneficios son indiscutibles cuando se habla de ejercicio físico. Las partes de una bicicleta son muy eficientes en cuanto a la repartición el peso de la persona durante el pedaleo, es decir no se sobrecargan las articulaciones de manera excesiva. El peso del cuerpo logra repartirse proporcionalmente entre el asiento, el manubrio y los pedales.

La bicicleta vertical tiene un sillín similar al de las bicicletas convencionales, donde el apoyo de las tuberosidades isquiáticas y la entrepierna en general representa un punto de apoyo crítico, pudiendo generar problemas al ejercitarse durante un periodo largo de tiempo, sobre todo si se considera las características del adulto mayor. Además la altura del sillín lleva al adulto mayor a ejercer un esfuerzo, al momento de subirse a la estructura de la bicicleta, dado que debe pasar un pie por sobre el área del pedaleo para sentarse y colocarse en la posición del ejercicio.

Por otro lado la sujeción de los pedales no siempre logra ejercer una contra resistencia que ayude a ejercitar la totalidad de los músculos involucrados en el pedaleo.

Enmarcadas en el tratamiento de la artrosis de rodilla se destacan principalmente dos tipos de bicicleta estática: la bicicleta vertical y la bicicleta reclinada.

La bicicleta vertical en comparación con la horizontal, presenta desventajas en cuanto a las zonas de contacto con el cuerpo. A nivel formal el asiento indica inmediatamente un tipo de postura dura para ejercitarse y, dada la dinámica del ejercicio, visualmente son escasos los puntos de apoyo para afirmar el cuerpo, lo que en consecuencia, al igual que la maquina step, transmite inseguridad y escasa comodidad respecto a su uso.

Respecto a la apariencia se sigue manteniendo formalmente una la relación cercana hacia el mundo deportivo, dado los colores grises y las formas aerodinámicas que recubren los mecanismos interiores.

**Imagen 5: Bicicleta vertical**



**Fuente: Página web<sup>2</sup>**

---

<sup>2</sup> <http://www.superafitness.es/bicicletas-estaticas/11-bicicleta-estatica-vertical-horizon-fitness-focus-3.html>

**Imagen 6: Ingreso a la bicicleta vertical**



**Fuente: Elaboración propia**

### 2.2.5 Bicicleta horizontal

La bicicleta horizontal o reclinada es sin duda la mejor para ejercitarse cuando se presentan problemas a la rodilla. El asiento que posee, en vez del sillín, logra concentrar casi la totalidad del peso del tronco, la cabeza y los brazos, dejando únicamente las piernas libres para pedalear. Su forma horizontal es la clave en la repartición del peso, dado que el centro de gravedad de la persona queda contenido arriba del asiento y no sobre el eje de los pedales, como sucede en las bicicletas verticales. Los apoyabrazos son un elemento interesante en el equipamiento, dado que acogen el gesto del pedaleo, para evitar desviaciones generadas por el mismo movimiento.

**Imagen 7: Bicicleta reclinada**



**Fuente: Página web<sup>3</sup>**

---

<sup>3</sup> <http://www.comocuidarte.es/tienda/Bicicletas-estaticas-reclinadas.cat.16140.0.html>

## 2.5 Equipamiento para la artrosis

Para profundizar respecto a las variaciones de los equipamientos y los diferentes contextos en que este problema afecta a las personas con artrosis de rodilla, se visitó la clínica MEDS ubicada en Isabel la Católica en la comuna de Las Condes.

La Clínica de Medicina Deportiva MEDS, que se encuentra a la vanguardia tecnológica en el equipamiento deportivo, utiliza equipamientos similares a los descritos anteriormente.

La única diferencia es que los equipamientos de MEDS cuentan con una mayor sofisticación en la forma, pero sustancialmente todos siguen el mismo principio y las personas reciben los mismos beneficios. Claramente el contexto es diferente, dado que MEDS se especializa en tratar deportistas, donde las lesiones deportivas, como la rotura de la rótula o el ligamiento cruzado, se relacionan por lo general con personas más jóvenes. Sin embargo los equipamientos utilizados para la artrosis de rodilla (que en casos también se presenta a deportistas de alto rendimiento de manera temprana) son prácticamente los mismos, sin tener una consideración especial para el tipo de usuario que no cuenta con las condiciones físicas óptimas para relacionarse con el

equipamiento, por tanto la manera de integrar al adulto mayor sigue siendo crítica.

El ejercicio físico para el tratamiento de la artrosis está inserto en la rehabilitación de la persona. Sin embargo las máquinas de fuerza, bicicletas y el equipamiento deportivo en general están pensadas para deportistas, con un rigor distinto al paciente con artrosis, donde la postura que adopta el cuerpo en relación con la máquina no favorece el ejercicio físico, que se busca para un adulto mayor con artrosis de rodilla.

Es por eso que, según señalaba Daniel Godoy, no existe un equipamiento especializado, pero si diversos mecanismos que cumplen y entregan beneficios específicos mediante un equipamiento genérico, a un usuario con características muy particulares.

Los equipamientos deportivos analizados anteriormente dan la posibilidad de ejercitarse de manera disciplinada a un deportista, pero las condiciones de fragilidad del envejecimiento biológico (alteración del equilibrio) y los factores de riesgo asociados al desuso (inactividad e inmovilidad) presentes en el adulto mayor no están siendo consideradas.

A pesar de no estar pensadas para los pacientes de artrosis se utilizan de todas formas, enfrentándose a una matriz que es efectiva pero que no se relaciona con sus capacidades y sus expectativas.

**Imagen 8: Equipamientos de la Clínica de Medicina Deportiva MEDS para el tratamiento de la rodilla**



**Fuente: Elaboración propia**





## **3 FORMULACIÓN DEL PROYECTO**

### **3 FORMULACIÓN DEL PROYECTO**

#### **3.1 El Problema**

A pesar de que los ejercicios convencionales mejoran la capacidad aeróbica y ayudan a la funcionalidad en general, están expuestos a sobrecargas articulares, no trabajan el recorrido articular completo y no se focalizan en la zona crítica.

Actualmente podemos encontrar distintos equipamientos, tales como las máquinas de fuerza, bicicletas estáticas y máquinas de gimnasio en general, que cubren parcialmente lo que un paciente de artrosis busca en el ejercicio físico.

El problema se origina al existir una desconexión entre el equipamiento para el ejercicio físico y las consideraciones de la artrosis en el adulto mayor.

Actualmente los equipamientos para el ejercicio físico están orientados para deportistas con una exigencia diferente, centrada en mejorar su rendimiento. El equipamiento por tanto responde a ese concepto dejando

fuera los aspectos que deben relacionarse hacia el adulto mayor.

Al no tener un equipamiento especializado en la artrosis de rodilla los adultos mayores han debido enfrentarse y adaptarse a las máquinas actuales, en donde consiguen principalmente beneficios secundarios, asociados a la capacidad aeróbica, dejando de lado los fundamentales que se requieren para las características específicas de la enfermedad.

El rigor del deportista es totalmente diferente al rigor del ejercicio de un paciente, además la apariencia y la imagen que proyecta el equipamiento deportivo no se conecta con las expectativas, ni genera un lenguaje afín a la instancia de ejercicio que espera el adulto mayor. Al ser máquinas completamente ajenas a los objetos con los que ellos se relacionan, inicialmente el aspecto exterior de la máquina, tiende a intimidar o generar desconfianza respecto a su uso e interacción. Éste hecho en particular se produce generalmente al no identificar las zonas de contacto con el cuerpo, lo que lleva a no entender su funcionamiento y la ejecución del ejercicio. La jerarquía de información

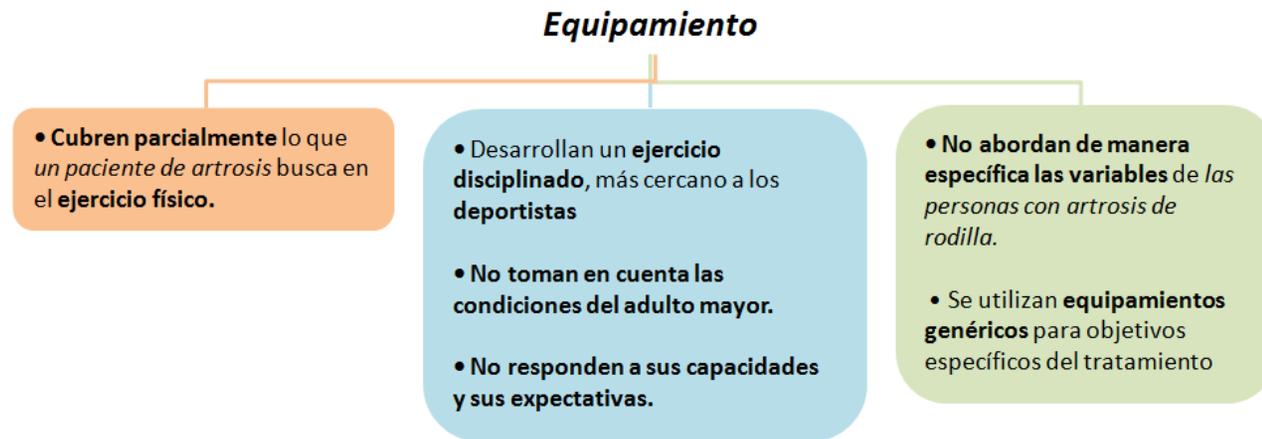
respecto a las partes que componen el equipamiento juega un papel fundamental en este aspecto y no se está manejando convenientemente para integrar de mejor manera al adulto mayor.

Junto con lo anterior la relación que debe tener el equipamiento con las partes del cuerpo del adulto mayor, en la interacción desarrollada en la ejecución del ejercicio, debe corresponder a sus características y capacidades. Específicamente debe tener zonas de contacto que permitan a un adulto mayor lograr los movimientos requeridos de forma segura y cómoda. Además deben considerarse aspectos relacionados a las alturas de los componentes, para que sean fáciles de alcanzar y el ingreso hacia el equipamiento, que es la primera instancia en el uso, no se vea dificultado.

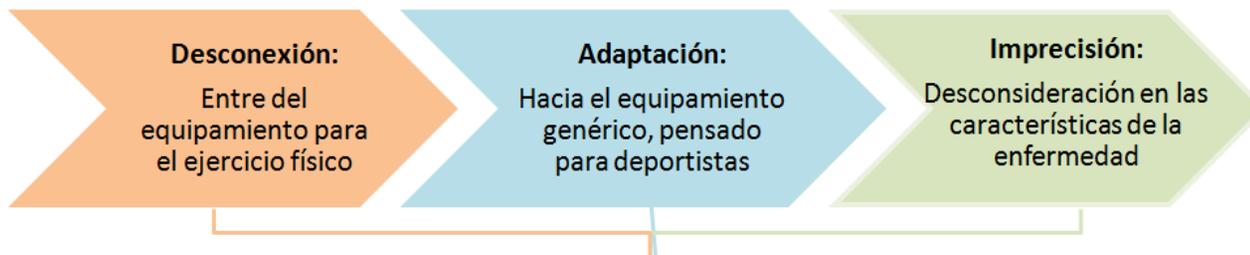
De manera paralela se requiere una apariencia externa del equipamiento que logre incentivar de mejor manera al adulto mayor, acercándose más a un lenguaje de rehabilitación y que permita cumplir las expectativas relacionadas con el tratamiento físico.

**Esquema 1: Análisis del problema**

**ORIGEN DEL PROBLEMA:**



**CARACTERÍSTICAS DEL PROBLEMA:**



**Adulto mayor con artrosis de rodilla**

**Fuente: Elaboración propia**

### **3.2 El Problema de diseño**

La relación actual del adulto mayor y el equipamiento deportivo tiene dos puntos críticos:

- Perceptualmente existe una desconexión entre la configuración externa de la máquina y las expectativas del adulto mayor, produciendo una aprensión a su uso. Ésta aprensión tiene que ver con una disonancia entre lo que espera (un equipamiento para el tratamiento del dolor) y a lo que se enfrenta (un equipamiento para deportistas).

En el equipamiento deportivo la persona enfrenta a la máquina buscando ejercitarse, pero en el equipamiento para el tratamiento la persona espera que la máquina se haga cargo de ella.

- En cuanto a la ejecución del ejercicio físico el equipamiento actual presenta problemas con la postura en general. La inestabilidad y las modificaciones en el aparato locomotor de los adultos mayores son diametralmente opuestas a las posturas y movimientos que proponen los equipamientos deportivos, poniendo a

los usuarios mayores de 50 años incómodos e inseguros frente al ejercicio.

- En cuanto a los beneficios específicos que busca un adulto mayor para tratar la artrosis también existen dificultades. El fortalecimiento, el recorrido y la movilidad articular no se producen de una manera integral y focalizada. Esto sucede porque la postura del adulto mayor al relacionarse con el equipamiento no se adecúa a la posición del ejercicio y los movimientos específicos que se requieren para ejercitar las zonas críticas de la articulación.

### **3.3 Árbol de problemas**

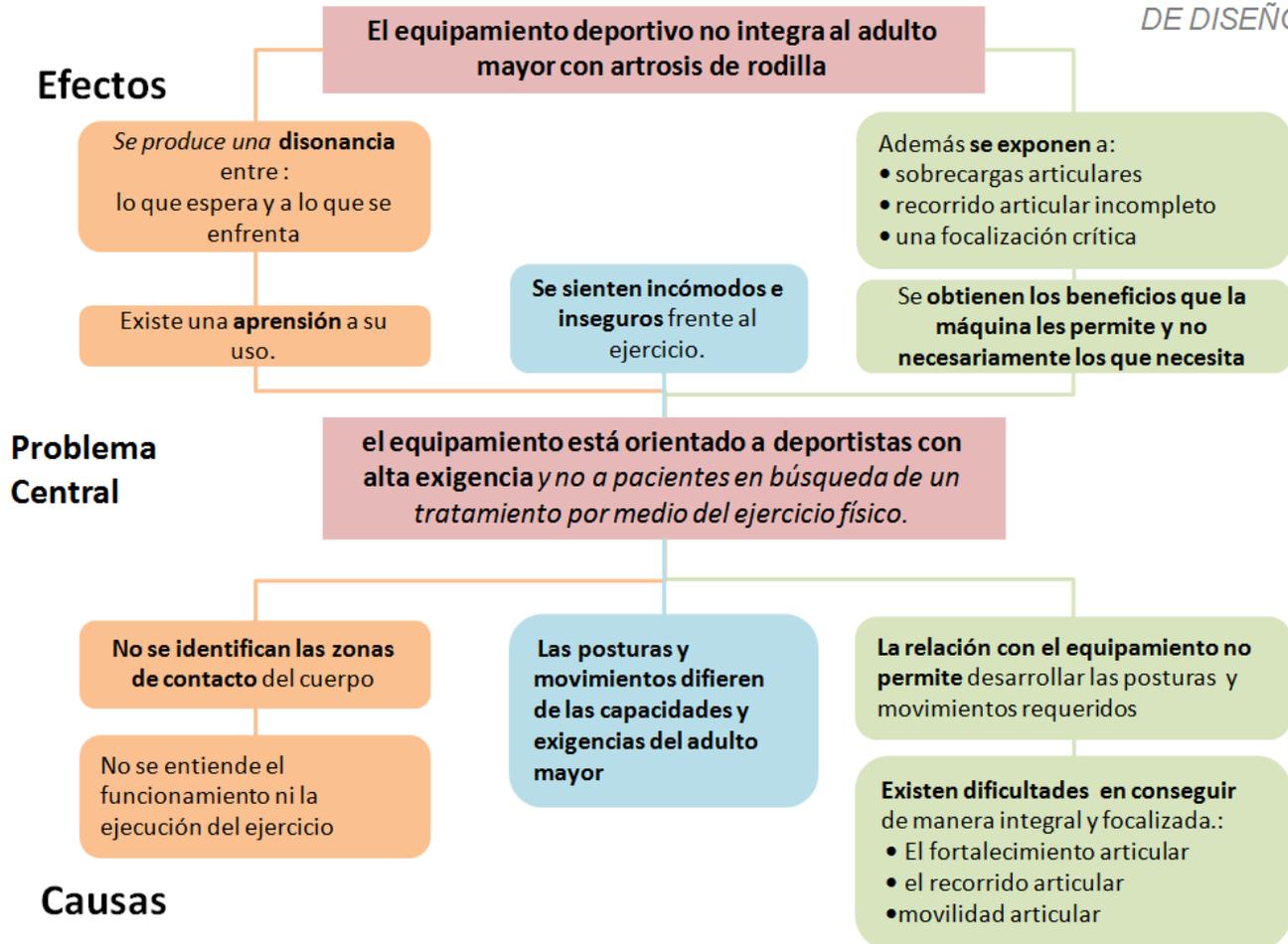
Para discernir y analizar las partes del problema se organiza la información recolectada, generando un modelo de relaciones causales que lo explican.

De esta manera se obtiene una visión más clara, que permite separar los aspectos del problema central. Así se distinguen de manera precisa los puntos más susceptibles a ser abordados por el diseño.

## Esquema 2: Árbol de problemas

MARCO DE REFERENCIA

PROBLEMA DE DISEÑO

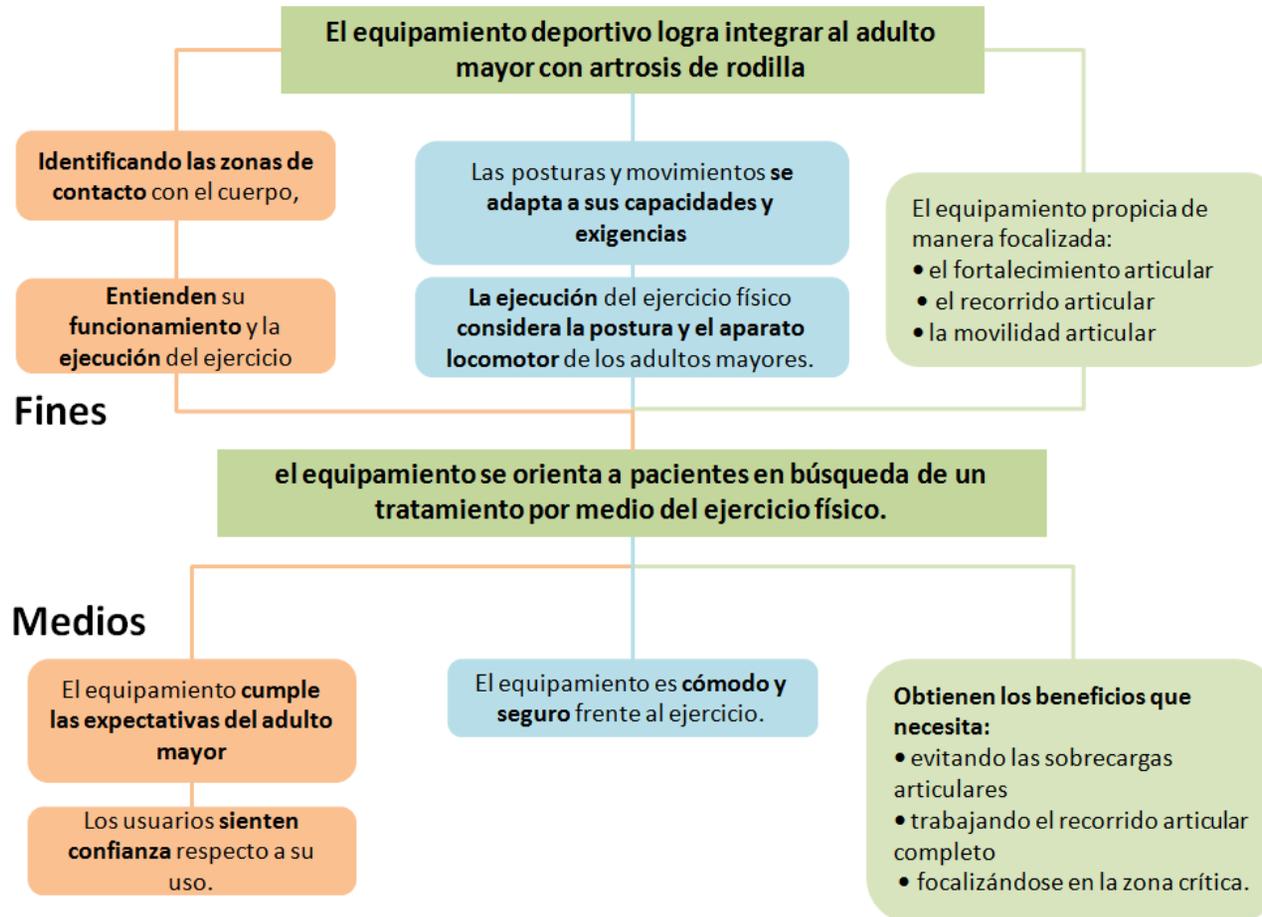


Fuente: Elaboración propia

### Esquema 3: Árbol de Objetivos

MARCO DE REFERENCIA

ESTRATEGIA



Fuente: Elaboración propia

### **3.4 Objetivos del proyecto**

#### **3.4.1 Objetivo general**

Mejorar la predisposición del adulto mayor hacia el ejercicio físico, mediante un equipamiento especializado, que integre tanto los aspectos y beneficios técnicos del ejercicio para la artrosis, como las características y condiciones del adulto mayor.

#### **3.4.2 Objetivo específico 1**

Jerarquizar los componentes del equipamiento destacando las zonas de contacto con el cuerpo, para que los adultos mayores comprendan el funcionamiento y la ejecución del ejercicio, de manera que sientan confianza y atracción respecto a su uso.

#### **3.4.3 Objetivo específico 2**

Desarrollar un mecanismo, que permita realizar los movimientos requeridos en el ejercicio de un paciente con artrosis de rodilla, para conseguir el fortalecimiento, la movilidad y el recorrido articular completo

#### **3.4.4 Objetivo específico 3**

Establecer un sistema de regulación, mediante dispositivos mecánicos que controlen las partes del equipamiento, que permita acomodar la postura del usuario y las características del ejercicio.





## **4. CONSIDERACIONES PARA EL PROYECTO**

## **4. CONSIDERACIONES PARA EL PROYECTO**

### **4.1 Las propiedades del producto**

Según los aspectos analizados anteriormente respecto a los equipamientos deportivos, en términos de recorrido y fortalecimiento articular, la bicicleta es la que mejor se acomoda a los beneficios que se espera en la rehabilitación de la extremidad. Por tanto se tomará la bicicleta como el mecanismo principal dentro del equipamiento a diseñar.

Éste mecanismo debe estar asociado a un soporte corporal que logre generar un ejercicio focalizado para las extremidades inferiores, logrando trabajar en descarga. En relación a los equipamientos analizados la repartición del peso que evita la sobrecarga articular de la rodilla corresponde a las posturas sedentes.

Considerando la integración del mecanismo de la bicicleta se requerirá de un soporte corporal que logre adaptarse a las capacidades y características del adulto mayor.

Para lograr un ejercicio cómodo y efectivo se requerirá un sistema de regulación, que permita cumplir con las especificaciones de la enfermedad y las características del usuario. El sistema de regulación debe ser capaz de guiar la ejecución del ejercicio, de manera que realmente beneficie su tratamiento, ofreciendo además una postura que sea

cómoda de acuerdo a la condición del adulto mayor. De esta manera las tres propiedades que darán forma al producto son: El soporte corporal, El mecanismo para el ejercicio y El sistema de regulación.

## 4.2 Las propiedades afectivas

Para complementar las propiedades del producto se describen mediante un espacio vectorial, definido por expresiones semánticas o palabras, las principales significados afectivos relacionados con el adulto mayor, correspondientes a características y conceptos asociados a ellos.

Las palabras iniciales se extraen de dos fuentes principales. La primera corresponde al levantamiento de información realizado en el centro de rehabilitación MEDS y el centro de rehabilitación del adulto mayor RAM. La segunda fuente corresponde a una serie de documentos médicos especializados que se han utilizado como apoyo durante la investigación<sup>1</sup>. Una vez obtenidos los

---

<sup>1</sup> Sonia Patricia de Santillana, 2003, "Caídas en el adulto mayor" [en línea], México, Mediagraphic Artemisa, <<http://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2002/im026f.pdf>>, [11 Mayo 2013]

Blanca Sousa Pérez, 1998, "Estado Anímico Del Adulto Mayor Según El Lugar Donde Realiza Sus Actividades", [en línea]. Cuba. BVS Cuba. <[http://www.bvs.sld.cu/revistas/enf/vol14\\_3\\_98/enf05398.pdf](http://www.bvs.sld.cu/revistas/enf/vol14_3_98/enf05398.pdf)> [11 de Mayo 2013]

Carlos Verdugo "Parte I: Módulos De Valoración Clínica, Evaluación Funcional Del Adulto Mayor", [en línea], ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD Matanzas, Cuba

significados afectivos se determinan en función de ellas las necesidades afectivas, que corresponden a los valores afectivos de los usuarios. Finalmente se establecen las propiedades afectivas que se conectarán con las propiedades del producto.

---

<<http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/gericuba/modulo1.pdf>>, [11 DE Mayo 2013]

Pedro Paulo Marín L. "Fragilidad en el Adulto Mayor y Valoración Geriátrica Integral" [en línea]. PUC. Chile <<http://www.sochire.cl/bases/r-149-1-1343618718.pdf>> [11 DE Mayo 2013]

**Tabla 2: Espacio de las propiedades**

<b>SINGNIFICADO AFECTIVO</b>	<b>NECESIDADES AFECTIVAS</b>	<b>PROPIEDADES AFECTIVAS</b>
CONCEPTOS Y CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS AL ADULTO MAYOR EXTRAÍDAS DE:	Representan los valores afectivos de los adultos mayores	Atributos conectados hacia las propiedades de los productos
<b>Condición diferente:</b> Disminuido Excluido Voluntariedad Sometimiento Vergonzoso Encogimiento Cortedad de ánimo  <b>Envejecimiento:</b> Cambios normales Problemas de salud Declinaciones en el estado funcional Situaciones de incapacidad severa (inmovilidad, inestabilidad, deterioro intelectual)  <b>Estado de salud de los adultos mayores:</b> Evaluación funcional Declinación Mejoría Intervención  <b>PALABRAS ASOCIADAS:</b> Capacidad Facultad Incapacidad Declinar Rehabilitar Deteriorar Estable Inestable Declive Declinación Turbación Cortedad Encogimiento Someter	Contención Inclusión Complementar	Integrar
	Acondicionar Transformar Movilidad Compostura	Adaptar
	Potestad Dominio Supremacía	Predominio
	Corriente Usual	Intuitivo
	Camuflar Invisible Discreción	Sutil
	Seguro	Estable
	Robustecer Fortalecer Reforzar Favorecer	Potenciar
	Confortar Agrado Mejorar Cómodo Holgura	Acogedor

**Fuente: Elaboración propia**

Cada una de las propiedades afectivas se relaciona con las propiedades del producto de la siguiente manera.

Así el proceso de desarrollo formal, de las partes implicadas en cada una de las propiedades del producto, reflejará las propiedades afectivas, que contribuirán a mejorar la experiencia de su uso, diferenciándose del equipamiento deportivo y llevando el diseño hacia una cercanía mayor a un equipamiento de rehabilitación, para sí poder cumplir las expectativas del adulto mayor.

**Tabla 3: Relación entre las propiedades**

PROPIEDADES AFECTIVAS	PROPIEDADES DEL PRODUCTO
Integrar - Acoger - Estabilizar	SOPORTE CORPORAL
Potenciar - Predominio - Sutil	MECANISMO PARA EL EJERCICIO
Adaptar - Intuitivo	SISTEMA DE REGULACIÓN

**Fuente: Elaboración propia**

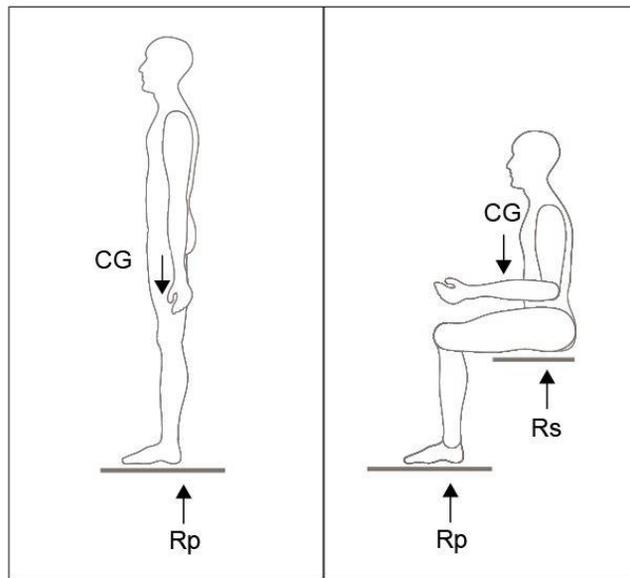
### 4.3 Gesto de sentarse/levantarse

La acción de levantarse o sentarse en una silla implica una serie de movimientos que deben asegurar una adecuada transición para un cambio en su postura corporal, de manera precisa y coordinada dada las condiciones del adulto mayor.

El centro de gravedad de la persona al estar de pie se encuentra a la mitad del plano transversal y frontal del cuerpo, pero cuando la persona está sentada el centro de gravedad se desplaza unos centímetros adelante del cuerpo (aproximadamente 2.5), como se aprecia en la imagen 11.

Además existen otras variables que se interrelacionan con la resultante del centro de gravedad, estas son la resultante del piso ( $R_p$ ) y la resultante de la silla ( $R_s$ ), que se encargan de equilibrar el cuerpo para mantener una postura.

**Imagen 9: Centros de gravedad del cuerpo**



**Fuente: Elaboración propia**

El gesto de levantarse de una silla en términos generales se compone de dos fases:

Durante la primera el tronco ejerce una inclinación del tronco, que avanza hacia las rodillas en un movimiento horizontal, desplazando el centro de gravedad.

La clave para concretar este primer gesto es vencer el centro de gravedad, que representa la resultante de las fuerzas de gravedad ejercidas en el cuerpo. Una vez que el

cuerpo vence el límite del centro de gravedad está preparado para continuar a la siguiente fase.

En la segunda fase actúan los músculos extensores de las extremidades inferiores (cadera, rodilla, tobillo) para dirigir el peso corporal verticalmente. De esta forma se concreta el gesto de sentarse.

**Imagen 10: Primera y segunda fase al levantarse**



**Fuente: Página web<sup>2</sup>. Edición: Elaboración propia**

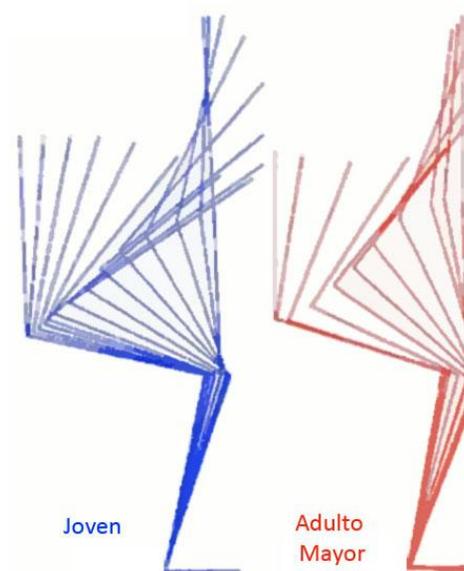
<sup>2</sup> <http://www.entrenalisto.com/2012/06/levantate-sientate-levantate-sientate.html>

Indudablemente el gesto de sentarse es diferente tanto para una persona de 30 años como para una de 60. Como consecuencia del envejecimiento y sus problemas fisiológicos la inclinación del tronco se reduce alrededor de 10°. Además se tiende a mantener la verticalidad del tronco al momento de sentarse, obligando a las rodillas a sobre exigirse durante la flexión, poniendo en juego el equilibrio corporal.

La diferencia en la capacidad de sentarse se grafica mejor en una comparación cinética entre una persona joven y un adulto mayor, como se muestra en la imagen 13.

Al flectar menos el tronco se acorta la capacidad de afirmarse con los brazos en los apoyabrazos, recayendo el peso en las rodillas, que también han perdido parte de su capacidad articular.

**Imagen 11: Cinemática comparativa al sentarse**



**Fuente: Página web<sup>3</sup>. Edición: Elaboración propia**

<sup>3</sup> <http://www.entrenalista.com/2012/06/levantate-sientate-levantate-sientate.html>

#### 4.4 Ingreso a un equipamiento actual

El gesto de sentarse no siempre se replica frente a los equipamientos para el ejercicio físico. El caso más evidente es el de la bicicleta estática, donde se produce un ingreso lateral frente al sillín o asiento. Dada las condiciones y gestos que implican el sentarse para un adulto mayor es posible anticipar que pueden surgir problemas.

**Imagen 12: Ingreso lateral a la bicicleta**



**Fuente: Elaboración propia**

Como se analiza en la fase 1 de la imagen 13, para ingresar al asiento o sillín de manera instintiva se buscan lugares de apoyo para las extremidades superiores. Esto sucede dado que se debe trasladar el pie por sobre la estructura que contiene los pedales de la bicicleta estática.

El agarre en esos puntos, particularmente en el asiento, es tan característico que muchos equipos observados en el Centro De Rehabilitación Del Adulto Mayor (RAM)<sup>4</sup>, tienen notoriamente desgastado esas zonas a causa del contacto reiterado.

Una vez apoyado el pie por sobre la estructura de los pedales se utiliza un agarre frontal para desplazar el tronco de manera inclinada hasta la superficie del asiento, apoyándose en los apoyabrazos preferentemente. Claramente el ingreso lateral no es lo más conveniente para el adulto mayor, obligándolo a desenvolverse en una situación que puede ser poco común y práctica. Por el contrario el ingreso al banco de cuádriceps o la máquina isocinética se realiza de manera frontal, de la

misma manera que sentarse en una silla, lo que el adulto mayor reconoce y maneja dentro de sus capacidades.

**Imagen 13: Ingreso lateral al equipamiento**



**Fuente: Elaboración propia**

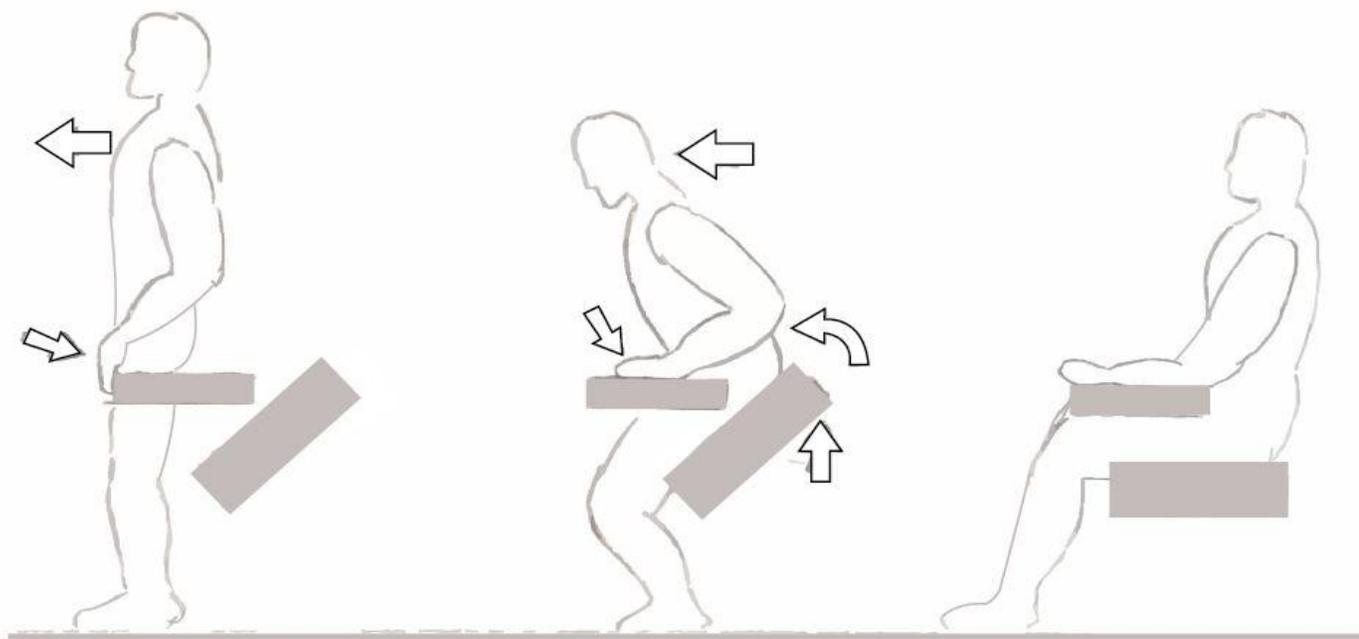
---

<sup>4</sup> Ubicado en calle Río Loa Nº 8.350, las Condes, entrega atención integral a los vecinos mayores de 60 años y a un pequeño número de vecinos adultos menores de esa edad. Dispone de profesionales en kinesiología; Boxes para atención personalizada, con equipos de moderna tecnología; Gimnasio para el Adulto Mayor; y Terapia grupal rehabilitadora y de mantención.

Si el asiento debiera corresponder al gesto del ingreso frontal, se requeriría asistir la inclinación del tronco, afirmando a su vez las extremidades superiores, que regulan la velocidad de descenso al sentarse. Tal como lo indica la imagen 15.

El mejor ingreso a un equipamiento para el adulto mayor debiera ser el que resulte más natural, cercano a las cosas que él conoce, sin complicaciones. Por estas razones se establece que el ingreso frontal, considerando los apoyos y prestaciones correspondientes, es el que debería ser implementado en el diseño de un equipamiento.

**Imagen 14: Ingreso frontal, vista lateral**



**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.5 Postura sedente para el ejercicio

Para evitar la sobrecarga articular se establece que la posición sedente es la que mejor respondería a un equipamiento para el tratamiento del adulto mayor. Además junto con la posición sedente es conveniente que el resto del cuerpo se mantenga en una posición cómoda y relajada, libre de tensiones innecesarias, que permita asegurar una adecuada focalización hacia las extremidades inferiores, para que puedan desarrollar correctamente el ejercicio.

Para lograr lo anterior se propone una posición neutra, donde las articulaciones no están sometidas a tensiones por encima de lo normal. Los ángulos para establecer la posición del cuerpo, del adulto mayor frente al equipamiento, son desarrollados tomando en consideración los límites mínimos y máximos de apertura en base ángulos de confort de Wisner<sup>5</sup>

Excluyendo a las extremidades inferiores, que estarán en movimiento continuo durante la realización del ejercicio

---

<sup>5</sup> Francisco Javier Llana Álvarez, 2009 “Ergonomía y psicología aplicada: manual para la formación del especialista”, 13ra edición, España, Lex Nova S.A., p169.

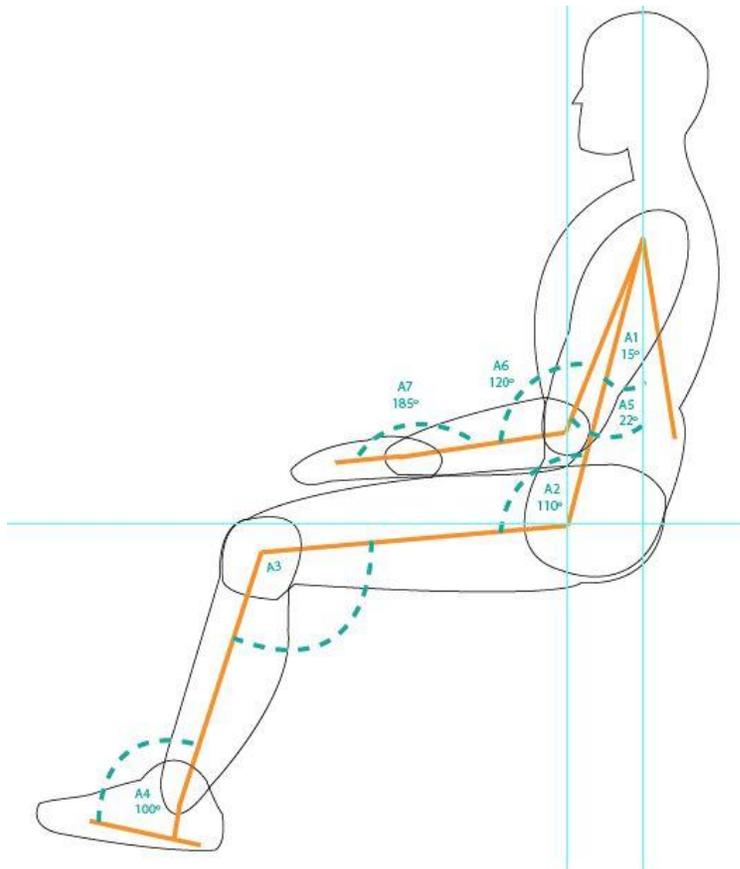
sobre el equipamiento, se toman los rangos intermedios de los ángulos de confort, para asegurar una posición cómoda que favorezca la focalización y el soporte corporal.

**Tabla 4: Ángulos de confort de Wisner**

Ángulo	Definido por	Valores
A1	Vertical/Segmento hombro-cadera	10° < A1 < 20°
A2	Segmentos: hombro-cadera/cadera-rodilla	90° < A2 < 110°
A3	Segmentos: rodilla-cadera/rodilla-tobillo	95° < A2 < 120°
A4	Segmentos: rodilla-tobillo/recta paralela a la planta del pie	90° < A4 < 110°
A5	Segmentos: hombro-codo/vertical por el hombro	10° < A5 < 35°
A6	Segmentos: hombro-codo/codo-puño	80° < A6 < 160°
A7	Segmentos: codo-puño/puño-articulación metacarpo falange	A7 = 180°

**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 15: Ángulos de Wisner para el equipamiento propuesto**



**Fuente: Elaboración propia**

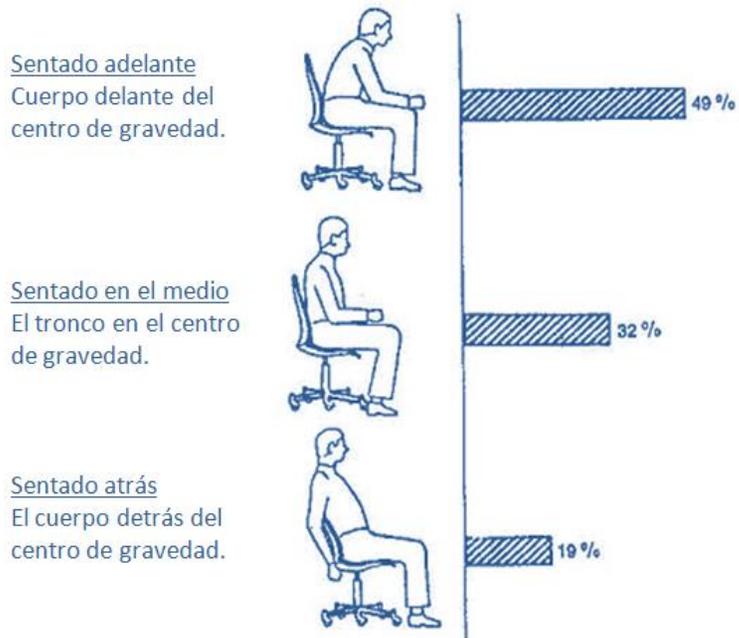
#### **4.6 Inclinación de la espalda**

El ángulo A2, correspondiente al eje tronco cadera, se define en  $110^\circ$ . La inclinación oblicua de la espalda sobre una superficie ayuda a disminuir la carga sobre la columna vertebral, favoreciendo el trabajo en descarga y focalizando el ejercicio.

Al visualizar la carga que recibe la espalda, en función de la posición del centro de gravedad, se pueden establecer las siguientes variaciones posturales, como muestra a continuación.

La disminución de la carga en la columna vertebral ayuda a su vez a disminuir la presión generada por las tuberosidades isquiáticas. Las tuberosidades isquiáticas se ubican en la zona de la pelvis y son la región ósea sobre la que descansa el cuerpo humano. Cuando el cuerpo se apoya en superficies duras por un tiempo prolongado las tuberosidades provocan en la persona la sensación de incomodidad, teniendo que cambiar la postura y el apoyo. La sensación de comodidad está comprometida con la disminución de esta presión al momento de sentarse.

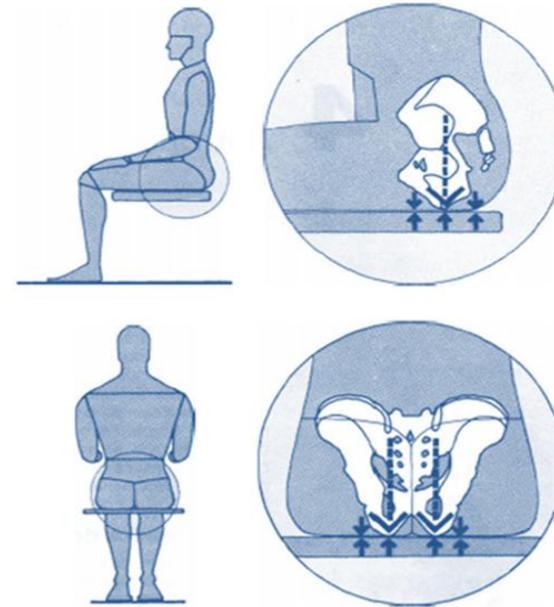
**Imagen 16: Cargas en la columna según la postura**



**Fuente: Página web<sup>6</sup>. Edición: Elaboración propia**

<sup>6</sup> [www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=2405](http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=2405)

**Imagen 17: Las tuberosidades isquiáticas**

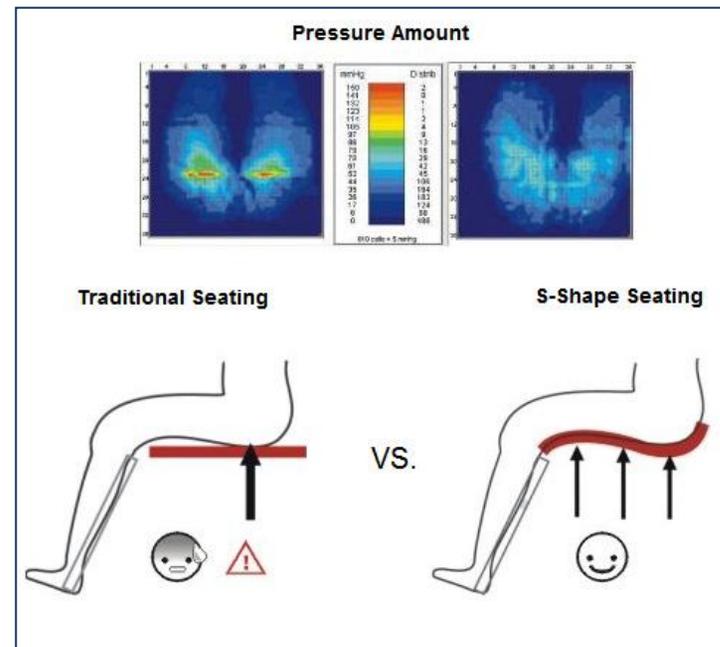


**Fuente: Julius Panero, Martin Zelnik,<sup>7</sup>**

<sup>7</sup> Julius Panero, Martin Zelnik, “Dimensiones humanas en espacios interiores” [libro], México, Naucalpan, Ediciones G. Gili, S.A. de C.V.

Para lograr aún más comodidad disminuyendo la presión de las tuberosidades isquiáticas la superficie en la que se apoyen directamente debe tener un tipo de curvatura que tome la forma de esa sección del cuerpo. Una superficie plana exacerbará la forma natural de las tuberosidades haciendo posible estar solamente por secciones cortas de tiempo, en cambio una doble curvatura en función de los músculos que dan forma a esa zona, reparten la presión de sentarse y permite permanecer por periodos más largos.

**Imagen 18: Estudio comparativo entre superficies planas y superficies en forma de “S” al momento de sentarse**



**Fuente: Página web<sup>8</sup>**

<sup>8</sup> <http://www.rehabmart.com/product/ultra-lightweight-ergonomic-wheelchair-s105-series-27503.html>

#### 4.7 Desarrollo del soporte corporal

El soporte corporal debe contemplar tres partes principales: la zona de la espalda, una sección del muslo y los antebrazos.

Cubriendo esos tres puntos de apoyo se logrará un trabajo en descarga, que permitirá dejar libres las extremidades inferiores, para la movilización que implicará el ejercicio, logrando de esta manera la focalización requerida.

##### 4.7.1 Apoyos para la espalda

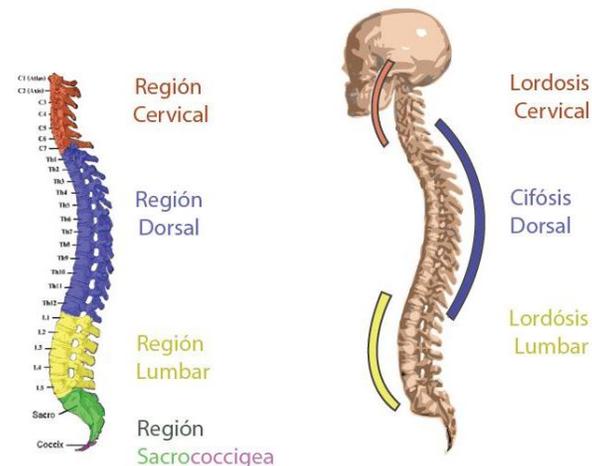
El apoyo que se ubicará en la espalda tiene una importancia fundamental, dado que de él dependerá gran parte de la percepción de comodidad del usuario. Además se encargará de repartir parte importante del peso del tronco por lo que su relación hacia cuerpo debe resolverse con precisión.

Para el diseño del apoyo se deben considerar al menos tres secciones de la columna vertebral (lumbar, dorsal, cervical), considerando las curvas de la lordosis y cifosis natural de las vertebrae.

**Imagen 19: Puntos de apoyo a considerar**



**Imagen 20: Regiones y curvas de la columna**



**Fuente Imagen : Elaboración propia.**

#### **4.7.2 Apoyo para el muslo**

El apoyo para el muslo no debe ser completo, es necesario asegurar sólo una parte. El apoyo seccionado permitirá el libre movimiento de las piernas durante la dinámica del ejercicio y a su vez afirmará un peso considerable del resto del cuerpo.

Para lograr mayor comodidad la forma del apoyo deberá seguir la curvatura del muslo, tomando como referencia los resultados del estudio de Rehab Marts.

#### **4.7.3 Apoyo para las extremidades superiores**

El apoyabrazos del equipamiento es una parte importantísima para la interacción del adulto mayor con el equipamiento. El gesto de sentarse y levantarse está ligado estrechamente con la buena factura de esta pieza. Para vencer el centro de gravedad al levantarse y apoyar los músculos flexores, al dirigir el peso verticalmente, el apoyabrazos cumple un rol fundamental.

#### **4.8 Sensación de comodidad**

La comodidad al estar sentado depende del nivel de adaptación de la silla hacia el cuerpo. Entre más corresponda su forma hacia el cuerpo de la persona más se incrementará el grado de confort al sentarse. Es habitual que personas mayores recubran sillas con cojines para ablandar aún más su superficie y poder así permanecer por una mayor cantidad de tiempo. En el mercado actual es normal encontrar diferentes accesorios para re-acolchar diferentes superficies, en pro de la comodidad del adulto mayor al momento de estar sentado.

Una superficie mullida<sup>9</sup> capta la sensación de comodidad, dado que el cerebro relaciona el volumen del cojín con la sensación blanda que provoca su compresión al sentarse.

En la imagen 25 se agrupa una serie de sillas con diferentes niveles de superficies mullidas. El mayor volumen implica de manera inconsciente que el contacto al apoyarse será más blando y por ende más cómodo. De las sillas 1,2 y 3, la silla número 3 se ve más cómoda, sólo tomando en cuenta lo mullido de la superficie. De la misma

---

<sup>9</sup> Cosa blanda que se puede mullir y sirve para rellenar colchones, asientos, aparejos; Mullir: Esponjar algo para que esté blando y suave

manera la silla 5 frente a la 4 parece más blanda, dada sus características formales.

**Imagen 21: Tipo de anexión habitual de un cojín a una silla**



**Fuente: Página web<sup>10</sup>. Edición: Elaboración propia**

<sup>10</sup> <http://camaslacruz.com/productos/blancos/habitacion/cocina-comedor/cojines-sillas>

**Imagen 22: Niveles visuales de comodidad según lo mullido de la superficie**



**Fuente: Página web<sup>11</sup>**

Formalmente las zonas de contacto deben transmitir visualmente la sensación de comodidad previa a su uso. De esta manera se generará confianza, entendimiento y una predisposición positiva.

<sup>11</sup> <http://www.euromob.cl/>. Edición: Elaboración propia



## **5. GÉNESIS FORMAL**

## 5. GÉNESIS FORMAL

### 5.1 Desarrollo formal de los soportes corporales

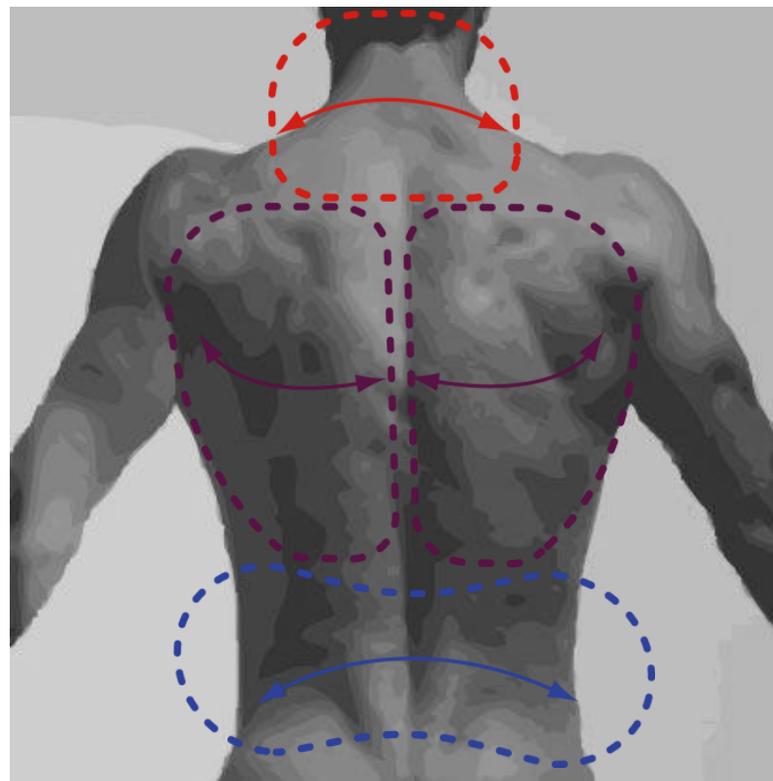
Dentro de las propiedades emocionales referentes al soporte corporal se establecieron los conceptos de: integrar, acoger y estabilizar. Estas propiedades afectivas deben ser transmitidas a través de la forma y la manera en que el soporte de la espalda se relacione con la persona.

Otro aspecto a considerar es la forma mullida que representa la sensación de comodidad, que perceptualmente experimentará el usuario de manera visual y posteriormente mediante el tacto al sentarse. Tomando en cuenta las consideraciones anteriores se desarrollan diferentes líneas para desarrollar alternativas formales de los soportes de la espalda.

Tomando en cuenta como eje principal la integración y la acogida del cuerpo, se determina que para la sección dorsal debe haber dos puntos de apoyo, que logren seguir la curva natural de la zona dorsal, apoyándose en los músculos dorsal ancho y el redondo mayor. El contacto mediante los dos puntos en la zona dorsal estabilizará los brazos y afirmarán el tronco, conteniendo además el movimiento del ejercicio. En la zona dorsal se genera un torque, dada la presión que se efectuará durante el

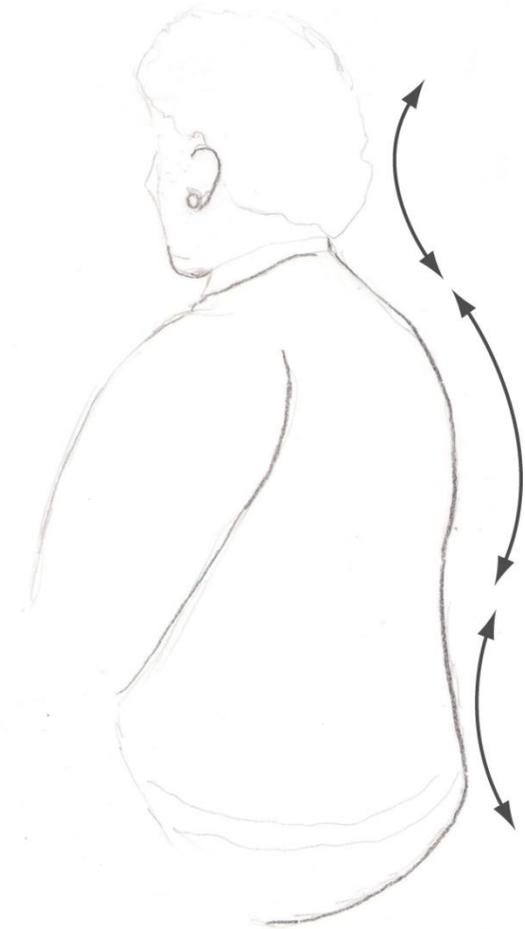
ejercicio, la contención en dos puntos contribuirá a mantener la posición de manera cómo da y natural.

**Imagen 23: Dos puntos de apoyo para la sección dorsal**



**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 24: Curvas naturales de la espalda**



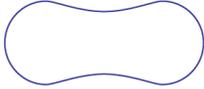
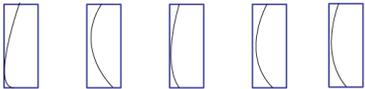
**Fuente: Elaboración propia**

### **5.1.2 Desarrollo formal del soporte para la espalda**

Tomando como referencia las secciones de la espalda y las curvas naturales de la columna, se comienza a trazar la doble curvatura que requerirá el soporte, para relacionarse de manera óptima con la forma de la espalda.

Para cada sección se generan diferentes alternativas según corresponda el tipo de curvatura, tomando como referencia los tamaños de las secciones y estableciendo un ancho de 7cm para cada apoyo.

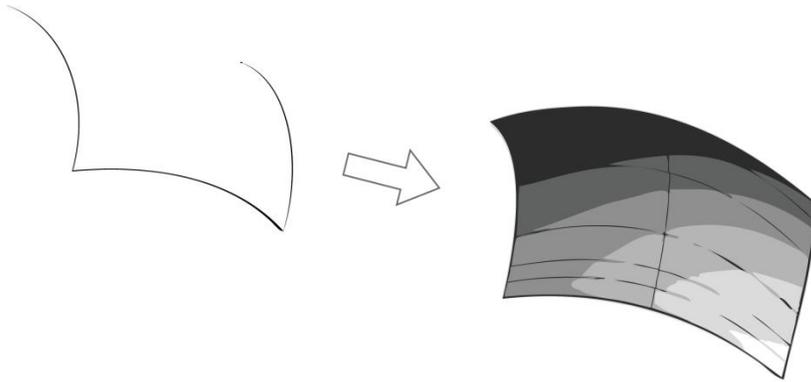
**Cuadro 4: Curvas laterales y transversales para la generación de la forma de cada sección**

<i>Puntos de apoyo hacia la espalda</i>	<i>Curvas de sección lateral</i>	<i>Curvas de sección transversal</i>
		
		
		

**Fuente: Elaboración propia**

Mediante dos curvas de sección lateral y una transversal se generan superficies, que representan las alternativas formales de los puntos de apoyo.

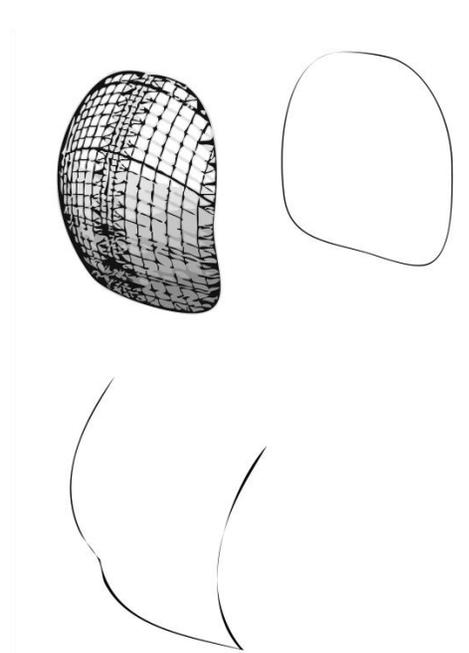
**Imagen 25: Superficies a partir de las secciones laterales y transversales**



**Fuente: Elaboración propia**

La forma de los puntos de apoyo se trapaza a la superficie desarrollada, generando la terminación formal, en función de las curvas utilizadas

**Imagen 26: Traspaso de la forma del punto de apoyo a la superficie**

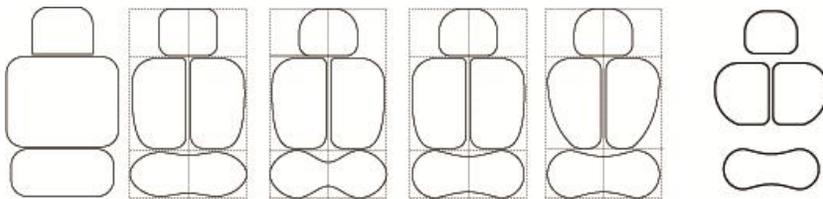


**Fuente: Elaboración propia**

Utilizando la lógica anterior se desarrollaron diferentes alternativas para las zonas de contacto según cada sección.

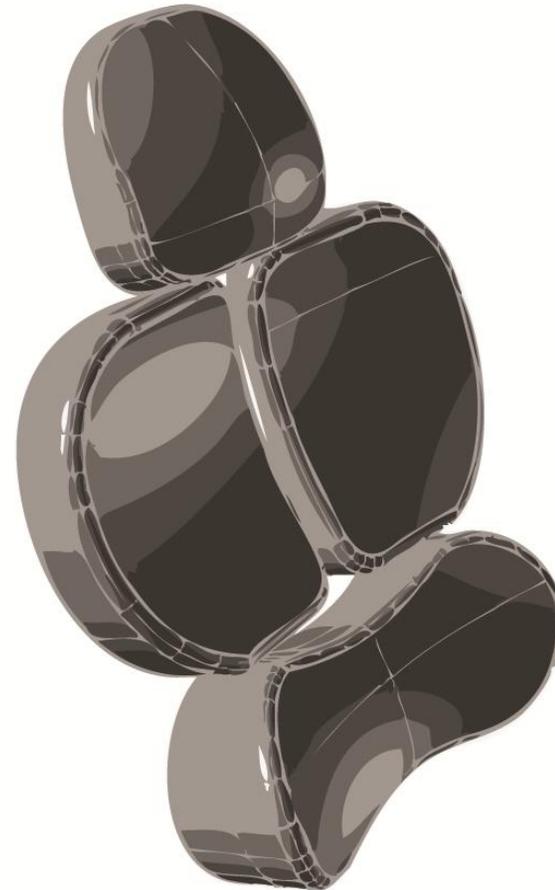
A través de un análisis comparativo entre las diferentes variaciones, respecto de la forma geométrica de los puntos de contacto para cada sección, se va adecuando de manera que corresponda a la forma de la espalda, considerando su curvatura y los músculos en los cuales se apoyará.

**Imagen 27: Evolución geométrica de la forma de los puntos de apoyo**



**Fuente: Elaboración propia**

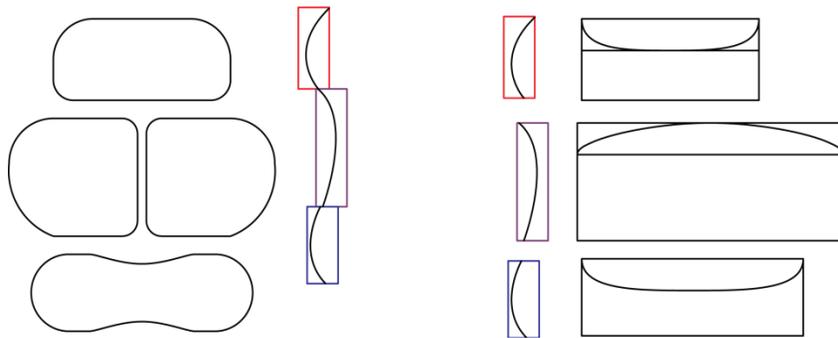
**Imagen 28: Generación del volumen y aplicación de la doble curvatura**



**Fuente: Elaboración propia**

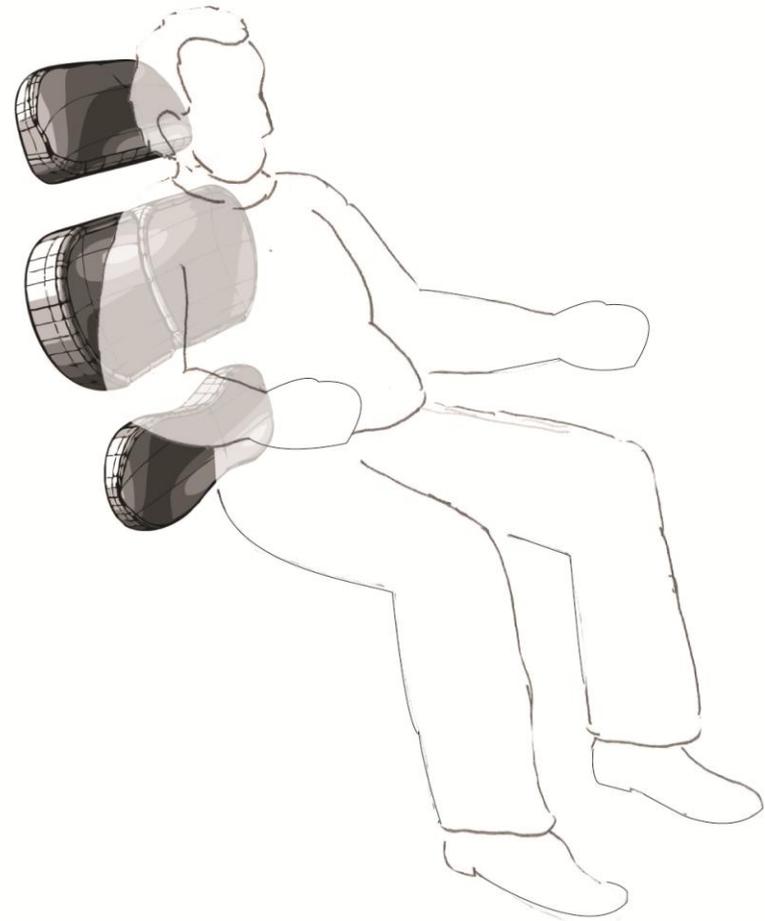
Finalmente se modifica la geometría de los puntos de apoyo de manera que sean más anchos y su curvatura logre acoger e integrar con su forma el torso del adulto mayor.

**Imagen 29: Geometría y curvatura final de los puntos de apoyo**



**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 30: Volumen y aplicación de curvas definitivas**



**Fuente: Elaboración propia**

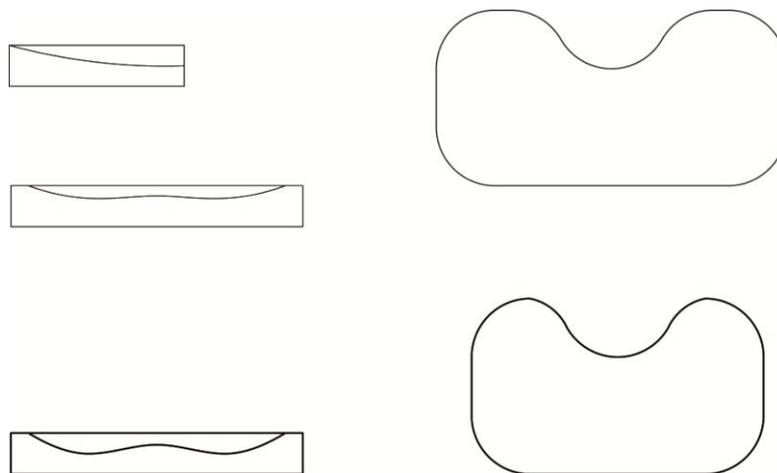
### 5.1.3 Desarrollo formal del asiento

El desarrollo del asiento se centra en disminuir la presión de las tuberosidades isquiáticas y el coxis, además de estabilizar la postura del paciente.

La estabilización se basa en generar una contrafirma que sostenga la sección del muslo en movimiento. Para su desarrollo se genera un espacio libre en la superficie del asiento, correspondiente a la caída del peso de la columna vertebral. El espacio seccionado de la superficie impide que se genere presión en el coxis por dicho peso logrando hacer más agradable la permanencia en el asiento.

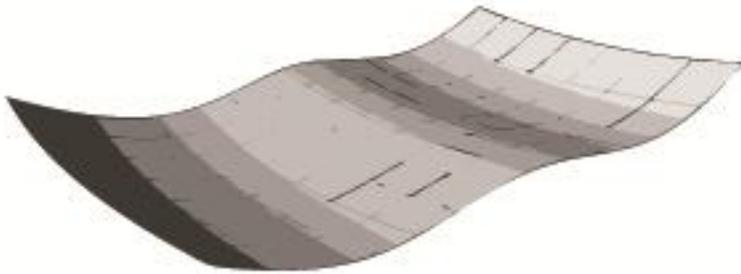
La doble curvatura del asiento, complementándose por la sección para el coxis, debe mantener una holgura para las tuberosidades isquiáticas, de manera que la presión se reparta a través de la curva y no caiga directamente sobre ellas.

**Imagen 31: Curvas frontales del asiento y sección para el coxis**



**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 32: Doble curvatura del asiento**



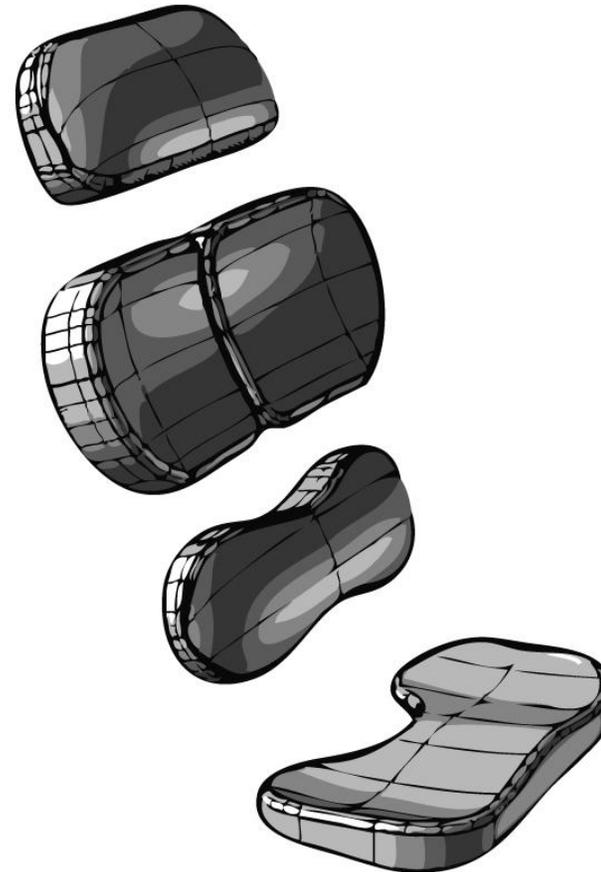
**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 33: Forma del asiento**



**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 34: Visualización de los puntos de apoyo y el asiento**



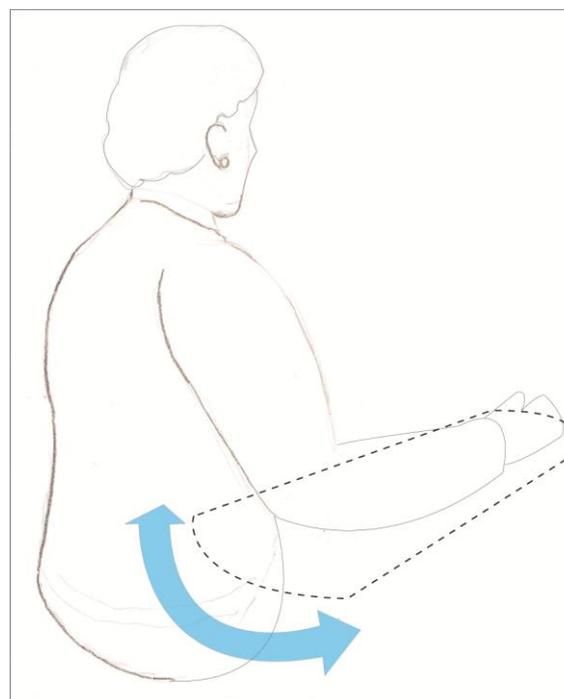
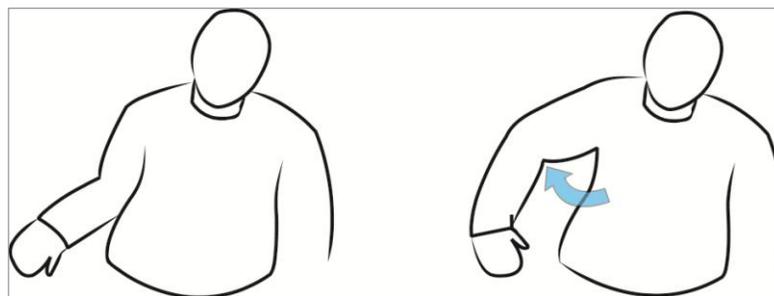
**Fuente: Elaboración propia**

#### 5.1.4 Desarrollo formal del apoyabrazos

El apoyabrazos es otro punto de estabilización y soporte. Su función consiste en acoger los brazos durante el ejercicio y servir como un punto estabilizador al momento de sentarse o levantarse del equipamiento.

En la instancia donde debe acoger los brazos durante el ejercicio se deben considerar los movimientos naturales del brazo al reposar sobre una superficie. Junto con lo anterior se necesita un elemento de agarre para las manos que ayude a la estabilización durante la ejecución ejercicio. En cuanto a los movimientos para levantarse o sentarse, su forma debe sugerir un tipo de agarre que sea útil, según las características del gesto analizado en las consideraciones.

**Imagen 35: Movimiento natural de los codos en reposo sobre una superficie**



**Fuente: Elaboración propia**

En base al movimiento de los codos se establece una curva natural para el desarrollo formal del apoyabrazos.

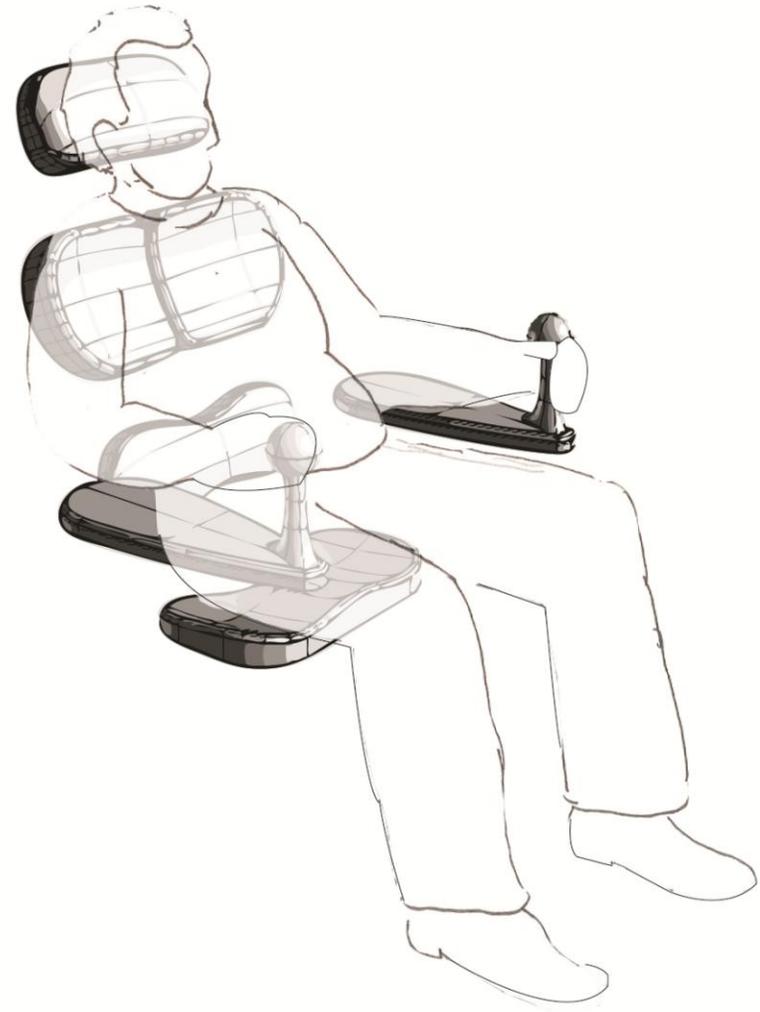
Con el fin de compatibilizar la sujeción para la estabilización durante el ejercicio y para la transición al momento levantarse/sentarse se desarrolla una propuesta de agarre para la mano que cumpla ambas funciones. Finalmente se establece una propuesta que cumple tanto los requerimientos de estabilización durante la ejecución y el cambio de postura.

**Imagen 36: Propuesta del apoyabrazos completo**



**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 37: Estabilización del ejercicio y gesto de levantarse**



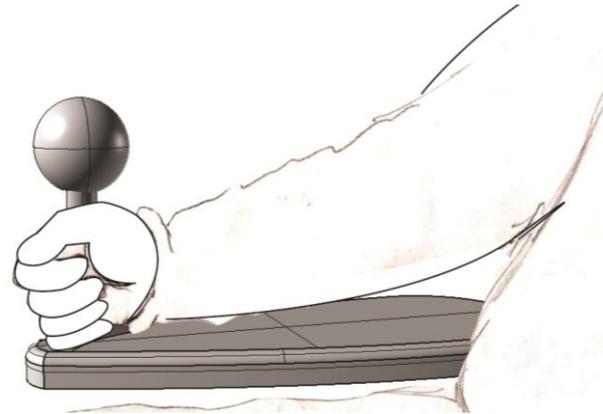
**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 38: Gesto del agarre para levantarse**



**Fuente: Elaboración propia**

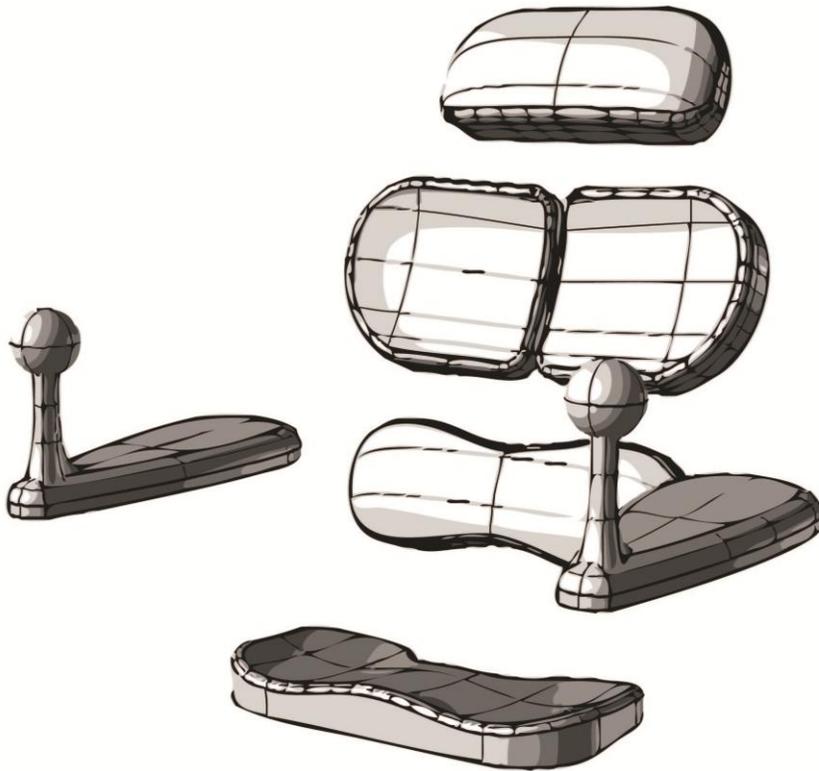
**Imagen 39: Gesto de agarre para el ejercicio**



**Fuente: Elaboración propia**

El antebrazos propuesto mantiene el lenguaje formal de los apoyos para la espalda y el asiento, completando la propuesta de los soportes corporales.

**Imagen 40: Propuesta del apoyabrazos junto al resto de los soportes corporales**



**Fuente: Elaboración propia**

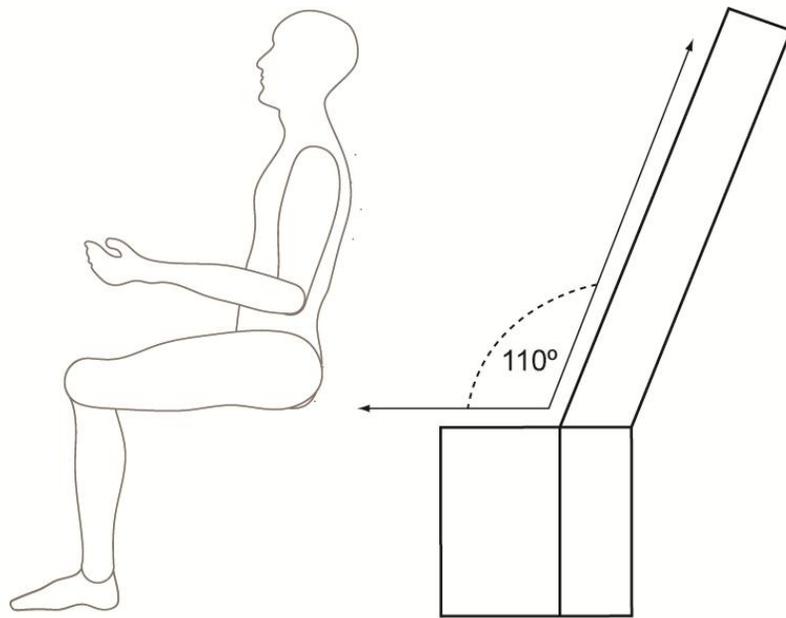
## **5.2 Aproximación formal para la estructura base del equipamiento**

El equipamiento debe tener una estructura que soporte las zonas de contacto con el cuerpo y el resto de sus componentes. Para ello se requiere una base que de forma a la postura y a la ejecución del ejercicio, entregando seguridad y confianza a la persona.

La estructura debe considerar además el ángulo de  $110^\circ$  para la espalda, que ayuda a repartir mejor el peso, generando una postura neutra donde no se tensionen músculos innecesariamente.

Para lograrlo se desarrollan las primeras formas a nivel geométrico, que posteriormente darán forma al equipamiento.

**Imagen 41: Geometrización de la estructura base**



**Fuente: Elaboración propia**

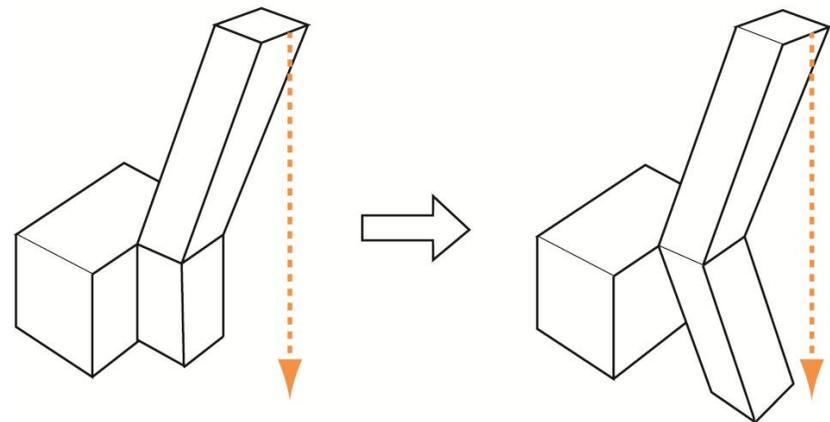
Se debe considerar además la estabilidad de la estructura, dado que estará sometida a un constante movimiento y que deberá sostener el peso del usuario, por lo que debe ser muy seguro.

Como el ángulo de la espalda genera un voladizo, en la estructura que soportará el respaldo, se debe visualizar la manera de asegurar la estabilidad, impidiendo que en una

aplicación de fuerza durante el ejercicio comprometa la seguridad del usuario.

Para ello se extiende la geometría de la estructura base, evitando que peso del respaldo desestabilice el equipamiento, tal como muestra la imagen 25.

**Imagen 42: Extensión de la geometría de la base**

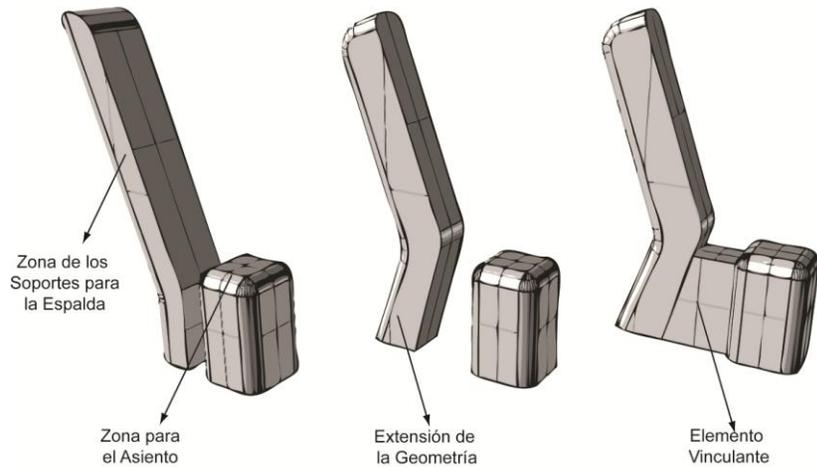


**Fuente: Elaboración propia**

Llevando la geometría a una escala real, donde se consideran la anexión de los soportes corporales se aproxima la manera de vincular las partes de la estructura

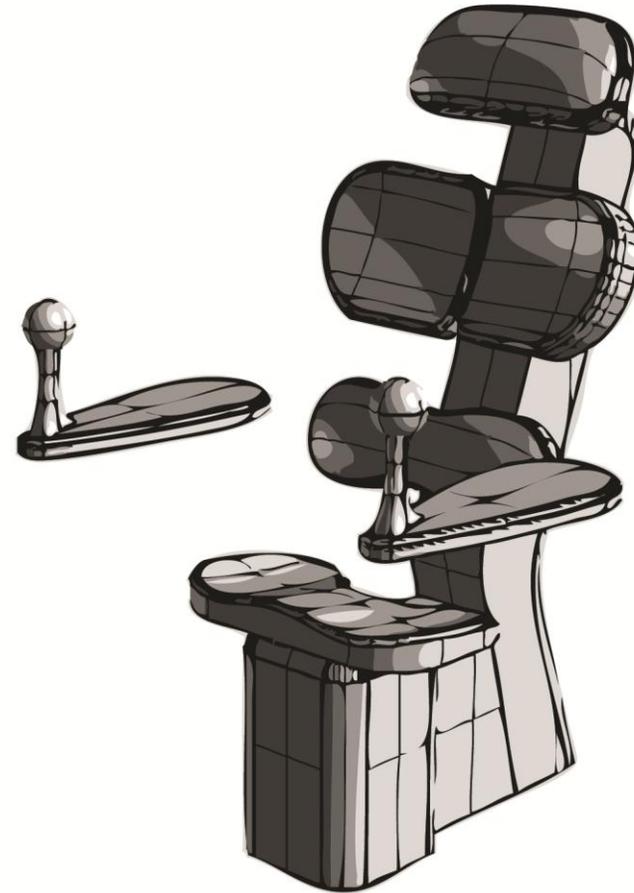
base, conectando las zonas que corresponderán al apoyo de la espalda y el apoyo del muslo.

**Imagen 43: Vinculación de las partes de la estructura base**



**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 44: Visualización de los soportes y la base**



**Fuente: Elaboración propia**

Mediante esta primera aproximación hacia la estructura base del equipamiento, donde se vinculan los soportes corporales, se comienza a visualizar las características formales de la propuesta.

Con una idea inicial respecto a los requerimientos básicos del tipo de estructura requerida, se pasa a desarrollar la siguiente etapa correspondiente al mecanismo para el ejercicio, mediante la cual se definirá y completará la forma final de la estructura base.

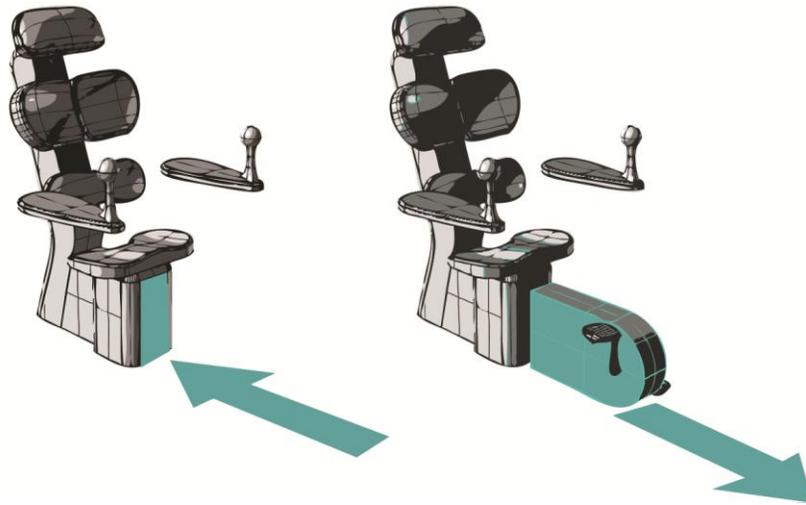
### **5.3 Desarrollo del mecanismo para el ejercicio**

El mecanismo de la bicicleta será replicado para la ejecución del ejercicio en el equipamiento. Sin embargo deberán corregirse los aspectos analizados que son desfavorables para el adulto mayor.

La principal desventaja de las bicicletas es el ingreso lateral, que sugiere el mecanismo dispuesto delante del asiento. Para transformar en un ingreso frontal el gesto de sentarse se debe liberar el espacio frente al asiento. Para lograr esto con la bicicleta se requiere que el mecanismo de la bicicleta sea retráctil, es decir que despeje el frente del asiento al momento de sentarse y luego se despliegue para dar inicio al ejercicio.

El desplazamiento controlado del eje del pedal permite además regular el tipo de movilidad y recorrido articular, en función del ejercicio específico que se quiera ejecutar.

**Imagen 45: Mecanismo retráctil**



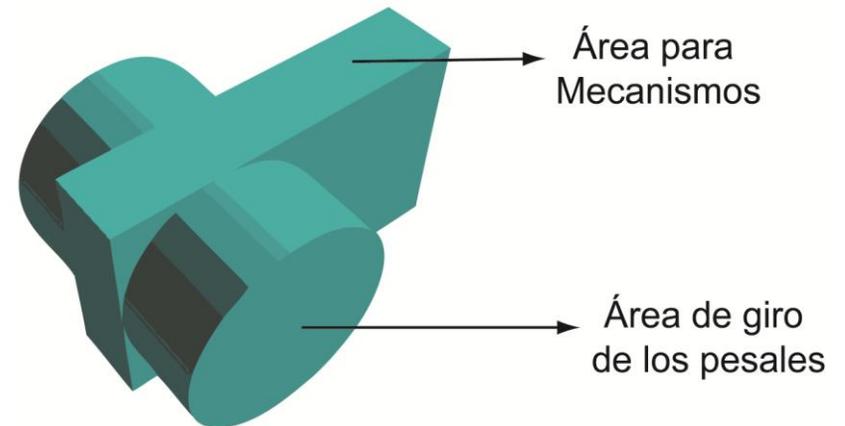
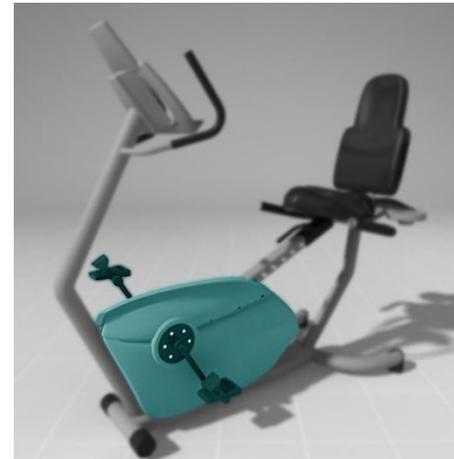
**Fuente: Elaboración propia**

### 5.3.1 El mecanismo de la bicicleta

Para la integración del mecanismo de la bicicleta se consideran sus dimensiones mínimas, con el fin de lograr replicar una versión simplificada, que no adquiera mayor jerarquía que la de los soportes corporales, ocupando el menor espacio posible.

Para ello se analizaron las dimensiones de los mecanismos existentes, aproximando así las medidas del mecanismo a ser integrado en el equipamiento.

**Imágen 46: Geometrización del mecanismo a integrar dentro del equipamiento**



**Fuente: Elaboración propia**

### 5.3.2 Desarrollo formal del pedal

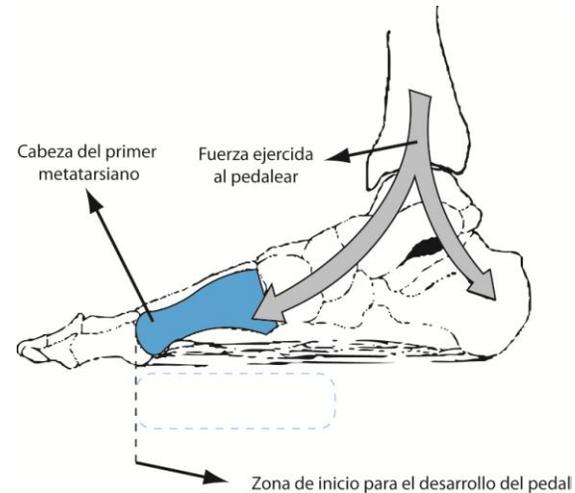
Para el desarrollo del pedal se considera agrandar sus dimensiones convencionales. De esta manera se aumenta el área de contacto con el pie, facilitando la integración de la extremidad inferior hacia el movimiento de pedaleo.

Durante el pedaleo de adultos mayores es común que los pies se salgan del pedal, producto de movimientos erróneos o descuidos, una mayor área de contacto disminuirá las posibilidades de que esto ocurra, entregando adicionalmente mayor sensación de seguridad.

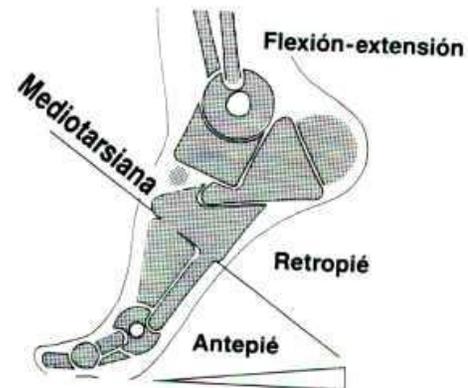
Dado que la fuerza ejercida durante el pedaleo se centra en la cabeza del primer metatarsiano la forma del pedal debe aumentarse desde ese punto.

La forma del pedal se establece generando una contra forma del pie. Para ello se toman como referencia las curvas plantares del antepié y el retropié

**Imagen 47: Zona de desarrollo para el pedal y Curvas de la plata: antepié y retropié**



**Fuente: Página web<sup>1</sup>. Edición: Elaboración propia**



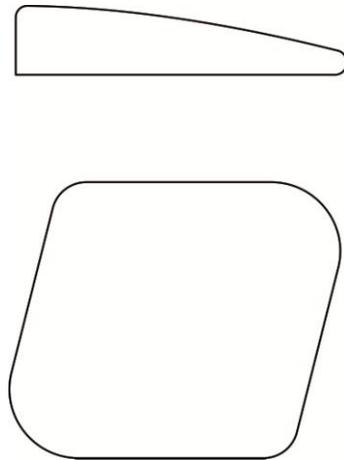
**Fuente: Página web<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> [http://bvs.sld.cu/revistas/ort/vol11\\_1\\_97/ort14197.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/ort/vol11_1_97/ort14197.htm)

Dado que la curva de antepié en el movimiento del pedaleo tiende a volverse recta, a causa de la posición del pedal y la aplicación de la fuerza, la curva del retropié es la que debe predominar en las curvas del pedal que generarán la forma.

Para evitar que el pie pueda salirse del pedal se propone una geometría trapezoidal, para contener la inercia que saca al pie de la posición. Además se integra un sistema de puntillas que asegurará el pie al momento de pedalear, potenciado además el trabajo en el movimiento de pedaleo completo.

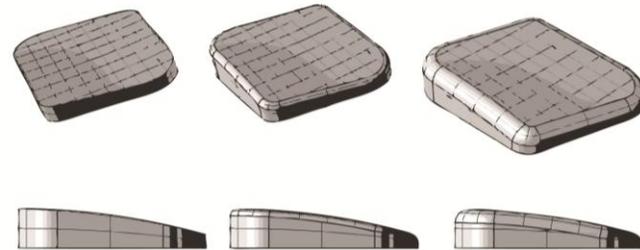
**Imagen 48: Curvas para el desarrollo formal del pedal**



**Fuente: Elaboración propia**

<sup>2</sup> <http://www.traumazamora.org/ortoinfantil/pies/pies.htm>

**Imagen 49: Evolución del desarrollo formal**



**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 50: El sistema de sujeción para el pedal**



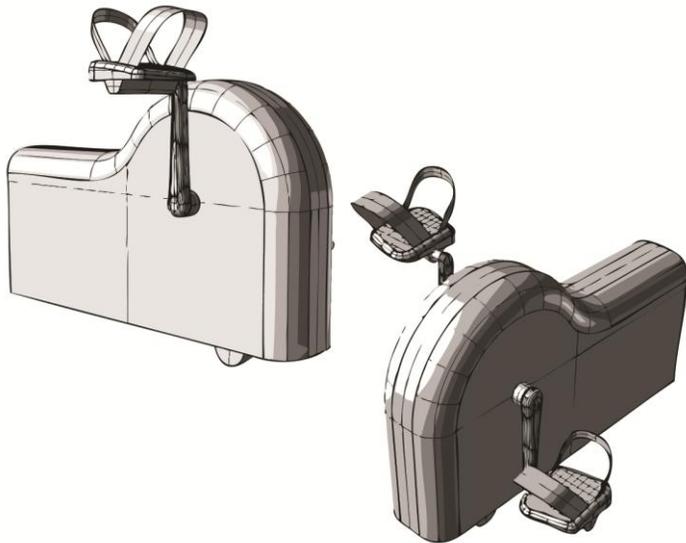
**Fuente: Elaboración propia**

### 5.3.3 Desarrollo formal del mecanismo para el ejercicio

Finalmente se propone una forma para mecanismo con una geometría que abarca solo las partes indispensables. El radio de pedaleo no debe exceder la altura de la estructura base, para no interferir con el asiento.

Como el mecanismo para el ejercicio será retráctil se le deben agregar unas ruedas internas que faciliten su desplazamiento, disminuyendo el torque ejercido hacia la estructura, a causa de la fuerza del pedaleo.

**Imagen 51: Forma del mecanismo para el ejercicio**



**Fuente: Elaboración propia**

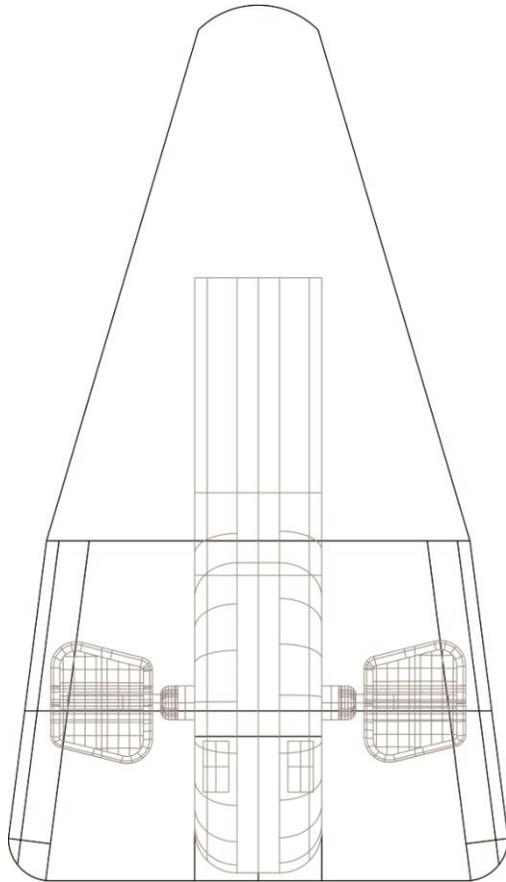
### 5.4 La estructura para el equipamiento

En base al desarrollo formal del mecanismo se realizan las rectificaciones en la estructura base del equipamiento.

En primer lugar para que la estructura no interfiera con el movimiento retráctil, la entrada de la estructura debe contemplar el ancho completo del mecanismo, dado por las medidas externas de los pedales. Por otro lado la profundidad de la estructura debe contener el largo del mecanismo retráctil.

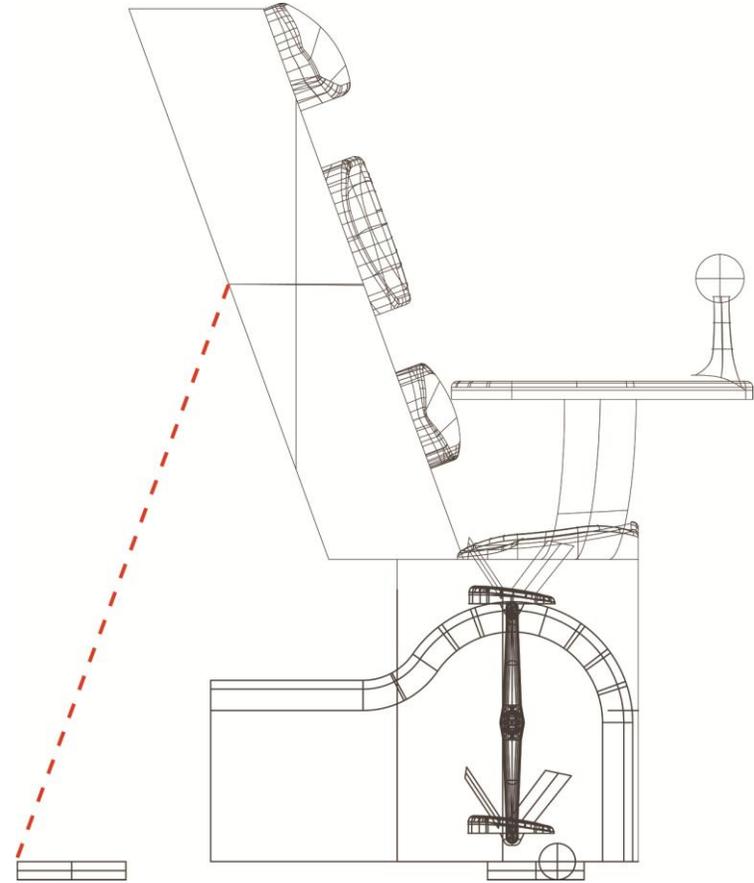
Las ruedas interiores para el desplazamiento deben estar consideradas en la estructura, dejando un espacio para contenerlas.

**Imagen 52: Forma de la estructura vista desde arriba**



**Fuente: Elaboración propia**

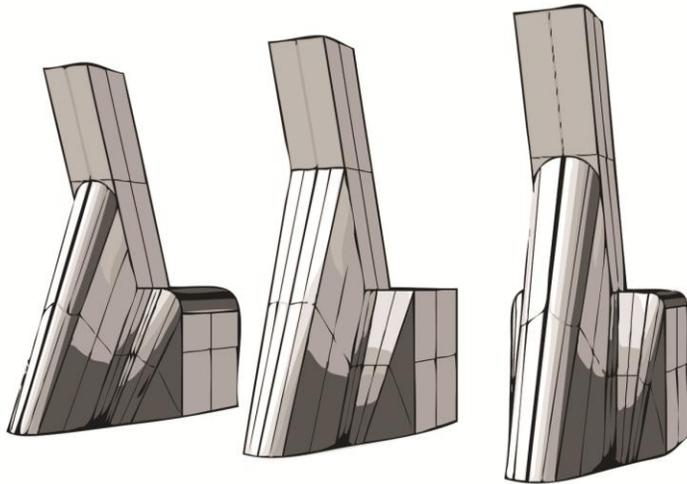
**Imagen 53: Forma de la estructura vista lateral**



**Fuente: Elaboración propia**

Debido a la profundidad mínima para replegarse se debe correr el apoyo posterior más atrás, para dar espacio al mecanismo. Con el desplazamiento apoyo se generan diferentes formas para soportar el peso del equipamiento y cubrir la parte posterior.

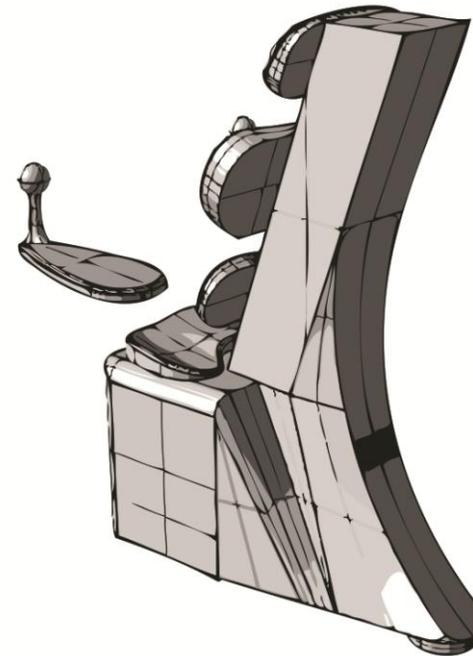
**Imagen 54: Alternativas para la estructura y recubrimiento posterior**



**Fuente: Elaboración propia**

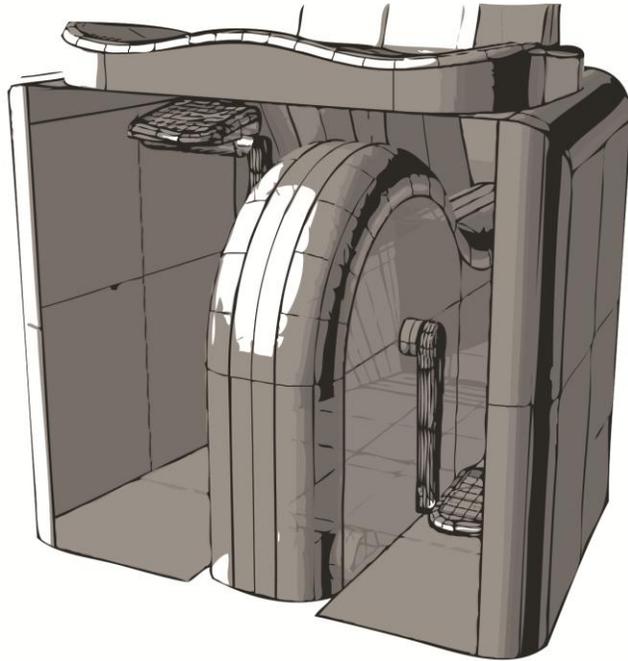
Finalmente se propone una forma orgánica, que comparta el lenguaje formal del resto de las piezas, manteniendo el menor volumen posible, para no sobre dimensionar ni sobrecargar la forma.

**Imagen 55: Vista posterior de la estructura**



**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 56: Vista frontal de la estructura con el mecanismo retraído**



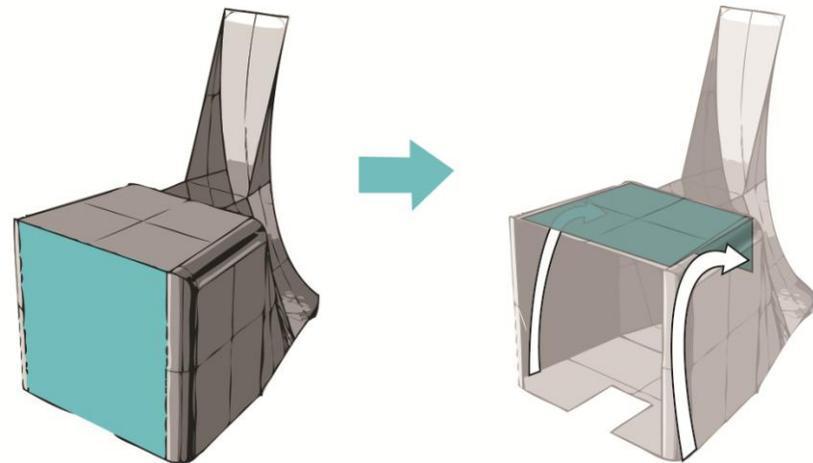
**Fuente: Elaboración propia**

#### **5.4.1 Sistema de recubrimiento frontal**

Para cubrir el mecanismo al estar retraído se requiere un sistema que oculte el interior de la estructura, pero que a su vez permita desplegar libremente el mecanismo. Este sistema al accionarse no debe molestar los pies del usuario.

Para resolverlo se propone un sistema conformado de módulos cilíndricos que forman una puerta. La función de los módulos es que puedan actuar como un frente rígido pero al momento de retraerse puedan curvarse de manera de no interferir con el espacio interior de la estructura.

**Imagen 57: Esquema de funcionamiento**

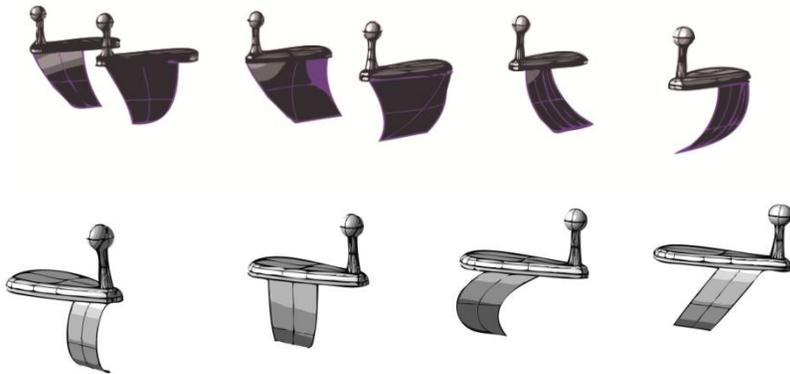


**Fuente: Elaboración propia**

#### 5.4.2 Estructura para el apoyabrazos

Para conectar los soportes de los brazos con la nueva estructura se generan diferentes propuestas que sigan la forma general de equipamiento. Mediante transiciones formales que continúen el lenguaje orgánico de la estructura se esbozaron las primeras propuestas.

**Imagen 58: Desarrollo formal del apoyabrazos**



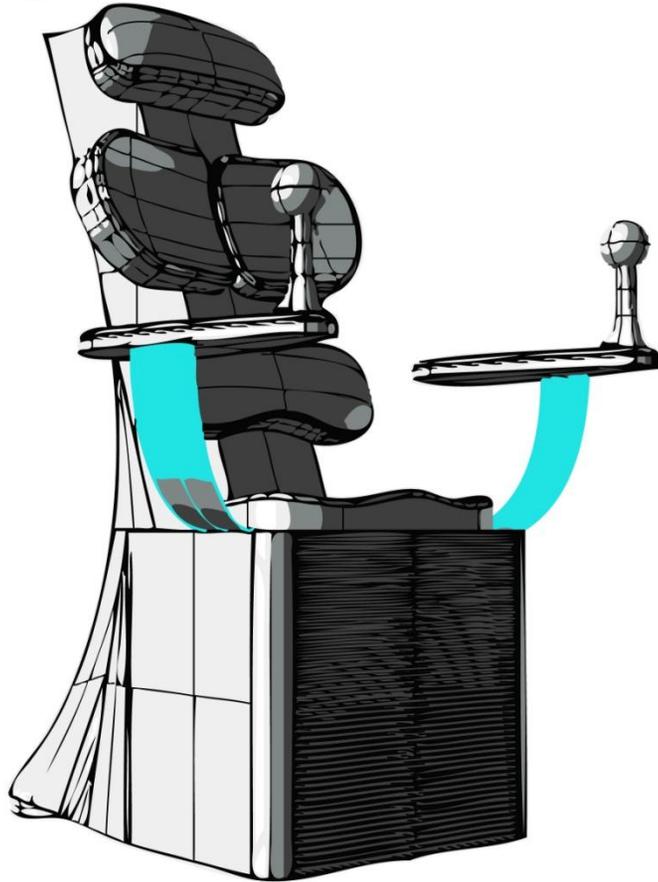
**Fuente: Elaboración propia**

Tomando como eje central del nuevo desarrollo formal se establece cubrir la zona donde cae el mayor peso sobre el apoyabrazos, es decir cuando se desarrolla la transición al momento levantarse/sentarse.

Siguiendo esa lógica se genera una estructura desplazada hacia el sistema de sujeción sin que genere un voladizo crítico en la superficie del apoyabrazos, manteniendo la sutileza de la forma.

Finalmente se desarrolla una curva para la forma que abarca la zona en la que el peso es más crítico. Dado que el apoyabrazos no tiene un peso crítico hacia la zona del codo la estructura se desfasa hacia adelante siguiendo la estética general del equipamiento.

**Imagen 59: Visualización de la forma final del apoyabrazos**



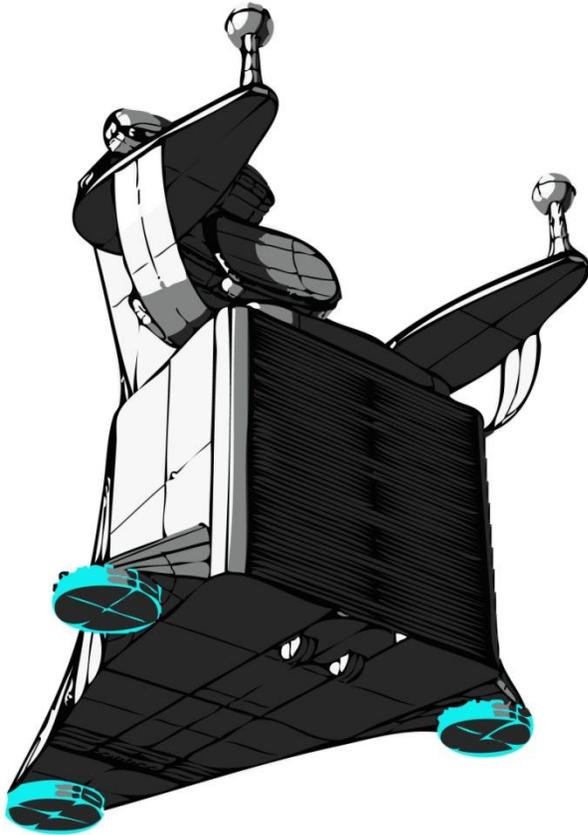
**Fuente: Elaboración propia**

### **5.4.3 Apoyos para la estructura**

Tomando en cuenta que el apoyabrazos y sus sujeciones pueden ejercer un torque importante en el equipamiento en general, dado su conformación alargada, se le agregarán dos puntos de apoyo para completar los tres.

Dos puntos de apoyo a los costados de la estructura base evitarán que el equipamiento sea inestable. El punto de apoyo posterior se encarga de resistir el peso del respaldo.

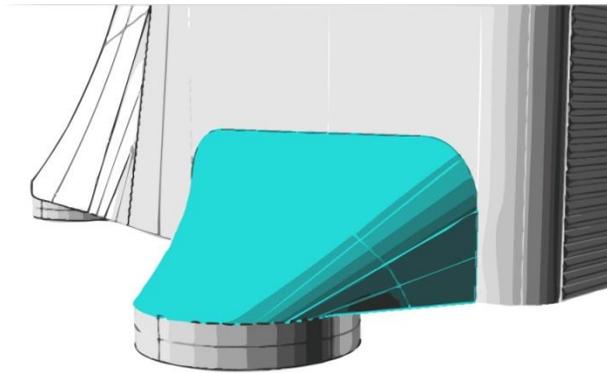
**Imagen 60: Apoyos para el equipamiento, vista inferior**



**Fuente: Elaboración propia**

Los puntos de apoyo laterales para el equipamiento deben ubicarse a los costados de la estructura, por lo que requiere un elemento de vinculación hacia el equipamiento. Para integrarlos a la estructura base se extiende su geometría para abarcar las zonas de apoyo.

**Imagen 61: Integración de los puntos de apoyo lateral**



**Fuente: Elaboración propia**

## 5.5 Aplicación de color

Con la edad la percepción del contraste se atenúa, especialmente de los contrastes coloreados. En consecuencia la capacidad de distinguir distintos colores y diferentes intensidades del color disminuye.

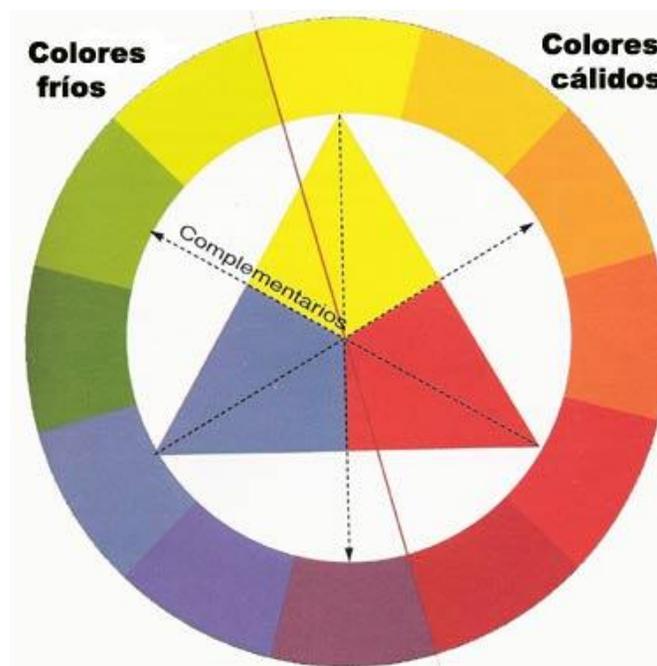
Esta mala discriminación hace que el adulto mayor perciba los colores pasteles como grisáceos. Los problemas para la distinción de colores se inician habitualmente con los tonos verdes, azules y violetas<sup>3</sup>. Los últimos colores en comprometer el nivel de discriminación y reconocimiento se encuentran en la zona del rojo. Los colores rojizos y amarillos resultan más fáciles de distinguir y son habitualmente usados y recomendados para la identificación de objetos en la vida diaria.

Los colores cálidos son los que mejor distingue un adulto mayor por razones biológicas. El color naranja se sitúa al centro de los colores cálidos por tanto es el más conveniente a utilizar para la aplicación de color en las zonas de contacto, de manera de llamar su atención, mediante el contraste de color.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> [www.msp.gub.uy/andocasociado.aspx?3166,17184?](http://www.msp.gub.uy/andocasociado.aspx?3166,17184?)

<sup>4</sup> Eva Heller, 2008, Psicología del Color, Barcelona, Editorial Gustavo Gili SL, p179

**Imagen 62: Colores fríos y cálidos**



**Fuente: Página web<sup>5</sup>**

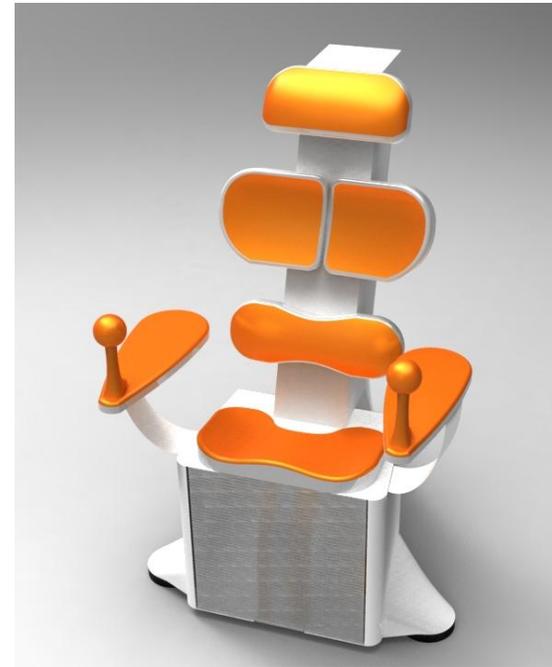
<sup>5</sup> <http://www.fotonostra.com/grafico/colorescalifrios.htm>

El color naranja culturalmente se relaciona con lo energético y lo alegre. El naranja es un color llamativo que puede aportar al equipamiento la jerarquía necesaria en las partes correspondientes.

Además contribuye a activar anímicamente a la persona en la instancia previa al uso, causando un impacto emocional que mejora la experiencia de la persona hacia el ejercicio físico.

Para ligar medianamente al equipamiento al mundo de la rehabilitación, y generar mayor contraste con el color naranja, se utiliza el color blanco para la estructura y el resto de los componentes visibles.

**Imagen 62: Aplicación de color al equipamiento**



**Fuente: Elaboración propia**





## **6. PROPUESTA FINAL**

## 6. PROPUESTA FINAL

### 6.1 Sistema de regulación

Para que el equipamiento cumpla con un estándar acorde al mundo de la rehabilitación y la tecnología existente, se necesita de un sistema de regulación que permita controlar la postura del usuario y las características del ejercicio.

De acuerdo a las diferentes estaturas de los usuarios se requiere que los soportes para la espalda se acomoden a las características de la persona. Por otro lado el mecanismo para el ejercicio debe desplegarse de acuerdo a la extensión de la pierna de la persona que lo esté usando. Además este último debe ejercer una resistencia para el fortalecimiento según las capacidades de la persona.

Para lograr este tipo de regulación se necesita una serie de servomecanismos:

- Para la regulación de los soportes para la espalda se requieren actuadores lineales<sup>1</sup> que desplacen los puntos de apoyo a lo largo de la espalda, de acuerdo a la estatura de la persona.
- Para el desplazamiento del mecanismo de ejercicio también se necesita un actuador lineal. En el caso de la resistencia ejercida para el Mecanismo de ejercicio se requerirá de un electro imán<sup>2</sup>.

Dentro del desarrollo del proyecto el profesional encargado de integrar y hacer funcionar estos motores dentro del diseño el equipamiento es un ingeniero eléctrico.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Dispositivos mecánicos cuya función es generar fuerza para mover otro dispositivo mecánico. La fuerza puede ser de origen neumática, hidráulica o eléctrica.

<sup>2</sup> Sistema de frenado eléctrico que consta de un disco conductor o rotor que ejerce resistencia al movimiento del mecanismo para el pedaleo.

<sup>3</sup> Para consultar respecto al funcionamiento técnico del diseño se visitó el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Chile donde se consultó al profesor Guillermo Gonzalez, director del laboratorio de computadores y servomecanismos; además se consultó también a Felipe Valencia Arroyave, Ingeniero Electrico de la Universidad Nacional de Colombia.

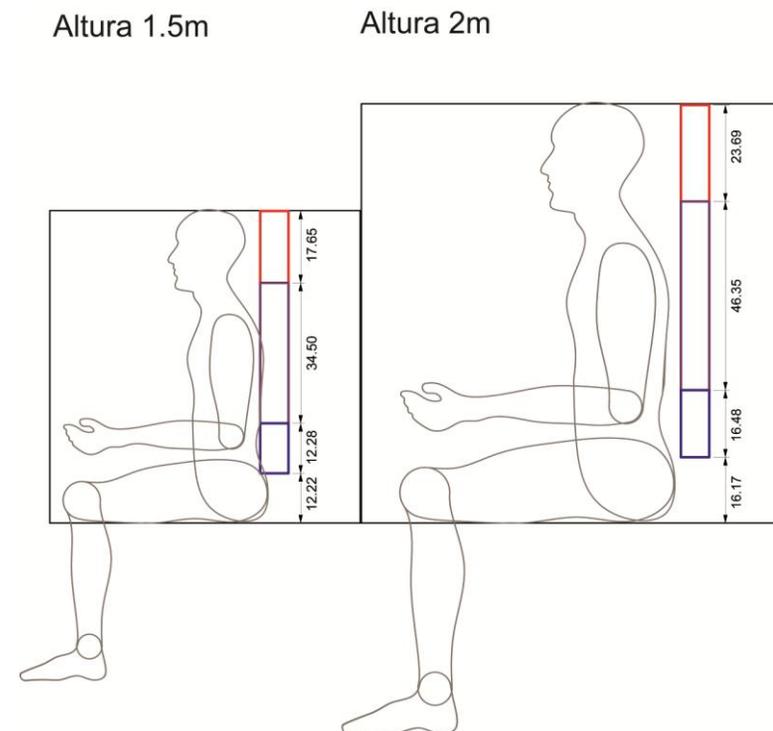
### 6.1.1 Rangos de movimiento de los soportes para la espalda

Los rangos de desplazamiento de cada parte de la espalda estará dada por dos motores, uno lo desplazará en el eje X y el otro en el eje Y.

Para que el sistema de regulación sea preciso y efectivo se establecieron rangos de movimiento para las partes correspondiente a las secciones de la espalda.

Tomando en cuenta las alturas extremas para los usuarios de 1,5 y 2m, se determinó el tamaño final de cada sección para de la espalda, así como también el desplazamiento que deben ejercer los servomecanismos para adaptarse a la mayor cantidad de usuarios posibles.

**Imagen 63: Secciones de la espalda establecidas según estatura**



**Fuente: Elaboración propia**

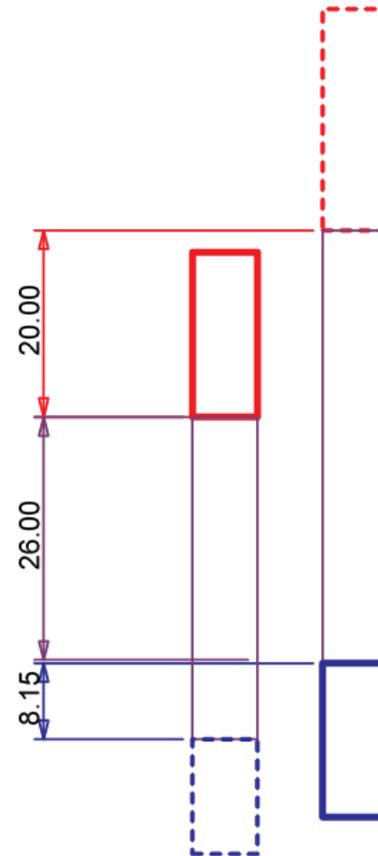
En base a esta comparación se establecieron los tamaños de cada sección.

Para el de desplazamiento en Y se selecciona para la **región cervical** la sección correspondiente a 1.5m. Para el desarrollo de la **región lumbar** se selecciona la sección de correspondiente a la altura máxima de 2m.

Al comparar la diferencia entre las secciones cervicales y lumbares se establece el rango de desplazamiento que deben ejercer.

Se determina un rango de 20cm para alcanzar la región cervical de la persona más alta y 8.15cm para alcanzar la región lumbar de la persona más baja.

**Imagen 64: Rangos de desplazamiento de la sección cervical y lumbar seleccionadas**



**Fuente: Elaboración propia**

Considerando los rangos de las secciones anteriores se determina que la medida de la **sección dorsal** (intermedia a las anteriores) debe medir 26cm, para no interferir con los rangos de las otras secciones.

Su desplazamiento para moverse, entre el máximo desplazamiento lumbar y el mínimo desplazamiento cervical en Y, corresponde a 20cm.

Los rangos de desplazamiento de los soportes para la espalda en X se establecen considerando la diferencia entre la mayor curva de lordosis y cifosis, respecto a la persona de 2m de estatura.

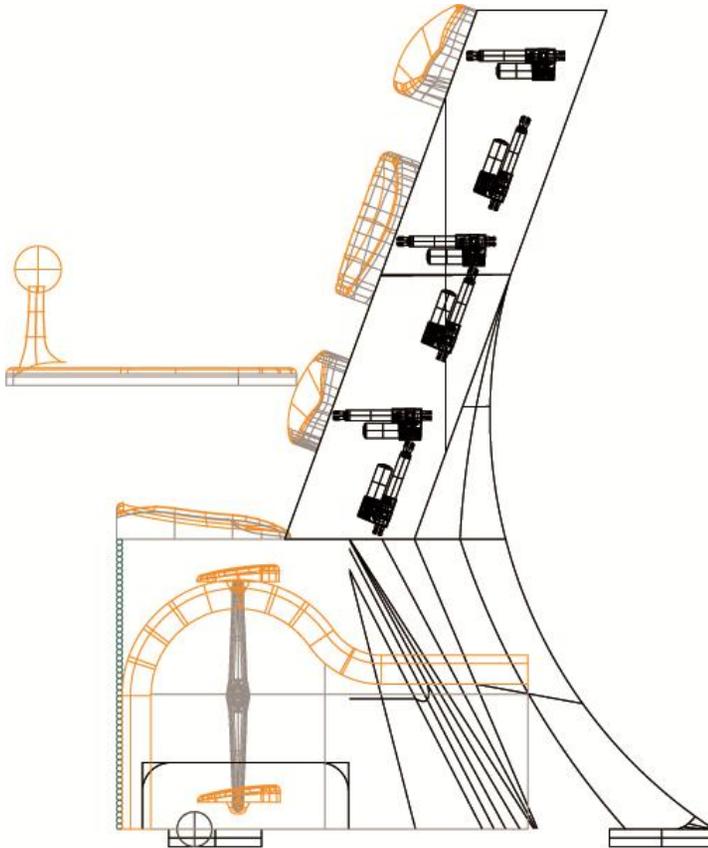
El rango de desplazamiento en X de cada sección será entonces de aproximadamente 12.12cm dadas las diferencias entre las curvas naturales de la espalda.

**Imagen 65: Rangos de desplazamiento de las secciones en X**



**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 66: Actuadores lineales para los soportes de la espalda ubicados dentro del equipamiento**



**Fuente: Elaboración propia**

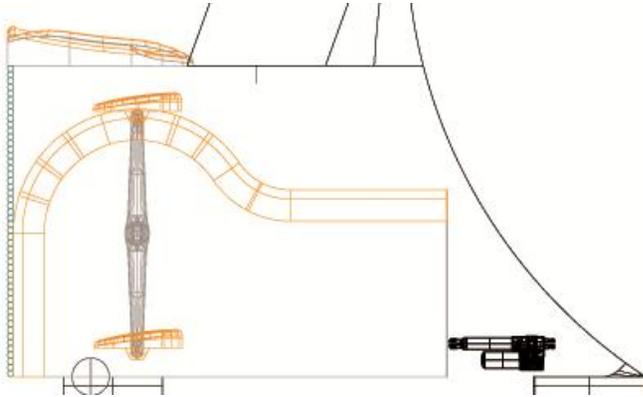
### **6.1.2 Rango de desplazamiento en X del mecanismo de ejercicio**

El rango de desplazamiento se determina en función de la máxima extensión de la pierna de la persona de 2m, equivalente a 110cm aproximadamente.

La distancia deberá considerar la máxima extensión del motor desde que el mecanismo sale de la estructura base hasta alcanzar los 110cm con el extremo del mecanismo,

El electro imán que se encargará de generar resistencia, para el fortalecimiento de la articulación, se deberá instalar dentro del mecanismo de pedaleo, en función de lo que determine el ingeniero eléctrico.

**Imagen 67: Ubicación del motor para el desplazamiento del mecanismo de ejercicio**



**Fuente: Elaboración propia**

## **6.2. Controles del sistema de regulación.**

Para centralizar las distintas funciones asociadas al equipamiento se requerirá un software que permita regular cada una de manera remota.

Para el desarrollo del software y la programación en general, de los controles de regulación, se necesitará de un programador que desarrolle una interfaz, con la cual el supervisor a cargo del adulto mayor pueda acomodar su postura.

Dentro del tratamiento de la artrosis la persona que supervisa el ejercicio del adulto mayor está a cargo de la regulación del equipamiento, por tanto se sitúan los controles de regulación en la parte posterior de la estructura, lejos de las zonas en las que interactúa el adulto mayor.

**Imagen 68: Posición y forma del sistema de regulación posterior**



**Fuente: Elaboración propia**

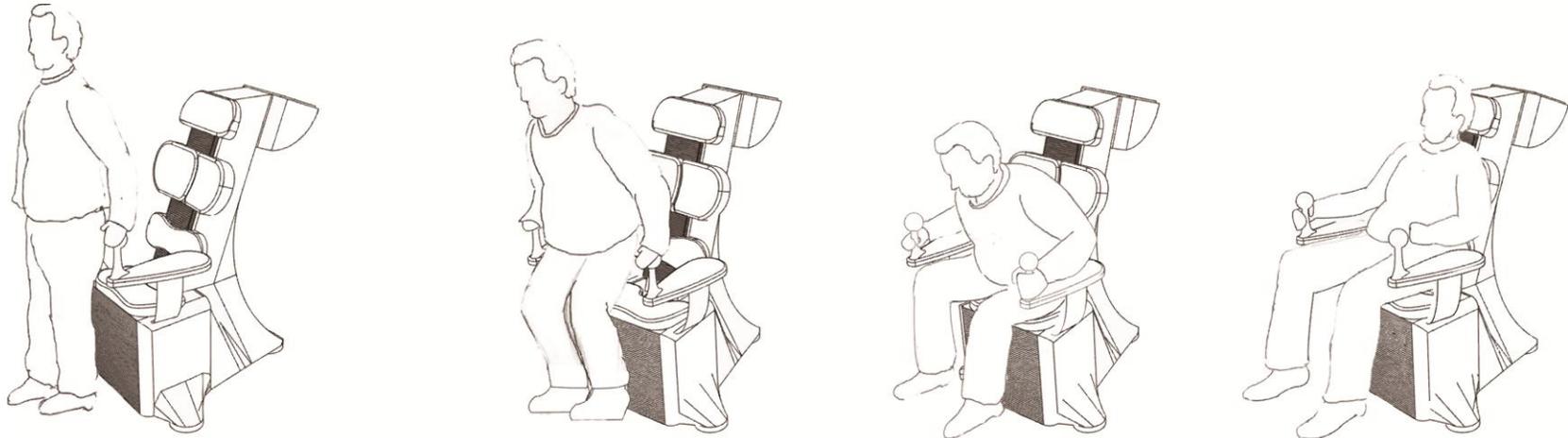
### 6.3 Propuesta de producto

**Imagen 69: Bicicleta Extensora Para El Adulto mayor**



*Fuente: Elaboración propia*

**Imagen70: Gesto de sentarse en el equipamiento**



**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 71: Persona sentada en el equipamiento**



**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 72: Persona ejercitándose en el equipamiento**



**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 73: soportes corporales dispuestos para la persona mayor estatura.**



**Fuente: Elaboración propia**

**Imagen 74: soportes corporales dispuestos para la persona de menor estatura.**



**Fuente: Elaboración propia**

### 6.3.1. La nueva experiencia para el ejercicio físico

La nueva experiencia para el ejercicio físico se modela a través de tres niveles o enfoques de diseño<sup>4</sup>:

#### 1. DISEÑO VISCERAL

El equipamiento puesto en el contexto de uso genera un impacto emocional inmediato. Sus color llaman la atención de la persona y destaca de los otros equipamientos a su alrededor.

La jerarquía de sus componentes hace fácil determinar cómo se relacionará con el cuerpo y cómo debe ser la postura durante su uso.

Las formas mullidas de los soportes corporales denoten lo blando y anticipan una interacción cómoda. La parte estructural transmite estabilidad generando confianza,

---

<sup>4</sup> Donald norman, 2005, El Diseño Emocional, Barcelona España, Editorial Paidós

**Imagen 75: Equipamiento en contexto**



**Fuente: Elaboración propia**

## 2. DISEÑO CONDUCTUAL

### FUNCIÓN

Nivel técnico: Logra desarrollar en el ejercicio la movilidad/recorrido articular completo y el fortalecimiento de manera focalizada en la extremidad inferior.

Nivel gestual/conductual: acoge los gestos convencionales de sentarse (ingreso frontal), entregando facilidades para la transición (de pie a sentarse o viceversa).

### COMPRENSIÓN

Se jerarquizan las zonas de contacto con el cuerpo, de manera que visualmente se entienda de manera inmediata el tipo de relación que mantendrá el cuerpo con el equipamiento (ingreso frontal, cambio a posición sedente).

Los ajustes y regulaciones del equipamiento no serán realizados por el adulto mayor, sino por el profesional encargado de su tratamiento físico (remitiendo al adulto mayor únicamente a acomodarse a las zonas de contacto

y posteriormente al desarrollo del ejercicio de manera asesorada)

### USABILIDAD

Por medio de los servomecanismos del sistema de regulación se establecen rangos de movimiento para las zonas de contacto o puntos de apoyo del equipamiento. De esta manera es posible ajustar el equipamiento a la mayor cantidad posible de usuarios.

El ingreso frontal, está pensado en función de las aptitudes del usuario, dado que el cambio de postura propuesto por el equipamiento se enmarca en lo que el adulto mayor conoce y maneja, sin obligarlo a realizar movimientos y esfuerzos fuera de lo común.

El equipamiento se adapta secuencialmente a la persona:

**Primero** se presenta visualmente explicando cuales son las partes relevantes que debe ver el adulto mayor.

**En segundo** lugar asesora la transición entre la postura de pie y la postura sedente.

**En tercer** lugar, una vez sentado las zonas de contacto se adaptan a sus características corporales estableciendo

un punto cómodo para comenzar el ejercicio. **En cuarto** lugar se despliega el mecanismo de ejercicio desde abajo del asiento para comenzar el ejercicio. Este se calibra y posiciona según las características del adulto mayor y según como el profesional encargado del tratamiento físico estime conveniente, de acuerdo al diagnóstico y etapa de la enfermedad.

#### SENSACIÓN FÍSICA

Las características asociadas a la forma de las zonas de contacto entregan apoyo suave y blando al estar sentado, generando una interacción cómoda al ejercitarse

La regulación dada por los servomecanismos entregan una sensación de uso asociada con un estándar alto, que involucra mayor tecnología que los equipamientos manejados actualmente, dando a entender además que la máquina está en función de la persona y no al revés.

La interfaz para la regulación, a cargo del profesional que asesora al adulto mayor, lleva el control tanto de las zonas de contacto como del mecanismo del ejercicio. El uso de esta interfaz ayuda a mejorar su experiencia de

trabajo, dado que la regulación del se realiza de manera remota, sin modificar directamente cada parte del equipamiento.

### 3. DISEÑO REFLEXIVO

El equipamiento se adapta a la persona. El equipamiento provee una postura cómoda, que no está siendo forzada por la máquina, sino que es la que realmente le acomoda a la persona.

La persona percibe que se encuentra frente a un equipamiento para el tratamiento mediante el ejercicio físico, distinguiéndolo de las máquinas de ejercicio deportivo.

**Imagen 76: Equipamiento en contexto 2**



**Fuente: Elaboración propia**

#### 6.4 Presupuesto para el desarrollo inicial del proyecto

Profesional	Etapa de desarrollo	Detalle	Precio
Ingeniero eléctrico	Instalación y Regulación de actuadores lineales y electro imán	Precio mensual acordando una explotación compartida del proyecto:	\$ 3.500.000
Programador	Desarrollo del software para el sistema de regulación de los servomecanismos	Precio por la entrega del software y la instalación de la interfaz	\$ 550.000
			Total: \$ 4.050.000

## 6.5 Planos

**Nombre de la pieza:**  
MEDIDAS GENERALES

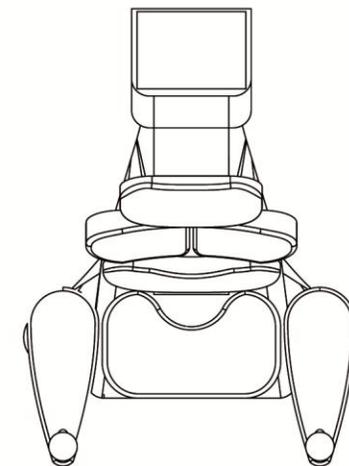
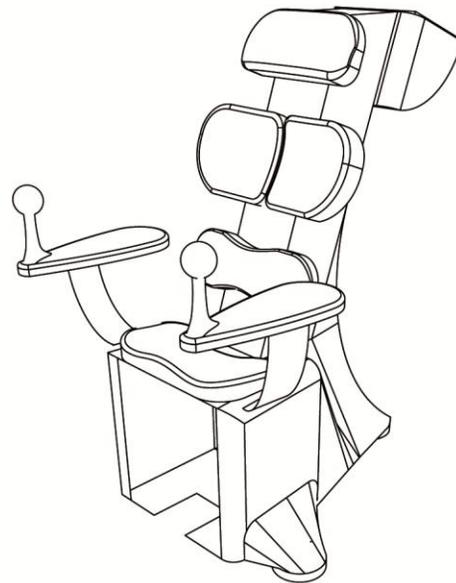
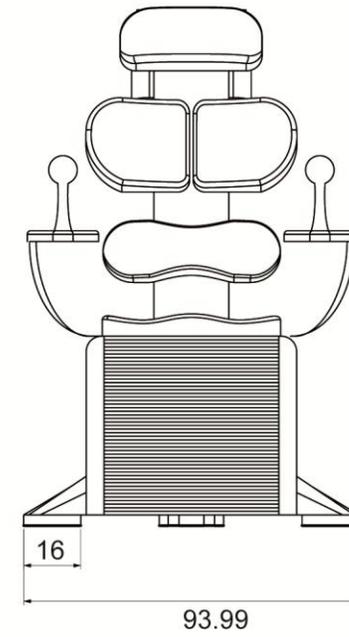
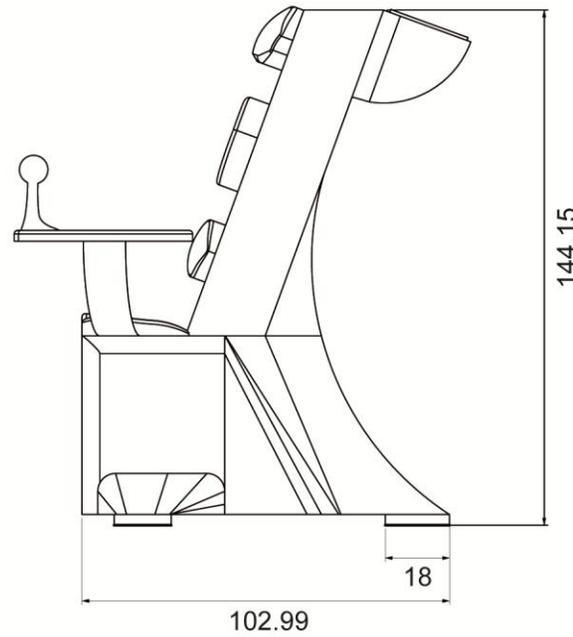
**Nº de plano:**  
01

**Escala:**  
1:20

**Cotas:**  
Centímetros

**Fecha:**  
Agosto 2013

**Realizado:**  
MAURICIO SANZ



**Nombre de la pieza:**  
APOYO CERVICAL

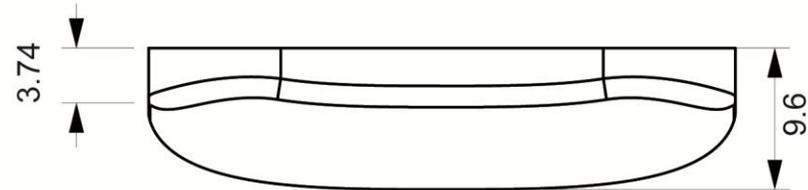
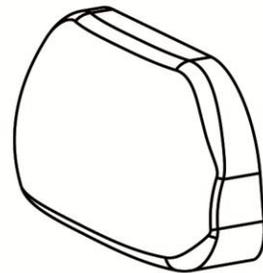
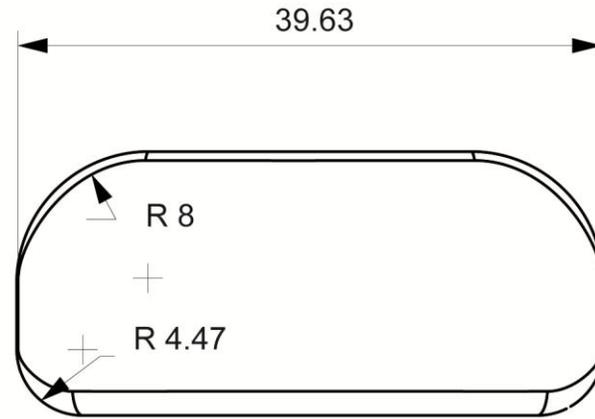
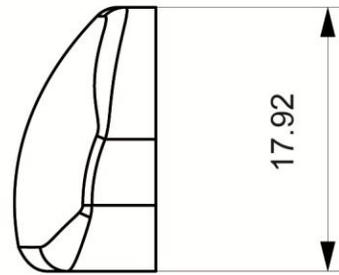
**Nº de plano:**  
02

**Escala:**  
1:5

**Cotas:**  
Centímetros

**Fecha:**  
Agosto 2013

**Realizado:**  
MAURICIO SANZ



**Nombre de la pieza:**  
APOYO DORSAL

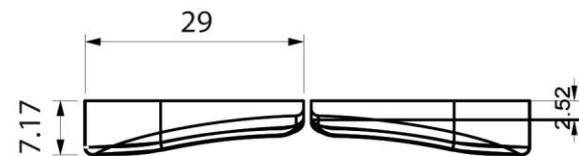
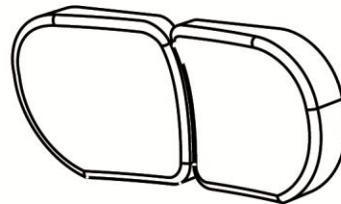
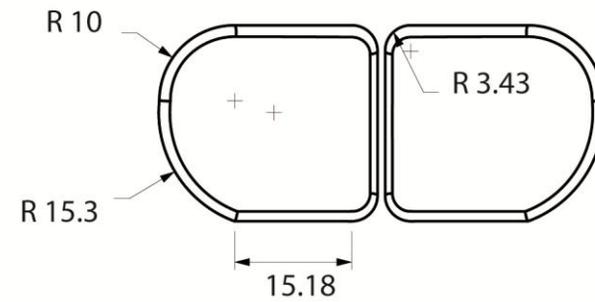
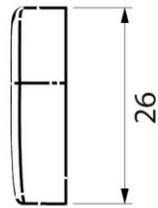
**Nº de plano:**  
03

**Escala:**  
1:10

**Cotas:**  
Centímetros

**Fecha:**  
Agosto 2013

**Realizado:**  
MAURICIO SANZ



**Nombre de la pieza:**  
APOYO LUMBAR

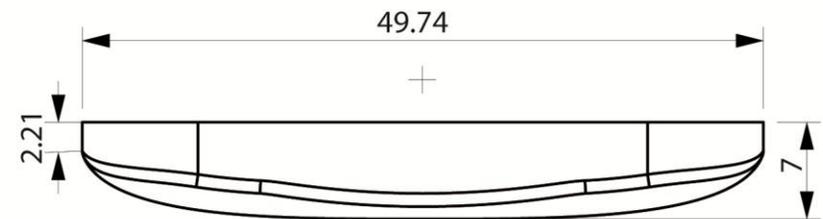
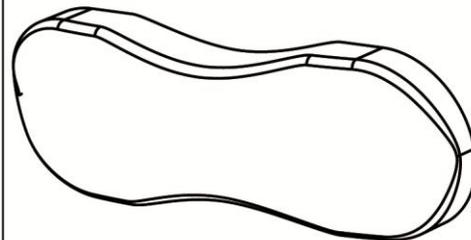
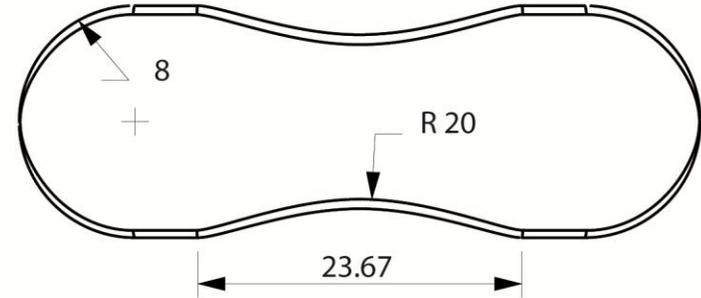
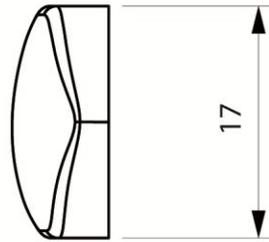
**Nº de plano:**  
04

**Escala:**  
1:5

**Cotas:**  
Centímetros

**Fecha:**  
Agosto 2013

**Realizado:**  
MAURICIO SANZ



**Nombre de la pieza:**

ASIENTO

**Nº de plano:**

05

**Escala:**

1:10

**Cotas:**

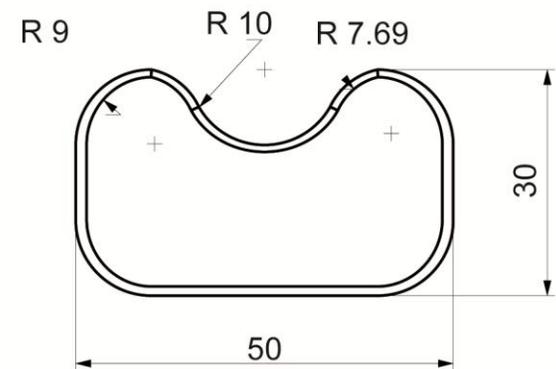
Centímetros

**Fecha:**

Agosto 2013

**Realizado:**

MAURICIO SANZ



**Nombre de la pieza:**

BASE 1

**Nº de plano:**

6

**Escala:**

1:10

**Cotas:**

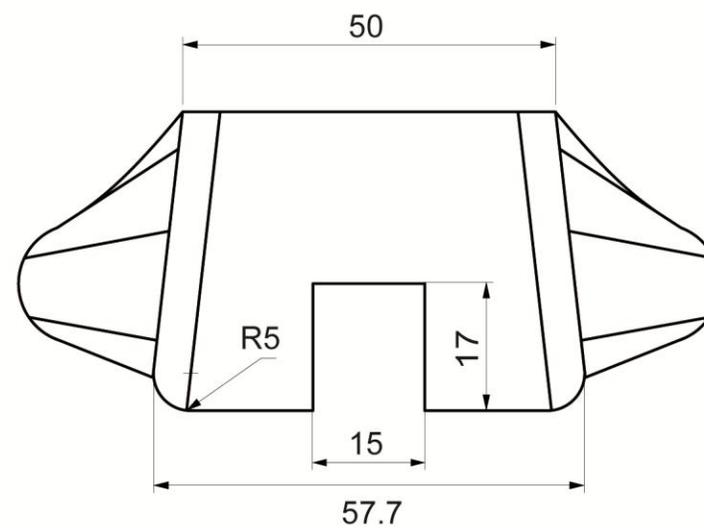
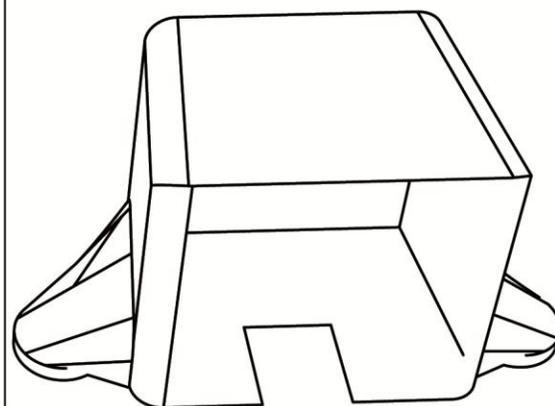
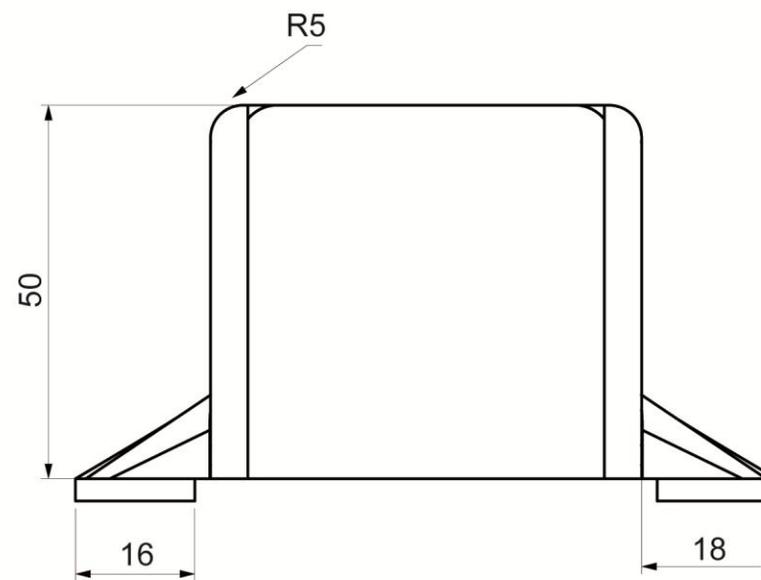
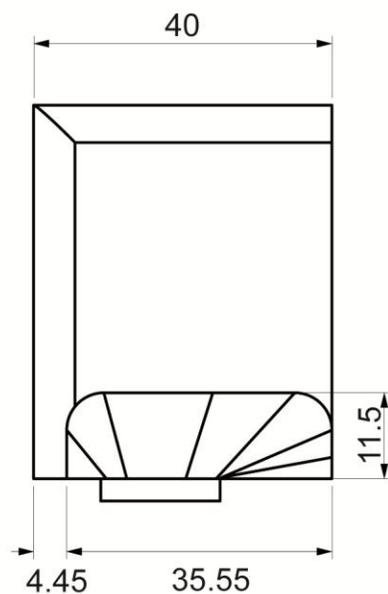
Centímetros

**Fecha:**

Agosto 2013

**Realizado:**

MAURICIO SANZ



**Nombre de la pieza:**  
BASE 2

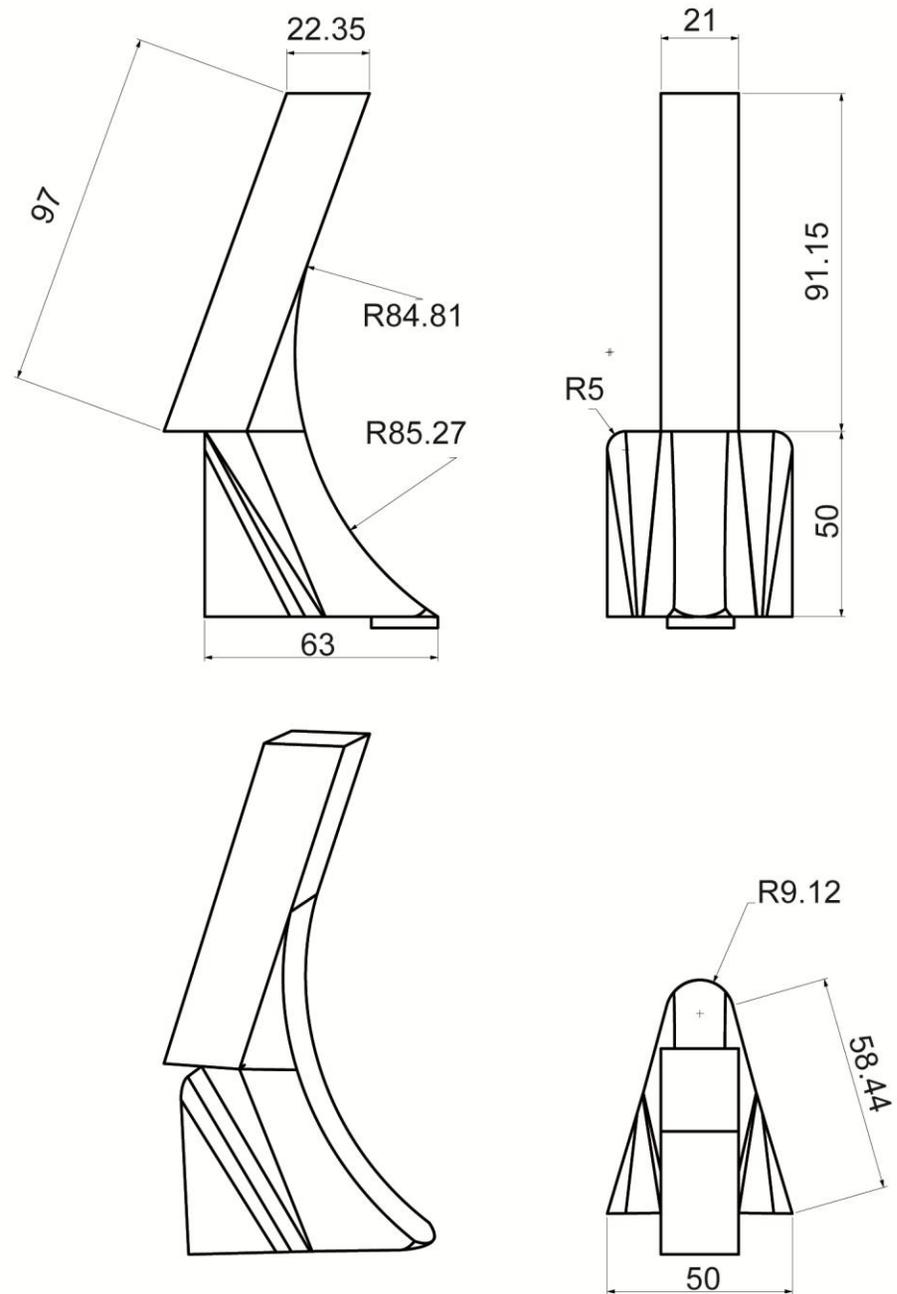
**Nº de plano:**  
7

**Escala:**  
1:20

**Cotas:**  
Centímetros

**Fecha:**  
Agosto 2013

**Realizado:**  
MAURICIO SANZ



**Nombre de la pieza:**

BASE 2

**Nº de plano:**

8

**Escala:**

1:20

**Cotas:**

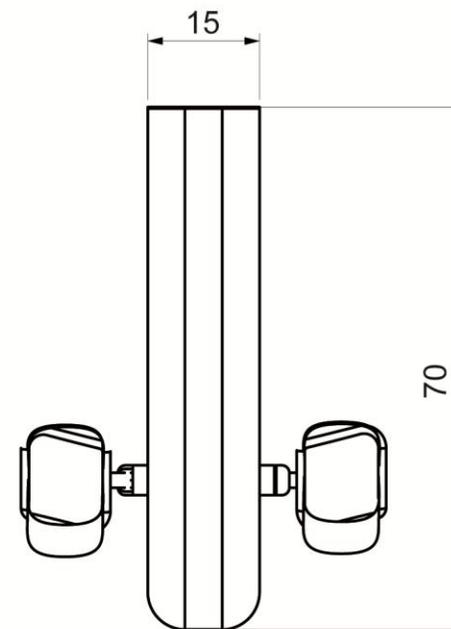
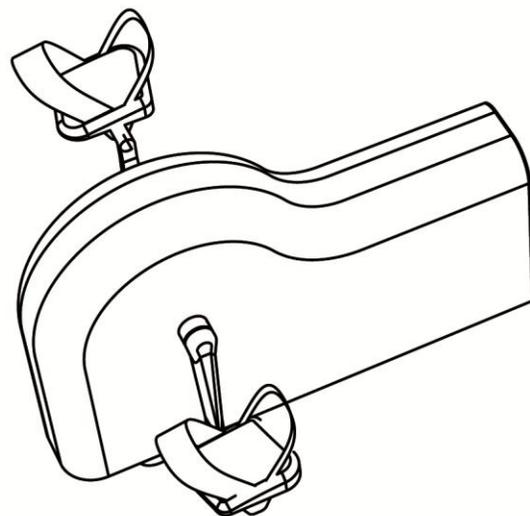
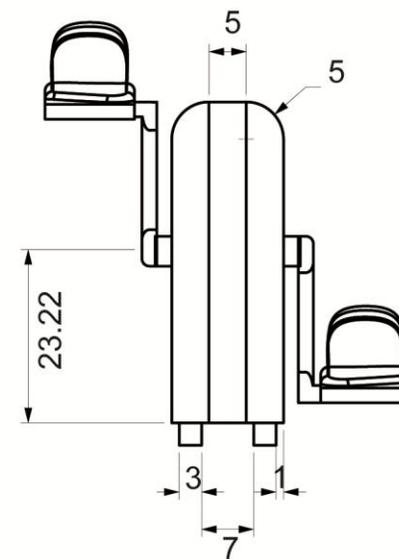
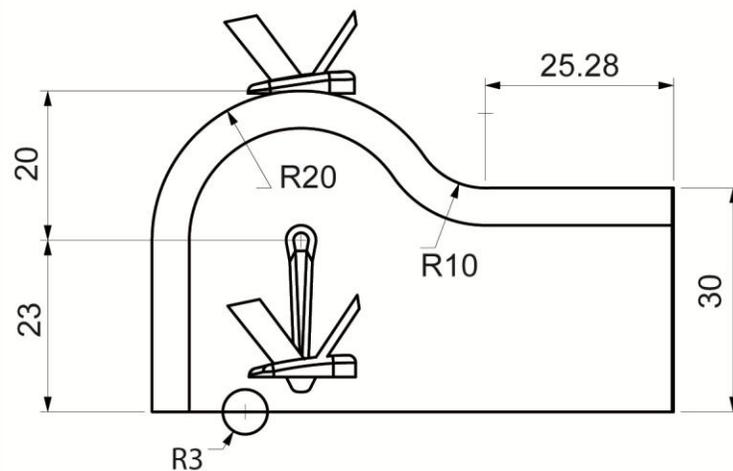
Centímetros

**Fecha:**

Agosto 2013

**Realizado:**

MAURICIO SANZ



**Nombre de la pieza:**  
APOYABRAZOS

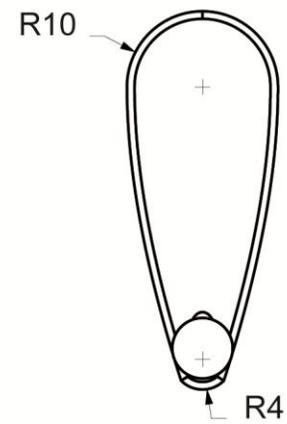
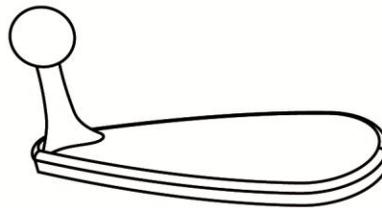
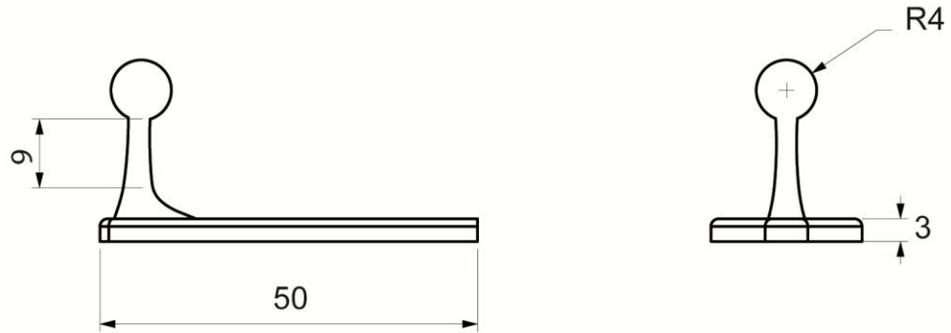
**Nº de plano:**  
9

**Escala:**  
1:10

**Cotas:**  
Centímetros

**Fecha:**  
Agosto 2013

**Realizado:**  
MAURICIO SANZ



**Nombre de la pieza:**  
CUBRE PANTALLA

**Nº de plano:**  
10

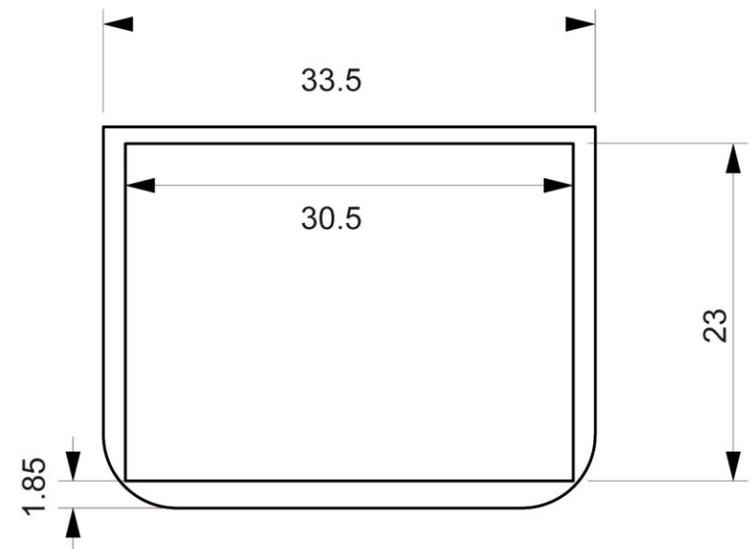
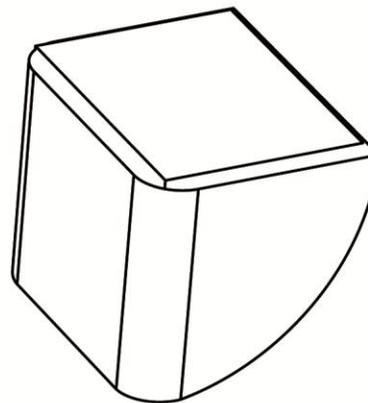
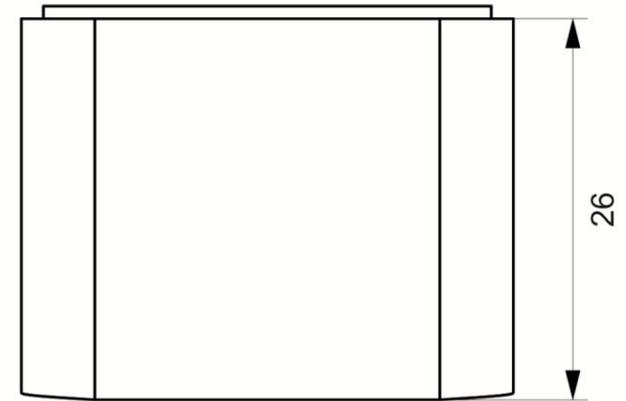
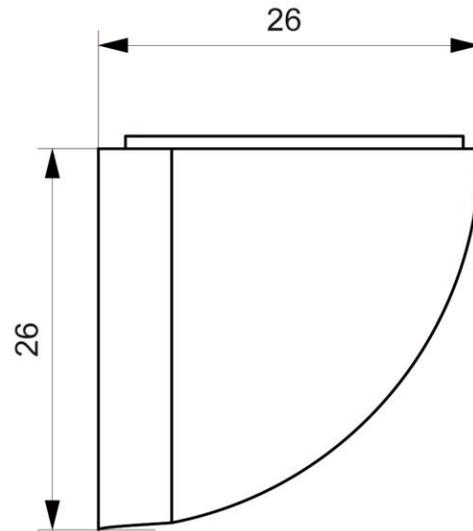
**Escala:**  
1:5

**Cotas:**  
Centímetros

**Fecha:**  
Agosto 2013

**Realizado:**  
MAURICIO SANZ

**Nota:**  
Se considera un Monitor  
táctil OTEK 15"  
304.1 mm. x 228 mm



**Nombre de la pieza:**  
CUBRE PANTALLA

**Nº de plano:**  
11

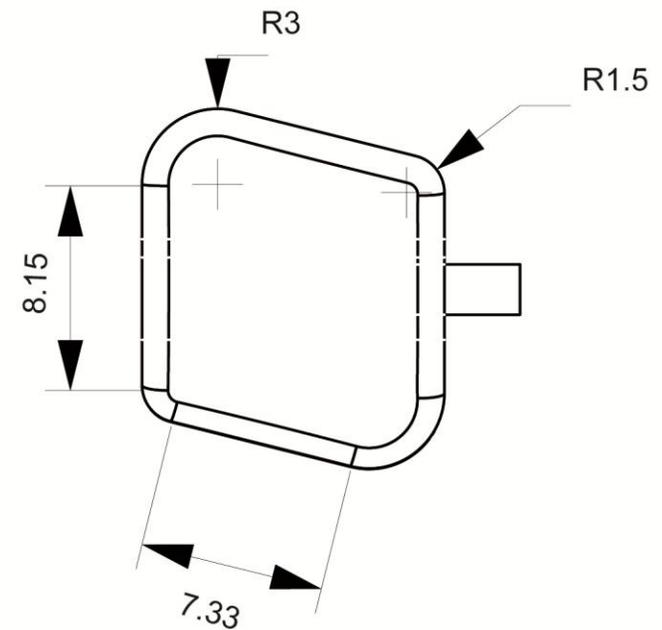
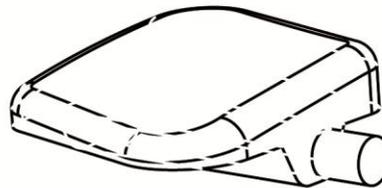
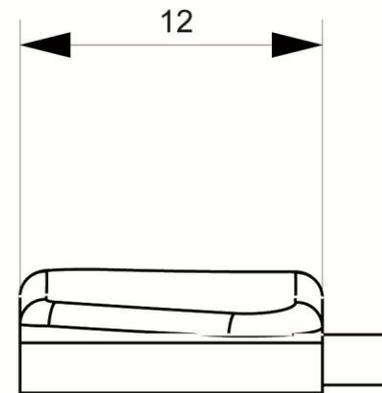
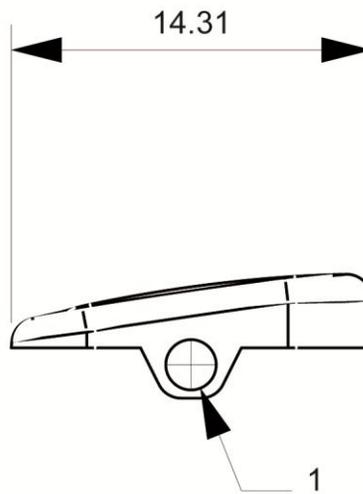
**Escala:**  
1:3

**Cotas:**  
Centímetros

**Fecha:**  
Agosto 2013

**Realizado:**  
MAURICIO SANZ

**Nota:**  
Se considera un Monitor  
táctil OTEK 15"  
304.1 mm. x 228 mm





## **7. CONCLUSIONES GENERALES**

## **7. CONCLUSIONES GENERALES**

El diseño industrial puede mejorar la predisposición hacia los tratamientos asociados al ejercicio físico. Ésta mejora debe situarse entre los aspectos técnicos del tratamiento y las características del paciente. Existen casos como el del adulto mayor donde sus características especiales son claves para el desarrollo adecuado de un diseño. La observación de los gestos al interactuar con los equipamientos fue clave para el desarrollo formal de la propuesta.

Para abordar de manera específica el tratamiento de la artrosis el mecanismo para el ejercicio debió compatibilizar los diferentes requerimientos técnicos, asociados a los tratamientos específicos que son utilizados para paliar la enfermedad. Esta compatibilización fue lograda por la aplicación de recursos tecnológicos que permitieron sentar las bases para el desarrollo del sistema de regulación, que marca la diferencia con los productos existentes para esta área.

Dentro de las entrevistas y visitas a diferentes centros médicos, los profesionales del área de la salud hacían

notar las grandes oportunidades que existen de mejorar los equipamientos actuales, y así mejorar la calidad de atención a los pacientes.

El diseño industrial puede y debe participar en proyectos relacionados al área de la salud. El caso de los equipamientos de la artrosis de rodilla muestra que los aspectos técnicos del ejercicio se plasman en los equipamientos, dejando de lado las consideraciones del usuario. El vínculo para estrechar ambas debe ser la intervención del diseño.





## **8. BIBLIOGRAFÍA**

## 8. BIBLIOGRAFÍA

### DOCUMENTOS ESCRITOS

- Julius Panero y Martin Zelnik, *“Dimensiones humanas en espacios interiores”*, México, Naucalpan, Ediciones G. Gili, S.A. de C.V.
- Instituto de Biomecánica de Valencia, Pedro M. Vera Luna, 1999, · “Biomecánica de la marcha humana normal y patológica”, Valencia, España, Editorial IBV
- Francisco Javier Llaneza Álvarez, 2009 “Ergonomía y psicología aplicada: manual para la formación del especialista”, 13ra edición, España, Lex Nova S.A. , p169
- Donald Norman, 2005, El Diseño Emocional, Barcelona España, Editorial Paidós
- Eva Heller, 2008, Psicología del Color, Barcelona, Editorial Gustavo Gili SL
- Mike Press y Rachel Cooper, 2007, El Diseño Como Experiencia, España, Editorial Gustavo Gili SL

- Joseph Pine y James H. Gilmore, 2000, La Economía de la Experiencia. Santiago Chile, Ed Granica.
- Jorge Alcaide Marzal, 2002. Diseño de Producto, Valencia España, Ed Universidad Politécnica de Valencia
- Francisco Farrer, 1994, Manual de Ergonomía, Editorial, España, Fundación Mapre

### DOCUMENTOS DIGITALES

- Sonia Patricia de Santillana, 2003, “Caídas en el adulto mayor” [en línea], México, Mediagraphic Artemisa, <<http://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2002/im026f.pdf>>, [11 .5 .2013]
- Blanca Sousa Pérez, 1998, “Estado Anímico Del Adulto Mayor Según El Lugar Donde Realiza Sus Actividades”, [en línea]. Cuba. BVS Cuba. <[http://www.bvs.sld.cu/revistas/enf/vol14\\_3\\_98/enf05398.pdf](http://www.bvs.sld.cu/revistas/enf/vol14_3_98/enf05398.pdf)> [11 .5 .2013]

• Carlos Verdugo “Parte I: Módulos De Valoración Clínica, Evaluación Funcional Del Adulto Mayor”, [en línea], ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD Matanzas, Cuba <<http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/gericuba/modulo1.pdf>>, [11 .5 .2013]

• Pedro Paulo Marín L. “Fragilidad en el Adulto Mayor y Valoración Geriátrica Integral” [en línea]. PUC. Chile <<http://www.sochire.cl/bases/r-149-1-1343618718.pdf>> [11. 5. 2013]

• Isabel Moreno Jimeno, Francisco García Martín ; Asociación de Espondilitis de Madrid. 2001. “Recomendaciones de la EULAR- Liga Europea contra el Reumatismo-Fase avanzada, INFORMACIÓN PARA EL PACIENTE”.<[http://clinicafuentes.es/resources/pdf\\_rod3.pdf](http://clinicafuentes.es/resources/pdf_rod3.pdf)> 11/11/12>

• Ministerio de Salud, Subsecretaría de Salud Pública “Guía Clínica 2009 Tratamiento Médico en Personas de 55 años y más con Artrosis de Cadera y/o Rodilla, Leve o Moderada”,

<<http://www.minsal.gob.cl/portal/url/item/a01c4b10a7c5219ae04001011f017145.pdf>> 11/11/12>

• A.I. Kapandji, 2006. Fisiología articular,6ta Edición, Editorial Médica Panamericana <<http://www.kineed.com/2013/01/fisiologia-articular-kapandji-todos-los.html>>11/11/12

Diseño Afectivo e Ingeniería Kansei Guía Metodológica, 2011, Prodintec. EDICIÓN Fundación PRODINTEC, <[http://www.prodintec.es/catalogo/ficheros/aplicaciones/fichero\\_9\\_2725.pdf](http://www.prodintec.es/catalogo/ficheros/aplicaciones/fichero_9_2725.pdf)> 12.5.13