

# ANEXOS

Diseño de un producto enfocado  
al mantenimiento fisiológico en  
ambientes de microgravedad,

en colaboración con la empresa Aureel

MARTA BASELGA LAHOZ  
605849



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
Universidad Zaragoza

# ÍNDICE GENERAL

## FASE 0 y 1

ANEXO I. INTRODUCCIÓN	4
ANEXO II. Fundamentos de la Microgravedad y análisis de la ISS, estudio del entorno.	37
ANEXO III. Perfil de Usuario basado en el estudio de los astronautas de la ESA.	73
ANEXO IV. Introducción a la Anatomía Humana y Bases Fisiológicas.	96
ANEXO V. Principios de la Medicina Espacial: Efectos fisiológicos en microgravedad.	116
ANEXO VI. Ciencias del Deporte: Análisis de Máquinas Deportivas y Ejercicios.	133

## FASE 2

ANEXO VII. Conceptualización	153
------------------------------	-----

## FASE 3

ANEXO VIII. Desarrollo del concepto	179
-------------------------------------	-----

## FASE 4

ANEXO IX. VIRGO I	301
ANEXO X. OFICINA TÉCNICA	313

# Fase 0

Introducción al proyecto

# Anexo I

## Introducción

# ÍNDICE

## ANEXO I

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
TÍTULO	6
OBJETIVO	6
JUSTIFICACIÓN	6
BRIEFING	6
EMPRESA: AUREEL	7
METODOLOGÍA DE DISEÑO	8
PLANIFICACIÓN POR MESES	10
PLANIFICACIÓN POR DÍAS	18
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
REFERENCIAS: FIGURAS	32
REFERENCIAS: GRÁFICAS Y TABLAS	33
EXPLORACIÓN DEL PROBLEMA	34
ANÁLISIS DEL PROBLEMA	35
HITOS DE LA HISTORIA ESPACIAL	36

# DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

## TÍTULO

Diseño de un dispositivo de entrenamiento en condiciones de microgravedad en colaboración con la empresa Aureel.

## OBJETIVO

Diseñar un producto que mantenga o recupere la fisiología previa de los astronautas en condiciones de microgravedad. Centrándose en el sistema muscular, óseo y cardiovascular.

## JUSTIFICACIÓN

La atrofia muscular y la descalcificación ósea son dos de los inconvenientes fundamentales para la realización de vuelos espaciales de larga duración, y en la actualidad (Feb/2017), el entrenamiento deportivo aeroespacial y las máquinas de ejercicio espaciales no son lo suficientemente efectivos para reducir estos riesgos.

El diseño de un sistema que mejore estos dos aspectos puede ser fundamental de aquí en adelante en lo relativo a la carrera espacial, permitiendo estancias de mayor duración en el espacio.

La recuperación de los astronautas tras el regreso a la Tierra se reduce significativamente.

## BRIEFING

Durante la primera reunión con el representante de la empresa Aureel se estableció la realización de un proyecto enfocado al diseño de un nuevo concepto de máquina de ejercicio aplicada a entornos de microgravedad pero, tras una investigación sobre los efectos producidos por la ausencia de la gravedad sobre la fisiología humana, el proyecto se amplió considerando que todos los problemas vienen dados por tal fenómeno. De manera que, se propuso el desarrollo de un concepto enfocado a la realización de un campo gravitatorio, que supliera las carencias del funcionamiento metabólico humano durante los viajes espaciales.

Debido a la complejidad de esta última propuesta, aunque sea una posibilidad que está presente, se valorarán otro tipo de conceptos más viables relativos a cubrir necesidades existentes de la maquinaria deportiva instalada en la estación.

Por lo que el objetivo del proyecto abarca todos los conceptos en relación a lo apuntado anteriormente.

Tras una fase de investigación que abarque todos los aspectos necesarios para la realización de estas tipologías de concepto, se procederá a la fase de desarrollo, en la cual se realizarán los cálculos pertinentes que justifiquen la viabilidad teórica del producto elegido, la documentación referente a la oficina técnica para la fabricación del mismo y, así mismo, estudios referentes a la parte más pura de diseño enfocadas a que el producto sea lo más adecuado posible ante el complejo entorno al que se enfrenta.

Habrà que tener en cuenta durante la realización del proyecto, puesto que el tipo de usuario al que se destina es muy concreto y el entorno tiene muchas restricciones, que los conceptos deberán estar únicamente enfocados a la resolución de problemas y viabilidad de funcionamiento para tal aplicación.

# EMPRESA: AUREEL



Aureel es una empresa fundada en 2015 que se dedica al desarrollo y venta de productos innovadores de electrónica deportiva con sede en Barcelona, España.

En Aureel se busca la optimización deportiva a través de las nuevas tecnologías para que el ejercicio sea el adecuado al nivel del usuario y su salud.



Aureel ha entrado a formar parte del programa de la Agencia Espacial Europea en su versión de empresas, los llamados ESA BIC (Business Incubation Centre) en la localidad de Castelfells (Barcelona) en el edificio con el que cuentan en la UPC (Universidad Politécnica de Catalunya). Este logro es muy importante ya que cuenta con una inversión por parte de la ESA de 50.000€ para desarrollo.



**Daniel Montañés,**  
CEO



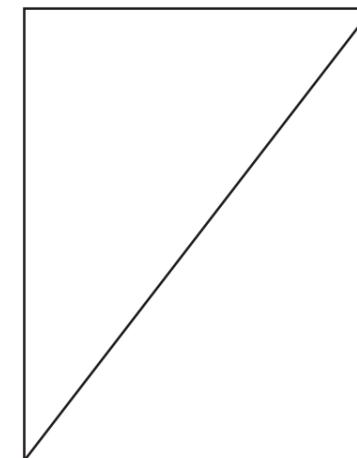
**Pilar García,**  
Gestión del diseño



**Julián Lizán,**  
Gestión del producto



**César Mora,**  
Ingeniero de tecnología  
y desarrollo



**Equipo electrónico,**  
Ingeniería electrónica

# METODOLOGÍA DE DISEÑO

A priori, la temática del Proyecto tiene una amplia complejidad técnica y física, tanto por ser un ambiente que no se rige por las leyes físicas terrestres, como por dirigirse a un usuario tan concreto y a causa por las numerosas restricciones de diseño relativas a la aplicación del producto en la Estación Espacial. Por todo esto, la fase de investigación será la más amplia y albergará todos los aspectos de la descomposición del problema.

El proyecto comenzará con la redacción de un briefing que esclarezca cuáles son el alcance y objetivo principales para acotar el trabajo. Seguidamente, se realizará un análisis del problema que permita conocer cuáles son los temas a tratar durante la investigación para poder estructurarla de una manera coherente. La búsqueda de información para la investigación girará en torno a los siguientes temas:

## 1. Estudio del entorno: Fundamentos de la microgravedad y análisis de la ISS

Para conocer el entorno al que se enfrenta el proyecto, las bases físicas que rigen este ambiente y la estructura de la estación espacial. Así mismo, se estudiará al usuario concreto al que se dirige: la Agencia Espacial Europea.

*Se realizará una entrevista a un experto en Física y Astrofísica.*

## 2. Perfil de usuario basado en los astronautas de la ESA

En un segundo término, hay que analizar el usuario

al que se destina el uso del producto. Conocer tanto sus características físicas como psicológicas para determinar aspectos del producto cognitivos y ergonómicos durante el desarrollo del producto. Se analizarán sólo los astronautas de la ESA para acotar la investigación, debido a que son la población europea y que comparten muchos de los aspectos psicológicos y ergonómicos con los del resto de la población.

## 3. Introducción a la Anatomía Humana y Bases Fisiológicas

Para realizar la fase de conceptualización es imprescindible conocer cómo funciona el cuerpo humano, los sistemas que más alteraciones sufren en este ambiente de microgravedad y analizar en detalle cómo y por qué ocurren. Así mismo, es necesario conocer los músculos y huesos componentes del cuerpo humano para analizar puntos flojos de la maquinaria de ejercicio instalada en la estación.

*Se realizará una entrevista a un Traumatólogo.*

## 4. Principios de la Medicina Espacial: Efectos fisiológicos en microgravedad

Este es uno de los apartados más importantes. Tratará de cuantificar y analizar cada una de las afecciones producidas por la ausencia de gravedad para priorizarlas frente a otras y realizar conceptos lógicos y prácticos.

*Se realizará una entrevista a un Médico experto en Psiquiatría.*

## 5. Ciencias del deporte: Análisis de las máquinas deportivas y ejercicios

Es necesario conocer qué maquinaria utilizan y cómo la usan para poder analizar cuáles son sus puntos positivos y negativos, y así poder suplir las carencias existentes. Sobre todo se analizarán los músculos y huesos ejercitados en cada una de las máquinas y se relacionarán con los estudiados anteriormente en los efectos fisiológicos en microgravedad.

*Se realizará una entrevista a un Experto en Instrucción y Entrenamiento Militar.*

Tras cada uno de dichos análisis y entrevistas, se realizará una extracción de conclusiones con los puntos más importantes referentes a cada ámbito. Con las conclusiones, se establecerán unas EDP's que servirán como base para la conceptualización.

La conceptualización será realizada mediante Brainstormings, durante diferentes días para refrescar la mente y poder abrir el campo de ideación y no estancarse en la misma idea.

Con el método rádar se elegirá uno de los conceptos basándose en los criterios establecidos en las EDP's.

Una vez elegido el concepto, se realizará una definición técnica y formal y se realizarán los estudios y análisis adecuados para poder resolver el diseño hasta el máximo posible. Se realizará también el Proyecto de Oficina técnica para su fabricación.

Así mismo, el trabajo finalizará con un documento de presentación del producto final obtenido.

# METODOLOGÍA DE DISEÑO

## 1

### Redacción del briefing

---

Lo primero es la redacción del briefing para establecer un objetivo y un alcance del proyecto.

## 2

### Análisis del problema

---

Definir el problema y descomponerlo para analizar cada aspecto y estructurar la investigación.

## 3

### Estructurar la investigación

---

Una vez definido el problema se estructurará la investigación definiendo cada una de las fases a realizar para abarcar todos los aspectos del problema.

## 4

### Búsqueda de información

---

Esta fase será la más larga, puesto que el tema del Proyecto es muy amplio y complejo, y para obtener buenos resultados es necesario analizarlo en profundidad.

## 5

### Extracción de conclusiones

---

Tras la investigación, la extracción de conclusiones es fundamental. Pueden ir añadiéndose las conclusiones a la vez que la investigación.

## 6

### EDP's

---

Las EDP's son muy importantes en este proyecto, ya que el entorno de aplicación tiene una gran cantidad de restricciones y normativa.

## 7

### Campos de ideación

---

Definir los campos acerca de los cuáles se realizará el brainstorming, para separar y clasificar las ideas por temáticas.

## 9

### Brainstorming

---

El brainstorming se realizará días separados, ya que sólo lo realiza una persona. De esta manera se tendrá la mente fresca y los ojos limpios para generar nuevas ideas.

## 10

### Elección del concepto

---

Se realizará la elección del concepto en torno al cumplimiento de las EDP's establecidas, buscando un concepto viable.

## 11

### Estudio de viabilidad

---

Búsqueda de bases físicas y técnicas para analizar la viabilidad del concepto.

## 12

### Desarrollo

---

Se realizará un desarrollo técnico, funcional y formal para describir el producto con el máximo detalle posible.

## 13

### Presentación

---

Una vez desarrollado, se realizará una "Fase 4" de presentación del producto.

# PLANIFICACIÓN

POR MESES

**2017**

	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
<b>FASE 1</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>			
ANEXO I	X						
ANEXO II	X	X					
ANEXO III		X	X				
ANEXO IV			X	X			
ANEXO V				X			
CONCLUSIONES				X			
<b>FASE 2</b>				<b>X</b>	<b>X</b>		
BRAINSTORMING				X	X		
CONCEPTO 1					X		
CONCEPTO 2					X		
CONCEPTO 3					X		
ELECCIÓN					X		
<b>FASE 3</b>					<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
DESCRIPCIÓN					X	X	
CÁLCULOS						X	
DES. TÉCNICO						X	X
DES. FORMAL							X
MODELO 3D							X
OFICINA TÉCNICA							X

# PLANIFICACIÓN

POR DÍAS

**FEBRERO**

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
		<b>1</b> COMIENZO	<b>2</b> Análisis de propuestas para el TFG	<b>3</b> Estudio previo de propuestas	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>6</b> Elección de la temática	<b>7</b> FASE 1	<b>8</b> Búsqueda de una metodología	<b>9</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>10</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>11</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>12</b> Investigación <i>Anexo II</i>
<b>13</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>14</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>15</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>16</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>17</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>18</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>19</b> Investigación <i>Anexo II</i>
<b>20</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>21</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>22</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>23</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>24</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>25</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>26</b> Investigación <i>Anexo II</i>
<b>27</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>28</b> Investigación <i>Anexo II</i>					

# PLANIFICACIÓN

POR DÍAS

**MARZO**

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
		<b>1</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>2</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>3</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>4</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>5</b> Investigación <i>Anexo II</i>
<b>6</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>7</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>8</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>9</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>10</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>11</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>12</b> Investigación <i>Anexo II</i>
<b>13</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>14</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>15</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>16</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>17</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>18</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>19</b> REUNIÓN CON AUREEL
<b>20</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>21</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>22</b> Investigación <i>Anexo II</i>	<b>23</b> Investigación <i>Anexo III</i>	<b>24</b> Investigación <i>Anexo III</i>	<b>25</b> Investigación <i>Anexo III</i>	<b>26</b> Investigación <i>Anexo III</i>
<b>27</b> Investigación <i>Anexo III</i>	<b>28</b> Investigación <i>Anexo III</i>	<b>29</b> Investigación <i>Anexo III</i>	<b>30</b> Investigación <i>Anexo III</i>	<b>31</b> Investigación <i>Anexo III</i>		

# PLANIFICACIÓN

POR DÍAS

## ABRIL

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
					<b>1</b> Investigación <i>Anexo III</i>	<b>2</b> Investigación <i>Anexo III</i>
<b>3</b> Investigación <i>Anexo III</i>	<b>4</b> Investigación <i>Anexo III</i>	<b>5</b> Investigación <i>Anexo III</i>	<b>6</b> Investigación <i>Anexo III</i>	<b>7</b> Investigación <i>Anexo III</i>	<b>8</b> Investigación <i>Anexo III</i>	<b>9</b> Investigación <i>Anexo III</i>
<b>10</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>11</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>12</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>13</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>14</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>15</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>16</b> Investigación <i>Anexo IV</i>
<b>17</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>18</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>19</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>20</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>21</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>22</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>23</b> Investigación <i>Anexo IV</i>
<b>24</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>25</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>26</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>27</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>28</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>29</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>30</b> Investigación <i>Anexo IV</i>

# PLANIFICACIÓN

## POR DÍAS

# MAYO

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
<b>1</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>2</b> Investigación <i>Anexo IV</i>	<b>3</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>4</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>5</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>6</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>7</b> Investigación <i>Anexo V</i>
<b>8</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>9</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>10</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>11</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>12</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>13</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>14</b> Investigación <i>Anexo V</i>
<b>15</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>16</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>17</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>18</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>19</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>20</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>21</b> REUNIÓN CON AUREEL
<b>22</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>23</b> Investigación <i>Anexo V</i>	<b>24</b> Realización de <b>conclusiones</b>	<b>25</b> Realización de <b>conclusiones</b>	<b>26</b> Realización de <b>conclusiones</b>	<b>27</b> <b>FASE 2</b>	<b>28</b> Elección de metodología
<b>29</b> Redacción de <b>EDP's</b>	<b>30</b> Redacción de <b>EDP's</b>	<b>31</b> <b>Brainstorming</b>				

# PLANIFICACIÓN

POR DÍAS

**JUNIO**

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
			1 Brainstorming	2 Brainstorming	3 Brainstorming	4 Brainstorming
5 Brainstorming	6 Brainstorming	7 Brainstorming	8 Brainstorming	9 Elección de conceptos	10 Redacción Concepto 1	11 Ilustraciones Concepto 1
12 REUNIÓN CON AUREEL	13 Redacción Concepto 2	14 Ilustraciones Concepto 2	15 Redacción Concepto 3	16 Ilustraciones Concepto 3	17 Modelos 3D Conceptos	18 Elección Método RADAR
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28 FASE 3	29 Análisis de Viabilidad	30 Análisis de Viabilidad		

# PLANIFICACIÓN

POR DÍAS

## JULIO

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
					<b>1</b> Análisis de <b>Viabilidad</b>	<b>2</b> Análisis de <b>Viabilidad</b>
<b>3</b> Redacción <b>descripción</b>	<b>4</b> Cálculos previos de <b>viabilidad</b>	<b>5</b> Redacción <b>descripción</b>	<b>6</b> Redacción <b>descripción</b>	<b>7</b> Definición del problema	<b>8</b> Recopilación de <b>información</b>	<b>9</b> Recopilación de <b>información</b>
<b>10</b> Recopilación de <b>información</b>	<b>11</b> Recopilación de <b>información</b>	<b>12</b> Recopilación de <b>información</b>	<b>13</b> Recopilación de <b>información</b>	<b>14</b> Recopilación de <b>información</b>	<b>15</b> Recopilación de <b>información</b>	<b>16</b> Recopilación de <b>información</b>
<b>17</b> Recopilación de <b>información</b>	<b>18</b> Propuestas de diseño	<b>19</b> Propuestas de diseño	<b>20</b> Desarrollo <b>técnico</b>	<b>21</b> Desarrollo <b>técnico</b>	<b>22</b> Desarrollo <b>técnico</b>	<b>23</b> Desarrollo <b>técnico</b>
<b>24</b> Desarrollo <b>técnico</b>	<b>25</b> Desarrollo <b>técnico</b>	<b>26</b> Desarrollo <b>técnico</b>	<b>27</b> Desarrollo <b>técnico</b>	<b>28</b> Desarrollo <b>técnico</b>	<b>29</b> Elección de <b>componentes</b>	<b>30</b> Elección de <b>componentes</b>
<b>31</b> Diseño de <b>componentes</b>						

# PLANIFICACIÓN

POR DÍAS

## AGOSTO

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	<b>1</b> Diseño de componentes	<b>2</b> Diseño de componentes	<b>3</b> Desarrollo formal	<b>4</b> Desarrollo formal	<b>5</b> Modelo 3D	<b>6</b> Modelo 3D
<b>7</b> Modelo 3D	<b>8</b> Oficina técnica	<b>9</b> Oficina técnica	<b>10</b> Oficina técnica	<b>11</b> Oficina técnica	<b>12</b> Oficina técnica	<b>13</b> Planos
<b>14</b> Planos	<b>15</b> 	<b>16</b> Manual de instrucciones	<b>17</b> Manual de instrucciones	<b>18</b> Imagen gráfica Maqueta	<b>19</b> Imagen gráfica Maqueta	<b>20</b> Imagen gráfica Maqueta
<b>21</b> Oficina técnica	<b>22</b> Realización de bibliografía	<b>23</b> Revisión del Dossier	<b>24</b> Memoria Maqueta	<b>25</b> Memoria Maqueta	<b>26</b> Memoria Maqueta	<b>27</b> Revisión Maqueta
<b>28</b> ENTREGA						

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**[1] BBC Mundo** (2009). *Cronología de la exploración espacial*. [Artículo].

Fecha de consulta: 28/02/2017

Recuperado de: [www.bbc.com/mundo/ciencia\\_tecnologia/2009/07/090714\\_luna\\_timeline\\_mes.shtml](http://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2009/07/090714_luna_timeline_mes.shtml)

**[2] ESA** (2017). *La Agencia Espacial Europea, Espacio Unido en Europa* [Presentación].

Fecha de consulta: 28/02/2017

Recuperado de: [http://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/ESA\\_Corporate\\_Presentation\\_ES.pdf](http://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/ESA_Corporate_Presentation_ES.pdf)

**[3] ESA** (2016). *Datos de la ESA* [BlogPost].

Fecha de consulta: 28/02/2017

Recuperado de: [http://m.esa.int/esl/ESA\\_in\\_your\\_country/Spain/Datos\\_de\\_la\\_ESA](http://m.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/Datos_de_la_ESA)

**[4] National Geographic** (2010). *Estación Espacial Internacional* [BlogPost].

Fecha de consulta: 28/02/2017

Recuperado de: <http://www.nationalgeographic.es/espacio/estacion-espacial-internacional>

**[5] NASA** [n.d.]. *International Space Station* [BlogPost].

Fecha de consulta: 29/02/2017

Recuperado de: [www.nasa.gov/mission\\_pages/station/overview/index.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/station/overview/index.html)

**[6] n.a.** (2007). *Historia de la ISS* [BlogPost].

Fecha de consulta: 29/02/2017

Recuperado de: <http://www.estacionespacial.com/historia.php>

**[7] NASA** (2011). *Vehicle Fleet & Modules* [Blogpost].

Fecha de consulta: 29/02/2017

Recuperado de: [www.nasa.gov/mission\\_pages/station/structure/isstodate.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/station/structure/isstodate.html)

**[8] ESA** [n.d.]. *Soyuz Module* [Blogpost].

Fecha de consulta: 29/02/2017

Recuperado de: [www.nasa.gov/mission\\_pages/station/structure/isstodate.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/station/structure/isstodate.html)

**[9] NASA** [n.d.]. *Russian Progress Spacecraft* [Blogpost].

Fecha de consulta: 31/03/2017

Recuperado de: [www.nasa.gov/mission\\_pages/station/structure/isstodate.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/station/structure/isstodate.html)

**[10] NASA** (1999). *Unity Connecting Module: Cornerstone for a home in orbit* [Artículo].

Fecha de consulta: 31/03/2017

Recuperado de: [www.spaceflight.nasa.gov/spaceneeds/factsheets/pdfs/unity.pdf](http://www.spaceflight.nasa.gov/spaceneeds/factsheets/pdfs/unity.pdf)

**[11] NASA** [n.d.]. *Zarya* [Blogpost].

Fecha de consulta: 31/03/2017

Recuperado de: [www.spaceflight.nasa.gov/spaceneeds/factsheets/pdfs/unity.pdf](http://www.spaceflight.nasa.gov/spaceneeds/factsheets/pdfs/unity.pdf)

**[12] NASA** (2010). *Destiny Laboratory* [Blogpost].

Fecha de consulta: 31/03/2017

Recuperado de: [www.nasa.gov/mission\\_pages/station/structure/elements/destiny.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/station/structure/elements/destiny.html)

**[13] n.a.** (2015). *Cámara de descompresión Pirs* [Blogpost].

Fecha de consulta: 15/03/2017

Recuperado de: [www.andresbbr.wordpress.com/2015/06/04/camara-de-descompresion-pirs/](http://www.andresbbr.wordpress.com/2015/06/04/camara-de-descompresion-pirs/)

**[14] NASA** (2015). *MRM2 Module* [Article].

Fecha de consulta: 31/03/2017

Recuperado de: [www.nasa.gov/externalflash/ISSRG/pdfs/MRM2.pdf](http://www.nasa.gov/externalflash/ISSRG/pdfs/MRM2.pdf)

**[15] NASA** [n.d.]. *Zvezda* [Blogpost].

Fecha de consulta: 31/03/2017

Recuperado de: [www.nasa.gov/mission\\_pages/station/structure/elements/sm.html#.WNQZxKLavIU](http://www.nasa.gov/mission_pages/station/structure/elements/sm.html#.WNQZxKLavIU)

**[16] Dean, Brandi (NASA)** [n.d.]. *Space Shuttle. STS-120 to Deliver Harmony Node to ISS* [Blogpost], Johnson Space Center.

Fecha de consulta: 31/03/2017

Recuperado de: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/](https://www.nasa.gov/mission_pages/)

**[17] ESA** [n.d.]. *Columbus Laboratory* [Blogpost].

Fecha de consulta: 31/03/2017

Recuperado de: [http://m.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Columbus/Columbus\\_laboratory](http://m.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Columbus/Columbus_laboratory)

**[18] NASA** [n.d.]. *Kibo Laboratory* [Blogpost].

Fecha de consulta: 31/03/2017

Recuperado de: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/structure/elements/jem.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/structure/elements/jem.html)

**[19] NASA** [n.d.]. *Tranquility Node* [Blogpost].

Fecha de consulta: 31/03/2017

Recuperado de: [www.nasa.gov/mission\\_pages/station/structure/elements/tranquility.html#.WaBHL9FLfIU](http://www.nasa.gov/mission_pages/station/structure/elements/tranquility.html#.WaBHL9FLfIU)

**[20] Zhang, Michael** (2013). *Photographing Earth from the Cupola on the International Space Station* [Blogpost].

PetaPixel.

Fecha de consulta: 31/03/2017

Recuperado de: [http://m.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Columbus/Columbus\\_laboratory](http://m.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Columbus/Columbus_laboratory)

**[21] Wikipedia** [n.d.]. *Estación Espacial Internacional. Módulos no presurizados*. [Blogpost]

Fecha de consulta: 31/03/2017

Recuperado de: <http://www.elmundo.es/elmundo/2006/09/14/ciencia/1158256559.html>

**[22] EFE** (2006). *La ISS despliega completamente los nuevos paneles solares transportados por el 'Atlantis'* [Artículo] El Mundo, Ciencia.

Fecha de consulta: 31/03/2017

Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n\\_Espacial\\_Internacional](https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_Espacial_Internacional)

Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n\\_Espacial\\_Internacional](https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_Espacial_Internacional)

**[23] Antequera, José** (2014). *Pedro Duque: "No conozco a ningún astronauta que haya visto un OVNI"*. [Entrevista], Revista Gurb.

Fecha de consulta: 04/04/2017

Recuperado de: <http://www.gurbrevista.com/entrevista-a-pedro-duque/>

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [24] National Geographic [2015]. *Astronautas: Vivir en el espacio*. [Documental] Youtube.  
Fecha de consulta: 04/04/2017  
Recuperado de: [www.youtube.com/watch?v=nluqnF4NujA](http://www.youtube.com/watch?v=nluqnF4NujA)
- [25] Documentalia Ciencia [2016]. *Un año en el espacio*. [Documental] Youtube.  
Fecha de consulta: 04/04/2017  
Recuperado de: [www.youtube.com/watch?v=sOAdD6H6dc&t=362s](http://www.youtube.com/watch?v=sOAdD6H6dc&t=362s)
- [26] BBC Mundo [2016]. *¿Cómo cambió el cuerpo del astronauta Scott Kelly tras un año en el espacio?*. [Artículo]  
Fecha de consulta: 04/04/2017  
Recuperado de: [www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160307\\_ciencia\\_espacio\\_cambio\\_cuerpo\\_scott\\_kelly\\_gtg](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160307_ciencia_espacio_cambio_cuerpo_scott_kelly_gtg)
- [27] BBC Mundo [2016]. *¿Cómo cambió el cuerpo del astronauta Scott Kelly tras un año en el espacio?*. [Artículo]  
Fecha de consulta: 04/04/2017  
Recuperado de: [www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160307\\_ciencia\\_espacio\\_cambio\\_cuerpo\\_scott\\_kelly\\_gtg](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160307_ciencia_espacio_cambio_cuerpo_scott_kelly_gtg)
- [28] BBC Mundo [2013]. *El experimento de la NASA con dos gemelos idénticos*. [Artículo]  
Fecha de consulta: 10/04/2017  
Recuperado de: [www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160307\\_ciencia\\_espacio\\_cambio\\_cuerpo\\_scott\\_kelly\\_gtg](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160307_ciencia_espacio_cambio_cuerpo_scott_kelly_gtg)
- [29] Gómez Moreno, Miguel Ángel [2017]. *Pedro Duque nos guía por la Estación Espacial Internacional (ISS)*. [Documental]  
Fecha de consulta: 10/04/2017  
Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_7fZv8JoxWY](https://www.youtube.com/watch?v=_7fZv8JoxWY)
- [30] Halterman, Thomas [2016]. *Tour por la Estación Espacial Internacional (ISS) Parte 1 de 2*. [Documental]  
Fecha de consulta: 10/04/2017  
Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=u0AjiUWJkg&t=5s>
- [31] Cooper, Keiask [2017]. *Un recorrido detrás de la Estación Espacial Internacional*. [Documental] Youtube.  
Fecha de consulta: 10/04/2017  
Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=8nF4bY-Xi9M>
- [32] Álvarez, Raul [2015]. *La vida de un astronauta no es sencilla, así se duchan y usan el inodoro en el espacio*. [Artículo]  
Fecha de consulta: 11/04/2017  
Recuperado de: [www.xataka.com/espacio/la-vida-de-un-astronauta-no-es-sencilla-asi-se-duchan-y-usan-el-inodoro-en-el-espacio](http://www.xataka.com/espacio/la-vida-de-un-astronauta-no-es-sencilla-asi-se-duchan-y-usan-el-inodoro-en-el-espacio)
- [33] La Nueva España [2015]. *Así es la vida en la Estación Espacial Internacional*. [Artículo]  
Fecha de consulta: 11/04/2017  
Recuperado de: [www.lne.es/sociedad-cultura/2015/11/03/vida-estacion-internacional-espacial/1836083.html](http://www.lne.es/sociedad-cultura/2015/11/03/vida-estacion-internacional-espacial/1836083.html)
- [34] National Institutes of Health [2013]. *Los beneficios de dormir: Por qué hay que descansar bien durante la noche*. [Artículo]  
Fecha de consulta: 11/04/2017  
Recuperado de: [www.salud.nih.gov/articulo/los-beneficios-de-dormir/](http://www.salud.nih.gov/articulo/los-beneficios-de-dormir/)
- [35] Riveiro, Alejandro [2016]. *Los efectos de vivir en el espacio*. [Artículo]  
Fecha de consulta: 11/04/2017  
Recuperado de: <http://www.compartelibros.com/autor/alejandro-riveiro/1>
- [36] NASA Johnson [2012]. *Astronaut Completes Triathlon in Space*. [Video]  
Fecha de consulta: 11/04/2017  
Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=PP2-NCe9EmQ>
- [37] NASA Johnson [2012]. *Astronaut Completes Triathlon in Space*. [Video]  
Fecha de consulta: 15/04/2017  
Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=PP2-NCe9EmQ>
- [38] CoconutScienceLab [2015]. *Using the Space Gym with Samantha Cristoforetti | ISS Video*. [Video]  
Fecha de consulta: 20/04/2017  
Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?v=9P0AN1N\\_xyQ](https://www.youtube.com/watch?v=9P0AN1N_xyQ)
- [39] CoconutScienceLab [2013]. *Fitness and Exercise Aboard the Space Station | CSA Science Video*. [Video]  
Fecha de consulta: 20/04/2017  
Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=MQ0Px-T7wnuU>
- [40] NASA Johnson [2014]. *Space Station Live: Health Benefits of Exercise in Space, and on Earth!*. [Video]  
Fecha de consulta: 20/04/2017  
Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?v=klRF-SA\\_auPg](https://www.youtube.com/watch?v=klRF-SA_auPg)
- [41] NASA Johnson [2016]. *Space Station Live: The ISS Workout Plan*. [Video]  
Fecha de consulta: 20/04/2017  
Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?v=klRF-SA\\_auPg](https://www.youtube.com/watch?v=klRF-SA_auPg)
- [42] VideoFromSpace [2012]. *ISS Tour: Labs, Exercise Bike & Space Suits*. [Video]  
Fecha de consulta: 20/04/2017  
Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_KoMJV-qkC\\_8](https://www.youtube.com/watch?v=_KoMJV-qkC_8)
- [43] Popolo, Meredith [2014]. *How Do Astronauts Exercise in Space?*. [Blogspot]  
Fecha de consulta: 21/04/2017  
Recuperado de: <https://www.pcmag.com/article2/0,2817,2422096,00.asp>
- [44] Pereyra, Jordi [2014]. *¿Por qué “flotan” los astronautas? Conceptos erróneos sobre la ingravidez*. [Blogspot]  
Fecha de consulta: 21/04/2017  
Recuperado de: <http://cienciadesofa.com/2014/05/por-que-flotan-los-astronautas.html>

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**[45] Olmo, M. et Nave, R.** [n.d.]. Órbita circular [Blogspot]  
Fecha de consulta: 25/04/2017  
Recuperado de: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/orbv.html>

**[46] n.a.** [2010]. ¿Por qué flotan los astronautas? [Blogspot]  
Fecha de consulta: 25/04/2017  
Recuperado de: <http://los-porques.blogspot.com.es/2010/02/por-que-flotan-los-astronautas.html>

**[47] Duque, Pedro** [2006]. *Ciencia en microgravedad* [Artículo]  
Fecha de consulta: 25/04/2017

**[48] Zahumenszky, Carlos.** [2016]. *1000 metros en caída libre: qué se siente al experimentar la microgravedad* [Blogspot]  
Fecha de consulta: 26/04/2017  
Recuperado de: <http://es.gizmodo.com/1-000-metros-en-caida-libre-que-se-siente-al-experimen-1777525720>

**[49] Martínez González, Eduardo** [n.d.]. *El entrenamiento de los astronautas* [Blogspot]  
Fecha de consulta: 26/04/2017  
Recuperado de: <http://www.cosmonautica.es/18.html>

**[50] Atencia, Javier** [n.d.]. *Cómo ser astronauta* [Blogspot]: El Mundo Digital, Ciencia y tecnología  
Fecha de consulta: 26/04/2017  
Recuperado de: <http://www.mundodigital.net/como-ser-astronauta/>

**[51] ESA** [2014]. *Alexander Gerst* [Blogspot]  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Astronauts/Alexander\\_Gerst](http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/Alexander_Gerst)

**[52] CEYACHAY** [2015]. *Visión Futuro – Entrevista con Alexander Gerst* [Video]  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=J9cSqyDnnQw>

**[53] BBC Mundo** [2015]. *Samantha Cristoforetti, la astronauta italiana que le enseñó al mundo cómo se vive en el espacio* [Blogspot]  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: [www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150611\\_ciencia\\_astronauta\\_enseno\\_mundo\\_vida\\_espacio\\_lv](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150611_ciencia_astronauta_enseno_mundo_vida_espacio_lv)

**[54] De Sancha, María** [2014]. *Entrevista a Pedro Duque: “En la Agencia Espacial Europea nos cuesta trabajo defender a España”* [Entrevista] Huffington Post  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Astronauts/Alexander\\_Gerst](http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/Alexander_Gerst)

**[55] MEDIASET, Canal CUATRO** [2015]. *El primer español en viajar al espacio, Pedro Duque se sienta en el Chester a contar cómo se vive una vida única* [Entrevista]  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Astronauts/Alexander\\_Gerst](http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/Alexander_Gerst)

**[56] ESA** [n.d.]. *Pedro Duque* [Blogpost]  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: [http://www.esa.int/es/ESA\\_in\\_your\\_country/Spain/Pedro\\_Duque3](http://www.esa.int/es/ESA_in_your_country/Spain/Pedro_Duque3)

**[57] ESA** [n.d.]. *Claudie Haigneré* [Blogpost]  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Astronauts/Claudie\\_Haignere\\_formerly\\_Claudie\\_Andre-Deshays](http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/Claudie_Haignere_formerly_Claudie_Andre-Deshays)

**[58] AJDEM** [n.d.]. *Entrevista con Claudie Haigneré, primera mujer astronauta europea* [Blogpost]  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: <http://ajdem.mforos.com/1159733/5613965-entrevista-con-claudie-haignere-primera-mujer-astronauta-europea/>

**[59] ESA** [2004]. *Wie is André Kuipers?* [Blogpost]  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: [http://www.esa.int/dut/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Zeg\\_Het\\_ISS/font\\_size\\_2\\_De\\_wedstrijd\\_-\\_Wie\\_is\\_Andre\\_Kuipers\\_font](http://www.esa.int/dut/Our_Activities/Human_Spaceflight/Zeg_Het_ISS/font_size_2_De_wedstrijd_-_Wie_is_Andre_Kuipers_font)

**[60] Kuipers, André** [2015]. [Post de Twitter]  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: [https://twitter.com/astro\\_andre](https://twitter.com/astro_andre)

**[61] ESA** [n.d.]. *Matthias Maurer* [Blogpost]  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Astronauts/Matthias\\_Maurer](http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/Matthias_Maurer)

**[62] ESA** [2017]. *Astronaut Matthias Maurer: “Der Mond bietet Abenteuer”* [Blogpost]  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: <http://www1.wdr.de/wissen/matthias-maurer-100.html>

**[63] EL PAÍS** [n.d.]. *La Agencia Espacial Europea quiere construir una base permanente en la Luna* [Artículo]  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: [https://elpais.com/elpais/2016/02/29/ciencia/1456735949\\_758611.html](https://elpais.com/elpais/2016/02/29/ciencia/1456735949_758611.html)

**[64] ESA** [n.d.]. *Thomas Reiter* [Blogpost]  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Astronauts/Thomas\\_Reiter](http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/Thomas_Reiter)

**[65] Bolívar Manaut, Luna** [2007]. *Thomas Reiter, un astronauta enamorado del cielo* [Entrevista] Made for minds, Ciencia y ecología.  
Fecha de consulta: 28/04/2017  
Recuperado de: <http://www.dw.com/es/thomas-reiter-un-astronauta-enamorado-del-cielo/a-2318997>

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**[67] NASA** [n.d.]. *Preflight Interview: Hans Schlegel (ESA), Mission Specialist* [Blogpost]  
Fecha de consulta: 29/04/2017  
Recuperado de: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/shuttle/shuttlemissions/sts122/interview\\_schlegel.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/shuttle/shuttlemissions/sts122/interview_schlegel.html)

**[68] ESA** [n.d.]. *Dr Helen Sharman* [Blogpost]  
Fecha de consulta: 29/04/2017  
Recuperado de: [http://www.esa.int/About\\_Us/Welcome\\_to\\_ESA/ESA\\_history/50\\_years\\_of\\_humans\\_in\\_space/Dr\\_Helen\\_Sharman](http://www.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/ESA_history/50_years_of_humans_in_space/Dr_Helen_Sharman)

**[69] Green, Andrew R.** [2013]. *Being a cosmonaut was 'Just a job' for history – making Helen Sharman* [Entrevista] Rocket Stem  
Fecha de consulta: 29/04/2017  
Recuperado de: <https://www.rocketstem.org/2013/10/03/cosmonaut-just-job-history-making-briton-helen-sharman/>

**[70] ESA** [2017]. *Timothy Peake* [Blogpost]  
Fecha de consulta: 29/04/2017  
Recuperado de: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Astronauts/Timothy\\_Peake](http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/Timothy_Peake)

**[71] ESA** [2016]. *First Interview with Timothy Peake back to Earth* [Video]  
Fecha de consulta: 29/04/2017  
Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?v=Hgs16v\\_R38I](https://www.youtube.com/watch?v=Hgs16v_R38I)

**[72] Muy Interesante** [n.d.]. *¿Por qué hay más hombres que mujeres astronautas?* [Artículo]  
Fecha de consulta: 29/04/2017  
Recuperado de: <https://www.muyinteresante.es/curiosidades/preguntas-respuestas/por-que-hay-mas-hombres-que-mujeres-astronautas-391392976432>

**[73] Carrillo, R., Díaz, J.A., et Padrón, L.** [2016]. *Medicina Espacial*. Academia Nacional de Medicina de México. México DF, Intersistemas S.A. de C.V. Capítulo 6. Perfil del hombre cósmico [pág. 99-100]

**[74] Tusintoma** [2015]. *Músculos del cuerpo* [Blogpost]  
Fecha de consulta: 01/05/2017  
Recuperado de: <https://tusintoma.com/musculos-del-cuerpo/>

**[75] Muscolino, Joseph E.** [2013]. *Atlas de músculos, huesos y referencias óseas. Fijaciones, Acciones y Palpitaciones*. University of New York, New York. Editorial Paidotribo. Capítulo 3. Cómo funcionan los músculos [pág. 87-89]

**[76] Muy Interesante** [2014]. *Músculos del cuerpo* [Blogpost]  
Fecha de consulta: 01/05/2017  
Recuperado de: <http://www.muyinteresante.com.mx/preguntas-y-respuestas/14/04/30/funcionamiento-musculos-corazon-cuerpo-humano/>

**[77] n.a.** [2010]. *Cómo funciona nuestro sistema muscular* [Blogpost]  
Fecha de consulta: 03/05/2017  
Recuperado de: [https://docs.google.com/document/d/1Tfx9IsfJ6Liy70TUQJ1DD2EXdG\\_2m1BlhVMiS7WhmqU/edit](https://docs.google.com/document/d/1Tfx9IsfJ6Liy70TUQJ1DD2EXdG_2m1BlhVMiS7WhmqU/edit)

**[78] La Lupa** [n.d.]. *Aparato locomotor. Musculatura*. [Blogpost]  
Fecha de consulta: 03/05/2017  
Recuperado de: <http://lalupa3.webcindario.com/biologia/sistema%20muscular.htm>

**[79] E. Esteban** [2007]. *Las miofibrillas*. [Monografía]  
Fecha de consulta: 03/05/2017  
Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos14/miofibrillas/miofibrillas.shtml>

**[80] García López, Rubén** [2015]. *Conocimientos básicos de anatomía (2/2): Músculos*. [Blogpost]  
Fecha de consulta: 03/05/2017  
Recuperado de: <https://entrenadorpersonalcuencia.wordpress.com/2015/03/17/conocimientos-basicos-de-anatomia-22-musculos/>

**[81] Efisalud** [2013]. *Estructura microscópica de las fibras musculares*. [Blogpost]  
Fecha de consulta: 03/05/2017  
Recuperado de: <https://efisaludarucas.wordpress.com/tag/fibra-muscular/>

**[82] Hubbard** [2010]. *Why deadlift?*. [Blogpost]  
Fecha de consulta: 04/05/2017  
Recuperado de: <http://hubbardtrainingsystems.blogspot.com.es/2010/08/why-deadlift.html>

**[83] Indu Khurana** [2011]. *Medical Physiology for Undergraduate Students*. Capítulo 10, Page 841.  
Fecha de consulta: 04/05/2017  
Recuperado de: <https://www.linkedin.com/pulse/gravity-antigravity-muscles-carsten-scheibye-mass4d->

**[84] Richardson, Michael L.** [n.d.]. *Músculo: Tríceps Sural - Soleo*. [Blogpost]  
Fecha de consulta: 04/05/2017  
Recuperado de: <https://www.ugr.es/~dlcruz/musculos/musculos/soleo.htm>

**[85] Premium Madrid** [n.d.]. *Músculo sóleo: Anatomía patológica*. [Blogpost]  
Fecha de consulta: 04/05/2017  
Recuperado de: <https://rehabilitacionpremiummadrid.com/blog/premium-madrid/musculo-soleo-anatomia-patologica/>

**[86] Meyers, Ron A. et Hermanson, John W.** [2006]. *Horse Soleus Muscle: Postural Sensor or Vestigial Structure?* [Artículo] New York.  
Fecha de consulta: 06/05/2017  
Recuperado de: <http://faculty.weber.edu/rmeyers/Meyers%20&%20Hermanson.pdf>

**[87] Jarmey, Chris** [2008]. *Atlas conciso de los músculos*. Editorial Paidotribo. México DF. Capítulo 7. Músculos de la pierna y el pie [pág. 142-158]

**[88] Wikipedia** [2017]. *Músculo sóleo* [Blogpost].  
Fecha de consulta: 06/05/2017  
Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%BAsculo\\_s%C3%B3leo](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%BAsculo_s%C3%B3leo)

**[89] Wikipedia** [2017]. *Pierna* [Blogpost].  
Fecha de consulta: 06/05/2017  
Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Pierna#M.C3.BAsculos\\_de\\_la\\_pierna](https://es.wikipedia.org/wiki/Pierna#M.C3.BAsculos_de_la_pierna)

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**[90] Jarmey, Chris** [2008]. *Atlas conciso de los músculos*. Editorial Paidotribo. México DF. Capítulo 6. Músculos de la cadera y el muslo [pág. 116-140]

**[91] Rodríguez, Gema** [2014]. *Estiramiento del Glúteo Mayor* [Blogpost].  
Fecha de consulta: 06/05/2017  
Recuperado de: <https://gemarodr.wordpress.com/page/2/>

**[92] Dr. Domingo Delgado** [2017]. *La lesión de isquiotibiales. Anatomía y función*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 06/05/2017  
Recuperado de: <http://www.drdomingodelgado.com/blog/la-lesion-de-isquiotibiales-anatomia-y-funcion/>

**[93] López, Miguel** [2014]. *Anatomía y función del músculo cuádriceps*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 06/05/2017  
Recuperado de: <http://tufisio.net/anatomia-y-funcion-del-musculo-cuadriceps.html>

**[94] Ortega, Julio C.** [2016]. *6 Ejercicios para fortalecer tus cuádriceps*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 06/05/2017  
Recuperado de: <http://www.menshealth.es/fitness/articulo/6-ejercicios-cuadriceps>

**[95] Hermely, Mary** [2009]. *Sistema óseo*. [Monografía].  
Fecha de consulta: 06/05/2017  
Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos55/sistema-oseo/sistema-oseo.shtml>

**[96] Olivares, Ignacio** [n.d.]. *Principales Funciones del Sistema Óseo*. [Monografía].  
Fecha de consulta: 06/05/2017  
Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/52951663/Principales-Funciones-del-Sistema-Oseo>

**[97] Tiposde** [2017]. *Tipos de huesos*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 06/05/2017  
Recuperado de: <http://www.tiposde.org/ciencias-naturales/146-tipos-de-huesos/>

**[98] Enciclopedia Salud** [2016]. Definición de hueso. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 06/05/2017  
Recuperado de: <http://www.encyclopediasalud.com/definiciones/hueso>

**[99] Salud Medicinas** [2017]. Estructura del hueso. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 06/05/2017  
Recuperado de: <http://www.saludymedicinas.com.mx/centros-de-salud/climaterio/esquemas/estructura-del-hueso.html>

**[100] Muscolino, Joseph E.** [2013]. Atlas de músculos, huesos y referencias óseas. Fijaciones, Acciones y Palpitaciones. University of New York, New York. Editorial Paidotribo. Capítulo 2. Sistema óseo [pág. 41-44]

**[101] Fernández-Tresguerres, I., Alobera Gracia, M.A, et Al.** [2006]. Bases fisiológicas de la regeneración ósea I. Histología y fisiología del tejido óseo. [Artículo]. Madrid.  
Fecha de consulta: 07/05/2017  
Recuperado de: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1698-69462006000100011](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-69462006000100011)

**[102] Macías, Pilar et Santos, Leonor** [2016]. ¿Cómo se regeneran los huesos del cuerpo humano?. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 07/05/2017  
Recuperado de: <https://idescubre.fundaciondescubre.es/2016/09/20/como-se-regeneran-los-huesos-del-cuerpo-humano/>

**[103] Fernández-Tresguerres, I., Alobera Gracia, M.A, et Al.** [2006]. Bases fisiológicas de la regeneración ósea II. El proceso de remodelado. [Artículo]. Madrid.  
Fecha de consulta: 07/05/2017  
Recuperado de: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1698-69462006000200012](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-69462006000200012)

**[104] García Barreno, Pedro** [n.d.]. Mecanotransducción. Una aproximación tensegridal [Monografía].  
Fecha de consulta: 07/05/2017  
Recuperado de: <http://www.analesranf.com/index.php/mono/article/view/811>

**[105] NASA** [2001]. *La gravedad duele (pero hace bien)* [Blogpost].  
Fecha de consulta: 08/05/2017  
Recuperado de: [https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2001/ast02aug\\_1](https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2001/ast02aug_1)

**[106] PortalEducativo** [2012]. *El aparato locomotor* [Blogpost].  
Fecha de consulta: 08/05/2017  
Recuperado de: <https://www.portaleducativo.net/sexta-basico/746/el-aparato-locomotor>

**[107] Universidad Rovira i Virgili de Tarragona.** [n.d.]. *Microgravedad – Efectos sobre el organismo humano* [Artículo].  
Fecha de consulta: 08/05/2017  
Recuperado de: <http://www.sre.urv.es/sre/web/modules/exemples/webs/home/doc/M4Contingut2.pdf>

**[108] TOT Astronomía** [2012]. *Caída libre = Microgravedad* [Blogpost].  
Fecha de consulta: 08/05/2017  
Recuperado de: <http://www.totastronomia.com/2012/03/eeee.html>

**[109] Carrillo Esper, R., Díaz Ponce, J.A. et Al** [2015]. *Efectos fisiológicos en un ambiente de microgravedad* [Artículo].  
Fecha de consulta: 08/05/2017  
Recuperado de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2015/un153c.pdf>

**[110] NASA** [2016]. *Effects of prolonged space flight on human skeletal muscle (Biopsy)* [Artículo].  
Fecha de consulta: 08/05/2017  
Recuperado de: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/experiments/245.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/245.html)

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**[111] Quiñenao, Carlos Damián** [2015]. *Ejercicio físico, una contramedida en condiciones de micro-gravedad* [Tesis]. Capítulo: *Adaptaciones del músculo esquelético*, pág 23-36  
Fecha de consulta: 10/05/2017  
Recuperado de: <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/843>

**[112] Willmore, Jack H. et Costill, David L.** [2004]. *Fisiología del esfuerzo y del deporte* [5ª Edición] Editorial Paidotribo. Capítulo 11: Ejercicio en ambientes hipobáricos, hiperbáricos y de microgravedad. Pág. 367-376

**[113] Quiñenao, Carlos Damián** [2015]. *Ejercicio físico, una contramedida en condiciones de micro-gravedad* [Tesis]. Capítulo: *Desmineralización ósea*, pág 57-62  
Fecha de consulta: 10/05/2017  
Recuperado de: <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/843>

**[114] NASA** [2001]. *Huesos espaciales* [Blogpost].  
Fecha de consulta: 10/05/2017  
Recuperado de: [https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2001/ast01oct\\_1](https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2001/ast01oct_1)

**[115] Technische Universität München** [n.d.]. *Sistema cardiovascular. Agentes anabólicos*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 10/05/2017  
Recuperado de: <http://www.doping-prevention.com/es/cuerpo-humano/sistema-cardiovascular/sistema-cardiovascular/agentes-anabolicos.html>

**[116] Martínez González, Eduardo** [n.d.]. *La Medicina Espacial*. [Blogpost]. Cap. 10 Subcap. 23  
Fecha de consulta: 10/05/2017  
Recuperado de: <http://www.doping-prevention.com/es/cuerpo-humano/sistema-cardiovascular/sistema-cardiovascular/agentes-anabolicos.html>

**[117] Larousse** [n.d.]. *Circulation Sanguine*. [Article].  
Fecha de consulta: 12/05/2017  
Recuperado de: [http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/circulation\\_sanguine/34108](http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/circulation_sanguine/34108)

**[118] Espinosa, Carmen** [2016]. *Descubre cómo funciona la circulación de la sangre*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 12/05/2017  
Recuperado de: <https://www.about espanol.com/descubre-como-funciona-la-circulacion-de-la-sangre-1185204>

**[119] Martínez, Catherine** [2016]. *Las partes del corazón y sus funciones*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 12/05/2017  
Recuperado de: <https://www.lifeder.com/corazon-partes-funciones/>

**[120] Meza Márquez, Jose Martín** [2016]. *Medicina Espacial*. Academia Nacional de Medicina de México. México DF, Intersistemas S.A. de C.V. Sección II. *Adaptación fisiológica en el espacio*. Capítulo 11. *Sistema cardiovascular* [pág. 139-153]

**[121] Iglesias Leal, Ramiro** [2016]. *Medicina Espacial*. Academia Nacional de Medicina de México. México DF, Intersistemas S.A. de C.V. Sección I. *Medicina y Ciencias Espaciales*. Capítulo 6. *Perfil del hombre cósmico. Perfil anatomofisiológico* [pág. 79-80]

**[122] Pérez Calatayud, Ángel Augusto** [2016]. *Medicina Espacial*. Academia Nacional de Medicina de México. México DF, Intersistemas S.A. de C.V. Sección II. *Adaptación fisiológica en el espacio*. Capítulo 11. *Sistema neurológico y vestibular* [pág. 153-165]

**[123] Sánchez Zúñiga, Martín et Sánchez Pérez, Herlinda** [2016]. *Medicina Espacial*. Academia Nacional de Medicina de México. México DF, Intersistemas S.A. de C.V. Sección II. *Adaptación fisiológica en el espacio*. Capítulo 17. *Adaptación del sistema inmune en el espacio* [pág. 209-221]

**[124] Aguilar Zinser, J.V, Guzmán Pinedo, F.R., et Al.** [2016]. *Medicina Espacial*. Academia Nacional de Medicina de México. México DF, Intersistemas S.A. de C.V. Sección III. *Escenarios Especiales de la Medicina Espacial*. Capítulo 24. *Perfil psicológico y adaptación al confinamiento en el espacio* [pág. 311-325]

**[125] Ramírez Jiménez, Sandra Ignacia**. [2016]. *Medicina Espacial*. Academia Nacional de Medicina de México. México DF, Intersistemas S.A. de C.V. Sección I. *Medicina y Ciencias Espaciales*. Capítulo 7. *Astrobiología y medicina espacial* [pág. 87-99]

**[126] Chavarría González, Susana**. [2006]. *Fisiología del ejercicio en el espacio*. [Artículo].  
Fecha de consulta: 14/05/2017  
Recuperado de: [www.maestriasalud.una.ac.cr/documents/fisiologiadelespacio.doc](http://www.maestriasalud.una.ac.cr/documents/fisiologiadelespacio.doc)

**[127] NASA**. [2012]. *Cycle Ergometer with Vibration Isolation and Stabilization System [CEVIS]*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 14/05/2017  
Recuperado de: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/experiments/CEVIS.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/CEVIS.html)

**[128] NASA Johnson**. [2013]. *Train Like an Astronaut – CEVIS* [Video].  
Fecha de consulta: 18/05/2017  
Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?v=f\\_dcbh2r5vl](https://www.youtube.com/watch?v=f_dcbh2r5vl)

**[128] ESA** [2017]. *Space Station Fitness* [Video].  
Fecha de consulta: 18/05/2017  
Recuperado de: [http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2017/03/Space\\_Station\\_fitness](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2017/03/Space_Station_fitness)

**[129] Serrá, Xavier** [2016]. *¿Qué músculos trabajamos con la bicicleta?* [Blogpost].  
Fecha de consulta: 18/05/2017  
Recuperado de: <https://www.btwin.com/blog/es/blog-y-actualidad/carretera/consejos-practicando-asi-carretera/que-musculos-trabajamos-con-la-bicicleta/>

**[130] NASA** [n.d.]. *The International Space Station Advanced Resistive Exercise Device* [Blogpost].  
Fecha de consulta: 20/05/2017  
Recuperado de: <https://technology.nasa.gov/patent/MSC-TOPS-59>

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**[131] Traviesa, Carlos** [2014]. *Sentadilla: Músculos Implicados, Beneficios y Técnica de Ejecución* [Blogpost].

Fecha de consulta: 20/05/2017

Recuperado de: <https://travisport.wordpress.com/2014/02/11/sentadilla/>

**[132] NASA Johnson.** [2013]. *Train Like an Astronaut – ARED* [Video].

Fecha de consulta: 20/05/2017

Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=7oBvNxbTF28>

**[133] WikiHow.** [n.d.]. *Cómo ejercitarte con pesas.* [Blogpost].

Fecha de consulta: 20/05/2017

Recuperado de: <http://es.wikihow.com/ejercitarte-con-pesas>

**[134] Gómez, Thelma.** [n.d.]. *Todos los músculos utilizados en el levantamiento de pesas en banco* [Blogpost].

Fecha de consulta: 21/05/2017

Recuperado de: [https://muyfitness.com/todos-los-musculos-utilizados-en-el-levantamiento-de-pesas-en-banco\\_13177082/](https://muyfitness.com/todos-los-musculos-utilizados-en-el-levantamiento-de-pesas-en-banco_13177082/)

**[135] NASA** [2017]. *Combined Operational Load Bearing External Resistance Treadmill [COLBERT]*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 21/05/2017

Recuperado de: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/experiments/765.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/765.html)

**[136] Sicheloff, Steven [NASA]** [2017]. *Colbert Ready for Serious Exercise.* [Blogpost].

Fecha de consulta: 21/05/2017

Recuperado de: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/behindscenes/colberttreadmill.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/behindscenes/colberttreadmill.html)

**[137] Salabert, Eva** [2017]. *El ejercicio aeróbico.* [Blogpost].

Fecha de consulta: 21/05/2017

Recuperado de: <http://www.webconsultas.com/ejercicio-y-deporte/vida-activa/tipos-de-deporte/el-ejercicio-aerobico-1889>

**[138] Prado, Maira** [2009]. *Conociendo los músculos para correr* [Blogpost].

Fecha de consulta: 21/05/2017

Recuperado de: <http://www.soymaratonista.com/conociendo-los-musculos-para-correr-2-de-4/>

**[139] Dale, Patrick** [n.d.]. *¿Qué músculos desarrolla correr?* [Blogpost].

Fecha de consulta: 21/05/2017

Recuperado de: [https://muyfitness.com/musculos-desarrolla-correr-lista\\_9369/](https://muyfitness.com/musculos-desarrolla-correr-lista_9369/)

**[140] RT Question More** [2016]. *NASA Launches the future of fitness to ISS... and it's gold & miniature* [Blogpost].

Fecha de consulta: 22/05/2017

Recuperado de: <https://www.rt.com/usa/336792-nasa-launches-fitness-iss/>

**[141] Dale, Patrick** [n.d.]. *Músculos utilizados durante la escalada de roca* [Blogpost].

Fecha de consulta: 22/05/2017

Recuperado de: [https://muyfitness.com/musculos-trabajados-durante-info\\_9612/](https://muyfitness.com/musculos-trabajados-durante-info_9612/)

**[142] Dvorkin, M. et Cardinali, D.P.** [2005]. *Fisiología Humana* [3ª Edición]. Editorial: Mc Graw Hill. Bogotá. *Capítulo 6.*

*Sistema Motor I. Médula espinal. Tono muscular. Control de la postura y del equilibrio. Generación del movimiento* [pág 104-121]

**[143] Múñiz-Murguía, J. et Peraza-Campos A.L.** [2005].

*Fisiología Humana* [3ª Edición]. Editorial: Mc Graw Hill. Bogotá. *Capítulo 2. Fisiología del músculo.* [pág 13-35]

**[144] Bioevolución** [2007]. *Principios e ideas centrales de Lamarck.* [Blogpost].

Fecha de consulta: 23/05/2017

Recuperado de: <http://biodemendel.blogspot.com.es/2007/05/principios-e-ideas-centrales-de-lamarck.html>

**[145] Rosales Gutiérrez, A.O. et Espinoza de los Monteros, Isis.** [2016]. *Medicina Espacial.* Academia Nacional de Medicina de México. México DF, Intersistemas S.A. de C.V. *Sección III. Escenarios Especiales de la Medicina Espacial. Capítulo 26. Cambios hematológicos en microgravedad. La fascinante aventura espacial* [pág. 345-351]

**[146] RT Question More** [2016]. *NASA Launches the future of fitness to ISS... and it's gold & miniature* [Blogpost].

Fecha de consulta: 23/05/2017

Recuperado de: <https://www.rt.com/usa/336792-nasa-launches-fitness-iss/>

**[141] Dale, Patrick** [n.d.]. *Músculos utilizados durante la escalada de roca* [Blogpost].

Fecha de consulta: 23/05/2017

Recuperado de: [https://muyfitness.com/musculos-trabajados-durante-info\\_9612/](https://muyfitness.com/musculos-trabajados-durante-info_9612/)

**[142] Dvorkin, M. et Cardinali, D.P.** [2005]. *Fisiología Humana* [3ª Edición]. Editorial: Mc Graw Hill. Bogotá. *Capítulo 6.*

*Sistema Motor I. Médula espinal. Tono muscular. Control de la postura y del equilibrio. Generación del movimiento* [pág 104-121]

**[143] Múñiz-Murguía, J. et Peraza-Campos A.L.** [2005].

*Fisiología Humana* [3ª Edición]. Editorial: Mc Graw Hill. Bogotá. *Capítulo 2. Fisiología del músculo.* [pág 13-35]

**[144] Bioevolución** [2007]. *Principios e ideas centrales de Lamarck.* [Blogpost].

Fecha de consulta: 02/07/2017

Recuperado de: <http://biodemendel.blogspot.com.es/2007/05/principios-e-ideas-centrales-de-lamarck.html>

**[145] Rosales Gutiérrez, A.O. et Espinoza de los Monteros, Isis.**

[2016]. *Medicina Espacial.* Academia Nacional de Medicina de México. México DF, Intersistemas S.A. de C.V. *Sección III. Escenarios Especiales de la Medicina Espacial. Capítulo 26. Cambios hematológicos en microgravedad. La fascinante aventura espacial* [pág. 345-351]

**[146] H4H** [n.d.]. *I. Agua en el cuerpo humano: contenido y distribución.* [Blogpost].

Fecha de consulta: 04/07/2017

Recuperado de: <http://www.h4hinitiative.com/es/ciencia-de-la-hidratacion/laboratorio-de-hidratacion/hidratacion-para-los-adultos/agua-en-el-cuerpo>

**[147] Escuela de Ingenierías Agrarias** [n.d.]. *Comportamiento de los líquidos en condiciones de ingravidez.* [Blogpost].

Fecha de consulta: 04/07/2017

Recuperado de: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/conceptosbasicosmfluidos/ingravidez/index.htm>

**[148] Serra Simal, Rafael** [2010]. *Respuestas cardiovascular a la gravedad.* [Blogpost].

Fecha de consulta: 07/07/2017

Recuperado de: [http://www.webfisio.es/fisiologia/cardiovascular/trabajos/gravedad\\_cv.htm](http://www.webfisio.es/fisiologia/cardiovascular/trabajos/gravedad_cv.htm)

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**[149] UCV, Universidad Católica de Valencia** [n.d.]. *Conceptos Básicos del Sistema Cardiovascular*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 08/07/2017

Recuperado de: <http://www.anatomiahumana.ucv.cl/efi/modulo24.html>

**[150] Colegio Oficial Enfermeros Barcelona** [n.d.]. *Sistema cardiovascular: Anatomía*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 08/07/2017

Recuperado de: [https://www.infermeravirtual.com/esp/actividades\\_de\\_la\\_vida\\_diaria/ficha/corazon/sistema\\_cardiovascular\\_y\\_sistema\\_linfatico](https://www.infermeravirtual.com/esp/actividades_de_la_vida_diaria/ficha/corazon/sistema_cardiovascular_y_sistema_linfatico)

**[151] ILCE** [n.d.]. *Física del sistema cardiovascular*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 08/07/2017

Recuperado de: [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/37/htm/sec\\_8.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/37/htm/sec_8.htm)

**[152] MedicinePlus** [2016]. *Presión arterial alta*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 09/07/2017

Recuperado de: <https://medlineplus.gov/spanish/highbloodpressure.html>

**[153] MedicinePlus** [2017]. *Hipotensión*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 09/07/2017

Recuperado de: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/007278.htm>

**[154] Universidad de Cantabria** [2014]. *Circulación capilar*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 09/07/2017

Recuperado de: <http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/fisiologia-humana-2011-g367/material-de-clase/bloque-tematico-1.-fisiologia-del-aparato/tema-7.-circulacion-capilar/tema-7.-circulacion-capilar>

**[155] FisicaLab** [n.d.]. *Ondas mecánicas*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 04/07/2017

Recuperado de: <https://www.fiscalab.com/apartado/ondas-mecanicas#contenidos>

**[156] Acústica y sonido** [2013]. *Coeficiente de absorción*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 04/07/2017

Recuperado de: <http://acusticaysonido.com/?p=148>

**[157] Olmo, M. et Nave, R.** [n.d.]. *Impedancia*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 05/07/2017

Recuperado de: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/imped.html>

**[158] Tiempo.** [2008]. *Infrasonidos naturales y fenómenos atmosféricos severos: los tornados silbadores*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 10/07/2017

Recuperado de: <https://www.tiempo.com/ram/2656/infrasonidos-naturales-y-fenomenos-atmosfricos-severos-los-tornados-silbadores/>

**[159] Aznar Casanova, J. Antonio** [n.d.]. *Las ondas cerebrales*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 10/07/2017

Recuperado de: <http://www.ub.edu/pa1/node/130>

**[160] Guzmán Álvarez, Juan José** [n.d.]. *La actividad cerebral*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 10/07/2017

Recuperado de: <http://neurofisiologiagranada.com/eeg/eeg-quees.htm>

**[161] Velluti, R.A. et Pedemonte, M.** [2005]. *Fisiología Humana* [3ª Edición] Editorial: Mc Graw Hill. Bogotá. *Capítulo 9. Fisiología de la vigilia y el sueño* [pág 104-121]

**[162] Riveiro, Alejandro** [2016]. *Los efectos de dormir en el espacio*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 14/07/2017

Recuperado de: [https://muyfitness.com/musculos-desarrolla-correr-lista\\_9369/](https://muyfitness.com/musculos-desarrolla-correr-lista_9369/)

**[163] Sonidos Binaurales** [n.d.]. *Ondas cerebrales*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 14/07/2017

Recuperado de: <http://www.sonidosbinaurales.com/ondas-cerebrales/>

**[164] Domínguez Reséndiz, Carlos** [2015]. *Las ondas binaurales y sus efectos*. [Monografía].

Fecha de consulta: 14/07/2017

Recuperado de: <http://vinculacion.dgire.unam.mx/Congreso-Trabajos-pagina/Trabajos-2015/1-Ciencias%20Bio%C3%B3gica%20y%20de%20la%20Salud/3.Ciencias%20de%20la%20Salud/3.%20CIN201510005.pdf>

**[165] Kömmerling** [n.d.]. *PVC*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 25/07/2017

Recuperado de: <http://www.kommerling.es/profesionales/arquitectura-sostenible/materia-prima/pvc>

**[166] Balderas-León, Iván** [2017]. *Tabla plásticos*.

[Presentación].

Fecha de consulta: 25/07/2017

Recuperado de: <https://es.slideshare.net/ivanguitarplayer/tabla-plasticos>

**[167] Chemson** [2017]. *3D Vynil Filament*. [Blogpost].

Fecha de consulta: 25/07/2017

Recuperado de: <http://www.chemson.com/en/loesungen/3d-filament/>

**[168] Torres, Denis** [2016]. *Materiales utilizados en la construcción de la Estación Espacial Internacional*.

[Presentación].

Fecha de consulta: 25/07/2017

Recuperado de: <https://prezi.com/xtwuv7elsjic/materiales-utilizados-en-la-construccion-de-la-estacion-inte/>

**[169] Beléndez, Augusto** [1992]. *Acústica, Fluidos y Termodinámica*. [E.U. Politécnica de Alicante] [1ª Edición]

**[170] Benguria D., Rafael** [2013]. *Modos normales de una membrana circular* [Continuación]. [Monografía].

Fecha de consulta: 30/07/2017

Recuperado de: <http://www.fis.puc.cl/~rbenguri/CURSOS/MMF2/CLASES/SegundaclaseBessel%282013%29.pdf>

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**[171] Wikillerato** [2012]. *Energía e intensidad de las ondas*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 31/07/2017  
Recuperado de: [http://www.wikillerato.org/Energ%C3%ADa\\_e\\_intensidad\\_de\\_las\\_ondas.html](http://www.wikillerato.org/Energ%C3%ADa_e_intensidad_de_las_ondas.html)

**[172] ACPDA** [n.d.]. *Micrófonos*. [Monografía].  
Fecha de consulta: 31/07/2017  
Recuperado de: [http://www.acpda.com/marxadella.com/images/stories/documentos/Sonido/microfonos\\_caracteristicas\\_tipos.pdf](http://www.acpda.com/marxadella.com/images/stories/documentos/Sonido/microfonos_caracteristicas_tipos.pdf)

**[173] Martínez Pastor, J., Galindo Riaño, P.L. et Al** [2013]. *Lente acústica tridimensional*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 05/08/2017  
Recuperado de: <http://otriuv.es/oct/lente-acustica-tridimensional/>

**[174] Catedu** [n.d.]. *Intensidad sonora*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 31/07/2017  
Recuperado de: [http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3212/html/31\\_intensidad\\_sonora.html](http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3212/html/31_intensidad_sonora.html)

**[175] Indiegogo** [n.d.]. *"A Speaker": The speaker that only you can hear*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 10/08/2017  
Recuperado de: <https://www.indiegogo.com/projects/a-speaker-the-speaker-that-only-you-can-hear-sound#/>

**[176] IES Los Viveros** [n.d.]. *Tema 7. Sonorización de locales*. [Monografía].  
Fecha de consulta: 05/08/2017  
Recuperado de: <http://www.ieslosviveros.es/electronica../material/asig10/7instalnteyExtePDF.pdf>

**[177] Audio Spotlight** [n.d.]. *Distribución del campo de sonido*. [Monografía].  
Fecha de consulta: 10/08/2017  
Recuperado de: <http://www.sonidofocalizado.com/?dir=especificaciones>

**[175] Indiegogo** [n.d.]. *"A Speaker": The speaker that only you can hear*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 10/08/2017  
Recuperado de: <https://www.indiegogo.com/projects/a-speaker-the-speaker-that-only-you-can-hear-sound#/>

**[176] IES Los Viveros** [n.d.]. *Tema 7. Sonorización de locales*. [Monografía].  
Fecha de consulta: 11/08/2017  
Recuperado de: <http://www.ieslosviveros.es/electronica../material/asig10/7instalnteyExtePDF.pdf>

**[177] Audio Spotlight** [n.d.]. *Distribución del campo de sonido*. [Monografía].  
Fecha de consulta: 11/08/2017  
Recuperado de: <http://www.sonidofocalizado.com/?dir=especificaciones>

**[178] EMBA** [n.d.]. *Fundamentos del sonido*. [Monografía].  
Fecha de consulta: 11/08/2017  
Recuperado de: [http://www.emba.com.ar/biblioteca/Frecuencia%20-%20Periodo%20-%20Longitud%20de%20Onda%20-%20\(%20RESUMEN%20\).pdf](http://www.emba.com.ar/biblioteca/Frecuencia%20-%20Periodo%20-%20Longitud%20de%20Onda%20-%20(%20RESUMEN%20).pdf)

**[179] UVIGO** [n.d.]. *Capítulo 1. Aspectos básicos del sonido y el ruido*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 11/08/2017  
Recuperado de: [http://gcastro.webs.uvigo.es/PFC/Capitulo\\_uno\\_b.htm](http://gcastro.webs.uvigo.es/PFC/Capitulo_uno_b.htm)

**[180] Wikipedia** [2017]. *Velocidad del sonido*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 11/08/2017  
Recuperado de: [https://es.m.wikipedia.org/wiki/Velocidad\\_del\\_sonido](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Velocidad_del_sonido)

**[181] Carmona Benjumea, Antonio** [2001]. *Datos antropométricos*. [Informe].  
Fecha de consulta: 12/08/2017  
Recuperado de: [http://comisionnacional.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev\\_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf](http://comisionnacional.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf)

**[182] Pérez-Porto J. et Merino M.** [2014]. *Definición de simetría bilateral*. [Blogpost].  
Fecha de consulta: 11/08/2017

Recuperado de: <https://definicion.de/simetria-bilateral/>

# REFERENCIAS: FIGURAS

**[Figura 1]** NASA [2012] Máquina de ejercicio espacial [Figura]. Recuperada de <https://www.youtube.com/watch?v=PP2-NCe9EmQ>

**[Figura 2]** Vegas, Javier [2016] Astronauta en la Luna [Figura]. Recuperada de <https://noticias.eltiempo.es/como-conseguir-ser-astronauta/>

**[Figura 3]** NASA [2009] Estación Espacial Internacional [Figura]. Recuperada de [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/multimedia/iss\\_sts119\\_images.html/](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/multimedia/iss_sts119_images.html/)

**[Figura 4]** Luis Roig, Jorge [2016] Atrofia muscular [Figura]. Recuperada de <https://noticias.eltiempo.es/como-conseguir-ser-astronauta/>

**[Figura 5]** BiografiasYVidas [2016] Yuri Gagarin [Figura]. Recuperada de <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/g/gagarin.htm>

**[Figura 6]** NASA [2005] Transbordador Espacial Discovery [Figura]. Recuperada de <http://mediaarchive.ksc.nasa.gov/detail.cfm?mediaid=26563>

**[Figura 7]** ESA [2016] Centro de Control de la ESA [Figura]. Recuperada de [http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/01/Under\\_control](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/01/Under_control)

**[Figura 8]** Globedia [2014] Ariane 6 [Figura]. Recuperada de <http://es.globedia.com/ariane-lanzadera-europea-prepara-emprender-vuelo>

**[Figura 9]** Fuente propia [2017] Mapa europeo de centros de la ESA [Figura].

**[Figura 10]** Fuente propia [2017] Diagrama de presupuestos de la ESA [Figura].

**[Figura 11]** ESA [2015] Estación Espacial Internacional (ISS) en órbita [Figura]. Recuperada de <https://historiadelaingenieria.wordpress.com/estacion-espacial-internacional/>

**[Figura 12]** Cuartero, Fernando [2012] Despiece de módulos de la ISS [Figura]. Recuperada de <http://www.hablandodeciencia.com/articulos/2012/05/04/la-construccion-de-la-estacion-espacial-internacional/>

**[Figura 13]** ESA [2016] Unity Node [Figura]. Recuperada de [http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/03/Node-1\\_Unity](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/03/Node-1_Unity)

**[Figura 14]** NASA [2016] Poisk Mini-Research Module 2 [Figura]. Recuperada de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Poisk\\_Mini-Research\\_Module\\_2.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Poisk_Mini-Research_Module_2.svg)

**[Figura 15]** SpaceFacts [n.d.] Módulo Zvezda [Figura]. Recuperada de <http://www.spacefacts.de/graph/drawing/large/english/zvezda.htm>

**[Figura 16]** NASA [2012] Sonda de acoplamiento [Figura]. Recuperada de [https://www.youtube.com/watch?v=IJT0FMN\\_Ua0](https://www.youtube.com/watch?v=IJT0FMN_Ua0)

**[Figura 17]** NASA [2007] A la izquierda una imagen en detalle del nodo Harmony, a la derecha el nodo Harmony ensamblado al laboratorio Destiny [Figura]. Recuperada de [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/shuttle/shuttlemissions/sts120/mission\\_overview.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/shuttle/shuttlemissions/sts120/mission_overview.html)

**[Figura 18]** EstaciónEspacial [n.d.] Laboratorio Columbus [Figura]. Recuperada de <http://www.estacionespacial.com/cof.php>

**[Figura 19]** NASA [2009.] Laboratorio japonés Kibo [Figura]. Recuperada de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ISS\\_22\\_Soichi\\_Noguchi\\_during\\_housekeeping\\_in\\_the\\_Kibo\\_lab.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ISS_22_Soichi_Noguchi_during_housekeeping_in_the_Kibo_lab.jpg)

**[Figura 20]** PetaPixel [2013] Vista inferior del módulo Cúpula [Figura]. Recuperada de <https://petapixel.com/2013/06/10/photographing-earth-from-the-cupola-on-the-international-space-station/>

**[Figura 21]** NASA [2000] Armazón Z1 (arriba) y módulo Unity (debajo) [Figura]. Recuperada de <http://nix.ksc.nasa.gov/info;jsessionid=1369rqph2pho1?id=MSFC-0102495>

**[Figura 22]** Skystars [2016] Scott Parazynsk reparando los paneles solares de la ISS [Figura]. Recuperada de <https://www.skystars.org/astrofotografia/reparacion-de-los-paneles-solares-en-la-iss/>

**[Figura 23]** ESA [2015] Mojar el pelo [Figura]. Recuperada de <https://youtu.be/nPUvzn3CTQc>

**[Figura 24]** ESA [2015] Enjabonar el pelo [Figura]. Recuperada de <https://youtu.be/nPUvzn3CTQc>

**[Figura 25]** ESA [2015] Masajear la cabeza [Figura]. Recuperada de <https://youtu.be/nPUvzn3CTQc>

**[Figura 26]** ESA [2015] Secar con una toalla [Figura]. Recuperada de <https://youtu.be/nPUvzn3CTQc>

**[Figura 27]** NASA [2009] Sistemas Elektron en el Módulo Zvezda [Figura]. Recuperada de <http://danielmarin.naukas.com/2009/05/22/sistemas-de-reciclado-en-la-iss/>

**[Figura 28]** ESA [2015] Samantha Cristoforetti en una zona de aseo [Figura]. Recuperada de <https://youtu.be/nPUvzn3CTQc>

**[Figura 29]** Canadian Space Agency [2013] Chris Hadfield lavándose los dientes [Figura]. Recuperada de <https://www.youtube.com/watch?v=3bCoGC532p8>

**[Figura 30]** ESA [2015] Samantha Cristoforetti aseándose [Figura]. Recuperada de <https://youtu.be/nPUvzn3CTQc>

**[Figura 31]** NASA [2013] Cortarse el pelo en el espacio [Figura]. Recuperada de <https://youtu.be/tDbbJWKKQu0>

# REFERENCIAS: FIGURAS

**[Figura 32]** AJ + [2015] Samantha Cristoforetti mostrando el retrete [Figura].  
Recuperada de <https://www.youtube.com/watch?v=t3oD7zN2YUY>

**[Figura 33]** National Geographic [2013] Koichi Wakata en su dormitorio [Figura].  
Recuperada de <https://www.youtube.com/watch?v=UyFYgeE32f0&t=23s>

**[Figura 34]** ESA [2015] Pedro Duque utilizando la máquina de agua caliente [Figura].  
Recuperada de [https://www.youtube.com/watch?v=\\_yJq9f6lGEg&t=305s](https://www.youtube.com/watch?v=_yJq9f6lGEg&t=305s)

**[Figura 35]** ESA [2015] Caja de suministro alimenticio [Figura].  
Recuperada de [https://www.youtube.com/watch?v=\\_yJq9f6lGEg&t=305s](https://www.youtube.com/watch?v=_yJq9f6lGEg&t=305s)

**[Figura 36]** NASA [2013] Karen Nyberg en la Expedition 37 realizando ejercicio en la máquina COLBERT en el Nodo 2 (Harmony) [Figura].  
Recuperada de [https://www.youtube.com/watch?v=\\_ikouWcXhd0](https://www.youtube.com/watch?v=_ikouWcXhd0)

**[Figura 37]** CoconutScienceLab [2015] Samantha Cristoforetti utilizando el ARED [Figura].  
Recuperada de [https://www.youtube.com/watch?v=\\_ikouWcXhd0](https://www.youtube.com/watch?v=_ikouWcXhd0)

**[Figura 38]** Wwhat's new [2016] Tim Peake tomando un café en microgravedad [Figura].  
Recuperada de <https://www.whatsnew.com/2016/01/19/la-agencia-espacial-europea-muestra-como-toman-cafe-los-astronautas/>

**[Figura 39]** El Confidencial [2016] Persona bebiendo agua en gravedad [Figura].  
Recuperada de [https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2016-12-31/agua-adelgaza-fria-helada-dos-litros\\_1309970/](https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2016-12-31/agua-adelgaza-fria-helada-dos-litros_1309970/)

**[Figura 40]** Fuente propia [2017] Esquema de fuerzas que generan un ambiente microgravitatorio en la ISS [Figura].

**[Figura 41]** Fuente propia [2017] Esquema de los efectos de la fuerza gravitatoria en un vuelo parabólico [Figura].

**[Figura 42]** TCL Leemanta [2017] Vista exterior de una torre de caída libre [Figura].  
Recuperada de <http://tcl.leem.es/informacion/instalacion/>

**[Figura 43]** ESA [2013] Alexander Gerst [Figura].  
Recuperada de [http://m.esa.int/spaceinimages/Images/2013/11/European\\_Space\\_Agency\\_astronaut\\_Alexander\\_Gerst2](http://m.esa.int/spaceinimages/Images/2013/11/European_Space_Agency_astronaut_Alexander_Gerst2)

**[Figura 44]** ESA [2014] Samantha Cristoforetti [Figura].  
Recuperada de [http://m.esa.int/spaceinimages/Images/2014/02/Samantha\\_Cristoforetti\\_flight\\_suit](http://m.esa.int/spaceinimages/Images/2014/02/Samantha_Cristoforetti_flight_suit)

**[Figura 45]** ESA [n.d.] Pedro Duque [Figura].  
Recuperada de [http://m.esa.int/esl/ESA\\_in\\_your\\_country/Spain/Pedro\\_Duque3](http://m.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/Pedro_Duque3)

**[Figura 46]** ESA [n.d.] Claudie Haigneré [Figura].  
Recuperada de [http://m.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Astronauts/Claudie\\_Haignere\\_formerly\\_Claudie\\_Andre-Deshays](http://m.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/Claudie_Haignere_formerly_Claudie_Andre-Deshays)

**[Figura 47]** ESA [n.d.] André Kuipers [Figura].  
Recuperada de [http://m.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Astronauts/Andre\\_Kuipers](http://m.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/Andre_Kuipers)

**[Figura 48]** Zimbio [2017] Matthias Maurer [Figura].  
Recuperada de <http://www.zimbio.com/photos/Matthias+Maurer/ESA+Presents+New+Astronaut+Matthias+Maurer/q444ZRYTuLr>

**[Figura 49]** ESA [n.d.] Andreas Mogesen [Figura].  
Recuperada de [http://m.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Astronauts/Andreas\\_Mogensen](http://m.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/Andreas_Mogensen)

**[Figura 50]** ESA [n.d.] Thomas Reiter [Figura].  
Recuperada de [http://m.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Astronauts/Thomas\\_Reiter](http://m.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/Thomas_Reiter)

**[Figura 51]** NASA [2007] Hans Schlegel [Figura].  
Recuperada de <https://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/shuttle/sts-122/html/jsc2007e047686.html>

**[Figura 52]** ESA [n.d.] Helen Sharman [Figura].  
Recuperada de [http://m.esa.int/About\\_Us/Welcome\\_to\\_ESA/ESA\\_history/50\\_years\\_of\\_humans\\_in\\_space/Dr\\_Helen\\_Sharman](http://m.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/ESA_history/50_years_of_humans_in_space/Dr_Helen_Sharman)

**[Figura 53]** ESA [2009] Timothy Peake [Figura].  
Recuperada de: [http://m.esa.int/var/esa/storage/images/esa\\_multimedia/images/2009/05/timothy\\_peake/9944980-2-eng-GB/Timothy\\_Peake\\_highlight\\_mob.jpg](http://m.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2009/05/timothy_peake/9944980-2-eng-GB/Timothy_Peake_highlight_mob.jpg)

**[Figura 54]** VIX [n.d.] Los gemelos Kelly [Figura].  
Recuperada de <http://www.vix.com/es/btg/curiosidades/57296/5-consecuencias-de-los-viajes-espaciales-sobre-la-psicologia-de-los-astronautas>

**[Figura 55]** Aequitas [n.d.] Tanque de flotabilidad neutra de la NBL [Figura].  
Recuperada de <https://aequitas-jmp-blogspotcom.blogspot.com.es/2014/08/i-expedicion-38-expedicion-38-eei-una.html>

**[Figura 56]** Tusintoma [n.d.] Músculos del cuerpo [Figura].  
Recuperada de <https://tusintoma.com/musculos-del-cuerpo/>

**[Figura 57]** La guía 2000 [2015] Músculo liso [Figura].  
Recuperada de <https://tusintoma.com/musculos-del-cuerpo/>

**[Figura 58]** Blog de biología humana... [2012] Músculo estriado [Figura].  
Recuperada de <http://cristinaymiriam.blogspot.com.es/2012/04/tejido-muscular-estriado.html>

**[Figura 59]** We sapiens [2011] Músculo cardíaco [Figura].  
Recuperada de <http://www.wesapiens.org/es/file/1488005/M%C3%BAsculo+card%C3%ADaco+H-E+1,5+um>

# REFERENCIAS: FIGURAS

**[Figura 60]** Efisalud [2013] Estructura del músculo [Figura]. Recuperada de <https://efisaludarucas.wordpress.com/tag/fibra-muscular/>

**[Figura 61]** Efisalud [2013] Fibra muscular [Figura]. Recuperada de <https://efisaludarucas.wordpress.com/tag/fibra-muscular/>

**[Figura 62]** Medicina, Salud y Curiosidad [2013] Ilustración músculos antigravitatorios [Figura]. Recuperada de <http://medicinasaludycuriosidades.blogspot.com.es/2013/06/sistema-locomotor.html>

**[Figura 63]** FisioterapiaOnline [n.d.] Ilustración del músculo sóleo [Figura]. Recuperada de <https://www.fisioterapia-online.com/videos/estiramiento-de-los-musculos-gemelo-y-soleo>

**[Figura 64]** Fuente propia [2007.] Esquema de realización del Ejercicio I [Figura].

**[Figura 65]** Fuente propia [2007.] Esquema de realización del Ejercicio II [Figura].

**[Figura 66]** FisioterapiaOnline [n.d.] Ilustración del músculo extensor [Figura]. Recuperada de <https://www.fisioterapia-online.com/videos/estiramiento-de-los-musculos-gemelo-y-soleo>

**[Figura 67]** CaribbeanFit [2015] Extensión de los dedos del pie [Figura]. Recuperada <http://www.caribbeanfit.com/2015/10/ejercicios-para-fortalecer-los-pies-con-solo-15-minutos-al-dia/>

**[Figura 68]** Rodriguez, Gema [2014] Ilustración de los glúteos [Figura]. Recuperada de <https://gemarodr.wordpress.com/page/2/>

**[Figura 69]** Bermejo, Rodrigo [2015] Máquina multicadera [Figura]. Recuperada de <https://www.youtube.com/watch?v=jXTshGQ7r-4>

**[Figura 70]** Domingo Delgado [2017] Ilustración de los músculos isquiotibiales [Figura]. Recuperada de <http://www.drdomingodelgado.com/blog/la-lesion-de-isquiotibiales-anatomia-y-funcion/>

**[Figura 71]** ForoAtletismo [2014] Ejercicio “Buenos días” para fortalecer los isquiotibiales [Figura]. Recuperada de <https://www.foroatletismo.com/ejercicios/ejercicios-fortalecer-isquiotibiales/>

**[Figura 72]** Abdominales .Info [2016] Ilustración de los músculos cuádriceps [Figura]. Recuperada de <http://abdominales.info/cuadriceps/>

**[Figura 73]** Ortega, Julio C. [2016] Sentadillas con peso para fortalecer los cuádriceps [Figura]. Recuperada de <http://www.menshealth.es/fitness/articulo/6-ejercicios-cuadriceps>

**[Figura 74]** Pino, Fernando [n.d.] Ilustración del sistema óseo [Figura]. Recuperada de <http://www.vix.com/es/btg/curiosidades/5685/15-datos-interesantes-que-debes-conocer-sobre-el-esqueleto-humano>

**[Figura 76]** Huesos, Músculos y Articulaciones [n.d.] Huesos largos [Figura]. Recuperada de <https://sites.google.com/site/huesosmusculosy/el-esqueleto-tipos-de-huesos>

**[Figura 77]** Respuestas.tips [2016] Huesos cortos [Figura]. Recuperada de <http://respuestas.tips/como-se-identifican-a-los-dedos-de-la-mano/>

**[Figura 78]** Entrena Gozávez, Gregorio [n.d.] Huesos planos [Figura]. Recuperada de <https://anatomiatrabajoengrupo.wordpress.com/2014/12/08/omoplato-o-escapula>

**[Figura 79]** Salud y medicinas [n.d.] Figura del hueso [Figura]. Recuperada de <http://www.saludymedicinas.com.mx/centros-de-salud/climaterio/esquemas/estructura-del-hueso.html>

**[Figura 80]** Muscolino, Joseph E. [2013] Ejemplos de articulación fibrosa [1], articulación cartilaginosa [2] y articulación sinovial [3] [Figura]. Recuperada de Atlas de músculos, huesos y referencias óseas. Fijaciones, Acciones y Palpitaciones. University of New York. Editorial Paidotribo [3ª edición] pág 44.

**[Figura 81]** Muscolino, Joseph E. [2013] Vista anterior de los huesos de la extremidad superior [Figura]. Recuperada de Atlas de músculos, huesos y referencias óseas. Fijaciones, Acciones y Palpitaciones. University of New York. Editorial Paidotribo [3ª edición] pág 48.

**[Figura 82]** Muscolino, Joseph E. [2013] Vista anterior de las fijaciones musculares de la extremidad superior [Figura]. Recuperada de Atlas de músculos, huesos y referencias óseas. Fijaciones, Acciones y Palpitaciones. University of New York. Editorial Paidotribo [3ª edición] pág 49.

**[Figura 83]** n.a. [n.d.] Ilustración del tejido óseo [Figura]. Recuperada de <http://cyberspaceandtime.com/-zOB0ttCQ10.video>

**[Figura 84]** Unizar [n.d.] Postura de ingravidez [Figura]. Recuperada de: Asignatura de ergonomía

**[Figura 85]** SummerSalud [n.d.] Postura natural en gravedad [Figura]. Recuperada de <http://www.sumersalud.com/actividades-zaragoza/ejercicios-para-mejorar-la-postura-al-caminar/>

**[Figura 86]** EJU! [2013] Astronautas entrenando en un ejercicio de caída libre [Figura]. Recuperada de <http://eju.tv/2013/09/nasa-pagara-5-000-dolares-mensuales-voluntarios-para-que-estén-2-meses-tumbados-en-la-cama/>

**[Figura 87]** FotoDigital [n.d.] Ilustración del sistema locomotor humano [Figura]. Recuperada de <http://fotodigital11.ru/cuerpo%20humano%20hueso%20musculo%20articulacion>

# REFERENCIAS: FIGURAS

**[Figura 88]** ABC, EFE (2016) El astronauta Yuri Malenchenko es ayudado por el personal de Tierra a su llegada [Figura]. Recuperada de [http://www.abc.es/ciencia/abci-tres-astronautas-estacion-espacial-internacional-regresan-tierra-201606181214\\_noticia.html](http://www.abc.es/ciencia/abci-tres-astronautas-estacion-espacial-internacional-regresan-tierra-201606181214_noticia.html)

**[Figura 89]** NASA (n.d.) El astronauta de la NASA Dan Burbank practicando ejercicio en el ARED (Nodo Tranquility) en la Expedición 30 [Figura]. Recuperada de <http://www.nasa.gov/images/>

**[Figura 90]** FotoDigital (n.d.) Ilustración del sistema óseo humano [Figura]. Recuperada de <http://fotodigital11.ru/cuerpo%20humano%20hueso%20musculo%20articulacion>

**[Figura 91]** Pixologicstudio (2014) Ilustración del sistema cardiovascular [Figura]. Recuperada de <https://www.aboutespanol.com/descubre-como-funciona-la-circulacion-de-la-sangre-1185204>

**[Figura 92]** Pino, Fernando (n.d.) Ilustración de neuronas [Figura]. Recuperada de <http://www.vix.com/es/btg/curiosidades/3905/las-neuronas-no-se-regeneran-un-mito-derrumbado>

**[Figura 93]** Linfocitos.net (n.d.) Ilustración de una célula NK [Figura]. Recuperada de <http://linfocitos.net/celulas-nk/>

**[Figura 94]** TodoInteresante (2009) Ilustración de la radiación cósmica [Figura]. Recuperada de <http://www.todointeresante.com/2009/09/efectos-radiacion-cosmica-espacio.html>

**[Figura 95]** JAXA (2014) Koichi Wakata practicando ejercicio en la CEVIS [Figura]. Recuperada de <https://www.youtube.com/watch?v=eRyE0ElLhQ>

**[Figura 96]** Popolo, Meredith (2013) Estructura de la CEVIS [Figura]. Recuperada de <https://www.youtube.com/watch?v=eRyE0ElLhQ>

**[Figura 97]** Fuente propia (2017) Ejercicio en la CEVIS [Figura].

**[Figura 98]** NASA (n.d.) Koichi Wakata practicando ejercicio en la ARED [Figura]. Recuperada de <https://technology.nasa.gov/patent/MSC-TOPS-59>

**[Figura 99]** Fuente propia (2017) Ejercicio en la ARED [Figura].

**[Figura 100]** NASA (2013) Koichi Wakata practicando ejercicio en la COLBERT [Figura]. Recuperada de <https://www.nasa.gov/content/astronaut-koichi-wakata-runs-on-colbert>

**[Figura 101]** Fuente propia (2017) Ejercicio en la COLBERT [Figura].

**[Figura 102]** NASA (2016) Dispositivo MED 2.0 I [Figura]. Recuperada de <https://jscfeatures.jsc.nasa.gov/pages.ashx/374/Compact%20allinone%20exercise%20device%20flying%20to%20station>

**[Figura 103]** RT Question (2016) Dispositivo MED 2.0 II [Figura]. Recuperada de <https://www.rt.com/usa/336792-nasa-launches-fitness-iss/>

**[Figura 104]** RT Question (2016) Dispositivo MED 2.0 III [Figura]. Recuperada de <https://www.rt.com/usa/336792-nasa-launches-fitness-iss/>

**[Figura 105]** Colegio Oficial Enfermeros Barcelona (n.d.) Partes del corazón [Figura]. Recuperada de [https://www.infermeravirtual.com/esp/actividades\\_de\\_la\\_vida\\_diaria/ficha/corazon/sistema\\_cardiovascular\\_y\\_sistema\\_linfatico](https://www.infermeravirtual.com/esp/actividades_de_la_vida_diaria/ficha/corazon/sistema_cardiovascular_y_sistema_linfatico) pág 2

**[Figura 106]** Colegio Oficial Enfermeros Barcelona (n.d.) Sistema arterial [Figura]. Recuperada de [https://www.infermeravirtual.com/esp/actividades\\_de\\_la\\_vida\\_diaria/ficha/corazon/sistema\\_cardiovascular\\_y\\_sistema\\_linfatico](https://www.infermeravirtual.com/esp/actividades_de_la_vida_diaria/ficha/corazon/sistema_cardiovascular_y_sistema_linfatico) pág 8

**[Figura 107]** Colegio Oficial Enfermeros Barcelona (n.d.) Sistema venoso [Figura]. Recuperada de [https://www.infermeravirtual.com/esp/actividades\\_de\\_la\\_vida\\_diaria/ficha/corazon/sistema\\_cardiovascular\\_y\\_sistema\\_linfatico](https://www.infermeravirtual.com/esp/actividades_de_la_vida_diaria/ficha/corazon/sistema_cardiovascular_y_sistema_linfatico) pág 9

**[Figura 108]** Banda, Samuel (2013) Vénulas cerebrales [Figura]. Recuperada de <http://drsamuelbanda.blogspot.com.es/2013/01/un-viaje-dentro-del-cuerpo-humano.html>

**[Figura 109]** Pérez, Javier (2017) Capilar sanguíneo [Figura]. Recuperada de <http://salud.ccm.net/faq/14600-capilar-sanguineo-definicion>

**[Figura 110]** Pérez, Javier (2017) Ilustración de capilares [Figura]. Recuperada de <http://javierperez.es/capilares-i-ii/>

**[Figura 111]** Fuente propia (2017) Gráfica de relación frecuencia-tiempo de una onda sonora [Figura].

**[Figura 112]** Fuente propia (2017) Esquema bases de la impedancia en órganos [Figura].

**[Figura 113]** Rockola (n.d.) Filtro paso bajos [Figura]. Recuperada de [http://construyasuvideorockola.com/proyecto\\_filtros\\_pasa\\_banda.php](http://construyasuvideorockola.com/proyecto_filtros_pasa_banda.php)

**[Figura 114]** Johnston, William (2014) Representación de ondas binaurales en fase con la actividad cerebral [Figura]. Recuperada de <https://realidadtrascendental.wordpress.com/2014/11/25/ondas-cerebrales-y-bio-retroalimentacion/>

**[Figura 115]** Imprimalia3D (n.d.) PVC [Figura]. Recuperada de <http://imprimalia3d.com/sites/default/files/news/pvc.jpg>

**[Figura 116]** Aliexpress (2017) Aluminio 6061 [Figura]. Recuperada de <https://es.aliexpress.com/popular/aluminum-pipe-6061.html>

# REFERENCIAS: FIGURAS

**[Figura 117]** Chemson [2017] Filamentos de 3D Vynil [Figura]. Recuperada de: <http://www.chemson.com/en/loesungen/3d-filament/>

**[Figura 118]** Mercadolibre [2017] Membrana para subwoofers [Figura]. Recuperada de: [http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-479978436-membrana-para-press-control-original-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-479978436-membrana-para-press-control-original-_JM)

**[Figura 119]** Fuente propia [2017] Esquema del cableado del generador de ondas. [Figura].

**[Figura 120]** Lanchero, Julián [2016] Ejemplo de patrón polar de un transductor ultracardiode [Figura]. Recuperada de: <https://www.slideshare.net/JulianLancheros1/patrones-polares-de-micrfonos>

**[Figura 121]** Fuente propia [2017] Ejemplo de diagrama polar típico en transductores ultracardioides. [Figura].

**[Figura 122]** Martínez Pastor, J., Galindo Riaño, P.L. et Al. [2016] Lente acústica tridimensional. [Figura] Recuperada de: <http://otriuv.es/oct/lente-acustica-tridimensional/>

**[Figura 123]** Indiegogo [2017] Altavoz direccional “A Junior”. [Figura] Recuperada de: <https://www.indiegogo.com/projects/a-speaker-the-speaker-that-only-you-can-hear-sound#/>

**[Figura 124]** Innova [n.d.] Distribución del campo de sonido en altavoces direccionales [Figura] Recuperada de: <http://www.sonidofocalizado.com/?dir=especificaciones>

**[Figura 125]** Fuente propia [2017] Ilustración de la energía generada por las ondas en el cuerpo humano [Figura]

**[Figura 126]** Rádiológ [2011] Representación de la simetría bilateral humana [Figura] Recuperada de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Simetr%C3%ADa\\_bilateral#/media/File:Planos\\_anat%C3%B3micos.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/Simetr%C3%ADa_bilateral#/media/File:Planos_anat%C3%B3micos.svg)

**[Figura 127]** Pics About Space [n.d.] Wakata en su dormitorio de la ISS [Figura] Recuperada de: <https://pics-about-space.com/international-space-station-interior-sleeping-quarters?p=1>

**[Figura 128]** Pinterest <Chemaduro> [1969] Cartel de la NASA anunciando la misión Apollo [Figura] Recuperada de: <https://es.pinterest.com/pin/491173903095056098/>

**[Figura 129]** Freepik [2014] Cielo estrellado [Figura] Recuperada de: [https://image.freepik.com/vector-gratis/luces-en-el-universo\\_1051-1001.jpg](https://image.freepik.com/vector-gratis/luces-en-el-universo_1051-1001.jpg)

**[Figura 130]** Pinterest <verso> [n.d.] “Game Over” 80’s style [Figura] Recuperada de: <https://es.pinterest.com/pin/189291990571342060/>

**[Figura 131]** Pinterest <typethatlike> [n.d.] “Palm Springs” Vintage [Figura] Recuperada de: <https://es.pinterest.com/pin/179440366384376716/>

**[Figura 132]** Pinterest <voyagerstore.com> [n.d.] Emblemas espaciales [Figura] Recuperada de: <https://es.pinterest.com/pin/337066353332914166/>

**[Figura 133]** Thinglink [2013] Mapa de constelaciones [Figura] Recuperada de: [https://image.freepik.com/vector-gratis/luces-en-el-universo\\_1051-1001.jpg](https://image.freepik.com/vector-gratis/luces-en-el-universo_1051-1001.jpg)

**[Figura 134 – 208]** Figuras de fuente propia

# REFERENCIAS: GRÁFICAS Y TABLAS

## GRÁFICAS

**[Gráfica 1]** CCM [2017] Gráfica de variación de la presión en el sistema circulatorio [Gráfica].  
Recuperada de: <http://salud.ccm.net/faq/14600-capilar-sanguineo-definicion>

**[Gráfica 2]** Hernández Van Waes, Matías [2012] Gráfica frecuencia – absorción [Gráfica]  
Recuperada de: <http://www.ingenieriaacusticafacil.com/ingenieria-acustica-absorbentes-acusticos-tipos-1-de5/>

**[Gráfica 3]** Bedard y Georges [2000] Diagrama de la presión del sonido en relación a la frecuencia [Gráfica]  
Recuperada de: <https://www.tiempo.com/ram/2656/infrasonidos-naturales-y-fenmenos-atmosfricos-severos-los-tornados-silbadores/>

**[Gráfica 4]** Fuente Propia [2017] Diagrama polar típico de transductores ultracardioides [Gráfica]

**[Gráfica 5]** Indiegogo [2017] Gráfica polar de los altavoces “A Junior” [Gráfica]  
Recuperada de: [de: https://www.indiegogo.com/projects/a-speaker-the-speaker-that-only-you-can-hear-sound#/](https://www.indiegogo.com/projects/a-speaker-the-speaker-that-only-you-can-hear-sound#/)

**[Gráfica 6]** Fuente Propia [2017] Representación de los pulsos de onda emitidos [Gráfica]

## TABLAS

**[Tabla 1]** Tabla comparativa entre el diseño terrestre y el espacial.

**[Tabla 2]** Valores de la PA en relación a diferentes afecciones

**[Tabla 3]** Comparativa de las alternativas de diseño

**[Tabla 4]** Tabla comparativa de las propiedades de los termoplásticos  
Recuperada de: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion4.SeleccionTERMOPLASTICOS.pdf>

**[Tabla 5]** Tabla comparativa de las propiedades concretas de los termoplásticos

**[Tabla 6]** Especificaciones del Altavoz “A Junior”  
Recuperada de: [de: https://www.indiegogo.com/projects/a-speaker-the-speaker-that-only-you-can-hear-sound#/](https://www.indiegogo.com/projects/a-speaker-the-speaker-that-only-you-can-hear-sound#/)

**[Tabla 7]** Diferentes dimensiones de las abrazaderas en torno al ángulo y D

**[Tabla 8]** Datos ergonómicos de la estatura  
Extraído de: [http://comisionnacional.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev\\_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf](http://comisionnacional.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf)

**[Tabla 9]** Datos ergonómicos de la anchura de hombros  
Extraído de: [http://comisionnacional.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev\\_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf](http://comisionnacional.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf)

**[Tabla 10]** Datos ergonómicos del espesor del pecho  
Extraído de: [http://comisionnacional.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev\\_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf](http://comisionnacional.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf)

**[Tabla 11]** Datos ergonómicos de la anchura cadera + b  
Extraído de: [http://comisionnacional.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev\\_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf](http://comisionnacional.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf)

**[Tabla 12]** Datos ergonómicos de la anchura de los pies  
Extraído de: [http://comisionnacional.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev\\_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf](http://comisionnacional.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2001/14/artFondoTextCompl.pdf)

**[Tabla 13]** Monografía técnica

# EXPLORACIÓN DEL PROBLEMA

## TÉCNICA POEMS

Esta es una técnica de síntesis de problemas y tal y como describen Gasca, J. y Zaragoza, R. en *Designpedia*: “es un método de abstracción e investigación que se utiliza para dar sentido a los diferentes elementos presentes en un contexto o escenario. Los elementos son estos cinco: personas, objetos, entorno, mensajes y servicios [POEMS]” (Madrid, 2014).

El usuario potencial del producto es la ESA, aunque el usuario beneficiario son los astronautas de esta misma agencia. El objeto a diseñar es un dispositivo de entrenamiento espacial, con el objetivo de mantener la estructura ósea y muscular de este usuario. Y, el entorno en el que se integrará dicho producto es la Estación Espacial Internacional.

Con esta técnica se pretende dar una visión general del contenido del proyecto para terminar de describir su objetivo.

## PERSONA



Figura 2: Astronauta en la Luna

## ENTORNO

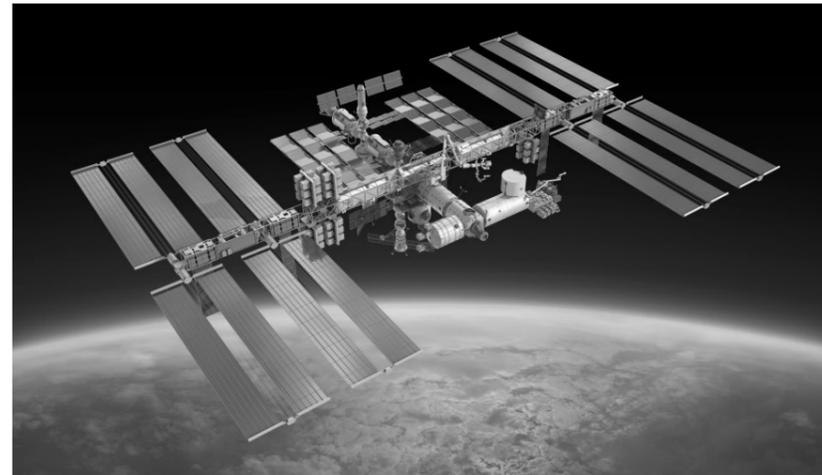


Figura 3: Estación Espacial Internacional

## OBJETO



Figura 1: Máquina de ejercicio espacial

## SERVICIO



Figura 4: Atrofia muscular

# ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Analizar los dispositivos con los que conviven los cosmonautas, encontrar sus EDP's críticas y deseables y determinar las bases para desarrollar el producto.

**Diseñar un dispositivo que, en condiciones de microgravedad, ayude a los cosmonautas a mantener sus condiciones fisiológicas.**

Estudiar los fundamentos de la microgravedad en el entorno específico para comprender las condiciones para las que el producto se diseña.

Enfocar el análisis de usuario a comprender las condiciones de vida y hábitos de los cosmonautas durante las misiones espaciales.

Investigar cuáles son los entrenamientos físicos y psicológicos a los que se enfrentan los astronautas antes de realizar misiones y analizar los dispositivos de entrenamiento que utilizan en las estaciones.

# HITOS DE LA HISTORIA ESPACIAL<sup>[1]</sup>



Figura 5: Yuri Gagarin

La era espacial comenzó en 1957 tal y como apunta Alicia Rivera en *El País* donde afirma lo siguiente: “La carrera espacial comenzó, oficialmente, hace 50 años. El Sputnik, una minúscula nave, fue la primera que dio vueltas a la Tierra. La rivalidad entre Estados Unidos y la antigua URSS fue el primer motor de la odisea espacial.” [París, 2017].

## AÑOS 50's

- 1957** (URSS) Lanzamiento del primer satélite artificial, el Sputnik 1.  
(URSS) Lanzamiento del Sputnik 2 con la perra Laika.
- 1958** (EEUU) Lanzamiento del Explorer 1 y descubrimiento de los cinturones Van Allen.  
(EEUU) Fundación de la NASA como centro de investigación estadounidense.
- 1959** (EEUU) Envía dos monos al espacio siendo los primeros seres vivos que regresan con vida a la Tierra.  
(URSS) Lanzamiento de la primera sonda a la Luna, el Lunik 2.

## AÑOS 60's

- 1961** (URSS) Envía al primer hombre al espacio: Yuri Gagarin en un vuelo de 108 minutos en el Vostok.  
(EEUU) Envía al primer estadounidense al espacio: Alan Shepard. A bordo de la nave Freedom 7.
- 1962** (EEUU) John Glenn recorre la órbita de la Luna en la cápsula Amistad 7.
- 1963** (URSS) Valentina Tereshkova se convierte en la primera mujer en ir al espacio dando 49 vueltas a la Tierra durante tres días.

- 1969** (EEUU) El Apolo 11 llega a la Luna y Armstrong junto a Buzz pasean dos horas por la Luna colocando equipos y tomando muestras.

## AÑOS 70's

- 1971** (URSS) Lanza la Salyut, conocida por ser la primera estación espacial.
- 1973** (EEUU) La NASA lanza la estación Skylab.
- 1975** Se alían los EEUU y la URSS en un proyecto internacional, el Apolo Soyuz.  
Fundación de la ESA como centro de investigación tecnológico europeo.

## AÑOS 80's

- 1986** (URSS) Lanza a órbita la Estación MIR, la primera estación modulable.

## AÑOS 90's

- 1990** (EEUU) Lanza el Telescopio Espacial Hubble desde la nave Discovery.

## AÑOS 2000

- 2003** (CHINA) Lanza su primera misión al espacio: Yang Liwei a bordo de la Shenzhou 5.

# Fase 1

Investigación

# **Anexo II**

Fundamentos de la Microgravedad y análisis de la ISS, estudio del entorno.

# ÍNDICE

## ANEXO II

INTRODUCCIÓN	38
LA AGENCIA ESPACIAL EUROPEA	39
SEDES Y MIEMBROS	41
ESTRUCTURA	42
ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL	43
CONFIGURACIÓN	44
MÓDULOS PRESURIZADOS	45
MÓDULOS NO PRESURIZADOS	51
LA VIDA EN LA ESTACIÓN ESPACIAL	52
FUNDAMENTOS DE LA MICROGRAVEDAD	60
ENTREVISTA A EXPERTO	62
MICROGRAVEDAD ARTIFICIAL	70
CONCLUSIONES	71



## INTRODUCCIÓN

En este apartado del trabajo se va a centrar en la recabación de información acerca del entorno físico al que va destinado el producto, es decir, la Estación Espacial Internacional a mano de la Agencia Espacial Europea.

### AGENCIA ESPA- CIAL EUROPEA:

- Introducción
- Sedes y miembros
- Estructura

### ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL:

- Configuración
- Módulos presurizados
- Módulos no presurizados
- La vida en la ISS

Figura 6: Transbordador Espacial Discovery

# LA AGENCIA ESPACIAL EUROPEA [2] [3]

La Agencia Espacial Europea, ESA de aquí en adelante por sus siglas en inglés: European Space Agency, es una organización internacional enfocada a la exploración espacial.

La propia Agencia Espacial Europea se define de la siguiente manera: <<La Agencia Espacial Europea es la puerta de acceso al espacio del continente europeo. Su misión consiste en configurar el desarrollo de la capacidad espacial europea y garantizar que la inversión en actividades espaciales siga dando beneficios a los ciudadanos de Europa.>> [2016].

Y, según propone la ESA en el Artículo 2 de la Convención de la ESA, su misión es <<Hacer realidad y promover la cooperación entre los Estados europeos en investigación y tecnología espacial para usos exclusivamente pacíficos.>> [2017].

## ACTIVIDAD

La ESA se distingue de otras agencias espaciales por su involucración en prácticamente todas las áreas espaciales, tal y como se detalla a continuación.

[1] Spin off: término anglosajón referido a un proyecto que nace derivado de otro anterior.

Programa 1

## Ciencias del Espacio

La ESA ha sido pionera en ciencia espacial en varias ocasiones. Pudiendo resaltar los siguientes ejemplos: en 1989 registró la cartografía estelar más completa con la ayuda del Hipparcos. La Ulysses en 1990 fue la primera nave en sobrevolar los polos del Sol y la Smart-1 en 2003 la primera misión europea a la Luna.

Es la ESAC (Madrid) la sede encargada de las operaciones científicas, albergando el SOC (Centro de Operaciones Científicas) de todas las misiones astronómicas y de exploración del Sistema Solar de la ESA.

Programa 2

## Observación de Tierra

Desde 1977 con el lanzamiento de su primera misión meteorológica, Meteosat-1 la ESA ha estado observando la Tierra, y siendo Envisat en 2002 el mayor satélite construido enfocado al estudio de mediambiente.

Es el ESTIN (Italia) la sede de la ESA donde se gestionan las operaciones de misiones de Observación de la Tierra. Es aquí donde se encuentra la mayor base de datos del mundo de información medioambiental para Europa y África.

Programa 3

## Tecnología y aplicaciones integradas

La sede de este campo de estudio se encuentra en ESTEC (Holanda, ver página 11) y con su desarrollo se fomenta la competitividad de la industria europea, aplicando la tecnología espacial a otros ámbitos [spin-off <sup>1</sup>].

Programa 4

## Exploración

La ESA está dentro del Programa Marco de Exploración Europea [E3P], el cual aúna los conocimientos a nivel europeo en un único proceso de exploración que se dedicará al estudio en la Estación Espacial Internacional, ExoMars,...



Figura 7: Centro de Control de la ESA

## LA AGENCIA ESPACIAL EUROPEA

Programa 5

### Telecomunicaciones

Este programa comenzó en 1968 con el desarrollo de satélites de comunicaciones y poniendo en órbita diez años más tarde el satélite OTS.

Este programa comprende el módulo de Investigación Avanzada en Sistemas de Telecomunicaciones (ARTES) donde se estimula la innovación y se fomenta el desarrollo de nuevos productos y servicios.

Programa 6

### Lanzadores

Cuenta con los lanzadores Ariane y Vega, desarrollados por la ESA. Estos lanzadores operan desde el CSG [Centro Espacial de la Guayana] en la Guayana Francesa.

Los lanzadores Ariane son los más exitosos a nivel mundial, y suelen complementarse con los lanzadores Vega y Soyuz.

Programa 7

### Vuelos tripulados

La ISS, con la participación de EEUU, Japón, Rusia, Canadá y Europa es el mayor logro de cooperación internacional en la ciencia espacial.

La principal aportación de la ESA a la ISS es el laboratorio Columbus, especializado en la dinámica de fluidos y ciencias de los materiales. Seguido del vehículo de reabastecimiento ATV.

Europa ha desarrollado casi la mitad de los módulos presurizados de la ISS, entre los que se encuentran la Cúpula y los Nodos 2 y 3.

Programa 8

### Operaciones de misiones

Este programa se gestiona desde el ESOC [Centro Europeo de Operaciones Espaciales]. Y, cuyo objetivo es estudiar y desarrollar conceptos y tecnologías para las misiones y planificar las operaciones en el espacio mediante simulaciones terrestres.

Incluye el Programa de Conocimiento del Medio Espacial [SSA] cuya función es capacitar a Europa en sistemas y servicios civiles para proteger la Tierra y los satélites.

Programa 9

### Navegación por satélite

El proyecto más importante que se trata en este programa es el diseño y desarrollo del Galileo, que ofrecerá asistencia técnica de localización GNSS

Figura 8: Ariane 6



## SEDES Y MIEMBROS <sup>[3]</sup>

### Sedes

La sede principal de la ESA se encuentra en París (Francia) y es por dónde se tramitan todos los proyectos.

Aunque, la ESA dispone de centros en el resto de Europa, tal y como se muestra en la Figura 2:

- EAC: Centro Europeo de Astronautas [Colonia, Alemania]
- ESAC: Centro Europeo de Astronomía Espacial [Madrid, España]
- ESOC: Centro Europeo de Operaciones Especiales [Darmstadt, Alemania]
- ESRIN: Centro de la ESA para la Observación de la Tierra [Frascati, Italia]
- ESTEC: Centro Europeo de Investigación y Tecnología Espacial [Noordwijk, Holanda]
- ECSAT: Centro Europeo de Aplicaciones Espaciales y Telecomunicaciones [Oxfordshire, Reino Unido]
- Centro de la ESA [Redu, Bélgica]

Por otro lado, Eslovenia es miembro asociado y Canadá participa en algunos programas con acuerdos de colaboración temporales.

La ESA también cuenta con oficinas de coordinación en EEUU, Rusia y Bélgica, una base de lanzamiento en la Guayana francesa y estaciones de aterrizaje repartidos por el mundo.[1]



Figura 9: Mapa europeo de centros de la ESA

### Miembros

Forman parte de ella 22 países: Alemania, Austria, Bélgica, Chequia, Dinamarca, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, Rumanía, Suecia y Suiza.[1]

Aunque la ESA tiene firmados acuerdos de colaboración con siete estados que no son miembros: Bulgaria, Eslovaquia, Letonia, Chipre, Malta y Lituania.[1]

## ESTRUCTURA <sup>[2]</sup>

### Presupuesto

El presupuesto anual financiado por los miembros de la ESA para 2017 es de 3,65 B€<sup>2</sup> repartidos sobre todo entre Francia, que acapara un 22,7% [855,9 M€<sup>3</sup>] y Alemania con un 22,7% [que en su caso asciende a 858,4 M€], Italia que invierte un 14,6% [550,0 M€], Reino Unido apuesta con un 7,9% [300,0 M€] y España, que aporta un 4,0% [151,2 M€].<sup>[3]</sup>

Este presupuesto se financia con la contribución económica de cada país miembro, en función del PIB<sup>4</sup> de cada país.

Además, los países pueden participar en los programas adicionales que desarrolla la ESA aportando la contribución que deseen.

A esta cantidad hay que añadir 1,97 B€ que obtienen mediante otras fuentes de ingresos, lo que hace un total de 5,75 B€.

El programa que más presupuesto acapara es el de Observación de la Tierra, llevándose un 26,9% del total, y le siguen los Lanzadores con un 18,9%. Aunque, la mayor parte del presupuesto se destina a contratos con la industria europea siendo responsable de la i+d de los proyectos espaciales.

[2] B€: Término referido a billones de euros.

[3] M€: Término referido a millones de euros.

[4] PIB [Producto Interior Bruto]: Es una magnitud macroeconómica que corresponde al valor monetario de la producción

### Plantilla

Emplea a 2289 personas en su plantilla, entre ellos: científicos, ingenieros, especialistas en tecnología de la información y personal administrativo en los países miembros.

El Consejo es el órgano de gobierno de la ESA representado por todos los miembros.

Aunque, cada una de las secciones de investigación independiente tiene su propia dirección, que depende del Director General que elige el Consejo cada cuatro años, que en la actualidad (Feb/2017) es Johann- Dietrich Woerner<sup>5</sup>.

Director de Ciencia: Álvaro Giménez Cañete

Director de Lanzadores: Daniel Neuenschwander

Director de Vuelos Tripulados: David Parker

Director de Servicios Internos: Jean Max Puech

Director de Operaciones: Rolf Densing

Director de Tecnología: Franco Ongaro

Director de Observación Tierra: Josef Aschbacher

Director de Telecomunicaciones: Magali Vaissiere

Director de Navegación por Satélite: Paul Verhoef

de bienes y servicios de demanda, en este contexto, de un país durante un año. [5] Johann-Dietrich Woerner (Kassel, Alemania, 18-07-1954): Fue escogido como Director General de la ESA el 18 de diciembre de 2014 y comenzó su mandato el

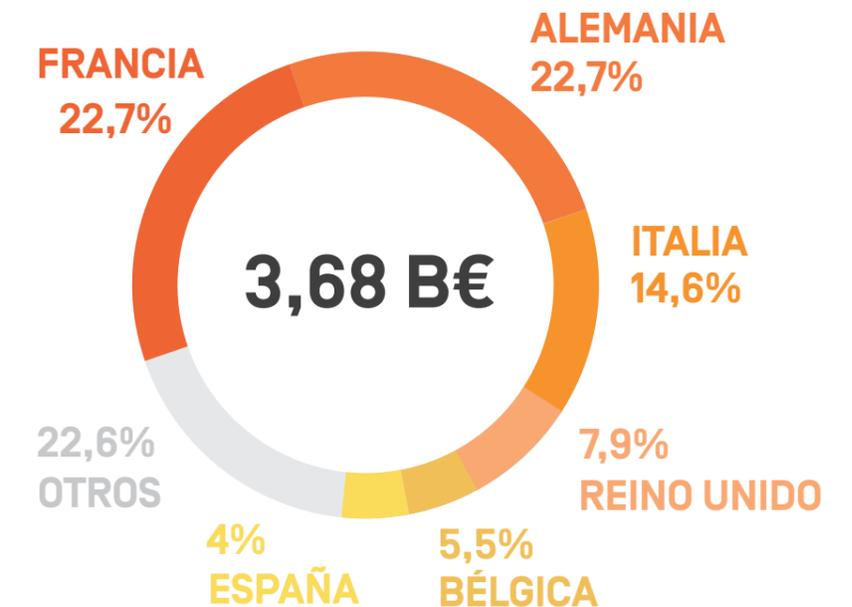


Figura 10: Diagrama del presupuesto de la ESA

1 de julio de 2015 en París. Entre sus principales tareas se encuentra el desarrollo de los programas, proyectos y misiones de la ESA en cooperación con los países miembros. [3]

# ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL

La ISS es un centro de investigación a cargo de la cooperación internacional situado en la órbita terrestre.

Funciona como una estación espacial permanentemente tripulada, en la que rotan equipos de astronautas e investigadores de las cinco agencias del espacio que participan en el proyecto: la Agencia Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio [NASA], la Agencia Espacial Federal Rusa [FKA], la Agencia Japonesa de Exploración Espacial [JAXA], la Agencia Espacial Canadiense [CSA] y la Agencia Espacial Europea [ESA].

La ISS comenzó a construirse en 1998 con el lanzamiento de Zayra y, actualmente, es el objeto artificial más grande en órbita terrestre.

Completa una vuelta cada 92 minutos y se encuentra a unos 390 km de altura de la superficie de la Tierra.

Aunque, esta altura puede variar debido a que la fricción atmosférica, las repetidas propulsiones y la presión de radiación<sup>6</sup> [entre otras] producen micro-fuerzas que se traducen en una reducción de la velocidad de la estación, por lo que se generan alteraciones en la trayectoria de la órbita.

La Estación está inclinada 51,6° aproximadamente y sus dimensiones son de 110 x 100 x 30 metros, gran parte de ella acaparada por superficie habitable.

Gracias a la ISS puede haber presencia humana permanente, siendo por lo menos de dos habitantes desde noviembre del año 2000.

En un principio, la ISS tenía una capacidad de tripulación de tres astronautas, pero desde la llegada de la Expedición 20<sup>7</sup> se adaptó para albergar hasta seis tripulantes.

El contratista principal del proyecto fue Astrium, que lideró un consorcio de muchos otros subcontratistas.

Se suministra de energía solar gracias a los ocho paneles fotovoltaicos más grandes construidos en el espacio, con una potencia de 84 kW tal y como se puede apreciar en la Figura 5. [4]

## Características generales<sup>[5]</sup>:

- Longitud del módulo: 51 m
- Longitud del rack: 109 m
- Longitud de los paneles solares: 73 m
- Masa: 419.455.388 metros cúbicos
- Volumen presurizado: 916 metros cúbicos
- Laboratorios: 4
- Velocidad: 27.743 km/h
- Altura aproximada: 400 km
- Producción de energía: 84 kW/8 paneles

## Características ambientales<sup>[5]</sup>:

- Alojamiento para seis tripulantes
- Temperatura en cabina: 16 - 27 °C
- Presión: 959 - 1013 hPa
- Calor: 22 kW [máximo] con bucles de refrigeración de temperatura moderada y baja.

---

[6] Presión de radiación: : Es la presión que produce la absorción de la radiación electromagnética [en este caso la radiación solar] sobre una superficie expuesta [en este caso los paneles solares sobre todo]. Se traduce en la densidad del flujo de la energía dividida por la velocidad de la luz. Si la radiación se refleja en su totalidad, la presión de radiación se duplica.

[7] Expedición 20: Fue la vigésima estancia de larga duración en la ISS. En mayo de 2009 se acopló a la Estación y fue la primera vez que se mandaron seis tripulantes.[9]

## ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL



Figura 11: Estación Espacial Internacional (ISS) en órbita

Según los cálculos, la ISS permanecerá operativa hasta el año 2024 y será abastecida por la Lanzadera rusa denominada Soyuz<sup>8</sup>

Los astronautas y suministros son enviados en transbordadores espaciales de Estados Unidos y las naves rusas Soyuz y Progress<sup>9</sup>. Los astronautas que llegan a la ISS para realizar una de estas misiones suelen vivir y trabajar en órbita durante un periodo de seis meses.

Como se ha apuntado anteriormente, la ISS está en continua construcción, aunque ya consta de módulos como el Zayra que se utiliza principalmente para el almacenamiento de suministro y tanques de combustible externos o el módulo Zvezda que se contiene las habitaciones de la tripulación y los sistemas de soporte vital. El laboratorio Destiny funciona como una instalación para la realización de experimentos del campo de materiales o tecnología, mientras que el laboratorio Columbus se especializa en experimentación sobre ciencias naturales o física de fluidos.

Los módulos se añaden gracias a los puertos de acoplamiento que a su vez disponen de salidas al exterior para realizar paseos espaciales con el objetivo de construir la estación. **[6]**

[8] Lanzador Soyuz: Vehículo de lanzamiento fabricado en Rusia que se utiliza para enviar naves tripuladas (Soyuz) y no tripuladas (Progress) hasta la ISS.

[9] Progress: Familia de naves espaciales no tripuladas rusas utilizadas para enviar suministros y combustible a la ISS.

ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL

# CONFIGURACIÓN

La Estación comenzó a construirse en 1998 y desde entonces ha estado en continua evolución.

## Cronograma de ensamblaje [7]

En este cronograma va a mostrarse una línea temporal con la inclusión de módulos a la Estación Espacial hasta la fecha (2017). Los datos han sido extraídos de los archivos de la NASA.

Lanzamiento	Módulo
1998, Nov. 20	Zarya
1998, Dic. 8	Unity
2000, Jul. 25	Zvezda
2001, Feb. 10	Destiny
2001, Abr. 22	Canadarm 2
2001, Sep. 16	Cámara Pirs
2007, Oct. 26	Harmony
2008, Feb. 11	Columbus
2008, Mar. 14	Kibo
2009, Nov. 12	Poisk
2010, Feb. 12	Tranquility

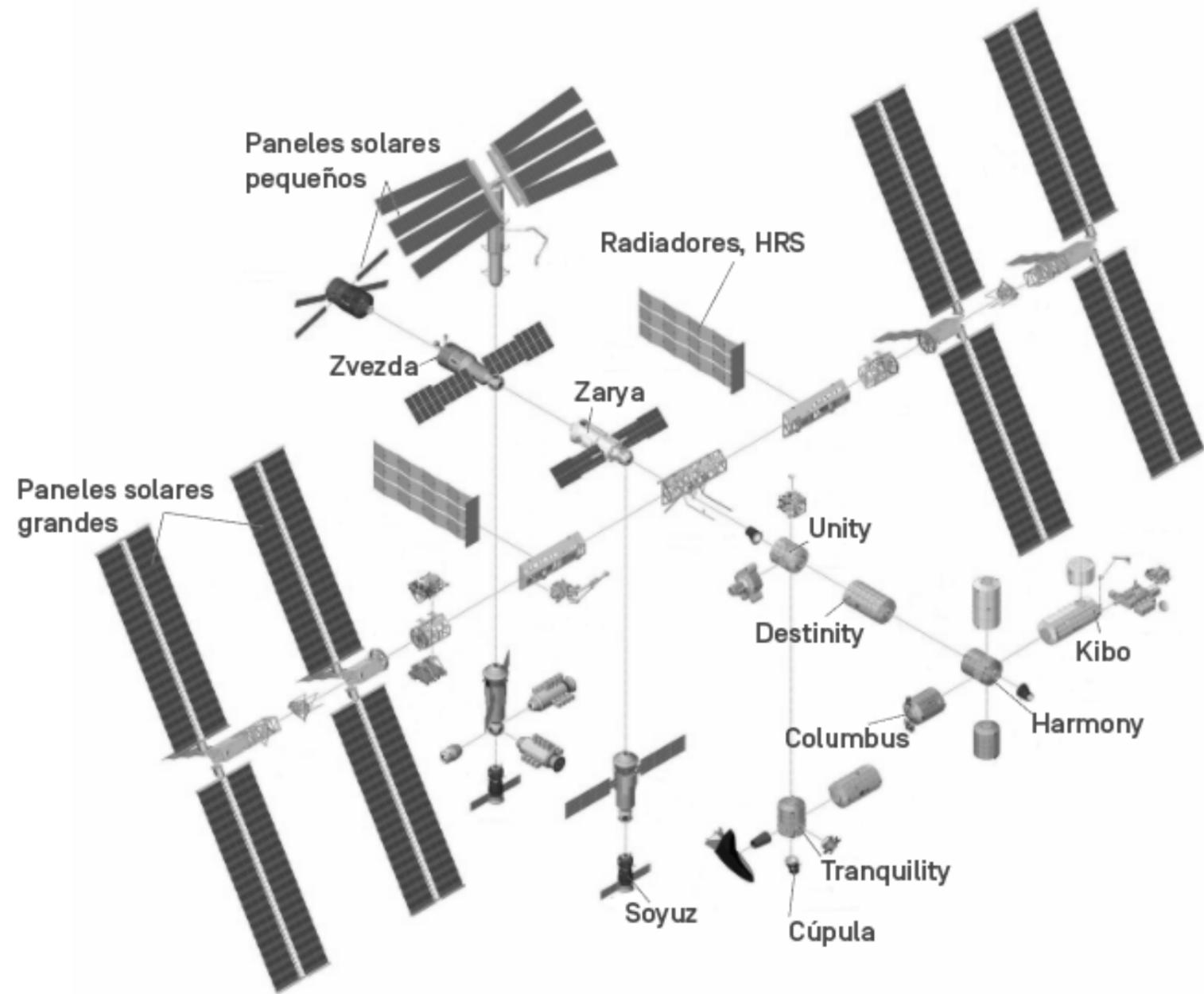


Figura 12: Despiece de módulos de la ISS

# MÓDULOS PRESURIZADOS

## Módulo Unity <sup>[10]</sup>

El módulo Unity [Figura 13] fue lanzado el 8 de diciembre de 1998 convirtiéndose en el primer módulo estadounidense en la estación y el primero de los tres nodos de conexión, junto con Harmony y Tranquility.

Unity es una galería fabricada con aluminio que conecta las áreas de alojamiento y trabajo de la ISS. Con una longitud aproximada de 5,5 m y un diámetro de unos 4,5 m y pesa aproximadamente 11,7 toneladas. Consta de seis puertos de atraque, uno en cada lado, contiene más de 50.000 elementos mecánicos, 216 tubos para transportar fluidos y gases y 121 cables eléctricos internos y externos, además de recursos esenciales de la Estación como los fluidos, el control ambiental, el soporte de vida y sistemas eléctricos y de datos. Está equipado con un sistema de telecomunicaciones que permite la comunicación con el Centro de Control de Houston.

Tras la llegada del primer módulo [Zarya] en 1998, el transbordador espacial Endeavour se lanzó en diciembre de este mismo año con el nodo Unity. Aunque Unity se lanzó en la primera misión dedicada al montaje de la estación, la Misión STS-88.

Respecto a los materiales de fabricación, el aluminio proporciona ligereza y resistencia ante la presión radiactiva aunque, actualmente, es el material que mejor funciona, están desarrollando otra línea de materiales a fin de reforzar estas dos características.

## Zarya <sup>[11]</sup>

Zarya fue lanzada el 20 de noviembre de 1998, y se como FGB por sus siglas rusas. Fue el primer módulo de la ISS y el encargado de suministrar la energía eléctrica, almacenamiento y ser utilizado como guía estructural a la ISS durante la etapa inicial de montaje.

Aunque, tras el montaje de módulos con funcionalidades más especializadas, Zarya ha pasado a ser utilizada como módulo de almacenamiento, tanto en el interior como en el exterior con tanques de combustible montados en el exterior.

Está diseñada para proporcionar la propulsión y la energía inicial del complejo orbital. Tiene una longitud de 12,5 m y una anchura de 4,1 en su punto más amplio. Zarya tiene dos paneles solares que miden 10,7 metros de longitud y 3,35 metros de ancho. Lo que hace un peso total de 19,3 toneladas y produce unos 3 kW de potencia.

Consta de seis baterías de Ni-Cd y paneles solares, que proporcionan un promedio de 3 kW de corriente eléctrica.

Concluyendo, la función de este módulo es principalmente almacenar y propulsar la estación, que requiere de elevar la altura de su órbita periódicamente.



Figura 13: Módulo Unity

## Laboratorio Destiny <sup>[12]</sup>

Fue lanzado el 10 de febrero de 2001 a bordo del Space Shuttle Atlantis [Transbordador Espacial Atlantis] y es el Laboratorio de los Estados Unidos.

Destiny, de 8,5 metros de longitud, 4,25 metros de diámetro y 14,5 toneladas, es el principal laboratorio de investigación primario que soporta una amplia gama de experimentos y estudios que contribuyen a la salud, seguridad y calidad de la vida, gracias a la posibilidad de probar procesos físicos en ausencia de gravedad.

Está diseñado a partir de módulos [racks] que pueden ir cambiándose y readaptándose cuando sea necesario, alojando un total de 24 racks y un sistema de soporte de vida.

Además, en Destiny se encuentra el centro de control de las operaciones con el brazo robótico de la Estación.

## Cámara de descompresión Pirs <sup>[13]</sup>

El 16 de septiembre de 2001 se envió Pirs al espacio. Comprende dos escotillas para salidas extravehiculares, dos sistemas de acoplamiento, uno para su unión con el Zviodza y otro para las naves Soyuz y Progress.

Se emplea como puerto de atraque complementario y como esclusa estanca para permitir la salida de astronautas al exterior de la estación, para la realización de paseos espaciales.

## Mini Research Module 2, MR2M o

### Poisk <sup>[14]</sup>

Es un módulo de acoplamiento [Ver figura 14] que enviaron los rusos en 2009, funcionalmente similar a la Cámara de descompresión Pirs. Pirs se encuentra en el inferior del módulo Zvezda y Poisk en la parte superior.

Combina varias funcionalidades además de ser un módulo de acoplamiento, también se dedica a la exploración, y la experimentación por parte de los rusos.

Se utiliza como puerto de atraque de buques de la Soyuz y de la Progress, como una esclusa para paseos espaciales gracias a su cámara de descompresión y dispone, además, de una interfaz para la realización de diferentes experimentos científicos.

Tiene un volumen habitable de 10,7 m<sup>2</sup>, un diámetro máximo de 2,5 metros y una longitud de 4 metros, lo que hace un peso total de 3670 kg.

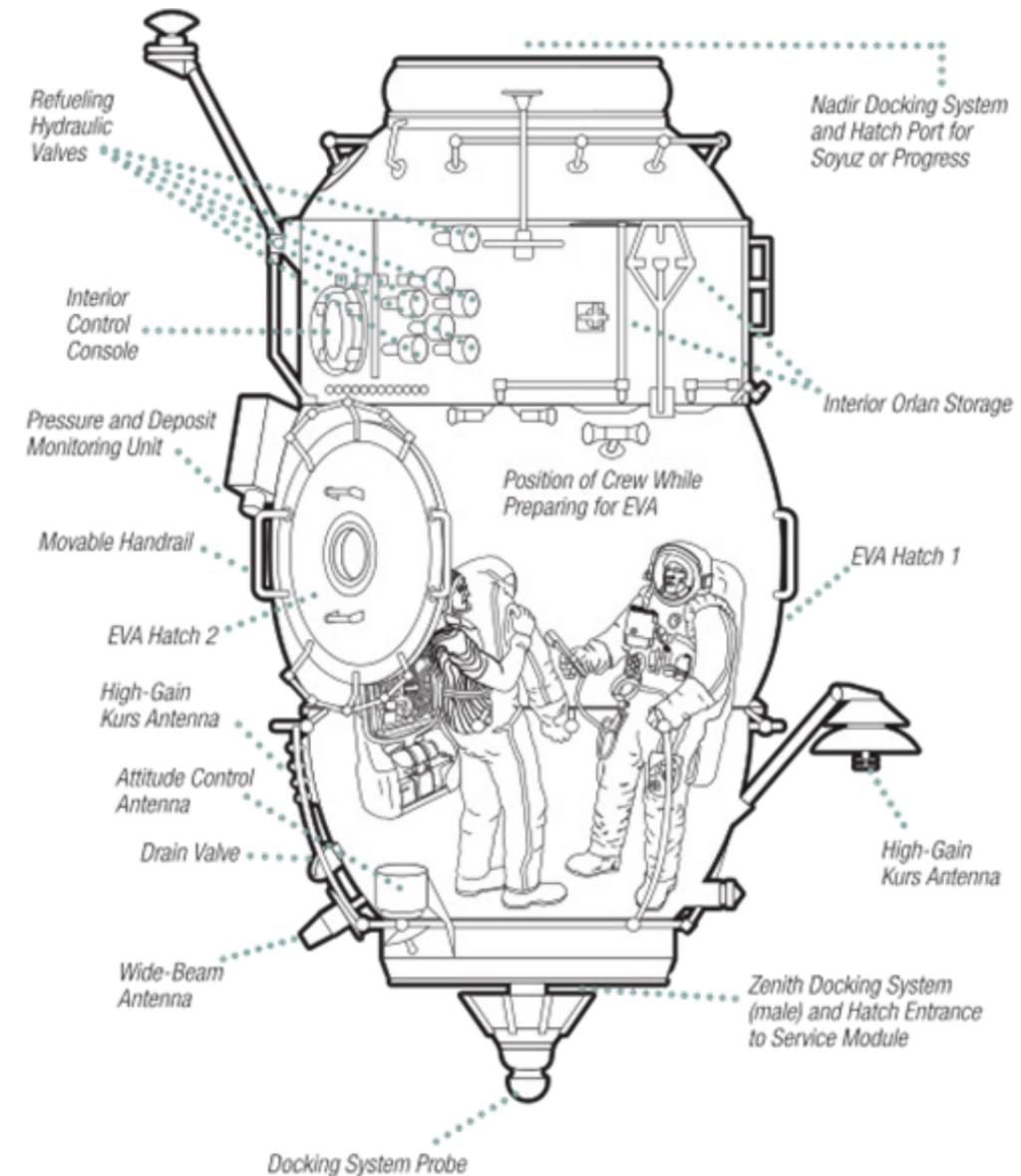


Figura 14: Poisk Mini-Research Module 2

## ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL - Módulos presurizados

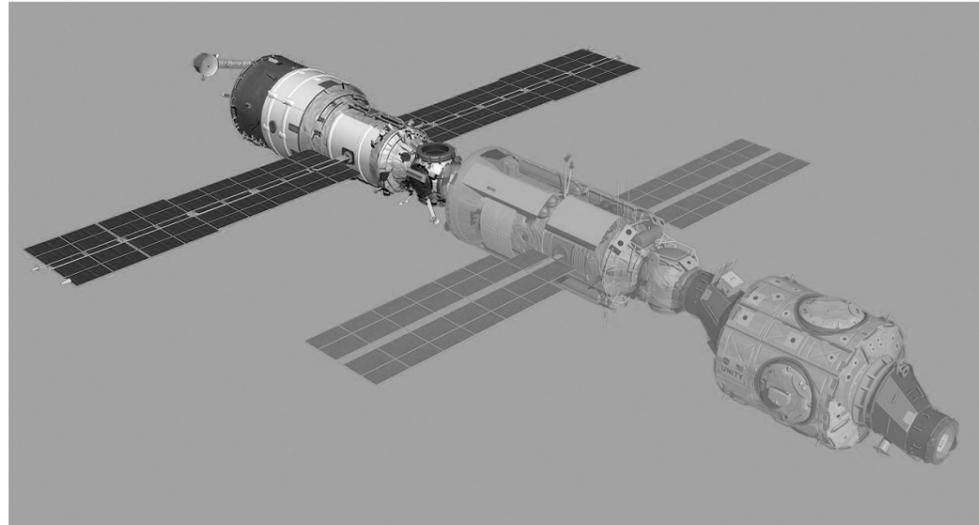


Figura 15: Módulo Zvezda



Figura 16: Sonda de acoplamiento

**Zvezda** <sup>[15]</sup>

Este módulo fue el tercero en enviarse a la estación, acoplándose en el año 2000 con Zarya. Es el centro funcional y estructural ruso dentro de la estación. Zvezda es un compartimento de trabajo donde la tripulación puede vivir y trabajar, una cámara de transferencia con puerto de atraque, un compartimento de ensamblaje despresurizado alrededor de la máquina de transferencia y un compartimento de transferencia con tres puertos de atraque.

Consta de dos dormitorios para la tripulación, una cinta para correr y una bicicleta para ejercicios, váteres y otras instalaciones de higiene con cocina con frigorífico y congelador. Además de un ordenador principal para la orientación y navegación. Y, está diseñado con catorce ventanas que dan al exterior, dieciséis propulsores y dos mayores para la propulsión, y ocho baterías para almacenar energía.

Contiene el sistema Elektron encargado de electrolyzar la humedad condensada y las aguas residuales para proporcionar hidrógeno y oxígeno. Se expulsa el hidrógeno al espacio y el oxígeno se usa para respirar. El agua condensada y residuales pueden utilizarse para beber en caso que sea necesario, pero para ese fin suele utilizarse agua de la Tierra.

Proporcionando los primeros habitáculos de la estación, los sistemas de soporte de vida, distribución de la corriente eléctrica, sistema de procesamiento de datos, sistema de mandos de vuelo, sistema de

propulsión y sistema de comunicaciones incluyendo capacidades de comando para regular el vuelo.

Como curiosidad, este módulo ha sido criticado por ruidoso y la tripulación ha necesitado utilizar tapones en numerosas ocasiones. Sus longitud es de 13,1 metros, aunque los paneles solares se extienden hasta los 29,7 metros, lo que hace un peso total de aproximadamente 18 toneladas.

## Módulo de soporte vital Harmony <sup>[16]</sup>

Junto con Unity, el nodo Harmony constituye un nodo de conexión entre módulos.

Fue acoplado a la estación el 26 de octubre de 2007. Es un módulo de conexión entre el laboratorio europeo Columbus, el laboratorio estadounidense Destiny y el laboratorio japonés Kibo, aunque también proporciona un puerto de acoplamiento para el Space Shuttle y el vehículo de transferencia japonés HII. Consta de un soporte vital que proporciona oxígeno, electricidad, agua y otros sistemas necesarios para el correcto desarrollo de la estancia de los astronautas.

Con 6,7 metros de longitud, 4,5 metros de diámetro y 70 m<sup>3</sup> de volumen presurizado, este módulo alberga dos dormitorios para la tripulación de la ISS .

## Laboratorio Columbus <sup>[17]</sup>

El módulo contiene 10 estantes ISPR. Es el laboratorio europeo, y tiene una longitud de 6,87 m y un diámetro de 4,5 m con un peso bruto de 10,3 toneladas, llegando a 19,3 t cuando el laboratorio esté a máxima capacidad. Este módulo se remonta a 1985, cuando la ESA aprobó el programa Columbus.

Columbus es, entonces, un laboratorio de investigación que está conectado a la ISS y aloja la tecnología de estudio para experimentar en el campo de la investigación de materiales, física fluida y ciencias de la vida.

Su instalación externa está preparada para albergar experimentos en el campo de la ciencia espacial, la observación de la Tierra y la tecnología.

Las dimensiones aproximadas del Columbus son las siguientes: 6,87 metros de longitud, 4,47 metros de diámetro máximo y un volumen total interno de 75m<sup>3</sup>.

Incorpora diverso material hardware para la realización de los experimentos que tienen lugar en las misiones, tal como: un laboratorio biológico, un laboratorio de Ciencias de Fluidos, el Módulo Fisiológico Europeo, varios ordenadores de datos y de unidades de mando y medida, unidad de memoria de masa, monitores de audio, alarmas, aparatos respiratorio portátil, paneles de luz, válvulas y ventiladores de ventilación inter-modular, válvulas de sistema de control térmico, unidad de distribución de potencia e intercambiadores de calor.

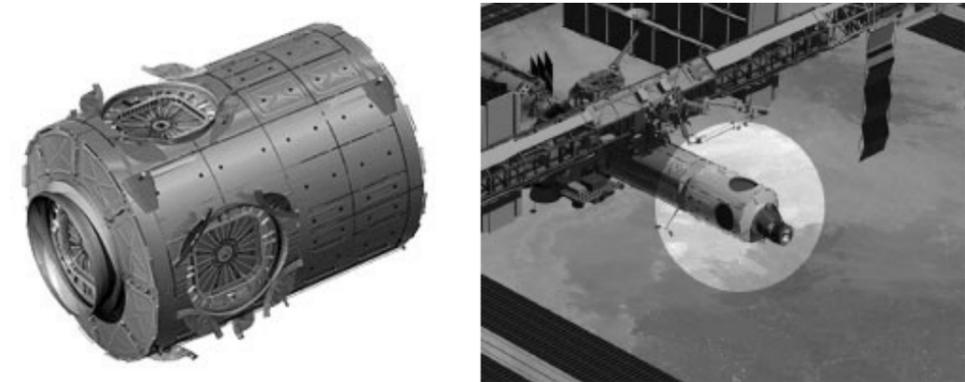


Figura 17: A la izquierda una imagen en detalle del nodo Harmony y a la derecha el nodo Harmony ensamblado al laboratorio Destiny

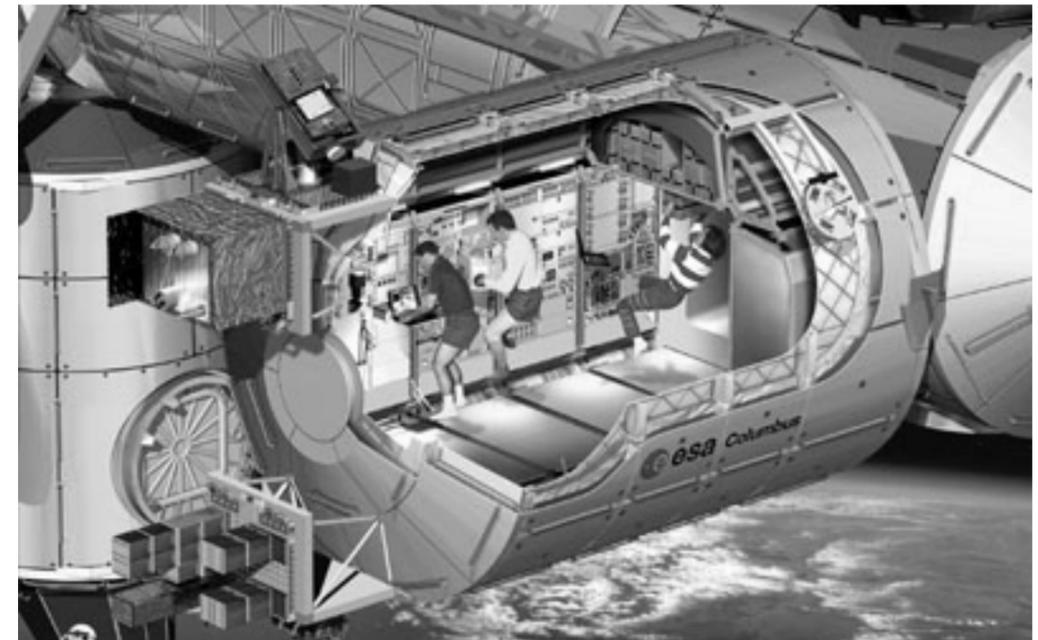


Figura 18: Laboratorio Columbus



Figura 19: Laboratorio japonés KIBO

## LABORATORIO KIBO [18]

Es el módulo de experimentación japonés [JEM] destinado a acelerar el progreso asiático de la medicina espacial, biología, biotecnología y telecomunicaciones.

Es el complejo habitable de Japón y realiza las capacidades únicas de investigación de la ISS [Ver figura 19].

Kibo es el nodo más grande de la ISS con 11,2 metros de largo y 4,4 metros de diámetro y tiene cuatro instalaciones: un módulo presurizado, una instalación expuesta al espacio [denominada Exposed Facility, EF] para los experimentos que requieran de una exposición total al entorno espacial, el Módulo Experimental de Logística y el Sistema Remoto Manipulador [JEMRMS], un brazo robótico montado en el puerto de atraque del módulo presurizado para dar soporte al EF.



Figura 20: Vista inferior del módulo Cúpula

## TRANQUILITY [19]

Fue lanzado y conectado a la Cúpula en Febrero de 2010 con el Transbordador Espacial Endeavour como parte de la misión STS-130.

Es el último nodo de EEUU [2017] y contiene un sistema de apoyo vital avanzado que recicla las aguas residuales de la tripulación y genera oxígeno a partir de ella para contribuir con la atmósfera artificial de la ISS.

## CÚPULA DE OBSERVACIÓN [20]

Este módulo está concebido para ser un observatorio y área de control de la ISS. [Ver figura 20]

Cuenta con siete ventanas que proporcionan a la tripulación una visión panorámica para observar y dirigir operaciones en el exterior de la estación con el brazo robótico y durante los paseos espaciales.

Junto al Tranquility, fue lanzado en Febrero de 2010 con el Transbordador Espacial Endeavour como parte de la misión STS-130

ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL

## MÓDULOS NO PRESURIZADOS

Estos módulos se van a describir brevemente porque es interesante mencionarlos para conocer el funcionamiento de la ISS, pero no es necesario profundizar para la resolución de este proyecto.

### Estructura de almacén integrada (ITS) [21]

Almacén de aluminio que forma la espina dorsal de la ISS. Y de compone de varias subestructuras: los armazones Z1, S0, P1, S1, P2, S2, P5, S5, P6, S6 y los ensamblajes P3,P4, S3, S4,

Esta estructura soporta los radiadores de la ISS, los paneles solares, la estructura móvil del brazo canadiense y otros equipos.

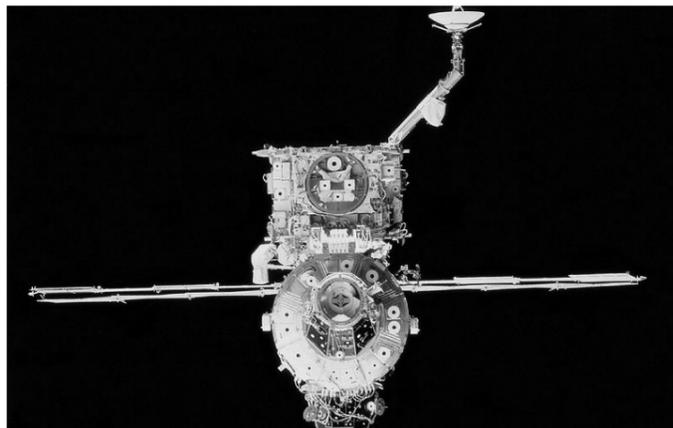


Figura 21: Almacén Z1 (arriba) y módulo Unity (debajo)

### Heat Rejection System (HRS) y Photovoltaic Radiator (PVR) [21]

Estos sistemas son estabilizadores del calor fundamentales para el correcto funcionamiento de la estación. A través de elementos de irradiación se evacúa el calor excesivo. Hay radiadores de tres filas en los módulos centrales y en el resto de módulos hay un radiador más pequeño. Los radiadores se encargan de impedir que se acumule el calor y que los sistemas instalados en la estación no se vean afectados ante tal situación.

### Paneles solares [22]

Los paneles fotovoltaicos son el sistema de abastecimiento eléctrico de la estación con una potencia de 84 kW.

Hay cuatro grandes paneles solares con una longitud de 73 metros sustentados por dos vigas de aproximadamente 14 metros. Los paneles se mueven sobre dos ejes, de modo que se orientan continuamente buscando la ubicación que optimice la llegada de la radiación solar. Además, existen paneles de menor tamaño para aumentar la eficacia de recogida de energía solar.



Figura 22: Scott Parazynsk reparando los paneles solares de la ISS

# LA VIDA EN LA ESTACIÓN ESPACIAL

"En el espacio, tal y como son ahora las naves espaciales, echas de menos cosas básicas, como poder ventilar la habitación, tener una ducha con agua generosa, yo que sé, hay muchas cosas que no se pueden hacer en el espacio y se van echando de menos" afirmó Pedro Duque\* en una entrevista concedida a la *Revista Gurb*.

La vida en la estación no es fácil, los tripulantes tienen grandes dificultades para detener su movimiento debido a la microgravedad. La única manera que tienen para evitarlo es agarrarse a los elementos que encuentren a su paso, lo cual es un problema también porque al sujetarse a los objetos sujetos en la pared, éstos se desprenden y flotan de manera indefinida.

Las jornadas de trabajo en la estación son de doce horas, en las cuales se realizan diferentes actividades, invirtiendo la mayor parte de su tiempo a preparar y ejecutar experimentos en ingravidez.

En la figura de la derecha se muestra un *timeline* con las tareas básicas que realizan diariamente en la estación, los cuales se detallan en las próximas páginas.

"La vida a bordo se parece a vivir en un camping, pero tienes que acostumbrarte, porque vives aquí 6 meses" Koichi Guacata para *National Geographic*.

[25][26][27][28][29][30][31]

## ASEO Y DESAYUNO

La primera tarea tras despertarse es dedicar unos minutos a su higiene personal y la segunda es coger energía para empezar el día.

## REPASAR LAS TAREAS

Tras ello, contactan con el Centro de Control de la misión situado en la Tierra para repasar las tareas del día.

## REALIZACIÓN DE TAREAS

Tras esto y hasta la hora de comer, se dedican tanto a la realización de las tareas programadas en cada misión como, una vez por semana, a las tareas propias del mantenimiento de la nave limpieza y reparaciones.

## COMIDA

A la hora de la comida se reúnen los astronautas cerca de hora y media y aprovechan para desconectar, sociabilizar y tomar un pequeño tiempo de ocio, lo cual es muy importante para que se genere un ambiente cordial y ameno en la estación

## DESCANSO Y OCIO

Una vez terminado el día, los astronautas deben descansar ciclos de 7-8 horas diarias. Aunque, aprovechan los ordenadores de sus dormitorios para contactar con sus seres queridos de la Tierra, ver películas o escuchar música.

## REALIZACIÓN DE TAREAS

Tras el descanso de la comida los astronautas se disponen a continuar sus tareas.

## EJERCICIO FÍSICO

Los astronautas realizan dos horas mínimas de ejercicio diario para mantener sus condiciones fisiológicas en la medida de lo posible.

## LA VIDA EN LA ESTACIÓN ESPACIAL

**ASEO** <sup>[30]</sup>**El problema del agua** <sup>[32]</sup>

El no tener agua corriente y dinámica de fluidos en ingravidez hace que los astronautas sufran verdaderos problemas a la hora de mantener su higiene.

Enviar agua al espacio hay que utilizar transbordadores especiales, ronda los 20 mil euros por litro, por lo que además, la tripulación deberá gestionar mucho el gasto del agua. Para ello, se ayudan de bolsas con difusores que ayudan a su optimización.

En las naves Space Shuttle existen celdas de combustible que combinan hidrógeno con oxígeno para generar electricidad, lo que trae como subproducto grandes cantidades de agua.

La ISS, por desgracia, no tiene instaladas estas celdas, por lo que la mayor parte del agua consumible se envía desde la Tierra en el Shuttle o naves automáticas como la Progress o el vehículo automático de transporte ATV de la ESA. Pero este agua se destinará en su mayoría a la preparación de comida y bebida.

El agua destinada a efectos higiénicos se toma del aire y recicla, utilizando un sistema ruso bautizado como *Elektron* (Figura 27) que produce cerca de 25 litros diarios electrolizando la humedad condensada y las aguas residuales para proporcionar hidrógeno y oxígeno. El hidrógeno se expulsa al espacio mientras que el oxígeno se utiliza para respirar.

Este sistema de soporte vital se encuentra a bordo del módulo Zvezda y forma parte del segmento ruso.

**La zona de aseo** <sup>[32]</sup>

La zona de higiene es un espacio reducido en el que se ordenan los instrumentos en bolsas diseñadas por los rusos que se cuelgan en la pared expandiendo todo su contenido, tal y como se puede apreciar en la figura 28.

**Lavarse el pelo** <sup>[32]</sup>

Para el lavado de pelo se utiliza un champú que no requiere de aclarado, por lo que los astronautas humedecen su pelo con la bolsa de agua, aplican el champú, masajean el cuero cabelludo y finalmente lo secan con una toalla, tal y como se puede apreciar en la secuencia de figuras 23, 24, 25 y 26:



Figura 23: Mojar el pelo



Figura 24: Enjabonar el pelo



Figura 25: Masajear la cabeza.



Figura 26: Secar con una toalla.



Figura 27: Sistemas Elektron en el Módulo Zvezda



Figura 28: Samantha Cristoforetti en una zona de aseo

## LA VIDA EN LA ESTACIÓN ESPACIAL



Figura 29: Chris Hadfield lavándose los dientes



Figura 30: Samantha Cristoforetti aseándose



Figura 31: Cortarse el pelo en el espacio

**Lavarse los dientes** <sup>[33]</sup>

Para lavarse los dientes (ver figura 29), extraen bolas de agua de la bolsa contedora y las deposita en el cepillo de dientes, se mezcla con pasta y ya puede procederse a cepillar los dientes. Una vez cepillados, la pasta de dientes se traga y para no gastar demasiada agua, absorben un poco y limpian el cepillo dentro de la boca.

**Lavarse el cuerpo** <sup>[32]</sup>

Como se ha apuntado anteriormente, no existen duchas en la estación, en su defecto, los astronautas utilizan otros dos recursos para asearse:

1. Lavado con toallas húmedas: este es el método más rápido. Los astronautas tienen toallas finas que se humedecen con agua y jabón y se frotan por todo el cuerpo. El jabón no genera mucha espuma, por lo que no es necesario enjuagarse, basta con secarse con una toalla.

2. Lavado con agua y jabón: se utilizan las bolsas de agua y se colocan pequeñas cantidades en la piel, a la cual queda fijada debido a la tensión superficial del entorno, tal y como se puede apreciar en la figura 30. A esta pequeña cantidad de agua se le añade un poco de jabón y se frota por la piel. Una vez terminado el aseo, se seca el cuerpo con una toalla grande, la cual renuevan cada semana.

Este proceso es más costoso pero se obtienen mejores resultados y queda una mayor sensación de limpieza.

**Cortarse el pelo** <sup>[32]</sup>

Para cortarse el pelo utilizan unas maquinillas especiales, como se puede ver en la figura 31, que están conectan a una aspiradora, que recoge todo el pelo rasurado, de esta manera, se evita que el pelo flote en el entorno.

**Cortarse las uñas** <sup>[32]</sup>

Para cortarse las uñas deben aproximarse a unos ventiladores que absorben los restos del entorno. Estos ventiladores se encuentran en la pared y a la hora de cortarse las uñas es necesario acercarse a ellos para que los residuos no floten por la estación.

**Retrete** <sup>[32]</sup>

El nombre técnico, que según la NASA, adopta el inodoro espacial es Waste Collection System (WCS), tratándose de un sistema integrado para la recogida y tratamiento de residuos biológicos de los tripulantes. Cada astronauta tiene su boquilla intercambiable que coloca en el tubo de succión para utilizar el inodoro. Los residuos fecales se recogen con corrientes de aire en lugar de con descargas de agua, se filtran y secan para guardarlos en bolsas herméticas antibacterianas. Por otro lado, la orina se recoge y se trata para reciclarla en agua potable.



Figura 32: Samantha Cristoforetti mostrando el retrete

## LA VIDA EN LA ESTACIÓN ESPACIAL

### DESCANSO [33]

La ISS dispone de seis dormitorios en los que los tripulantes pueden descansar y pasar tiempo en la intimidad.

Tal y como se recoge en el artículo *Los beneficios de dormir: Por qué hay que descansar bien por la noche* del **Instituto Nacional de la Salud (NIH)**, el **Dr. Merrill Miller**, experto neurocientífico de dicha institución afirma que "El dormir mantiene todos los aspectos del cuerpo de una forma u otra: el equilibrio energético y molecular, así como también la función intelectual, el estado de alerta y el humor. La pérdida de sueño daña los niveles superiores de razonamiento, resolución de problemas y atención a los detalles".

### Dormitorios [33]

Los dormitorios de los tripulantes [Figura 34] están situados en la pared de babor, la de estribor, en el techo inferior y en el superior, lo cual no es un problema porque en el espacio se pierde la noción de la posición. Dos de ellos se encuentran en el módulo Zvezda, otros dos en el Harmony y el resto en zonas de alojamiento. Estos cuartos son de espacio muy reducido, pero en ellos se encuentra todo lo necesario: un saco de dormir sujeto a la pared, sus objetos personales y sistemas informáticos con los que pueden contactar con la Tierra. No son más altos de 1,90 metros, pero como es razonable, son las únicas zonas en la que los cosmonautas encuentran la intimidad.

### Ciclos de sueño [34]

Los astronautas deben dormir 7-8 horas diarias, pero las alteraciones de sueño debidas a los doce ciclos de luz-oscuridad diarios, la microgravedad, el estrés y factores relativos a la ISS dificultan conciliar y mantener el sueño.

Tal y como apunta el periodista Alejandro Riveiro, en su artículo [35] *Los efectos de vivir en el espacio*, párrafo 4 [2016] en referencia al proceso del descanso:

" El proceso está regulado por una compleja interacción de muchos factores como la luz, la temperatura, la postura, y nuestra alimentación. Así que solemos dormir cuando está oscuro, nos tumbamos cuando dormimos, no comemos cuando vamos a ir a dormir, y nuestra temperatura corporal se reduce al mínimo una vez hemos entrado en el sueño. Para los astronautas, estos factores se ven interrumpidos durante un vuelo espacial de larga duración. La baja gravedad es una diferencia importante: por ejemplo, tumbarse en el espacio es un concepto que no tiene sentido, porque, en ausencia de la fuerza de gravedad, no hay un "abajo", o un "arriba". Nuestro patrón de sueño normal se ve alterado porque nuestro cuerpo no recibe información de nuestra postura durante los ciclos de descanso y actividad."

La luz resulta el aspecto que más altera los ciclos de sueño, tanto por ser el factor que sincroniza el reloj interno humano, como por la supresión de la secreción de melatonina, hormona que facilita el sueño. Otros factores como el ruido de las naves que puede ascender hasta los 65 dB y la vibración de las naves dificulta enormemente conciliar el sueño.

Está científicamente demostrado que es necesario dormir de manera periódica y durante periodos adecuados, que dependen de parámetros como la edad o aspectos socioculturales, para mantener la salud mental y física.



Figura 33: Chris Hadfield acomodándose en su saco de dormir



Figura 34: Koichi Wakata en su dormitorio



Figura 34: Pedro Duque utilizando la máquina de agua caliente



Figura 35: Caja de suministro alimenticio

## COMER <sup>[30]</sup>

Las dietas alimentarias de los astronautas se diseñan específicamente a fin de mantener un estado de salud y peso adecuado y disminuir la probabilidad de desarrollo de enfermedades.

Debido a los doce ciclos de luz-oscuridad cada 24 horas, una incorrecta planificación de horarios de alimentación podría afectar a la salud del astronauta, pudiendo presentarse hipoglucemias, deshidratación y/o alteraciones alimentarias por el contenido de la dieta [grasas, sal, azúcar, cafeína]. Aunque, para una buena realización de la dieta, la previsión debe anticiparse a varios meses en las misiones de larga duración.

Se ha de tener en cuenta, que las modificaciones fisiológicas que sufren los astronautas una vez enviados al espacio, repercuten directamente sobre la alimentación, ya que la ingestión se ve alterada por los cambios de volumen de líquidos corporales, los cambios en la microflora que varían la función gastrointestinal y la alteración en la distribución del gas gastrointestinal.

La alimentación también afecta a nivel psicológico y debe considerarse un planteamiento no sólo desde el punto de vista nutricional, encontrando un equilibrio entre la variación y el aporte nutricional de los alimentos, ya que una reiteración de la dieta podría presentar molestia, depresión, enojo y conflictos interpersonales en los astronautas.

Las dietas se preparan con un alto contenido de calcio y vitamina D para mantener la densidad ósea y baja en grasas saturadas para evitar enfermedades cardiovasculares en la medida de lo posible.

Como era de esperar, los alimentos terrestres no tienen nada que ver con las dietas espaciales; en las misiones de corta duración esto es menos problemático, ya que desde las bases de control, los encargados de tal efecto pueden enviar con los astronautas comida fresca que dura en la Estación en torno a 3 o 4 días, pero en las de larga duración esto se convierte en un problema, debido a la putrefacción de los alimentos frescos.

Es por esto, que los alimentos se deshidratan y conservan en bolsitas individuales y gracias a una máquina de agua caliente que los disuelve y transforma en comestibles.

Se coloca un adaptador en la máquina que permite colocar la bolsita, y se extrae el agua. Una vez extraída, se agita el contenido y se coloca una pajita, para tomar el interior de la misma.

Los sobres se almacenan en "cajas de suministro" [Figura 35] que llegan a la estación gracias a cohetes cargados que envían desde las lanzaderas. En estos cohetes, además, envían comida fresca, fruta sobre todo, que, tal y como se ha apuntado anteriormente, no es frecuente y debe consumirse lo antes posible.

Los platos sucios y los recipientes de comida usados no se lavan, se trituran y desechan, puesto que enviar un litro de agua a la estación cuesta alrededor de veinte mil euros y su uso está muy restringido.

## LA VIDA EN LA ESTACIÓN ESPACIAL

**EJERCICIO FÍSICO** [36] [37] [38] [39] [40] [41] [42]

El ejercicio físico en el espacio adquiere un carácter fundamental, debido a que mantenerse inactivo perjudica gravemente la fisiología humana, alterando el condicionamiento cardiovascular y potenciando la atrofia muscular y la pérdida ósea.

El tiempo de deporte es el único en el que los astronautas reciben cargas externas sobre su cuerpo. Por ello, dedican dos horas mínimas para realizar los entrenamientos que planifican los expertos desde la Tierra. Estos entrenamientos están monitorizados y escrupulosamente controlados lo cual permite a sus entrenadores terrestres conocer su condición física y adaptar los planes de entrenamiento para aumentar su eficacia. [42]

Como apunta la NASA en su artículo *Exercise on the space* "... el equipo del ejercicio necesita ser diseñado especialmente para el uso en espacio así que los astronautas recibirán el entrenamiento requerido." [2015] Utilizan tres dispositivos diferentes, una cinta de correr adaptada con sistema de aislamiento de la vibración [técnicamente conocido como COLBERT o TVIS], un cicloergómetro con sistema de aislamiento de la vibración [denominado CEVIS] y un dispositivo de ejercicio resistivo basado en el levantamiento de peso [ARED] cuya función es simular la gravedad.

Aunque una vez en la Tierra los astronautas puedan recuperar su tono muscular y su resistencia física, es necesario que durante las misiones lo conserven al máximo posible, ya que, están expuestos a cualquier situación de emergencia en la que requieran de una

actuación rápida, de usar su fuerza o de controlar sus movimientos con mayor precisión. [42]

Las dos cintas de correr de la ISS (COLBERTS) tienen como objetivo simular las acciones de caminar y correr en situaciones de gravedad normal, utilizando un arnés que se adapta al cuerpo del astronauta y le empuja contra la propia máquina.

Actualmente, estos sistemas permiten recoger la fuerza de reacción en el suelo, que, al ser la única fuerza de reacción, permite cuantificar la carga mecánica y decidir si es efectivo el ejercicio para los huesos y músculos.

Cuanta más velocidad adquiera el astronauta, más fuerza se hace contra el suelo y más efectivo será el ejercicio. [40]

Los ergómetros (CEVIS) que se utilizan tanto para ejercitar brazos como piernas, permitiendo un entrenamiento anaeróbico. [42]

El ARED permite la realización de una gran variedad de ejercicios para ejercitar espalda, bíceps, tríceps y la zona abdominal. El levantamiento de pesas contrarresta la pérdida de huesos y músculo por su carácter resistivo. [39]

Es razonable pensar que, las máquinas se sitúan sobre un sistema de aislamiento de vibración para no impartir las cargas al resto de la Estación. [39]

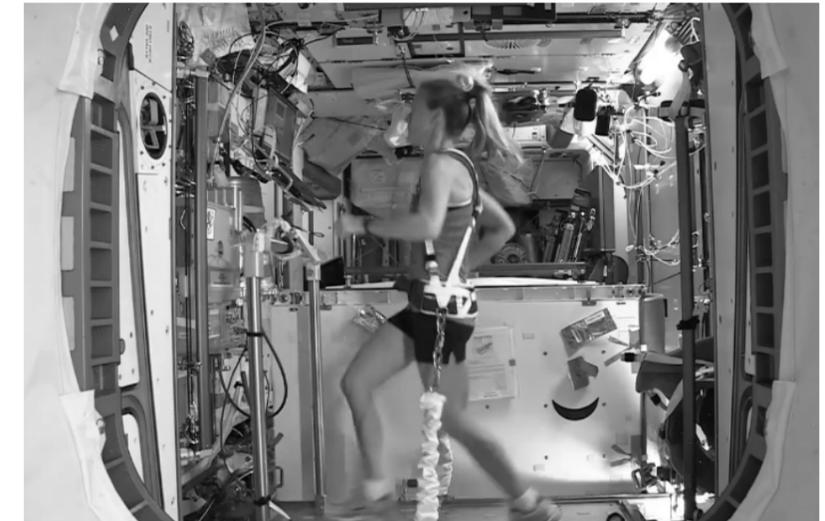


Figura 36: Karen Nyberg en la Expedition 37 realizando ejercicio en la máquina COLBERT en el Nodo 2 (Harmony)



Figura 37: Samantha Cristoforetti utilizando el ARED



Figura 38: Frank De Winne trabajando en el experimento Rad-Silk en el laboratorio Kibo

## REALIZACIÓN DE TAREAS <sup>[31]</sup>

Es la actividad a la que más tiempo dedican durante el día, siendo su jornada laboral teórica de 7:30 a 19:00 horas.

### Experimentación

Cada misión se configura teniendo como punto base los experimentos a realizar. Por ello, los astronautas deben realizar una gran cantidad de ensayos durante su viaje espacial, como dato cuantificativo, hay misiones que han conllevado más de trescientos experimentos.

Todos ellos se practican en una fase de entrenamiento previa al vuelo, en la denominada "Fase Concreta", que permite a los tripulantes conocer y reproducir los experimentos que deberán llevar a cabo en condiciones de ingravidez.

Pedro Duque, Ingeniero Aeronáutico y Astronauta de la ESA en su artículo *Ciencia en microgravedad* afirma que los motivos que conllevan a investigar en microgravedad son los siguientes:

- La microgravedad constituye uno de los sistemas más simples posibles y permite medir con la mayor precisión parámetros físicos básicos (como por ejemplo: el calor específico o la conductividad térmica de fluidos).
- Y por ende, obtener realmente resultados teóricos.
- La ISS está relativamente cerca de la Tierra, lo que permite un margen de error más amplio con respecto a viajes de mayor distancia, lo cual permitirá mejorar sistemas y estudiar la reacción humana para futuras exploraciones más lejanas.
- Existen, también, experimentos "para ver qué pasa", es decir, meramente observatorios, aunque lo normal

es que los experimentos se planifiquen conociendo previamente el comportamiento natural o analizando hipótesis acerca de su resultado.

Las áreas más estudiadas en condiciones de microgravedad son la física de fluidos en general, la física de los materiales centrándose en la creación de aleaciones complejas y semiconductores para el desarrollo de microelectrónica, la biología en campo del crecimiento de las plantas, la diferenciación de embriones o la expresión genética y la medicina centrándose en las alteraciones del cuerpo humano en ambientes antigravitatorios.

### Mantenimiento

Un día a la semana los astronautas deben dedicar su tiempo para la realización de tareas en limpiar la Estación.

Aunque, ante el aparente estado de caos, en la Estación reina la armonía. Como es obvio, la tripulación necesita realizar muchas actividades a lo largo del día, lo que supone el uso de muchas herramientas diferentes. Estas herramientas no pueden depositarse de cualquier manera, puesto que flotarían y se perderían por la Estación. Como se ha explicado anteriormente, los astronautas invierten mucho esfuerzo en realizar tareas sencillas, y por ello, todo lo que se les facilite es bienvenido. Por ello, colocan los objetos pegados con velcro o adhesivos a la pared, que, ante un aparente estado de desorden, están situados en zonas que aumentan su comodidad a la hora de cogerlos y utilizarlos.

Tabla 1: Tabla comparativa diseño terrestre - diseño espacial.

## TABLA RESUMEN

Resumen de la relación de algunos diseños específicos de la ISS comparados con el diseño convencional utilizado bajo condiciones de gravedad.



Figura 38: Tim Peake tomando un café en microgravedad



Figura 39: Persona tomando agua en gravedad

ACCIÓN	DISEÑO ISS	CONVENCIONAL	FUNDAMENTO
<b>Sujetar objetos</b>	Velcros/ Cintas elásticas	Cualquier superficie	Se utilizan velcros en la pared y el objeto o cintas elásticas que forman una zona de almacenamiento.
<b>HIGIENE</b>			
<b>Lavarse el cuerpo</b>	Toallas húmedas con jabón	Ducha	Utilizan toallas húmedas para refrescarse y mantener su higiene, con un poco de jabón diseñado para producir poca espuma y no tener que enjuagarse.
<b>Lavarse el pelo</b>	Champú sin aclarado	Ducha	Utilizan un champú que no requiere de enjuagado, pero utilizan algo de agua para humedecer su pelo antes de aplicarlo.
<b>Cortarse el pelo</b>	Maquinilla aspiradora	Maquinilla	La ausencia de gravedad esparciría los restos de pelo por toda la estación, por lo que hay una aspiradora conectada a la maquinilla, la cual se encarga de absorber los restos.
<b>Cortarse las uñas</b>	Cortaúñas	Cortaúñas	Utilizan un cortaúñas convencional, pero deben aproximarse a un ventilador para que deseche los residuos.
<b>Lavarse los dientes</b>	Dentífrico comestible	Dentífrico común	Utilizan dentífricos comestibles tragarlos tras lavarse los dientes y optimizar el uso del agua.
<b>DESCANSO</b>			
<b>Dormir</b>	Saco sujeto a la pared	Cama	Al no haber gravedad ni sistema de referencias, el usuario debe estar agarrado a un área fija para permanecer estable.
<b>COMER</b>			
<b>Beber agua</b>	Envase hermético con pajita	Vaso/Botella	El agua en microgravedad se ve afectada por la tensión superficial y toma una forma de esferas. La pajita impide que el usuario trague aire.
<b>Cocinar</b>	Máquina de hervir agua	Freír/Hervir con utensilio	La comida viene deshidratada en bolsas. Estas bolsas se introducen en la máquina de hervir agua y prepara la comida.
<b>Guardar los alimentos</b>	Cajas de suministro	Estanterías/Frigoríficos	Al estar envasada, en un ambiente sin gravedad y con poco espacio útil, la comida se almacena en cajas de transporte.
<b>Limpieza de recipientes</b>	Triturado y desecho	Lavavajillas/Lavado a mano	Los platos sucios y recipientes se desechan, puesto que el transporte de la ISS a la Tierra tiene un coste muy elevado.
<b>EJERCICIO FÍSICO</b>			
<b>Cicloergómetro</b>	CEVIS	Bicicleta estática	La CEVIS es una bicicleta estática adaptada a las condiciones de microgravedad.
<b>Máq. Resistiva</b>	ARED	Máquina resistiva	En la ARED el peso tiene que producir resistencia por compresión, ya que sino el peso en el espacio es nulo.
<b>Cinta de correr</b>	COLBERT	Cinta de correr	La COLBERT está diseñada con cintas de agarre que empujan al usuario contra la cinta de correr, para sujetarlo y aumentar la resistencia.

# FUNDAMENTOS DE LA MICROGRAVEDAD

Fue en 1665 cuando el científico inglés Isaac Newton enunció la Ley de la Gravitación Universal y las Leyes del Movimiento, que recogían las bases científicas que permiten explicar la órbita planetaria y espacial. Expresando que, la aceleración de un objeto influido únicamente por la gravedad de la superficie terrestre equivale a 1 G [9,81 m/s<sup>2</sup>]. Lo cual es un concepto teórico que se ve alterado por otras fuerzas que actúan en la naturaleza terrestre aunque, a efectos prácticos, suelen despreciarse frente a la gravedad.

La fuerza gravitatoria es el resultado de la propia naturaleza de la materia. Cualquier objeto con masa genera un campo gravitatorio del que resulta una fuerza de atracción sobre otros objetos, y la intensidad de ese campo es mayor cuanto más grande sea la masa del objeto, pero menor cuanto más lejos esté del mismo, dicho de otra manera:

$$\vec{F}_g = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \cdot \vec{u}_r$$

Dos cuerpos se atraen con una fuerza [vector  $F_g$ , expresado en Newtons, N] directamente proporcional al cuadrado de sus masas [M, m, en kilogramos, kg] e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa [r, en metros, m]. Y, en la superficie terrestre, la Constante de Gravitación Universal<sup>11</sup>. Su dirección [vector  $u_r$ ] se rige según la recta que une ambos cuerpos. [45]

[10] Velocidad de escape: Velocidad a partir de la cual un cuerpo escapar de la atracción gravitacional de un objeto. La velocidad de escape de la Tierra es de 11 km/s

[11] Constante de Gravitación Universal:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

La gravedad es una fuerza muy débil en comparación con otras fuerzas fundamentales del Universo, pero la cantidad de masa que se acumula en los cuerpos celestes es tan grande, que su intensidad alcanza valores considerables, hasta el punto de alterar el comportamiento de procesos geológicos y biológicos. [46]

## MICROGRAVEDAD EN EL ESPACIO

La fuerza gravitatoria se compensa por la fuerza centrípeta generada por el giro de la estación espacial en torno a La Tierra, resultando en una fuerza total nula. No existe un estado de ingravidez<sup>12</sup> en el espacio, ya que según la Ley de la Gravitación Universal, suponiendo la Estación Espacial Internacional a unos 400 kilómetros de distancia la gravedad en ese punto sería de aproximadamente 8,7 m/s<sup>2</sup> frente a los 9,8 m/s<sup>2</sup> de gravedad terrestre. Lo cual se traduce a una pérdida de un 13,25% de la fuerza, que no es suficiente para hacer flotar el peso de un humano.

La tracción gravitatoria disminuye con la distancia, mientras que la fuerza centrífuga aumenta con la velocidad orbital, de manera que, a cortas distancias como es el caso de la ISS, es necesaria una alta velocidad orbital para vencer la fuerza gravitatoria y poder mantener en órbita el satélite. Mediante cálculos simplificados, se obtiene que a una altura aproximada de 400 km, es necesario que su velocidad de escape<sup>10</sup> sea de 7,66 km/s, o lo que es lo mismo, 27.500 km/h. [44]

Por lo tanto, no es que los astronautas no estén expuestos a la gravedad y floten libres en el espacio,

[12] Ingravidez: Supresión de los efectos físicos en los campos gravitatorios. Cuando la fuerza de la gravedad es igual a cero.

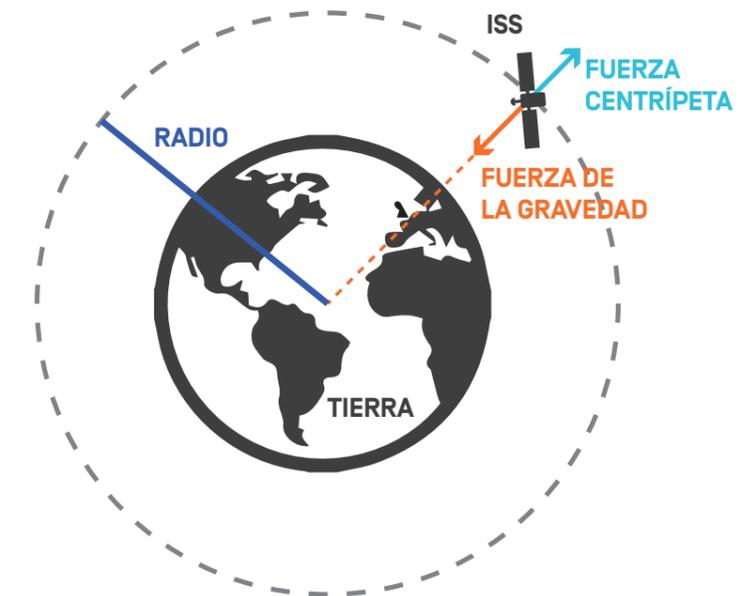


Figura 40: Esquema de fuerzas que generan un ambiente microgravitatorio en la ISS

sino que al estar en un permanente estado de caída libre, se contrarresta la fuerza G y se anula el concepto del peso, lo cual se conoce como un entorno microgravitatorio. Suele confundirse este concepto con la falta de gravedad puesto que los efectos que se producen como resultado son los mismos.

A razones prácticas, se considera que un ambiente está bajo los efectos de la microgravedad cuando las aceleraciones que actúan sobre dicho entorno se encuentran entre una centésima a una millonésima del valor gravitatorio terrestre.

## FUNDAMENTOS DE LA MICROGRAVEDAD



Figura X: Microgravedad durante un vuelo parabólico

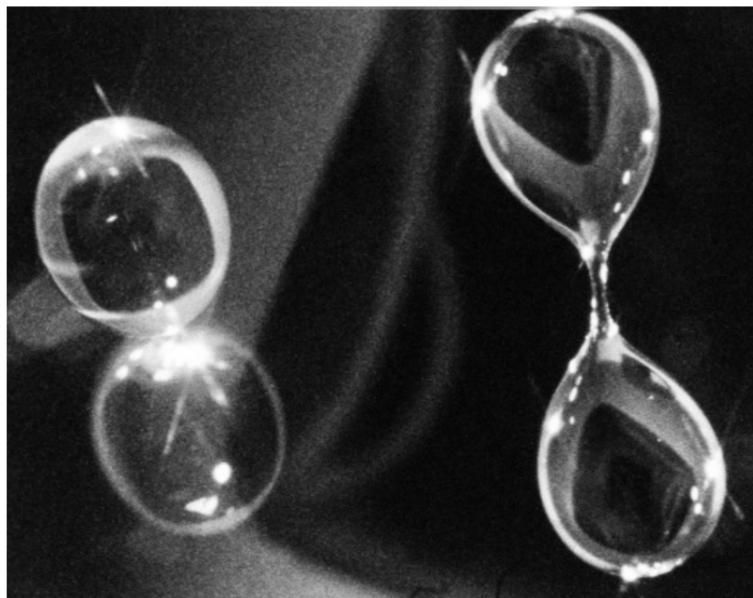


Figura X: Comportamiento del agua en un ambiente de microgravedad

Pedro Duque, Ingeniero Aeronáutico y Astronauta de la ESA, en su escrito [47] *Ciencia en microgravedad* (Madrid, 2016) propone las siguientes definiciones para aclarar el término "microgravedad": [pág: 147-148]

*«...Donde «no se siente» la gravedad*

En una nave espacial las personas no tienen la sensación de estar atraídas hacia el centro de la Tierra. Tampoco, por supuesto, los mecanismos ni los fluidos sentirían esa fuerza si sintieran. Otra definición equivalente, expresada en términos más cuantitativos:

*Donde la gravedad es [casi] la única fuerza*

Al fin y al cabo, estamos ante una situación en la que la Estación [pongamos por caso] y lo que está dentro de ella están atraídos por la Tierra pero nada se interpone entre esta atracción y ellos. Otra forma de expresar esta definición:

*Donde las básculas miden millones de veces menos*

Este es el origen de la partícula «micro» en microgravedad. Como consecuencia de lo dicho anteriormente, si uno se pesara en la Estación, tanto la báscula como la persona están volando en la misma dirección, así que una no aprieta sobre la otra y la báscula marcaría un millón de veces menos...»

De lo que se puede extraer que, aunque la gravedad sea la única fuerza que actúe en la Estación, la velocidad a la que orbita sobre la Tierra hace que fuerza durante la caída libre sea de tal magnitud que la contrarresta casi totalmente, creándose un complejo sistema de comportamiento ingravitatorio.

La microgravedad en la ISS no es constante, sino que resulta alterada en según qué situaciones, pudiendo resaltar las siguientes:

- Cuando la estación rodea la sombra de la Tierra, los principales paneles solares, que no generan electricidad al no recibir rayos, se rotan para minimizar la resistencia aerodinámica y, así, reducir la degradación de la órbita.
- La vibración de los movimientos de los sistemas mecánicos y la tripulación.
- El accionamiento de los giroscopios de control.
- Encender los propulsores para controlar cambios de altura o cambios orbitales.
- Ante efectos del gradiente de la gravedad, lo que se conoce como el efecto marea<sup>13</sup>.

Estos efectos se aplican a nivel orbital, a nivel fisiológico del astronauta son despreciables, salvo el tercer y cuarto punto, pero alteran su percepción durante pocos minutos. [45]

[13] Efecto de marea: Es el resultado de la diferencia de aceleración gravitacional que existe a lo largo del diámetro de un cuerpo.

# ENTREVISTA A EXPERTO

JOSE LUIS LAHOZ -Licenciado en Física y Experto en Astrofísica

**Existen diferentes definiciones de gravedad, la más extendida atiende a que los cuerpos sienten una fuerza mecánica producida por la Tierra que tiende hacia el centro de la misma. Pero, en el espacio y concretamente en la ISS, la fuerza de atracción, G, sólo disminuye alrededor de un 10%.**

**La gravedad, en su concepto físico, es un poco confusa, ya que hay diferentes puntos de vista al respecto. ¿Cuál es su opinión?**

Se entiende por gravedad el fenómeno físico por el que una partícula con la propiedad llamada masa gravitatoria se mueve con una aceleración que no depende de esa masa gravitatoria cuando solo siente la interacción de otra partícula con masa gravitatoria.

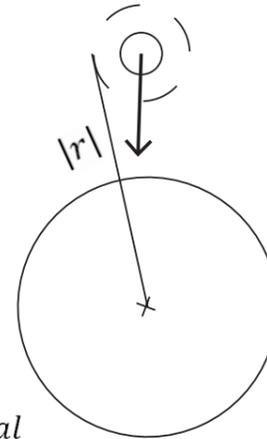
Desde esta concepción y aplicada a cualquier objeto en caída libre en la Tierra se puede entender la "gravedad" desde varios puntos de vista, por ejemplo, la fuerza gravitatoria es la fuerza de atracción [según la Teoría de Newton] que la partícula en estudio siente debido a la otra, en la Tierra es el efecto que hace que los cuerpos intenten acercarse lo máximo posible al centro de la Tierra, o que los objetos caigan a la superficie terrestre, o la causa que mantienen las naves espaciales en órbita alrededor de la Tierra etc.

En mi opinión creo que la definición más adecuada en la Tierra de la "gravedad" es la aceleración de caída libre de una partícula debido a la presencia de la Tierra, definiendo la caída libre de un objeto debida a la Tierra cuando el objeto cae sin estar en contacto con ninguna otra partícula [según la teoría de Newton] y sintiendo

solo la presencia de la Tierra. esta aceleración toma un valor de:

$$\vec{a} = \vec{g}$$

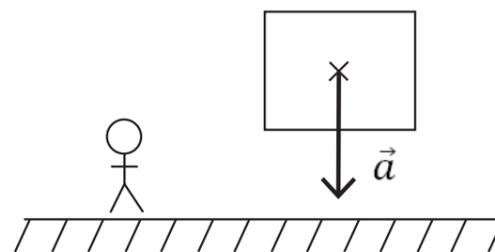
$$|\vec{g}| = G \frac{M_T}{|r|^2}$$



$M_T =$  masa de la tierra  
 $G =$  cte. de Gravitación Universal

y apunta hacia el centro de la Tierra [considerando ésta como una esfera]

En el caso en que la distancia de la partícula al centro de la Tierra sea prácticamente la del radio terrestre [posiciones cercanas a la superficie terrestre] la "gravedad" es decir, la aceleración de caída libre de la partícula en estudio es :



$$|a| = |g| = G \frac{M_T}{R_T^2} \approx 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$R_T =$  radio terrestre

apuntando en la vertical del lugar hacia la tierra , que es lo que comúnmente se denomina "hacia abajo".

Dos son las teorías utilizadas [según el grado de aproximación que se requiera] en la descripción del fenómeno de la gravedad, entendido como el movimiento observado por un determinado observador de una partícula en estudio debido a la presencia de otra partícula bajo las siguientes condiciones:

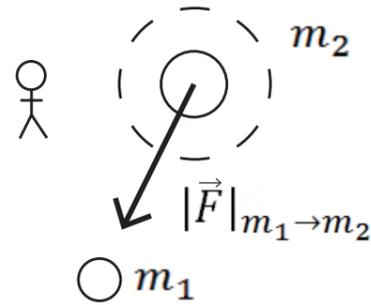
- 1.- las distancias y tiempos involucrados son mucho mayores que las que caracterizan a los átomos y
- 2.-las partículas no tienen de cargas eléctricas. La primera de ellas es la teoría de gravitación de Newton de 1687 y la segunda es la teoría de la relatividad general de Einstein [TGR] de 1915-16, siendo la teoría de Newton una aproximación de la mucho más exacta teoría de Einstein cuando se experimenta con masas gravitatorias pequeñas comparada con la del Sol y de toma de datos no excesivamente finas, tanto de distancias como de tiempos.

En la concepción de Newton se denomina fuerza de la gravedad sobre una partícula a la fuerza atractiva [es decir, que intenta unirlos] que se aplica sobre la partícula en estudio debido a otra partícula. Esta fuerza es proporcional al valor de las denominadas masas gravitatorias de las partículas. Esta masa gravitatoria es idéntica, en su valor calculado hasta los experimentos de hoy en día, al valor que la llamada masa inercial de la partícula que es la relación entre fuerza sobre la partícula y la aceleración producida por la fuerza sobre la partícula.

# ENTREVISTA A EXPERTO

JOSE LUIS LAHOZ -Licenciado en Física y Experto en Astrofísica

La fuerza de gravedad es también inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre las partículas:



$$\vec{F}_{m_1 \to m_2} = -G \frac{m_1 m_2}{|\vec{r}|_{m_1 \to m_2}^2} \hat{r}_{m_1 \to m_2}$$

Si estamos estudiando el fenómeno habitual de gravitación de la Tierra sobre una partícula de masa despreciable frente a la masa de la Tierra a la fuerza de atracción gravitatoria que la Tierra ejerce sobre la partícula se le da el nombre de "peso de la partícula" y así se puede poner que:

$$\left\{ \begin{array}{l} |peso| = G \frac{M_T m}{|r|^2} = m|\vec{g}| \\ \text{hacia el centro de la Tierra} \\ \vec{peso} = m\vec{g} \end{array} \right.$$

A diagram of Earth represented as a circle with a center 'x'. A stick figure stands on the surface. A particle is shown above the surface. A vector arrow labeled \$r\$ points from the center of Earth to the particle.

Por ello, y debido a la segunda Ley de Newton ,

$$F = m_2 \vec{a}$$

la aceleración sobre una partícula en estudio producida por la fuerza gravitatoria de otra no depende de la masa de la partícula en estudio,

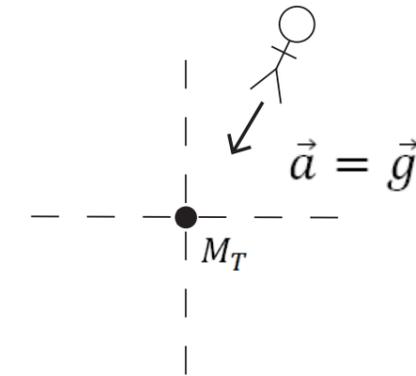
$$G \frac{m_1 m_2}{|\vec{r}|_{m_1 \to m_2}^2} \hat{r}_{m_1 \to m_2} = m_2 \vec{a}$$

$$\vec{a} = G \frac{m_1}{|F|_{m_1 \to m_2}^2} \hat{r}_{m_1 \to m_2} = \vec{g}$$

En el caso del estudio de una partícula de masa m debida a la Tierra cuando m es mucho menor que la masa \$M\_T\$ de la Tierra esa aceleración calculada,

$$\vec{g} = G \frac{M_T}{|F|^2}$$

se denomina aceleración de la gravedad y no depende, como se ha dicho, de la masa de la partícula. En este caso se puede considerar el efecto de la Tierra , en una primera aproximación, sobre la partícula en estudio, idéntica a la que le produciría una partícula puntual de misma masa de la Tierra colocada en el centro de la Tierra [se considera a la Tierra en esta aproximación como una esfera], tal y como se puede ver:



Si la partícula se encuentra cerca de la superficie de la Tierra el "peso" de la partícula es

$$\vec{a} = \vec{g} \approx G \frac{M_T}{R_T^2} \text{ y } \vec{peso} = m\vec{g}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} peso = m \cdot 9,8 \\ \text{hacia abajo} \end{array} \right.$$

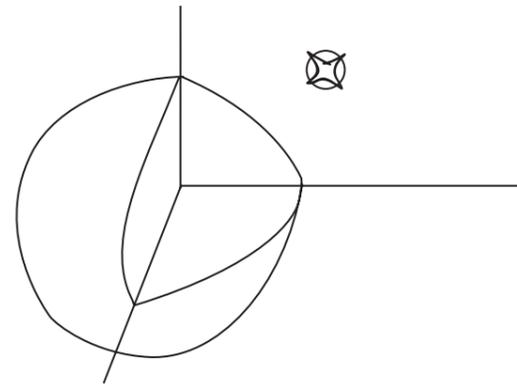
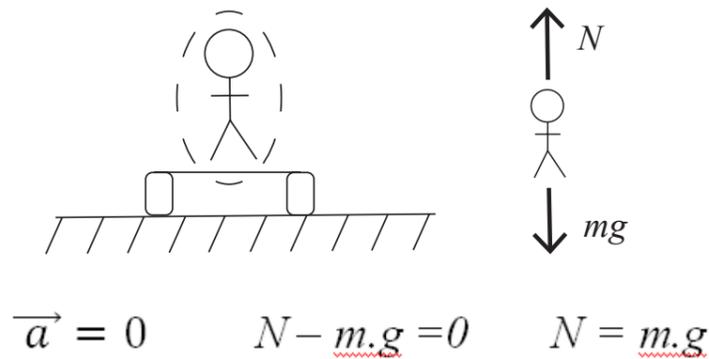
hay que tener en cuenta que el "peso de un partícula" se mide con una balanza que hace que la partícula NO ESTÉ EN CAÍDA LIBRE.

De hecho en la superficie de la Tierra llamamos peso de un objeto a la fuerza N de contacto que la partícula hace sobre la balanza y que (por la tercera ley de Newton) es igual y de sentido contrario a la que hace la báscula sobre la partícula.

Ésta es la que realmente mide la báscula y llamamos peso. N es la fuerza que impide que el cuerpo tenga caída libre.

# ENTREVISTA A EXPERTO

JOSE LUIS LAHOZ -Licenciado en Física y Experto en Astrofísica



Todo lo considerado anteriormente sirve para describir el movimiento de la partícula en estudio en presencia de otra partícula respecto a un observador (llamado sistema de referencia SDR) denominado inercial. Se considera un SDR a aquel observador quieto o con velocidad constante respecto a un observador que se considera en reposo absoluto. Actualmente para los estudios astronómicos se considera un observador inercial uno situado en el centro de masas del sistema solar y con tres ejes orientados. Para experimentos no finos de movimientos de una partícula debido a la fuerza gravitatoria que le ejerce la Tierra es suficiente considerar como inercial un observador situado en el centro de la Tierra con un eje en la dirección Norte- Sur y dos ejes en el ecuador, tal y como se representa en la siguiente figura.

Es evidente que debido la rotación de la Tierra alrededor del Sol el observador anterior no es inercial, pero para la mayoría de los cálculos la aproximación es adecuada en un primer acercamiento al movimiento de la partícula. la rotación de la Tierra sobre sí misma no influye apreciablemente y no es necesario tenerla en cuenta.

Los observadores con aceleración respecto a un observador inercial se denominan NO INERCIALES. En ellos la segunda ley de Newton no se pueden aplicar. Si queremos hacerlo [y es muy conveniente en la mayoría de los casos] debemos aplicar sobre la partícula en estudio una fuerza que no existen [y que miden el movimiento acelerado del observador no inercial respecto al inercial] denominadas fuerzas de inercia. En general estas son:

$$\vec{F}_l = -m \cdot \vec{a}_{SRI \text{ ve de } SRnI}$$

$$\vec{F}_{centripeta} = m \cdot \omega^2 \cdot \vec{r}_{SRI \rightarrow SRnI}$$

$$F_c = -2m \cdot \vec{\omega}_{SRI \rightarrow SRnI} \times \vec{v}_{SRnI} (particula)$$

La teoría de la relatividad general [TGR] se basa [canónicamente] en dos principios:

1.- el principio de equivalencia que intenta explicar la igualdad de valores entre la masa inercial y la masa gravitatoria que lleva a que la aceleración de la fuerza

gravitatoria no depende de la masa de la partícula en estudio y que dice que es imposible para un observador saber si el movimiento de una partícula en estudio se mueve debido a un campo gravitatorio o si es debido a la aceleración del propio observador respecto a un sistema de referencia inercial y  
 2.- el principio de relatividad que indica que las ecuaciones matemáticas que describen las causas del movimiento [y el propio movimiento] de la partícula en estudio no cambian su forma cuando lo observan distintos observadores, sean estos inerciales o no inerciales.

En la formulación de Einstein no existe propiamente fuerza gravitatoria entre partículas sino una deformación del las reglas y relojes que miden el espacio y el tiempo, de forma que es el espacio y el tiempo el que se deforma a causa de la masa inercial. podríamos decir que no hay interacción propiamente dicha entre las partículas, sino que cada una está sujeta al movimiento debido al espacio-tiempo deformado por ellas mismas. El movimiento que tiene una partícula entre dos puntos es la de una línea en el espacio-tiempo de da un valor mínimo de longitud espacio temporal entre los puntos. llamada geodésica.

La teoría de newton se extrae de la TGR bajo la aproximación a masa pequeñas [ comparadas con el Sol] y es, salvo casos de experimentos finos, la de aplicación para movimientos de partículas en estudio bajo la influencia de la Tierra.

**Resumiendo:** parece conveniente entender la gravedad sobre una partícula en estudio como la aceleración

# ENTREVISTA A EXPERTO

JOSE LUIS LAHOZ -Licenciado en Física y Experto en Astrofísica

ción de caída libre la partícula debida a la presencia de otras partículas vista por un SDR inercial.

Para el caso de la gravedad que la Tierra hace sobre la partícula en estudio estando ésta a un altura  $h$  sobre la superficie de la Tierra se tiene la:

$$\vec{g} = G \frac{M_T}{|F|^2}$$

y si la partícula se encuentra en puntos cercanos a la superficie de la Tierra su valor es de  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  de acuerdo a la:

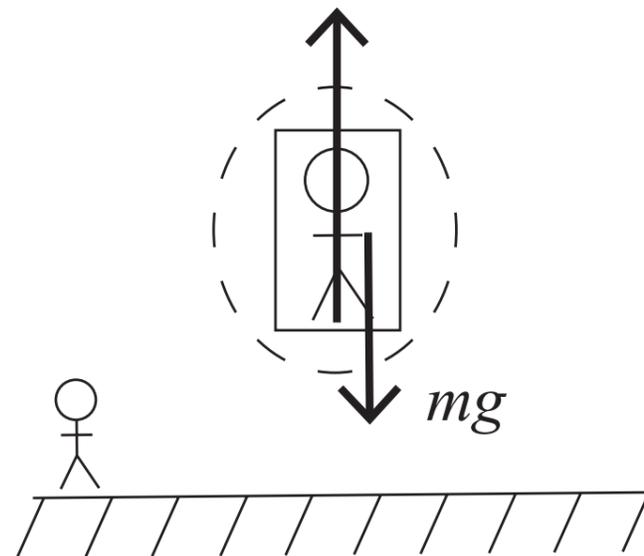
$$\vec{a} = \vec{g} \approx G \frac{M_T}{R_T^2}$$

La llamada peso de la partícula no es sino el efecto de la fuerza  $N$  que la báscula hace sobre la partícula en estudio y que le impide tener ninguna aceleración (y tener caída libre) respecto de un SDR inercial.

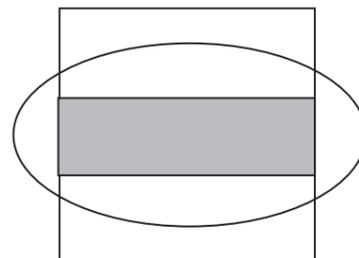
## La gravedad y la sensación de gravedad son dos términos que suelen confundirse. ¿Por qué?

Hay que distinguir ente la gravedad que podríamos llamara física de una partícula debida a la Tierra como un ente físico, que según lo anterior se puede entender como la aceleración de caída libre (caída de la partícula cuando no está en contacto con ningún otro cuerpo y por lo tanto solo sujeto a la fuerza gravitatoria que el ejerce la Tierra) de una partícula en estudio y la sensación fisiológica (ó física) que comúnmente los seres humanos denominamos gravedad.

En realidad lo que solemos llamar gravedad es el efecto fisiológico que la fuerza  $N$  de contacto con otro cuerpo que nosotros "notamos" y que anula la aceleración de caída libre que tendríamos debido a la fuerza de atracción gravitatoria que la Tierra hace sobre nosotros

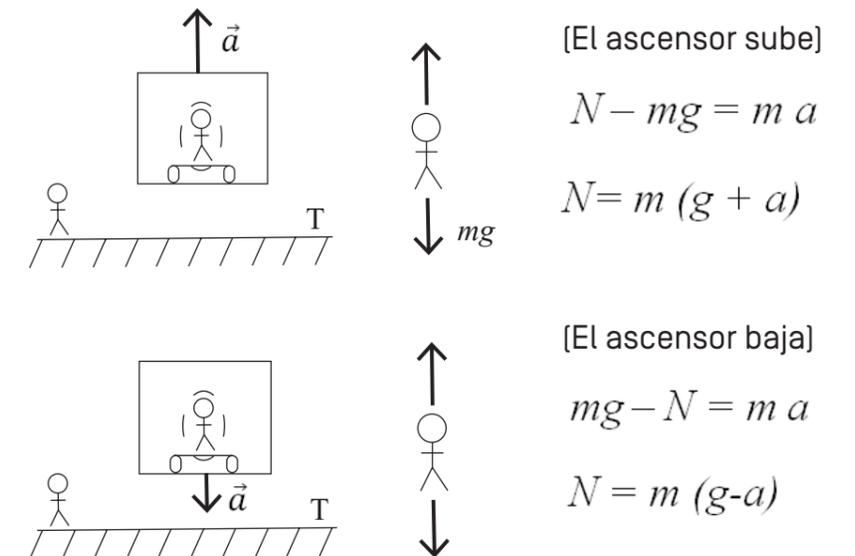


Cada trozo horizontal de nuestro cuerpo y cada tejido que compone ese trozo realmente no "nota" la fuerza gravitatoria de atracción que sobre ese filete ejerce la Tierra, sino la diferencia de las normales que le hace el resto del cuerpo que no es ese filete:



Podemos decir que lo que comúnmente se denomina gravedad sobre nosotros mismos es el efecto de la fuerza que hace sobre nosotros otro cuerpo distinto a la Tierra que "anula" la fuerza gravitatoria que la Tierra hace sobre nosotros.

Por ello cuando un ascensor comienza a subir fisiológicamente "pesamos más" porque la fuerza normal que nos hace el suelo del ascensor es mayor que la fuerza gravitatoria y "pesamos menos" cuando empieza a bajar porque la fuerza que sobre nosotros hace el suelo del ascensor es menor esto se puede entender fácilmente aplicando la 2 ley de Newton:

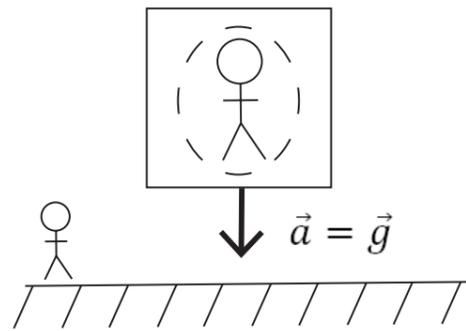


Llevando la ecuación anterior al límite cuando el ascensor (y nosotros al estar dentro de él) está en caída libre (sin contacto con ningún otro cuerpo) no ha desaparecido la fuerza de atracción gravitatoria que la Tierra ejerce sobre nosotros, sino que nuestra sensación

# ENTREVISTA A EXPERTO

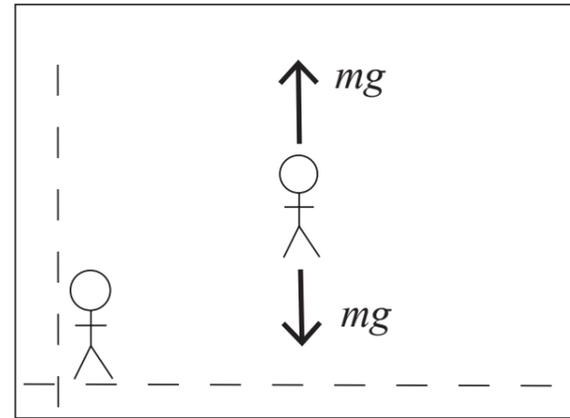
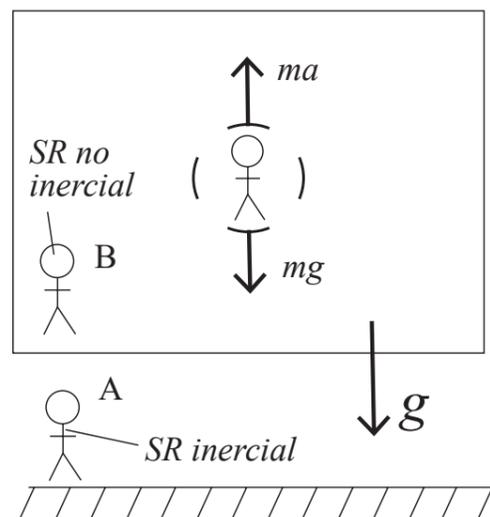
JOSE LUIS LAHOZ -Licenciado en Física y Experto en Astrofísica

biológica de lo que entendemos por gravedad ha desaparecido al valer  $N = 0$  y decimos que nos encontramos en estado de ingravidez:



Lo mismo le sucede a todos los tejidos de nuestro cuerpo al desaparecer sobre él la diferencia de normales en el trozo horizontal al caer con misma aceleración.

Veamos el mismo fenómeno para un SDR dentro del ascensor, pues en realidad es lo que "vemos" nosotros cuando estamos dentro del ascensor. Seríamos un SDR no inercial y debemos tener en cuenta las fuerzas de inercia y así:



$$mg - ma_{ascensor} = ma_{fuera}$$

pero como  $a_{ascensor} = g,$

$$mg - mg = ma_{fuera}$$

Así que ese SDR verá de la partícula una  $a = 0$  y que no cae hacia el suelo del ascensor, con lo que a todos los efectos es para ese observador no inercial como si no tuviéramos peso y por lo tanto no caemos en caída libre. Es como si no hubiera fuerza gravitatoria de atracción de la Tierra [coherente con la TGR] a pesar de que la Tierra no ha desaparecido.

### Desde un punto de vista físico, ¿cuál es la diferencia entre la microgravedad y la gravedad?

Cuando la partícula que estamos estudiando es un hombre en caída libre y consideramos que sobre él la fuerza gravitatoria de la Tierra el astronauta [ni sus tejidos biológicos] no tiene ninguna sensación fisiológica de gravedad al no estar en contacto con ningún otro cuerpo.

Para entender por qué se dice que un astronauta se encuentra bajo microgravedad en la EEI [Estación Espacial Internacional] o en cualquier vehículo espacial en órbita alrededor de la Tierra debemos pensar en el astronauta considerando como observador [Sistema de referencia] la propia EEI.

Una partícula se encuentra en órbita [consideremos circular sin perder generalidad] alrededor de la Tierra cuando ésta se encuentra en todo momento en caída libre con un movimiento circular con centro en el centro de la Tierra.

Aplicando la segunda ley de Newton se calcula la velocidad que debe tener la partícula para que se encuentre en órbita. Se observa que esa velocidad no depende de la masa de la partícula. Si consideramos que la partícula es la EEI y el astronauta otra partícula en la misma órbita, vemos que ambos tienen la misma velocidad al estar en la misma órbita alrededor de la Tierra. Si estudiamos al astronauta respecto a la EEI debemos tener en cuenta que [considerando la Tierra observador inercial] es un observador no inercial y que las fuerzas que actúan sobre el astronauta son tanto la fuerza gravitatoria de la Tierra como la fuerza de inercia debido a ser la EEI no inercial. Al hacerlos e observa que la EEI ve del astronauta  $a = 0$ . así que [Siguiendo la TGR] otro astronauta que no supiera que está en órbita alrededor de la Tierra [por ejemplo no tienen comunicación con el exterior ni ventanillas para mirar al exterior] pensaría que no hay ninguna partícula que le hiciera fuerza gravitatoria a su compañero. Se diría que no hay fuerza gravitatoria ni aceleración de caída libre, es decir, no hay gravedad sobre su compañero. pero tampoco para él puesto que no y tienen que estar en contacto con ninguna superficie de la EEI para nada y con ello tam

# ENTREVISTA A EXPERTO

JOSE LUIS LAHOZ -Licenciado en Física y Experto en Astrofísica

bién tienen sensación fisiológica de gravedad. Para el EII los astronautas se encuentran bajo gravedad = 0.

Sin embargo sí que existen fuerzas gravitatorias sobre el astronauta debido a : el sol, los otros planetas y... la propia EII ya que tiene masa y , por lo tanto, fuerza gravitatoria y con ello una aceleración de caída libre (y por lo tanto gravedad física) respecto a la EII. Sin embargo esas fuerzas (respecto al EII) son muy pequeñas comparadas con la  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  que es la gravedad física debido a la Tierra en la superficie de la Tierra. por ello se dice que los astronautas en caída libre o en la EII se encuentran en situación de microgravedad.

Técnicamente se dice que un astronauta está bajo condiciones de microgravedad las aceleraciones que actúan son inferiores a una diezmilésima del valor de la gravedad terrestre en la superficie de la Tierra

A todos los efectos prácticos (sobre todo fisiológicos) un astronauta se encuentra en caída libre y en la EII con gravedad cero.

**Se sabe que los ambientes de microgravedad traen consigo numerosas anomalías fisiológicas, que suelen asociarse a problemas músculo-esqueléticos, dejando de lado otros como los hematológicos o endocrinos. ¿Cree que los problemas asociados al flujo de sangre son despreciables frente a los referentes al sistema locomotor?**

La evolución darwiniana a lo largo de cientos de millones de años en la superficie de la Tierra ha producido

unos cuerpos multicelulares optimizados a la presencia de gravedad. Por ello es comprensible que el funcionamiento de fisiológico del cuerpo humano bajo microgravedad no se el adecuado en prácticamente todos los aspectos, e incluso podríamos decir un mal funcionamiento de la mayoría de los sistemas, que lleva a un deterioro físico del cuerpo cuando se le somete durante un tiempo suficientemente largo en estas condiciones de microgravedad.

El efecto más llamativo es el sistema locomotor, aunque se ha comprobado que produce efectos reversibles una vez devuelto el astronauta a la superficie terrestre. En la superficie terrestre es necesario estar "luchando continuamente contra la gravedad las 24 horas del día, así que en el momento en que en condiciones de microgravedad los músculos comienzan a atrofiarse los huesos se descalcifican casi de forma inmediata. es por lo tanto fundamental que el astronauta realice ejercicio físico para mantener el estado de músculos y huesos dentro de unos niveles razonables, si bien, es prácticamente imposible evitar un cierto deterioro del sistema locomotor.

A pesar de lo anterior, parece que uno de los aspectos físicos que más difieren en situación de microgravedad frente a la misma situación en la superficie de la Tierra es la teoría de fluidos, tanto la fluidoestática como la fluidodinámica (fluidos en movimiento) puesto que la ausencia de gravedad hace que la tensión superficial tenga una preponderancia mayor en el movimiento y aspecto del fluido, por ello las anomalías del sistema cardiovascular unido a su fundamental aspecto vital

hacen que, en mi opinión, se el aspecto clave y causa de muchas de las anomalías en el cuerpo humano, tanto endocrinas como inmunitarias.

Este mal funcionamiento del sistema cardiovascular parece muy complicado de evitar con ejercicio físico pues lo que son distintas son las soluciones de la física de la sangre por las vena y arterias, así como la presión en capilares, y disminuir el efecto de la tensión superficial del plasma sanguíneo. en mi opinión la única manera de evitar ese mal funcionamiento sería consiguiendo una situación en el espacio de gravedad artificial, si bien no hay experimento así realizados hasta la fecha que demuestren el tiempo necesario para que esa gravedad artificial produzca efectos beneficiosos.

En mi opinión, los efectos del mal funcionamiento del sistema cardiovascular podrían ser mucho más peligrosos fisiológicamente hablando que el sistema locomotor en situaciones de larga duración en microgravedad y mucho más complicado de evitar que el deterioro locomotor.

**Existen varios aspectos que impiden a los científicos realizar viajes espaciales de duraciones superiores a los 6-12 meses, como lo son la radiación cósmica con la consiguiente exposición a enfermedades y el degeneramiento fisiológico de los tripulantes. ¿Cuál es el inconveniente principal? ¿Crees que en un futuro podrá solventarse?**

Aparte del deterioro fisiológico del cuerpo humano en

# ENTREVISTA A EXPERTO

JOSE LUIS LAHOZ -Licenciado en Física y Experto en Astrofísica

en situaciones de microgravedad durante un tiempo prolongado el inconveniente principal de la estancia en el espacio son los rayos cósmicos y el viento solar. Estos son protones y electrones con velocidades cercanas a la velocidad de la luz, y por tanto de gran energía [mayor en los rayos cósmicos y menor en el viento solar], que provienen de distintas fuentes, una de ellas el Sol [viento solar]. Estos rayos cósmicos al interactuar con los átomos de las biomoléculas de las células las ionizan dando lugar a radicales libres dentro de las células. Estas sustancias son muy reactivas y degradan rápidamente las proteínas y paredes celulares de la célula, llegando a matarlas si la concentración de radicales es suficientemente alta. Además de ellas están los rayos gamma. Todas estas radiaciones ionizantes pueden afectar también al ADN de las células pudiendo alterar la secuencia de los nucleótidos y pudiendo provocar cáncer.

Debido al campo magnético terrestre y a los cinturones de Van Allen que circundan la Tierra el peligro de los rayos cósmicos en las naves en órbitas terrestres bajas es inferior en varios órdenes de magnitud al peligro que para la salud de los astronautas tendría un viaje por el espacio interplanetario y, por supuesto, en el espacio interestelar.

Hoy por hoy no veo posibilidad real de evitar el efecto dañino de los rayos cósmicos. Se necesitaría una nave revestida de sobre 1 metro de plomo y es, por supuesto, inviable económicamente enviar al espacio semejante nave. Tal vez sí se podría construir una nave así trabajando en órbita alrededor de la Tierra.

La otra posibilidad es que la duración del viaje fuera corta, con motores y métodos de aceleración aún en proyecto y desarrollo. Otra opción sería un posible fármaco que anulara los radicales libres y las alteraciones del ADN, como consiguen determinadas bacterias en piscinas de almacenamiento de residuos de las centrales nucleares.

A pesar de lo anterior no veo una solución fiable y factible a corto e incluso a medio plazo.

**Como comentábamos antes, los ambientes microgravitacionales traen consigo anomalías a nivel fisiológico, dificultades posturales y diversos trastornos psicológicos. ¿Cuáles son los puntos que consideras más críticos en los vuelos espaciales de larga duración?**

Desde luego todos son importantes para el éxito de una misión tripulada de larga duración. Es difícil saber cuál puede ser más importante que otro puesto que el riesgo que conllevaría una misión así es altísimo. El espacio es el entorno más hostil para la vida que se pueda imaginar y por ello una misión de larga duración son muchísimos los problemas a resolver.

Es posible que los accidentes los que afecten a la habitabilidad de la nave, por ejemplo choque con basura espacial o micrometeorito que dañe algún sistema vital de la nave. Incendios en la nave, tormentas solares, microfugas o mal funcionamiento de sistemas sea el punto más peligroso.

También considero muy importantes los efectos fisiológicos irreversibles que se puedan producir por la estancia en condiciones de microgravedad y que afecten a la salud de los astronautas. Por orden de importancia creo que los efectos de los rayos cósmicos están por encima de los demás [si bien, como ya he comentado este problema no es tan grave en naves en órbitas bajas] a continuación vendrían los efectos asociados al sistema cardiovascular [y todas sus consecuencias sobre otros sistemas] que pueden ser más importante que los asociados al sistema locomotor.

**Si consideramos la gravedad como una fuerza contraria a la fuerza normal que ejerce la Tierra sobre nosotros, ¿podría simularse la gravedad mediante la simulación de otras fuerzas?**

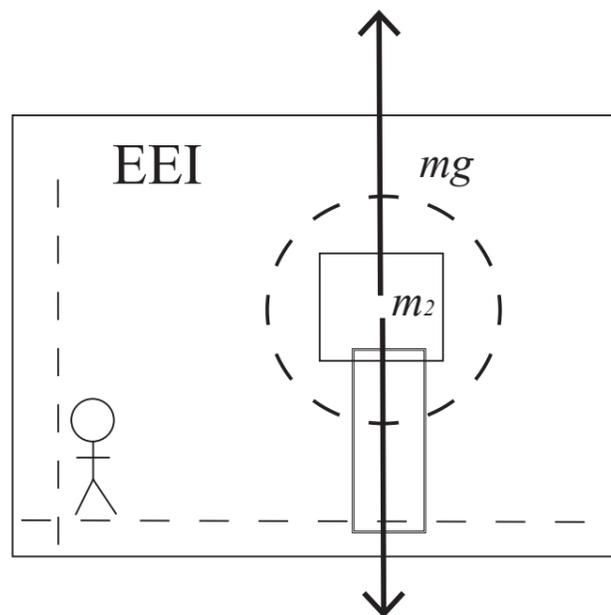
Sí. Se necesitaría:

- 1.- una fuerza de contacto con algún cuerpo que produjera una
- 2.- aceleración respecto al observador no inercial en caída libre.

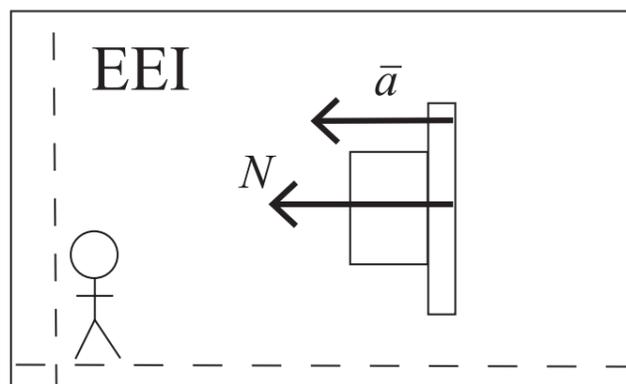
Ya se ha comentado que para un observador no inercial en una nave en órbita circular alrededor de la Tierra y por lo tanto en caída libre [como la EII] al estudiar las fuerzas aplicadas sobre una partícula que se encuentra en la EII además de la fuerza de atracción de la Tierra habría que colocar las fuerzas de inercia. En este caso sería la fuerza centrífuga que anularía exactamente la fuerza de atracción terrestre, de forma que estaría en situación de microgravedad, como se muestra aquí:

# ENTREVISTA A EXPERTO

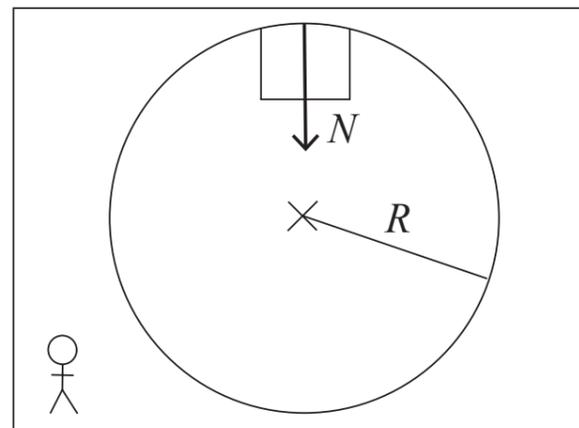
JOSE LUIS LAHOZ -Licenciado en Física y Experto en Astrofísica



Si quisiéramos, por ejemplo, que un astronauta, a todos los efectos, sintiera la sensación fisiológica de gravedad, en la EEI, éste deberá ponerse en contacto con las paredes de la EEI y que le produjera una aceleración respecto a la EEI igual a  $9,8 \text{ m/s}^2$ , tal y como se muestra:



El propio astronauta con los ojos cerrados no podría distinguir [a priori, de acuerdo a la TGR] si está en la Tierra o no. Esta aceleración podría ser tanto tangencial [movimiento rectilíneo] o normal [movimiento circular]:



**¿Cómo afectaría una simulación de un sistema gravitacional sobre la Estación Espacial?  
¿Crees que sería beneficioso?**

En mi opinión no cabe duda [a falta de experimentos que lo demuestren] que el efecto fisiológico y psicológico que sobre los astronautas tendría una gravedad ficticia serían inmenso cuando la duración de la misión sea larga. frenaría probablemente de forma importante, el deterioro físico en todos sus aspectos, incluido, por supuesto, el del sistema cardiovascular y sus consecuencias en todo el organismo.

Creo que lo ideal sería un ejercicio físico que cree una aceleración similar a  $g$  de forma que todos los sistemas biológicos del cuerpo no distinguiera su situación de la estar en la superficie de la Tierra.

Probablemente sería absolutamente necesario para un viaje espacial interplanetario de un ser humano.

FUNDAMENTOS DE LA MICROGRAVEDAD

**MICROGRAVEDAD ARTIFICIAL [48]**

Con el paso de los años se han desarrollado estrategias que permiten, a los científicos encargados tal objeto, conocer la microgravedad y estudiar los efectos sobre la tripulación estando en la Tierra. Hay numerosas técnicas que permiten obtener un ambiente en ausencia de gravedad terrestre, pero algunos de los sistemas más reconocidos son los siguientes:

**Vuelos parabólicos**

Tanto la NASA, como la ESA o la CGTC practican ese tipo de vuelo. Un avión tripulado despegue desde el aeropuerto y asciende hasta una altura aproximada de seis kilómetros, la maniobra parabólica comienza elevando el avión a 45° a máxima potencia. Tras unos veinte segundos, a 7,6 kilómetros de altitud, decelera los motores hasta casi detenerlos pasando así a un estado de caída libre, lo que da lugar a unos 20 o 30 segundos de gravedad cero a bordo. El avión asciende de nuevo antes de que el morro haya trazado la parábola completa y empiece a caer, y se repite la maniobra.

Al comenzar la parábola y terminarla se crea un ambiente de casi 2G, mientras que en la cúspide de la trayectoria parabólica se logra la microgravedad durante 20 o 30 segundos, del orden de 0,1 G, tal y como se representa en la figura de la derecha [Figura 41].

**Torre de caída libre de Bremen**

Ubicada en la ZARM, Centro de Tecnología Espacial Aplicada y de Microgravitación, se encuentra esta torre de caída al vacío de 146 metros de altura y única en la comunidad europea. Se consigue una caída en una cápsula de prueba de 4,6 segundos.

**Torres de caída libre del INTA**

Consiste en un tubo vertical de veintidós metros de altura en cuyo interior se depositan cargas que experimentan condiciones de microgravedad de entre 10<sup>-3</sup>G y 10<sup>-5</sup>G durante 2,1 segundos. [Figura 42]

Para obtener esos rangos de microgravedad, existen dos cápsulas de experimentación (una doble y una simple). En la simple se consigue una gravedad de 10<sup>-3</sup>G y en la doble 10<sup>-5</sup>G, aunque ninguna de las dos consta de un sistema de vacío, por lo que la caída es al aire libre.

Existen cámaras de video y sistemas de adquisición de datos dentro de las cápsulas para poder seguir la simulación.

**Cohetes de sondeo**

Con este sistema se pueden conseguir hasta diez minutos de microgravedad. Se lanza una nave espacial con trayectoria parabólica que se curva sobre la Tierra. Cuando alcanza cierta velocidad a una altitud de unos 1000 km, comienza la caída libre de la nave con una trayectoria paralela a la curvatura de la tierra, consiguiendo un ambiente microgravitacional.

**Tanques de flotación neutral**

El agua es el fluido que mejor simula las condiciones microgravitatorias. Los tanques de flotación neutral, que son grandes piscinas de agua utilizadas para el entrenamiento de la tripulación, reproduciendo todas las fases del vuelo con maquetas sumergidas a escala de la ISS.

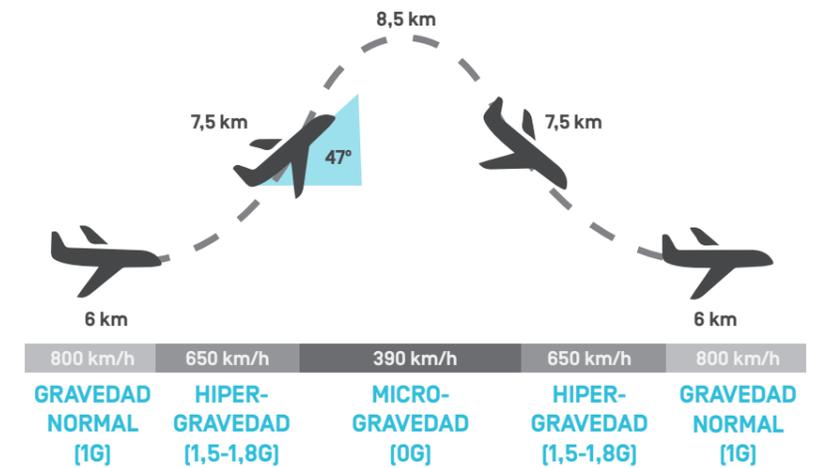


Figura 41: Esquema de los efectos de la fuerza gravitatoria en un vuelo parabólico.



Figura 42: Vista exterior de una torre de caída libre.

# CONCLUSIONES

## **Conclusión 1**

La gravedad es un fenómeno físico mediante el que una partícula con masa se mueve con una aceleración independiente a la masa. Se traduce como una aceleración de caída libre de una masa bajo la presencia de la Tierra. Así mismo, lo que comunmente se conoce como gravedad se aplica al efecto fisiológico que la fuerza normal de contacto con otro cuerpo anula la aceleración de caída libre. No puede estudiarse el cuerpo como un sólido, sino que hay que partirlo en "filetes" (trozos horizontales), y así el fenómeno fisiológico de la gravedad puede explicarse como la diferencia de normales que hace el resto del cuerpo respecto a ese filete y no como la atracción terrestre.

## **Conclusión 2**

La ISS comprende un espacio reducido para seis tripulantes, por lo que cada cosa está en un "desorden ordenado". A priori se aprecia que los elementos que se encuentran en la estación están rigurosamente calculados y no existen objetos intrascendentes, sino que cada uno tiene su propia función, ya sea de ocio, experimentación, alimentación, descanso, aseo...

## **Conclusión 3**

Las tareas con productos ajenas a la experimentación son muy sencillas de realizar, puesto que tras la intensidad de las actividades diarias lo mejor es no hacer pensar al usuario en tiempo de ocio y descanso.

## **Conclusión 4**

Durante su vida diaria, los astronautas tienen una calidad de vida muy reducida [poco espacio, comida deshidratada, falta de intereses y hobbies,...], lo cual puede conllevar a enfrentamientos, estado de impotencia y situaciones de estrés de manera muy rápida.

## **Conclusión 5**

Los dispositivos existentes en la estación son todos compartidos, lo cual desindividualiza al usuario, potenciando una posible situación de estrés.

## **Conclusión 6**

La intimidad del usuario es muy reducida temporalmente y sólo pueden estar aislados dentro de sus dormitorios, lo cual también conlleva a sentirse en un lugar inhóspito y propicia situaciones de enfrentamientos.

## **Conclusión 7**

La ESA es un usuario muy concreto con un presupuesto muy alto y la gente involucrada en las Agencias tiene una preparación muy elevada y específica. De manera que el coste del producto final no tendrá repercusión, la ESA sólo busca conceptos viables y que realmente sean prácticos.

## **Conclusión 8**

Las condiciones ambientales [temperatura y presión sobre todo] de la ISS son muy similares a las terrestres. De hecho, la fuerza gravitatoria es muy similar a la terrestre, disminuyendo sólo alrededor de un 8%, aunque la sensación fisiológica es totalmente diferente.

## **Conclusión 9**

No hay apenas productos relacionados con el ocio y el bienestar, aunque sea un aspecto secundario, se optimizaría el rendimiento de los astronautas si su estado anímico y psicológico fuera el idóneo.

## **Conclusión 10**

Las máquinas de ejercicio utilizadas están adaptadas específicamente para la estación, pero no están diseñadas a tal fin, ya que se basan en rediseños de las máquinas utilizadas en la Tierra. Es contradictorio, ya que existen múltiples problemas referentes a afecciones físicas en microgravedad y no se han implementado máquinas específicas.

# Anexo III

Perfil de Usuario basado en el estudio de los astronautas de la ESA.

# ÍNDICE

## ANEXO III

INTRODUCCIÓN A LA ASTRONÁUTICA	74
SELECCIÓN DE LOS ASTRONAUTAS	75
PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS	76
PERFIL PSICOLÓGICO	88
PERFIL DE USUARIO	90
ENTRENAMIENTO PREVIO	91
CONCLUSIONES	94

# INTRODUCCIÓN A LA ASTRONÁUTICA

Los astronautas se dividen en dos categorías:

- Astronautas: piloto y especialista
- Astronautas de tripulación: especialistas y observadores

Los aspirantes que cumplen con los requisitos científicos de su área, realizan un examen médico y psiquiátrico donde se valoran la experiencia, la motivación, el compañerismo y la habilidad de comunicación y adaptación.

Los requerimientos psicológicos se aplican por igual a ambos grupos, pero para según que responsabilidades se pueden solicitar pruebas que respalden otras capacidades. La tripulación tiene claramente definido su organigrama, en el que cada tripulante tiene una función determinada dependiendo de la misión establecida.

Este aspecto es muy importante, ya que en situaciones de emergencia tiene que liderar uno de ellos al grupo dependiendo del perfil psicológico de cada componente.

Las funciones de los astronautas pilotos son controlar y operar en el vuelo, mientras que los especialistas se encargan de la coordinación de las operaciones de la misión, los experimentos y todo el trabajo de campo científico y técnico. Mientras que, la tripulación se entrena para controlar y manejar un tipo de aparato o función y el observador sólo se selecciona por cuestiones políticas.

Las funciones de los astronautas pilotos son controlar y operar en el vuelo, mientras que los especialistas se encargan de la coordinación de las operaciones de la misión, los experimentos y todo el trabajo de campo científico y técnico. Mientras que, la tripulación se entrena para controlar y manejar un tipo de aparato o función y el observador sólo se selecciona por cuestiones políticas.

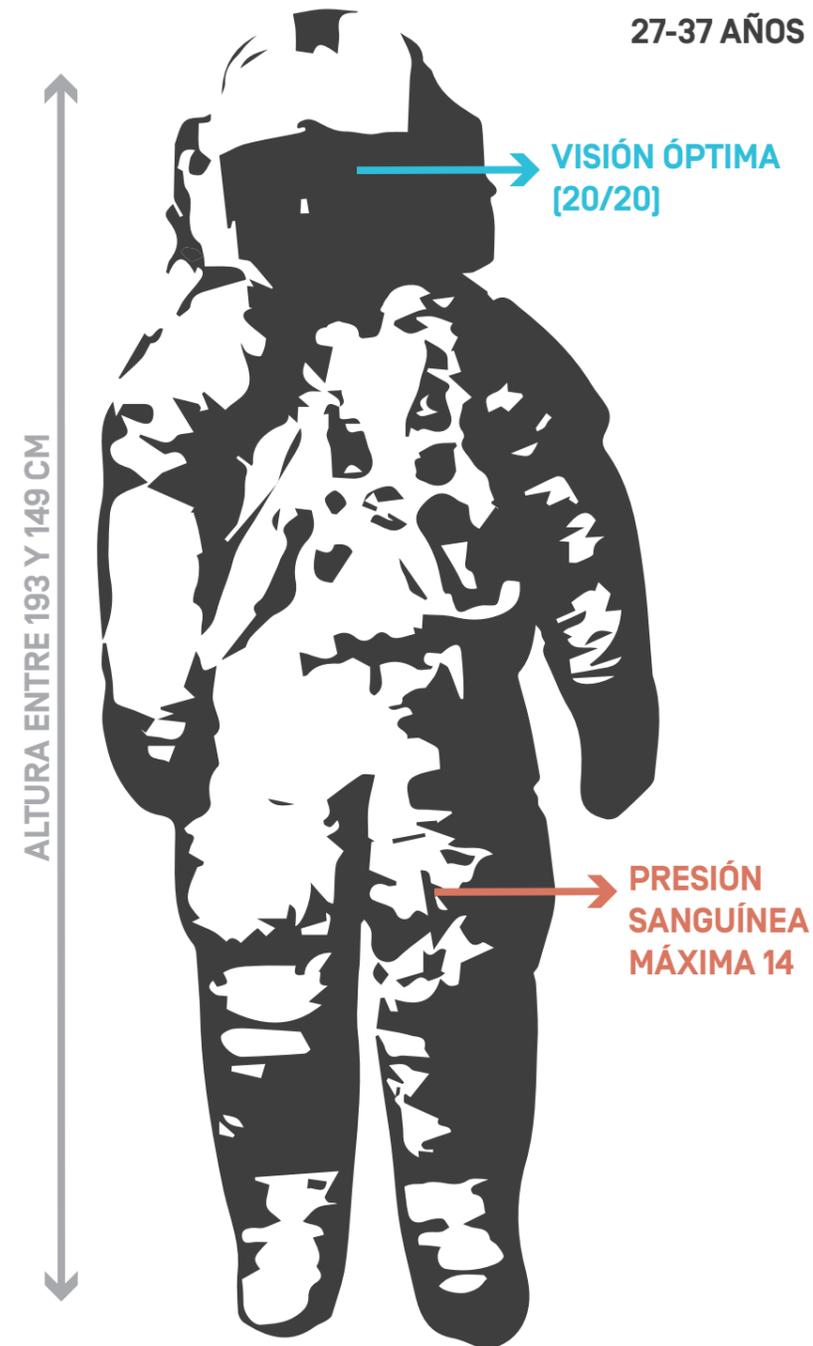
# SELECCIÓN DE ASTRONAUTAS

Las condiciones del proceso de selección de los astronautas ha ido evolucionando conforme se ha ido desarrollando el ámbito de la tecnología aeroespacial. La primera selección de aspirantes tuvo lugar en 1957 en la URSS, donde los aspirantes debían tener entre 23 y 32 años, pesar menos de 70 kg y medir menos de 175 cm. Durante las primeras selecciones, primaban las habilidades de pilotaje y las condiciones físicas ante las habilidades científicas y las condiciones psicológicas, pero conforme se abrió paso la ciencia en la carrera espacial, las licenciaturas y el conocimiento científico pasaron a a obtener la máxima consideración, ya que durante las misiones es necesario realizar numeros experimentos. Antes se necesitaban pilotos que se preparaban científicamente y, actualmente, se requieren científicos que se adiestran para el pilotaje aeroespacial. Aunque, como es comprensible, si combinan las dos aptitudes serán mejor reconocidos.

Además de este carácter científico necesario para la selección, es necesario que los aspirantes superen pruebas y test psicológicos que respalden su salud mental y demuestren su capacidad de reacción ante las situaciones de emergencia.

Las pruebas de comportamiento son fundamentales por la necesidad de una jerarquía durante los vuelos espaciales. Es imprescindible la presencia de un líder que opere en las situaciones de emergencia y una tripulación capaz de respetar las órdenes y responder a ellas de manera adecuada. [49]

## CONDICIONES FÍSICAS ADECUADAS



Hay dos tipologías de astronautas diferentes, por un lado, están los Astronautas Pilotos y por otro lado los Astronautas Especialistas. Ambos campos prestan exigencias diferentes, aunque si un aspirante aúna de ambos campos, será mejor valorado y podrá ser utilizado como factor determinante. [49]

### SER LICENCIADO EN INGENIERÍA, MATEMÁTICAS, CIENCIA FÍSICA O CIENCIA BIOLÓGICA

*[Exigencia para optar a Astronauta Especialista]*

El carácter científico ha tomado paso frente a la capacidad de pilotaje en la astronáutica, utilizándose como filtro básico en la selección de los aspirantes. Se incrementa la puntuación mediante títulos, siendo los doctorados los más reconocidos.

### EXPERIENCIA PROFESIONAL EN CAMPOS RELACIONADOS DE MÍNIMO 3 AÑOS

Es imprescindible que el aspirante demuestre su experiencia profesional en campos relacionados para poder enfrentarse a responsabilidades.

### EXPERIENCIA EN VUELO DE 1000 HORAS EN AVIONES A REACCIÓN

*[Exigencia para optar a Astronauta Piloto]*

Es necesaria una amplia experiencia de pilotaje que respalde su habilidad.

### BUENOS RESULTADOS EN LOS TESTS PSICOLÓGICOS REALIZADOS POR LAS AGENCIAS

Es necesario que los astronautas posean capacidad de reacción y sepan responder con frialdad ante situaciones de emergencia en el espacio. Además, la tripulación debe configurarse tomando a un miembro como líder que tome el mando en situaciones de emergencia y buscando perfiles que respeten las órdenes y tengan capacidad para trabajar en equipo. [50]

# PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS

Para acotar el campo de estudio, se analizarán los perfiles de los astronautas pertenecientes a la ESA, que a efectos prácticos, comparten el patrón básico con los de la NASA o cualquier otra agencia espacial.

De cada uno de estos sujetos se analizará una breve biografía, su carrera profesional, datos relevantes acerca de su entrada y actividad en la ESA, testimonios acerca de su paso por la Estación Espacial Internacional,

*Por orden alfabético.*

## A

**ALEXANDER GERST**

## C

**SAMANTHA CRISTOFORETTI**

## D

**PEDRO DUQUE**

## H

**CLAUDIE HAIGNERÉ**

## K

**ANDRÉ KUIPERS**

## M

**MATTHIAS MAURER**

**ANDREAS MOGENSEN**

## R

**THOMAS REITER**

## S

**HANS SCHLEGEL**

**HELEN SHARMAN**

## P

**TIMOTHY PEAKE**

## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS

**A** ALEXANDER GERST <sup>[51]</sup>

Figura 43: Alexander Gerst

**INFORMACIÓN PERSONAL**

Nacionalidad: Alemana [Künzelsau]

Nacimiento: 03/05/1976

Hobbies: esgrima, natación, correr, paracaidismo, snowboard, senderismo, escalada y buceo.

**EDUCACIÓN**

Licenciatura: Geofísica por la Universidad de Karlsruhe, Alemania

Maestría: Ciencias de la Tierra por la Universidad Victoria de Wellington, Nueva Zelanda

Doctorado: Ciencias Naturales por el Instituto de Geofísica de la Universidad de Hamburgo, Alemania. Su trabajo se centró en la Geofísica y la dinámica de la erupción volcánica.

**COLABORACIONES**

Con la Asociación Internacional de Volcanología y Química del Interior de la Tierra [IAVCEI]

Con la Sociedad Geofísica Alemana [DGG]

Con la Unión Europea de Geociencias [EGU]

Con la Sociedad Europea de Volcanología [SVE]

Con la Unión Geofísica Americana [AGU]

**EXPERIENCIA Y HONORES**

De 1998 a 2003 intervino en diversas colaboraciones científicas internacionales y experimentos de campo. De 2001 a 2003 desarrolló nuevas técnicas de monitoreo de volcanes para mejorar las previsiones de erupciones volcánicas.

De 2004 a 2009 trabajó en el desarrollo de instrumentos científicos en el Instituto de Geofísica de la Universidad de Hamburgo.

De 2005 a 2009 investigó acerca de la mecánica y energía liberada en los primeros segundos de una erupción volcánica y fue reconocido con el premio Bernd Rendel de la Fundación Alemana de Investigación [DFG].

En mayo de 2009 fue seleccionado como astronauta de la ESA, uniéndose en septiembre de este mismo año y terminando la formación básica como astronauta a finales del año siguiente.

**ACTIVIDAD COMO ASTRONAUTA**

Astronauta Especialista como ingeniero de vuelo para las expediciones 40 y 41, la misión tuvo una duración de seis meses y se realizó en el 2014.

"Siempre estuve interesado en entender cómo funciona nuestro planeta, todo aquello que se pueda investigar"<sup>[52]</sup> **Alexander Gerst**

## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS

**C** SAMANTHA CRISTOFORETTI [53]

Figura 44: Samantha Cristoforetti

**INFORMACIÓN PERSONAL**

Nacionalidad: Italia [Milán]

Nacimiento: 26/04/1977

**EDUCACIÓN**

Licenciatura: Ingeniería Mecánica por la Universidad Técnica de Múnich y graduado en Ciencias de la Aeronáutica en la Accademia Aeronáutica de Pozzuoli.

Maestría: Propulsión aeroespacial y estructuras ligeras por la Universidad Técnica de Múnich de Baviera.

Ampliación ingenieril en el École National Supérieure de l'aéronautique et de l'espace en Toulouse.

y en el Instituto Mendeleev de Química y tecnología de Moscú.

Doctorado: -

**COLABORACIONES**

Con la Asociación Internacional de Volcanología y Química del Interior de la Tierra [IAVCEI]

Con la Sociedad Geofísica Alemana [DGG]

Con la Unión Europea de Geociencias [EGU]

Con la Sociedad Europea de Volcanología [SVE]

Con la Unión Geofísica Americana [AGU]

**EXPERIENCIA Y HONORES**

De 2001 a 2005 fue reconocida con la Espada de Honor al mejor rendimiento académico de la Accademia Aeronáutica de Pozzuoli.

De 2005 a 2006 trabajó como piloto de combate, acumulando más de 500 horas de vuelo.

En mayo de 2009 fue seleccionada como astronauta de la ESA, accediendo a ella en noviembre de este mismo año y completando su formación básica como astronauta a finales de 2010.

**ACTIVIDAD COMO ASTRONAUTA**

Astronauta Especialista y Piloto asignada en 2012 para realizar una misión espacial de 200 días de duración en la Expedición 42/43.

"Galileo observa el espacio y ahora el espacio observa a Galileo" [53]

**Samantha Cristoforetti**

## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS

**D PEDRO DUQUE** [54] [56]

Figura 45: Pedro Duque

**INFORMACIÓN PERSONAL**

Nacionalidad: España (Madrid)

Nacimiento: 14/03/1963

Aficiones: natación, submarinismo, bicicleta

**EDUCACIÓN**

Licenciatura: Ingeniería Aeronáutica en la Universidad Politécnica de Madrid.

Maestría: Ingeniería Aeronáutica por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos

Doctorado: -

**COLABORACIONES**

Académico Correspondiente de la Real Academia de Ingeniería de España desde 1999.

**EXPERIENCIA Y HONORES**

En 1995 recibió la Orden de la Amistad por parte del Presidente Yeltsin de la Federación Rusa.

En 1999 recibió la Gran Cruz al Mérito Aeronáutico por parte de S.M. el Rey de España.

En 1999 recibió el Premio Príncipe de Asturias de Cooperación Internacional por su cooperación en la exploración espacial.

En 1986 trabajó en la ESOC hasta que fue seleccionado por la ESA en 1992.

En 1993 terminó su formación básica como astronauta.

**ACTIVIDAD COMO ASTRONAUTA**

Tras una larga trayectoria por todos los centros espaciales participantes en la ISS como científico, participó en la Clase de Especialistas de Misión en el Centro Espacial Johnson de la NASA y fue nombrado "especialista de misión" en 1998.

A finales de este mismo año, le enviaron al espacio con el Transbordador Discovery actuando como Ingeniero de Vuelo, dedicándose al estudio de la ingravidez y del Sol durante nueve días.

En 2003 participó en la misión Cervantes, con la que estuvo diez días en la ISS como Ingeniero de Vuelo, trabajando en un programa experimental de áreas como la biología, la física, la fisiología y la tecnología.

"La Estación Espacial Internacional se utiliza como laboratorio, tanto de experimentos científicos como de desarrollos de tecnología" [55]

**Pedro Duque**

## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS

**H** CLAUDIE HAIGNERÉ <sup>[57]</sup>

Figura 46: Claudie Haigneré

**INFORMACIÓN PERSONAL**

Nacionalidad: Francia [Borgoña]

Nacimiento: 13/05/1957

**EDUCACIÓN**

Licenciatura: Medicina por la Faculté de Médecine de Paris y la Faculté des Sciences.

Certificados en Reumatología, Biología y Medicina del Deporte y Aviación y Medicina Espacial.

Maestría: en Biomecánica y Fisiología del movimiento.

Doctorado: en Neurociencia.

**COLABORACIONES**

Miembro Honorario de la Sociedad Francesa de Médecine et Aeronáutica Espacial.

Con la Academia Internacional de Astronáutica [IAA]

Con la Asociación Aeronáutica y Astronautique de Francia [AAAF]

Con la Académie de l'Air et de l'Espace [ANAE]

Miembro de la Academia de la Tecnología de la Academia del Deporte Francés, de la Academia Científica Francesa de l'Outre Mer y de la Academia de Ciencias y Tecnología de Bélgica.

**EXPERIENCIA Y HONORES**

De 1986 hasta 1992 trabajó en el Hospital Cochin de París, en el Departamento de Rehabilitación Reumatológica.

De 1985 a 1990 participó en el Laboratorio de Fisiología Neurosensorial en el Centre National de la Recherche Scientifique de París.

En 1985 fue seleccionada por el Centro Nacional de Estudios Espaciales [CNES].

En 1999 accedió a la Agencia Espacial Europea y se unió al Cuerpo Europeo de Astronautas de Colonia.

**ACTIVIDAD COMO ASTRONAUTA**

Participó en la misión rusa Cassiopée de la Estación MIR en 1996, donde, durante dieciséis días trabajó en investigaciones fisiológicas, técnicas y biológicas.

Posteriormente, participó en la misión espacial Andrómeda en la ISS, donde permaneció ocho días realizando experimentos biomédicos.

"Debemos difundir una imagen real de la ciencia. ¿Para qué sirve la ciencia? La ciencia nos sirve para descubrir cosas nuevas, para maravillarnos cada día con las soluciones que vamos encontrando para cada uno de los diferentes problemas que se nos plantean" <sup>[58]</sup>

**Claudie Haigneré**

## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS

**K** ANDRÉ KUIPERS <sup>[59]</sup>

Figura 47: André Kuipers

**INFORMACIÓN PERSONAL**

Nacionalidad: Países Bajos (Ámsterdam)

Nacimiento: 05/10/1958

Hobbis: volar, buceo, esquí, senderismo, viajar y la historia.

**EDUCACIÓN**

Licenciatura: Medicina por Amstel Lyceum, Amsterdam

Maestría: -

Doctorado: Medicina por la Universidad de Amsterdam

**COLABORACIONES**

Con la Asociación Médica Aeroespacial

Con la Sociedad Holandesa de Medicina de Aviación

Con la Asociación Holandesa de Vuelo Espacial

Embajador en la World Wildlife Fund

**EXPERIENCIA Y HONORES**

Trabajó en el Departamento del Centro Médico Académico de Amsterdam, participando en la investigación sobre el sistema vesibular y el equilibrio.

En 1987 y 1988 trabajó como Oficial del Cuerpo Médico Real de la Fuerza Aérea de Holanda, estudiando los incidentes causados por la desorientación de los pilotos en aviones de alto rendimiento.

En 1989 y 1990 trabajó para el departamento de Investigación y Desarrollo del Centro Médico Espacial Holandés, participando en la investigación sobre el síndrome de adaptación espacial, lentes de contacto para los pilotos, aparato vestibular y otros aspectos fisiológicos. Desde entonces hasta 1999, André estuvo trabajando en investigaciones dedicadas a la ESA, hasta que durante este año se unió como astronauta.

Completó su formación como astronauta en 2002.

**ACTIVIDAD COMO ASTRONAUTA**

En 2004 fue asignado como Ingeniero de Vuelo en la misión DELTA y se encargó de la realización de experimentos centrados en el estudio de la fisiología humana, biotecnología y tecnología.

En 2009 fue elegido para la Expedición 30/31 de larga duración, en la que se dedicó a la realización de experimentos de diversos campos de estudio.

"En el futuro podremos hacer cosas que ni pensamos ahora y de hecho ya estamos haciendo cosas que no hace mucho eran ciencia ficción" <sup>[60]</sup>

**André Kuipers**

## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS

**M** MATTHIAS MAURER <sup>[61]</sup>

Figura 48: Matthias Maurer

**INFORMACIÓN PERSONAL**

Nacionalidad: Alemania [Sarre]

Nacimiento: 18/03/1970

Hobbis: viajar, la fotografía, la lectura, la política, los idiomas, el ciclismo y el senderismo.

**EDUCACIÓN**

Licenciatura: Ingeniería en Tecnología de los Materiales por la Universidad de Nancy.

Maestría: Ingeniería de la Economía en la Universidad de Hagen, Alemania

Doctorado: Ingeniería de la ciencia de Materiales en el Instituto de Ciencias de Materiales de la Universidad Técnica de Aachen, publicando acerca de los materiales compuestos ligeros hechos de espuma de aluminio recubiertos por un rociado térmico.

**COLABORACIONES**

Científico Junior en la Universidad de Sarre, Alemania.

**EXPERIENCIA Y HONORES**

Reconocimientos por su Tesis Doctoral por varios premios nacionales de investigación.

Es titular de más de diez patentes a nivel internacional. De 1999 a 2004 trabajó como investigador en la Universidad Técnica de Aachen.

De 2006 a 2010 trabajó como Ingeniero de Proyectos para una compañía de materiales y tecnología médica para la producción de filtros de sangre.

Se unió a la ESA en 2010, trabajando como ingeniero de soporte para la tripulación y comenzó a realizar contribuciones a investigaciones de la agencia.

En 2015 se unió al Cuerpo Europeo de Astronautas en Colonia y comenzó su entrenamiento básico como astronauta, que finalizará en 2017.

**ACTIVIDAD COMO ASTRONAUTA**

*Actualmente se encuentra en fase preparatoria [2017].*

"El espacio permite realizar una gran variedad de experimentos científicos que no podrían realizarse en la Tierra." <sup>[62]</sup>

**Matthias Maurer**

## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS

**M** ANDREAS MOGENSEN <sup>[61]</sup>

Figura 49: Andreas Mogesen

**INFORMACIÓN PERSONAL**

Nacionalidad: Dinamarca [Copenhague]

Nacimiento: 02/11/1976

Hobbis: buceo, paracaidismo, kitesurf, kayak, montañismo, e intereses en la astrofísica y la exobiología.

**EDUCACIÓN**

Licenciatura: Ingeniería Aeronáutica por el Imperial College de Londres.

Maestría: Ingeniería Aeronáutica por el Imperial College de Londres.

Doctorado: Ingeniería Aeroespacial por la Universidad de Texas. Por su investigación sobre el guiado, control y navegación de la nave espacial durante la entrada, descenso y aterrizaje, el análisis y diseño de las misiones y la optimización de las trayectorias.

**COLABORACIONES**

Con el Instituto Americano de Aeronáutica y Astronáutica [AIAA]

Con la Sociedad Americana de Astronáutica [AAS]

Con la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia [AAAS]

Con la Asociación de Exporadores del Espacio [ASE]

"Hoy con una tecnología mucho más desarrollada, estamos más que preparados para conseguir un satélite permanente en la Luna de nuevo." <sup>[62]</sup>

**Mathias Maurer**

**EXPERIENCIA Y HONORES**

Medalla al Servicio Público de la NASA [2015]

Premio Ellehammer de la Sociedad Danesa de Periodistas de Aviación [2015]

Premio Genio de la Sociedad Danesa de Periodistas Científicos [2016]

De 2001 a 2003 trabajó como Ingeniero de Sistemas de Control diseñando controladores para turbinas eólicas.

De 2004 a 2007 trabajó en la investigación para el Centro de Investigación Espacial y como ayudante de Enseñanza en el Departamento de Ingeniería Aeroespacial de la Universidad de Texas.

De 2007 a 2008 trabajó como Ingeniero de Sistemas de Control de actitud y órbita de Operaciones Especiales. Trabajó como investigador en el Centro Espacial de Surrey, en la Universidad de este mismo sitio, centrándose en la orientación de la nave espacial y navegación y control durante la entrada, descenso y aterrizaje en misiones lunares.

En 2009 fue seleccionado como astronauta por la ESA.

**ACTVIDAD COMO ASTRONAUTA**

Tras una amplia trayectoria en investigación y misiones terrestres tanto de la ESA como de la NASA. Andreas realizó su primer vuelo espacial como Ingeniero de Vuelo en 2015, en la misión "iriss" de diez días de duración en la ISS, donde realizó experimentos de diversas áreas de investigación.

## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS

**R THOMAS REITER** [64]

Figura 50: Thomas Reiter

**INFORMACIÓN PERSONAL**

Nacionalidad: Alemania (Frankfurt)

Nacimiento: 23/05/1958

Hobbis: esgrima, bádminton, cocinar y la guitarra.

**EDUCACIÓN**

Licenciatura: Ciencia Aeroespacial.

Maestría: Tecnología Aeroespacial

Doctorado: Doctorado honorario por la Universidad Alemana de las Fuerzas Armadas y de la Escuela de Pilotos de prueba (PTE), Inglaterra.

**COLABORACIONES**

Con el Instituto Americano de Aeronáutica y Astronáutica (AIAA)

Con la Sociedad Americana de Astronáutica (AAS)

Con la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS)

Con la Asociación de Exporadores del Espacio (ASE)

"Cuando uno mira a través de las ventanas de la estación espacial sabe que lo que está viendo está realmente ahí, pero aún así tiene la impresión de que lo que transcurre ante sus ojos no es más que una película.." [65]

**Thomas Reiter**

**EXPERIENCIA Y HONORES**

Experiencia en vuelo, permiso para volar con 15 aviones a reacción de combate militar.

Involucración en sistemas de planificación de misiones computarizados.

Comandante de la Escuadra Oficial de Operaciones de Vuelo.

Participó en la ESA colaborando en el desarrollo equipos para el laboratorio Columbus.

En 1992 fue seleccionado para formar parte del Cuerpo Europeo de Astronautas de la ESA.

**ACTIVIDAD COMO ASTRONAUTA**

En 1995, tras completar su formación como astronauta, fue destinado a la misión Euromir 95 como Ingeniero de Vuelo. Allí, se dedicó a la realización de experimentos.

Esta misión tuvo una duración de 179 días.

A su vuelta, entrenó en la nave espacial Soyuz TM y consiguió el título para comandar la cápsula Soyuz durante su retorno a la Tierra.

Intervino en el desarrollo del brazo robótico de la ISS.

En 2004 fue asignado para una misión de larga duración a bordo de la ISS.

De 2011 a 2015 fue nombrado Director del programa de Vuelos Tripulados y Operaciones de la ESA.

## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS

**S HANS SCHLEGEL** <sup>[66]</sup>

Figura 51: Hans Schlegel

**INFORMACIÓN PERSONAL**

Nacionalidad: Alemania (Überlingen)  
 Nacimiento: 03/08/1951  
 Hobbis: esquí, buceo, vuelo y lectura.

**EDUCACIÓN**

Comenzó como paracaidista de las Fuerzas Armadas Federales, se fue con el grado de Alférez, y salió de Teniente en 1980.

**COLABORACIONES**

De 1979 a 1986 intervino como físico experimentando el estado sólido en la Rheinisch Westfälische Technische Hochschule de la Universidad de Aachen.  
 De 1986 a 1988 se dedicó a la investigación en el Instituto Dr. Förster GmbH & Co. KG en Reutlingen.

**EXPERIENCIA Y HONORES**

De 1988 a 1990 completó su formación astronáutica en el Centro Aeroespacial Alemán. Consiguiendo una licencia de piloto privado.  
 A partir de 1990 comienza a trabajar para la ESA desarrollando sistemas y diseñando misiones.  
 En 1998 se unió al Cuerpo de Astronautas de la ESA, y en ese mismo año se formó como especialista de misión en el Centro Espacial Johnson de la NASA.

**ACTIVIDAD COMO ASTRONAUTA**

En 1993 viajó como Astronauta Especialista en la misión Spacelab-D2, en el que desarrolló cerca de 90 experimentos dedicados a la biotecnología, ciencias de los materiales, física, robótica, astronomía, la Tierra y su atmósfera.  
 En 2008 realizó su segundo vuelo, en la misión STS-122, en la que se instaló el laboratorio Columbus, en la que realizó un paseo espacial de casi siete horas.

"Pero es la naturaleza humana hizo que queremos ir más allá de lo que conocemos hoy en día." <sup>[67]</sup>

**Hans Schlegel**

## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS

**S HELEN SHARMAN** [68]

Figura 52: Helen Sharman

**INFORMACIÓN PERSONAL**

Nacionalidad: Reino Unido

Nacimiento: 30/05/1963

**EDUCACIÓN**

Licenciatura: Ingeniería Química por la Universidad de Sheffield.

Doctorado: Ingeniería Química en la Universidad de Londres.

**COLABORACIONES**

Colaboró en Mars Incorporated investigando acerca de los sabores y las propiedades del chocolate.

**EXPERIENCIA Y HONORES**

Trabajó en The General Electric Company plc en Londres.

En 1989 fue seleccionada como astronauta, se realizó una lotería para recaudar fondos para el lanzamiento, y aunque ella fue seleccionada aleatoriamente, fue sujeta a una post-selección que valoraba sus conocimientos científicos, lenguas extranjeras y conocimiento sobre vuelos espaciales.

**ACTIVIDAD COMO ASTRONAUTA**

Intervino en la misión Soyuz TM-12 de ocho días de duración en la Estación MIR. Su función fue realizar pruebas médicas y agrarias, fotografiar las islas británicas y actividades educativas con escolares.

"El espacio es grandioso y ser parte de él hace que las personas se sientan grandiosas" [69]

**Helen Sharman**

## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS

**P** TIMOTHY PEAKE <sup>[70]</sup>

Figura 53: Timothy Peake

**INFORMACIÓN PERSONAL**

Nacionalidad: Inglaterra [Chichester]

Nacimiento: 07/04/1972

Hobbis: esquí, buceo, escalar y el montañismo y está interesado en la física cuántica y la aviación.

**EDUCACIÓN**

Graduado: Oficial del Cuerpo Aéreo del Ejército Británico por la Real Academia Militar de Sandhurst  
Escuela de Pilotos de Prueba.

Licenciatura: Ciencias de la Dinámica de Vuelo por la Universidad de Portsmouth.

**COLABORACIONES**

Como miembro de la Real Sociedad Aeronáutica.

Como miembro de la Sociedad de Pilotos de Pruebas Experimentales.

**EXPERIENCIA Y HONORES**

Reconocido con el Trofeo Westland como el mejor alumno piloto de ala rotatoria.

Recibió el Certificado de Mérito al Servicio como Comandante por su servicio ejemplar y su dedicación al ejército británico en 2006.

Entre 1994 y 1998 trabajó como Piloto de Reconocimiento y Comandante de Vuelo.

Acabado este periodo se dedicó a trabajar pilotando hasta el 2009, registrando más de 3000 horas de vuelo en más de 30 tipos de helicópteros y aviones.

En 2009 fue seleccionado como astronauta de la ESA y terminó su formación como astronauta en 2010.

**ACTIVIDAD COMO ASTRONAUTA**

En 2015 fue enviado a una misión de larga duración, el primer mes realizó un paseo espacial para reparar la fuente de alimentación de la ISS. A parte de encargarse de la realización de experimentos, Peake fue sujeto de estudio para conocer el comportamiento de los humanos ante la adaptación a la vida sin los ciclos día-noche habituales, el diseño de las dietas, analizaron sus pulmones y sus patrones de sueño,

"Aprecio todo el trabajo que se realiza desde la Tierra para que sea posible que yo realice el mío" <sup>[71]</sup>

**Timothy Peake**

# PERFIL PSICOLÓGICO [49] [124]

La psicología aeronáutica comenzó en los años treinta con el objeto de analizar los aspectos cognitivos y estudiar el comportamiento de los pilotos con respecto a la altura, la velocidad del vuelo y el medio ambiental al que están condicionados. Interesaba conocer la interacción entre el humano y la aviación.

Fue a partir de los años ochenta cuando comenzaron a tomar parte significativa los factores humanos, teniendo en cuenta factores psicológicos o psicosociales entre otros, donde comenzaron a estudiar la relación de sucesos aleatorios con el desempeño personal, social y del comportamiento del astronauta, sobre todo en misiones de larga duración.

Pero fue durante el año 2000 cuando se consideró la valoración psicológica y psicosocial de la misma importancia que los factores de seguridad y salud para realizar con éxito la misión. Algunos estudios realizados en torno a misiones de larga duración apuntan a que, los aspectos más importantes de estudio son:

- la adaptación al confinamiento y aislamiento
- la convivencia interpersonal en una misión de largo plazo
- la actividad extravehicular
- las cargas de trabajo

Actualmente, los estudios acerca de la adaptación psicológica y psicosocial se realizan en ambientes extremos (misiones en la Antártica y mar profundo) simulando la criticidad del espacio exterior, y con ellos puede estimarse una respuesta física y psicológica de los astronautas a las condiciones, como la alta dependencia en la tecnología, el aislamiento y confinamiento físico y social, las demandas psicológicas, fisiológicas y cognitivas y las necesidades mínimas críticas para la comunicación, cooperación y coordinación del equipo de trabajo.

## El perfil psicológico del aspirante debe cumplir una rigurosa lista de aspectos, y los detallados a continuación son los más representativos. [124]

- reflejar independencia y capacidad de conseguir objetivos estratégicos
- adecuadas relaciones interpersonales e inteligencia emocional
- lidar adecuadamente con tareas complejas y buscar la calidad
- orientación a trabajar de forma dura y adecuada
- que no reflejen arrogancia, hostilidad o incapacidad de convivencia interpersonal
- tener conciencia del riesgo laboral

## Otros que no deben poseer, como

- altos niveles de competitividad
- arrogancia, hostilidad, problemas interpersonales
- impaciencia e irritabilidad
- agresividad
- individualismo en el contexto de incapacidad de trabajar en equipo

## Y, existen otros criterios que son excluyentes: [124]

- neurosis
- alteraciones de la personalidad
- fobias
- sustancias ilícitas o estupefacientes
- consumo de medicamentos psicotrópicos
- condiciones psiquiátricas que puedan poner en riesgo la seguridad de la misión

Por la década de los 80 se realizaban quince estudios psicológicos para seleccionar a los astronautas, y las ponderaciones más significativas se realizaban valorando el coeficiente intelectual, el razonamiento matemático y exámenes de conocimiento de ingeniería.

En la actualidad, los exámenes de inteligencia valoran la capacidad de abstracción, capacidad verbal, alteraciones de pensamiento, coordinación psicomotriz, coeficiente intelectual en base a la edad, los estudios de personalidad de cada aspirante, percepción y analizan su respuesta individual y en grupo ante diferentes situaciones.

## ENTRENAMIENTO PSICOLÓGICO [49]

Los estudios que se realizan en las bases de la Antártica han desvelado que los astronautas se han respondido con comportamientos que se presentan pasados varios meses de la misión, tales como la distracción mental y física, déficit de atención, disminución de la capacidad de alerta, presión laboral, trabajo en equipo inadecuado y otros problemas en base al aislamiento por problemas psicológicos de adaptación al ambiente. Dentro de los métodos más fiables podemos encontrar los de tipo submarino, ya que simulan los viajes al espacio, efectuando una simulación de presurización, dependencia de soportes vitales para la supervivencia y la capacidad de adaptación al aislamiento.



Figura 54: Los gemelos Kelly

## CONDICIONES DEL ENTORNO [49]

Los factores del ambiente espacial: temperatura, ingravidez, radiación, presión, aceleración, microgravedad, vibración, ruido y luz entre otros, se traduce a los astronautas como factores de estrés, a nivel fisiológico, biomédico y ambiental.

**- Ausencia de atmósfera:** factores la temperatura, presión y composición de la atmósfera terrestre disminuyen conforme la distancia a la Tierra vaya aumentando, lo cual se traduce como una presión atmosférica menor, llegando al punto de superar la altura de 13 kilómetros, donde aún con mascarillas presurizadas el oxígeno es insuficiente para la vida.

Con el aumento de la distancia, los líquidos corporales comienzan a evaporarse por el efecto de la ebullición, hasta llegar a la exosfera donde las moléculas de aire tienen una densidad de 1 a 20 moles/cm<sup>3</sup>.

**- Ingravidez:** el cuerpo humano no está adaptado a las condiciones que ofrece la microgravedad, y hay tres problemas fundamentales en torno a ella, la cinetosis que provoca mareos, la redistribución de los líquidos que produce alteraciones cardíacas y/o digestivas y la disminución de la actividad física que provoca desmineralización ósea y atrofia muscular.

**- Radiación:** los astronautas dejan de estar protegidos por el campo terrestre magnético ante la radiación, lo cual aumenta el riesgo de absorber mayores cantidades de rayos gamma, que pueden desembocar en el desarrollo de cáncer o enfermedades degenerativas que contemplan enfermedades digestivas, cardíacas, neurológicas o visuales.

**- Temperatura:** la atmósfera terrestre estabiliza la temperatura en la superficie terrestre y la regula en el ciclo día-noche. Pero, a mayor distancia de la superficie, la regulación disminuye, hasta un ascenso de temperatura que pueda provocar lesiones al equipo y daño al material. Y la ausencia de la radiación solar, puede llegar hasta el punto de congelamientos.

Estas variaciones en la temperatura fueron estabilizadas gracias a la instalación de sistemas de control ambiental. Aunque, a nivel fisiológico, se presentan enfermedades como la desmineralización, alteración de líquidos, desacondicionamiento cardíaco, muscular, esquelético, inmunológico...

**- Neurológico y sensorial:** la ingravidez altera la percepción de la ubicación, orientación y equilibrio de una persona, que desemboca en desorientación, mareo, depresión, anorexia,...

**- Musculo-esquelético:** la modificación de la capacidad propioceptiva [sentido que informa al organismo de la posición de los músculos, es la capacidad de sentir la posición relativa de partes corporales contiguas] genera una desadaptación que inicialmente se manifiesta como una disminución de la masa muscular y la densidad ósea.

**- Alteraciones visuales:** la hipoxia, descompresión, vibración, exposición a aceleraciones y desaceleraciones y la exposición a la microgravedad producen una disminución de la visión y visión borrosa dependiendo de cada factor.

**- Sistema inmunológico:** existe una disminución de la respuesta inmunológica por el estado de la ingravidez.

**- Aparato cardiovascular:** se consideran efectos como la disminución del volumen sanguíneo y la disminución de la masa eritrocitaria

## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS

### PERFIL DE USUARIO

A modo conclusión, se extrae un perfil de usuario básico basado en las fichas de los astronautas de la ESA y en datos sobre el proceso de selección del Cuerpo de Astronautas Europeo.

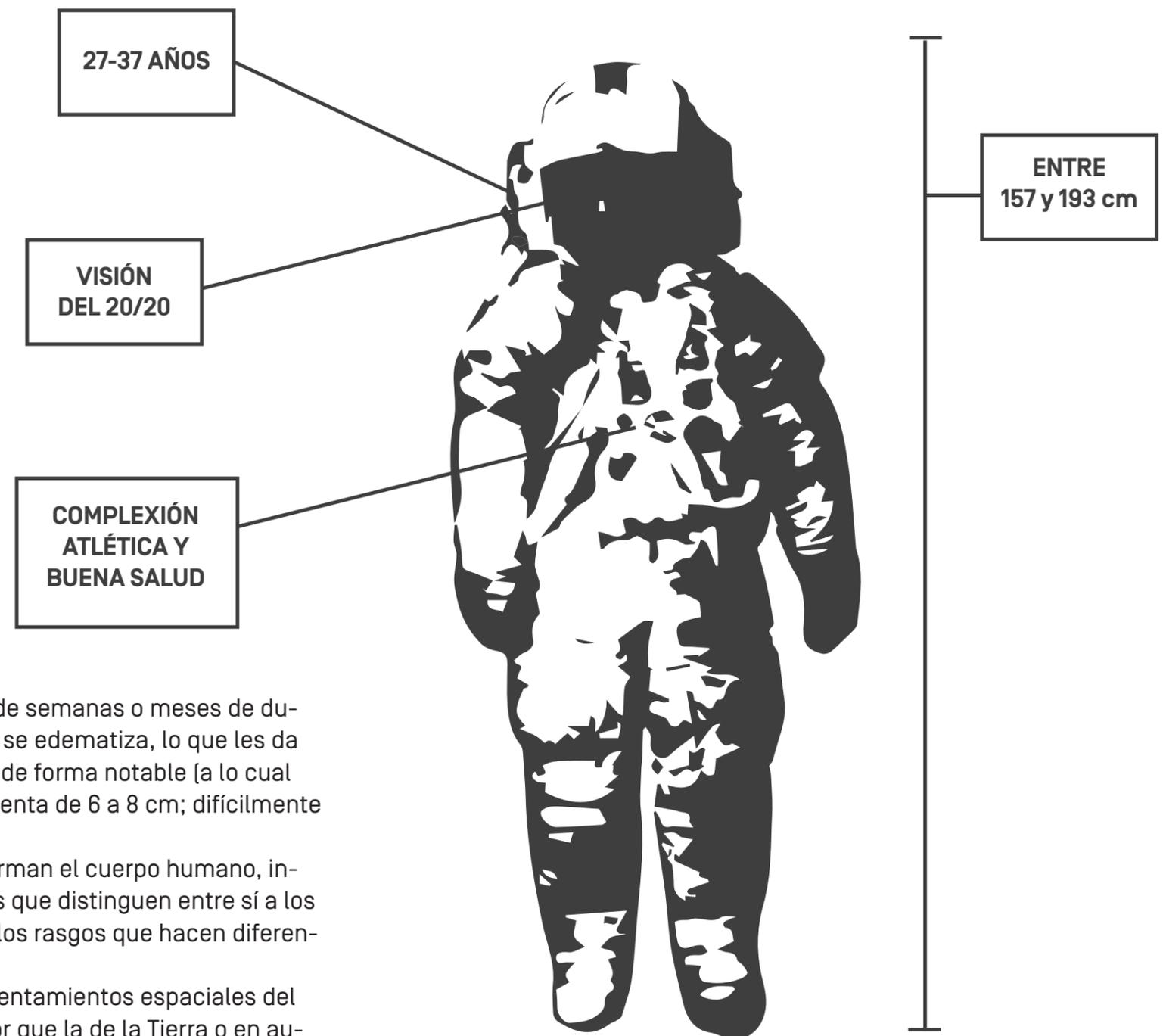
Hasta Julio de 2016, de un total de 537 astronautas, 60 eran mujeres, lo que se traduce como un 11,2% del total. Aunque las mujeres continúen luchando por hacerse un hueco en profesiones científicas y técnicas, no es ese el motivo principal de su ausencia en la carrera espacial, sino que el umbral de exposición a la radiación cósmica es inferior al de los hombres, y la probabilidad de riesgo de padecer cáncer aumenta hasta el doble, [desde un 1-19% para los hombres hasta un 38% para las mujeres] debido a que tienen órganos sensibles a esta enfermedad [los ovarios y los pechos]. [72]

Ramiro Iglesias Leal postula en el capítulo 6 "Perfil del Hombre Cósmico" extraído de "Medicina Espacial" [73] lo siguiente:

Cuando observamos a los astronautas que regresan de un viaje espacial de semanas o meses de duración, parecen seres distintos a los que vimos partir. En efecto, su rostro se edematiza, lo que les da un aspecto de raza mongoloide; sus extremidades pélvicas se adelgazan de forma notable [a lo cual festivamente se les denomina "piernas de pájaro"]; su estatura se incrementa de 6 a 8 cm; difícilmente pueden mantener el ortostatismo y la marcha se vuelve imposible.

Estos cambios significan que las condiciones del espacio exterior transforman el cuerpo humano, inducen modificaciones antropométricas comparables en importancia a las que distinguen entre sí a los diferentes eslabones de la cadena evolutiva de la raza humana, es decir, los rasgos que hacen diferentes en orden sucesivo a los antecesores del hombre moderno.

Los seres humanos que se gesten, se desarrollen y evolucionen en los asentamientos espaciales del futuro, sobre todo en aquellos que tendrán una fuerza gravitacional menor que la de la Tierra o en ausencia de gravedad, adquirirán características antropométricas diferentes al común de los habitantes de nuestro planeta. Este hecho dará origen a una nueva especie del Homo sapiens: el Homo cósmicus, y a una nueva civilización.



## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS

### ENTRENAMIENTO PREVIO [49]

El entrenamiento se divide en tres fases de preparación, la teórica, la práctica y la concreta.

Una vez realizada la selección de los aspirantes y para que los astronautas adquieran los conocimientos necesarios para realizar un vuelo espacial, necesitan superar un entrenamiento que consta de tres fases, una teórica, una práctica y una concreta.

En estas fases, que son complementarias, los astronautas desarrollan aptitudes necesarias para enfrentarse a las situaciones que pueden darse durante su viaje y estancia en el espacio.

#### FASE 1: TEÓRICA

Los aspirantes adquieren los conocimientos necesarios sobre la astronáutica en general.

Comprende entre 1 y 3 años de estudio y comprende diversos campos de conocimiento

aplicados. El objeto del entrenamiento es familiarizar al astronauta al vuelo espacial. Esta primera fase está basada en el estudio de todo aquello que de alguna manera esté relacionado con el vuelo astronáutico.

Aunque hay que ser licenciado en ingeniería, matemáticas y ciencia física o biológica, antes de realizar vuelos espaciales, los astronautas deben estudiar materias del ámbito científico-biológico como son la medicina y la química, del ámbito científico-físico como son las matemáticas y la astronomía, del ámbito ingenieril como son la electrónica y las telecomunicaciones y del ámbito científico-geológico como es la mineralogía para aplicarla a superficies de otros planetas.

Suelen dividirse por equipos y preparar materias en profundidad, en temas relacionados con la medicina o temas técnicos para arreglar sistemas una vez a bordo.

#### FASE 2: PRÁCTICA

Esta fase recoge ejercicios físicos y ensayos prácticos. Los principales ejercicios que se realizan tienen como objeto simular las condiciones de la misión espacial en todas sus fases, tanto en el despegue, como en el vuelo como en su estancia en la estación.

##### CENTRIFUGADORA

Las pruebas en la centrifugadora simulan las aceleraciones de lanzamiento y deceleraciones del regreso.

La centrifugadora consta de un brazo con una cabina con capacidad para tres hombres en el extremo que gira alcanzando una velocidad en rotación en el vacío de casi 280 km/h. A su vez, la cabina gira sobre su propio eje. Durante la prueba, los tripulantes sienten una fuerza que se traduce como una sensación de aplastamiento contra sus sillones por el efecto de la aceleración centrífuga. En este ejercicio, deben manejar los controles tal y como los manejarían si estuvieran tripulando la nave, teniendo en cuenta que la fuerza de la aceleración a la que se someten hace que su propio peso se multiplique entre cuatro y nueve veces sobre el peso normal.

Mientras se realiza, los astronautas visten con los trajes espaciales y un sistema de sensores colocado en diversas partes del cuerpo para retransmitir el estado fisiológico del astronauta durante el ensayo. Esta técnica es conocida como entrenamiento High-G y se diseña para prevenir la pérdida de consciencia inducida por la fuerza G, cuando dicha fuerza mueve la sangre desde el cerebro hasta un punto donde se pierde la consciencia. Los primeros entrenamientos de los astronautas estadounidenses se efectuaron en una centrifugadora de 15 metros de radio en Johnsville (Pensylvania) y en la misma se podían lograr hasta los 40g de aceleración.

## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS - ENTRENAMIENTO PREVIO

### FASE 2: PRÁCTICA

#### CÁMARAS

Las cámaras de silencio y ruido son pruebas de entrenamiento psicológico.

Las pruebas psicológicas en cámaras tienen por objeto familiarizar al astronauta con el silencio del vuelo y los ruidos de lanzamiento. La de silencio consiste en una cámara recubierta de una malla de carbón y aislante que impide el paso de ondas de cualquier tipo, y los aspirantes deben permanecer allí largas temporadas de tiempo, aislados del mundo real y sin percepción del tiempo.

Por el contrario, la de ruido somete al astronauta a todo tipo de ruidos y vibraciones con vistas a familiarizarlo con los efectos de lanzamiento del cohete y el ruido de sus motores durante el vuelo espacial.

#### TANQUES DE FLOTABILIDAD NEUTRA [Figura 55]

En las piscinas se simulan los efectos de la microgravedad. El principio de Arquímedes afirma que «Un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido en reposo, recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del fluido que desaloja» lo cual se conoce como la flotabilidad en un medio fluido.

Con ello, se simula la ausencia de peso en el agua y reproduce los efectos de la microgravedad sobre el cuerpo humano.

Las piscinas de la NBL\* [NBL: Laboratorio de Flotación Neutral de la NASA donde se encuentran piscinas de entrenamiento] se acondicionan con maquetas a escala real sumergidas idénticas a las naves y los astronautas ejecutan diversas maniobras con el traje espacial puesto, recreando la situación a la que se enfrentarán

durante las misiones.

En estas piscinas se plantean diferentes pruebas para los astronautas, además de formarse para la vida cotidiana allí, se instruyen para solucionar problemas que puedan surgir a bordo. La piscina de entrenamiento de la NBL cuenta con un volumen 23,5 millones de litros, lo cual se traduce como 62 metros de largo, 31 metros de ancho y 12 metros de profundidad.

Y, en ellas, a parte de los ensayos de los tripulantes, los encargados de gestionar las misiones prueban sus distintos métodos de actuación y toman tiempos para buscar la mayor eficacia a la hora de secuenciar las tareas. En el laboratorio existen salas de control en las que se controlan las operaciones llevadas a cabo en la piscina.

#### CURSOS DE SUPERVIVENCIA

Deben entrenarse para la situación de un retorno de emergencia a la tierra.

En estas pruebas, los astronautas deben mostrar su capacidad tanto para soportar temperaturas extremadamente cálidas en el desierto o en la selva como para sobrevivir en condiciones de temperaturas extremadamente frías, como en las estepas heladas o lugares de tipo siberiano.

Han de aprender a alimentarse del medio, generar señales de socorro y otras maniobras que puedan salvarles la vida.

Los cursos de supervivencia constan de tres fases: una teórica, una demostrativa de técnicas y otra práctica en condiciones reales, y son instruidas por cargos

militares de los países involucrados.

Estas maniobras se realizan con un traje térmico capaz de soportar -60°C hasta tres días y dotado de sensores de constantes vitales y sistema de transmisión, sistema de localización, emisora, botiquín, alimentos y agua potable [seis litros], así como útiles de pesca y caza [una pistola con tres cañones, dos de ellos de perdigón y balizas de señalización, y una cula-ta-machete], y una minisierra.

#### PRÁCTICAS EN GRAVEDAD CERO

Existen otros métodos de simular la microgravedad además de las piscinas de entrenamiento.

Estos métodos son variados y están en continuo desarrollo. Un primer ejemplo son los vuelos de entrenamiento aeronáutico en biplazas a reacción. En ellos, se reproduce la microgravedad realizando trayectorias curvas durante el vuelo cayendo en picado. Estas maniobras duran entre 15 y 90 segundos y sus tripulantes permanecen durante ese tiempo en caída libre, lo que da la sensación de microgravedad. Durante los vuelos, los astronautas deben simular tareas reales que realizarán en la nave espacial, desde ingerir alimentos hasta reparar máquinas. Otra manera de simular tanto la gravedad cero como las aceleraciones es con el uso de ascensores, aunque éste se utiliza solo al principio del entrenamiento a modo introductorio.

También utilizan globos de gas nivelados en el peso de la persona y su equipo y otras máquinas cuyo objeto es familiarizar al astronauta con el pilotaje y maniobrar en las naves espaciales en cualquier estado y posición.

## PERFIL DE LOS ASTRONAUTAS - ENTRENAMIENTO PREVIO

**FASE 3: CONCRETA**

En esta parte se reproducen las fases del vuelo, tanto de pilotaje como experimentos dependiendo de la responsabilidad del astronauta.

Sea de pilotaje o de carácter científico (experimentación), se preparan reproduciendo exactamente cada una de las fases en las labores que corresponden a cada uno y las que les pudieran tocar.

**CABINAS DE SIMULACIÓN**

Son las pruebas más largas ya que se realizan todas las posibles tareas que desempeñarán.

Aunque, las pruebas más largas tienen lugar en las cabinas de simulación (que son idénticas a las naves reales), donde se realizan maniobras teóricas su control por parte de los técnicos.

Estas pruebas duran más que los vuelos reales, se simulan todas las fases del vuelo y se introducen averías ficticias para observar la reacción de los astronautas. Para acostumbrar a los astronautas a la pérdida de referencias arriba-abajo o techo-suelo, se suelen utilizar gafas que invierten las imágenes.



Figura 55: Tanque de flotabilidad neutra de la NBL

# CONCLUSIONES

## **Conclusión 1**

Los astronautas son cuidadosamente seleccionados y entrenados para la realización de los viajes espaciales. Son usuarios con una muy alta capacidad intelectual y una preparación teórica muy concreta, de hecho, nos enfrentamos a diseñar un producto para parte de los científicos más reconocidos a nivel mundial.

## **Conclusión 2**

Cumplen características físicas comunes y bastante estándares, al tener que convivir en la ISS y con su dimensionamiento, de manera que se podría aplicar en la parte de Ergonomía el diseño para la media.

## **Conclusión 3**

Hay muchos más hombres que mujeres en el espacio, pero tiene una razón lógica: los hombres son capaces de resistir un 30% más de radiación cósmica sin desarrollar cáncer con respecto a las mujeres, ya que éstas poseen órganos propicios a tal enfermedad.

## **Conclusión 4**

La preparación previa es muy exigente, forjando a los sujetos tanto física como psicológicamente.

## **Conclusión 5**

La realización de ejercicios de maniobras en ambientes extremos, como en el caso de la Antártida, puede

forjar una relación más íntima entre los astronautas, propiciando una buena comunicación entre ellos debido a la necesidad de supervivencia, lo cual es positivo para próximos viajes espaciales.

## **Conclusión 5**

Los astronautas pueden entrar como pilotos o como científicos, teniendo cada uno claro sus objetivos y misiones. No es bueno que se entrometan en las tareas de los demás, ya que podrían desestabilizarse las relaciones entre tripulantes propiciando situaciones de disputa. Tienen que tener muy claro quién es el líder y cuál es la función personal de cada uno de ellos para evitar este tipo de situaciones.

# **Anexo IV**

Introducción a la Anatomía Humana  
y Bases Fisiológicas.

# ÍNDICE

## ANEXO IV

SISTEMA MUSCULAR	97
FUNCIONAMIENTO MUSCULAR	98
ANATOMÍA MUSCULAR	99
MÚSCULOS ANTIGRAVITATORIOS	100
MÚSCULO SÓLEO	101
MÚSCULO EXTENSOR	102
GLÚTEOS MAYOR Y MEDIO	103
MÚSCULOS ISQUIOTIBIALES	104
CUÁDRICEPS	105
SISTEMA ÓSEO	106
TIPOS DE HUESOS	105
ANATOMÍA ÓSEA	107
ARTICULACIONES	108
TEJIDO ÓSEO	110
REGENERACIÓN ÓSEA	112
ENTREVISTA A EXPERTO	113
CONCLUSIONES	114

# SISTEMA MUSCULAR

En este apartado del trabajo se pretende dar una primera aproximación acerca de los fundamentos del sistema muscular, del movimiento humano y de la fuerza, para conocer estos aspectos fisiológicos y, en un futuro, utilizarlos para respaldar los conceptos de producto.

## TIPOS DE MÚSCULOS [74]

Los músculos son tejidos blandos que generan movimiento de huesos y articulaciones contrayéndose o extendiéndose durante la relajación. Se unen al esqueleto mediante tendones [estructura fibrosa de gran resistencia que forma parte de los tejidos conectivos de los músculos estriados. Suelen unir músculos a huesos para lograr la transmisión de la fuerza y generar un movimiento]. Es el sistema nervioso el encargado de estimular los músculos estriados mediante impulsos nerviosos.

El cuerpo humano posee alrededor de 650 músculos, que se dividen en tres grandes grupos principales: los músculos estriados o esqueléticos, los músculos lisos y los músculos cardíacos

### MÚSCULOS CARDÍACOS

Los músculos con tejido cardíaco son los que realizan las contracciones del corazón. Se encargan de bombear la sangre mediante contracciones involuntarias y rítmicas.

### MÚSCULOS LISOS

Los músculos lisos se conocen como involuntarios.

Podemos encontrarlos en el aparato reproductor y excretor, órganos internos, vasos sanguíneos, paredes del intestino, esófago y estómago.

### MÚSCULOS ESTRIADOS

Los músculos estriados o esqueléticos derivan de células denominadas mioblastos y están formados básicamente por fibras musculares en forma alargada, que se rodean de una membrana plasmática. Y, según su movimiento, se subagrupan de la siguiente manera:

- **Flexores:** se utilizan para la flexión
- **Extensores:** se utiliza para las extensiones
- **Abductores:** se utilizan para la separación
- **Rotadores:** para la pronación y supinación
- **Fijadores:** mantienen la tensión del músculo en una dirección.

Y, según su contracción, se agrupan de la siguiente manera:

- **Músculos con fibras de tipo I:** fibras resistentes de color rojo
- **Músculos con fibras del tipo II:** de color blanquecino, utilizan la energía glucosítica y se fatigan con relativa rapidez

Las funciones del músculo esquelético son:

- Producir el movimiento y el desplazamiento del cuerpo
- Proteger los órganos vitales
- Mantener la postura corporal
- Proteger a los huesos
- Movilizar el movimiento axial y apendicular
- Ser la mayor fuente de calor del organismo



Figura 56: Músculos del cuerpo

## SISTEMA MUSCULAR

**FUNCIONAMIENTO MUSCULAR** [75] [143]

La composición del tejido muscular consta de 1 a 2% de mitocondrias aunque también utilizan glucógeno, energía almacenada, para la producción de trifosfato de adenosina [ATP], el cual, se encarga de transportar y liberar la energía a las células. [76]

El sistema muscular se compone de dos fibras, las de tipo aeróbico [rojas] que trabajan con oxígeno y cuya función se centra en aumentar la resistencia a la fatiga, conociéndose como fibras lentas [10 impulsos nerviosos por segundo] y las de tipo fásico [blancas] que reciben aproximadamente 40 impulsos al segundo y se contraen con mayor rapidez.

Las fibras del sistema muscular se componen mayoritariamente de agua [75%], proteínas [20%] y sales orgánicas [5%], aunque contienen células, enzimas, mitocondrias y otras sustancias.

El músculo recibe una orden nerviosa del SNC y se produce una reacción bioquímica que genera energía mecánica. Las fibras musculares producen una reacción química a partir de proteínas [actina y miosina] que, junto a elementos como sodio, potasio o calcio, permiten la contracción muscular. [77]

Cuando un músculo se contrae intenta retraerse hacia su centro, generando una fuerza de tracción en sus fijaciones. Si la fuerza de tracción es la suficiente, el músculo se acortará y moverá las partes del cuerpo en las que esté fijado. Cuando el sistema nervioso le ordena contraerse tira de sus fijaciones, de contrario, se relaja y no tira.

SNC : Siglas de Sistema Nervioso Central

**MÚSCULOS LISOS** [77] [78]

Se forma por fibras musculares lisas [células uninucleadas, delgadas y aguzadas] de entre 20 y 500  $\mu\text{m}$ . Estos músculos forman parte de la zona contráctil de la pared de algunos órganos con una contracción lenta y sostenida.

**MÚSCULOS ESTRIADOS** [77] [78]

Estos se forman por fibras alargadas delimitadas por una membrana celular [sarcolema]. Estas fibras son células alargadas multinucleadas. Los músculos esqueléticos se inervan a partir del SNC [Sistema Nervioso Central] y los movimientos realizados son voluntarios. Estos músculos se unen a diferentes zonas del esqueleto mediante los tendones y se encargan del movimiento esquelético.

**MÚSCULOS CARDIACOS** [77] [78]

Está compuesto por células musculares ramificadas con uno o dos núcleos y unidas entre sí mediante el disco intercalar [una unión característica de este tipo de músculo]. Las células cardíacas son células cardíacas unidas formando una disposición lineal. El corazón se compone por el músculo cardíaco [miocardio], músculo auricular, ventricular y las fibras musculares excitadoras y conductoras. La duración de la contracción es mucho mayor a la de los músculos esqueléticos, pero se realiza de la misma manera.

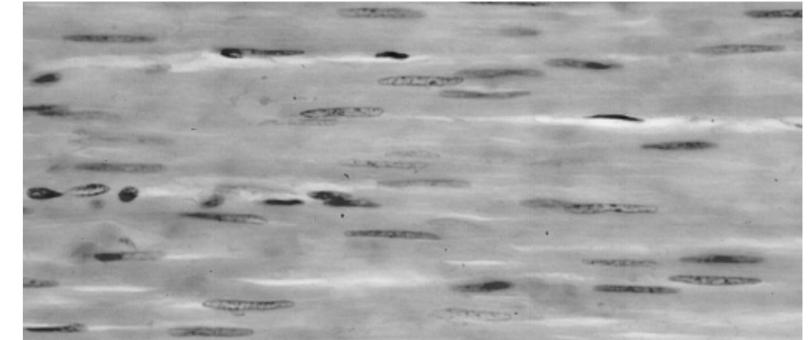


Figura 57: Músculo liso

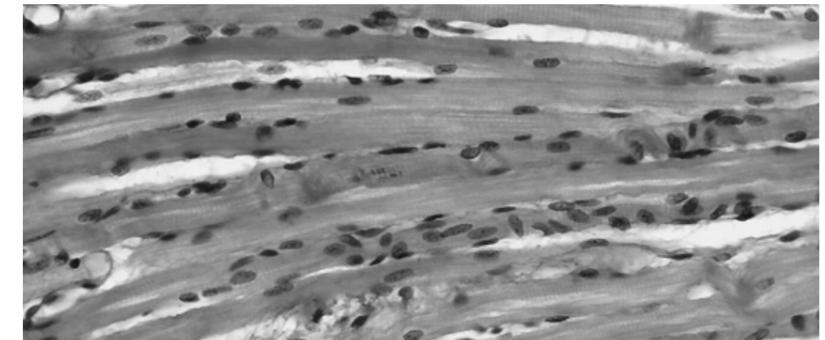


Figura 58: Músculo estriado

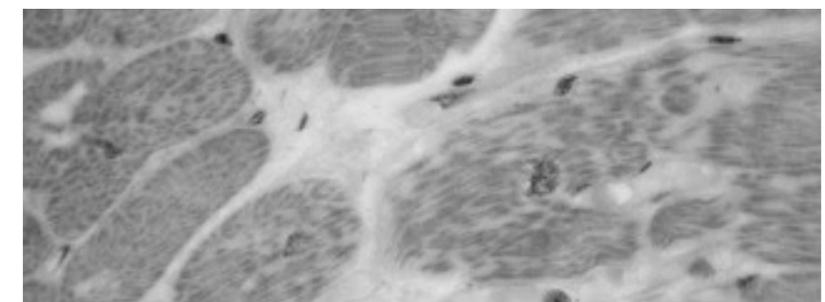


Figura 59: Músculo cardíaco

## SISTEMA MUSCULAR

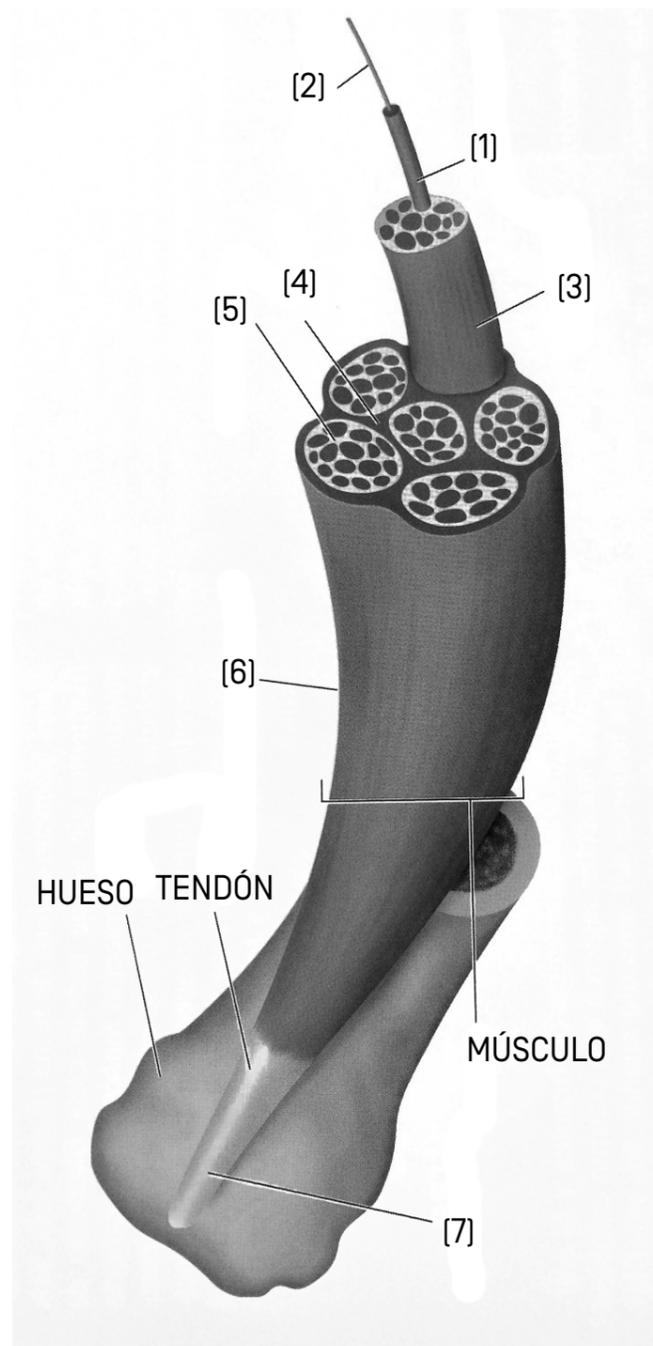
**ANATOMÍA MUSCULAR** [79] [80] [81] [143]

Figura 60: Estructura del músculo

**FIBRA MUSCULAR [1]**

Estructura contráctil que se encuentra en el tejido muscular y permite la contracción y la elasticidad, proporcionando la capacidad de movimiento al músculo. Cada fibra muscular tiene miles de miofibrillas [2].

**FASCÍCULO [3]**

Haz de fibras musculares agrupadas. Cada fascículo se rodea de una fascia denominada perimisisio [4].

**ENDOMISIO [5]**

Tejido conectivo que forma la membrana interna encargada de rodear las fibras musculares.

**EPIMISIO [6]**

Fascia [tejido conectivo fibroso] externa que rodea los fascículos musculares [3].

**PERIOSTIO [7]**

Membrana de tejido conectivo exterior que se adhiere a los huesos con el fin de nutrirlos y regenerarlos.

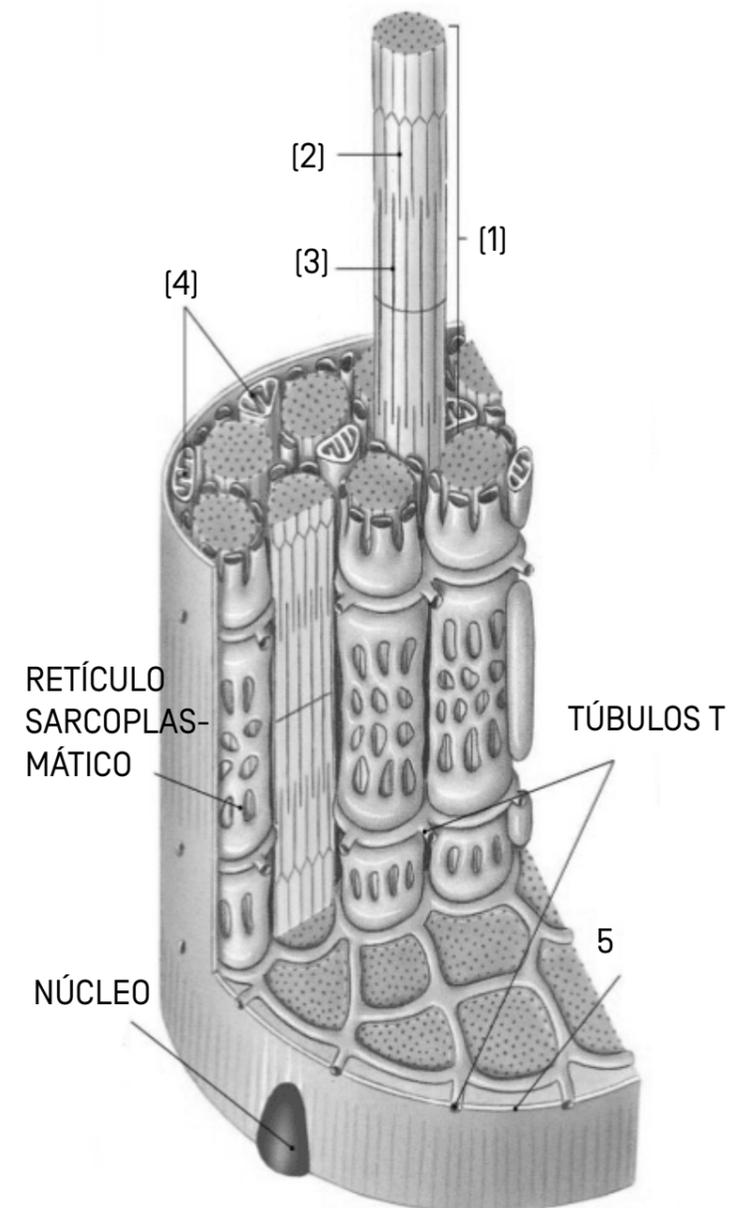


Figura 61: Fibra muscular

**MIOFIBRILLA [1]**

Las miofibrillas se componen de filamentos finos [2] y filamentos gruesos [3]. Estos filamentos se conocen como bandas A y bandas I, respectivamente. Dentro de cada banda I hay una línea [disco Z] y desde un disco Z hasta el siguiente se encuentra el sarcómero, la unidad funcional fundamental del músculo.

**MITOCONDRIAS [4]**

Las mitocondrias son orgánulos citoplasmáticos de las células eucariotas encargados de la producción de energía mediante el consumo de oxígeno y la producción de CO<sub>2</sub> y agua como respuesta a la respiración celular.

**SARCOLEMA [5]**

Membrana citoplasmática de las fibras musculares. Es semipermeable y tiene una composición lipídica.

## SISTEMA MUSCULAR

**MÚSCULOS ANTIGRAVITATORIOS [82]**

Los músculos antigraavitatorios son aquellos que se oponen a la gravedad y ayudan a mantener una postura erguida y equilibrada.

El equilibrio del cuerpo se consigue cuando se forma una línea vertical desde el CG [Centro de Gravedad] hasta la superficie. Cualquier desequilibrio produce acciones compensatorias que perjudican la alineación del sistema musculo-esquelético adecuado.

Una alineación postural correcta es necesaria para contrarrestar la fuerza gravitatoria y permitir funcionar a los músculos con menor trabajo, ejerciendo una menor tensión, mejorando su eficacia y aumentando su densidad de masa muscular. [143]

Según *Carsten Scheibye\**, los músculos antigraavitatorios son el sóleo, los extensores de la pierna, el glúteo mayor, el cuádriceps femoral y los músculos de la espalda.

Cualquier debilitamiento de los músculos antigraavitatorios produce una mala estabilidad postural que afecta a la función muscular, pudiendo generarse una degeneración de las articulaciones.

«La alineación postural es esencial para mantener relaciones normales de longitud y tensión de los músculos especialmente durante la postura dinámica, facilitando que los segmentos del cuerpo se alineen correctamente durante el movimiento. Cualquier anomalía de esta alineación cinética del cuerpo, hace a la persona susceptible a lesiones.» [83] *Scheibye, C., Gravity and Ingravity Muscles*, párrafo 10, [2016].

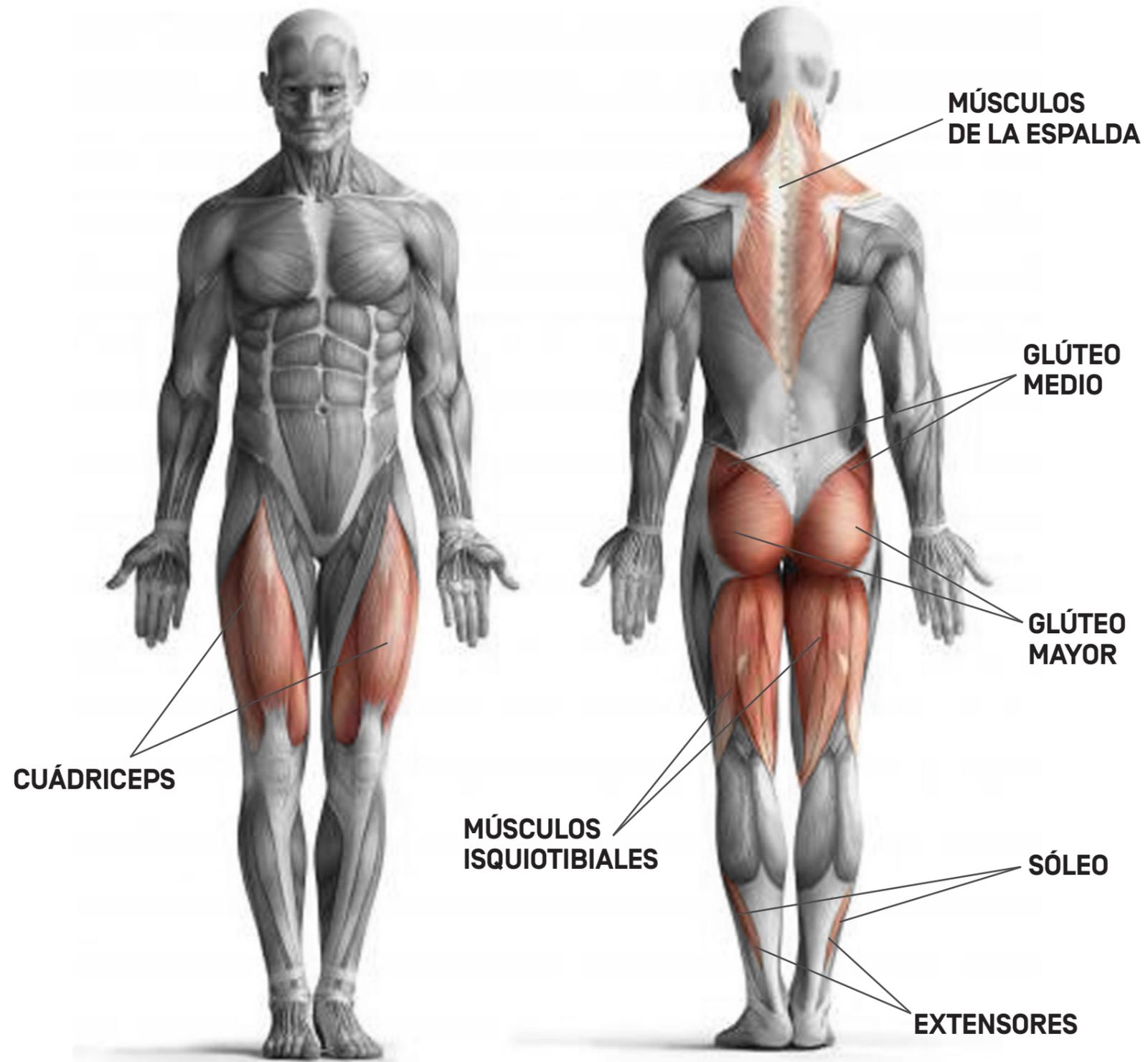


Figura 62: Ilustración músculos antigraavitatorios

## SISTEMA MUSCULAR

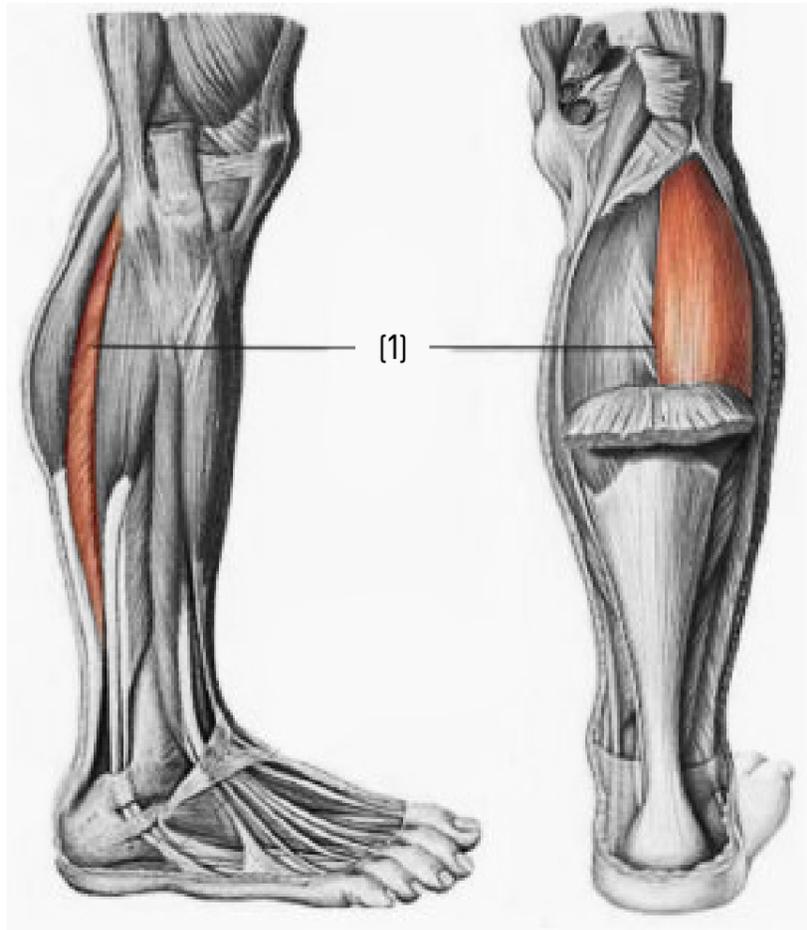
**MÚSCULO SÓLEO** [86] [87]

Figura 63: Ilustración del músculo sóleo

**DESCRIPCIÓN**

El sóleo [1] es un músculo ancho y grueso que forma parte del tríceps sural, en la zona inferior de los gastrocnemios (gemelos) de la pierna. Tiene forma de suela y sus caras laterales asoman por la zona inferior de los gemelos. Está insertado en la cara trasera del tendón del músculo tríceps.

El sóleo es uno de los músculos antigravitacionales que peor perjudicado acaba tras una misión espacial. No existen máquinas de ejercicio en la estación que permitan su actividad, aunque durante el uso la COLBERT o las sentadillas en el ARED se ejercita, no es suficiente. Lo ideal sería una máquina de ejercicio resistivo para pierna, excéntricas para gemelos.

**FUNCIÓN**

Su función principal es aumentar el ángulo entre el pie y el tobillo (flexión plantar). Funciona como extensor del tobillo, estando muy implicado en la bipedestación evitando que el cuerpo caiga hacia delante. Su función de bombeo aumenta el flujo de sangre venosa en los pies y en las piernas de retorno al corazón. Contrarresta la línea de tracción del centro de gravedad del cuerpo humano, ayudando a conseguir una postura erguida.\* El sóleo tiene una mayor proporción de fibras de contracción lenta que el resto de músculos, alcanzando en torno al 60-100% de ellas. [88]

**EJERCICIOS DE FORTALECIMIENTO**

I. Subir las pantorrillas hacia arriba con un peso sobre las rodillas.

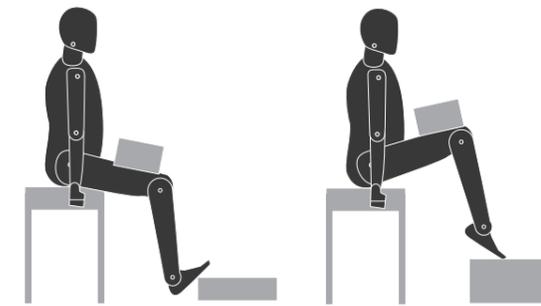


Figura 64: Esquema de realización del Ejercicio I.

II. De pie con la columna recta, elevar los talones y descender muy despacio sin tocar el suelo y repetir el ejercicio.

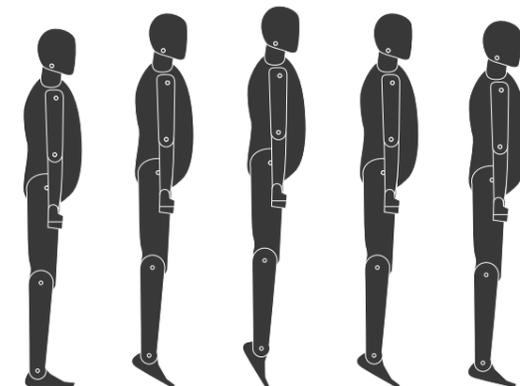


Figura 65: Esquema de realización del Ejercicio II.

## SISTEMA MUSCULAR

**MÚSCULO EXTENSOR** [87] [89]

Figura 66: Ilustración del músculo extensor

**DESCRIPCIÓN**

Se sitúa en el compartimento interior de la pierna. Su contracción provoca el movimiento de extensión de las falanges del pulgar del pie. Su origen se encuentra en la mitad inferior del peroné y la membrana intraósea.

**FUNCIÓN**

El extensor largo de los dedos tiene como función extender los dedos, flexiona la articulación del tobillo y mueve el pie en eversión.

El extensor largo del pulgar extiende el pulgar, flexiona la articulación del tobillo y mueve el pie en inversión.

El movimiento funcional básico es el de subir las escaleras haciendo que los dedos del pie se levanten de los escalones.

**EJERCICIOS DE FORTALECIMIENTO**

I. Elevar los dedos de los pies

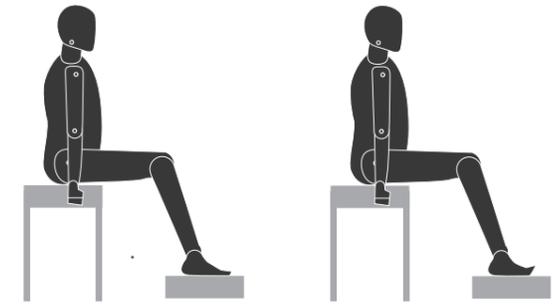


Figura 67: Extensión de los dedos del pie

## GLÚTEOS MAYOR Y MEDIO <sup>[90]</sup>

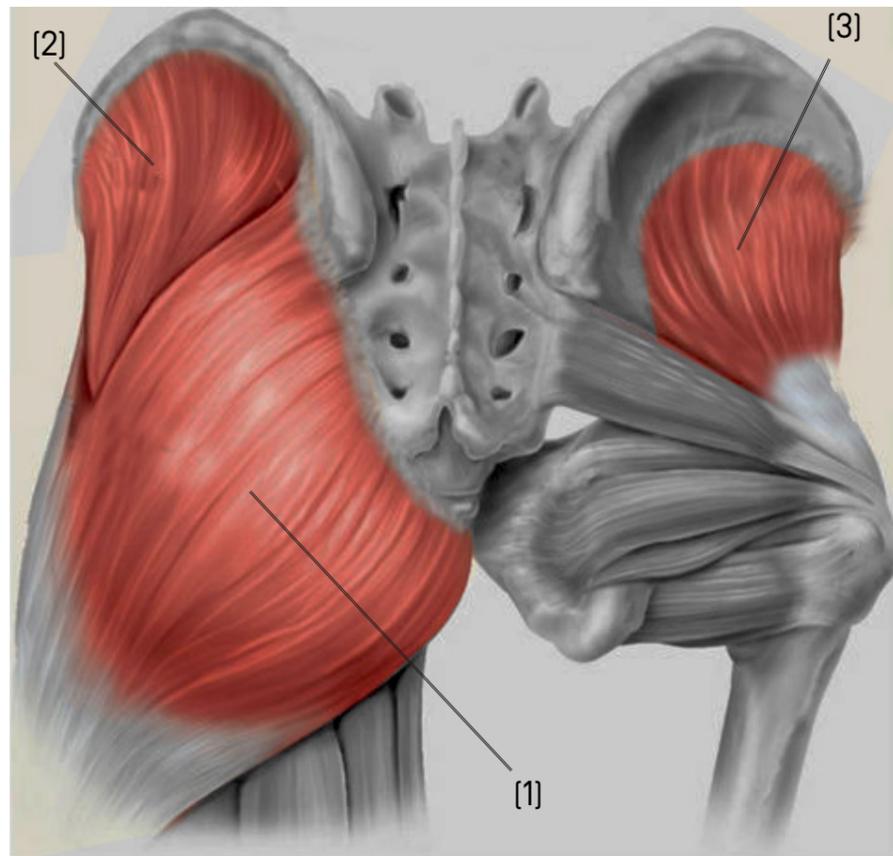


Figura 68: Ilustración de los glúteos

### DESCRIPCIÓN

El glúteo mayor [1] es un músculo potente y voluminoso. Tiene origen en la parte posterior del sacro e íleon y va hacia el tracto iliotibial.

El glúteo medio [2] es el músculo más profundo y se cubre con el glúteo mayor, aunque sobresale por encima. Se inserta en el íleon y es el principal abductor de la cadera.

El glúteo menor [3] tiene origen en el íleon, tras el glúteo medio.

### FUNCIÓN

El glúteo mayor [1] es el extensor de cadera por excelencia, realizando el movimiento de extender el músculo hacia atrás, la rotación externa de la cadera y actúa estabilizando la pelvis. También extiende el tronco. El glúteo medio [2] es el principal abductor de cadera y estabilizador de la pelvis. Al caminar, junto al glúteo menor, se impide el balanceo de la pelvis. Su movimiento funcional básico es pasar la pierna lateralmente sobre un obstáculo.

El glúteo menor [3] es más pequeño y su función es separar la cadera. Se encuentra en el nivel profundo y oculto por músculo glúteo medio.

### EJERCICIOS PARA EL GLÚTEO MAYOR <sup>[91]</sup>

Sentadillas con barra, press de piernas en posición sentada, extensión de cadera [patada hacia atrás con peso].

### EJERCICIOS PARA EL GLÚTEO MEDIO

Se puede ejercitar en una máquina de abductores o abduciendo la cadera con peso.

### EJERCICIOS PARA EL GLÚTEO MENOR

Se puede ejercitar en una máquina de abductores o abduciendo la cadera con peso.



Figura 69: Máquina multicadera

## SISTEMA MUSCULAR

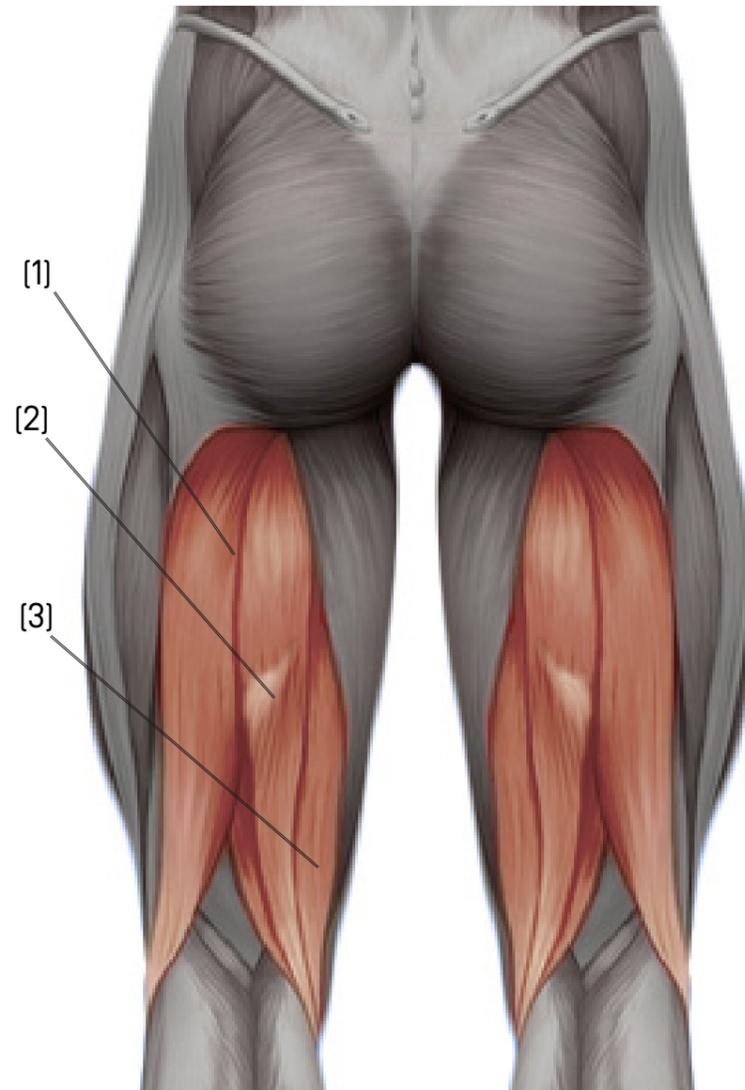
**MÚSCULOS ISQUIOTIBIALES** [90] [92]

Figura 70: Ilustración de los músculos isquiotibiales

**DESCRIPCIÓN**

Los músculos isquiotibiales comprenden el bíceps femoral (1), el músculo semitendinoso (2) y el semimembranoso (3). Tienen su origen en la tuberosidad isquiática. El bíceps femoral se inserta en la zona superior del peroné, el semitendinoso en la superficie de la tibia y el semimembranoso en la parte posterior de la zona superior de la tibia.

**FUNCIÓN**

En conjunto se encargan de la articulación de la rodilla y de la extensión de la articulación femoral.

El semitendinoso junto con el semimembranoso rotan medialmente la pierna mientras la rodilla esté flexionada y el bíceps femoral rota lateralmente la pierna en la misma situación. Estos músculos al correr se encargan de bajar la pierna una vez finalizado el balanceo.

**EJERCICIOS DE FORTALECIMIENTO\*\***

- Skipping ruso: con las piernas totalmente extendidas y bloqueando las rodillas, dar pasos saltando.
- Abdominales invertidos: realizar el movimiento del ejercicio abdominal común pero manteniendo la tibia pegada al suelo y bajando hacia delante hasta pegar la nariz con el suelo.
- "Buenos días": el mismo ejercicio que los abdominales invertidos pero sujetándose con una cinta y bajando el tronco lo máximo hacia las piernas. (Figura 71)
- Subir cuestas: cuestas hacia arriba y hacia abajo.
- Ejercicios pliométricos: saltos, zigzags, pata coja,...
- Elevación supina de cadera: apoyando los pies y las manos en el suelo elevar la cadera hasta alinearla con los hombros.
- Levantar peso muerto con la columna recta y en posición erguida.
- Flexión de la rodilla hacia el muslo con un peso.



Figura 71: Ejercicio "Buenos días" para fortalecer los isquiotibiales

## SISTEMA MUSCULAR

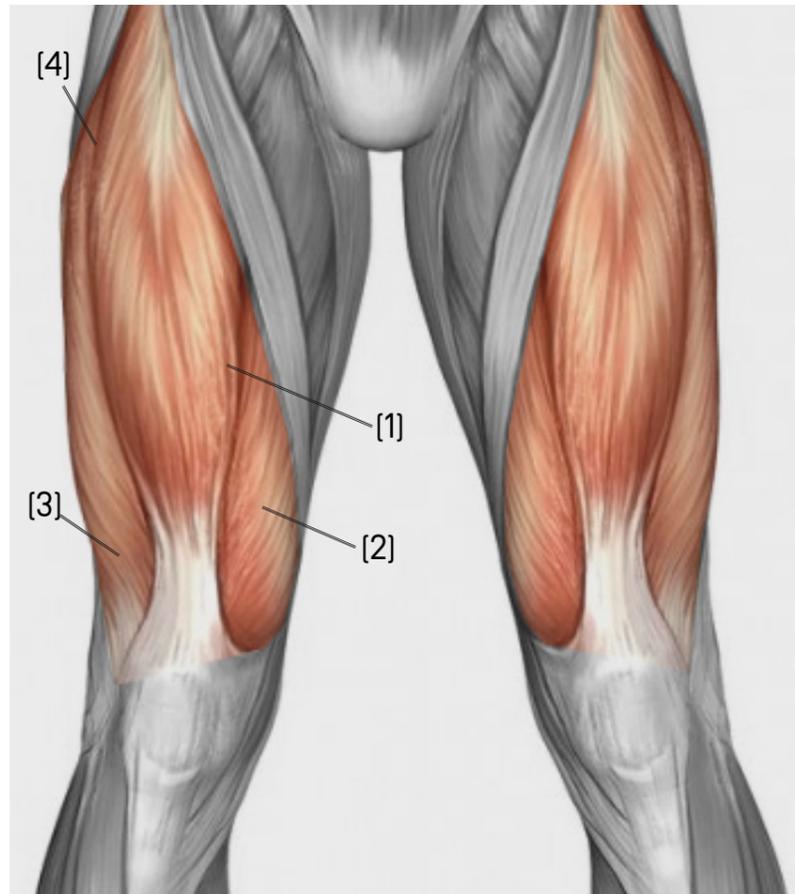
**CUÁDRICEPS** [90] [93]

Figura 72: Ilustración de los músculos cuádriceps

**DESCRIPCIÓN**

Los cuádriceps se componen del cuádriceps femoral [1], vasto medial [2], vasto lateral [3] y vasto intermedio [4]. El cuádriceps femoral tiene origen en la zona frontal del ilión, mientras que los vastos comienzan en en la zona superior del fémur. Los cuatro músculos fusionan en un tendón común, que forma el tendón del cuádriceps que a su vez conforma el ligamento rotuliano.

**FUNCIÓN**

La función del cuádriceps es extender la rodilla y flexionar la articulación femoral y los músculos vastos controlan el movimiento al extenderlo y contraerlo, actuando en la articulación de la rodilla.

En su conjunto actúa dando estabilidad a la rodilla y flexionando la cadera [cuando la rodilla se aproxima al pecho]. \*\*

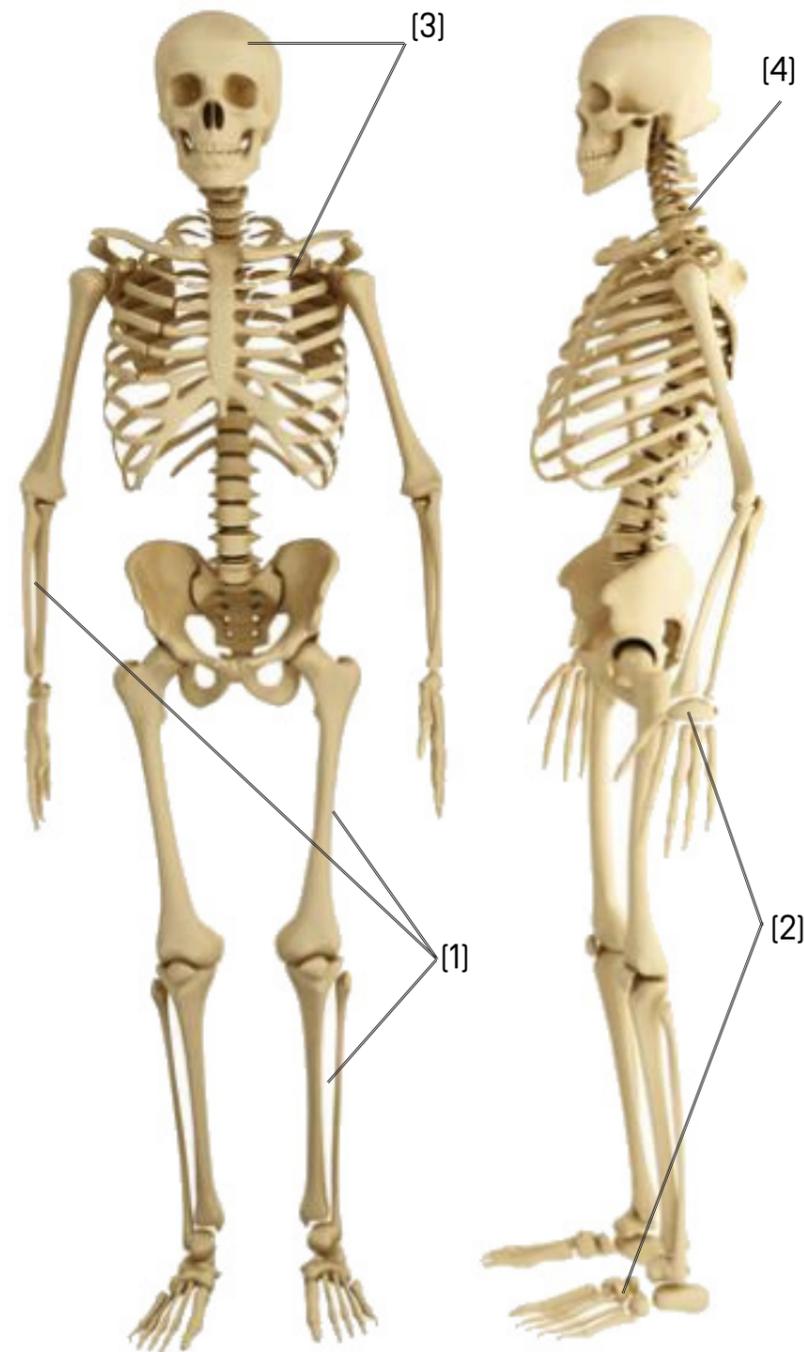
**EJERCICIOS DE FORTALECIMIENTO**[94]

- Sentadillas búlgaras con peso: colocarse de espaldas a un banco aproximadamente a un metro de distancia y apoyar en él el empeine, bajar el cuerpo lo máximo posible y aguantar. Con el tronco vertical incorporarse de nuevo.
- Sentadillas con peso: con la espalda recta descender hasta que los isquiotibiales rocen las pantorrillas, aguantar e incorporarse de nuevo.
- Peso muerto: agacharse y coger el peso con las dos manos, separándolas el doble del ancho de los hombros. Acercar el peso a las espinillas e incorporarse echando la cadera hacia delante. Con la espalda recta, subir y una vez arriba bajar el peso despacio lo más aproximado al cuerpo posible.
- Sentadilla split frontal con peso: coger el peso con las manos separadas un poco más del ancho de los hombros. Adelantar uno de los pies con la espalda recta y agacharse hasta hacer 90° con esa misma pierna, aguantar e incorporarse.
- Además, cualquier ejercicio resistivo que involucre la zona de las piernas fortalece los músculos del cuádriceps.



Figura 73: Sentadillas con peso para fortalecer los cuádriceps

# SISTEMA ÓSEO



En este apartado del trabajo se pretende dar una primera aproximación acerca de las funciones que realiza el sistema óseo a nivel fisiológico y analizar muy brevemente sus componentes estructurales.

## EL SISTEMA ÓSEO [95]

El sistema óseo está formado por un conjunto de estructuras rígidas y semi-rígidas formadas por tejido óseo denominados huesos y cartílagos, respectivamente. El esqueleto humano se mueve gracias al sistema muscular, todos los huesos están articulados entre sí, dando lugar al continuum y se sustentan gracias a estructuras conectivas como ligamentos, tendones o cartílagos.

El sistema óseo humano consta de aproximadamente 206 huesos, y el conjunto del sistema óseo nervioso, articular y muscular forma el aparato locomotor.

## FUNCIONES DEL SISTEMA ÓSEO [96]

El sistema óseo realiza gran variedad de funciones, entre las que se encuentran:

- 1) Locomoción: Los huesos son pasivos por sí mismos, pero cuando se combinan con el sistema muscular permiten el desplazamiento, cubriendo la función de punto de apoyo y fijación.
- 2) Soporte: El esqueleto conforma un armazón donde se apoyan y fijan el resto de partes del cuerpo (músculos y tejidos blandos sobre todo).

3) Protección: La estructura ósea protege los órganos delicados.

4) Homeóstasis mineral: El tejido óseo almacena minerales (calcio y fósforo en su mayoría) necesarios para la contracción muscular, y cuando es necesario, el hueso los libera.

5) Producción de células sanguíneas: El tejido conectivo conocido como médula ósea roja produce las células sanguíneas rojas en el proceso de hematopoyesis.

6) Almacén de grasas de reserva: La médula amarilla formada por adipocitos con hematíes es una reserva de energía química significativa.

## TIPOS DE HUESOS [97]

Hay varias tipologías de huesos clasificadas por su forma:

**HUESOS LARGOS** [Ver página siguiente]

**HUESOS CORTOS** [Ver página siguiente]

**HUESOS PLANOS** [Ver página siguiente]

**HUESOS IRREGULARES [4]**

Los huesos irregulares son los que no pueden incluirse en las clasificaciones anteriores, no destaca ninguna dimensión sobre otra y tienen forma compleja. Como por ejemplo las vértebras.

Figura 74: Ilustración del sistema óseo

SISTEMA ÓSEO

**TIPOS DE HUESOS**

**HUESOS LARGOS (1)**

Los huesos largos, que constan de una forma cilíndrica [diáfisis], la región de unión [metáfisis] y dos extremos [epífisis]. Se caracterizan por una mayor rigidez y densidad, se especializan en la movilidad y resistencia. Se constituyen a partir de médula ósea roja y amarilla. Ejemplos de este tipo de huesos son todos los de las piernas y brazos, salvo la rótula y los huesos de tobillos y muñecas.



Figura 76: Huesos largos

**HUESOS CORTOS (2)**

Los huesos cortos tienen una forma irregular y son menos alargados que los anteriores. Se forman a partir de tejido esponjoso recubierto de tejido compacto. Se utilizan para llevar a cabo movimientos de mucho esfuerzo y poca extensión. Ejemplos de este tipo son los huesos del carpianos y tarsianos.

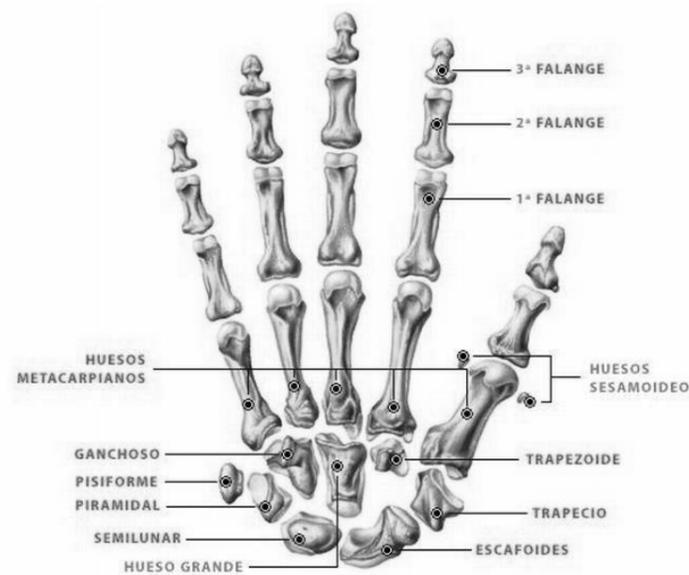


Figura 77: Huesos cortos

**HUESOS PLANOS (3)**

Los huesos planos son los encargados de proteger las partes blandas del cuerpo e insertar músculos extensos. Ejemplos de este tipo de huesos son las costillas o el cráneo.

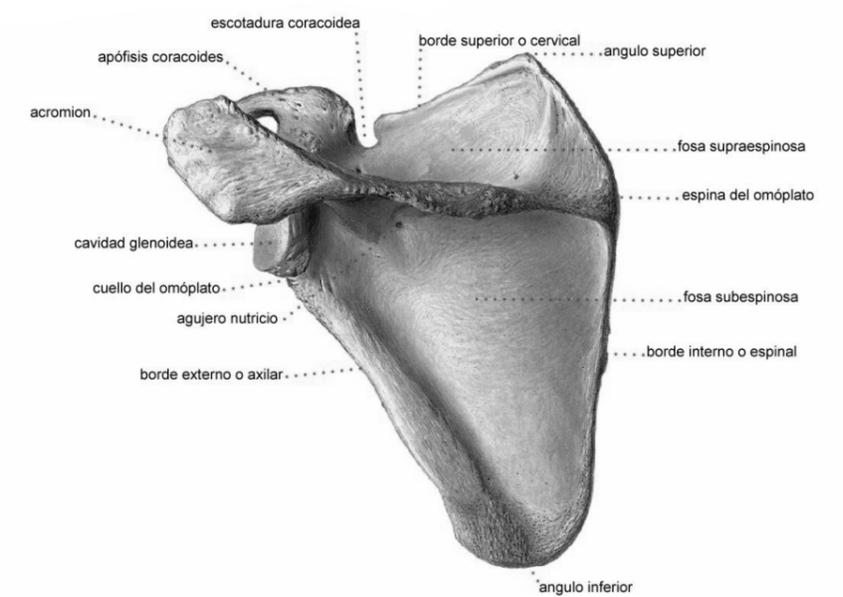


Figura 78: Huesos planos

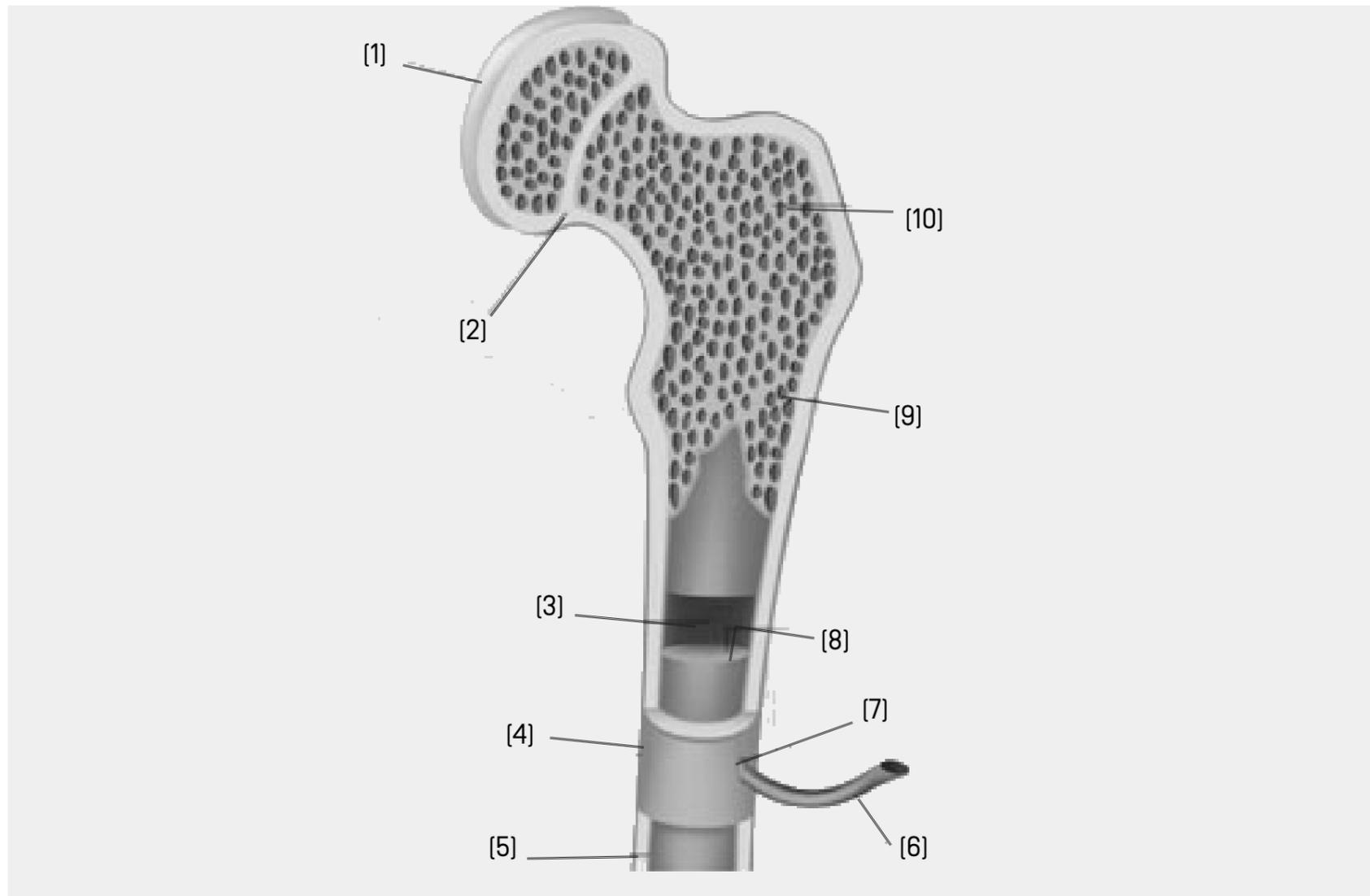
**ANATOMÍA ÓSEA [98] [99]**

Figura 79: Estructura del hueso

Epífisis: extremo del hueso  
 Diáfasis: zona cilíndrica del hueso

Julián Pérez Porto y Ana Gardey definen "hueso" en su artículo publicado en 2010 en la plataforma <http://definicion.de/hueso/> de la siguiente manera: " Hueso es un término con origen en el latín ossum. El concepto permite nombrar a las piezas duras que forman el esqueleto de los vertebrados."

**CARTÍLAGO [1]**

Es un tejido firme y flexible cuya función es cubrir los extremos de los huesos en las articulaciones.

**DISCO EPIFISIARIO [2]**

Se encuentra en los huesos largos y funciona como unión entre el epífisis y la diáfasis.

**CAVIDAD MEDULAR [3]**

Zona que contiene la médula ósea en un hueso largo.

**PERIOSTIO [4]**

Membrana exterior que contiene nervios y vasos sanguíneos encargados de nutrir al hueso.

**ENDOSTIO [5]**

Tejido encargado de cubrir la pared interna de la cavidad medular del hueso.

**VASO NUTRIENTE [6]**

Encargado de transportar sustancias al interior del hueso para nutrirlo y permitir la salida de las células.

**ABERTURA [7]**

Se encarga de permitir la entrada de vasos nutrientes.

**MÉDULA ÓSEA [8]**

Sustancia encargada de producir células sanguíneas.

**HUESO COMPACTO [9]**

Parte superficial lisa y dura del esqueleto.

**HUESO ESPONJOSO [10]**

Proporciona resistencia y se encuentra dentro del hueso compacto.

## SISTEMA ÓSEO

**ARTICULACIONES [100]**

Las articulaciones son uniones entre huesos mediante un tejido blando.

**CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL**

Estructuralmente, las articulaciones se pueden clasificar como fibrosas [1], cartilagosas [2] y sinoviales [3]. Las articulaciones fibrosas se caracterizan por unirse con un tejido aponeurótico fibroso denso.\*

Las articulaciones cartilagosas por unirse mediante fibrocartílagos.

Las articulaciones sinoviales se unen mediante una cápsula fibrosa fina y una membrana sinovial. Sólo estas articulaciones tienen una cavidad articular con fluido sinovial y cartílago articular para cubrir la superficie de articulación ósea.

**CLASIFICACIÓN FUNCIONAL**

Dentro de esta clasificación encontramos las articulaciones: sinartrosis, anfiartrosis y diartrosis.

Las sinartrosis permiten un movimiento leve, mientras que las anfiartrosis permiten uno moderado y las diartrosis uno amplio.

Las articulaciones fibrosas suelen clasificarse dentro de las sinartrosis, mientras que las cartilagosas se engloban en las anfiartrosis y las sinoviales dentro de las diartrosis, ya que permiten un amplio rango de movimiento.

Las articulaciones sinoviales diartrodiales se subclasifican dependiendo del número de ejes alrededor de los cuales se produce el movimiento, distinguiéndose las siguientes: monoaxial, biaxial, triaxial y no axial.

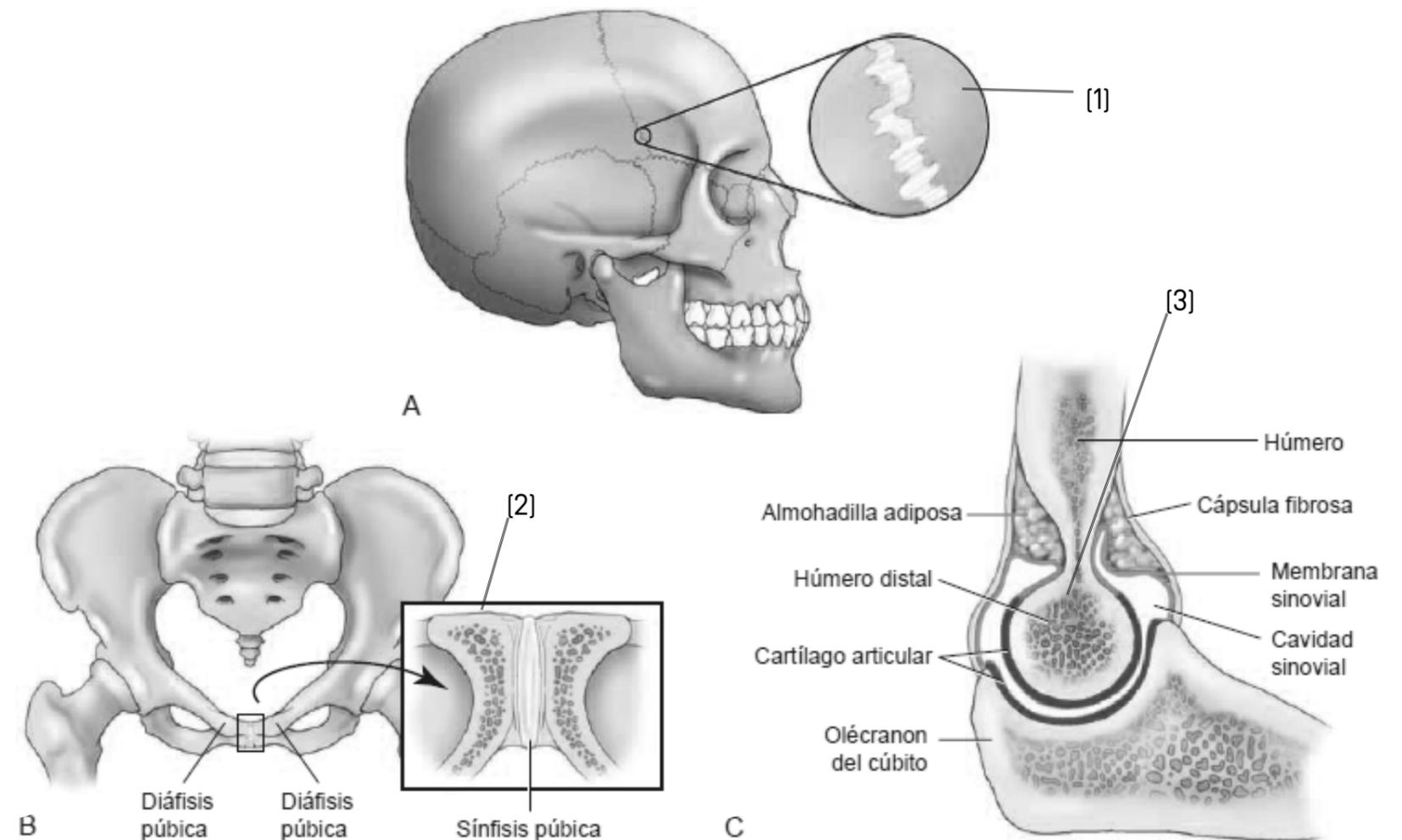


Figura 80: Ejemplos de articulación fibrosa [1], articulación cartilaginosa [2] y articulación sinovial [3]

SISTEMA ÓSEO

EXTREMIDAD SUPERIOR

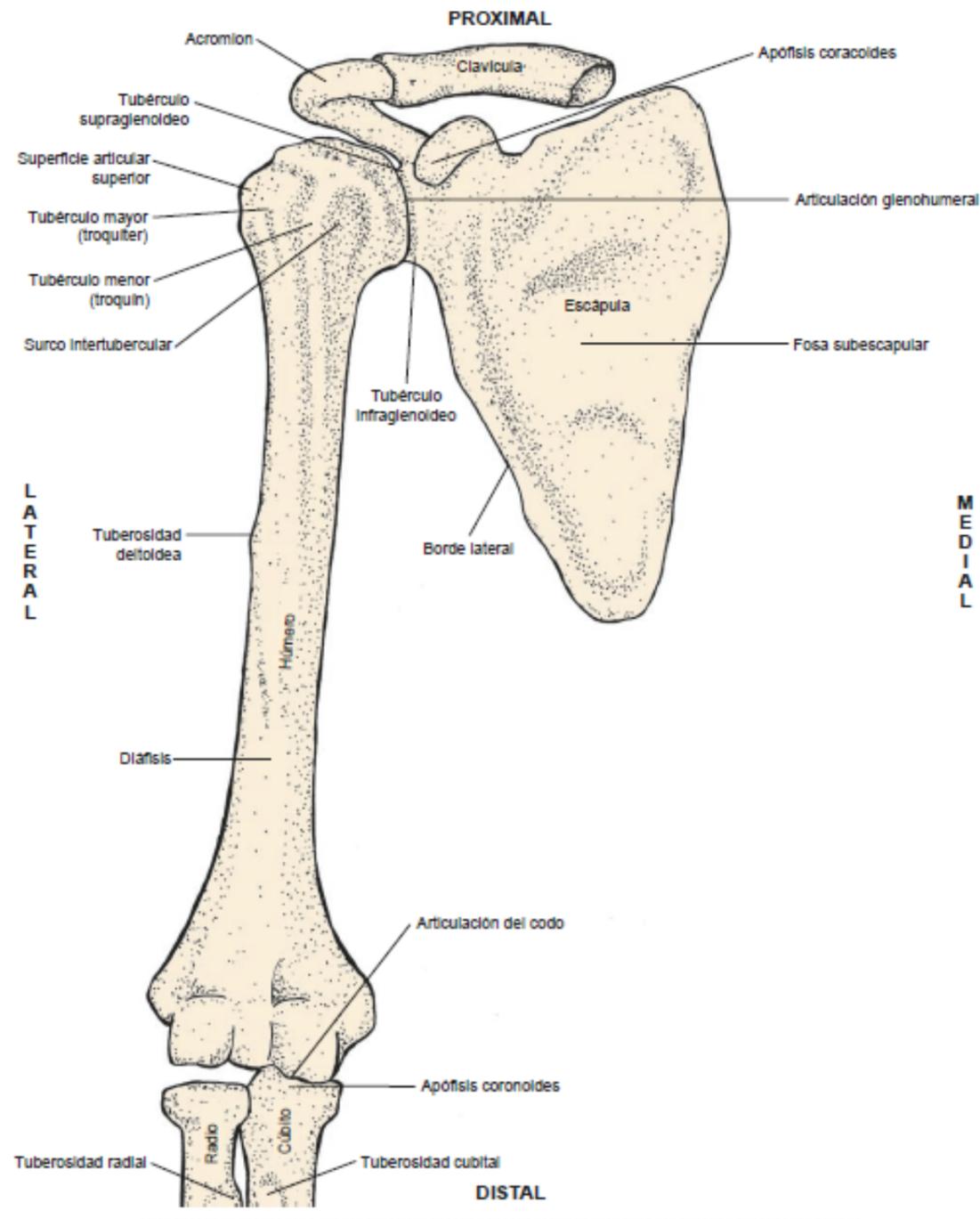


Figura 81: Vista anterior de los huesos

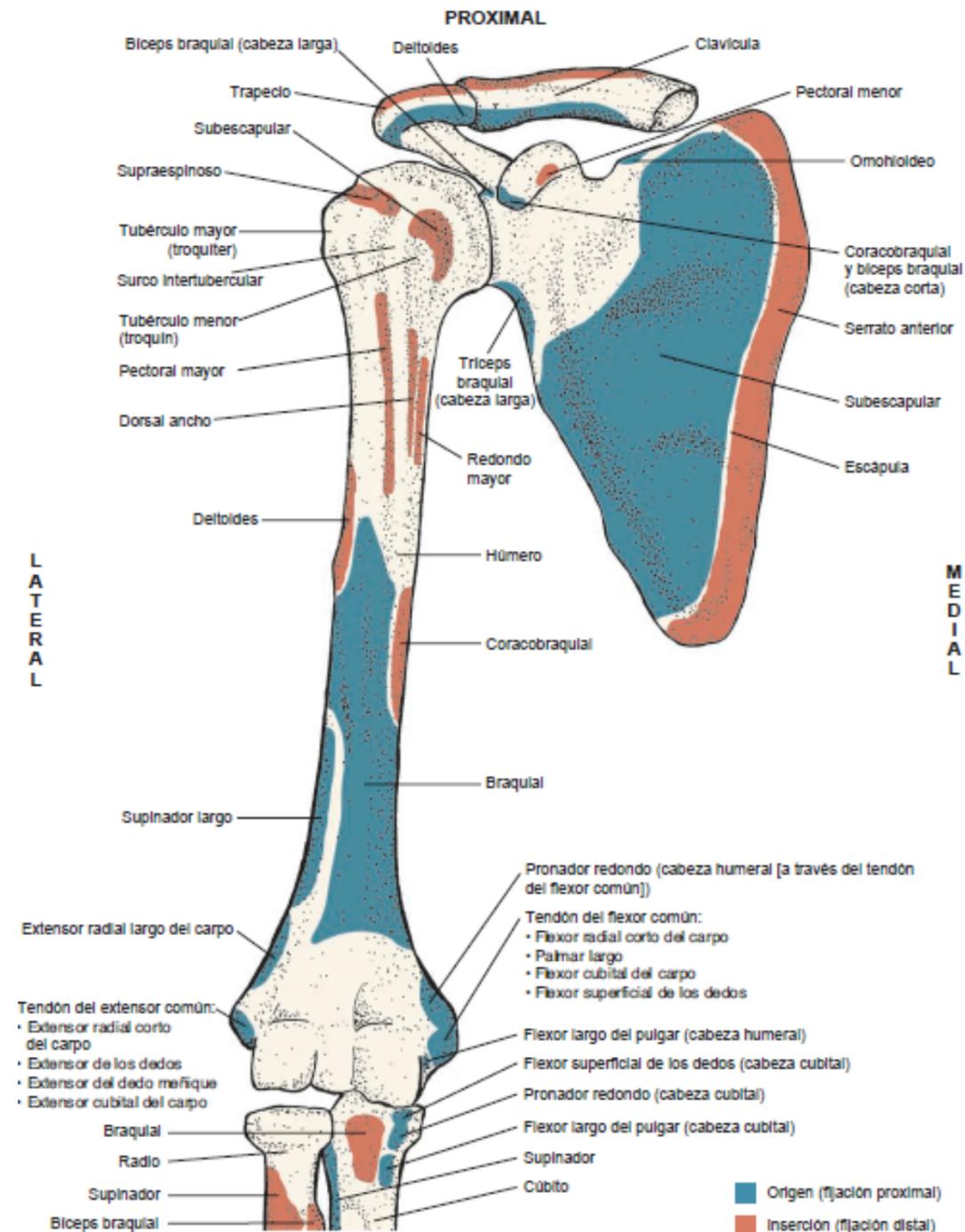


Figura 82: Vista anterior de las fijaciones musculares

## SISTEMA ÓSEO

**TEJIDO ÓSEO [101]**

El objetivo de este apartado será conocer el funcionamiento y regeneramiento del tejido óseo para la extracción de conceptos aplicables a la disminución de masa ósea en el entorno microgravitatorio.

Tal y como publican Alobera Gracia, et Al. en el artículo *Med. oral patol. oral cir.bucal [Internet] vol.11 no.1 ene./feb. 2006:*

" El hueso es el único tejido del organismo capaz de regenerarse, permitiendo la restitutio ad integrum tras el trauma...

...El hueso es un tejido dinámico en constante formación y reabsorción. Este fenómeno equilibrado, denominado proceso de remodelado, permite la renovación de un 5-15 % del hueso total al año en condiciones normales [1]. El remodelado óseo consiste en la reabsorción de una cantidad determinada de hueso llevada a cabo por los osteoclastos, así como la formación de la matriz osteoide por los osteoblastos y su posterior mineralización. Este fenómeno tiene lugar en pequeñas áreas de la cortical o de la superficie trabecular, llamadas "unidades básicas de remodelado óseo "

Histológicamente el hueso es un tejido conjuntivo mineralizado compuesto por laminillas de matriz osteoide calcificada, y es la posición de estas láminas la que determina un hueso compacto o esponjoso y se constituyen por osteonas.

Ambos tipos de hueso se forman de: células especializadas, matriz orgánica y fase mineral, a continuación se detallarán cada uno de ellos:

**CÉLULAS ÓSEAS**

Las células óseas se dividen en: osteoblastos, osteocitos, osteoclastos y células linfoides.

Los osteoblastos son células grandes con citoplasma, aparato de Golgi y un retículo endoplasmático rugoso. Estas células proceden de otras células de la médula ósea, endostio, periostio y de los pericitos.

Los osteocitos son osteoblastos que han mineralizado en la matriz ósea y se encuentran en la parte interior del hueso. Son las células más abundantes de la masa ósea, habiendo 10 veces más osteocitos que osteoblastos. Su función es controlar el remodelado óseo, buscando las variaciones mecánicas de las cargas [mecanotransducción].

Los osteoclastos son los encargados de la reabsorción y para la fijación de la matriz. Los osteoblastos son fundamentales para su formación.

**MATRIZ ORGÁNICA**

La matriz orgánica acapara un tercio del peso total del sistema óseo. Está compuesto por proteínas, siendo el colágeno la más destacada abarcando un 90% del total, aunque existen otras como las proteínas con ácido y-carbox-glutámico, proteoglicanos o glicoproteínas.

**FASE MINERAL**

La parte mineral ósea representa acerca del 65% del total del peso. Está formado por calcio, fosfato y carbonato en diferentes proporciones [10:6:1] y, en menor proporción, por magnesio, sodio, flúor, manganeso y potasio.

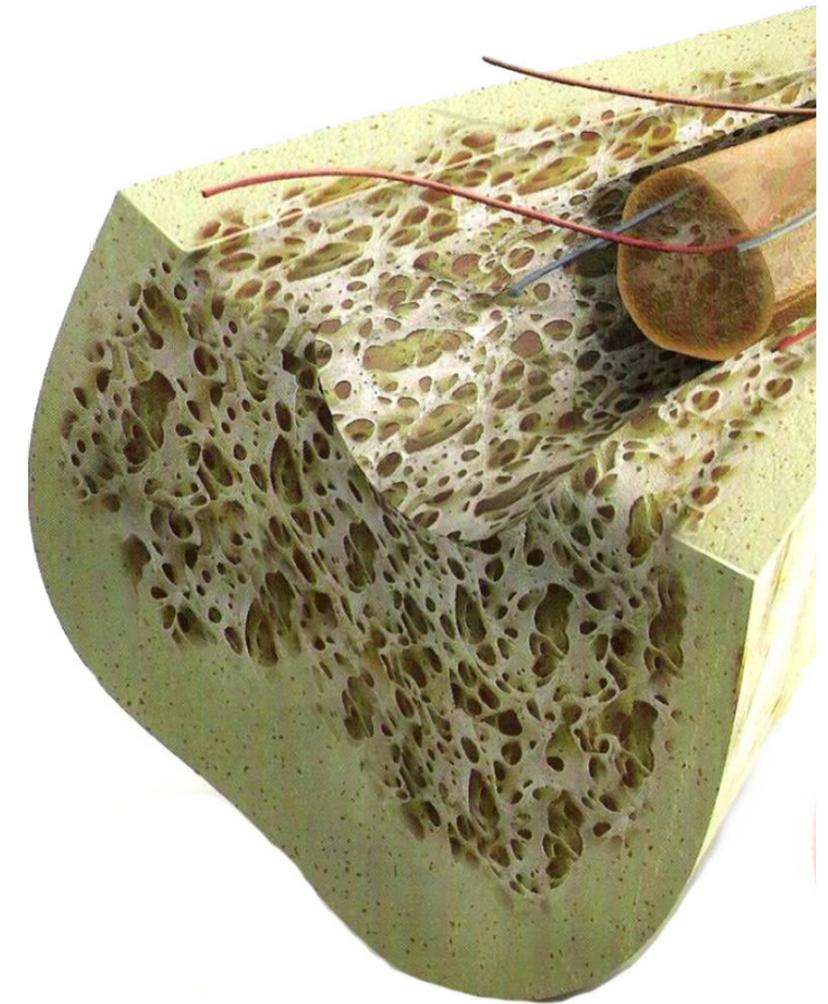


Figura 83: Ilustración del tejido óseo

## SISTEMA ÓSEO

**REGENERACIÓN ÓSEA**

La regeneración ósea no sólo se produce cuando existe una fractura, sino que se trata de un proceso que se produce de manera periódica y que se reduce a dos conceptos: la osteogénesis y la resorción ósea. [102]

El remodelado óseo se lleva a cabo en las unidades básicas multicelulares, donde los osteoclastos reabsorben cierta cantidad del hueso y los osteoblastos forman la matriz ósea y la mineralizan. [103]

Según Fernández, et Al. en el artículo académico Bases fisiológicas de la regeneración ósea II, editado en mar/abr de 2006, la regeneración ósea se divide en 5 fases diferenciadas:

Primera, la fase quiescente: donde el hueso aún se encuentra en condiciones de reposo.

Segunda, la fase de activación, donde se activa la superficie ósea. Al retraerse los osteoblastos se expone la superficie mineralizada y se produce una atracción de osteoclastos.

Tercera, la fase de reabsorción, donde los osteoclastos disuelven la matriz mineral y descomponen la matriz ósea, permitiendo así la liberación de las sustancias de crecimiento contenidas dentro de la matriz.

Cuarta, la fase de formación, donde se agrupan los preosteoblastos en las zonas reabsorbidas, siendo atraídos por las sustancias de crecimientos. Estas células sintetizan una sustancia osteoide que funcionará como cementante para rellenar.

Quinta, la fase de mineralización, donde pasados 30 días a las fases previas comienza a mineralizarse hasta los 130 días en el hueso cortical y 90 días en el trabecular.

**CÉLULAS ÓSEAS**

Las células óseas se dividen en: osteoblastos, osteocitos, osteoclastos y células linfoides.

Los osteoblastos son células grandes con citoplasma, aparato de Golgi y un retículo endoplasmático rugoso. Estas células proceden de otras células de la médula ósea, endostio, periostio y de los pericitos.

Los osteocitos son osteoblastos que han mineralizado en la matriz ósea y se encuentran en la parte interior del hueso. Son las células más abundantes de la masa ósea, habiendo 10 veces más osteocitos que osteoblastos. Su función es controlar el remodelado óseo, buscando las variaciones mecánicas de las cargas [mecanotransducción].

Los osteoclastos son los encargados de la reabsorción y para la fijación de la matriz. Los osteoblastos son fundamentales para su formación.

**MATRIZ ORGÁNICA**

La matriz orgánica acapara un tercio del peso total del sistema óseo. Está compuesto por proteínas, siendo el colágeno la más destacada abarcando un 90% del total, aunque existen otras como las proteínas con ácido y-carbox-glutámico, proteoglicanos o glicoproteínas.

**FASE MINERAL**

La parte mineral ósea representa acerca del 65% del total del peso. Está formado por calcio, fosfato y carbonato en diferentes proporciones [10:6:1] y, en menor proporción, por magnesio, sodio, flúor, manganeso y potasio.

**MECANOTRANSDUCCIÓN [104]**

Tal y como expone Pedro García Barreno en su artículo *Mecanotransducción. Una aproximación tensegridal* publicado en Monografías de la Real Academia de la Farmacia, " Mecanotransducción es el proceso de transducción de señales celulares en respuesta a los estímulos mecánicos... En respuesta a la carga mecánica se produce una remodelación de los elementos del citoesqueleto; ello, siguiendo un patrón de deformabilidad consistente con predicciones matemáticas basadas en modelos de la arquitectura celular."

**"Osteocitos, osteoblastos y osteoclastos mecanosensibles supervisan el remodelamiento óseo en respuesta a las cargas compresoras fisiológicas y anormales."**

# ENTREVISTA A EXPERTO

ANTONIO TABUENCA -Licenciado en Medicina, Traumatología

**Los astronautas al vuelven a la Tierra habiendo sufrido, a nivel óseo, descalcificación y pérdida de masa ósea, lo cual requiere un proceso de recuperación. ¿En qué consiste tal proceso? ¿Logran recuperar sus condiciones óseas previas al viaje espacial?**

Se ha observado que con la falta de gravedad en las células óseas se produce un fenómeno de osteolisis. Se cree que los glucocorticoides de las glándulas suprarrenales aumentan de forma considerable. La respuesta orgánica es la detención de la osteogenesis [ formación de hueso], y activación de los osteoclastos

La osteopenia se recupera con la gravedad , pero tarda tiempo y creo que no al 100%.

**A nivel fisiológico hay varios artículos que referencian el fenómeno de la “Mecanotransducción” como la transducción de señales celulares en respuesta a los estímulos mecánicos. A nivel óseo, ¿Sería viable realizar de manera externa cambios de presión sobre los huesos para la generación de osteoblastos y, por tanto, aumentar masa ósea?**

Si, creo que con máquinas de ondas de choque.

**¿Existe algún sistema o producto que ayude a la generación de masa ósea?**

Existen medicamentos que llevan utilizándose mucho tiempo para evitar la pérdida de masa ósea [osteoporosis] y la disminución de la densidad mineral ósea

[osteopenia]. Vitamina D + calcio, bifosfonatos [ antireabsortivos : inhiben la reabsorción ósea al actuar sobre los osteoclastos, disminuyendo su reclutamiento como su funcionalidad, induciendo la apoptosis]. Así mismo existe un medicamento que se emplea también para la osteoporosis , la teriparatida, se trata análogo de la hormona paratiroidea humana, que actúa favoreciendo la formación de hueso nuevo, estimulando a los osteoblastos [ células formadoras de hueso].

**¿Existen ejercicios específicos que incrementen la generación de masa ósea?**

Ejercicios que supongan una carga mecánica al esqueleto. Los astronautas hacen ejercicios contrarresistencia en aparatos específicos diseñados para tal fin.

**He encontrado referencias a los “huesos gravitatorios” en varios artículos, definiéndose como aquellos que luchan contra la fuerza gravitatoria y contribuyen a mantener la postura erguida. Pero cada uno de estos artículos cita unos huesos diferentes, etiquetándolos como “gravitatorios”. ¿Cuáles son los huesos posturales que más sufren el fenómeno de la gravedad?**

Los huesos gravitatorios son los de carga: el esqueleto axial [columna vertebral] y extremidades inferiores [ pelvis, fémur, tibia]

# CONCLUSIONES

## **Conclusión 1**

Los músculos antigravitatorios son los primeros en atrofiarse, debido a que están hechos a soportar la fuerza gravitatoria terrestre, y al perder esa situación no se ejercitan y tienden a atrofiarse con premura. Estos músculos se encuentran en espalda y piernas, siendo el sóleo uno de los más críticos.

## **Conclusión 2**

Este mismo efecto ocurre a nivel óseo, aunque en este caso no se atrofian, sino que se desmineralizan. Existe un fenómeno denominado mecanotransducción aplicado a la generación de masa ósea. Este aspecto podría ser de utilidad en un futuro.

## **Conclusión 3**

Es necesario generar tanto masa muscular como masa ósea, y las máquinas de ejercicio implantadas no están especificadas a tal fin, sino que son generales.

## **Conclusión 4**

Los huesos largos son los primeros en desmineralizarse debido a las condiciones a las que se enfrentan.

## **Conclusión 5**

Las máquinas de ejercicio de la ISS deberían recoger los ejercicios de fortalecimiento de cada músculo antigravitatorio establecidos en este anexo, ya que hay que potenciar el ejercitamiento de dichos tejidos.

## **Conclusión 6**

Un buen planteamiento para el ejercicio de la ISS podría reducir considerablemente la atrofia muscular y la pérdida ósea. La compresión del tejido es un elemento fundamental para tales objetivos, propiciando la mecanotransducción y la actividad muscular.

## **Conclusión 6**

Un aumento de la densidad del hueso esponjoso aumentaría la resistencia ósea y disminuiría la pérdida de masa producida por la ausencia de gravedad.

## **Conclusión 7**

El sistema óseo deja de realizar dos de sus funciones fundamentales: locomoción y soporte. Es por ello que se produce una desmineralización y pérdida de masa a los pocos días de viaje espacial.

## **Conclusión 8**

Las fibras musculares están compuestas de agua en un porcentaje del 75%, y tal y como se ha visto en el anexo anterior, la dinámica de fluidos en ausencia de gravedad es un tema clave de estudio, por lo que podría haber alguna relación con su atrofia.

# **Anexo V**

Principios de la Medicina Espacial:  
Efectos fisiológicos en microgravedad.

# ÍNDICE

## ANEXO V

POSTURA NEUTRAL EN MICROGRAVEDAD	117
EFFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA MICRO-G	118
EFFECTOS EN EL SISTEMA LOCOMOTOR	119
EFFECTOS EN EL SISTEMA ÓSEO	123
EFFECTOS EN EL SISTEMA ENDOCRINO	124
EFFECTOS NEUROLÓGICOS	125
EFFECTOS INMUNOLÓGICOS	126
ENTREVISTA A EXPERTO	127
¿POR QUÉ LOS ASTRONAUTAS NO PASAN LARGOS PERIODOS DE TIEMPO?	128
CONCLUSIONES	131

# POSTURA NEUTRAL EN MICROGRAVEDAD

Los seres humanos estamos biológicamente obligados a desplazarnos por el medio externo para conseguir alimentos y pareja de manera innata para la supervivencia de la especie. Para realizar estos movimientos, es necesario que el sujeto mantenga una posición en el espacio, la denominada postura.

La postura está regida por las fuerzas externas a las que se expone el cuerpo humano, siendo la gravedad la más significativa. [142]

La postura neutral en microgravedad puede postularse como la posición natural que asume el cuerpo humano en estado de ingravidez si no se ejerce ninguna fuerza que altere el sistema muscular.

Puesto que la fuerza de gravedad terrestre no se aplica al cuerpo humano se producen variaciones [Figura izda] con respecto a la postura natural bípeda [Figura dcha], en el tono muscular, en la biomecánica y en la coordinación locomotriz.

Tal y como expresan Jack H. Wilmore y David L. Costill en la quinta edición de su libro *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte* (página 351), «Si nuestro cuerpo no pesa, los huesos que sostienen nuestro peso y los músculos anti-gravitatorios (los que mantienen la postura) están descargados. La reducción de la tensión sobre los huesos y los músculos lleva en última instancia a su deterioro y reduce su capacidad de funcionamiento.» [2014]

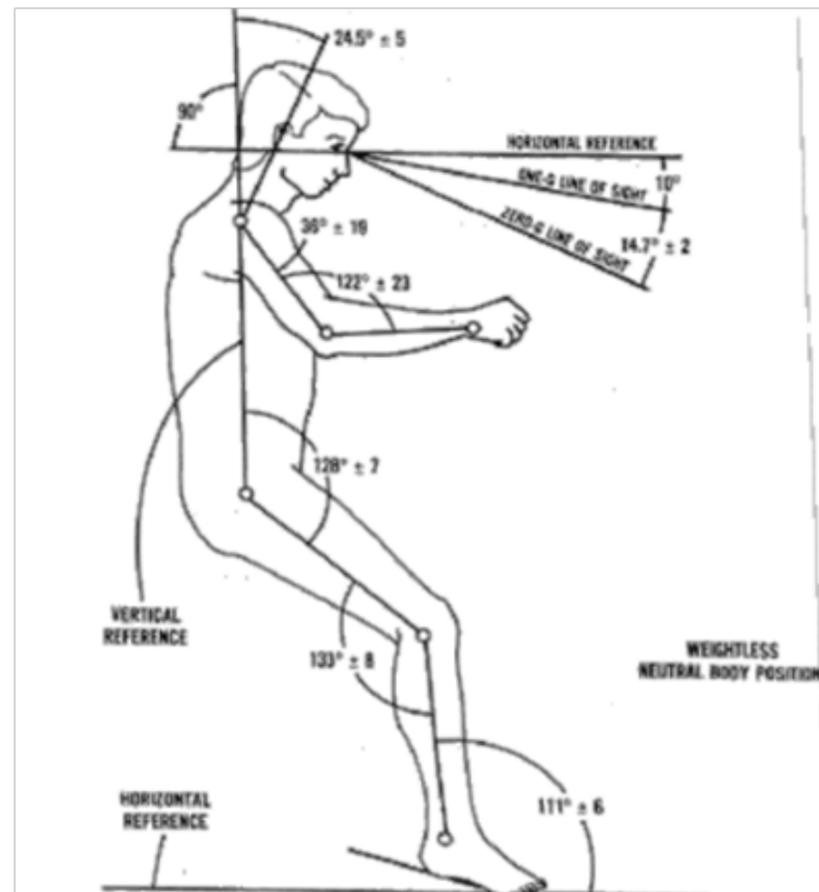


Figura 84: Postura de ingravidez

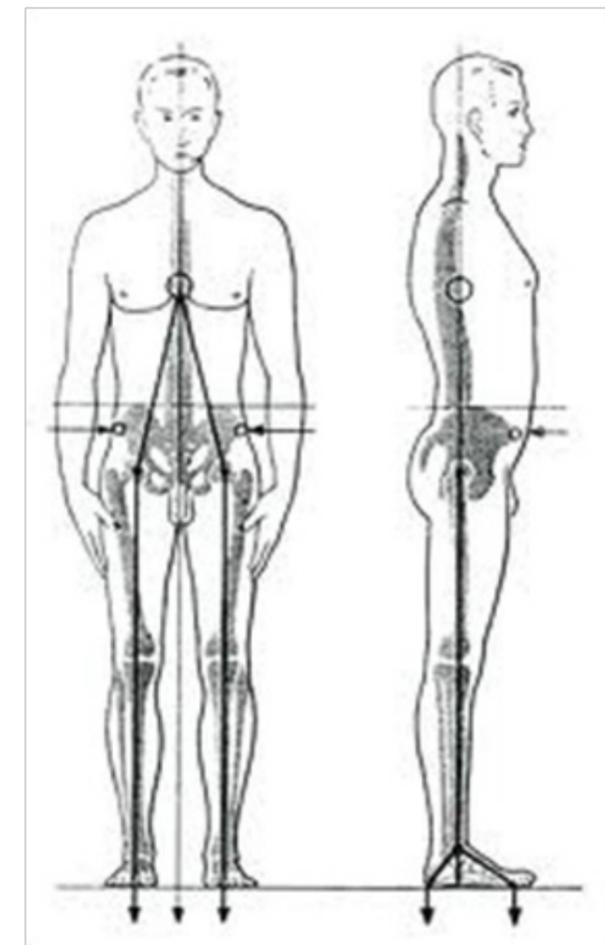


Figura 85: Postura natural en gravedad

# EFECTOS DE LA MICRO-G A NIVEL FISIOLÓGICO<sup>[105]</sup>

\* Etiológico: Que es causante de alguna enfermedad.

\* Raquis: Columna vertebral

\* Algas: dolor

## EFECTOS EN EL SISTEMA LOCOMOTOR

El aparato locomotor es el conjunto de sistemas que permite al cuerpo humano realizar cualquier tipo de movimiento. Está compuesto por el sistema óseo y el sistema muscular.

A rasgos generales, en el aparato locomotor, la micro-gravedad produce una hiper-extensión del raquis\* entre 3 y 6 cm, lo cual puede traer consigo algias\* a nivel de la musculatura paravertebral y parestesias.

## Efectos en el sistema muscular

La gravedad no es simplemente una fuerza, sino que también actúa como una señal que dice al cuerpo como actuar, lo cual se gestiona mediante el Sistema Propiceo [Ver página XX]. En un ambiente de micro-gravedad los músculos se atrofian rápidamente porque el cuerpo percibe que no los necesita. Los músculos se utilizan para contrarrestar la fuerza de la gravedad, Los de la columna y la cadera nos ayudan a mantener la postura y pueden perder hasta un 20% de su masa inicial si no se utilizan, pudiendo desaparecer hasta un 5% semanal. **[106]**

A nivel muscular se observa atrofia, fatigabilidad y flacidez muscular, y muy levemente mejora aunque se practique ejercicio físico. Sobre todo en bipedestación.

Existen tres grandes tipos de músculos en el cuerpo humano y todos ejercen sus funciones a través de la contracción y relajación coordinada de las unidades individuales que conforman un músculo determinado. La capacidad funcional del músculo esquelético (40% del volumen corporal), depende del tipo de fibra que predomina en él, así como de su inervación motora.

La plasticidad\* de las fibras musculares les permiten adaptarse tanto a condiciones de baja carga [es decir, microgravedad] como a aquellas propias de un ambiente de sobrecarga [o ejercicio].

Para estudiar estos efectos se utilizan vuelos de corta duración, que muestran que los músculos extensores desarrollan una atrofia más significativa que la que sufren los flexores. La atrofia muscular de carácter grave en músculos extensores puede aparecer a los pocos días del vuelo espacial. Así como también en los grupos de fibras de contracción lenta en comparación con los de contracción rápida.

Los músculos que desempeñan una función antigravitatoria: cuádriceps, músculos de la cadera, espalda y extensores del cuello se atrofian de manera rápida durante los vuelos espaciales, mientras que los músculos de brazos y manos en raras ocasiones se ven afectados.

# EFECTOS DE LA MICRO-G A NIVEL FISIOLÓGICO <sup>[107]</sup> <sup>[108]</sup>

La gravedad sobre los organismos vivos ha determinado su evolución para hacer frente a esta fuerza. Limita el tamaño de las células individuales, cuando los campos gravitacionales son más fuertes, el tamaño de las células disminuye, mientras que cuando son más débiles, las células crecen.

Los sistemas fisiológicos se ven alterados durante los vuelos espaciales y el ambiente de microgravedad afecta de manera directa la función muscoesquelética, neurosensible, endocrina, renal, respiratoria y cardiovascular, además del riesgo de lesión producido por la exposición de los diferentes tipos de radiación. Por tanto, es fundamental mantener la salud y el acondicionamiento físico de la tripulación durante los vuelos espaciales, facilitando su recuperación al llegar a la Tierra.

La falta de peso es un factor etiológico\* que entorpece la eficacia de los astronautas durante sus primeras jornadas de vuelo, aunque acaban adaptándose al nuevo medio.

El cuerpo humano debe superar consideraciones en relación a ello:

- Adaptar su cuerpo al aparente estado de ingravidez
- Doce ciclos de luz-oscuridad cada veinticuatro horas
- 5 Gz de aceleración a la salida de la cosmonave
- Paseos espaciales con efectos de radiaciones cósmicas.



Figura 86: Astronautas entrenando en un ejercicio de caída libre

## SÍNTOMAS GENERALES:

Náuseas y vómitos cíclicos, Hiperventilación, Hipersalivación, Palidez, Sudores fríos, Somnolencia, Aerofagia, Vértigo, Dolor de cabeza, fatiga y mal estar general, Síndrome confusional, Incapacidad para concentrarse, y además, cualquier movimiento agrava los síntomas.

\* Etiológico: Que es causante de alguna enfermedad.

## EFECTOS DE LA MICRO-G A NIVEL FISIOLÓGICO



Figura 87: Ilustración del sistema locomotor humano

**EFECTOS EN EL SISTEMA LOCOMOTOR [109] [111]**

El aparato locomotor es el conjunto de sistemas que permite al cuerpo humano realizar cualquier tipo de movimiento. Está compuesto por el sistema óseo y el sistema muscular.

A rasgos generales, en el aparato locomotor, la micro-gravedad produce una hiper-extensión del raquis\* entre 3 y 6 cm, lo cual puede traer consigo algias\* a nivel de la musculatura paravertebral y parestesias.

**Efectos en el sistema muscular**

La gravedad no es simplemente una fuerza, sino que también actúa como una señal que dice al cuerpo como actuar, lo cual se gestiona mediante el Sistema Propiceo. En un ambiente de microgravedad los músculos se atrofian rápidamente porque el cuerpo percibe que no los necesita. Los músculos se utilizan para contrarrestar la fuerza de la gravedad, Los de la columna y la cadera nos ayudan a mantener la postura y pueden perder hasta un 20% de su masa inicial si no se utilizan, pudiendo desaparecer hasta un 5% semanal. [110]

A nivel muscular se observa atrofia, fatigabilidad y flacidez muscular, y muy levemente mejora aunque se practique ejercicio físico. Sobre todo en bipedestación.

Existen tres grandes tipos de músculos en el cuerpo humano y todos ejercen sus funciones a través de la contracción y relajación coordinada de las unidades individuales que conforman un músculo determinado. La capacidad funcional del músculo esquelético [40% del volumen corporal], depende del tipo de fibra que predomina en él, así como de su inervación motora.

La plasticidad de las fibras musculares les permiten adaptarse tanto a condiciones de baja carga (es decir, microgravedad) como a aquellas propias de un ambiente de sobrecarga (o ejercicio).

Para estudiar estos efectos se utilizan vuelos de corta duración, que muestran que los músculos extensores desarrollan una atrofia más significativa que la que sufren los flexores. La atrofia muscular de carácter grave en músculos extensores puede aparecer a los pocos días del vuelo espacial. Así como también en los grupos de fibras de contracción lenta en comparación con los de contracción rápida.

Los músculos que desempeñan una función antigravitatoria: cuádriceps, músculos de la cadera, espalda y extensores del cuello se atrofian de manera rápida durante los vuelos espaciales, mientras que los músculos de brazos y manos en raras ocasiones se ven afectados. [111]

## EFECTOS DE LA MICRO-G A NIVEL FISIOLÓGICO



Figura 88: El astronauta Yuri Malenchenko es ayudado por el personal de Tierra a su llegada

\* EVA: actividades que desarrollan los astronautas fuera de la nave una vez traspasada la atmósfera terrestre: reparación de la nave, exploración, paseos,...

El deterioro muscular sigue las siguientes fases en ambientes microgravitatorios:

1. En esta primera fase se muestra una disminución de un 20 a un 30% en la fuerza muscular que ocurre durante las primeras semanas de la misión.
2. Esta segunda fase, comienza tres o cuatro semanas posteriores al inicio del vuelo, y la magnitud del deterioro está directamente relacionado con la cantidad de ejercicio físico que se realice a bordo.

Los efectos de la micro-gravedad sobre el cuerpo humano no sólo son significativos a nivel de pérdida de masa muscular, sino que también se producen cambios en el fenotipo de las fibras musculares, proteínas contráctiles y sustratos metabólicos.

Tras el retorno a la Tierra, los músculos de los astronautas que han perdido su condición fisiológica previa, vuelven a estar afectados por las fuerzas gravitacionales terrestres, lo cual se traduce como dolor muscular, tensión de los músculos isquiotibiales, y con menos regularidad se desarrolla fascitis plantar.

En la figura de la izquierda se puede apreciar la incapacidad de los astronautas de mantenerse en posición erguida y caminar tras el regreso a la Tierra, teniendo que ser trasladados.

Actualmente, las misiones espaciales no son de excesiva duración y aunque la atrofia muscular suponga un problema, una vez retornados a la tierra realizan una recuperación que puede alargarse hasta los dos años con la que consiguen recuperar sus condiciones fisiológicas previas al vuelo. Pero, suponiendo el caso en el que ocurriese una salida de emergencia durante el aterrizaje o en gravedad parcial, los astronautas serían incapaces de realizarlas debido a su pérdida de fuerza, resistencia y masa muscular. Y, por otro lado, en el ámbito cotidiano, se les presenta una dificultad mayor a la hora de realizar tareas en relación a las actividades EVA y a las tareas vitales básicas debido a su baja forma física, su reducido rendimiento motor y su alteración muscular estructural y funcional.

1. Serán incapaces de realizar salidas de emergencia durante el aterrizaje y en la gravedad parcial, debido a pérdidas de la masa muscular, fuerza y/o resistencia
2. Incapacidad para realizar tareas relacionadas con la actividad extra-vehicular y a las actividades diarias debido al rendimiento motor reducido, reducción de la resistencia muscular y alteraciones en las propiedades estructurales y funcionales
3. Incapacidad para mantener los niveles musculares de rendimiento para satisfacer las demandas específicas de la misión, déficits en la marcha y la postura de estas actividades.
4. Déficits en la estructura y función del músculo esquelético. **[111]**

## EFECTOS DE LA MICRO-G A NIVEL FISIOLÓGICO



Figura 89: El astronauta de la NASA Dan Burbank practicando ejercicio en el ARED (Nodo Tranquility) en la Expedición 30.

A modo conclusión, como apuntan **[112]** Jack H. Wilmore y David L. Costill en la quinta edición de su libro *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte* (2014)

«Es preciso desarrollar programas más efectivos de entrenamiento contra resistencia para los periodos de microgravedad a fin de minimizar la pérdida de la función muscular. Los astronautas pueden verse afectados con situaciones de emergencia en el espacio o al volver a la Tierra que pueden requerir altos niveles de fuerza. Dado que los músculos posturales son los más afectados, deben diseñarse creativos instrumentos para hacer ejercicio que permitan aplicar una adecuada tensión sobre estos músculos.»



Figura 90: Ilustración del sistema óseo humano

### EFECTOS EN EL SISTEMA ÓSEO <sup>[113][114]</sup>

La microgravedad produce una disminución de la densidad ósea debido a que los astronautas dejan de estar cargados estáticamente por la gravedad. Puesto que, el remodelamiento óseo depende del nivel de tensión dentro del hueso, la ausencia de carga tiene implicaciones nefastas.

Se observa una hiperadaptación a la microgravedad y su grado crece con el tiempo de permanencia en el espacio.

Aparece una alteración en la estructura ósea debido a que la fijación de iones cálcicos en los huesos disminuye, afectando a su composición natural y aumentando su fragilidad, fenómeno conocido como osteoporosis, trayendo consigo dolores óseos, hipercalcemia e hipercalciuria, aumentando las cifras de creatinina y de ácido úrico.

Además de la ausencia de peso, hay otros factores que influyen en la disminución de la densidad, tales como la falta de iluminación que reduce la producción de vitamina D3 o el aumento de los niveles de dióxido de carbono en el ambiente.

La desmineralización inicia de manera inmediata a los cambios de la atmósfera en el espacio. Durante los primeros días a bordo, se produce un aumento del 65% del calcio urinario y fecal, lo cual va incrementando proporcional al tiempo de desarrollo de la misión.

La mayoría de los huesos más importantes del cuerpo dependen de la carga diaria de las fuerzas gravitatorias. Y, es a partir de los 18 meses, cuando la degeneración esquelética y la descalcificación ósea se vuelve significativa. La microgravedad produce descargas mecánicas en los huesos, lo cual se traduce en pérdidas minerales óseas que se acercan al 4% en los huesos que soportan el peso corporal.

Hay una pérdida de densidad ósea de entorno al 1-2% mensual en aquellos huesos que soportan peso, como pueden ser las vértebras lumbares, pelvis, trocánter, cuello femoral, tibia y calcáneo.

En estas zonas, la pérdida de densidad alcanza valores de 8 a 12% durante los seis primeros meses.

La pérdida de hueso trabecular podría alcanzar dimensiones tales que los osteoblastos se tornen incapaces de reconstruir la arquitectura del hueso tras el retorno a Tierra.

## EFECTOS DE LA MICRO-G A NIVEL FISIOLÓGICO

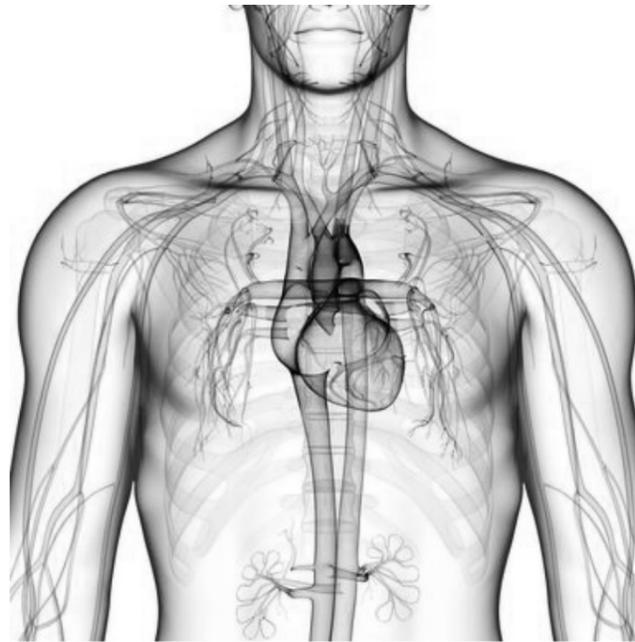


Figura 91: Ilustración del sistema cardiovascular

**EFECTOS EN EL SISTEMA CARDIOVASCULAR**

El sistema cardiovascular está compuesto por el corazón y el sistema circulatorio. La función del corazón es impulsar la sangre a los órganos, tejidos y células del cuerpo. Y, es la sangre la que proviene a las células de oxígeno y nutrientes retirando de ellas el dióxido de carbono y los metabolitos.

La sangre se distribuye a través de una amplia red de arterias, arteriolas y tubos capilares [sistema arterial], volviendo al corazón por las venas [sistema venoso].

[115]

La microgravedad se traduce como un ambiente de estrés para los seres humanos adaptados a un ambiente de gravedad terrestre.

Esta pérdida de gravedad altera la distribución de los fluidos corporales y el grado de distensión de las venas craneales, lo que puede desembocar en un remodelamiento estructural y en un alteramiento de la autorregulación cerebral, lo cual puede estudiarse previamente utilizando varias técnicas, siendo la HDBR la más significativa.

Si comparamos los procesos hemodinámicos, en la Tierra, la gravedad empuja los fluidos en dirección caudal y los músculos la dirigen en sentido cefálico, lo cual se traduce como una distribución uniforme de los fluidos dentro del organismo, mientras que en el espacio los fluidos se acumulan cerca del tórax y del corazón porque no hay una fuerza en sentido contrario que la contrarreste. Entre 0,5 y 2 litros de sangre se redistribuye de la parte inferior a la superior del cuerpo dilando el aurículo izquierdo y derecho del corazón. Se reduce la masa muscular cardíaca hasta un 3% y el corazón se desplaza hacia arriba. Se invierte el ritmo atrial en sinusal y se desvía el eje eléctrico, bajando la frecuencia de latidos y la presión arterial.

La ausencia de mecanismos de bombeo y las unidireccionalidad de las válvulas venosas en cabeza, cuello y tórax superior requieren de efectos gravitacionales para un correcto drenaje sanguíneo. Y, es por ello que

a grandes rasgos, podemos diferenciar tres efectos que afectan directamente al sistema cardiovascular: la hipotensión ortostática, una significativa atrofia del músculo miocárdico y una redistribución flujo sanguínea producido con la bipedestación con respecto a la ausencia de gravedad. [116] [118]

El corazón está formado por tres capas diferenciadas, desde la exterior a la interior: el pericardio, el miocardio y el endocardio y por cuatro válvulas: dos válvulas aurículo-ventriculares [la tricúspide y la mitral] y dos válvulas ventrículo arteriales [la pulmonar y la aórtica]. Se encarga de bombear la sangre manteniéndola en continuo movimiento unidireccional. Es el músculo que más trabaja del cuerpo humano, alcanzando 115.000 latidos diarios. Sufre mucho, cuando no está en gravedad. La superficie de los fluidos [incluyendo los sanguíneos], conocida como tensión superficial con gravedad no es un impedimento, mientras que en condiciones microgravitatorias no hay nada que luche contra ella. Es decir, este músculo está preparado para luchar contra la gravedad, y en su ausencia la sangre no fluye por su propio peso. Trasladar la sangre del ventrículo a la arteria es uno de los problemas que conlleva la tensión superficial de los fluidos en el espacio. [117] [119]

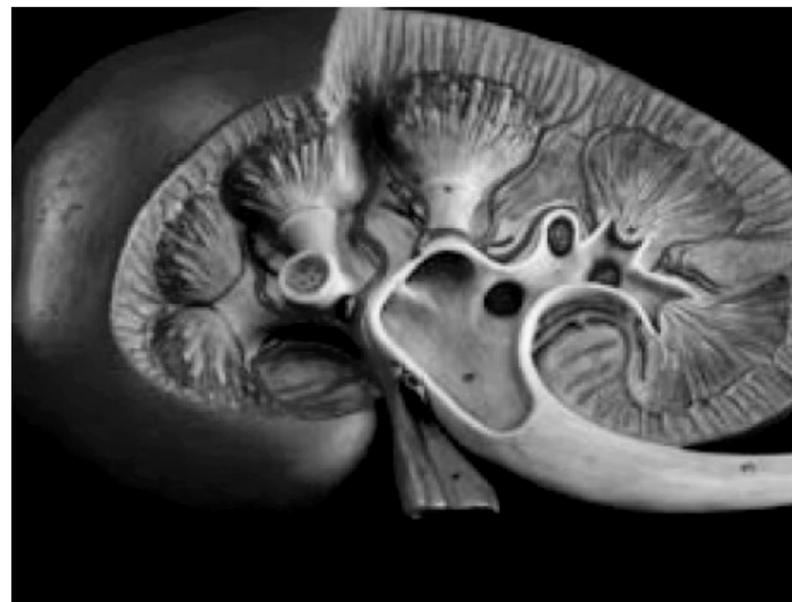
## EFECTOS DE LA MICRO-G A NIVEL FISIOLÓGICO

El sistema cardiovascular es imprescindible para el correcto funcionamiento de los órganos del cuerpo humano, por lo que sus alteraciones pueden traer consigo graves consecuencias en la salud del astronauta. El sistema cardiovascular tiene la capacidad de adaptarse a las condiciones microgravitatorias. La alteración más significativa es la redistribución de fluidos hacia la zona encefálica, lo cual se traduce en una sobrecarga cardíaca e incremento de la presión intravascular. La masa cardíaca disminuye y se incrementa la presión arterial diastólica, lo cual comienza en la fase de lanzamiento y perdura durante todo el vuelo y no finaliza hasta tres semanas tras el regreso a la Tierra. Durante el vuelo se registran arritmias cardíacas a diferentes grados, pero de carácter leve, hasta el momento no se ha registrado ninguna de carácter letal. A nivel cardiopulmonar, existe un incremento de las presiones en las cavidades cardíacas, lo cual es compensado por el sistema circulatorio gracias a la dilución del plasma (mediante filtración trascapilar, incremento de volumen intravascular y una reducción del 10 al 15% del volumen intersticial. Lo cual se traduce en una intolerancia ortostática en los tripulantes espaciales a su regreso a la Tierra. [120]

Como postulan Carrillo Esper, Díaz Ponce [et Al.] en el artículo *Efectos fisiológicos en un ambiente de micro-gravedad* de la Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM [página 18, párrafo 2] [2015]:

"El sistema cardiovascular tiene la capacidad de adaptarse a condiciones de microgravedad. Los mecanismos de adaptación que lleva a cabo este sistema se determinan de acuerdo a la etapa o fase del vuelo, la altura, etc. La alteración más importante y significativa es la redistribución de fluidos hacia el territorio encefálico, lo cual condiciona sobrecarga cardíaca e incremento de la presión intravascular."

Por lo que, lo que realmente afecta a la fisiología del ser humano no es la condición microgravitatoria, sino la adaptación del cuerpo humano a dicha situación.

**EFECTOS EN EL SISTEMA ENDOCRINO [121]**

A grandes rasgos, se alteran los ritmos circadianos y se producen cambios hormonales.

Una de las primeras evidencias es la reducción de volumen de plasma. Cuando el cuerpo humano se encuentra en un ambiente microgravitatorio la sangre deja de acumularse en las extremidades inferiores (como ocurre en la Tierra con una gravedad de 1G) debido a la menor presión hidrostática.

Lo que se traduce en un mayor flujo sanguíneo en el corazón, que conlleva un aumento del gasto cardíaco y la tensión arterial. Estos aumentos traen consigo un aumento de la tensión arterial en los riñones, lo que provoca que los riñones excreten el volumen sobrante (diuresis de la tensión arterial).

El menor volumen sanguíneo provocado por la microgravedad, es beneficioso durante su estancia en el espacio, pero en el retorno a la Tierra supone graves problemas por la insuficiencia sanguínea en el sistema circulatorio y podría desembocar en hipotensión postural (ortostática) y desmaños durante las primeras horas de vuelta a la gravedad.

Figura 92: Ilustración de un riñón humano

## EFECTOS DE LA MICRO-G A NIVEL FISIOLÓGICO



Figura XX: Ilustración de neuronas

\*Estasis: disminución o cese de los procesos vitales

\*Aferente: Que transmite sangre o linfa, una secreción o impulso nervioso desde una parte del organismo a otras que respecto a ellas son consideradas internas

**EFECTOS NEUROLÓGICOS [122]**

En la ISS, un sutil incremento de presiones sobre los senos venosos y duros como consecuencia de la estasis\* obstruye la resorción del líquido cerebroespinal elevando la presión de este líquido. Junto a la disminución del drenaje linfático, que puede resultar en un edema epicraneal.

Los otolitos son los responsables de la información aferente\*, la cual se altera debido a la eliminación de las señales relacionadas con la gravedad.

Esto se traduce en que los otolitos dejan de proveer información relacionada con la dirección de la cabeza o el cuerpo respecto a la velocidad vertical, conservándose sensibles únicamente a las aceleraciones lineales del propio cuerpo.

Esta situación produce consecuencias negativas para la adaptación del cuerpo humano a la ausencia de la gravedad, empezando por la alteración de la coordinación entre la postura del cuerpo y el movimiento, por las condiciones mecánicas que rigen el control de la postura y los movimientos dirigidos.

Los astronautas deben adaptarse a este nuevo entorno aprendiendo a moverse sin el movimiento bípedo en el ambiente tridimensional, lo cual tiene una duración aproximada de cuatro semanas.

Así mismo, la alteración de las señales vestibulares afectan a los reflejos visooculares, produciendo una dificultad a la hora de invertir el movimiento ocular con respecto al de la cabeza, imposibilitando la estabilización de la imagen. Lo cual trae consigo la pérdida de la coherencia entre las señales visuales.

La consecuencia más severa es el desarrollo de la enfermedad del movimiento en el espacio (EME), lo cual se desarrolla desde los primeros minutos hasta las dos horas del primer contacto con la microgravedad y puede durar hasta siete días.

Los resultados obtenidos de la realización de la técnica de estudio HDBR respaldan una deficiencia en el aprendizaje que provoca puede afectar a las misiones espaciales de larga duración. Y sugiere que la microgravedad podría afectar a los neurotransmisores, los procesos cognitivos y la capacidad de aprendizaje como consecuencia de los cambios psicológicos, hormonales y cardiovasculares que ocurren en este ambiente.

## EFECTOS DE LA MICRO-G A NIVEL FISIOLÓGICO

**EFECTOS INMUNOLÓGICOS [123]**

La mitad de los astronautas en el Apolo registraron infecciones virales o bacterianas durante el transcurso del viaje [Datos tomados: 1960-1970]. Gracias a las muestras de sangre previas y posteriores al vuelo espacial, se registró una reducción significativa en la activación linfocítica mediada por mitógenos.

Cambios producidos en presencia de microgravedad: distribución alterada de la circulación leucocitaria, producción anómala de citocinas, disminución de la actividad de linfocitos NK, función deprimida de los granulocitos, activación abolida de los linfocitos T, niveles alterados de inmunoglobulinas, inmunidad viral específica alterada y respuestas neuroendocrinas anómalas.

Existe evidencia experimental que demuestra que los tejidos o células desafiadas por antígenos de memoria o por activadores policlonales en un modelo de microgravedad, pierde toda su habilidad para producir anticuerpos y citocinas, así como para aumentar su actividad metabólica. Por lo que, se demuestra que la activación inmune de células del tejido linfoides se encuentra severamente afectada en ambientes microgravitacionales.

Otra célula afectada ante este ambiente son las células NK, los linfocitos citotóxicos que se encargan de lisar células infectadas por virus u oncogénicamente transformadas y facilitar la liberación de citocinas sin una inmunización previa. Cubren la función de mecanismo antiinflamatorio, vigilancia de tumoraciones y regulación de desórdenes autoinmunes. La disminución de estas células se hace visible 7 días posteriores al viaje.

Los principales trastornos inmunológicos del cuerpo humano son la aparición de hipersensibilidad retardada, la producción de interferón e interleucinas, distribución de leucocitos, actividad de NK y actividad de las inmunoglobulinas séricas.

Aunque existen otras alteraciones del sistema inmune, siendo la leucocitosis una de las más consistentes en los vuelos espaciales.

El efecto de la redistribución de los leucocitos en diferentes órganos puede ser debido a los cambios en las moléculas de adhesión. Aumenta el número de neutrófilos, de monocitos y disminuyen los niveles de CD3+, CD4+, CD8+, células B y NK [Natural Killer].

Los neutrófilos son los glóbulos blancos encargados de internalizar y destruir los microorganismos y disminuyen hasta un 60%.

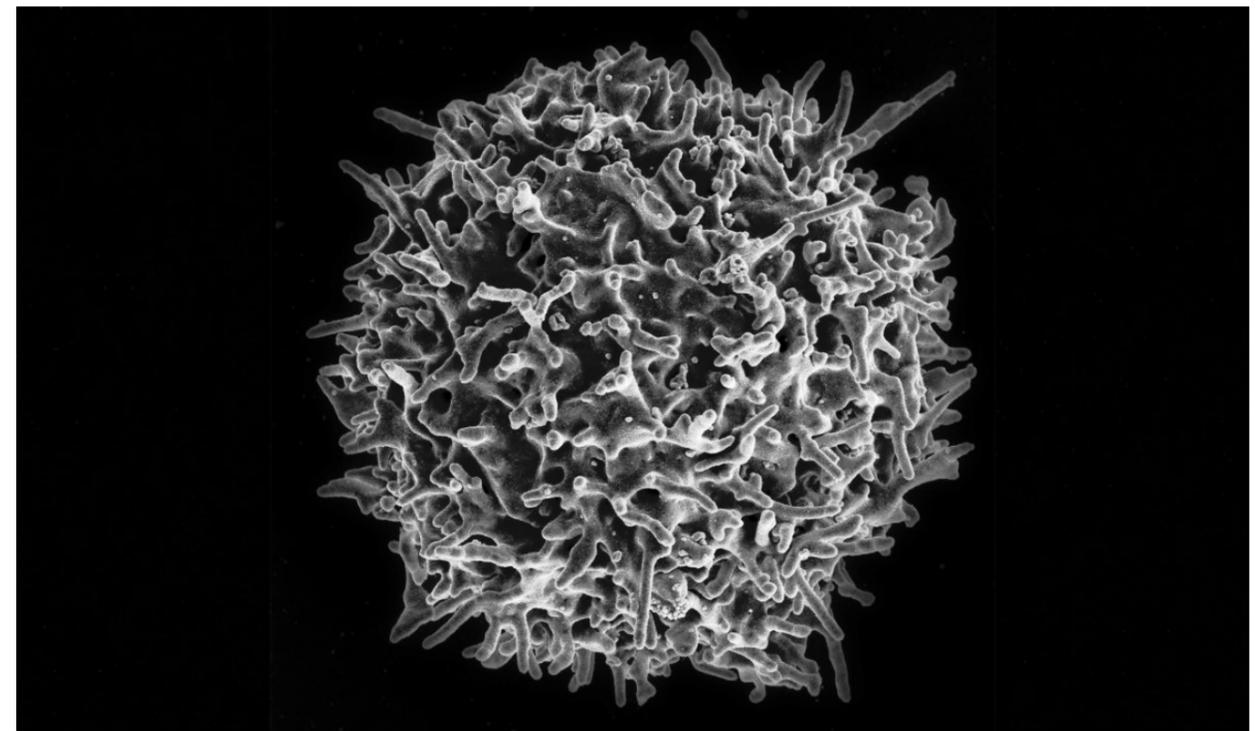


Figura 93: Ilustración de una célula NK

# ENTREVISTA A EXPERTO

Dra. M. JESÚS PÉREZ ECHEVERRÍA - Licenciada en Medicina, Psiquiatría

**Sabemos que los astronautas en la Estación Espacial sufren trastornos psicológicos relativos a sensación de aislamiento y encerramiento debido a las condiciones diarias en las que se encuentran: poco espacio, actividades diarias repetitivas, sensación de impotencia al no poder salir de allí, lo alejados que se encuentran de la Tierra y de las personas que allí habitan,... ¿Cómo describirías tú esa sensación de encerramiento/aislamiento a la que están sometidos?**

Lo más importante del ser humano a nivel psicológico es la palabra. Entendemos que es importante el poder comunicarse con alguien. El aislamiento conforme a estar solo es un factor de riesgo. Probablemente ansioso por el poco espacio, con una tendencia a colisionar en cuanto a irritabilidad. Experimentar ansiedad en su formatos clásicos: a nivel corporal [taquicardia, hambre de aire, sensación de intranquilidad o de tensión motora, nudo esofágico y a nivel psíquico [intranquilidad, tensión psíquica/emocional, sensación de estar al límite, irritabilidad, déficit de concentración]. Las funciones cognoscitivas se embotan, la atención es débil y flotante de un estímulo a otro, no resulta efectiva. Algunos se colocan en una "actitud expectante" con respecto al cuerpo o a los demás, con un cierto paranoigdismo. En un aislamiento grande se puede llegar a eso. Esa desconfianza, sensación de falta de espacio vital autónomo o privado. Requiere un gran entrenamiento previo de los tripulantes a la hora de enfrentarse en un entorno hostil. Alguno podría deprimirse, vacío personal y afecciones relativas a la índole depresiva.

**Los astronautas están acostumbrados al entorno en el que habitan, ya que es monótono y el espacio es reducido, la integración de cosas diferentes puede producir alteraciones en su percepción y, por tanto, un estímulo de respuesta. ¿Crees que "algo nuevo" podría producirles rechazo? ¿Crees que es necesario, a nivel psicológico, diseñar un producto semejante estéticamente a las características del entorno que hay en la Estación? ¿Hay algún factor más que influya a nivel psicológico en su percepción del entorno?**

Yo creo que si alguien tiene una actividad muy repetitiva, una novedad es una fuente de atención. Supone un sobresalto. Supongo que cuando los entrenen esto lo tienen que tener en cuenta, tienen que estar preparados al "tempo" y a las situaciones que puedan aparecerles. Depende de la situación anímica pueden percibirlo como una fuente de interés y de pasaje al acto en sentido operativo, un despertar de su curiosidad o por el contrario vivirlo como una hostilidad o miedo a lo desconocido. Por ejemplo, los sujetos que tengo hospitalizados, que están aislados mucho tiempo en un ambiente ajeno y aséptico, valoran positivamente el tener algún objeto cromáticamente diferente, un objeto que le resulte grato o familiar o que lo personalice, que le recuerde su individualidad puede ser beneficioso a nivel psicológico [por ejemplo fotos]. Y si está con otros aún más, ya que pierde la individualidad. Todo lo que le distinga y lo personalice puede ser beneficioso. Suele haber cosas con la medición del tiempo y el espacio, algo que les sitúe en el entorno ya que se pierde un poco el concepto del tiempo.

Yo creo que la percepción que es una función cognitiva que tiene que ver con la sensorialidad, y luego con el conocimiento intelectual, que es lo que le da sentido, tiene muchísimo que ver con el estado anímico. Las personas que están solas y asustadas, aunque no tenga que ser precisamente aisladas, un sonido se puede interpretar como unas pisadas o algo que se acerca. Este fenómeno se conoce como "distorsión catatínica" sobre una percepción, donde a una cosa real la tonalidad afectiva puede dotarle una entonación diferente. Siguiendo el ejemplo de las pisadas, si estás asustado lo puedes interpretar cómo que alguien te busca y si fuera de otra manera podría entenderse como algo bueno, La personalidad del sujeto modula la interpretación de cada percepción, dándoles diferentes significados. Por otro lado, en lo relativo a lo anterior, llamamos "ilusión" cuando lo que ves lo estás viendo pero le das una interpretación particular y "alucinación" a cuando todo el fenómeno senso-perceptivo aparece sin un estímulo sensorial previo que "lo ponga en marcha".

**Los astronautas deben realizar mínimo una hora y media de ejercicio diario durante su escaso tiempo de ocio. A nivel psicológico, si las máquinas de ejercicio de las que disponen no les ofrecen estímulos atractivos pueden ser monótonas y causar ansiedad. ¿Crees que una máquina de ejercicio que les "evocase" a actividades que realizasen en la Tierra puede ayudarles a sufrir menor estrés? ¿Sería beneficioso aprovechar el tiempo obligatorio de ejercicio para estimular su ocio?**

# ENTREVISTA A EXPERTO

Dra. M. JESÚS PÉREZ ECHEVERRÍA - Licenciada en Medicina, Psiquiatría

Yo creo que probablemente sí. Que tenga una valoración beneficiosa desde el punto de vista afectivo. Que uno pueda optar sobre algo que tiene para él una valoración agradable o afectiva es por supuesto beneficioso. Simular situaciones que para ellos son gratas a nivel deportivo o con evocaciones beneficiosas a nivel psicológico puede desentaponar el colapso de estrés recibido por el entorno en el que se encuentran, teniendo en cuenta que la primera percepción de los seres humanos hacemos una valoración emocional. Hay que tratar de individualizar al máximo posible las actividades comunes, que te les des de su identidad personal. Con respecto al uso de máquinas deportivas de ocio sustituyendo las máquinas básicas que están implementadas: cualquier actividad automática y común a todos pierde las claves personales, lo ideal sería buscar que dentro de esa actividad haya algún aspecto que pueda elegir previamente, por ejemplo, en el caso expuesto del ejercicio de la escalada, podría implementarse sonido acompañante, cambios de luz, fotografías, aromas,... Una situación que rememore recuerdos terrestres.

## **¿Cómo solucionarías tú el estrés y la ansiedad causados por el encerramiento y la impotencia en la Estación Espacial? ¿Crees que mantener la misma rutina es favorable?**

Yo creo que es muy importante hacer una selección previa, y que la tripulación tenga claro lo que supondrá el viaje espacial, que tengan cierta empatía unos con otros, personas con identidad y un liderazgo claro con una meta común es realmente fundamental.

Dentro de las variables que puedan significar de manera individualizada puedan tomar ciertas decisiones y que heterogeneice al grupo, que rompa la monotonía desde el punto de vista catártico, algo que les estimule y les produzca sensaciones placenteras puede ser muy beneficioso.

Una clave importante es tener el conocimiento previo, que formas parte de un todo, en una misión concreta con unos objetivos preestablecidos. Que el planteamiento esté muy claro y sobre eso que sean personas muy fuertes mentalmente, no lábiles, que sepan convivir con los silencios y con uno mismo, y dentro de eso la manera de establecer la relación entre ellos, respetuosos con respecto a la jerarquía y los objetivos. Tienen que saber reaccionar ante inesperados y algunas pequeñas situaciones que varíen la rutina cotidiana sabiendo el usuario que puede suceder y no sea una alarma inesperada, puede resultar muy beneficioso como clave de individualismo.

Lo cognitivo es muy importante, ubicarse y "no perder las coordenadas". El tener con los demás una sensación de pertenencia a un proyecto ambicioso, un liderazgo clave y conciencia del tiempo y el espacio con una rutina aprendida a la vez de unas vivencias personales que guarden su identidad puede ser lo más adecuado.

Un caso experimentado semejante a estos sentimientos son los sentimientos los tienen algunas personas en el extranjero. Se encuentran en un grupo con una lengua diferente, la sensación de todo el mundo en esos momentos es de temor, cierta angustia y paranoia, empieza a pensar que el otro habla muy

deprisa, que no quiere que les entiendas. Si hubiera un ambiente que salvaguardase la intimidad el sujeto lo recibiría como algo muy beneficioso. La impresión de no tener nada de intimidad, obligado a entenderse con el otro, produce situaciones de estrés y discusiones.

Las sensaciones mostradas son angustia a nivel físico y emocional, actitud expectante, miedo, temor, sensación de disolverse [despersonalización y desrealización] y otros de realización [el ambiente es irreal, se pierden en el entorno], paranoia, encerramiento [maltrato por parte de otros, buscando defenderse debajo de algunos actos violentos], además pueden apreciarse sensaciones de miedo y de invasión de su espacio personal.

# ¿PORQUÉ LOS ASTRONAUTAS NO PASAN LARGOS PERIODOS EN EL ESPACIO? [125]

Los vuelos espaciales exponen a la tripulación a diferentes efectos sobre la fisiología humana que podrían agruparse en tres secciones:

- Los cambios en las fuerzas físicas gravitacionales que provocan cambios a nivel fisiológico.
- Cambios psicológicos y psicosociales producidos por el encerramiento en la estación durante las misiones, sin la posibilidad de salida y las relaciones con el resto de la tripulación.
- Exposición a la radiación cósmica espacial.

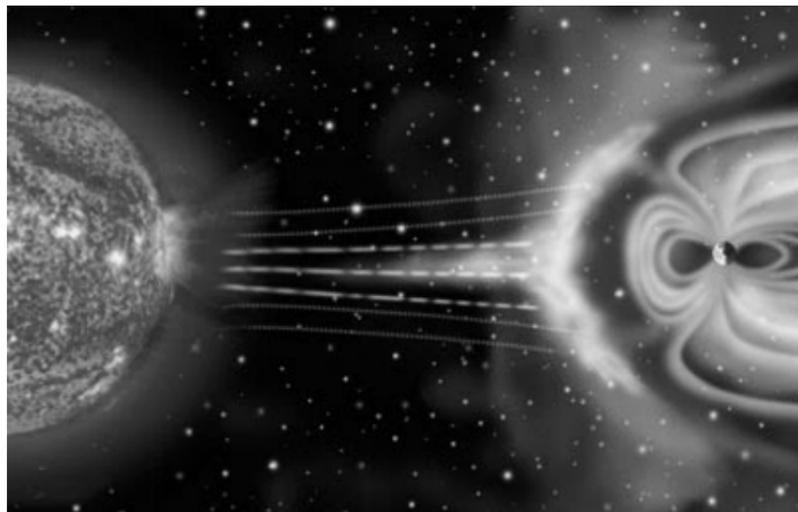


Figura 94: Ilustración de la radiación cósmica

La primera sección que expone los cambios físicos producidos por la ausencia de fuerzas gravitacionales podría subdividirse de nuevo en lo referente al sistema locomotor, músculos y huesos y en lo referente al sistema hematológico junto al endocrino.

El sistema locomotor, como se ha visto anteriormente, sufre importantes alteraciones a nivel muscular y óseo, impidiendo a la tripulación la bipedestación y la posición erguida una vez retornados a la Tierra. La rutina de ejercicio propuesta en la ISS abarca este problema evitando una atrofia total en la musculatura y reduce este problema minimizando el tiempo de recuperación de los astronautas una vez terminada la misión espacial. Siendo éste un problema menor, puesto que salvo una situación de emergencia, la tripulación se encuentra en las condiciones necesarias para poder permanecer en el espacio durante largos periodos de tiempo.

Por otro lado, en lo referente a lo hematológico y al comportamiento de fluidos corporales (siendo la sangre el fluido corporal más influyente) se observan anomalías que podrían ser condicionantes en las misiones de larga duración. La incapacidad de una distribución sanguínea similar a la terrestre produce efectos perjudiciales sobre los órganos humanos, lo cual a simple vista ya se percibe como un problema mayor que en el caso anterior.

En la última sección se trata sobre la exposición a la radiación cósmica, ya que, entre las condiciones del espacio exterior se encuentran las reacciones nucleares, atómicas y la radiación electromagnética. Los iones y núcleos, que son altamente penetrantes y energéticos, y nefastos para la vida humana, son el principal problema radiactivo. Hasta el momento, esta radiación cósmica es la que impide que los astronautas pasen largos periodos en el espacio, no se han encontrado soluciones que eviten la exposición humana a estos efectos. Produciéndose: alteraciones oftálmicas [catarata sobretodo], afección neuroconductual, daño a las células del hipocampo, daño degenerativo en el sistema circulatorio, aumento del riesgo de diferentes tipos de cancer, siendo el de la piel más frecuente ya que ésta actúa como barrera, náuseas y vómitos, quemaduras y modificaciones a nivel de la microarquitectura del músculo, cartílago y hueso.

# CONCLUSIONES

## **Conclusión 1**

No sólo no se pueden realizar viajes espaciales de larga duración, a Marte por ejemplo, por circunstancias fisiológicas, sino que la radiación cósmica es un aspecto crítico que restringe estos viajes, ya que produce cáncer al poco tiempo de exposición y no se han encontrado, por el momento, materiales que protejan de esta radiación.

## **Conclusión 2**

Las afecciones a nivel cardiovascular son las más perjudiciales, debido a que afectan al resto de órganos del cuerpo humano.

## **Conclusión 3**

Aunque los sujetos pierdan un 20% de masa muscular respecto a la de partida, de regreso a la Tierra y con rehabilitación pueden recuperarla hasta el 100%.

## **Conclusión 4**

La masa ósea sin embargo no se acaba de recuperar del todo, la exposición a la microgravedad produce alteraciones que podrían ser irrevocables, aunque de baja criticidad.

## **Conclusión 5**

A nivel inmunológico, la pérdida de células NK se traduce como una puerta abierta a afecciones de baja criticidad, como por ejemplo hipersensibilidad. Este trastorno se aprecia a los 7 días del viaje espacial. Un correcto funcionamiento del sistema inmunológico es importante debido a que cualquier enfermedad simple, en la estación puede convertirse en un verdadero problema: tanto de contagio como de recuperación del propio individuo.

## **Conclusión 6**

La sangre está casi compuesta únicamente de agua, y la dinámica de fluidos en la ISS es absolutamente diferente a la terrestre. Su mala circulación puede ser un aspecto crítico para la supervivencia en viajes de larga duración. Las arterias se contraen y la sangre adquiere otra densidad, por lo que la circulación es nefasta.

## **Conclusión 7**

A efectos neurológicos, los astronautas pierden la relación espacio temporal y pierden la referencia de uno mismo con respecto al entorno. Esto puede causar estrés e incomodidad, pero al tiempo se terminan acostumbrando a esta nueva situación.

## **Conclusión 9**

La sangre deja de acumularse en las extremidades inferiores ya que se reduce la presión hidrostática, de manera que aumenta el flujo sanguíneo en el corazón y aumenta el gasto cardíaco junto a la tensión arterial, aumentando así la TA en riñones que provoca diuresis.

## **Conclusión 10**

El menor volumen sanguíneo es beneficioso, pero la sangre no circula correctamente y pueden producirse afecciones crónicas en diversos aparatos y órganos.

## **Conclusión 11**

El remodelado óseo depende directamente de las tensiones recibidas en el hueso, es decir, de las cargas a compresión que se generen en tal tejido.

## **Conclusión 12**

Se requiere el desarrollo de programas de ejercicio más efectivos a fin de minimizar la pérdida de la función muscular, que puede ser crítica en situaciones de emergencia.

## **Conclusión 13**

Al producirse tantos ciclos día-noche durante una jornada en la ISS se producen trastornos a nivel psicológico y neurológico.

# Anexo VI

Ciencias del Deporte: Análisis de Máquinas Deportivas y Ejercicios.

# ÍNDICE ANEXO VI

ANÁLISIS DE LAS MÁQUINAS DE EJERCICIO DE LA ISS	134
CEVIS	134
ARED	136
COLBERT	138
MED 2.0	140
MÁQUINAS DE EJERCICIO	141
ENTREVISTA A EXPERTO	143
CONCLUSIONES	145
EDP'S	146
PANEL DE INFLUENCIAS	147
CONCLUSIONES	148

# ANÁLISIS DE LAS MÁQUINAS DE EJERCICIO DE LA ISS [126]

Los efectos de la microgravedad sobre la fisiología humana son evidentes [Ver Anexo II.], por lo que, en la ISS deben tratar de reducirlos al máximo para permitir una mayor duración de los viajes espaciales y un estado más saludable por parte de la tripulación.

Según William y Costill [2004] "Los ejercicios de entrenamiento en vuelo constituyen una de las contramedidas propuestas que parecen ser una elección obvia. Los datos de las misiones Skylab han demostrado claramente que aumentar el tiempo de ejercicio y facilitar una variedad de material para practicarlo atenúa en gran medida las pérdidas de fuerza muscular e incluso aumenta el  $V_{O2}$  máximo."

Los cambios fisiológicos producidos por la falta de gravedad se presentan, sobretodo, en los huesos, los músculos, los riñones y el sistema cardiovascular.

A continuación, se van a detallar las máquinas de ejercicio utilizadas para mantener la capacidad física de los astronautas de la ISS:

## CEVIS [127]

El Cicloergómetro con Sistema de Aislamiento y Estabilización de Vibraciones (CEVIS a partir de ahora) proporciona acondicionamiento aeróbico y cardiovascular a través de actividades de ciclismo en posición reclinada, se encuentra en el Laboratorio Destiny. "Es una versión espacial de la bicicleta estática que cuenta con un sistema de aislamiento de vibraciones para que sus movimientos y esfuerzo durante el ejercicio no afectan a la estación espacial en sí." Thomas Pesket, astronauta. El diseño de CEVIS está adaptado al ambiente microgravitatorio, está preparado para poder utilizarse en situación de flotabilidad.

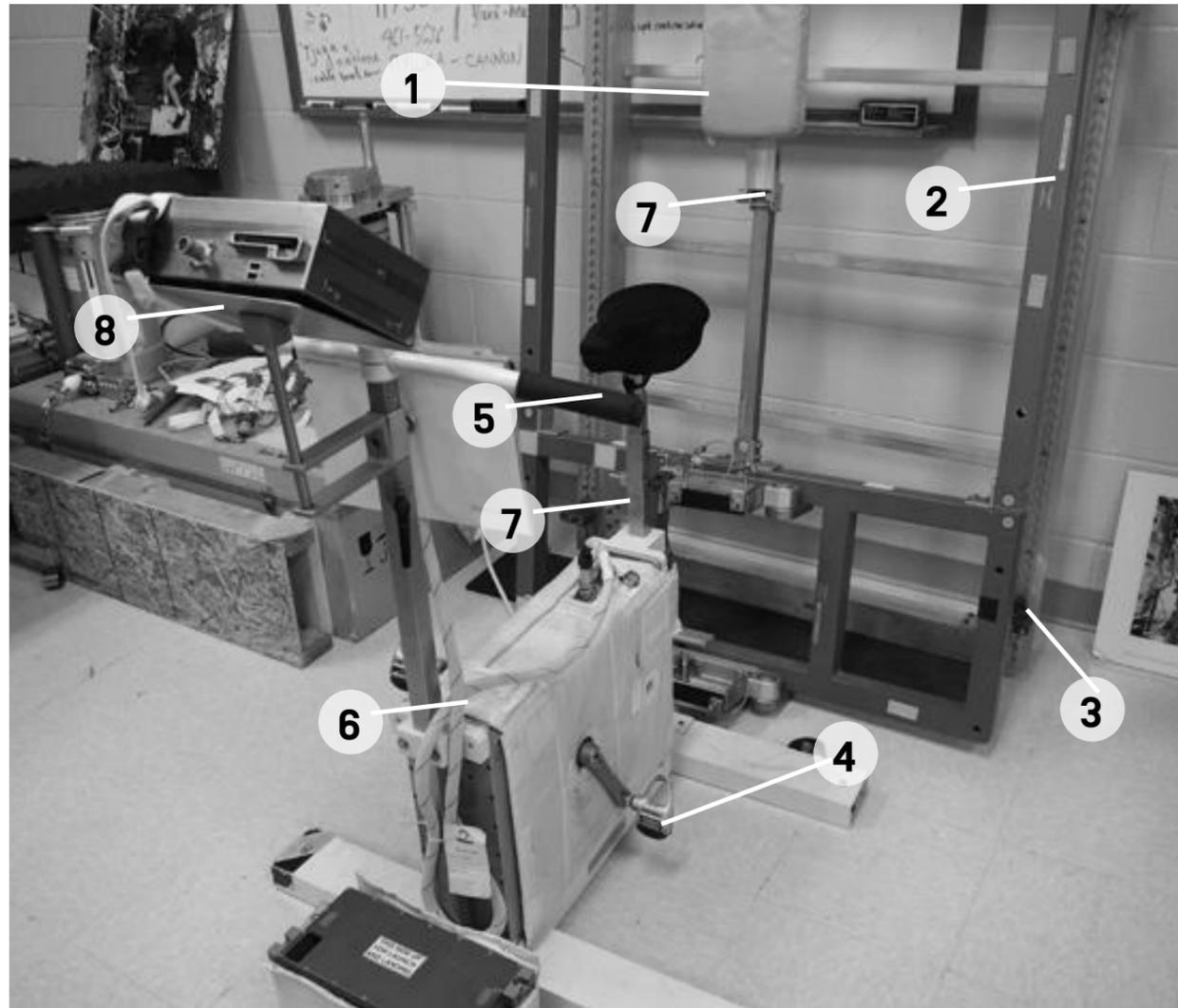
\* CEVIS: Por sus siglas en inglés, Cycle Ergometer with Vibration Isolation and Stabilization System.

\*Cicloergómetro: Es una bicicleta de una sola rueda diseñado inicialmente para realizar pruebas cardiovasculares y calcular la capacidad de  $V_{O2}$ . Consta de un ordenador que monitoriza el ejercicio en la máquina.



Figura 95: Koichi Wakata practicando ejercicio en el CEVIS

## CEVIS - ANÁLISIS DE LAS MÁQUINAS DE EJERCICIO DE LA ISS



Componentes:

- 1- Apoyo para la espalda
- 2- Estructura aislante de la vibración
- 3- "Captadores" de la energía producida
- 4- Pedales con agarres
- 5- Manillares
- 6- Cintas de sujeción
- 7- Reguladores de altura
- 8- Monitor de actividad

En la Figura 96 se pueden apreciar las partes fundamentales del CEVIS, que le diferencian de una bicicleta estática terrestre. Está preparado para la realización del ejercicio en flotabilidad, es decir, no existe ningún asiento como tal, sino que el astronauta apoya su espalda en el respaldo y se abrocha la cintura con las cintas de sujeción, recoge los pies en los agarres de los pedales y se dispone a realizar el ejercicio. Puesto que la máquina va a ser utilizada por diferentes astronautas, tanto el respaldo como la altura de los pedales y los mismos pedales son regulables, de manera que cada sujeto puede ajustar las alturas como desee.

Los resortes de la estructura recogen la energía utilizada en la realización del ejercicio aislando al resto de la estación del movimiento de la máquina. De lo contrario, las cargas de impartirían por la ISS y la desplazarían constantemente.

Un ordenador muestra a los astronautas la planificación del entrenamiento que deben seguir, les monitoriza y registra los datos referentes a la fuerza utilizada en cada ciclo, la velocidad de pedaleo y el tiempo invertido para realizar a cada uno un seguimiento personalizado dependiendo de su estado físico y de sus rutinas diarias. [128][127]

Figura 96: Estructura de la CEVIS

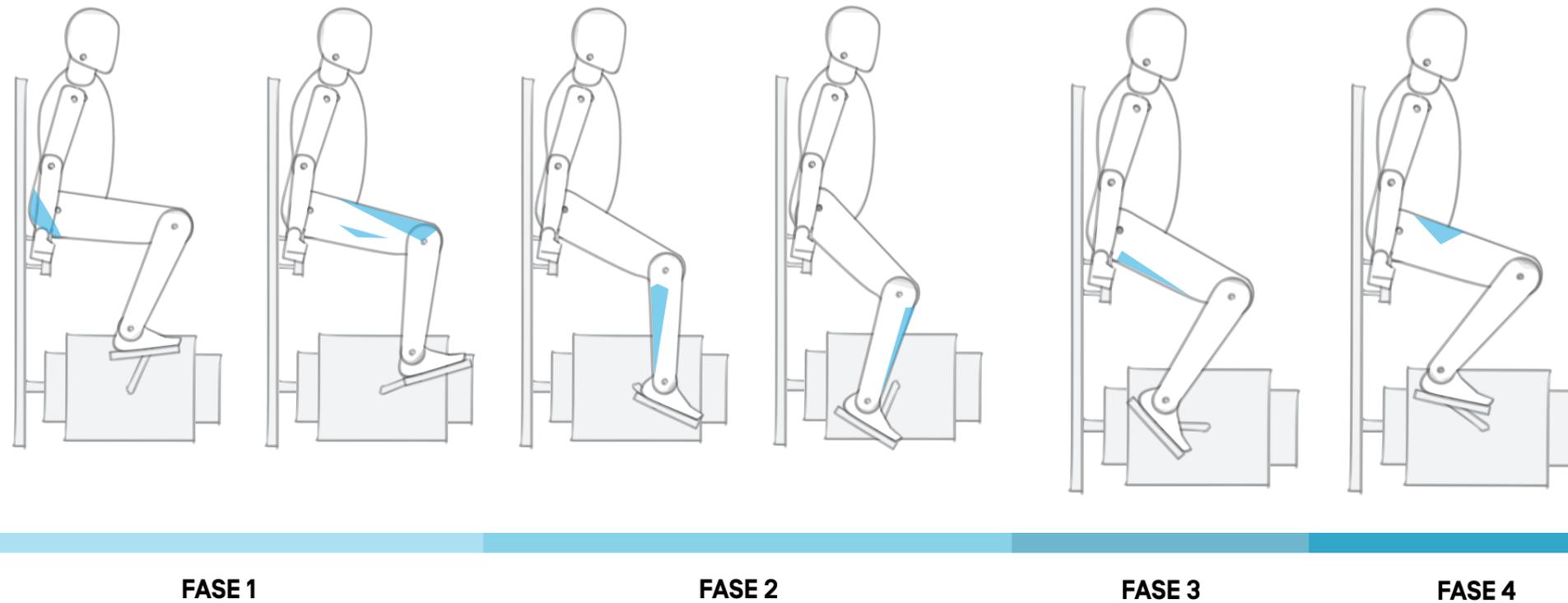
**MÚSCULOS UTILIZADOS [129]**

Figura 97: Ejercicio en la CEVIS

**FASE 1: Empuje**

Durante el movimiento de empuje, se estira el músculo y tras él la pierna entera. Se utilizan los músculos extensores de la rodilla [los músculos del cuádriceps: vasto interno, vasto externo, crural y recto anterior], junto con los glúteos [glúteo mayor, mediano y menor].

**FASE 2: Punto muerto bajo**

Durante el punto muerto se comienza a flexionar la pierna y se realiza una extensión hacia atrás.

Se utilizan los flexores de la rodilla [isquiotibiales, semitendinoso, semimembranoso, bíceps femoral y tríceps sural, formado por el sóleo y los gastrocnemios].

**FASE 3: Elevación**

Durante la elevación, se flexionan el muslo y la pierna, utilizando los mismos músculos que en la fase anterior.

**FASE 4: Punto muerto alto**

Durante el punto muerto alto, se vuelve a estirar la pierna, utilizando sobretodo el tibial posterior junto al sartorio.

## ARED - ANÁLISIS DE LAS MÁQUINAS DE EJERCICIO DE LA ISS



Figura 98: Koichi Wakata practicando ejercicio en la ARED

**ARED [130]**

La máquina de ejercicio ARED, por sus siglas en inglés "Advanced Resistive Exercise Device" se utiliza para la realización espacial de ejercicios resistivos, ya que, el levantamiento de pesos sin gravedad sería en vano. Este dispositivo tiene la capacidad de ejercitar todos los grupos musculares esenciales del cuerpo humano, permitiendo la realización de una gran variedad de ejercicios para muscular espalda, bíceps, tríceps y la zona abdominal. El levantamiento de pesas contrarresta la pérdida de huesos y músculo por su carácter resistivo. Es compacto, está diseñado para adaptarse a la escasa superficie libre de la ISS y está diseñado para una vida útil de 15 años (o 11 millones de ciclos). Se adapta a cada astronauta permitiendo la regulación de sus elementos y es programable, pudiendo adaptarse a los diferentes programas de ejercicio.

**FUNCIONAMIENTO**

El funcionamiento del ARED es puramente mecánico, emplea cilindros de vacío para producir una resistencia constante y conjuntos de volantes para suministrar una resistencia variable. Esta última resistencia está diseñada para imitar la fuerza inercial necesaria para el levantamiento de pesos libres en la Tierra. Puede programarse su funcionamiento gracias a una interfaz táctil que permite la elección de diferentes ejercicios. Es ajustable desde 0 a 600 libras en ejercicios de barra y hasta 150 libras para ejercicios de cable.

## TIPOS DE EJERCICIOS Y MÚSCULOS UTILIZADOS

### [1] SENTADILLAS FRONTALES CON BARRA

La sentadilla es uno de los ejercicios más recomendados para la actividad muscular de las piernas.

Manteniendo la espalda erguida durante todo el ejercicio, se colocan las manos en la barra y se empujan los hombros hacia atrás para mantener una postura lumbar, las piernas se separan hasta cubrir la anchura de los hombros y al realizar el descenso se baja lentamente hasta que los muslos formen 90° con respecto a las pantorrillas.

Es un ejercicio multifuncional que implica la actuación de muchos músculos, tales como: el cuádriceps, glúteos y femorales, bíceps crural, abdominales y parte inferior de la espalda y gemelos. [131]

### [2] LEVANTAMIENTO DE BARRA SENTADO

Mientras que en el ejercicio de levantamiento en banca predominaba la musculación en hombros, en esta predomina la actividad de los tríceps.

Para realizar este ejercicio se deben extender los tríceps sujetando la barra con ambas manos, doblando los codos hasta que la altura de la barra coincida con la de la cintura y repitiendo el ejercicio. [133]

### [3] LEVANTAMIENTO DE BARRA EN BANCA

Este ejercicio actúa sobretodo en la parte superior del cuerpo ya que se realiza en posición recostada.

Se comienza con la posición supina\* con la espalda totalmente apoyada, la barra se sitúa por encima de la cabeza y se sujeta con ambas manos. Se procede a elevarla hasta tener los codos extendido por completo y flexionando los hombros.

Se utilizan el pectoral mayor, el pectoral menor, el serrato anterior, el deltoides, el tríceps, abdomen, lumbares, cadera y antebrazos. En este ejercicio predomina la musculación de los hombros. [134]

### [4] EXTENSIÓN DE TRÍCEPS EN BARRA

Este ejercicio consiste en el levantamiento de barra en posición erguida. Para realizarlo, hay que colocarse en posición erguida con las manos en la barra. Los codos se alinéan con el cuerpo y se extienden los antebrazos. Si se realiza con cargas pesadas lo más recomendable es inclinar la espalda levemente hacia las pesas.

Se utilizan músculos como el tríceps [vasto externo, interno y posición larga] y el ancóneo, siendo los más ejercitados los del brazo y espalda. [133]

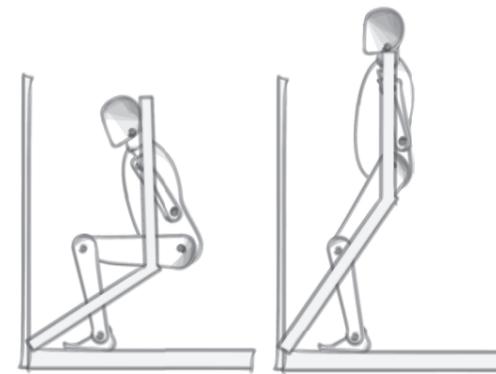


FIGURA 1

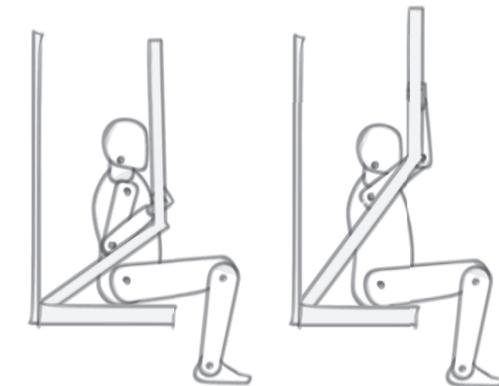


FIGURA 2

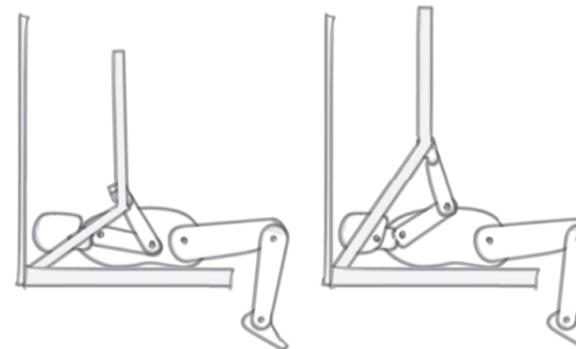


FIGURA 3

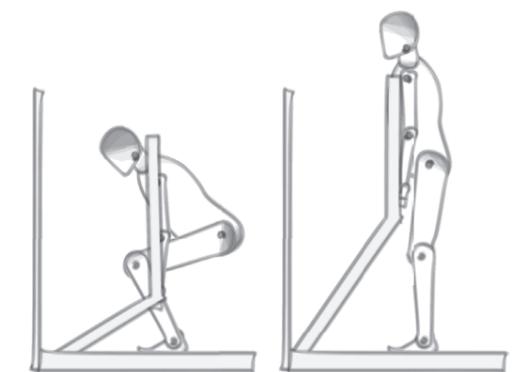


FIGURA 4

Figura 99: Ejercicio en la ARED

**NOTA:** Las posturas de las figuras han sido extraídas de [132].

## COLBERT - ANÁLISIS DE LAS MÁQUINAS DE EJERCICIO DE LA ISS



Figura 100: Koichi Wakata practicando ejercicio en la COLBERT

### COLBERT [135]

La máquina de ejercicio COLBERT, por sus siglas en inglés: *Combined Operational Load Bearing External Resistance Treadmill*, se encuentra en el Nodo Tranquility de la ISS. Se trata de la segunda máquina de correr de la Estación Espacial Internacional.

Para sostener al astronauta sobre la cinta se utilizan correas elásticas que se ajustan sobre los hombros y la cintura, apretándolas o aflojándolas dependiendo de la carga muscular necesaria y, por contra, la intensidad de ejercicio deseada. Para evitar la transmisión de vibración de la máquina al resto de la estación se utiliza un sistema de aislamiento de vibraciones consistente en resortes conectados a amortiguadores. Además, cuenta con dispositivos de almacenamiento de datos para evaluar la eficacia del ejercicio a la hora de la pérdida muscular y ósea.

### FUNCIONAMIENTO [136]

Esta máquina tiene tres modos de funcionamiento diferentes: el primero, el modo activo, en el que la cinta de correr se desplaza accionada con un motor eléctrico. En segundo lugar, el modo pasivo, mediante el cual el astronauta será el que mueva la cinta empujándola con las pisadas, además, el motor se resiste a dicho movimiento y proporciona una resistencia ajustable. Y, por último, el modo sin potencia, en el que el tripulante empuja la cinta con las pisadas y la única resistencia será la resistencia al rozamiento del sistema.

## MÚSCULOS UTILIZADOS

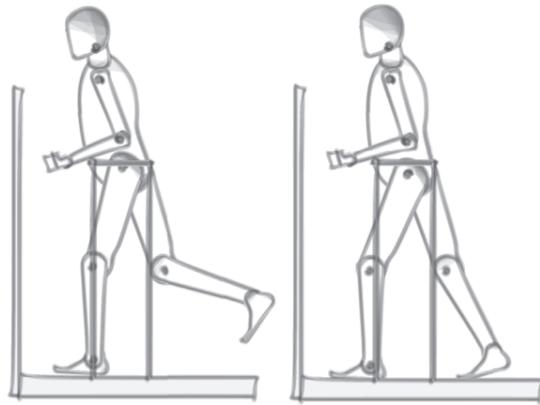


Figura 101: Ejercicio en la COLBERT

El ejercicio aeróbico se basa en aquellos que conllevan menor intensidad que los realizados durante ejercicios anaeróbicos, pero se desarrollan durante periodos más largos de tiempo.

Correr en la cinta forma parte de los ejercicios aeróbicos, y, aunque este tipo de ejercicios no aumente la masa muscular, mejora la función cardiovascular ayudando a disminuir la presión arterial y facilita la oxigenación del organismo, mejora la calidad del sueño y el estado anímico del corredor. Además, incrementa los niveles de absorción del calcio, fortaleciendo la estructura ósea. [137]

Durante este ejercicio, el músculo responde a dos funciones básicas:

- Regular la postura: produciendo un estado de semi-contracción en los músculos del cuerpo.
- Función dinámica: utilizando el SNC (Sistema Nervioso Central) para regular cada músculo en función de una necesidad de coordinación muscular, modificación del músculo dependiendo de cargas externas o del entorno y de control del centro de gravedad y equilibrio.

Se utilizan unos 200 músculos durante la realización de una carrera, pudiéndose dividir en los del tren superior y los del inferior. A continuación se explicarán los más importantes: [138] [139]

### ABDOMINALES Y LUMBARES

Encargados de inclinar el cuerpo hacia delante para estabilizar el cuerpo durante la carrera.

### MÚSCULOS ERECTORES

Los músculos erectores engloban los lumbares, dorsales, trapecio y romboide. Estos ayudan a mantener la postura bípeda.

### PSOAS ILIACO

Determina la flexión de la cadera permitiendo el avance de la extremidad.

### GLÚTEO MEDIO

Se encarga de estabilizar la pelvis cuando sólo hay un pie apoyado.

### ISQUIOTIBIALES

Son los flexores de la rodilla y extensores de cadera. Su función es generar fuerza durante la pisada.

### TIBIAL ANTERIOR

Permite elevar la punta del pie y amortiguar el peso en el apoyo, evitando arrastrar el pie.

### GEMELOS

Permiten la flexión plantar del pie y proporcionan la propulsión inicial de la pisada.

### CUÁDRICEPS

Abarca el femoral, el vasto externo, el vasto interno y el vasto crural. Soportan el peso y permite la pisada.

Este ejercicio puede dividirse en dos fases diferenciadas. En la fase de balanceo se concentra un 80% de los movimientos, mientras que en la de apoyo solo el 20% restante.

### FASE DE APOYO

La fase de apoyo se da tras cada balanceo de la pierna, y comienza cuando se eleva la punta del pie para situar el talón en el suelo. Una vez apoyado, todo el peso corporal se sostiene en la pierna y, finalmente, los dedos del pie entran en contacto con el suelo impulsándose y transmitiendo la fuerza por la pierna consiguiendo elevarla.

Los músculos utilizados en esta primera fase son: tibial anterior, peroneos laterales y extensor, glúteo medio, músculo de la cadera, cuádriceps, tríceps sural.

### FASE DE BALANCEO

Comienza transfiriendo el peso de una pierna, donde el apoyo reside en los dedos, a la otra. El pie se despegaba del suelo flexionando la cadera, la punta del pie y la rodilla, y se procede a comenzar el ciclo con la pierna libre.

Se utilizan músculos como los gemelos, los glúteos, el cuádriceps, el flexor de la cadera o el bíceps crural.

[137]

# MED 2.0

## CONCEPTO DE MÁQUINA DE EJERCICIO [140]

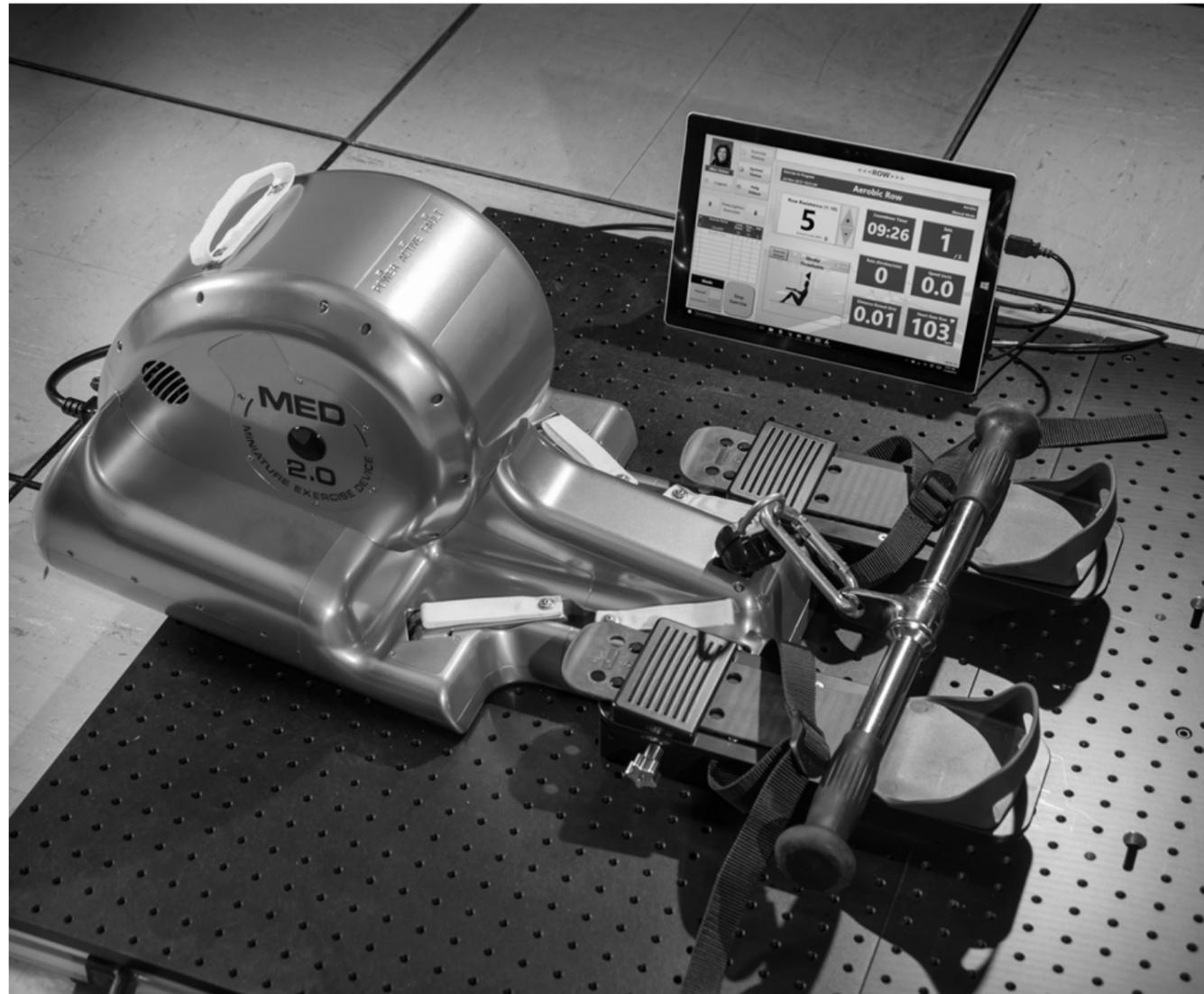


Figura 102: Dispositivo MED 2.0 I



Figura 103: Dispositivo MED 2.0 II  
Figura 104: Dispositivo MED 2.0 III

MED 2.0 es un proyecto de máquina de ejercicio espacial gestionado por la NASA. Con el, se busca la versatilidad y el aumento de la capacidad deportiva con respecto a la maquinaria ya implementada. Este diseño cuenta con una gran variedad de ejercicios para realizar incorporados en un diseño muy compacto que no ocupa apenas espacio. Esta diseñado para tener una larga vida útil y se conecta a una tablet que saca por pantalla información fisiológica referente a la actividad que se esté realizando en ese momento.

Pretendía enviarse a la ISS en Marzo de 2016, lo cual dificulta la creación de nuevos conceptos de máquinas de ejercicio espacial, ya que recientemente se ha implementado esta.

# MÁQUINAS DE EJERCICIO

## PARA LA EXTREMIDAD INFERIOR - CUÁDRICEPS



Dimensiones: 40 x 20 x 38 cm  
 Potencia: 110 W  
 Voltaje: 220 V  
 Entrenamiento de cardio, entrenamiento pasivo  
 Sistema ergonómico de 2 pedales  
 Con 2 velocidades



Máquina para estiramientos y musculación  
 Asiento acolchado, reposapiés y respaldo ajustable  
 Conjunto mecánico



Pedales para manos y pies con correa  
 Refuerza la musculatura (brazos y piernas)  
 Pantalla LCD: visualización del escaneo, tiempo, distancia, número de revoluciones por ejercicio, número total de revoluciones, calorías  
 Peso máximo del usuario: hasta 100 kg  
 Volante de 2 kg  
 Resistencia regulable manualmente



Banco de abdominales y piernas  
 Superficie acolchada  
 Curler de piernas  
 Abrazaderas de seguridad  
 Variedad de entrenamientos:  
 - Desarrollador de gluteos  
 - Isquiotibiales  
 - Musculos abdominales  
 Medidas: 180x53x55 cm  
 Peso: 26,5 kg  
 Peso máximo 100 kg [peso del usuario]  
 Pesos mancuernas max. 50 kg



Extensor mecánico para piernas  
 Material: Acero  
 Dimensiones: 165 x 75 cm  
 Ancho regulable  
 Extremada sencillez



Máquina palanca prensa inclinada  
 Entrenamiento de pierna  
 Dimensiones: 152 x 214 x 148 cm  
 Peso: 265 Kg  
 4 Soportes de carga olímpicos y 2 soportes para guardar discos olímpicos

*\*Información extraída de: aliexpress.com*

# MÁQUINAS DE EJERCICIO

## PARA LA EXTREMIDAD INFERIOR - CUÁDRICEPS



Cuerda elástica para las piernas  
Longitud total: 40 cm  
Aumenta la resistencia  
No depende de la gravedad  
Optimiza el ejercicio



Agarres de neopreno y gel  
Correas de nylon  
Ejercicio resistivo  
Dimensiones: 205 x 25 cm  
Regulación de la resistencia  
Simplicidad



Conjunto mecánico  
Ejercicio resistivo  
Resistencia variable  
Peso: 5,5 kg  
Material: Aluminio



Máquina resistiva para piernas  
Sistema de resistencia  
Plegable y portátil  
Sistema sencillo  
Sistema mecánico



Máquina de ejercitamiento enfocado a los músculos femorales  
Posición reclinada  
Regulación angular  
Columna de placas de 100 kg  
Ejercicio resistivo  
Dimensiones: 89 x 165 x 169 cm



Prensa para piernas  
Empuje exterior / Empuje interior  
Ejercicio resistivo  
Carga regulable  
Aparato muy extendido  
Posición sentada [reclinable]

*\*Información extraída de: aliexpress.com*

# ENTREVISTA A EXPERTO

## TTE DELGADO - Experto en Entrenamiento Físico Militar

### Biografía

Nacido el 26-04-1993 en Madrid. Teniente de Transmisiones del Ejército de Tierra con diversos destinos en Madrid y Zaragoza. Graduado en Ingeniería de Organización Industrial por el Centro Universitario de la Defensa [Universidad de Zaragoza]. Realizo entrenamiento físico desde los 16 años [enfocado al perfil militar desde los 18]. Como estudios relacionados al ámbito deportivo respecto se relacionan: Formación Física 1-5, Instrucción Militar e Instrucción Fisico-militar 1-5 durante los 5 años de estudios en la Academia General Militar.

**El ejercicio físico durante los viajes espaciales es de vital importancia debido a la pérdida de masa muscular y ósea producida por la ausencia de la gravedad. Es por ello, que la tripulación debe realizar un mínimo de dos horas de ejercicio diarias, utilizando un cicloergómetro [CEVIS], una máquina de ejercicio resistivo [ARED] y una cinta de correr [COLBERT]. ¿Cree que estas máquinas en conjunto permiten la actividad deportiva adecuada para mantener la fisiología de los astronautas durante largos periodos de tiempo en el espacio?**

Todo entrenamiento físico enfocado al mantenimiento muscular los ejercicios que se realicen y la alimentación que el sujeto reciba. El problema principal en ambientes no gravitacionales radica en la imposibilidad de realización de ejercicios con peso [lastrado o no]. Sin embargo, mediante la utilización de diversas máquinas [como es el ejemplo del ARED] se puede solventar esta deficiencia para poder ejercitar aquellas zonas musculares donde la pérdida de masa sea mayor.

Con el ARED, los sujetos en este ambiente son capaces de realizar trabajo muscular en los músculos principales para el sostenimiento del propio cuerpo como son el glúteo mayor y medio, la fascia lata, el resto y vasto anterior/interno y el sartorio así como toda la zona abdominal/lumbar mediante la realización de Squats. El ejercicio de los músculos de tren superior como son bíceps, pectoral, hombro, trapecio, dorsal y tríceps también son suplidos mediante la realización de ejercicios como Curl de Bíceps, Prensa de banco plano etc. Por tanto, el trabajo muscular anaeróbico, aunque con sus carencias inherentes al espacio, queda bien suplido. En cuanto al trabajo aeróbico, la utilización tanto de la cinta de correr COLBERT como del cicloergómetro CEVIS queda suplido. Con la primera máquina, los astronautas se ven habilitados a realizar un ejercicio aeróbico de carácter catabolizante. Con la segunda, el ejercicio en bicicleta estática dota al mismo de un crecimiento muscular en la zona de tren inferior [centrando el mismo en cuádriceps, glúteos y tendones en mayor medida], aumentando la potencia en la zona mencionada. Por tanto, en la medida que se ha posibilitado hasta el momento, me parecen adecuadas las máquinas en conjunto para mantener la fisiología. Sin embargo, se encuentran algunas carencias a la hora de ejercitar músculos básicos como femorales, isquiotibiales y zona lumbar/dorsal, básicas para el mantenimiento muscular.

**Los músculos anti-gravitatorios son los que regresan a la Tierra con un nivel de atrofia mayor, siendo estos: el cuádriceps, el sóleo, los isquiotibiales, el**

**gluteo mayor , el glúteo medio y diferentes músculos de la espalda. ¿Cree que las máquinas de ejercicio utilizadas optimizan el entrenamiento para fortalecer dichos músculos?**

Centrando los ejercicios de ARED en la zona muscular de tren inferior, incluyendo ejercicios de CURL de piernas sentado para Vasto Interno/Externo, SQUAT para el trabajo del cuádriceps, glúteo y zona abdominal/lumbar, DEADLIFT para el trabajo de femorales, glúteo mayor e isquiotibiales y añadiendo trabajo aeróbico enfocado a la potencia y endurecimiento mediante el CEVIS debería poder minimizarse esta pérdida hasta el máximo nivel que se permita en este ambiente. Los diferentes músculos de la espalda, con el conjunto de máquinas que se acontecen, si que disponen de una carencia a la hora de ser ejercitados dada la falta de material.

**Uno de los conceptos se basa en cintas de gel que se colocan en las articulaciones funcionando como cintas de resistencia con el fin de provocar que el usuario deba realizar un mayor esfuerzo durante la actividad y así reducir el tiempo de deporte diario. ¿Crees que es viable?**

Podría ser una opción, aunque la realización de sobrefuerzos en zonas musculares claves como los tendones de las articulaciones podría acarrear una serie de lesiones o efectos secundarios no deseados [desgaste excesivo de cartílagos etc.]. igual modo, no sería un sustitutivo para el ejercicio de desarrollo muscular en

# ENTREVISTA A EXPERTO

TTE DELGADO - Experto en Entrenamiento Físico Militar

las partes citadas en el punto II. Como tercer argumento en contra, la atrofia muscular es un tipo de enfermedad caracterizada por el deterioro muscular en procesos de largas pausas en el ejercicio de los músculos implicados (por motivos diversos), cuyo principal tratamiento (evitando la intervención quirúrgica de casos extremos) es la actividad física en agua para facilitar los movimientos. Con las cintas de gel aplicaríamos una resistencia extra en los movimientos que favorecerían, bajo mi opinión, la aparición de diversas lesiones como pueden ser la distrofia o la atrofia muscular.



Figura mostrada durante la entrevista en relación a las máquinas de ejercicio utilizadas en la ISS.

# CONCLUSIONES

## **Conclusión 1**

Las máquinas de ejercicio de la ISS no están optimizadas contra la pérdida de masa ósea y muscular, sino que son meras adaptaciones de la maquinaria terrestre para su aplicación en entornos de microgravedad.

## **Conclusión 2**

Las máquinas no están especializadas en los músculos de mayor peligrosidad, los antigravitatorios. Se requiere maquinaria de mayor carga compresiva y ejercicios especializados.

## **Conclusión 3**

Como la máquina MED 2.0, se busca el diseño de maquinaria compacta y multifuncional para disminuir el coste del transporte hasta la estación y optimizar el espacio allí existente.

## **Conclusión 4**

La maquinaria deportiva terrestre tiene un aspecto mecánico y agresivo, atrayendo al usuario a su ejercitación. Al contrario, en la estación espacial están diseñados de manera que se asocian al entorno en el que se encuentran, la percepción es mucho más lívida.

## **Conclusión 5**

Los sujetos tienen programas de ejercicio estándar, aunque registran la información y la envían a la base terrestre para variar el entrenamiento, los cambios son muy ligeros y no se adaptan a las circunstancias reales de cada usuario.

## **Conclusión 6**

La maquinaria implantada está en contacto con la ISS, es decir, evoca directamente a la estación. Sin embargo, sería beneficioso el diseño de un sistema que se aplicase en la ISS pero evocase a recuerdos y situaciones terrestres, "teletransportándoles" a dicha situación. Lo cual, no sólo mejoraría su rendimiento deportivo al involucrar al usuario, sino que también tendría efectos beneficiosos a nivel psicológico, reduciendo el estrés y desconectando al usuario durante la realización del ejercicio.

## **Conclusión 7**

Los posibles ejercicios a realizar a partir de la maquinaria existente es muy general, no permite al usuario individualizarse con respecto al resto, lo cual trae consecuencias psicológicas nefastas. Podrían aplicarse ejercicios específicos y personales para cada usuario.

## **Conclusión 8**

Es necesario que las máquinas lleven un sistema de agarre para el usuario que, además, produzca cierta resistencia "hacia abajo", ya que sino el usuario no realizaría ningún esfuerzo y el tiempo invertido sería en vano. Además, en ciertos dispositivos como es el caso de la COLBERT, esta resistencia puede ajustarse dependiendo de las necesidades de cada usuario, lo cual es un aspecto beneficioso.

## **Conclusión 9**

Cada máquina lleva integrado un sistema de absorción de la vibración para que ésta no se distribuya por la estación, ya que podría producir desestabilizaciones del resto de sistemas y, en un término más extremo, podría desatranca los puertos y despiezar la estación.

# EDP's

## SISTEMA MECÁNICO

Es preferible que el sistema sea mecánico, puesto que la energía eléctrica en la ISS es reducida y se aplican sistemas mecánicos a los dispositivos para invertirla en opciones más necesarias.

## ERGONOMÍA

Deberá ser adaptable a cualquier tipo de usuario dentro de las restricciones establecidas en el "Perfil de Usuario", puesto que deberá ser utilizado por toda la tripulación de la ISS, no sólo por uno de los astronautas.

## EXPERIENCIA

La experiencia con el usuario debe ser agradable y confortable debido a que los astronautas se encuentran en un estado de encerramiento y aislamiento, y, psicológicamente, una actividad desagradable puede desestabilizar su entorno y producir ansiedad, incomodidad o malestar.

## MATERIALES

Deberán ser materiales sólidos, puesto que los líquidos y viscosos adoptan otro comportamiento en condiciones microgravitatorias, y se priorizarán aquellos que sean livianos, higiénicos y resistentes.

## ESTABILIZACIÓN

Cualquier fuerza, vibración o momento puede desestabilizar la estructura de la ISS o forzar los puertos de atraque, por lo que es estrictamente necesario que sea un dispositivo que no produzca repercusiones.

## TAMAÑO

El tamaño del dispositivo debe adaptarse al entorno, debido a que el espacio en la ISS es muy reducido y debe optimizarse al máximo. Se priorizarán dispositivos que ocupen el menor espacio posible o se coloque de manera que no entorpezca el entorno actual.

## SENCILLEZ

El producto debe ser sencillo, puesto que será utilizado después de una jornada de intensa actividad mental y será utilizado en el tiempo de ocio. Nota: no será utilizado en la jornada laboral ya que sus actividades están programadas y se requiere la máxima atención.

## EFICACIA

Para que el producto se valore, debe mejorar, implementar o innovar sobre las actividades físicas, en el caso que se trate de un dispositivo deportivo, que se realizan en la ISS, sino, no será rentable.

## VIDA ÚTIL

La vida útil del producto es esencial, puesto que el coste para enviar suministros al espacio es alto. Proporcionar un dispositivo duradero o reparable puede ser un factor crítico.

## ASPECTO ECONÓMICO

El aspecto económico no es un inconveniente para las agencias espaciales siempre y cuando el fin sea adquirir productos útiles, que realmente resuelvan un problema. Aunque, realizar un producto económico es un aporte añadido.

# PANEL DE INFLUENCIAS

DISEÑO FORMAL APLICADO EN LA ISS



*\*Información extraída de: [www.nasa.gov/images](http://www.nasa.gov/images)*

# PANEL DE INFLUENCIAS

## APRECIACIONES Y CONCLUSIONES

### DISEÑO FORMAL EN LA ISS

Los productos de la ISS están diseñados específicamente a tal fin, por lo que cumplen especificaciones de diseño muy concretas:

La forma viene dada por la función, priorizando que el sujeto perciba el producto y sepa qué es y como utilizarlo, salvo en maquinaria de experimentación y sistemas complejos, para los cuales se especializan y conocen su funcionamiento.

Los objetos suelen ser blancos, dando sensación de pureza, tranquilidad e higiene. La mayoría del entorno se percibe de color blanco o muy claro, lo cual lo perciben psicológicamente y será un aspecto a tener en cuenta para el diseño del producto final.

En los objetos se dan redondeos evitando al máximo que el usuario pueda dañarse al utilizarlos o rozar con ellos, además, al no haber gravedad, los productos pueden flotar libremente y exponer más al usuario a ser herido.

Respecto a la textura, lo óptimo es que los productos tengan cierta rugosidad para evitar el deslizamiento al utilizar los objetos que no estén fijos a la estación. Así, evitar que se resbalen y floten libremente.

### **Conclusión**

*La forma/estética de los productos de la estación espacial responde directamente a su función. No es un elemento prioritario que llame la atención del usuario (a no ser que sea un elemento de emergencia), pero es muy trascendente que no produzca alteraciones psicológicas en el usuario: es decir, no debe tener connotaciones negativas y ariscas y debe responder al diseño aplicado en la estación para no alterar el entorno y no desequilibrar al usuario.*

# PANEL DE INFLUENCIAS

## MÁQUINAS DE EJERCICIO INNOVADORAS



*\*Información extraída de: [www.aliexpress.com](http://www.aliexpress.com)*

# Fase 2

Conceptualización

# **Anexo VII**

## Conceptualización

# ÍNDICE

## ANEXO VII

MIND-MAP	154
CONCEPTUALIZACIÓN	155
CONCEPTO 1	160
CONCEPTO 2	165
CONCEPTO 3	171
SELECCIÓN DEL CONCEPTO	176

# MIND-MAP

## GRAVEDAD ARTIFICIAL

La creación de un dispositivo generador de gravedad artificial sería la solución idónea para este proyecto. Actualmente se está estudiando el diseño de módulos hinchables que creen gravedad a partir de aceleración centrípeta, pero existen muchos inconvenientes relacionados con la creación de momentos, fuerzas y vibraciones que desestabilizan y desmontan la ISS. Por ello, este mind map pretende abrir las miras acerca de la gravedad y buscar otro tipo de soluciones.

La creación de una gravedad solucionaría la mayoría de los problemas referentes a la fisiología humana y permitiría un gran avance en los viajes espaciales.



# CONCEPTUALIZACIÓN

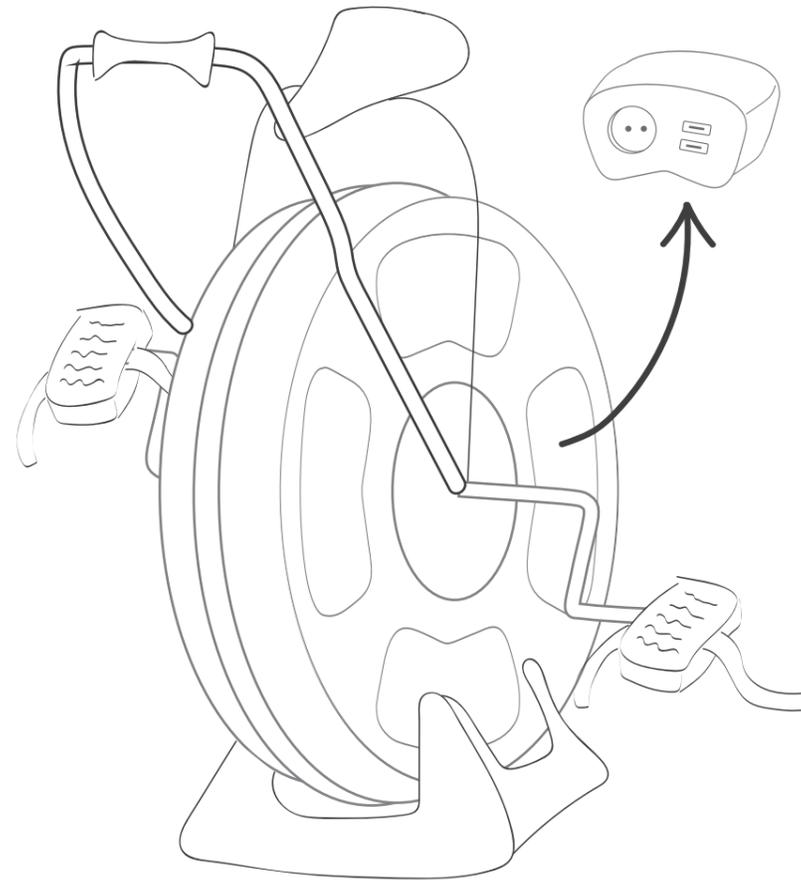
## BRAINSTORMING



### CINTAS DE ESFUERZO

Las cintas de esfuerzo tienen por objetivo producir una resistencia en las articulaciones para forzar los músculos al hacer cualquier movimiento. Al llevarse durante todo el día, cada movimiento optimiza el esfuerzo muscular.

Figura 134: Cintas de esfuerzo



### BICI CON MÓDULOS DE CARGA

Esta bicicleta consiste en un concepto que carga una serie de baterías eléctricas durante su funcionamiento, de manera que una vez realizado el ejercicio diario, pueden recogerse y utilizarlas para cargar dispositivos eléctricos.

Figura 135: Bici con módulos de carga



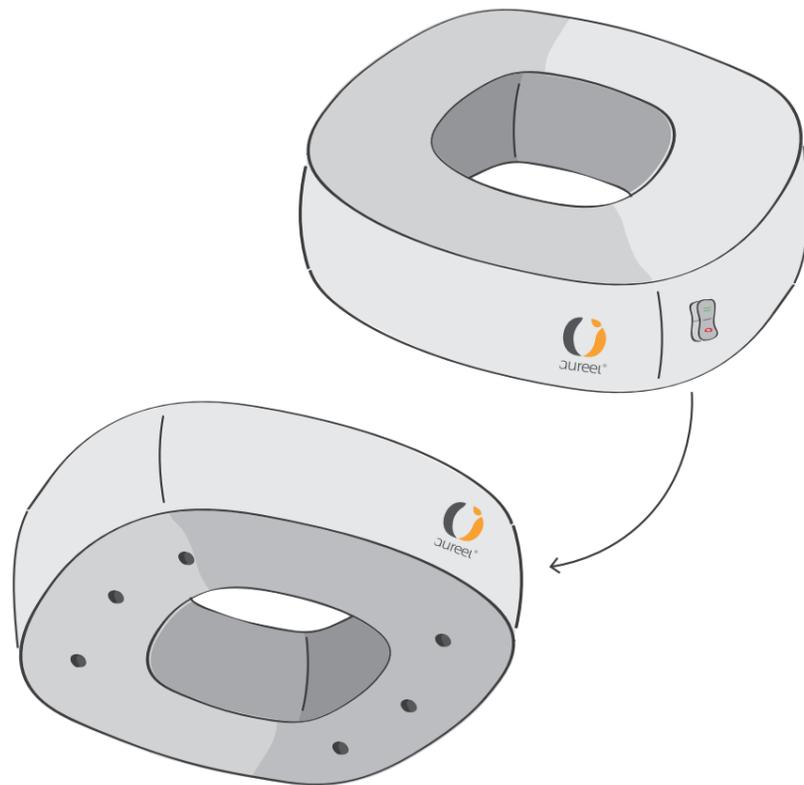
### COMPRESOR ÓSEO

Consiste en un cinturón con suelas para los pies. Un resorte recoge las cintas y produce una compresión en las piernas que se traduce como una variación de presiones a nivel óseo, lo cual produce osteoblastos y, por tanto, aumenta la masa muscular.

Figura 136: Compresor óseo

# CONCEPTUALIZACIÓN

## BRAINSTORMING



### GRAVEDAD ARTIF. HEMATOLÓGICA

Este concepto se basa en la creación de un campo gravitatorio artificial a nivel sanguíneo a través de ondas mecánicas.

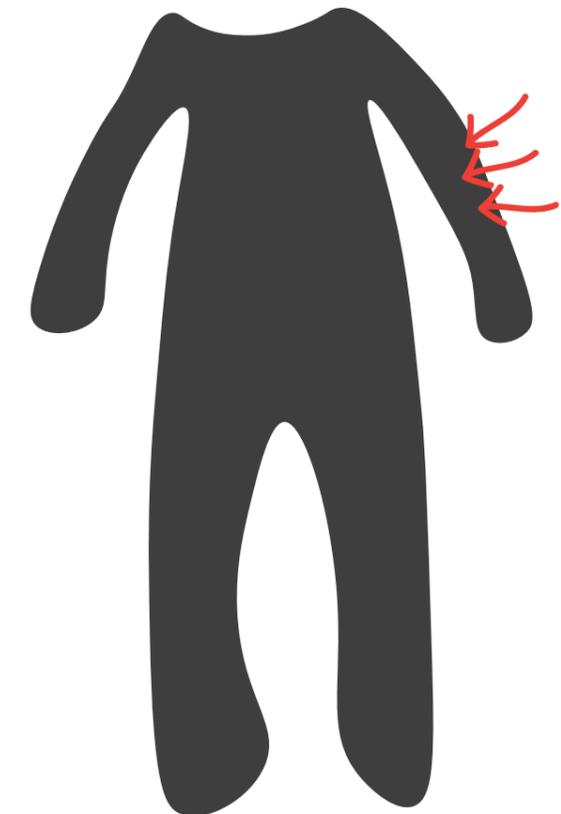
Figura 137: Gravedad artificial hematológica



### MÓDULO HINCHABLE DE GRAVEDAD

Es el concepto más inmediato a la hora de pensar en crear un campo gravitatorio. Consiste en un módulo hinchable con un circuito cerrado para montar en bicicleta dando vueltas.

Figura 138: Módulo hinchable de gravedad



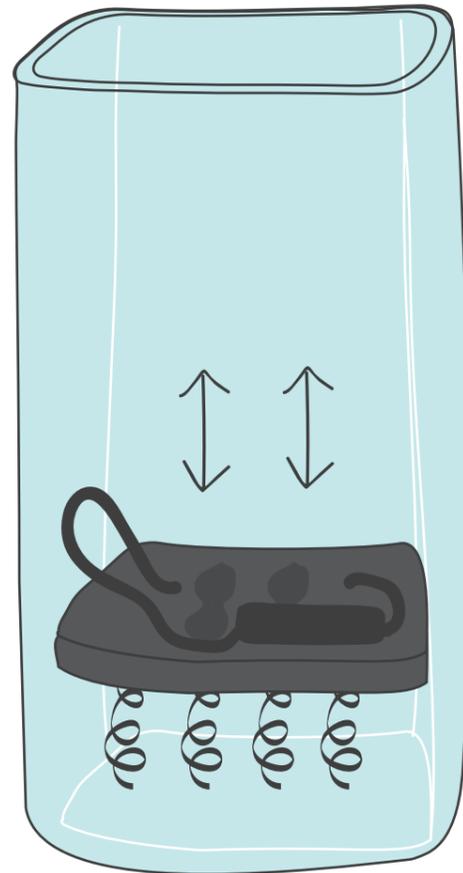
### TRAJE DE IMPULSOS

Consiste en un traje de tubos de carbono que se deforman cuando reciben una corriente eléctrica. Se estimulan los tubos en zonas controladas y de manera inmediata el usuario responde al impulso con una activación muscular de dicha zona. Para activar la musculatura sin dedicar tiempo específico al ejercicio físico.

Figura 139: Traje de impulsos

# CONCEPTUALIZACIÓN

## BRAINSTORMING



### TUBO DE GRAVEDAD

Este concepto consiste en la creación de una aceleración lineal y de una energía recogida por los resortes. Conseguir una aceleración lineal que se comporte como la gravedad es complejo y menos eficiente, por lo que se descarta como futuro concepto.

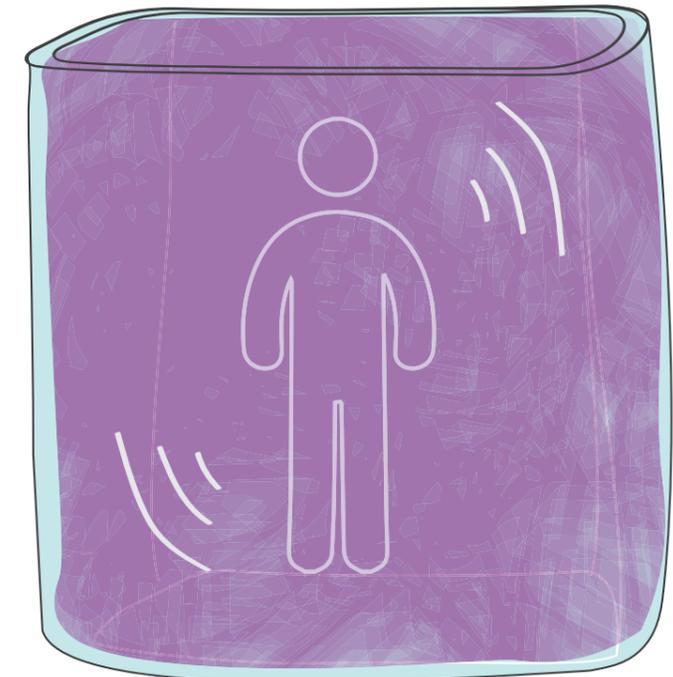
Figura 140: Tubo de gravedad



### ARO MULTIFUNCIÓN

Consiste en un aro que no ocupa espacio en la ISS. Con tres cintas de resistencia y una pantalla integrada que indica al usuario los ejercicios a realizar en cada momento. Está enfocado a la realización de ejercicios específicos para cada tripulante, baile y la dotación de un aporte de ocio a la hora de la actividad deportiva.

Figura 141: Aro multifunción

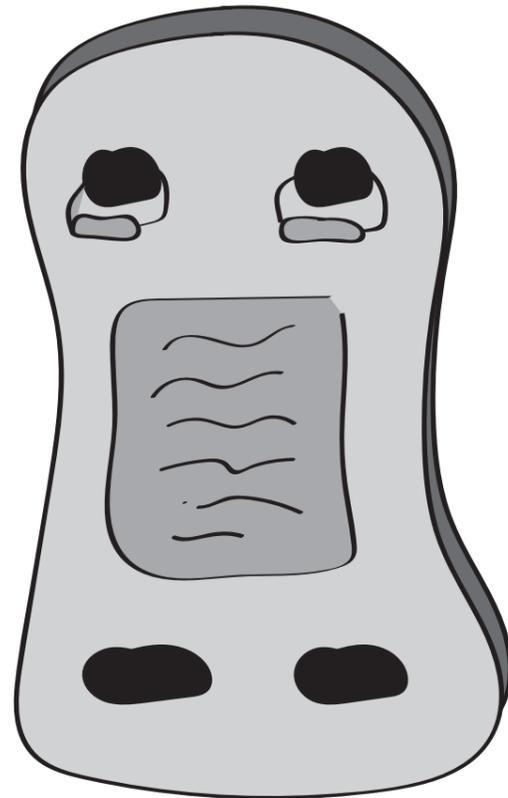


### PISCINA DE GEL

Consiste en una plataforma cerrada y rellena de un gel viscoso. Se pretende simular la realización de ejercicios en las piscinas terrestres. Además de realizar un ejercicio completo y optimizado, el usuario disfrutará de este tiempo asemejándolo al tiempo de ocio. Debido a la complejidad y la física de fluidos en el espacio, se descarta.

Figura 142: Piscina de gel

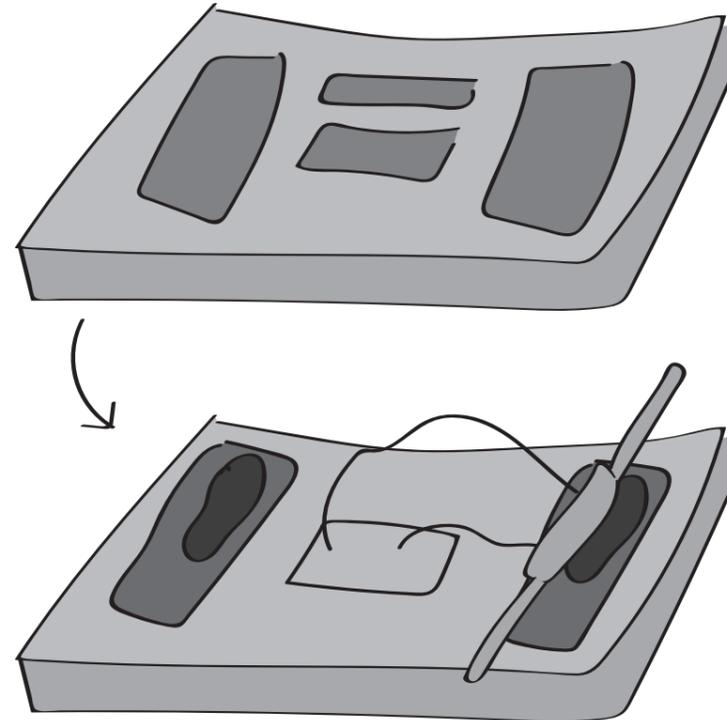
# CONCEPTUALIZACIÓN



## MÁQUINA DE ESCALADA

Este concepto consiste en una máquina que permite a los usuarios realizar el ejercicio de la escalada, combinando el uso de piernas y brazos. Es interesante colocar un reproductor que reproduzca sonidos de la naturaleza, para evadir al usuario y permitirle disfrutar de su tiempo de ejercicio físico.

Figura 143: Máquina de escalada



## PLATAFORMA MULTIFUNCIÓN

Consiste en una plataforma que, mediante diferentes accesorios [suelas con guías, barra de resistencia,...] permite la realización de diferentes actividades deportivas, tanto individuales como combinadas. De esta manera, se optimiza el espacio y se aumenta el rendimiento.

Figura 144: Plataforma multifunción

# CONCEPTUALIZACIÓN

## 1

### CONCEPTO ENFOCADOS A LA MEJORA DEL FLUJO SANGUÍNEO

*Dispositivo activador del flujo sanguíneo  
mediante ondas mecánicas **pág 155***

## 2

### CONCEPTO ENFOCADOS A LA PREVENCIÓN DE LA PÉRDIDA DE MASA ÓSEA

*Compresor óseo **pág 160***

## 3

### CONCEPTO ENFOCADOS A LA OPTIMIZACIÓN DEPORTIVA

*Máquina de escalada **pág 166***

## 1

**CONCEPTO 1****DISPOSITIVO ACTIVADOR DEL FLUJO SANGUÍNEO  
MEDIANTE ONDAS MECÁNICAS****PROBLEMA QUE SOLUCIONA**

La pérdida de gravedad altera la distribución de los fluidos corporales y el grado de distensión de las venas. En la situación terrestre, la gravedad empuja los fluidos en dirección caudal y los músculos la empujan en sentido cefálico, mientras que, en el espacio, los fluidos se acumulan en la zona torácica y del corazón debido a que no hay una fuerza en sentido contrario que la contrarreste.

**DESCRIPCIÓN**

Este concepto consiste en una plataforma que propaga ondas mecánicas que, a nivel fisioterapéutico, actúan como "ondas de choque". El objetivo es la creación de un campo gravitatorio artificial que sólo afecte a nivel sanguíneo.

Con este concepto lo que se pretende es realizar un aporte de impulso sanguíneo a nivel intravenoso para mejorar la circulación de los astronautas, de manera que se necesita un sistema que sea capaz de actuar en el interior del organismo humano y no simplemente en el nivel exterior.

Se plantean las ondas mecánicas, que son capaces de adentrarse en el sistema sanguíneo, traduciéndose en micro-vibraciones cuya función es la de ayudar al empuje sanguíneo por la red sanguínea.

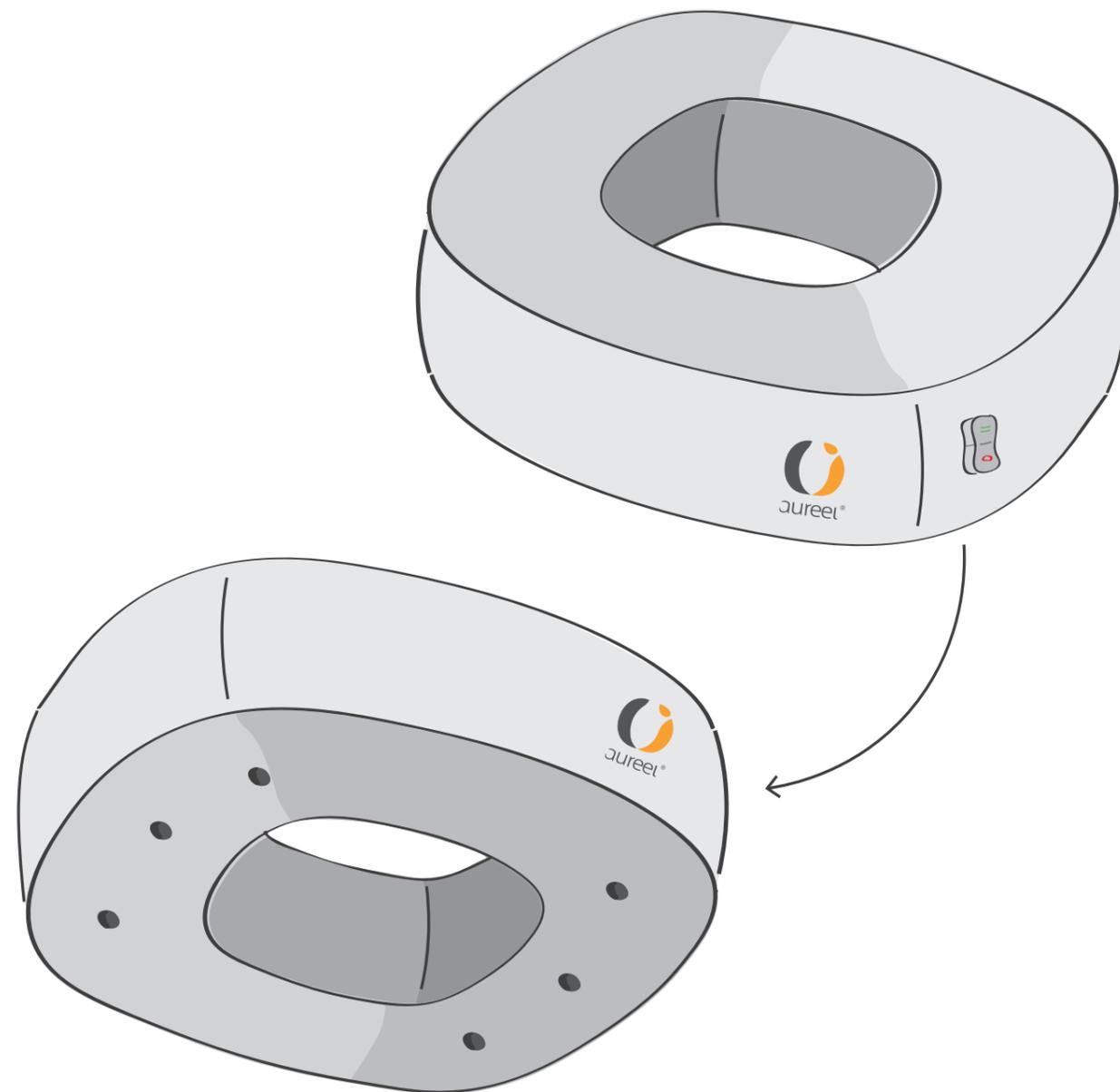
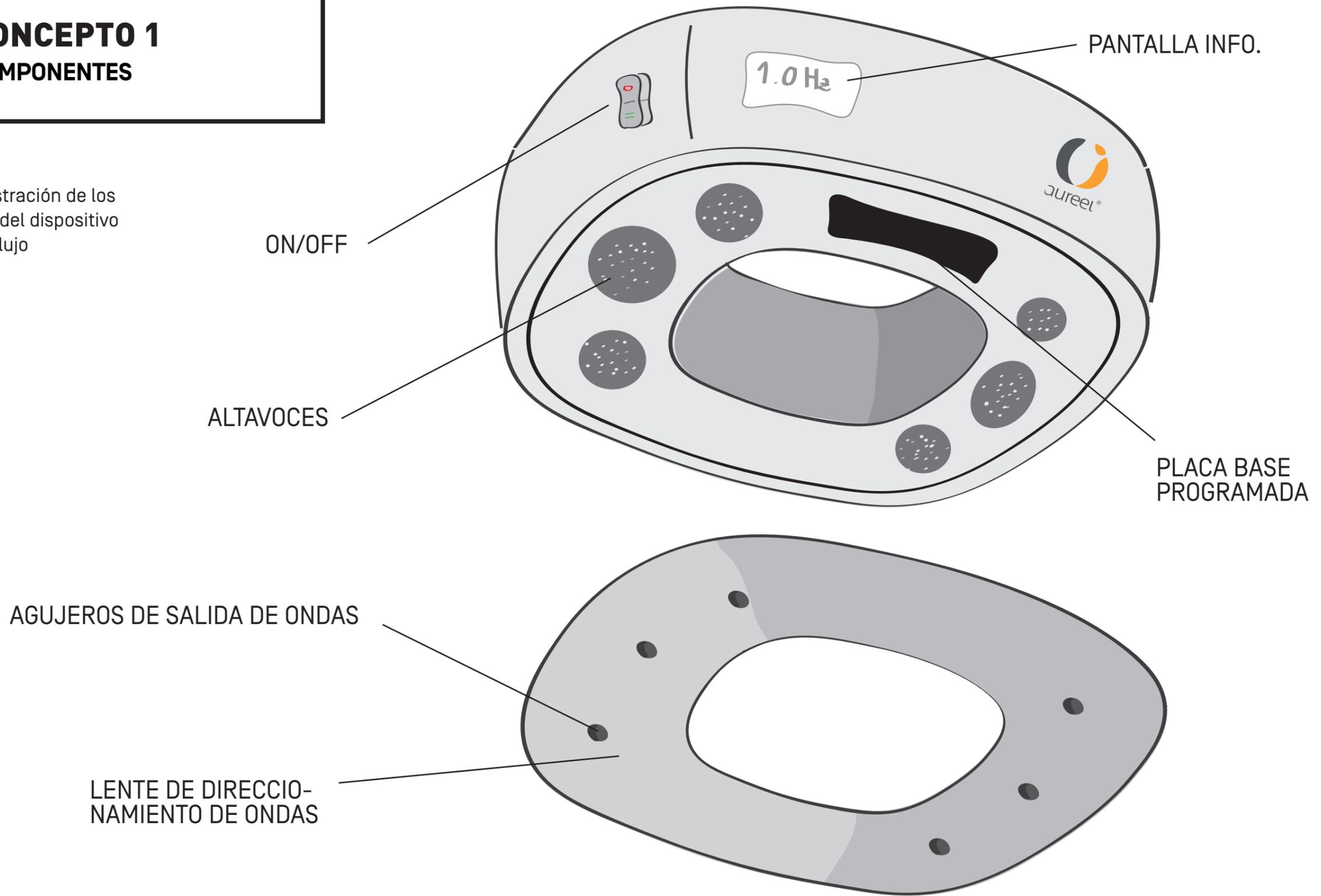


Figura 145: Ilustración del dispositivo activador del flujo sanguíneo

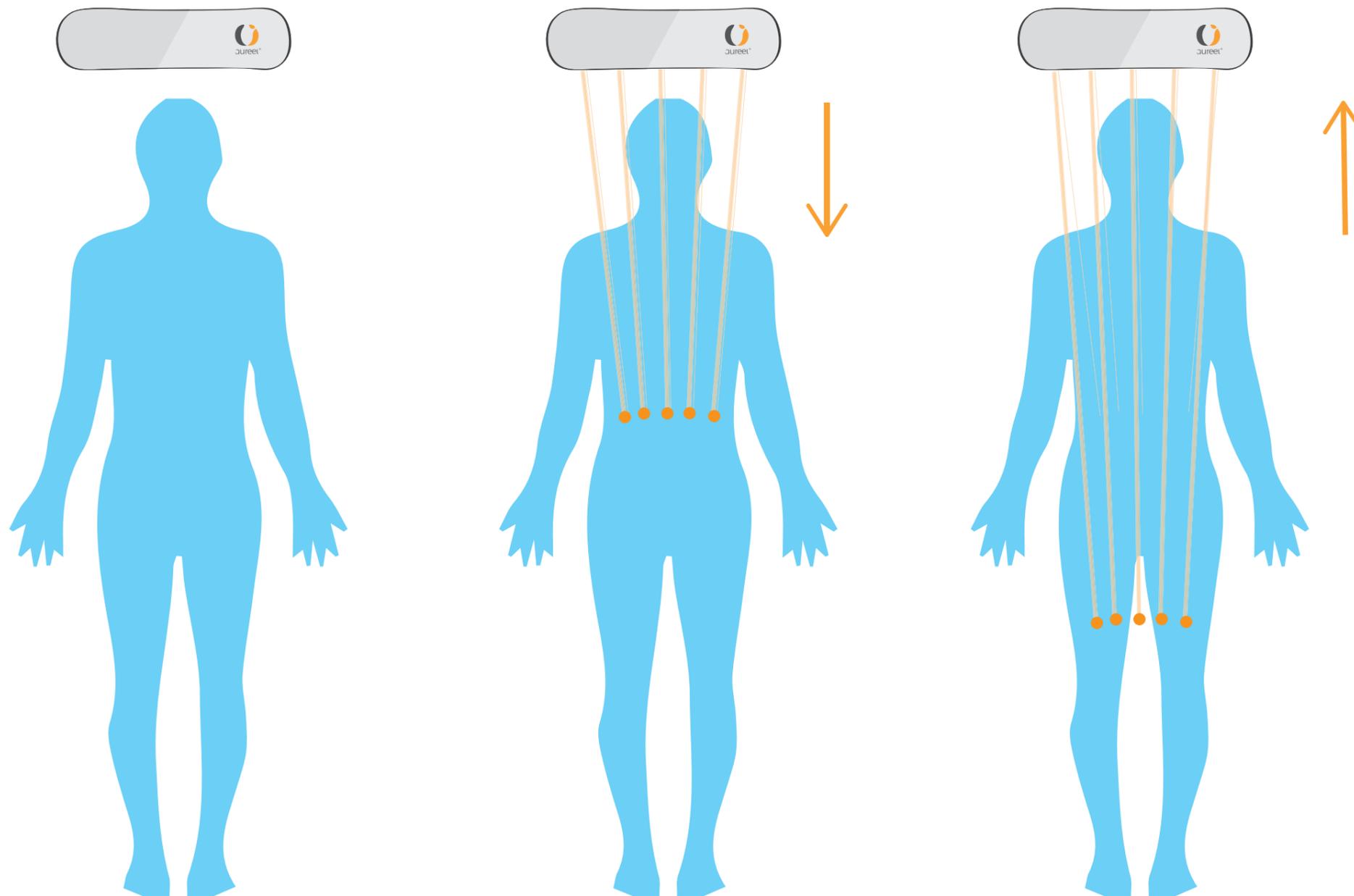
**1** **CONCEPTO 1**  
**COMPONENTES**

Figura 146: Ilustración de los componentes del dispositivo activador del flujo



# 1 CONCEPTO 1

## SECUENCIA DE USO



El dispositivo se coloca por encima de la cabeza del usuario. La placa está programada de tal manera que reproduce un recorrido de cabeza a pies impulsando la sangre en cada punto y a una frecuencia determinada.

Así pues, una vez conectado el dispositivo, se van generando barridos de frentes de ondas que recorren todo el cuerpo, concentrándose en cada zona e impulsando cada punto de la red sanguínea.

Se utilizará durante las horas de descanso, por lo que traducirá como ocho horas de exposición a un campo gravitatorio artificial que sólo afecta a nivel sanguíneo.

Figura 147: Funcionamiento del dispositivo activador del flujo

**1 CONCEPTO 1  
FUNCIONAMIENTO**

**FUNCIONAMIENTO**

El funcionamiento radica en la creación de micro-vibraciones a nivel sanguíneo. Estas vibraciones favorecen el movimiento de la sangre, descomponen los "trombos" sanguíneos evitando la formación de tensiones superficiales en grandes masas fluido y fluctúa el capilar venoso. De manera que, evita el atasco de la sangre y permite una mejor circulación llegando a todos los órganos de la red sanguínea.

Se produce un fenómeno similar al de la cavitación, en el cual, dentro de la red sanguínea, las masas de sangre se descomponen e impulsan uniéndose a pequeñas moléculas de aire producidas por la vibración maximizando su transporte.

El sistema será eléctrico debido a la necesidad de energía para el funcionamiento de los altavoces a frecuencias no audibles que generen las ondas mecánicas.

Las frecuencias utilizadas se analizarán más adelante si el concepto resulta seleccionado.

Se busca la creación de un sistema de variación de presiones, que fisiológicamente se traduzca como una fuerza "hacia abajo", es decir, una fuerza de gravedad.

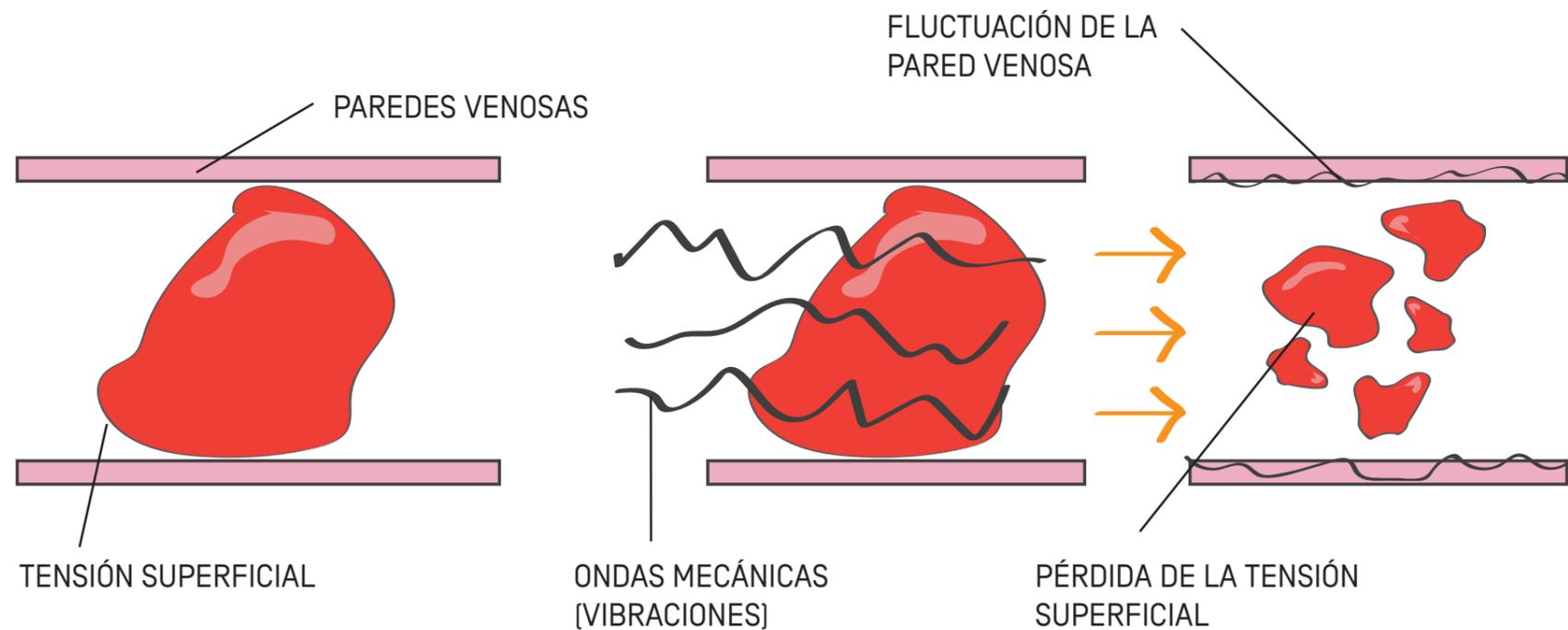


Figura 148: Esquema de funcionamiento

**1** **CONCEPTO 1**  
**RENDERS**

Figura 149: Render del dispositivo activador del flujo



## 2

## CONCEPTO 2

### COMPRESOR ÓSEO



Figura 150: Render del compresor óseo

### PROBLEMA QUE SOLUCIONA

La microgravedad produce una disminución de la densidad ósea debido a que los astronautas dejan de estar cargados estáticamente por la gravedad.

Puesto que, el remodelamiento óseo depende del nivel de tensión dentro del hueso, la ausencia de carga tiene implicaciones nefastas.

Se observa una hiperadaptación a la microgravedad y su grado crece con el tiempo de permanencia en el espacio.

Existe una pérdida de densidad ósea del 1-2% mensual en los huesos "gravitatorios", es decir, aquellos que en la Tierra soportan peso y la pérdida de hueso trabecular podría alcanzar tal nivel que los osteoblastos no sean capaces de reconstruir la arquitectura ósea una vez en la Tierra.

### DESCRIPCIÓN

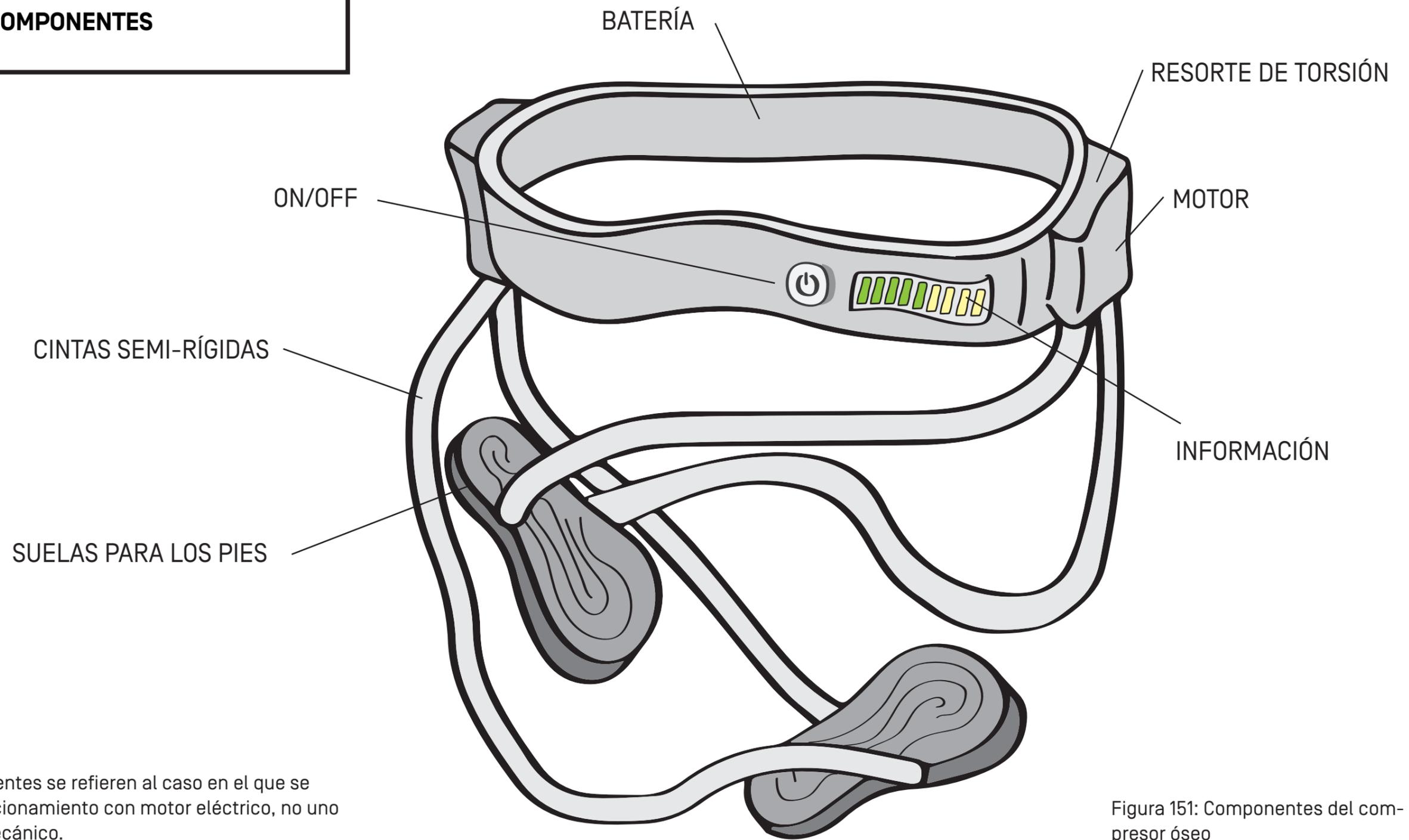
Este concepto consiste en una cinturón cuya función se basa en producir una variación de presiones a lo largo de las piernas del usuario mediante un empuje de compresión.

Los fundamentos teóricos pueden encontrarse extendidos en el Anexo ... Página ...

Los osteocitos, osteoblastos y osteoclastos mecanosensibles se encargan del remodelamiento óseo en respuesta a las cargas compresoras fisiológicas y anormales. En este concepto, se trata de la creación de una variación de las presiones que, en zonas localizadas, permita el fenómeno de la mecanotransducción en el sistema óseo. Y, por consiguiente, impulsar la creación de masa ósea.

A la hora de dormir, el usuario se coloca el cinturón en la cadera y apoya los pies sobre las suelas. Mediante un sistema mecánico basado en un muelle de torsión, las cintas se van recogiendo levemente, empujando los pies hacia la zona de la cintura y comprimiendo así las piernas. Esta compresión controlada produce un cambio de presión que, durante su uso continuado de aproximadamente 8 horas, reduce la pérdida de masa ósea provocada por la ausencia de gravedad (ver Anexo ... Página ...).

**2** CONCEPTO 2  
COMPONENTES



\* Los componentes se refieren al caso en el que se decida un funcionamiento con motor eléctrico, no uno puramente mecánico.

Figura 151: Componentes del compresor óseo

## 2 CONCEPTO 2 FUNCIONAMIENTO

### FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento es muy sencillo, consiste en dos muelles de torsión que se encargan de tensar las cintas que unen el cinturón con las suelas.

El apriete de los muelles será por un sistema mecánico de engranajes impulsado manualmente o por un pequeño motor eléctrico.

Irá controlado por una placa programada que indicará cuanto debe recogerse la cinta y en qué periodo de tiempo, de manera que el estiramiento será uniforme y de manera continuada, sin dar tirones ni molestar al usuario.

Será un estiramiento progresivo y muy débil (las cintas se recogerán alrededor de un 1 cm como máximo), lo cual se establecerá de manera más concisa en el *Anexo Desarrollo del Producto* si es que resulta seleccionado.

Los bocetos mostrados son unas primeras aproximaciones a lo que resultaría el producto final, puesto que se necesitan más puntos de agarre en las piernas para evitar su torsión, se requiere un cinturón cómodo para el usuario,...

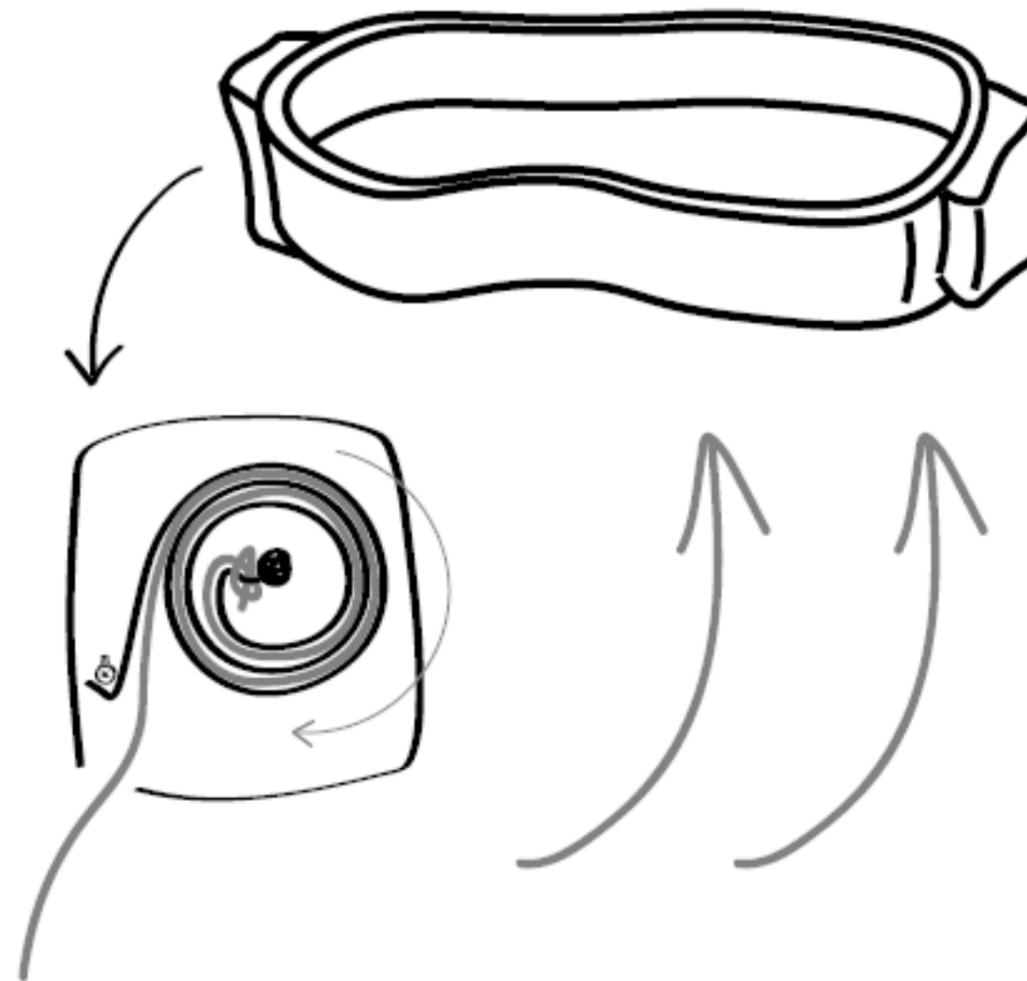
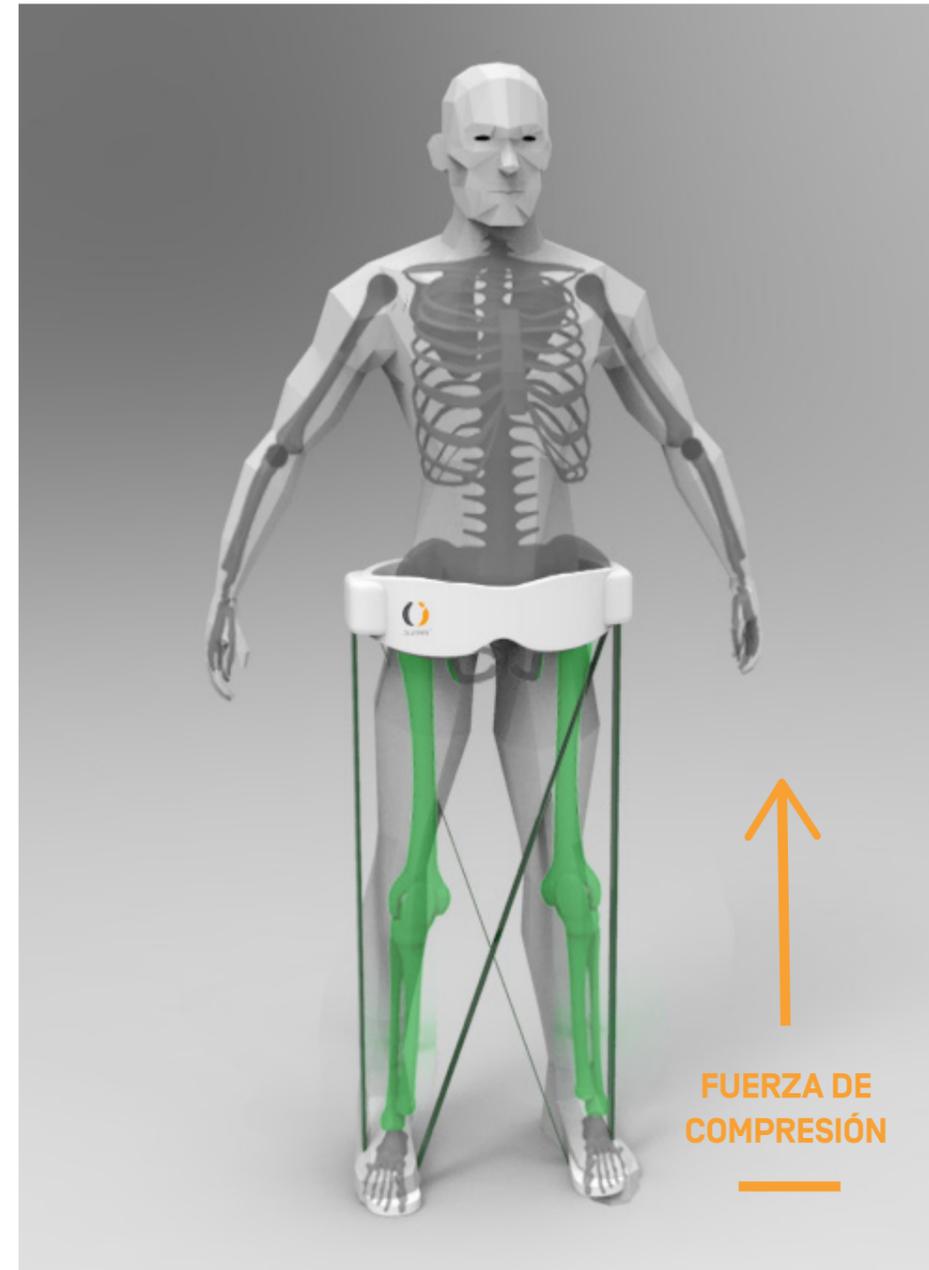


Figura 152: Funcionamiento del compresor óseo

## 2 CONCEPTO 2 FUNCIONAMIENTO



La secuencia de uso de este producto es muy sencilla, puesto que no se requiere ningún tipo de esfuerzo por parte del usuario ni una interacción más allá de activar el dispositivo y colocárselo.

El colocamiento es sencillo, el usuario solo deberá ponerse el cinturón a la altura de la cadera y las suelas en los pies. Deberá tener cuidado de no enredar las cintas porque el funcionamiento del producto se vería alterado.

Una vez colocado antes, el usuario se acostará y dejará el producto en funcionamiento durante su tiempo de descanso, que será aproximadamente de 8 horas. Tras este tiempo, el usuario deberá quitarse el producto, desactivarlo y recogerlo.

Figura 153: Funcionamiento fisiológico del compresor óseo

**2** CONCEPTO 2  
RENDERS

Figura 154: Renders del compresor óse [A-P-P]

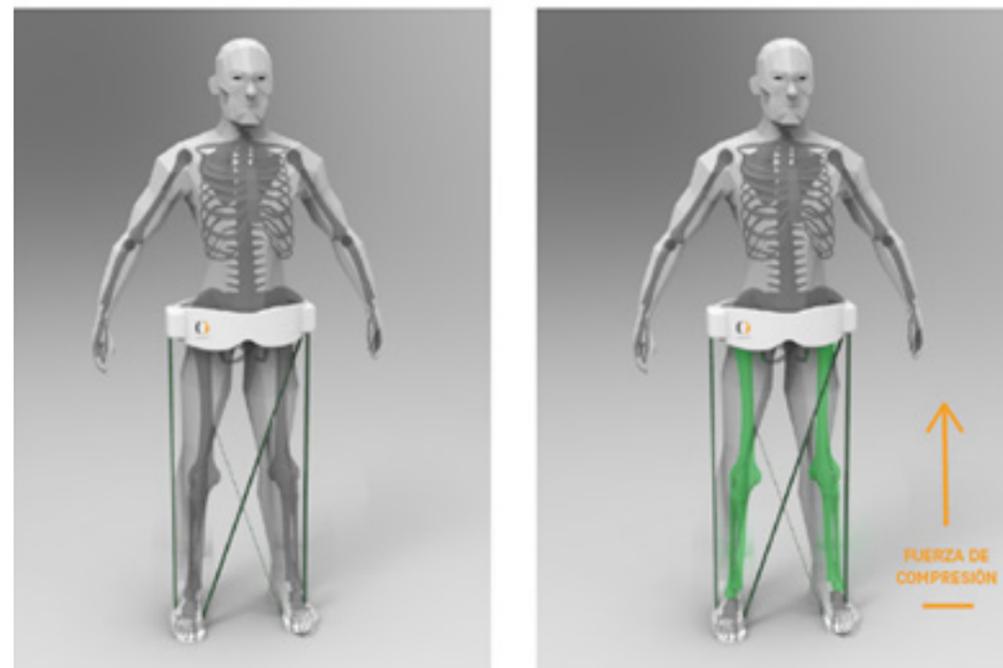


## 2 CONCEPTO 2 OPINIÓN DE EXPERTO

Dr. ANTONIO TABUENCA - Licenciado en Medicina, Traumatología

Querría pedirle opinión a nivel de experto sobre esta idea de producto: consiste en un cinturón con unas cintas y suelas para los pies. La función del cinturón es estirar las cintas para conseguir una compresión ósea e incrementar la generación de osteoblastos. Se utilizaría a la hora de dormir, para que no interfiriese en otras actividades de los astronautas [8h]. [El producto aún no está desarrollado y es sólo una idea, por lo que hay muchos detalles que faltan de resolver, habría más puntos rígidos para evitar que las piernas se doblasen hacia los lados, etc.]

Parece una idea interesante, el aplicar una carga axial sobre extremidades inferiores, pero habría que impedir movimientos laterales y torsionales, como bien comenta.



## 3

## CONCEPTO 3

### MÁQUINA DE ESCALADA



Figura 155: Renders de la máquina de escalada

### PROBLEMA QUE SOLUCIONA

Los astronautas de la ISS pasan largos periodos de tiempo en la estación sin opción a salir de ella, por ello, meses previos comienzan a prepararse para ello tanto física como psicológicamente. Las duras condiciones de estrés, encerramiento e impotencia condicionan el comportamiento de los astronautas y su relación con el entorno. El fin de este dispositivo es transformar el tiempo obligatorio de deporte diario en un tiempo agradable de ocio, en el que los usuarios disfruten con uno de los deportes más practicados en la Tierra, dándoles una sensación distracción y promoviendo que se sientan como lo harían aquí.

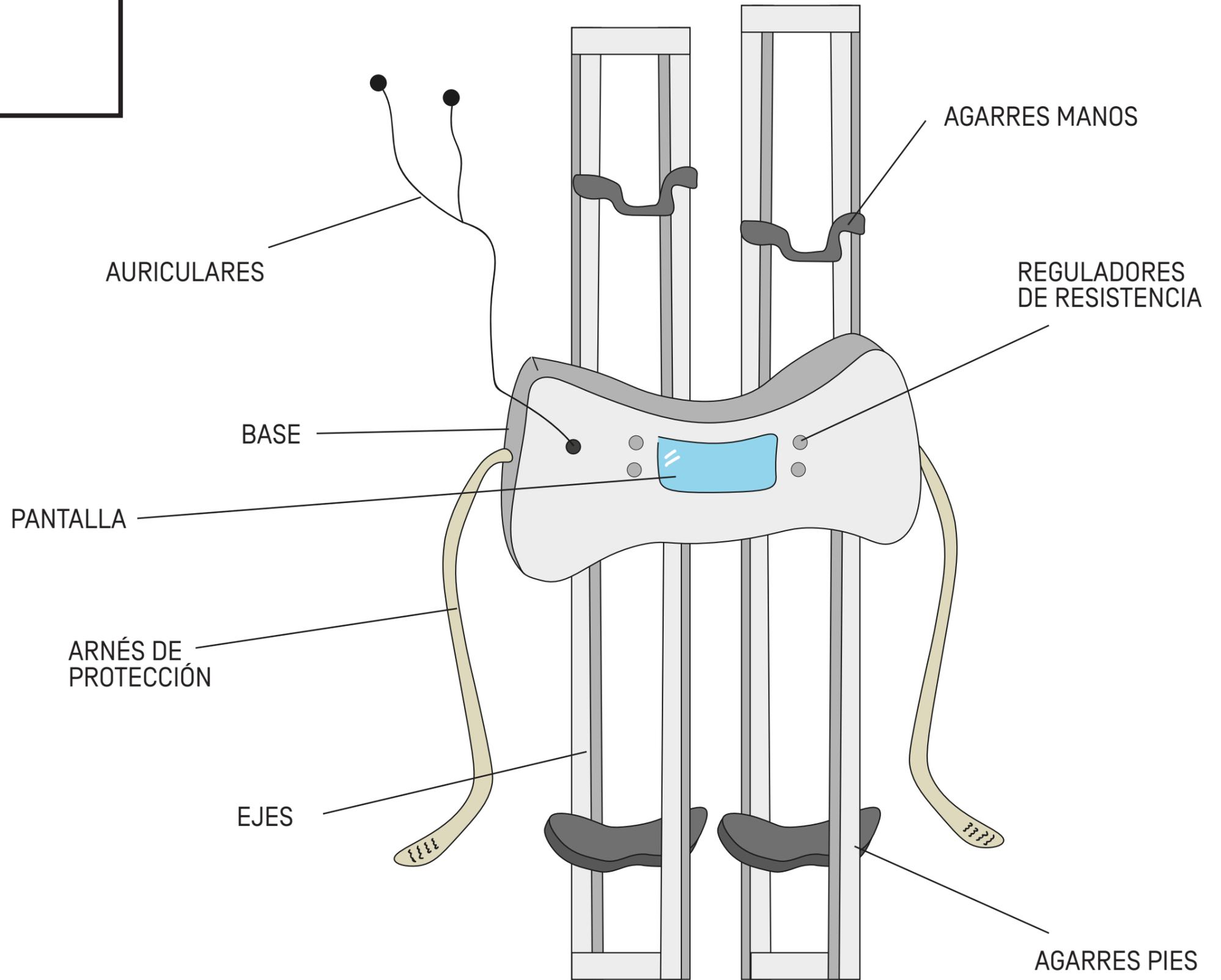
### DESCRIPCIÓN

Este concepto consiste en una base pegada a la pared en la que hay agarres tanto para manos como para pies en la que los usuarios se colocan y comienzan a ejercitar sus músculos realizando ejercicios típicos de la escalada de montaña. A este dispositivo se acoplará un reproductor de música con grabaciones de la naturaleza para transportar a los usuarios a su zona de confort en la Tierra.

Aunque parezca un gadget, es todo lo contrario. Sería muy beneficioso para el estado mental de los astronautas el poder evadirse durante un tiempo del encerramiento de la estación. La tranquilidad conseguida junto a la sensación de confort ayudará a que los astronautas estén más relajados mentalmente y puedan tomar decisiones con tranquilidad y mayor criterio. Es fundamental un correcto funcionamiento mental en la estación, tanto para los problemas cotidianos como para cualquier situación de emergencia a la que estén expuestos.

**3 CONCEPTO 3**  
**COMPONENTES**

Figura 156: Componentes de la máquina de escalada



\* Estos son los componentes básicos a nivel externo, en los ejes habría cremalleras para aportar resistencia al ejercicio del usuario.

### 3 CONCEPTO 3 FUNCIONAMIENTO

**NOTA:** Podría incorporarse el uso de gafas de realidad aumentada para involucrar más al usuario y conseguir un efecto mayor.

El usuario se coloca el arnés de protección [no representado] y sitúa sus manos y pies en los agarres correspondientes. De forma natural adquiere la postura de escalada. El usuario se coloca los cascos y ajusta la resistencia o el programa deseado y comienza a realizar el ejercicio.

#### MÚSCULOS UTILIZADOS [141]

Aunque la escalada utiliza casi prácticamente todos los músculos locomotores del cuerpo humano, se pueden señalar los siguientes:

El **músculo dorsal ancho**, siendo el responsable de jalar los brazos hacia arriba y hacia dentro para recibir un impulso.

El **bíceps**, siendo el responsable del movimiento de flexión de los brazos.

Los **flexores** de los antebrazos, siendo los responsables del movimiento de dedos y antebrazos para sujetarse a la máquina.

Los **gastrocnemio y sóleo**, músculos antigravitatorios por excelencia. Sirven para proporcionar estabilidad e impulsar la pierna.

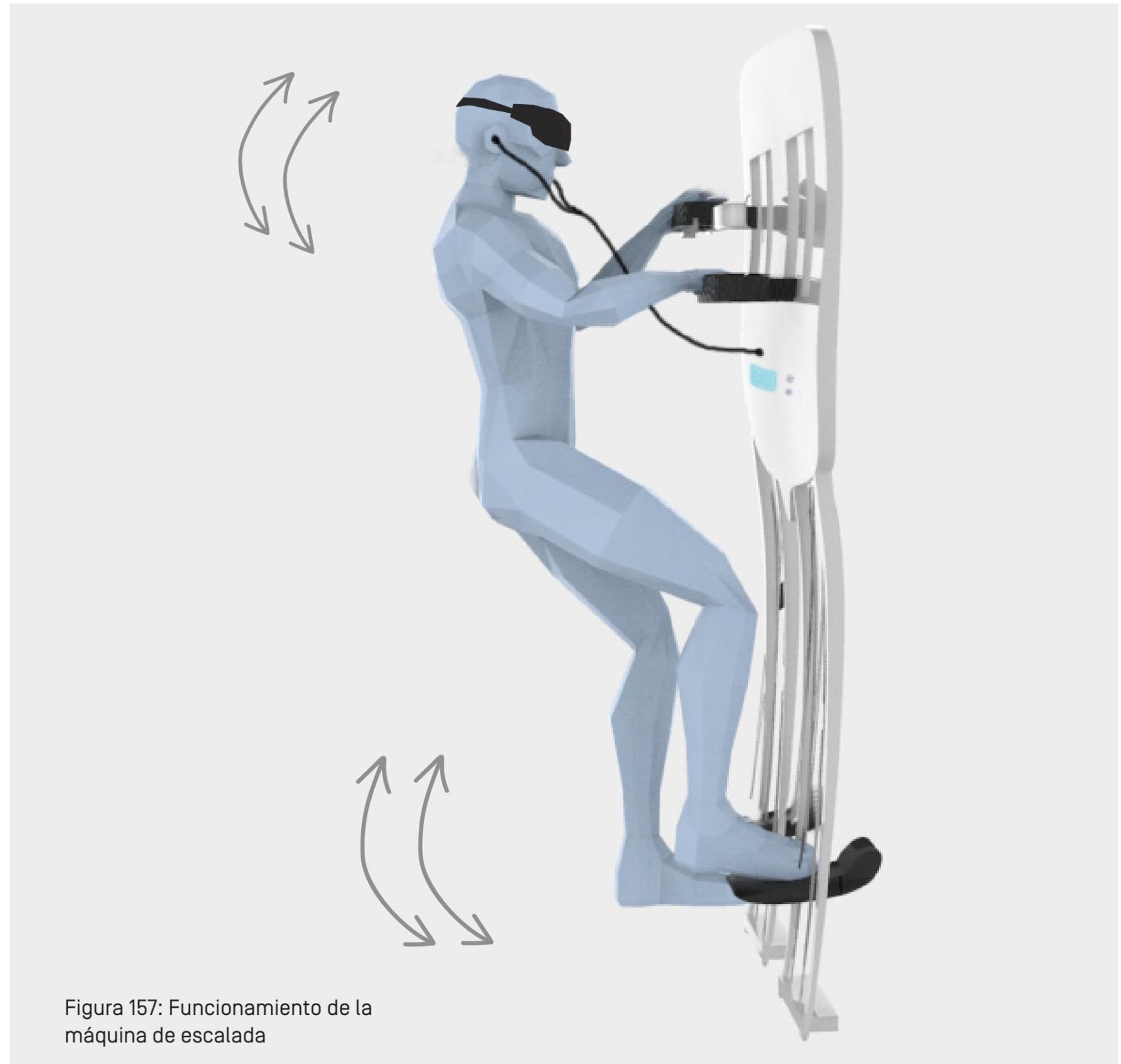
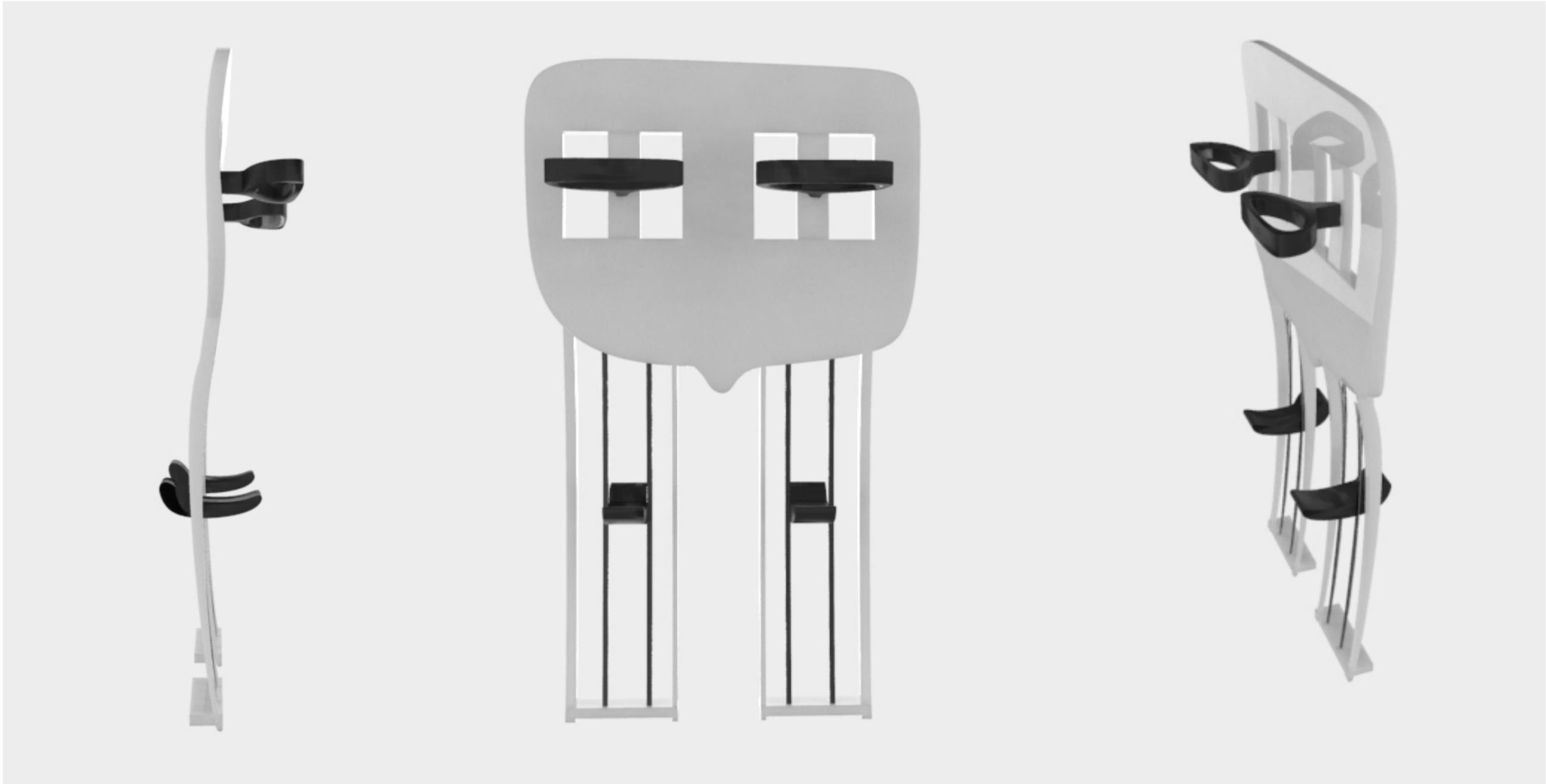


Figura 157: Funcionamiento de la máquina de escalada

**3** CONCEPTO 3  
RENDERS

Figura 158: Vistas de la máquina de escalada (A-P-P)



### 3 CONCEPTO 3 OPINIÓN DE EXPERTO

## TTE DELGADO MARTÍN

Experto en Entrenamiento Físico Militar

**Uno de los conceptos se plantea como una máquina para realizar el ejercicio de la escalada, que es una de las actividades que más músculos activa. Este concepto no sólo se basa en la optimización del ejercicio, sino que también actúa a nivel psicológico proporcionando al usuario un tiempo de desconexión y de disfrute durante el tiempo obligatorio de ejercicio. ¿Cuál es tu opinión como experto? ¿Crees que el rendimiento deportivo aumentaría utilizando este dispositivo?**

En base a mi experiencia realizando entrenamientos enfocados a trails de montaña y series explosivas aeróbicas y anaeróbicas en terrenos montañosos, el ejercicio muscular en zonas de pendiente procura una mayor activación en los músculos de las zonas de tren inferior principales [cuádriceps, isquiotibiales, glúteos y vasto interno/externo], aumentando la potencia muscular en dichas zonas y la capacidad aeróbica del sujeto que realiza estos entrenamientos.

Este tipo de máquinas de escalada no producen impacto en las articulaciones ni tendones de las mismas [evitaríamos las posibles lesiones producidas por las cintas de gel mencionadas en el punto IV] y producen una activación muscular en mayor medida que las anteriormente citadas dado que implican el uso de los brazos para brindar equilibrio [en zona de gravedad cero no sería esta la finalidad, simplemente la activación de las articulaciones relacionadas con el brazo y hombro]. Por tanto, el empleo de este tipo de máquinas, bajo mi opinión, resultaría muy acertado.

## Dra. MARÍA JESÚS PÉREZ ECHEVERRÍA

Licenciado en Medicina, Psiquiatría

**Los astronautas deben realizar mínimo una hora y media de ejercicio diario durante su escaso tiempo de ocio. A nivel psicológico, si las máquinas de ejercicio de las que disponen no les ofrecen estímulos atractivos pueden ser monótonas y causar ansiedad. ¿Crees que una máquina de ejercicio que les “evocase” a actividades que realicen en la Tierra puede ayudarles a sufrir menor estrés? ¿Sería beneficioso aprovechar el tiempo obligatorio de ejercicio para estimular su ocio?**

Yo creo que probablemente sí. Que tenga una valoración beneficiosa desde el punto de vista afectivo. Que uno pueda optar sobre algo que tiene para él una valoración agradable o afectiva es por supuesto beneficioso. Simular situaciones que para ellos son gratas a nivel deportivo o con evocaciones beneficiosas a nivel psicológico puede desentaponar el colapso de estrés recibido por el entorno en el que se encuentran, teniendo en cuenta que la primera percepción de los seres humanos hacemos una valoración emocional.

Hay que tratar de individualizar al máximo posible las actividades comunes, que te les de su identidad personal. Con respecto al uso de máquinas deportivas de ocio sustituyendo las máquinas básicas que están implementadas: cualquier actividad automática y común a todos pierde las claves personales, lo ideal sería buscar que dentro de esa actividad haya algún aspecto que pueda elegir previamente, por ejemplo, en el caso expuesto del ejercicio de la escalada, podría implementarse sonido acompañante, cambios de luz, fotografías, aromas,... Una situación que rememore recuerdos terrestres.

# SELECCIÓN DEL CONCEPTO TÉCNICA RADAR

- 1. Viabilidad
- 2. Cumplimiento de las EDP's
- 3. Practicidad
- 4. Recursos necesarios
- 5. Innovación
- 6. Necesidad que cubre

## CONCEPTO 1

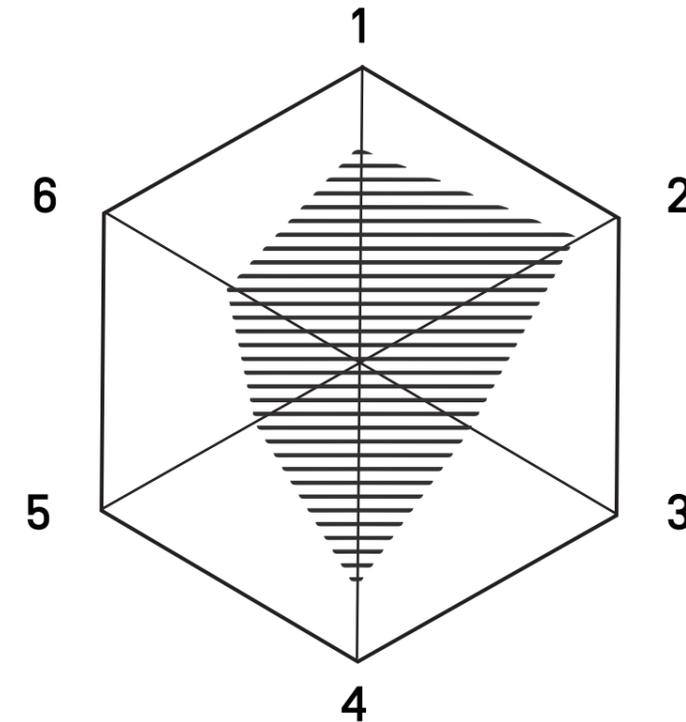
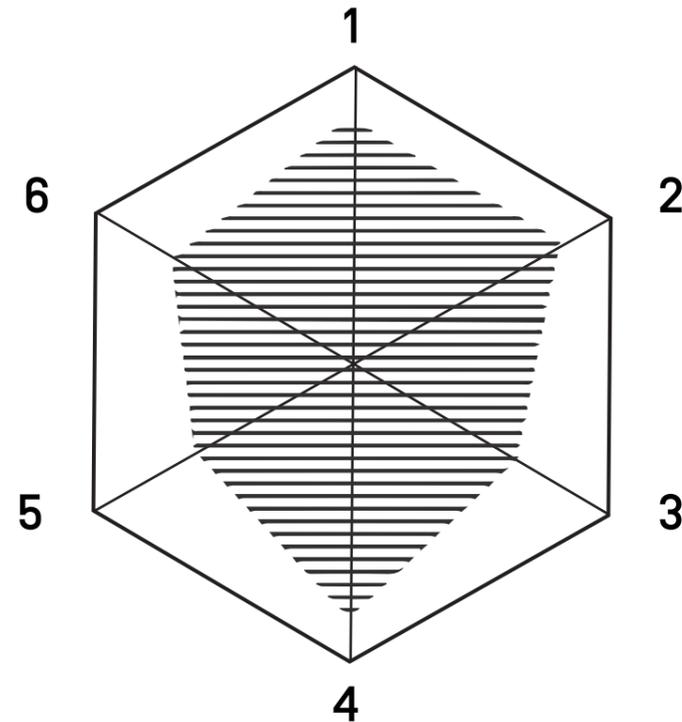
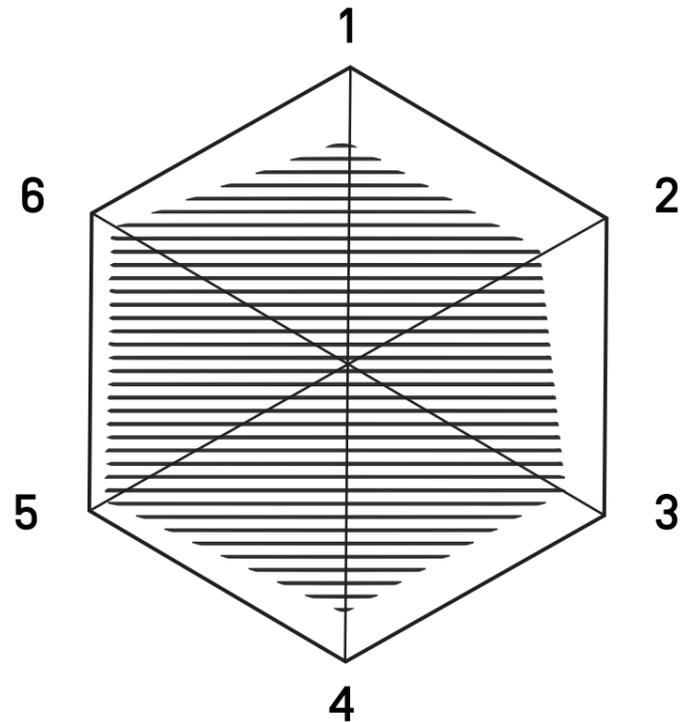
DISPOSITIVO ACTIVADOR DEL FLUJO SANGUÍNEO MEDIANTE ONDAS MECÁNICAS

## CONCEPTO 2

COMPRESOR ÓSEO ENFOCADO AL AUMENTO DE LA GENERACIÓN DE LA MASA ÓSEA

## CONCEPTO 3

MÁQUINA PARA LA ESCALADA [PSICOLOGÍA Y DEPORTE]



La viabilidad corresponde a la factibilidad del desarrollo del concepto en términos de fabricación y funcionamiento.

Los recursos necesarios corresponden a la necesidad de factores externos para su fabricación y realización.

La practicidad corresponde a una de las EDP's más importantes, a la importancia de la función que desempeñaría el producto en dicho entorno.

La innovación mide la originalidad de cada uno de los conceptos, siendo este factor de menor importancia.

La necesidad que cubre puntúa la relevancia del problema que soluciona.

El cumplimiento de las EDP's [cuadro de la página XX] se valora a partir de las especificaciones cumplidas de cada concepto y su grado de fidelidad.

# Fase 3

Desarrollo técnico y formal

# **Anexo VIII**

Desarrollo del concepto

# ÍNDICE

## ANEXO VIII

METODOLOGÍA	180	MONOGRAFÍA TÉCNICA	253
ANÁLISIS DEL PROBLEMA	181	MONITORIZACIÓN	252
COMPONENTES DEL PROBLEMA	183	FUNCIONAMIENTO	260
DOCUMENTACIÓN	185	SECUENCIA DE USO	261
GRAVEDAD A NIVEL FISIOLÓGICO	185	IMAGEN DEL PRODUCTO	262
SISTEMA CARDIOVASCULAR	186	PROGRAMA DE MONITORIZACIÓN	271
FISIOLOGÍA GRAVITATORIA	189	MODELO 3D: VIRGO I	277
ONDAS	192	MODELOS FÍSICOS	281
FRECUENCIAS	197	PROTOTIPO DE CARCASAS	282
FISIOLOGÍA DEL SUEÑO	199	MAQUETA REVESTIDA	283
ONDAS BINAURALES	200	MAQUETA ESTRUCTURAL	285
SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN	201	MANUAL DE INSTRUCCIONES	287
EDP's	202		
PLANTEAMIENTO DISEÑO	203		
DESARROLLO FORMAL I	204		
PLANTEAMIENTO DEL PRODUCTO	206		
ENTREVISTA A EXPERTO	207		
DESARROLLO FORMAL II	208		
MATERIALES	212		
COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS	216		
DESARROLLO TÉCNICO	229		

# METODOLOGÍA

## PARA EL DESARROLLO DE DISEÑO



Para abordar el proceso de desarrollo de diseño se aplicará una Metodología de Diseño basada en la realización de diversos estudios, debido a que el proyecto tiene un gran componente técnico.

# ANÁLISIS DEL PROBLEMA

## INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA

Durante millones de años, los seres humanos han sido rediseñados y adaptados al medio con el fin de la supervivencia. Uno de los principios que enunció Lamarck (1744) dicta que "la función crea el órgano, y la necesidad crea la función". La vida se desarrolla y desenvuelve en un medio determinado, en el que pueden producirse cambios que originan una serie de necesidades fisiológicas de adaptación a dichas circunstancias, implicando un desarrollo o desaparición de órganos ya existentes, o la aparición de órganos nuevos. Donde las adaptaciones más beneficiosas se desarrollan y transmiten mediante la herencia de los caracteres adquiridos, permitiendo la adaptación de los seres vivos al medio.

[144]

La evolución humana actual, está "diseñada" para la supervivencia en entornos gravitatorios, por lo que el cuerpo humano sufre alteraciones fisiológicas una vez privado de tal efecto. Y, tal y como postula el doctor Ramiro Iglesias Leal en el libro Medicina Espacial, cap. 6 Perfil del hombre cósmico [página 73]

*"Las condiciones del espacio exterior "remodelan" el cuerpo humano; en este proceso interviene particularmente la ausencia de gravedad o microgravedad; los otros factores presentes en el ámbito espacial como son la ausencia de atmósfera, la radiación cósmica, las temperaturas extremas, la ruptura del ciclo día/noche, la presencia de micrometeoros, los escenarios naturales fuera de la Tierra, etcétera, no participan significativamente en los cambios anatómicos y fisiológicos que los astronautas experimentan en el espacio ultraterrestre.*

*Los seres humanos que se gesten, se desarrollen y evolucionen en los asentamientos espaciales del futuro, sobre todo en aquellos que tendrán una fuerza gravitacional menor que la de la Tierra o en ausencia de gravedad, adquirirán características antropométricas diferentes al común de los habitantes de nuestro planeta. Este hecho dará origen a una nueva especie del Homo sapiens: el Homo cósmicus, y a una nueva civilización."* [2014-2016] [73]

De manera que, las alteraciones fisiológicas que resultan de la exposición a la micro-gravedad producen efectos perjudiciales en el metabolismo humano.

### PROBLEMA GENERAL:

El cuerpo humano no está preparado para la vida en entornos con gravedad diferente a la terrestre.

### PROBLEMA ESPECÍFICO:

Las afecciones producidas en el sistema hematológico resultantes del ambiente de microgravedad afectan perjudicialmente al ser humano.

# ANÁLISIS DEL PROBLEMA

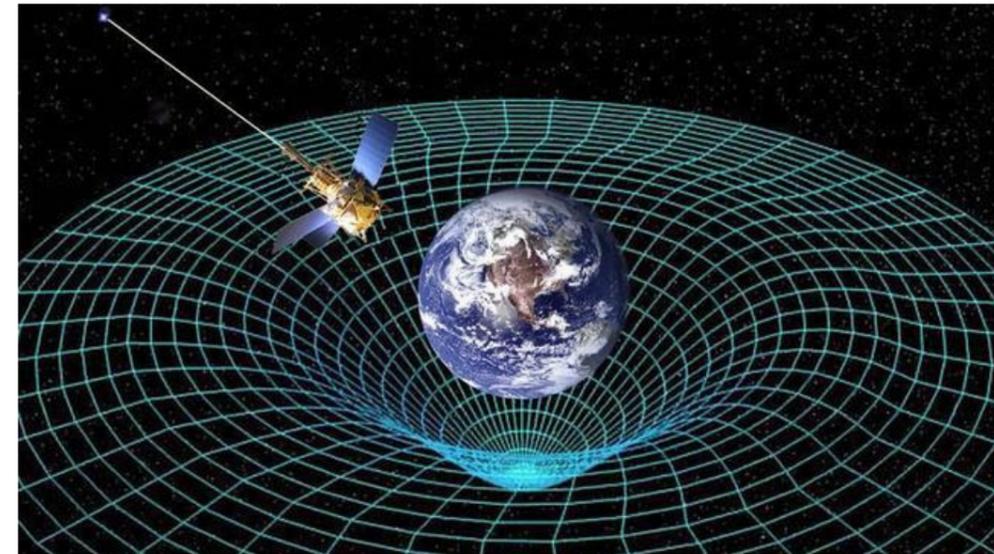
## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Como se ha enunciado anteriormente, las afecciones más trascendentales se producen en el sistema hematológico. Brevemente se enunciarán algunas de las alteraciones: durante las primeras horas y días de exposición al ambiente microgravitatorio, se aprecia una disminución del volumen plasmático de alrededor de un 20% debido a que los vasos sanguíneos, los capilares y vénulas en concreto, colapsan a efecto de que la sangre no consigue la fuerza necesaria para mantener las paredes vasculares. La sangre, por tanto, se redistribuye hacia las zonas de menor dependencia gravitatoria, centrándose en la zona del tórax. También se aprecia una disminución de la producción de la proteína encargada de la síntesis de glóbulos rojos, conocida como EPO, y, por consecuencia, una disminución de los glóbulos rojos. [145] La sangre deja de acumularse en las extremidades inferiores como ocurre con la gravedad normal de 1G, debido a la menor presión hidrostática. De esta manera, llega menor volumen sanguíneo al corazón y aumenta el gasto cardíaco y la tensión arterial.

De media, el agua representa un 60% y la sangre un 7,7% del peso corporal de un adulto medio. A su vez, la sangre tiene una composición de agua en un 83%. Es bien conocido que la mecánica de fluidos en el espacio se comporta de manera totalmente diferente a como lo haría bajo condiciones físicas terrestres. [146]

Los fluidos tienen una llamada "tensión superficial", la cual se traduce como la energía necesaria para aumentar la superficie del líquido por unidad de área. La tensión superficial viene dada por las fuerzas intermoleculares en los fluidos, es decir, las fuerzas que afectan a cada molécula son diferentes en el interior y en la superficie del líquido. En condiciones de 1G, estas fuerzas son despreciables, pero al exponerse a un ambiente de ingravidez, los fluidos dejan de experimentar la fuerza de la gravedad, y por ello las fuerzas intermoleculares (despreciables en la Tierra) recuperan su importancia creando una "fina capa elástica" en la superficie conocida como tensión superficial. [147]

Figura: Ilustración representativa de la gravedad



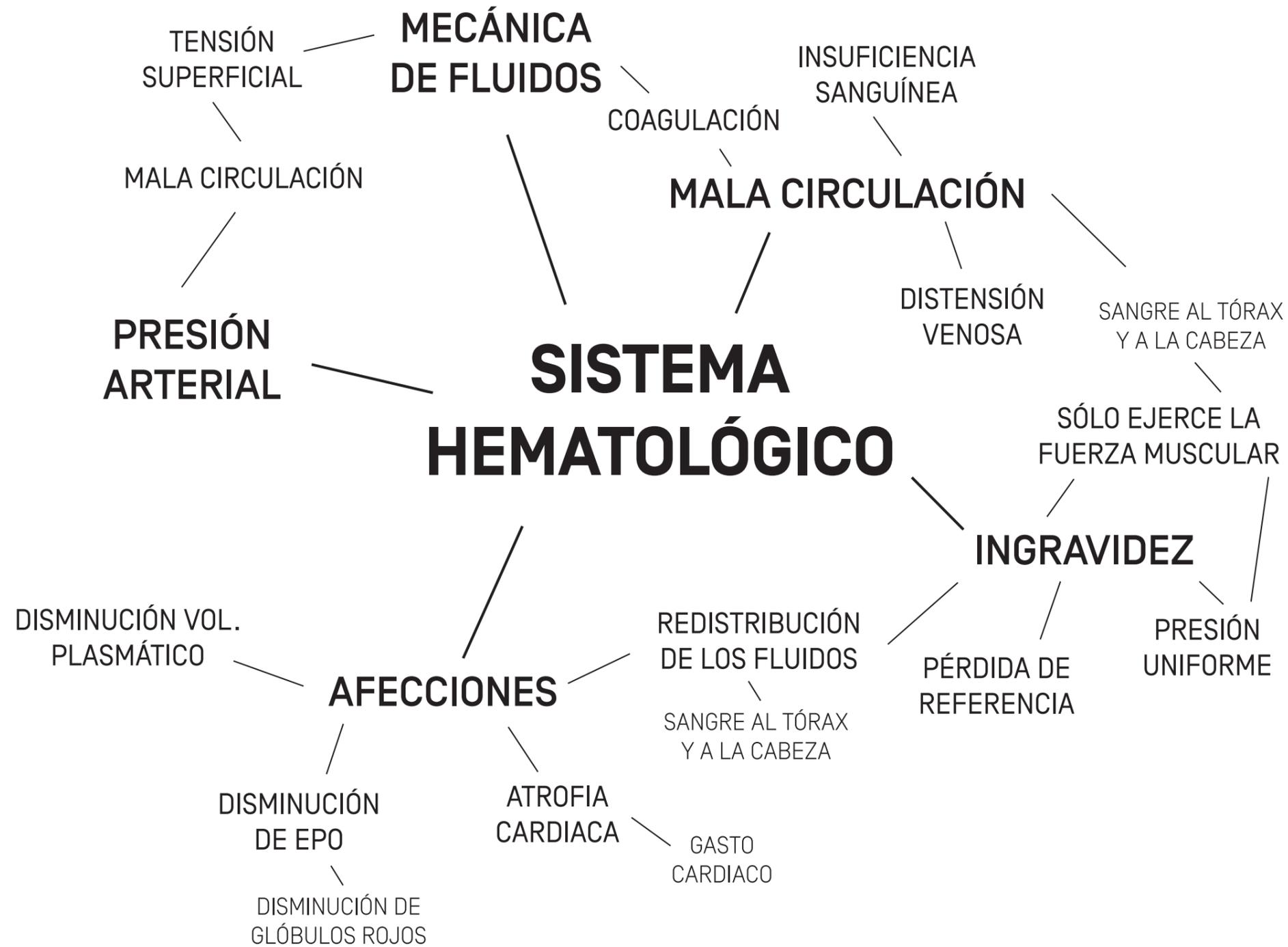
Por tanto, existen problemas hematológicos provenientes del sistema cardiovascular y otros provenientes de la mecánica de fluidos en microgravedad.

## PROBLEMA ESPECÍFICO:

La exposición a entornos de micro-gravedad trae consigo alteraciones hematológicas provenientes tanto de efectos metabólicos como de la física de su propia naturaleza líquida (sangre).

ANÁLISIS DEL PROBLEMA

COMPONENTES DEL PROBLEMA



ANÁLISIS DEL PROBLEMA

**COMPONENTES DEL PROBLEMA**

A continuación se establecerá un listado con la información que se necesita recopilar y los aspectos que hay que tener en cuenta para desarrollar dicho concepto.



# DOCUMENTACIÓN

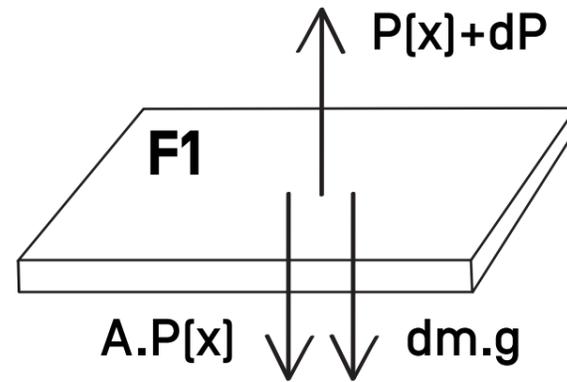
## LA GRAVEDAD A NIVEL FISIOLÓGICO

### GRAVEDAD ARTIFICIAL

La creación de un campo gravitacional artificial es la única manera viable de conseguir una correcta redistribución de los fluidos. No se estima ninguna otra manera de conseguirlo debido a que es un fenómeno fisiológico que sucede en el interior del cuerpo humano, que no es accesible mediante dispositivos mecánicos y que no se pueden utilizar campos [eléctricos, magnéticos,...] que perturben los sistemas instalados en la Estación Espacial.

La gravedad terrestre se percibe a nivel fisiológico como un incremento de presión de cabeza a pies de aprox. 120 mmHg, mientras que, en la ISS, la presión se recibe de manera uniforme y constante con un valor de 100 mmHg a lo largo de todo el cuerpo. Por lo cual, para crear un efecto de gravedad, habrá que conseguir esa diferencia de presión entre pies y cabeza. [148]

Otro aspecto a tener en cuenta, es que no se puede estudiar la gravedad en el cuerpo entero, sino que hay que partirlo en "filetes" y analizar las fuerzas que afectan a cada uno de ellos, tal y como se puede entender en las figuras de la derecha.



$$\sum \vec{F} = 0$$

$$A \cdot P(x) - (P(x) + dp) \cdot A = dm \cdot g = 0$$

donde,

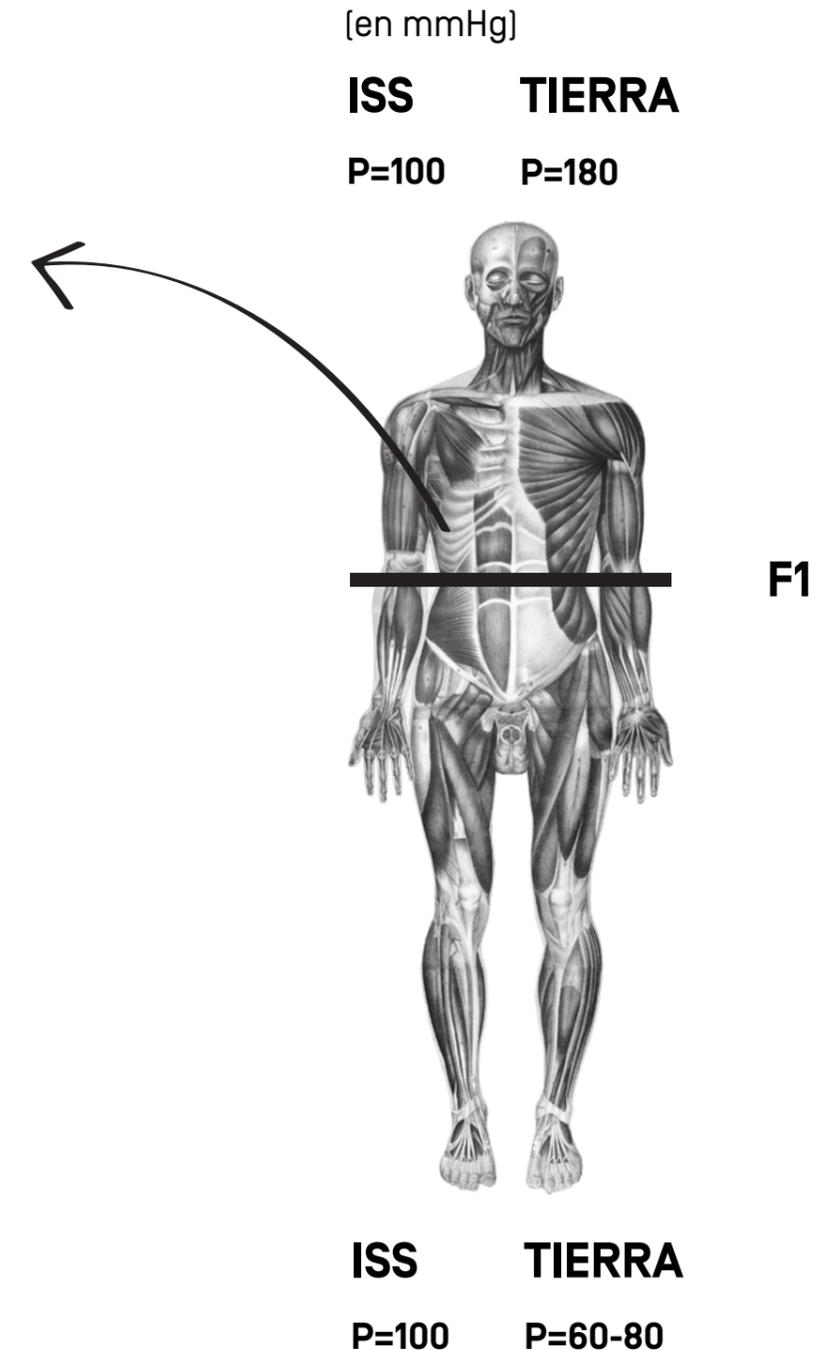
$$dm \cdot g = \rho_{cuerpo} \cdot A \cdot dx$$

$$dP = \rho_c \cdot g \cdot dx$$

$$\Delta P = \frac{dP}{dx} \approx \rho_{cuerpo} \cdot g \cdot h_{persona}$$

Para una densidad corporal aproximada de 940 kg/m<sup>3</sup>, una g de aproximadamente 9,8 m/s<sup>2</sup> y una altura del hombre de 1,70 m:

$$P_{cabeza-pies} \approx 14000 \text{ Pascales}$$



## SISTEMA CARDIOVASCULAR [149]

Este sistema recoge el corazón y los vasos sanguíneos: arterias, venas y capilares, y funciona como el sistema de transporte sangre a lo largo de todos los órganos del cuerpo a partir de una bomba muscular.

### CORAZÓN [150]

Órgano muscular formado por cuatro cavidades. Dimensionalmente podría compararse a un puño cerrado, mientras que su peso es de entre 250 g en mujeres y 300 g en adultos.

Se sitúa en una zona denominada mediastino, es decir, en el interior del tórax en la parte media de la cavidad torácica.

- 1 - Vena cava superior
- 2 - Arco aórtico
- 3 - Tronco pulmonar
- 4 - Base del corazón
- 5 - Borde derecho
- 6 - Pulmón derecho
- 7 - Pleura
- 8 - Cara inferior
- 9 - Diafragma
- 10 - Pulmo izquierdo
- 11 - Borde izquierdo
- 12 - Vértice cardiaco

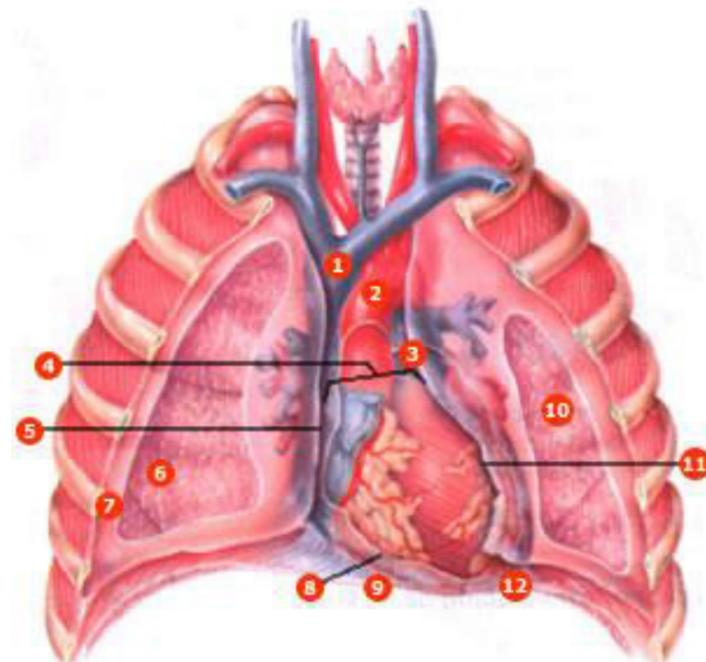


Figura 105: Partes del corazón

### MÚSCULO CARDIACO

Formado por fibras musculares estriadas más cortas y con una forma menos circular en comparación con las del músculo esquelético.

Estas fibras están ramificadas y se conectan con sus fibras continuas mediante engrosamientos transversales de la membrana, conocidos como discos intercalares, a partir de los cuales se conducen los potenciales de acción de una fibra a otra.

### SISTEMA DE CONDUCCIÓN CARDIACO [150]

El latido cardiaco viene dado por una actividad eléctrica inherente y rítmica de aproximadamente el 1% de las fibras cardiacas de tipo miocárdicas, conocidas también como fibras autorritmicas.

Los diferentes componentes del sistema de conducción son los siguientes:

#### NÓDULO SINUSAL

Cada potencial de acción se genera en este nódulo y se propaga hacia las fibras miocárdicas.

#### NÓDULO AURICULOVENTRICULAR [AV]

Los impulsos de las fibras cardiacas de ambas aurículas convergen en este nódulo, y se encarga de distribuirlo a los ventrículos.

#### FASCÍCULO AURICULOVENTRICULAR

Funciona como la conexión eléctrica entre aurículas y ventrículos.

#### RAMAS DEL FASCÍCULO AURICULOVENTRICULAR

Sirven como conexión y están distribuidas a lo largo de toda la musculatura ventricular,

#### PLEXO SUBENDOCÁRDICO TERMINAL

Son fibras conductoras del potencial de acción por todo el miocardio ventricular.

## VASOS SANGUÍNEOS [150]

Los vasos crean una red de conducción para transportar la sangre desde el corazón hasta todos los órganos. Las arterias son las encargadas de distribuir la sangre hacia los tejidos, y se ramifican progresivamente para alcanzar todos los órganos. Para crear las ramificaciones se disminuye su diámetro formando las conocidas arteriolas. Es en el interior de los tejidos donde las arteriolas vuelven a ramificarse conformando los capilares, conocidos por ser microscópicos vasos sanguíneos encargados del transporte a nivel celular. Los capilares se unen formando vénulas, que se fusionan y forman las venas, encargadas de retornar la sangre hasta el corazón.

### SISTEMA ARTERIAL [ARTERIAS REPRESENTATIVAS]

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| 1 - Facial               | 15 - Femoral             |
| 2 - Carótida             | 16 - Poplítea            |
| 3 - Tronco branquiocef.  | 22 - Occipital           |
| 4 - Torácica inferior    | 23 - Carótida            |
| 5 - Coronaria derecha    | 28 - Pulmonar            |
| 9 - Aórtica abdominal    | 29 - Coronaria izquierda |
| 10 - Ilíaca primitiva    | 30 - Aorta               |
| 13 - Circunfleja interna | 33 - Renal               |

### SISTEMA VENOSO [VENAS REPRESENTATIVAS]

- |                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| 1 - Seno longitudinal  | 18 - Arco venoso dorsal  |
| 6 - Vena cava superior | 20 - Seno recto          |
| 7 - Pulmonar           | 22 - Yugular externa     |
| 8 - Coronaria derecha  | 23 - Plaxo cervical      |
| 9 - Vena cava inferior | 27 - Cefálica            |
| 10 - Hepática          | 29 - Coronaria izquierda |
| 15 - Ilíaca externa    | 30 - Basílica            |
| 16 - Femoral           | 39 - Poplítea            |

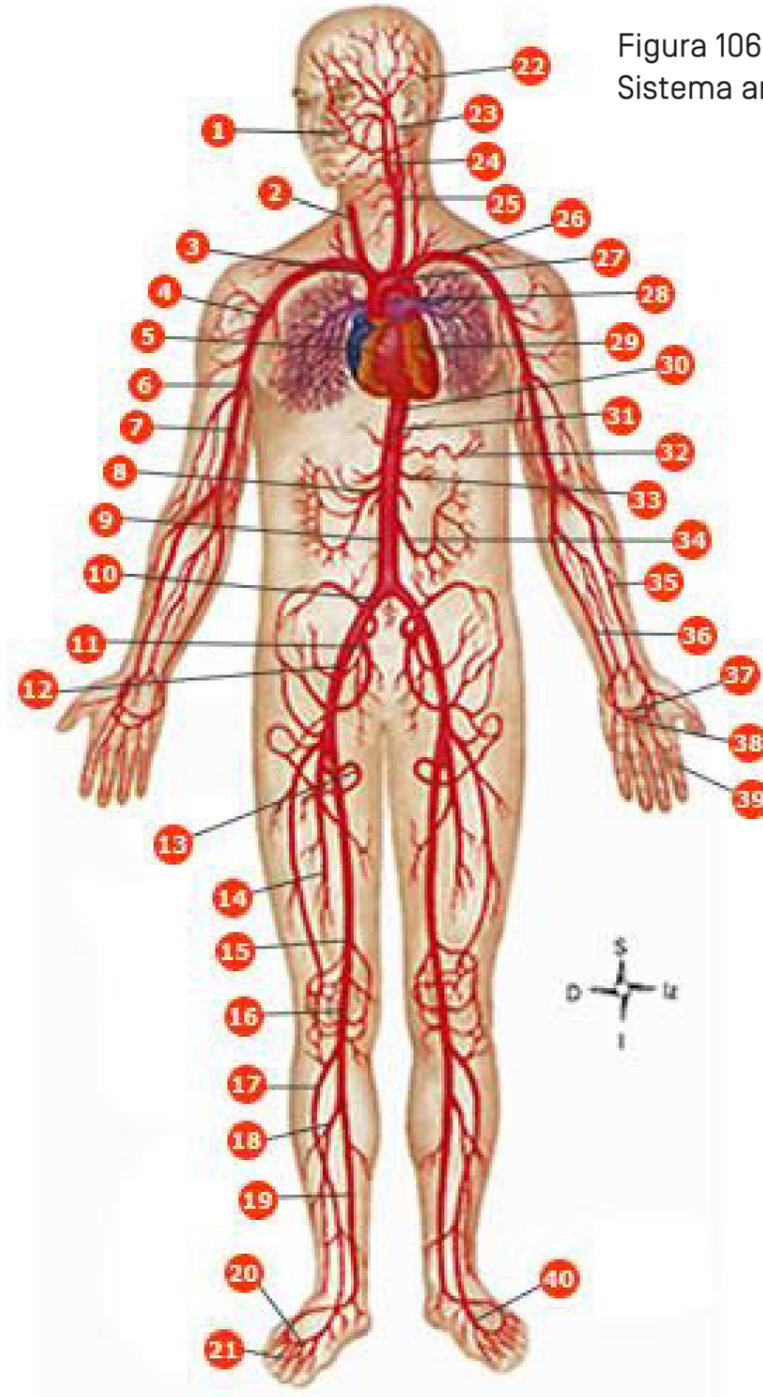


Figura 106:  
Sistema arterial

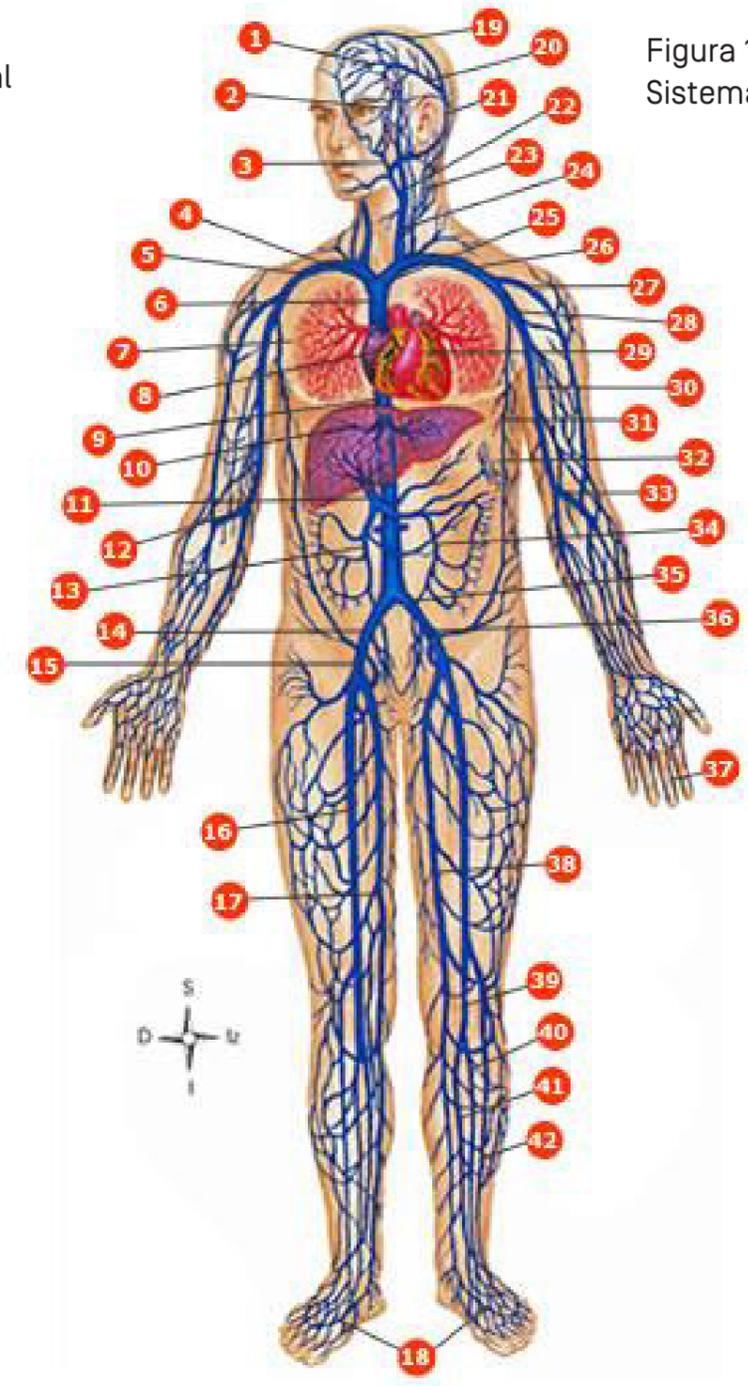


Figura 107:  
Sistema venoso

## CAPILARES SANGUÍNEOS [150]

Se conocen como capilares los vasos sanguíneos de menor diámetro, formados solo por una capa de tejido, lo que permite el intercambio de sustancias entre la sangre y las sustancias que se encuentran alrededor de ella. Su diámetro alcanza las 8-12 micras.

En los capilares sanguíneos la presión arterial es muy baja, siendo mayor en el centro del vaso que en los bordes. La presión sanguínea en arterias es disipada cuando ésta llega a los capilares, tal efecto se incrementa en gran medida en ambientes microgravitatorios impidiendo un correcto funcionamiento circulatorio sobretodo en estos vasos.

Por ello en este apartado nos centraremos en el análisis de los capilares sanguíneos, su función y sus características fisiológicas.

### PARTES DE LA FIGURA XX

- 1 - Capilar sanguíneo
- 2 - Arteriola
- 3 - Vaso linfático
- 4 - Arteria
- 5 - Líquido intersticial
- 6 - Vénula
- 7 - Célula tisular
- 8 - Vena

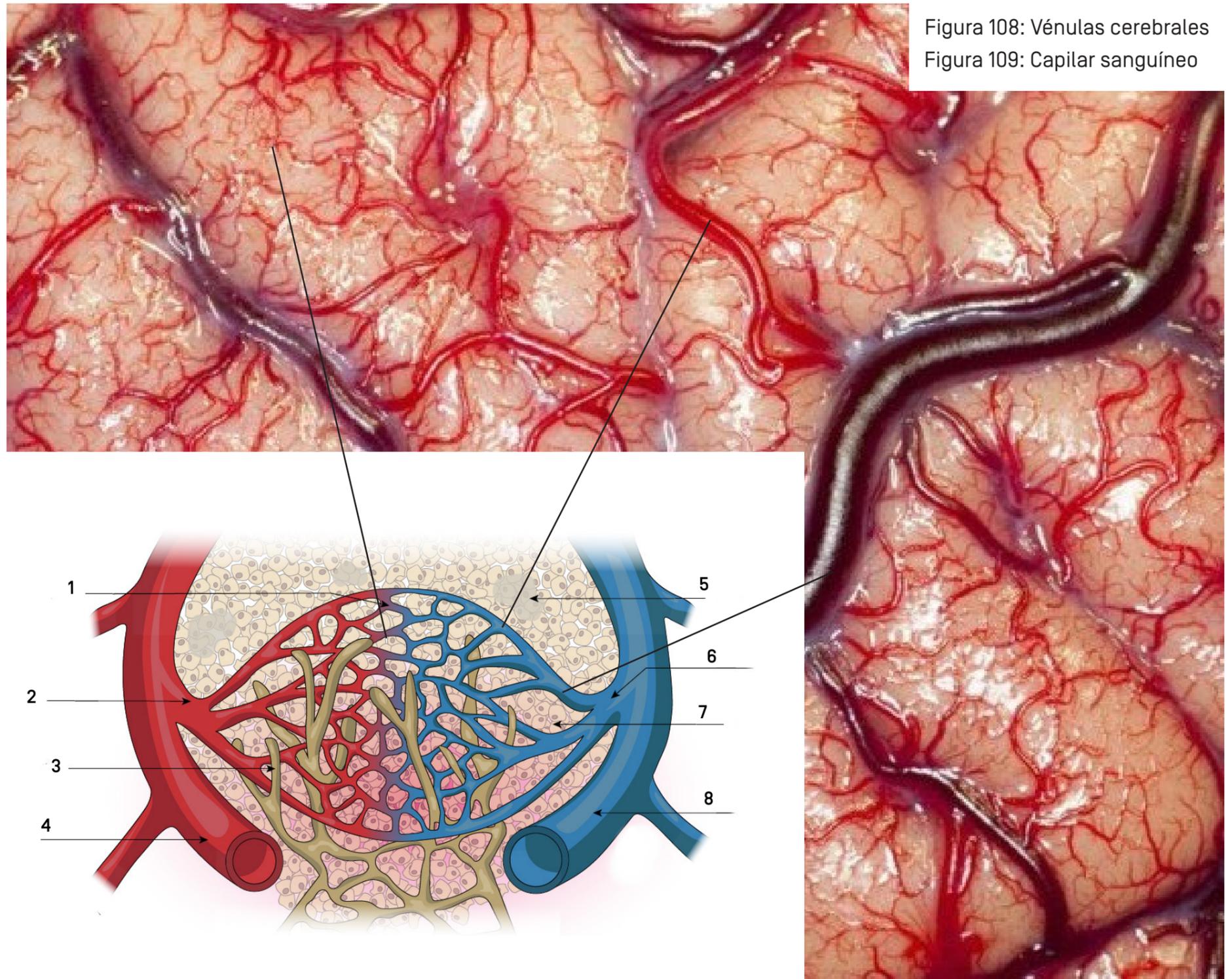


Figura 108: Vénulas cerebrales  
Figura 109: Capilar sanguíneo

## FISIOLOGÍA GRAVITATORIA

Cada "filete" de la persona, no nota la fuerza de la gravedad, sino la fuerza normal de contacto con la Tierra y anula la aceleración de caída libre que tendríamos por la acción gravitatoria terrestre. Es decir, cada "filete" siente la diferencia de las normales que le hace el resto del cuerpo.

Por lo tanto, conseguiremos una gravedad artificial para aplicarla al sistema circulatorio buscando una diferencia de presiones a lo largo de todo el cuerpo.

### ¿NO ES SUFICIENTE CON LA PRESIÓN SISTÓLICA?

El corazón es una doble bomba que suministra la fuerza necesaria para que la sangre circule a través de los dos sistemas circulatorios más importantes: la circulación pulmonar en los pulmones y la circulación sistemática en el resto del cuerpo.

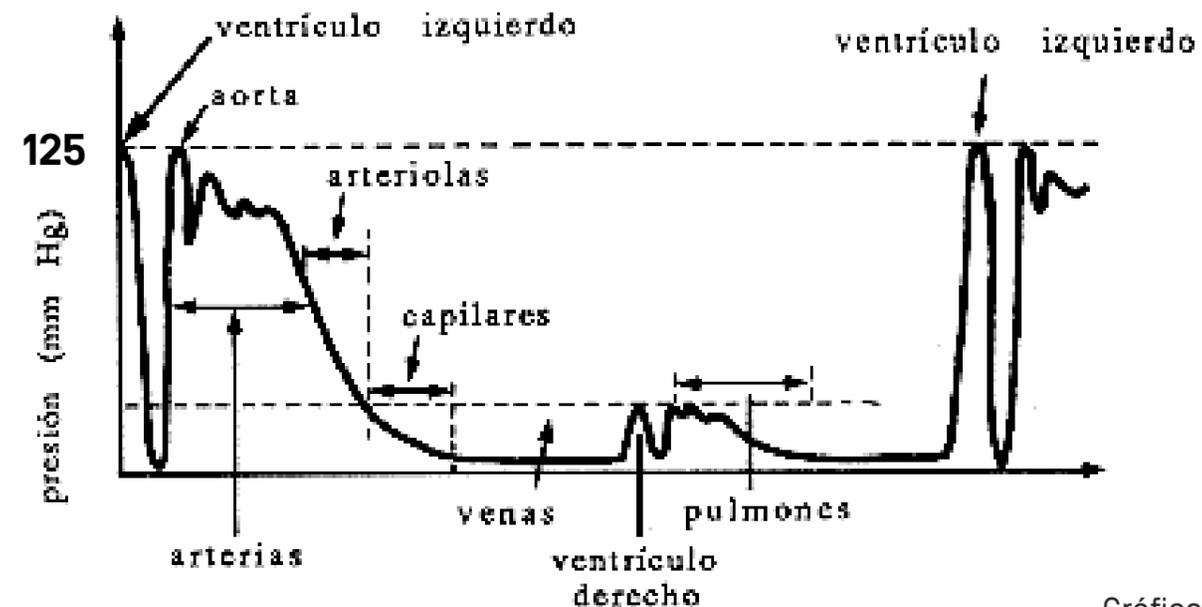
La contracción de los músculos cardíacos del ventrículo izquierdo son los que empujan la sangre hacia el resto del cuerpo a una presión de casi 125 mmHg conducida por una red de arterias que disminuyen hasta convertirse en arteriolas y finalmente en una fina red de vasos denominados capilares. Es en los capilares donde se suministra el oxígeno y se recoge el CO<sub>2</sub> de las células. [151]

Se concluye que, la presión sistólica (la presión cardíaca) es más que suficiente para empujar la sangre por todo el cuerpo. Lo cual quiere decir, que el problema radica en la circulación por los capilares y arteriolas. Por lo que de aquí en adelante se enfocará el estudio en la circulación por los capilares.

## PRESIÓN ARTERIAL (PA) [152]

Se conoce presión arterial como la fuerza ejercida por la sangre hacia las paredes de las arterias. La medida de esta presión se valora a partir de la presión sistólica, la cual alcanza los máximos mmHg, se produce cuando la sangre es bombeada por el latido del corazón. Mientras que, las medidas más bajas de presión se conocen como presión diastólica, producida cuando el corazón está en reposo entre latido y latido. Los valores normales de PA están entre **119/79** mmHg (siendo 119 la sistólica y 79 la diastólica).

Es necesario valorar que una hipertensión arterial puede causar problemas serios, por lo que en la página XX se analizarán los rangos de presión más adecuados.



Gráfica 1: Gráfica de la variación de la presión en el sistema circulatorio.

## PRESIÓN ARTERIAL [152]

Debido a la importancia del conocimiento de los valores óptimos de presión arterial para un correcto funcionamiento del metabolismo, se van a analizar diferentes rangos de presión para establecer el más adecuado.

La PA es el producto del gasto cardiaco y la resistencia vascular sistémica. Por ello, alteraciones en la viscosidad sanguínea o las condiciones de maleabilidad de la pared venosa son factores que afectan directamente su valor.

	<b>SISTÓLICA</b> (mmHg)	<b>DIASTÓLICA</b> (mmHg)
<b>HIPOTENSIÓN</b>	< 80	< 60
<b>NORMAL</b>	80 - 120	60 - 80
<b>PREHIPERTENSIÓN</b>	120 - 139	80 - 89
<b>HIPERTENSIÓN GRADO 1</b>	140 - 159	90 - 99
<b>HIPERTENSIÓN GRADO 2</b>	> 160	> 100
<b>CRISIS HIPERTENSIVA</b>	> 180	> 110

Tabla 2: Valores de la PA en relación a diferentes afecciones

## HIPOTENSIÓN [153]

Una baja presión sanguínea hace que llegue un flujo de sangre insuficiente a los órganos vitales del cuerpo a través de las arterias. Los valores de la tabla XX referentes a esta afección deben estudiarse para cada persona, ya que dependen de la estructura personal de cada persona.

Las consecuencias afectan directamente al sistema nervioso central, arterias periféricas, corazón y riñones.

### SÍNTOMAS

Palidez	Palpitaciones
Mareo	Parestesia
Náuseas	Dolor de cabeza
Vómitos	Sensación de inestabilidad
Síncope	Rigidez cervical
Dolor torácico	Visión borrosa
Dificultad respiratoria	Vértigo

## HIPERTENSIÓN (HTA) [152]

Esta afección es asintomática, pero fácil de detectar, pudiendo tener complicaciones graves y mortales si no se trata a tiempo, siendo un gran factor de riesgo para los denominados "órganos diana", siendo estos el SNC, arterias periféricas, corazón y riñones. Los accidentes cerebrovasculares y cardiovasculares pueden producirse en órdenes muy altos si los valores de la hipertensión se incrementan.

**[154]****FUNCIÓN DE LOS CAPILARES**

La circulación capilar se encarga del intercambio de sustancias entre la sangre y las células del organismo.

**ESTRUCTURA CAPILARES**

Los capilares son los vasos más pequeños del árbol circulatorio y el centro del sistema de la microcirculación. Las arteriolas se reducen hasta originar las metaarteriolas, y éstas se reducen hasta componer los capilares.

Se componen de fibras de músculo liso colocados de manera discontinuada.

En los puntos de origen de los capilares se encuentra el esfínter precapilar, un músculo que rodea los vasos cuya función es contraerse o relajarse regulando el flujo sanguíneo.

El cuerpo humano está compuesto aproximadamente de 40.000 millones de capilares, lo cual se expande hasta una superficie de 700 m<sup>2</sup> y ninguna célula se aleja más de 20 micras de un capilar, lo cual optimiza el intercambio de sustancias.

El flujo sanguíneo de la red capilar supone el 5% del gasto cardíaco y depende del funcionamiento del resto de vasos sanguíneos.

**VELOCIDAD SANGUÍNEA**

La velocidad sanguínea en los vasos capilares se redu-

ce drásticamente, debido a que cuando la red se ramifica, aumenta la superficie de caudal, y por tanto la velocidad disminuye desde 400 mm/s en la aorta hasta 0,1 mm/s en capilares. Esta velocidad es óptima para el intercambio de sustancias.

**EQUILIBRIO DE STARLING**

Las presiones hidrostática y la coloidosmótica actúan a nivel capilar y son gradientes de presión contrarios. El hidrostático está ejercido por el líquido, mientras que el coloidosmótico lo establecen las proteínas.

El movimiento, pues, depende de cuatro variables diferenciadas:

- Presión hidrostática capilar (Phc): la sangre entra al vaso capilar con una presión de 35 mmHg, pero como el capilar presenta resistencia al flujo, la presión desciende hasta caer a 16 mmHg.
- Presión hidrostática intersticial (Phi): corresponde a la presión debida al líquido intersticial. Suele tomarse como un valor de 0 mmHg, pero en ciertos tejidos alcanza valores negativos -3 a -9 mmHg debido al drenaje linfático.
- Presión osmótica [coloidosmótica] capilar (pC): es la presión generada por el empuje del agua hacia el interior del vaso por las proteínas plasmáticas. El valor de esta presión oscila alrededor de los 28 mmHg.
- Presión osmótica [coloidosmótica] intersticial (pl): dícese de la presión ejercida por las proteínas del líquido intersticial. La concentración de esta solución es mucho más baja que la anterior, por lo que su valor se

reduce hasta los 3 mmHg.

La mezcla de estas cuatro presiones durante la circulación capilar permite el análisis de su movimiento mediante la siguiente relación:

$$PF = (Phc + pl) - (Phi + pC)$$

Donde, PF es la presión neta de la filtración y se calcula con la diferencia de las presiones que empujan la sangre hacia fuera y las que lo recogen hacia dentro.

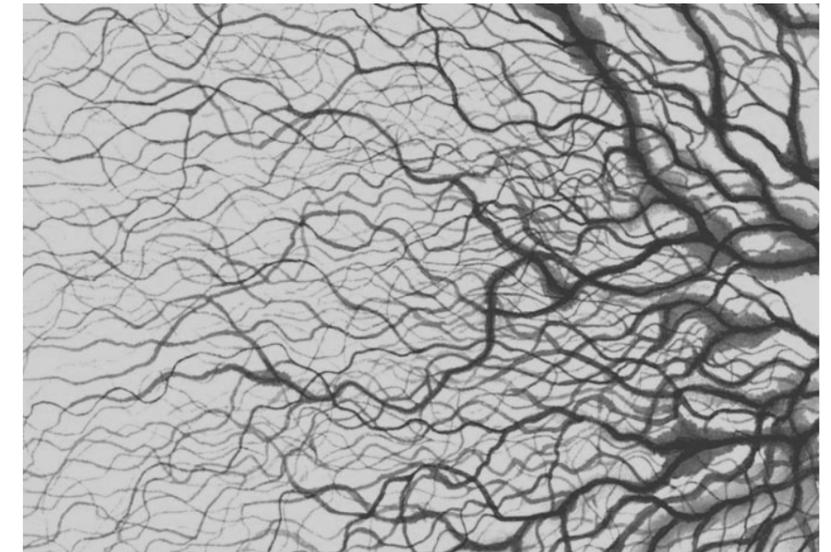


Figura 110: Ilustración de capilares

## ONDAS

### ONDAS MECÁNICAS [155]

Las ondas mecánicas son aquellas que propagan energía mecánica y se caracterizan por la necesidad de un medio material para transmitirse. Conforme avanza la onda se produce una oscilación en el estado de equilibrio de alguna propiedad mecánica del medio en el que se transmite [posición, presión, densidad...] y se extiende hacia las zonas colindantes.

En este proyecto se utilizarán las ondas mecánicas de sonido para la creación del incremento de presión en torno al cuerpo humano, en las próximas páginas se especificarán las características necesarias.

### ONDAS DE PRESIÓN

Las ondas mecánicas son ondas de presión. Las ondas de presión producen vibraciones que se propagan con el sonido y producen una acumulación de partículas en ciertos puntos a la vez de una separación en otros. Este fenómeno supone pequeños aumentos de presión en algunos de los puntos y disminuciones en otros. Las ondas con frecuencias altas tienen una longitud de onda corta, mientras que las frecuencias bajas tienen una longitud de onda larga, tal y como se verá próximamente.

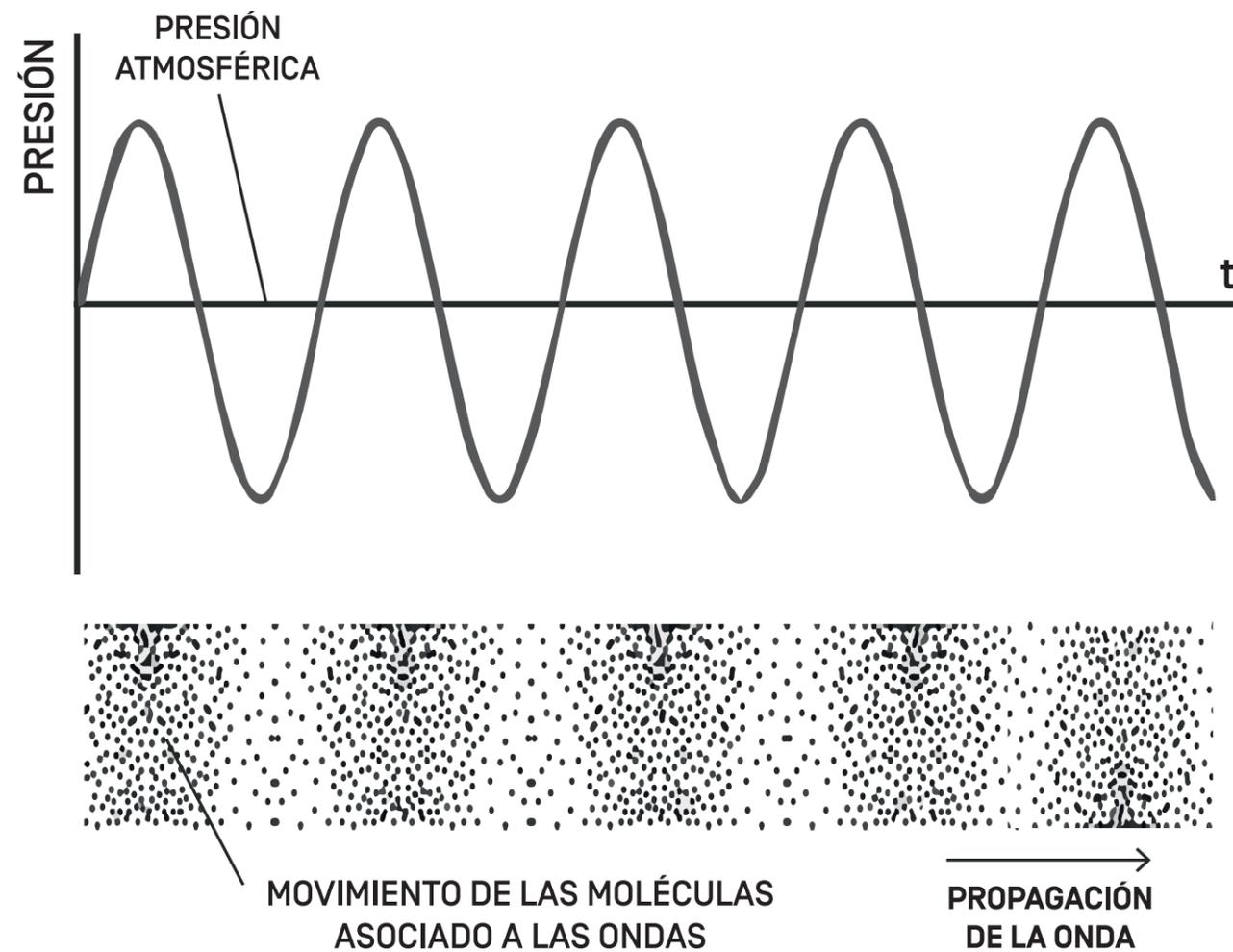


Figura 111: Gráfica de relación frecuencia-tiempo de una onda sonora

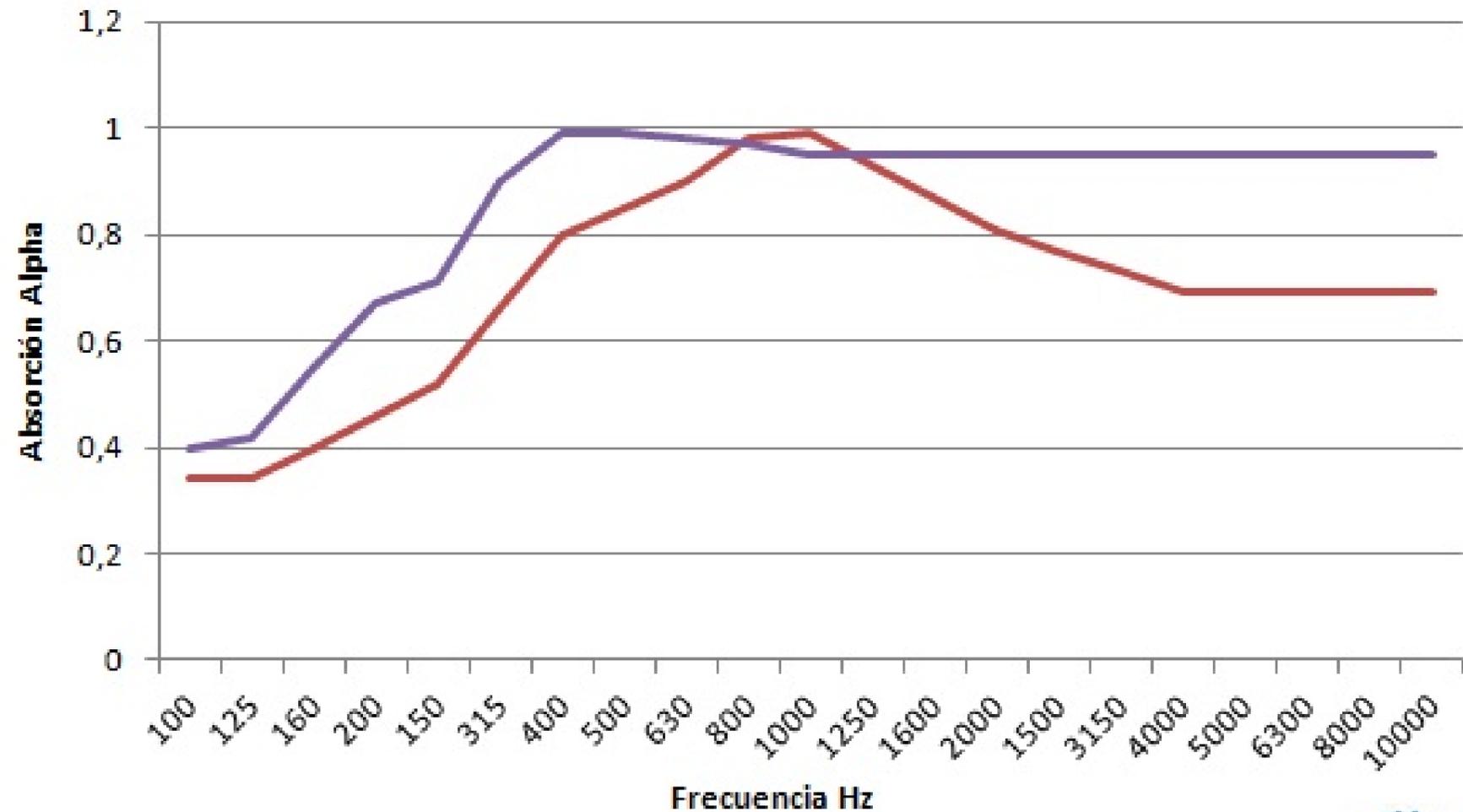
## RELACIÓN FRECUENCIA ABSORCIÓN

Cuando las ondas sonoras alcanza una superficie, gran parte de su energía es reflejada, pero un porcentaje es absorbido por el medio con el que choca. En este proyecto interesa que el cuerpo humano absorba la menor energía posible y transmita la mayor cantidad posible.

El coeficiente de absorción de la onda depende, después del material de contacto, de dos factores: la frecuencia de la onda y el ángulo de incidencia del sonido.

La absorción aumenta con la frecuencia, y en altas frecuencias el espesor del material sobre el que incide no es un factor determinante, mientras que se produce una menor absorción a bajas frecuencias y en este caso el espesor de material sí es un factor determinante. [156]

Aunque en la tabla de la derecha se han representado frecuencias altas (con respecto a los infrasonidos), se aprecia el aumento de la absorción junto al valor de la frecuencia. Para aumentar la eficacia y reducir la absorción, se ha decidido utilizar ondas de infrasonidos (valores menores a 16 Hz).



Gráfica 2: Frecuencia - absorción

La sangre tiene una densidad de 1.04 g/cm<sup>3</sup>, muy cercana a la del agua que es de 1.00 g/cm<sup>3</sup>, podemos hablar del sistema circulatorio como un sistema hidráulico, así que trataremos la absorción de las ondas en la sangre como si de agua se tratasen.

## ONDAS ESTACIONARIAS

Las ondas estacionarias son casos particulares de la interferencia producidos por la superposición de dos ondas de la misma dirección, amplitud y frecuencia de sentido contrario, las cuales varían su posición de equilibrio durante el tiempo pero son inmóviles. [155]

Supongamos lo siguiente, un frente de ondas alcanza la superficie del cuerpo por la zona torácica, inmediatamente traspasa la capa epidérmica y alcanza la masa ósea, los tejidos y finalmente los órganos. La impedancia de cada uno de los tejidos es diferente, por lo cual la onda se reflejará y se transmitirá adquiriendo diferentes valores siguiendo la siguiente relación: [157]

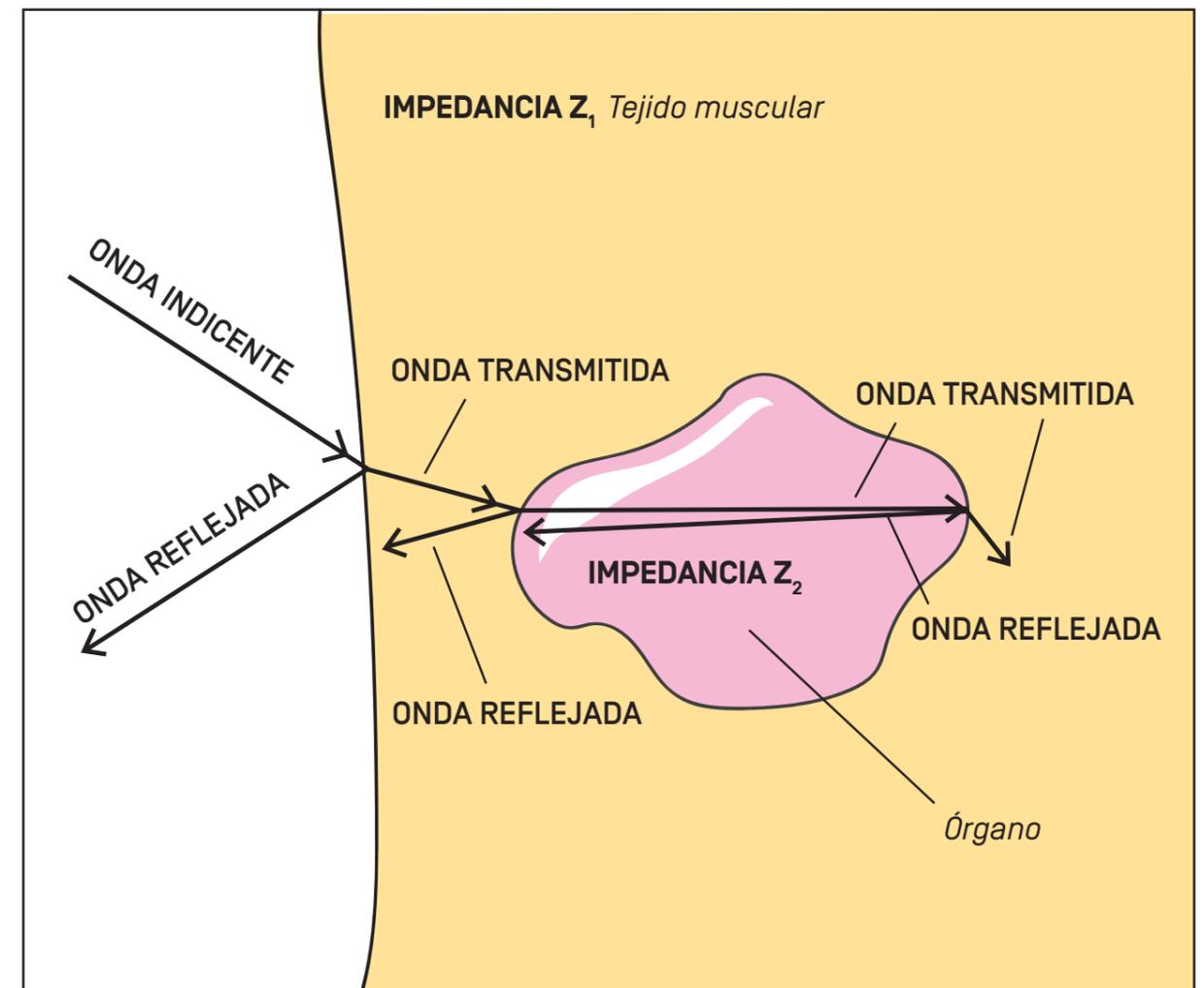
$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Siendo,  
Gamma el coeficiente de reflexión,  
 $Z_L$  la impedancia de carga al final [ $Z_2$ ],  
 $Z_0$  la impedancia característica de transmisión [ $Z_1$ ].

De lo cual se extrae, que cuanto más diferentes sean las impedancias, más se refleja. El fenómeno importante es la reflexión, puesto que para que se crease una onda estacionaria residente dentro de los órganos la onda de reflexión y la onda transmitida tendrían que superponerse, tal y como se explica en la descripción de una onda estacionaria. Lo cual, sería verdaderamente peligroso ya que podrían explotar los órganos.

Este es otro de los motivos por el que se ha decidido utilizar ondas infrasonoras; al disminuir la frecuencia la longitud de onda es mayor. Para que se produzca el fenómeno de las ondas estacionarias, la distancia entre las paredes en las que "rebota" la onda, debe ser un número entero siendo el mínimo la mitad del valor de la longitud de la onda. Por lo que, hablando de ondas de infrasonido, nos situamos en rangos de longitud de onda del orden de los 15 metros de longitud, siendo los órganos de un tamaño menor a los 30 cm de longitud, por establecer un tamaño máximo, dicho problema estaría erradicado.

Figura 112: Ilustración del fenómeno de reflexión y absorción de una onda mecánica para representar el fenómeno de creación de una onda estacionaria



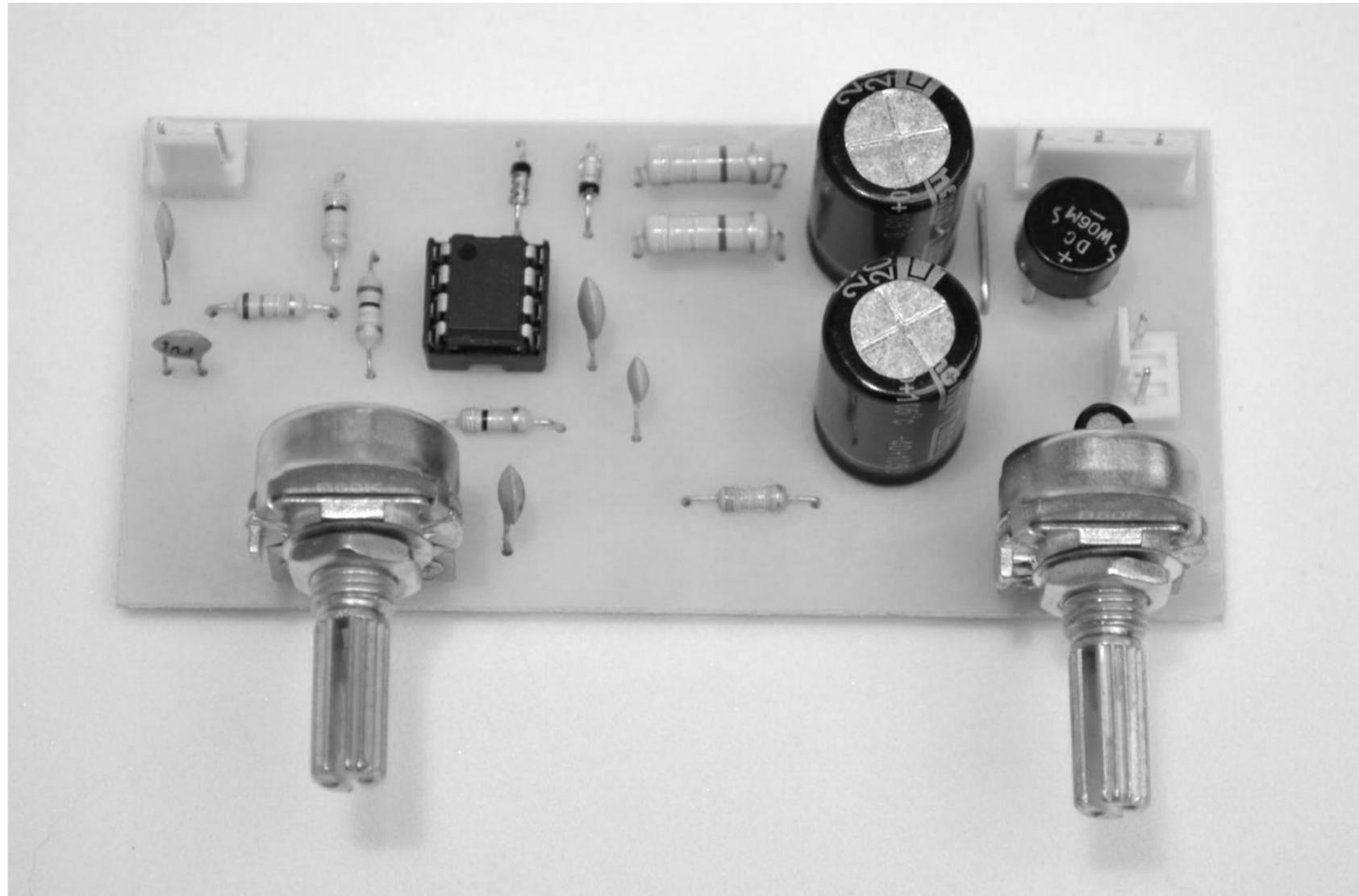


Figura 113: Filtro de frecuencias pasa bajos

Este es otro de los motivos por el que se ha decidido utilizar ondas infrasonoras; al disminuir la frecuencia la longitud de onda es mayor. Para que se produzca el fenómeno de las ondas estacionarias, la distancia entre las paredes en las que "rebota" la onda, debe ser un número entero siendo el mínimo la mitad del valor de la longitud de la onda. Por lo que, hablando de ondas de infrasonido, nos situamos en rangos de longitud de onda del orden de los 15 metros de longitud, siendo los órganos de un tamaño menor a los 30 cm de longitud, por establecer un tamaño máximo, dicho problema estaría erradicado.

### **FILTRO DE FRECUENCIAS PASA BAJOS**

Es necesario el uso de un filtro de frecuencias pasabajas debido a que la emisión de las ondas no es ideal y por tanto la frecuencia no es pura, es decir, que se emite un espectro de frecuencias. Esto podría ser peligroso debido a que si se emite en el espectro de frecuencias alto, la longitud de onda sería menor y podrían estacionarse ondas y provocar nefastos efectos sobre el organismo humano.

## INFRASONIDOS

Los infrasonidos son ondas acústicas cuya frecuencia está por debajo del espectro audible para el oído humano, del que se estima un valor aproximado de 16 Hz. [158]

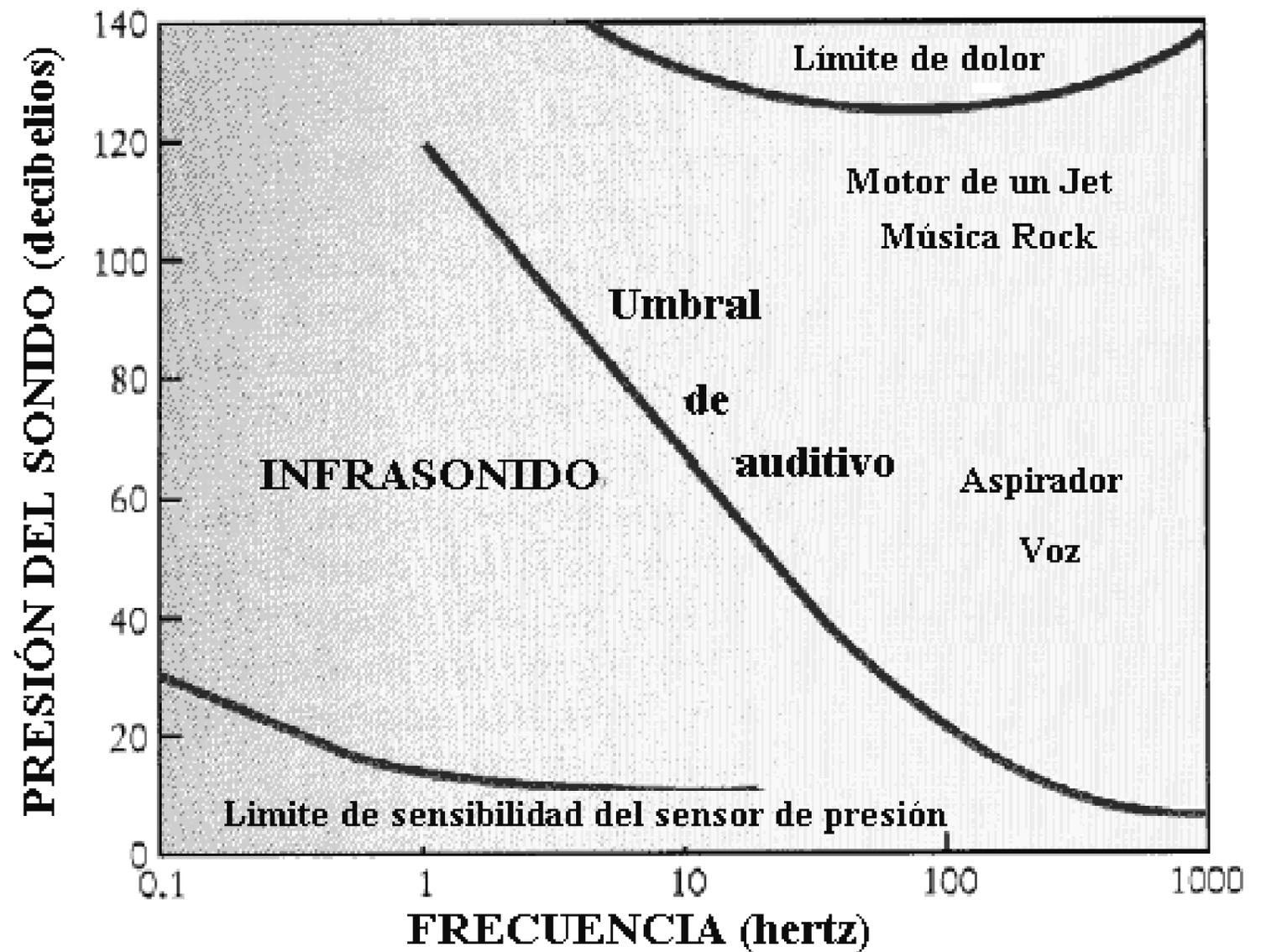
### ¿POR QUÉ INFRASONIDOS?

Con los infrasonidos la absorción es mucho menor y casi nula. Los ultrasonidos sólo alcanzarían la capa superficial del cuerpo, mientras los infrasonidos no se absorben apenas y pueden actuar en todas las capas internas. Además, los infrasonidos tienen una longitud de onda mucho mayor a los ultrasonidos, lo cual, evita que se creen ondas estacionarias a nivel interno, lo cual podría hacer explotar órganos o tejidos con diferentes impedancias.

Los infrasonidos tienen un reflejo directo sobre la psicología humana, existe una rama científica que estudia tal repercusión, la psicoacústica.

### ACTIVIDAD CEREBRAL Y ONDAS

Cuando el cerebro humano se expone a una determinada frecuencia de ondas, la frecuencia de la actividad cerebral tiende a entrar en fase con dichas ondas, es decir, las ondas cerebrales se adaptan a las ondas externas, replicando su misma frecuencia y consiguiendo alterar el estado mental del usuario.



Gráfica 3: Diagrama de la presión del sonido en relación a la frecuencia

## FRECUENCIAS

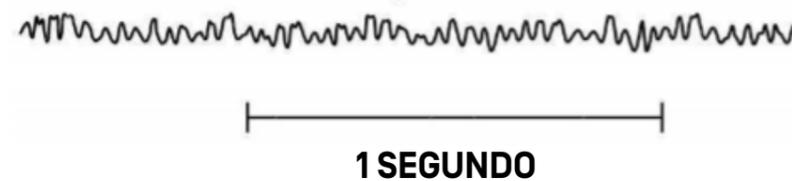
### ONDAS CEREBRALES <sup>[159]</sup>

El cerebro humano produce impulsos eléctricos que producen ritmos conocidos como ondas cerebrales. Estos impulsos se transmiten a través de cientos de neuronas para ejecutar una función determinada. La medición de los impulsos mediante electroencefalogramas ha relacionado las ondas cerebrales con los estados de conciencia, estableciendo diferentes patrones.

Las cuatro ondas cerebrales principales son las ondas alfa, beta, theta y delta.

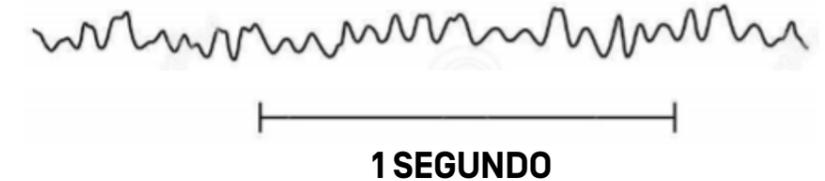
#### ONDAS BETA

Estas ondas se producen cuando el cerebro está totalmente despierto e inmerso en intensas actividades mentales. Las ondas se caracterizan por ser amplias, con una alta velocidad de transmisión y de alta frecuencia [14-35 Hz].



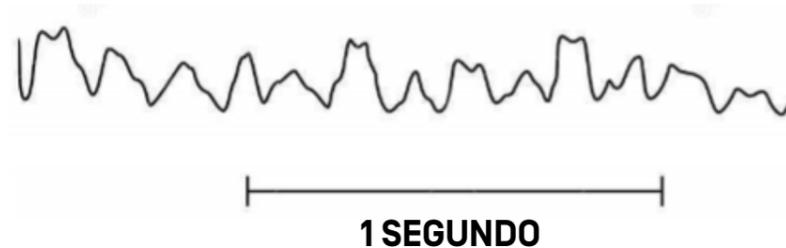
#### ONDAS ALFA

Las ondas alfa representan un estado de escasa actividad mental o relajación. Son más lentas, la frecuencia disminuye hasta 8-14 Hz y su amplitud es mayor respecto a las ondas beta.



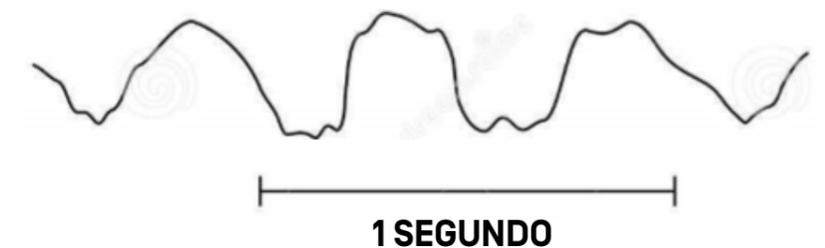
#### ONDAS THETA

Estas ondas se producen cuando la persona está "desconectada de la realidad" o "soñando despierta". Se caracterizan por ser más amplias que las anteriores y tener una frecuencia menor, de entre 4 y 8 Hz.



#### ONDAS DELTA

Las ondas delta se caracterizan por tener la mayor amplitud y menor frecuencia [entre 1 y 4 Hz, nunca llegando a 0: la muerte cerebral]. Se generan cuando el cerebro está en un estado de sueño profundo.



## FRECUENCIAS

### EEG CICLO DE SUEÑO <sup>[160]</sup>

A continuación se muestra una ilustración vectorial de un electrocardiograma realizado durante un ciclo de sueño en un adulto, relacionando las fases con la frecuencia de las ondas cerebrales. [información extraída de [160]]

t = 0 min

t = 90-110 min



**FASE 1 NREM**

8-14 Hz

*Sueño ligero*

**FASE 2 NREM**

4-8 Hz

*Sueño parcial*

**FASE 3 NREM**

1-4 Hz

*Sueño profundo*

**FASE 4 NREM**

1-2,5 Hz

*Sueño muy profundo*

**FASE REM**

14-30 Hz

*Sueño "paradójico"*

Tal y como se aprecia, las ondas cerebrales relacionadas con el sueño profundo tienen una actividad de 1-4 Hz.

Utilizar esta frecuencia para la realización del producto podría ser beneficioso para inducir al sueño al usuario, y así mantenerle relajado. En terapias alternativas, se utiliza este tipo de ondas para tranquilizar a los pacientes, tratar el insomnio o relajarse antes de un evento crítico.

## FISIOLOGÍA DEL SUEÑO

La presión arterial (PA) disminuye durante el sueño, alcanzo sus mínimos durante las fases NREM de hasta un 10% y un 6% de la frecuencia cardiaca en relación al mismo gasto cardiaco. **[161]**

Están demostrados los efectos de la microgravedad en el cuerpo humano: debilitación de los músculos, fragilidad en los huesos, alteraciones en el sistema cardiovascular y en la visión, entre otros. Pero esta falta de gravedad también afecta a los periodos de sueño de los astronautas, un estudio estadístico sobre una muestra de 85, que participaron en el transbordador espacial, o en la EEI, revelo que la media de sueño era de seis horas pero tenían que recurrir al uso de somníferos en más de la mitad de las noches pasadas en el transbordador y en el 11% de las noches pasadas en la EEI, se demostró también a través del estudio de sus ondas cerebrales, tono muscular y movimiento de los ojos que la calidad del sueño es inferior al que se tiene en ambiente de gravedad terrestre.

Los efectos que se observaron de la falta de un sueño reconfortante fueron tales como: alteración de la capacidad cognitiva, alteración de los ritmos circadianos e incluso debilitamiento del sistema inmune. Se observó con el estudio que los efectos experimentados por los astronautas son similares a los que aparecen a medida que envejece el cuerpo.

La siguiente tabla refleja los factores que más influyen en un buen sueño, comparándolos en un ambiente de microgravedad y en otro de gravedad terrestre [Tabla 3]

AMBIENTE DE MICROGRAVEDAD	FACTORES FUNDAMENTALES	SUPERFICIE TERRESTRE
La EEI completa la órbita cada 90 min, por lo que hay ausencia de día y noche.	Ciclo de 24 horas de luz y oscuridad	Rotación del Sol
La luz es la señal que sincroniza nuestro reloj interno al suprimir la melatonina, hormona que facilita el sueño, al no experimentar el ciclo de luz oscuridad no se segrega de igual forma.	Luz	Oscuridad
Dada la posición corporal no hay disminución del flujo sanguíneo a las extremidades y no se reduce al mínimo la temperatura.	Temperatura	Se reduce al mínimo
El cuerpo no tiene información de la postura y deben dormir con arneses para permanecer sujetos al saco de dormir, por lo que no están "tumbados"	Postura	Tumbados
En la EEI hay un ruido de unos 65 decibelios	Ruido	Silencio

Con la intención de poder contrarrestar los efectos de las perturbaciones que ocasionan a los astronautas estas dificultades con el sueño, se simula el vuelo espacial en la Tierra en la que los participantes pasan 60 días en una cama con la cabeza ligeramente inclinada por debajo del resto del cuerpo, con el fin de simular la microgravedad. **[162]**

Tabla 3: Comparativa del sueño terrestre y espacial  
Fuente: Propia  
Información obtenida **[162]**

## ONDAS BINAURALES

Es bien sabido que el ser humano emite un patrón de ondas cerebrales que permiten identificar su estado y actividad mental.

La unificación de las diferentes regiones cerebrales que emiten diferentes frecuencias de ondas es denominada sincronía neural. Esta sincronía viene dada por una serie de procesos neurológicos que producen descargas neuronales por redes transitorias.

Es decir, cualquier estímulo, habilidad, pensamiento o sentimiento, se traduce en una mezcla de ondas cerebrales emitidas de diferentes frecuencias que se unifican formando una única información.

Cuando la mezcla de las ondas es mala, se produce confusión, ansiedad, nerviosismo, estrés y conductas negativas.

**[163]**

Las ondas cerebrales se alteran en respuesta a los cambios en estímulos ambientales, incluyendo el sonido. Mediante el fenómeno denominado arrastre de ondas cerebrales, se produce una sincronía de las ondas cerebrales con las del entorno, tendiendo a entrar en fase con la frecuencia a la que está expuesto.

**[164]**

### APLICACIONES [164]

Reducir el estrés.

Eliminar el dolor.

Eliminar la ansiedad.

Relajación.

Dormir.

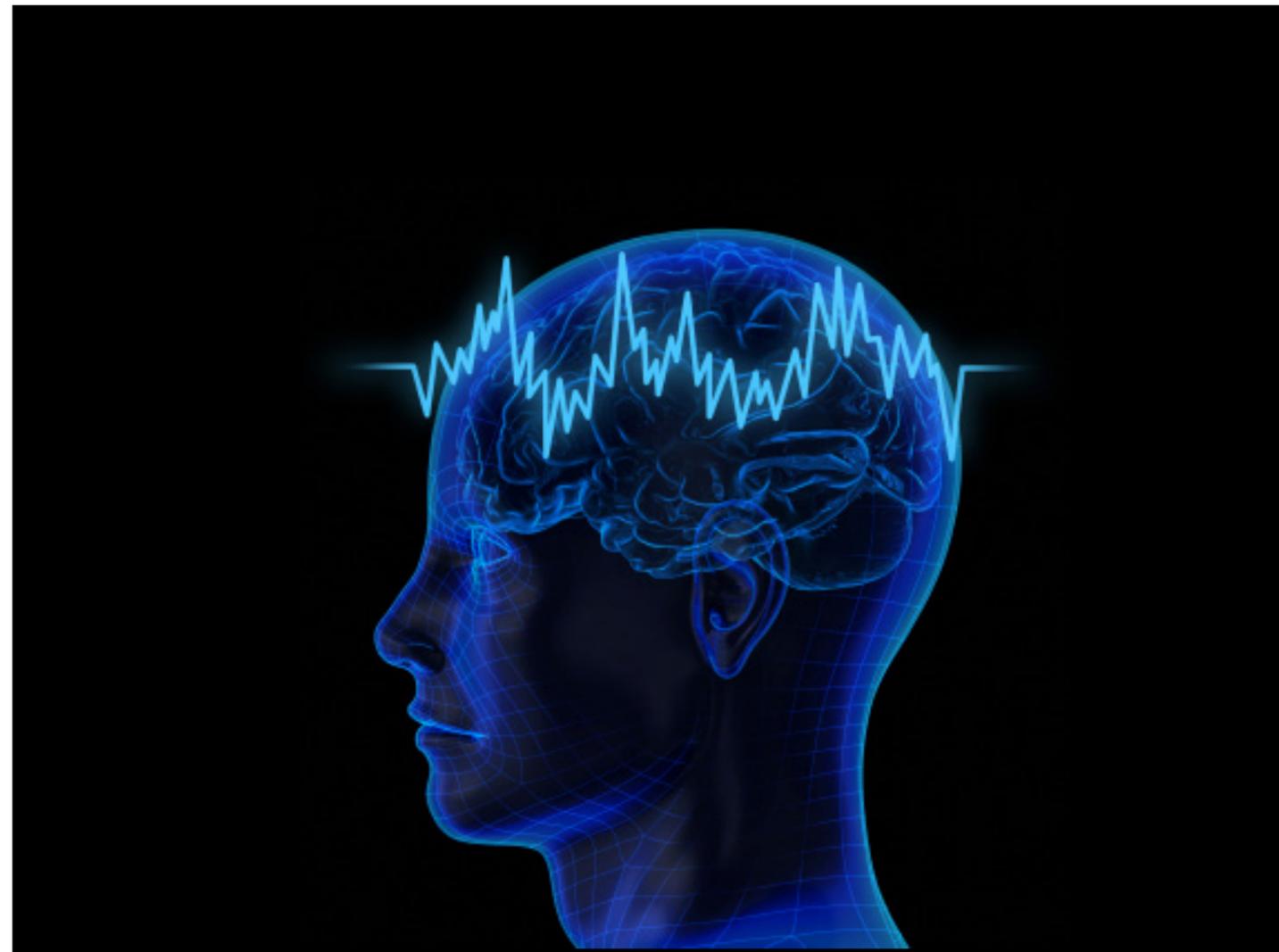
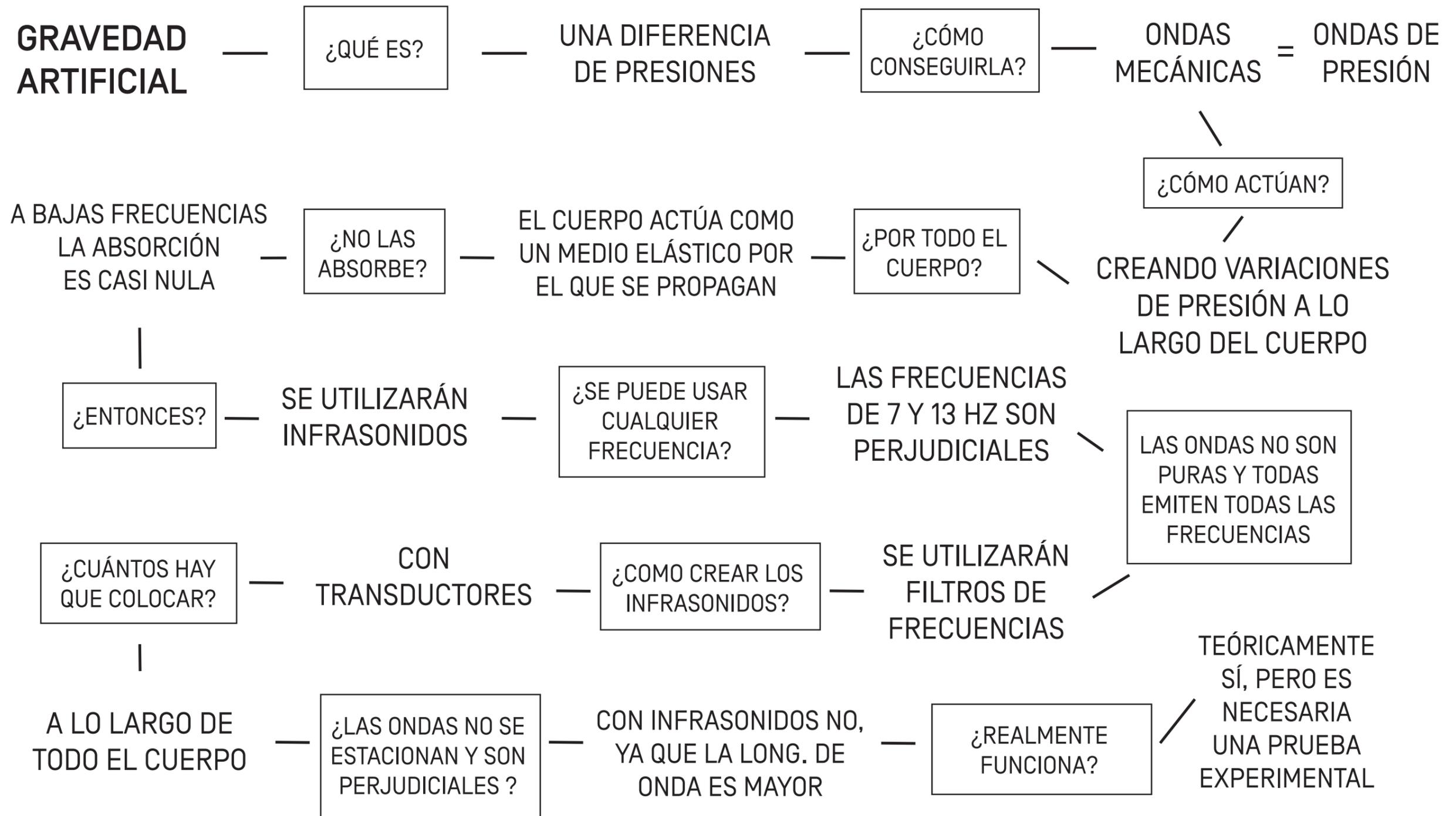


Figura 114: Representación de ondas binaurales en fase con la actividad cerebral

# SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN

## MÉTODO PREGUNTA-RESPUESTA



# EDP's

## CRÍTICAS

### TAMAÑO

El tamaño debe ser el adecuado para optimizar el espacio de la ISS y no sobrepasar el espacio de los dormitorios, que es aproximadamente de 2000x950x850 mm. Además, así se reducirá el coste del transporte hasta la estación.

### MATERIALES

Los materiales utilizados deberán pasar numerosos ensayos técnicos realizados por los especialistas de la Agencia Espacial. Pero en el plano general deberá cumplir las siguientes especificaciones: no combustionar con facilidad, no desprender gases tóxicos, tener una superficie lisa y segura, ser rígido y duradero.

### ESTABILIDAD

Deberá ser un diseño rígido y compacto y no alterar la estabilidad de la estación espacial.

### SEGURO

Es fundamental que el producto sea seguro y no produzca ningún tipo de estrés o complicación al usuario, ya que las condiciones en la ISS son críticas.

### PRÁCTICO

Es la especificación clave. Lo único realmente importante atendiendo al tipo de usuario al que va dirigido es que el producto sea absolutamente práctico y no se recargue con piezas que no tengan una funcionalidad.

## DESEABLES

### PIEZAS SENCILLAS

Para que sea sencilla su impresión en 3D desde la ISS si es necesario el recambio de alguna de las piezas.

### SUMINISTRO ENERGÉTICO

Deberá consumir la menor energía eléctrica posible, siempre a 124 V en DC, que es la corriente utilizada en la estación.

### SENCILLEZ DE USO

Deberá ser intuitivo y sencillo de utilizar, ya que, aún la extrema capacidad técnica de los usuarios, es preferible no agotarles mentalmente y no agobiarles con un uso complejo, puesto que se encuentran muy estables mentalmente en la ISS.

### ADAPTABLE

Lo ideal sería que el producto pudiera regularse en dimensiones para cada uno de los usuarios, ya que requiere de mucha precisión para su correcto funcionamiento.

### CÓMODO

Ya que el usuario deberá permanecer con el producto durante su tiempo de descanso, y para su estabilidad mental es necesario un correcto descanso.

### MONTAJE SENCILLO

El montaje deberá ser sencillo ya que si se estropea el producto o es necesaria una sustitución de alguna de las piezas serán los tripulantes los que deban hacerse cargo del arreglo.

# PLANTEAMIENTO DE DISEÑO

El producto consiste en una serie de altavoces que se encargan de producir pulsos de onda que, en términos fisiológicos, se traducen como variaciones de presión. Tal y como se ha visto en el apartado de documentación, a nivel metabólico la gravedad es una diferencia de presión entre cabeza y pies. Por tanto, los altavoces están conectados y regulados para producir dicho incremento de presión y así, conseguir los efectos gravitacionales a nivel sanguíneo, mejorando la circulación y permitiendo un correcto funcionamiento metabólico.



## ALTAVOCES - TRANSDUCTORES

Para generar las ondas mecánicas.

Será necesario que haya alrededor de 8 altavoces en cada sección.

## GENERADOR DE ONDAS

Funcionará como fuente emisora de las ondas.

Deberán integrarse en un circuito para funcionar de manera complementaria.

## FILTRO PASO-BAJOS

Para anular las frecuencias no deseadas.

## FORMA ESTRUCTURAL

Sistema estructural del dispositivo.

Habrán cuatro secciones corporales a través de las que se emitirán los pulsos de onda.

# DESARROLLO FORMAL

## ALTERNATIVAS DE DISEÑO

### ALTERNATIVA 1

#### ACCESORIO

La primera alternativa consiste en abrazaderas que pueden colocarse en la instalación de descanso de la ISS.

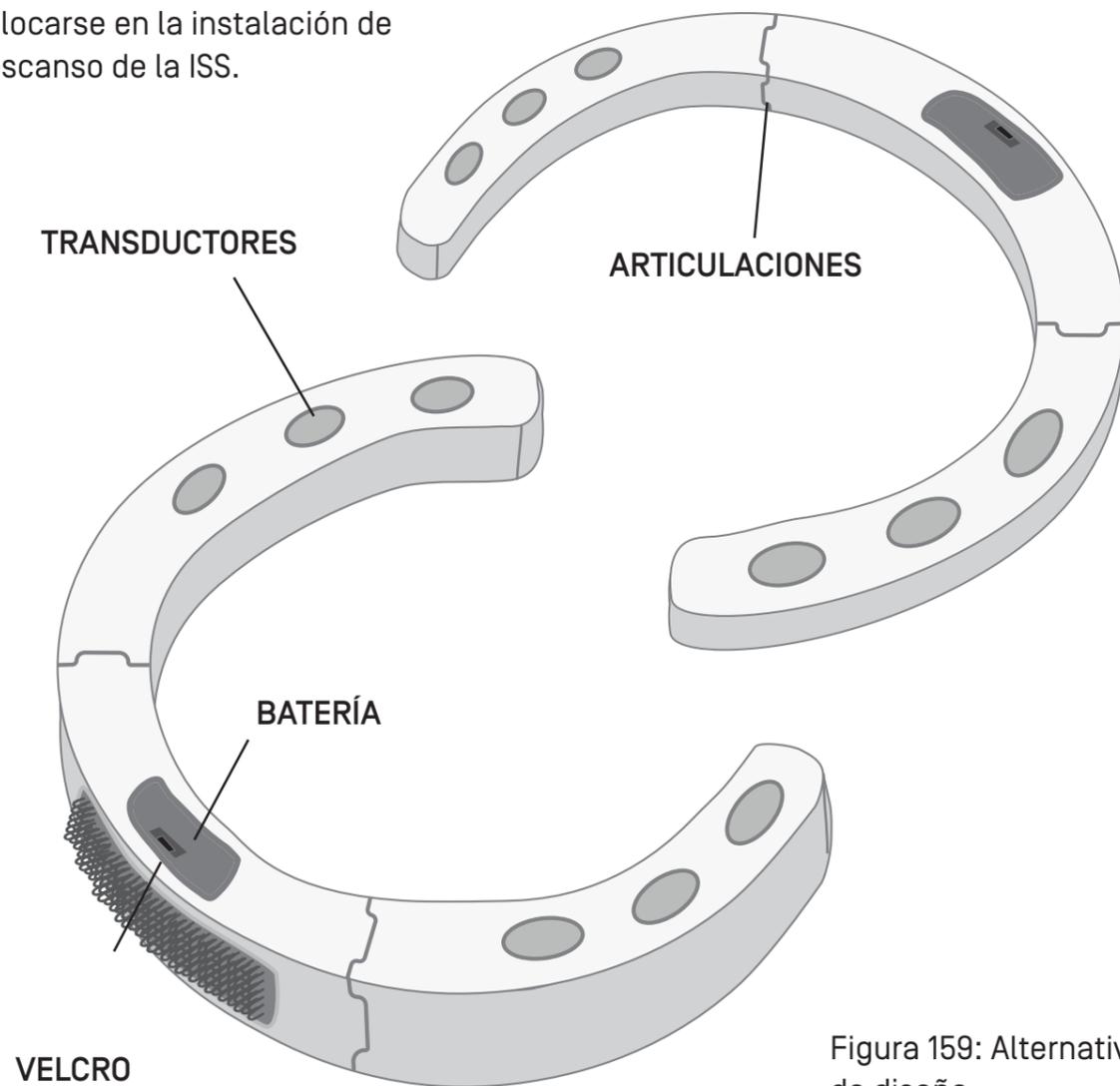


Figura 159: Alternativa I de diseño

### ALTERNATIVA 2

#### CÁPSULA DE DESCANSO

La segunda opción es diseñar al completo la zona de descanso. En la imagen de la derecha se muestra un boceto de su estructura, consistiendo en una cápsula con los transductores distribuidos por todo el cuerpo. En la zona interior se encuentra un saco de dormir similar al que utilizan normalmente en la ISS, pero podría tener una capa de gel que transmitiese de manera óptima las ondas para así reducir el número de transductores.

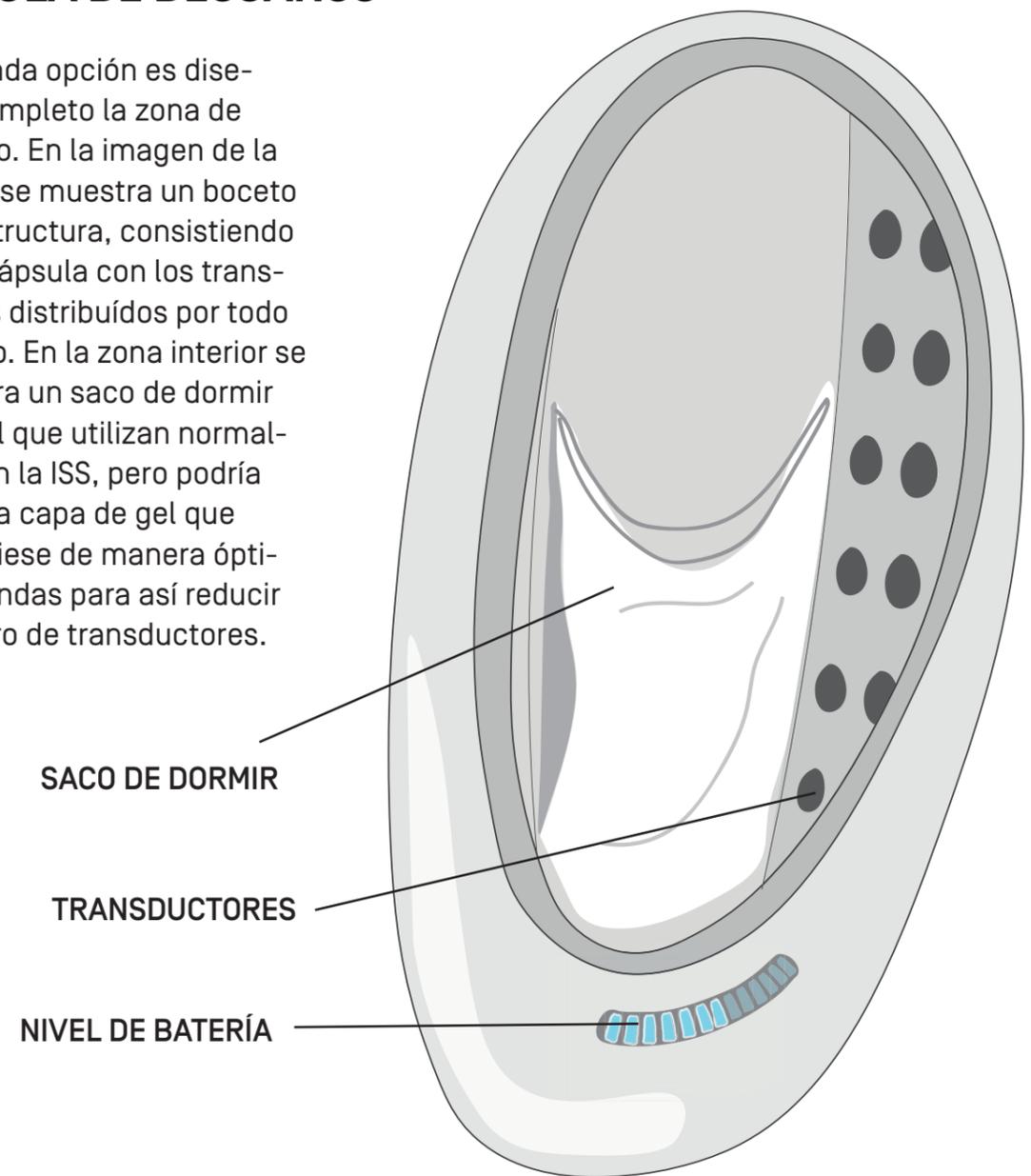


Figura 160: Alternativa II de diseño

## DESARROLLO FORMAL - ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Para la elección de una de las alternativas de diseño, se aplicará un filtro utilizando las EDP's establecidas anteriormente.

<i>EDP's</i>	<b>S.MECÁNICO</b>	<b>ERGONOMÍA</b>	<b>EXPERIENCIA</b>	<b>TAMAÑO</b>	<b>SENCILLEZ</b>	<b>ECONOMÍA</b>
<b>ACCESORIO</b> <i>Alternativa 1</i>	Las baterías se recargan mediante USB, necesita muy poca energía para funcionar.	El usuario no está en contacto directo con el producto, por lo que a nivel ergonómico requiere una menor complejidad.	Este sistema no produce ninguna percepción notable en el usuario, debido a que las abrazaderas no entran en contacto.	Las abrazaderas son accesorios que se colocan en la zona de descanso, por lo que no es un problema	Ambas alternativas son sencillas de utilizar, basta con encenderlas y funcionan automáticamente.	Sería la opción más económica, puesto que es una estructura muy pequeña cuyo envío es bastante adquisible.
<b>CÁPSULA</b> <i>Alternativa 2</i>	Utiliza una única batería con un almacenamiento mayor, aunque el sistema no requiere mucha energía.	El diseño ergonómico de la cápsula es complejo ya que recoge diferentes implicaciones dentro de este marco.	La cápsula tendría que diseñarse de manera que el usuario la percibiese como un lugar confortable.	La cápsula se sustituiría por el saco de dormir actual, por lo que no es relevante.	Ambas alternativas son sencillas de utilizar, basta con encenderlas y funcionan automáticamente.	El precio de enviar las cápsulas a la ISS sería vertiginoso y la fabricación es muy compleja, es la opción menos económica.

Tabla 3: Comparativa de las alternativas de diseño

DESARROLLO

# PLANTEAMIENTO DEL PRODUCTO

## DESCRIPCIÓN Y PIEZAS BÁSICAS

El producto consiste en una serie de altavoces que se encargan de producir pulsos de onda que, en términos fisiológicos, se traducen como variaciones de presión. Tal y como se ha visto en el apartado de documentación, a nivel metabólico la gravedad es una diferencia de presión entre cabeza y pies. Por tanto, los altavoces están conectados y regulados para producir dicho incremento de presión y así, conseguir los efectos gravitacionales a nivel sanguíneo, mejorando la circulación y permitiendo un correcto funcionamiento metabólico.

En este esquema se van a establecer todos los componentes necesarios para la realización del producto. Será la base para el desarrollo formal de diferentes alternativas.

### MÓDULOS

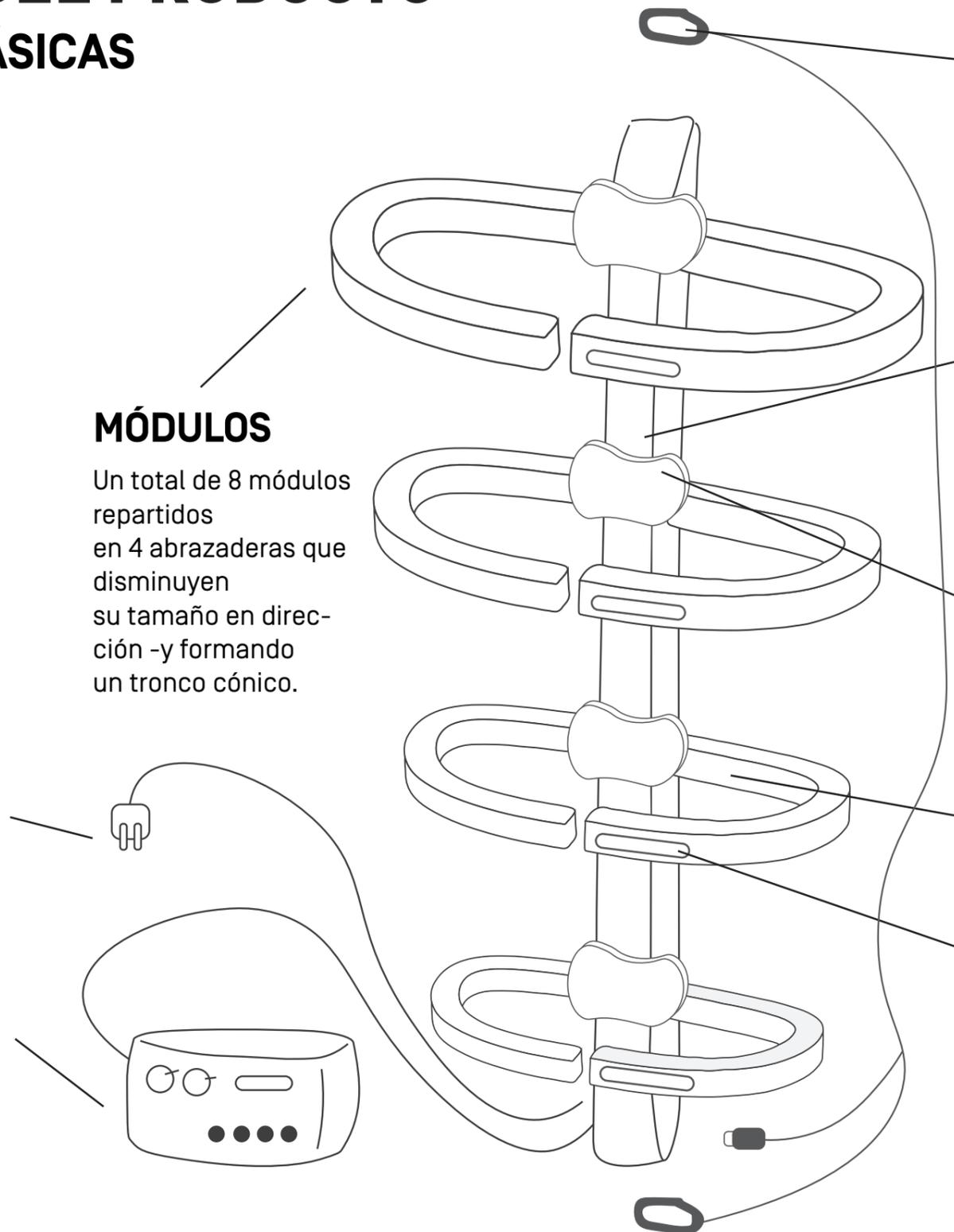
Un total de 8 módulos repartidos en 4 abrazaderas que disminuyen su tamaño en dirección -y formando un tronco cónico.

### CONEXIÓN A LA RED

Estará conectado a 124 V de DC.

### GENERADOR DE ONDAS

De 4 canales, uno para cada abrazadera.



### SENSORES DE PRESIÓN

Dos sensores de presión (en la cabeza y los pies) que se conectarán al ordenador personal de cada tripulante y monitorizarán la información recibida mediante un sistema informático.

### EJE CENTRAL

El eje de los módulos, será una cremallera que permita regular en altura las abrazaderas, adaptándolas a la altura de cada usuario.

### FIJADORES

Se encargarán de regular y fijar las abrazaderas en el eje.

### ALTAVOCES

Habrán 6 en cada abrazadera.

### LED's informativos

Los LED's informarán de si el sistema está en funcionamiento o apagado.

Figura 161: Patrón básico de diseño

# PLANTEAMIENTO DEL PRODUCTO

## ENTREVISTA A EXPERTO - Jose Luis Lahoz, experto en Física y Astrofísica

Antes de comenzar el desarrollo técnico, se ha concertado la entrevista con un experto en física y astrología para determinar la viabilidad del producto y tener en cuenta las consideraciones técnicas necesarias para su realización.

**1. En principio la gravedad sólo podría concebirse con una aceleración. ¿Podría simularse un campo gravitatorio a nivel sanguíneo mediante un gradiente de presión entre cabeza y pies, tal y como le he explicado en el concepto propuesto?**

Realmente yo no conozco literatura al respecto. Tras meditarlo unos segundos, sin duda el concepto fisiológico de gravedad y, por lo tanto, su efecto sobre el sistema circulatorio, podría simularse teóricamente a partir de ondas de presión de diferente amplitud a lo largo de todo el cuerpo, tal y como comentas. Aunque repito, sería necesario un desarrollo experimental y científico previo que, hoy por hoy, al menos por lo que tengo entendido, no existe. Sin embargo, me parece una idea extremadamente innovadora que puede crear un nuevo paradigma en la simulación de la gravedad a efecto fisiológico.

**2. ¿Cuáles son aquellos problemas que necesitarían un análisis experimental?**

Bajo mi punto de vista, el tema de la absorción de las ondas sonoras por el cuerpo y materiales ante las frecuencias sonoras que me has comentado, cálculos y pruebas de amplitudes e intensidades sonoras

efectivas para el gradiente de presión que buscas y múltiples dificultades técnicas que aparecen al desarrollar cualquier concepto innovador.

**3. Como le he comentado, se utilizaría una frecuencia de onda de 3 Hz, dentro del intervalo de la actividad cerebral en fase NREM y dentro de la categoría de infrasonidos, cuyo coeficiente de absorción es casi nulo en el cuerpo humano. ¿Es necesario un filtro paso bajos para anular las frecuencias nocivas? ¿Le parece adecuada esta frecuencia?**

En número de estudios que yo conozco relativos a las frecuencias de infrasonidos y sus efectos fisiológicos son mucho menores que los mucho más estudiados ultrasonidos. En principio, una frecuencia alrededor de 3 Hz no debería tener ningún efecto fisiológico adverso, más bien al contrario, se encuentra como dices dentro de las frecuencias naturales que utiliza el cerebro. A pesar de eso, es otro de los aspectos en los que se necesitaría un amplio estudio experimental, que hoy por hoy yo no conozco. Un filtro paso bajos creo que es absolutamente necesario para anular las frecuencias no deseadas.

**4. De momento, se está suponiendo un generador de ondas arbitrarias comercial. ¿Debería priorizar alguna especificación técnica al respecto?**

El espacio exterior es un entorno crítico para la vida. Las Agencias Espaciales priorizan ante todo la supervivencia de los astronautas y las posibles dificultades

para ella que podrían producir todos los dispositivos implementados. La otra prioridad fundamental es el consumo energético en la ISS, desde ese punto de vista todos sus dispositivos están desarrollados expresamente con esas dos condiciones. Así que, lo lógico sería diseñar cada componente únicamente a tal fin. La especificación técnica "crítica" es el consumo eléctrico, hay que tratar de reducir al máximo este aspecto.

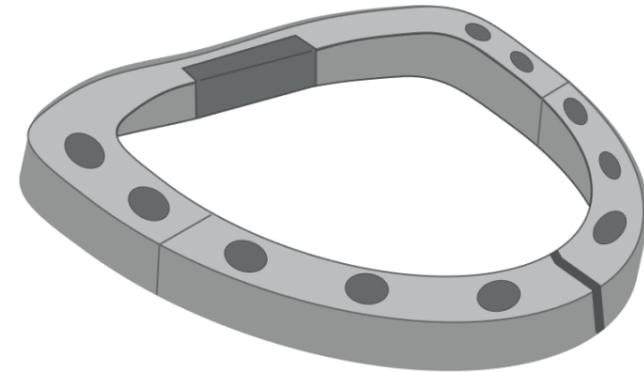
**5. Como experto y tras comprender el alcance y objeto del proyecto, ¿cuál es tu opinión desde un punto de vista de viabilidad?**

Como he comentado antes, creo que has abordado el problema desde un punto de vista increíblemente original, y dentro de lo que yo sé, que no tiene ningún estudio previo al respecto. Pienso que es totalmente viable, y que podría abrir un nuevo campo de estudio fundamental para la estancia prolongada en el espacio, tanto en la ISS como en posibles viajes interplanetarios. Por otra parte, es absolutamente necesario un estudio experimental y técnico. Creo que tu propuesta, si te decides por ella, es muy innovadora y muy valiente por tu parte debido a la dificultad intrínseca que conlleva.

DESARROLLO FORMAL

# DESARROLLO FORMAL

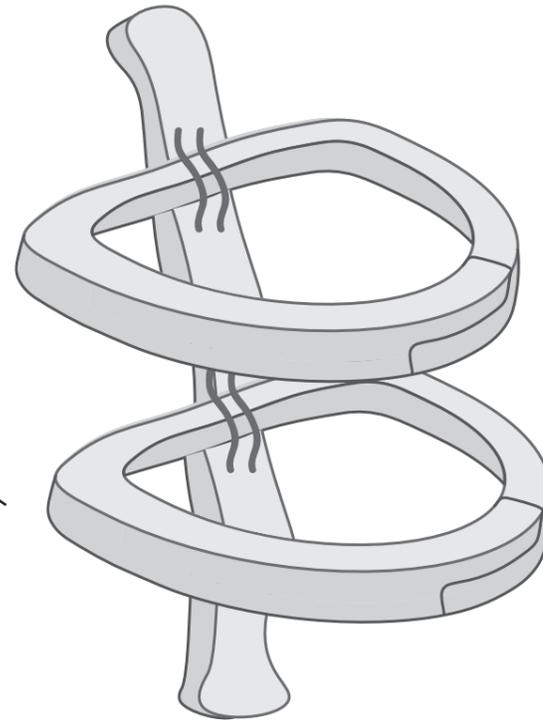
## BÚSQUEDA DE LA FORMA



1

### MÓDULO ABRAZADERA

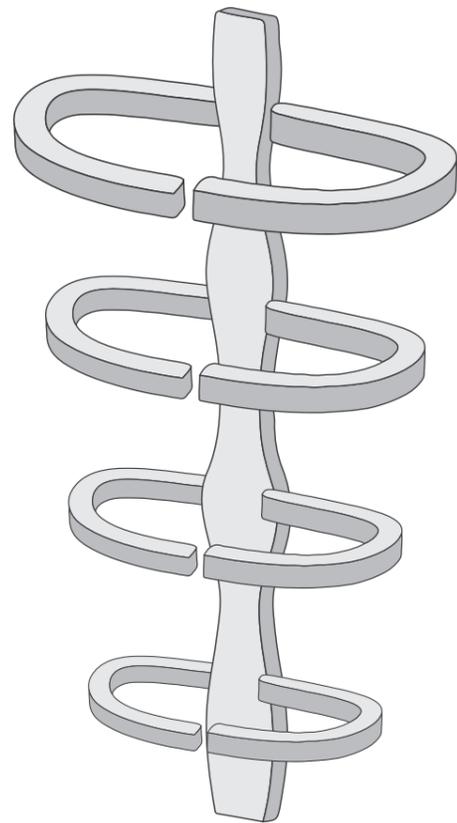
Lo ideal sería poder conectar unos módulos con otros.



2

### ÁRBOL DE MÓDULOS

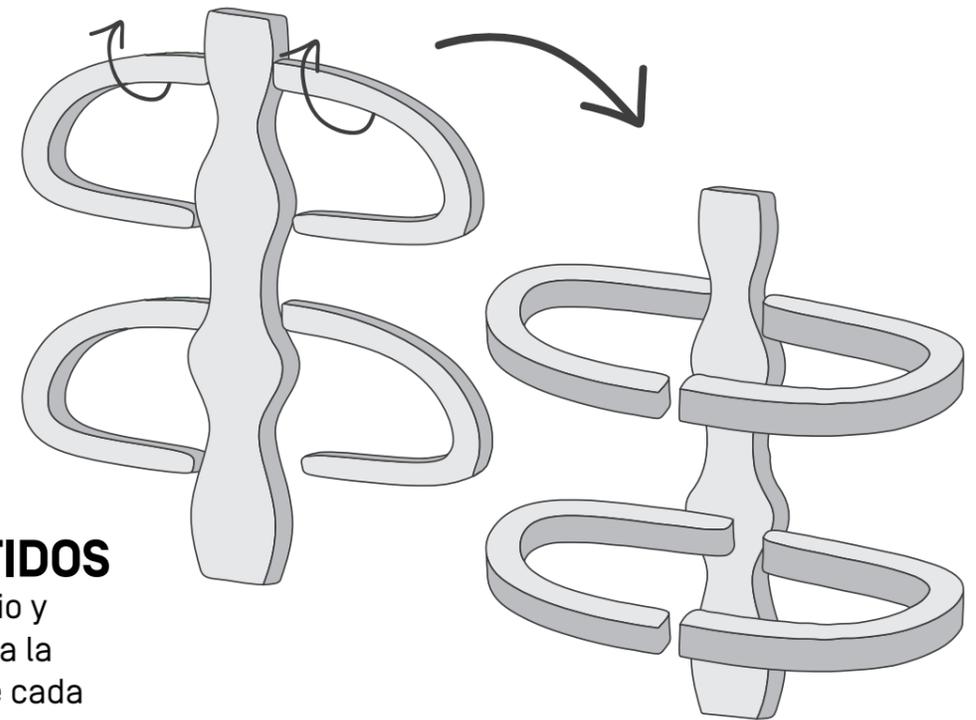
Para simplificar el diseño, sería adecuado dividir cada módulo en dos: para lograr una mejor articulación y optimizar el espacio.



4

### ÁRBOL CÓNICO DE MÓDULOS

Este es el boceto de la forma óptima para el funcionamiento del sistema. A partir de aquí, se desarrollará dicha estructura en detalle.



3

### ÁRBOL DE MÓDULOS PARTIDOS

De esta manera se ahorra mucho espacio y el diseño queda más compacto. Debido a la necesidad de sumar las intensidades de cada módulo, es necesaria una simetría cónica.

Figura 162: Desarrollo formal

## OPCIONES FORMALES

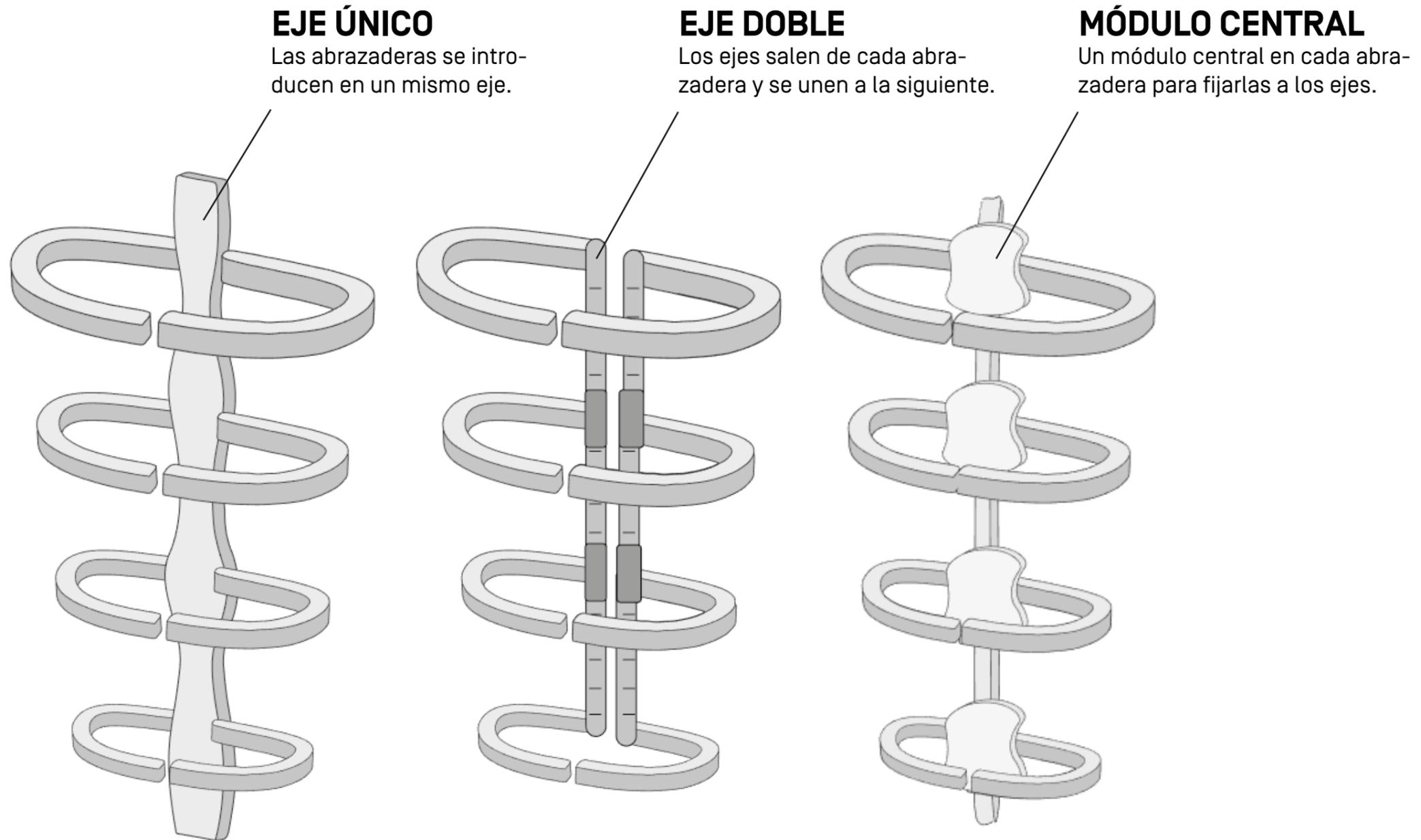
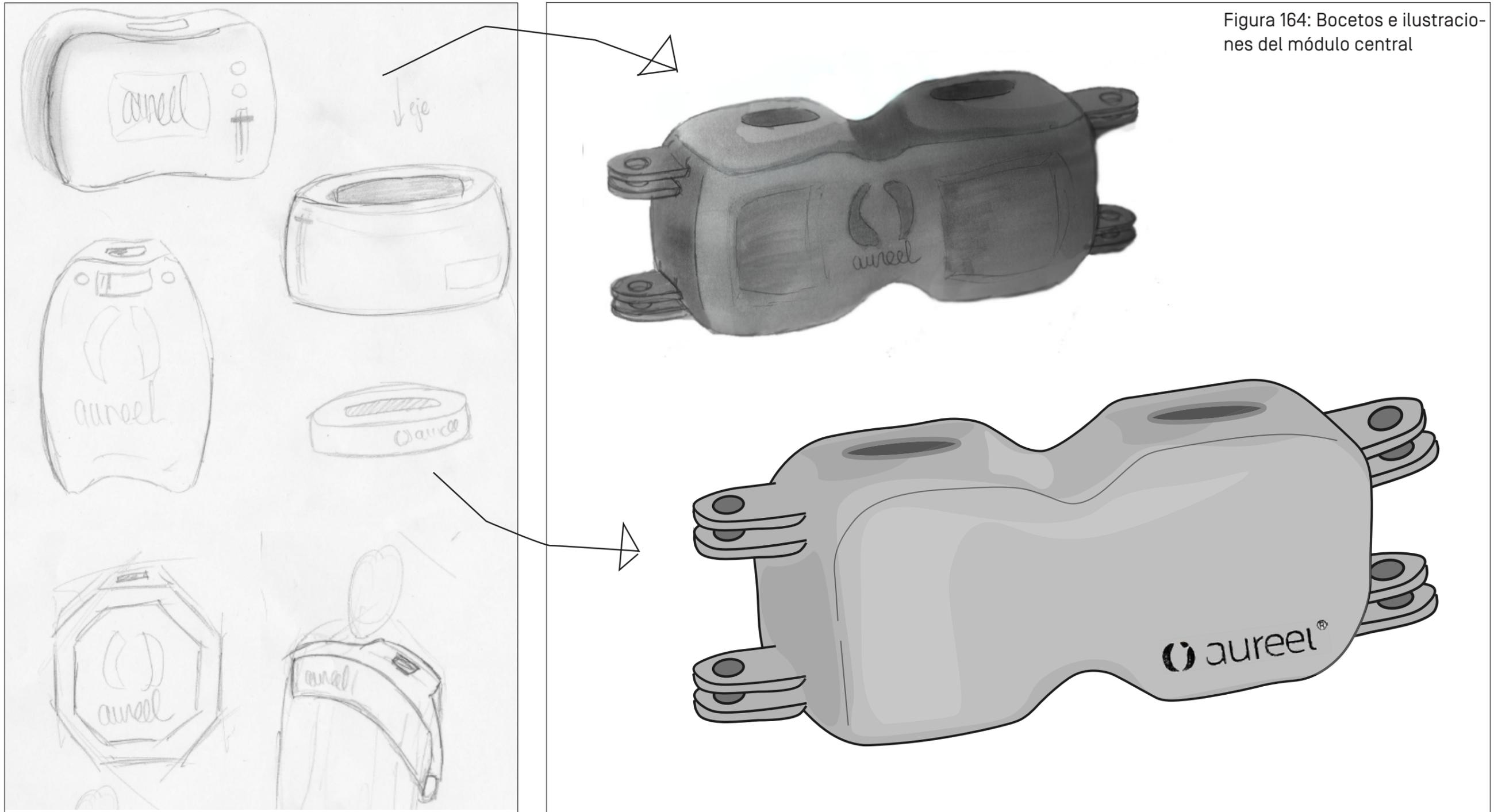


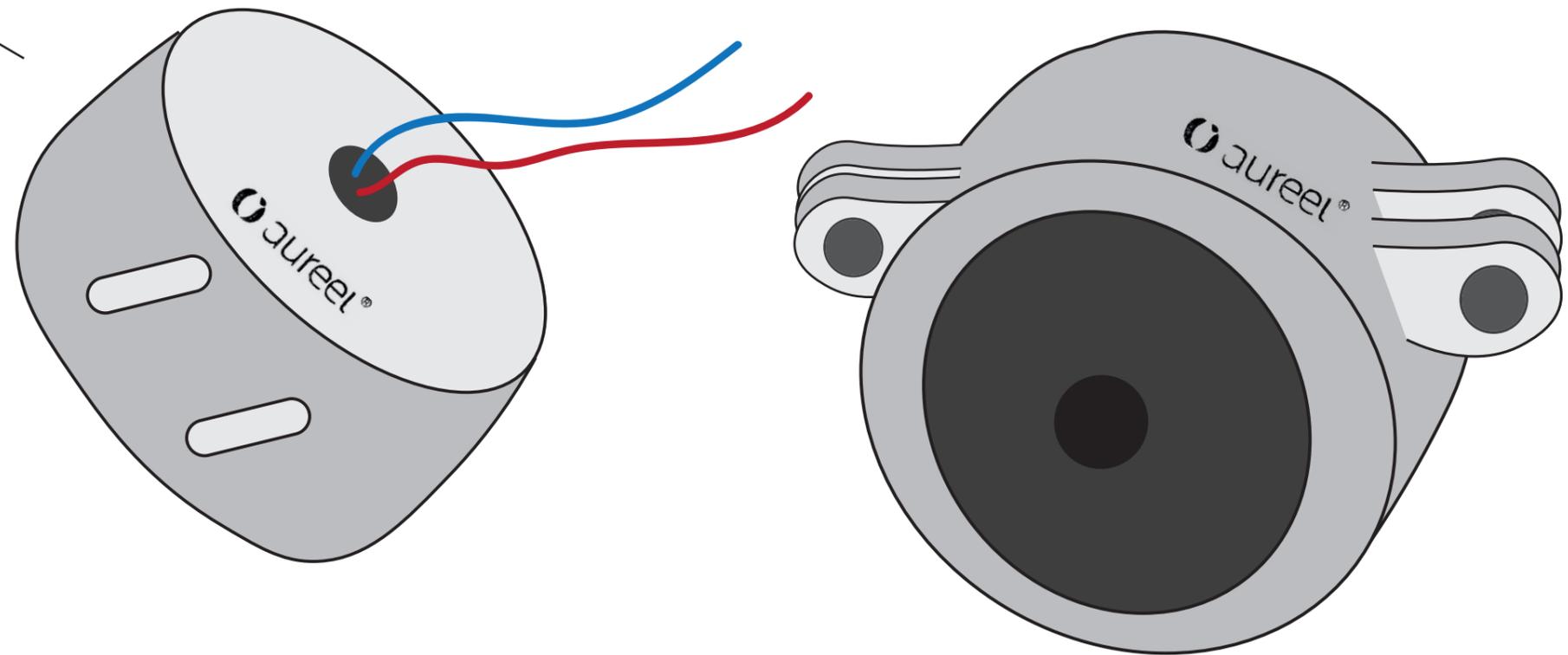
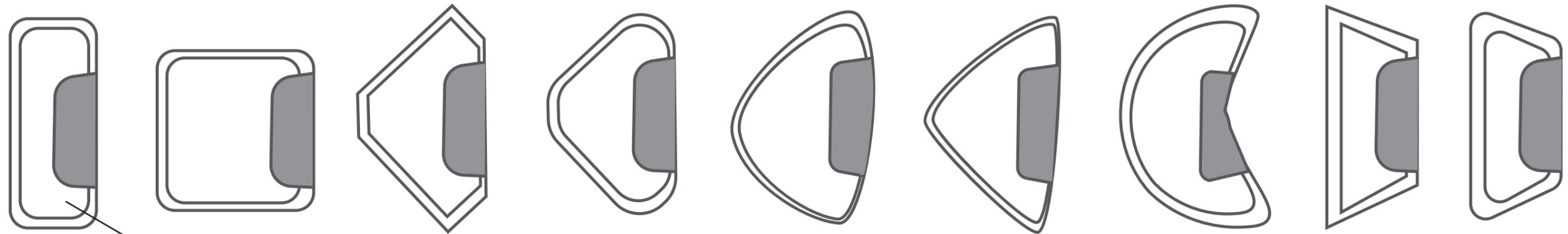
Figura 163: Opciones formales

# MÓDULO CENTRAL



# MÓDULO DE ALTAVOCES

Figura 165: Ilustraciones del módulo altavoz



Se busca la sección que más optimice el espacio, más cómoda para agarrar y más sencilla de fabricar.

# MATERIALES

## ANÁLISIS DE TERMOPLÁSTICOS

Nombre, unidad repetitiva	Estado	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Módulo elástico a tracción [ksi (GPa)]	Resistencia a la rotura [ksi (MPa)]	Elonga- ción a la rotura (%)	T <sub>g</sub> (°C)	T <sub>m</sub> (°C)	Conductivi- dad térmica (W/m-K)	Resistencia eléctrica (Ω-m)	Coefficiente de dilatación [(°C) <sup>-1</sup> × 10 <sup>-6</sup> ]
<b>Termoplásticos</b>										
Polietileno [—CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —] <sub>n</sub>	Alta densidad, 70-80% cristalino Baja densidad, 40-50% cristalino	0,952-0,965 0,917-0,932	155-158 (1,07-1,09) 25-41 (0,17-0,28)	3,2-4,5 (22-31) 1,2-4,5 (8,3-31,0)	10-1200 100-650	-90 -110	130-137 98-115	0,48 0,33	10 <sup>13</sup> -10 <sup>17</sup> 10 <sup>13</sup> -10 <sup>17</sup>	60-110 100-220
Politetrafluoroetileno [—CF <sub>2</sub> —CF <sub>2</sub> —] <sub>n</sub>	50-70% cristalino	2,14-2,20	58-80 (0,40-0,55)	2,0-5,0 (14-34)	200-400	-90	327	0,25	>10 <sup>16</sup>	70-120
Cloruro de polivinilo [—CH <sub>2</sub> —   CH—   Cl—] <sub>n</sub>	Altamente amorfo	1,30-1,58	350-600 (2,4-4,1)	6,0-7,5 (41-52)	40-80	75-105	212	0,18	—	50-100
Polipropileno [—CH <sub>2</sub> —   CH—   CH <sub>3</sub> —] <sub>n</sub>	50-60% cristalino	0,90-0,91	165-225 (1,14-1,55)	4,5-6,0 (31-41)	100-600	-20	168-175	0,12	>10 <sup>15</sup>	80-100
Poliestireno [—CH <sub>2</sub> —   CH—   C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> —] <sub>n</sub>	Amorfo	1,04-1,05	330-475 (2,28-3,28)	5,2-7,5 (36-52)	1,2-2,5	74-105	—	0,13	>10 <sup>14</sup>	50-83
Poli(metacrilato de metilo) [—CH <sub>2</sub> —   C—   C—O—CH <sub>3</sub>    O—] <sub>n</sub>	Amorfo	1,17-1,20	325-470 (2,24-3,24)	7-11 (48-76)	2-10	85-105	—	0,21	>10 <sup>12</sup>	50-90

Según la tabla adjunta, el Poli Cloruro de Vinilo, conocido como **PVC** posee todas las propiedades necesarias para la aplicación de este material en las piezas del producto. La característica que le distingue del resto, es, que en relación con el resto de propiedades, es la temperatura máxima hasta la que aguanta.

En la próxima página se realizará una breve tabla para cerciorarse de que es el material más adecuado.

Tabla 4: Tabla comparativa de las propiedades de los termoplásticos

## PROPIEDADES CONCRETAS DE TERMOPLÁSTICOS [165][166]

En la tabla se adjuntan los materiales elegidos en relación a las características básicas necesarias para poder aplicarse a productos de la estación espacial.

	TEMPERATURA MAX	AUTOEXTINGUIBLE	LIVIANO	Resistencia mecánica / RESISTENCIA	No expulsará gas cuando combustione. / GAS	DURABILIDAD	HIGIENE	DENSIDAD
<b>PVC</b>	212°C	X	X	ALTA		ALTA	ALTA	1,4 g/cm <sup>3</sup>
<b>ABS</b>	230°C			ALTA		ALTA	ALTA	1,05 g/cm <sup>3</sup>
<b>PET</b>	220°C		X	MEDIA		MEDIA	ALTA	1,38 g/cm <sup>3</sup>
<b>PP</b>	173°C	X	X	MEDIA		MEDIA	MEDIA	1,38 g/cm <sup>3</sup>
<b>PMMA</b>	173°C			MEDIA		ALTA	MEDIA	1,19 g/cm <sup>3</sup>
<b>PE</b>	150°C	X	X	MEDIA		MEDIA	MEDIA	- g/cm <sup>3</sup>

Tabla 5: Tabla comparativa de las propiedades concretas de los termoplásticos

## DESARROLLO - MATERIALES

**MATERIALES ELEGIDOS**

Será el **PVC** el material con el que se fabriquen las piezas realizadas a partir de moldes [las carcasas], mientras que se utilizará **3D Vinyl**, material similar al PVC pero preparado para impresoras, para las piezas que puedan imprimirse en 3D y **Aluminio 6061** para los ejes telescópicos. [167]

Figura 115: PVC

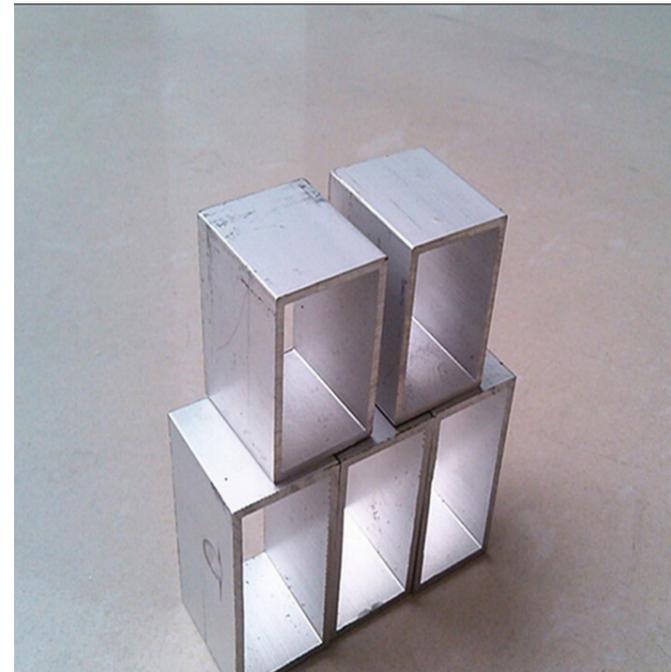
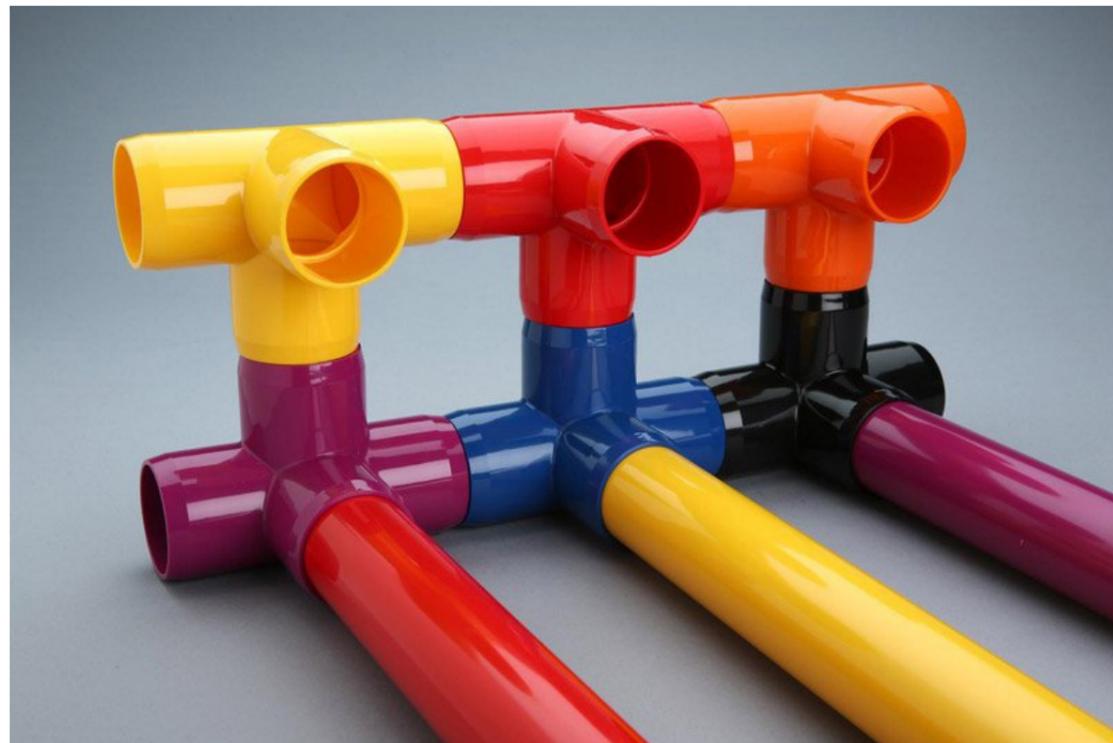


Figura 116: Aluminio 6061



Figura 117: Filamentos de 3D Vynil

## EDP's MATERIALES UTILIZADOS EN LA ISS <sup>[168]</sup>

Todos los materiales utilizados para la construcción de la ISS han respondido ante estándares extremadamente estrictos en cuanto a sus aspectos mecánicos: resistencia a la corrosión, durabilidad y comportamiento ante un incendio.

Los ensayos a realizar son muy específicos y los realizan en los laboratorios de las Agencias Espaciales, ya que se requiere máxima seguridad.

### PESO

Los materiales deberán ser lo más livianos posible debido al gran coste de poner objetos en órbita. Se estima que cada kg lanzado a la ISS supone un coste de unos 24.000 dólares.

### HIGIENE

Los materiales utilizados deben ser higiénicos, puesto que el entorno habitable es reducido y la tripulación debe mantener su estado salubre al máximo posible. Sería recomendable que el material fuera antibacteriano y con una superficie lisa que impidiese el estacionamiento de suciedad.



### COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO

Es necesario que los materiales se comporten de manera adecuada ante el fuego, evitando los inflamables, los que puedan producir chispas al exponerse a altas temperaturas y los que emitan gases tóxicos con el fin de proteger a la tripulación en caso de emergencia, ya que la ISS no puede evacuarse.

### DURABILIDAD

Es necesario que los materiales tengan una larga durabilidad sin sufrir desgaste ni corrosión, para que la vida útil de los productos sea la máxima posible.

# COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

En este apartado se van a decidir y elegir los componentes necesarios para la fabricación del producto. Habrá un breve estudio sobre la tecnología existente para cada uno de ellos en el caso en que sea necesario.

## COMPONENTES COMERCIALES

### **ALTAVOCES - TRANSDUCTORES**

Para generar las ondas mecánicas.

### **GENERADOR DE ONDAS**

Funcionará como fuente emisora de las ondas.

### **FILTRO PASO-BAJOS**

Para anular las frecuencias no deseadas.

## COMPONENTES ESTRUCTURALES

### **SISTEMA DE AGARRE**

Sistema para cerrar las abrazaderas.

### **SISTEMA DE ABRAZADERAS**

Sistema de sujeción vertical de abrazaderas.

### **MÓDULOS**

Carcasas y elementos de protección

## 1. ALTAVOCES - TRANSDUCTORES

Se necesita un transductor capaz de emitir pulsos de onda a 1 Hz.

### ALTERNATIVA 1

*Diseñar los altavoces*

Para conseguir unos altavoces que emitiesen "a la perfección" a 1 Hz de frecuencia, podría cambiarse el material de la superficie vibratoria, siguiendo las siguientes ecuaciones: **[169] [170]**

$$V_{0,1} = \frac{2,4048 \cdot c}{2\pi \cdot r}$$

donde, c es la velocidad de propagación que viene dada por  $c = \sqrt{T/G}$ , siendo T la tensión superficial de la membrana, G la densidad superficial (que viene dada por:  $G = m/a$ , donde m es la masa y a es el área), siendo r el radio de la membrana y V la frecuencia.

Para conseguir que el altavoz emitiese a la perfección en frecuencias de 1 Hz, habría que diseñar una membrana jugando con el material y el área para conseguir el valor prefijado. Por ejemplo, para un radio de 5 cm, una frecuencia de 1 Hz: **[180]**

$$c = \frac{2\pi \cdot 0,05 \cdot 1000}{2,4048} = 0,13 \text{ m/s} \quad 0,13 = \sqrt{\frac{T}{G}}$$

### ALTERNATIVA 2

*Utilizar componentes comerciales*

Los altavoces o subwoofer actuales no están diseñados para una emisión continua en infrasonidos (frecuencias menores a 20 Hz), pero sí que pueden emitir a 1 Hz de frecuencia de manera pulsada (ha sido comprobado experimentalmente), por lo que la opción más adecuada es buscar un componente comercial.

Se buscarán unos altavoces de graves (subwoofer) buscando que sean de pequeño diámetro para reducir el tamaño del producto final, que serán conectados a un generador de onda que permita programarlos y a un filtro de frecuencias pasa bajas que anule el espectro de frecuencias que se emite al no ser una onda pura.



Figura 118: Membrana para subwoofers

## 1. POTENCIA Y CANTIDAD DE TRANSDUCTORES NECESARIOS

Es necesario conocer la cantidad de altavoces que deberán conectarse en cada abrazadera para conseguir el incremento de presión requerido para generar la gravedad artificial.

Se parte de que en el diseño se proponen cuatro abrazaderas. El primer paso será cambiar de unidades la presión: 100 mmHg a Pascales,

*Sabiendo que, 1 mmHg equivale a 133,32 Pa,*

*para un  $\Delta P = 100 \text{ mmHg}$ ,*

$$x = 133,32 \cdot 100 \approx 13332 \text{ Pa} = 133,33 \text{ HPa}$$

Lo siguiente será calcular la intensidad necesaria para generar tal presión, [179]

$$I = \frac{\Delta P^2}{2 \cdot \rho \cdot V_{prop}} = \frac{13332^2}{2 \cdot 933 \cdot 1500} =$$

$$= 63,50 \text{ W/m}^2$$

Así pues, se necesita una intensidad de 63,50 W/m<sup>2</sup> para cada transductor. Lo siguiente es calcular la intensidad de cada transductor: [171]

$$A_{1 \text{ TRANSD.}} = \frac{P_{TOTAL}}{N^{\circ} \text{ ABRAZADERAS}} = \frac{13.332}{4} = 3.333 \text{ Pa}$$

$$A_{1 \text{ TRANSD.}} = 3.333 \text{ Pa}$$

Interesa que el tamaño de los altavoces sea el mínimo, ya que las dimensiones son una EDP crítica, y que se coloquen varios altavoces en cada abrazadera para asegurar que los frentes de onda se distribuyan uniformemente por cada zona del cuerpo. De manera que, suponiendo que colocamos 8 altavoces en cada módulo y suponiendo un diámetro de 4 cm, previa investigación en internet de altavoces subgraves unidireccionales, se llega a lo siguiente:

$$I_T = \frac{3.333^2}{2 \times 933 \times 1500} = 3,96 \text{ W/m}^2$$

Es decir, cada subgrave tendrá que tener una intensidad de 3,96 W, y, con ello, una potencia de: [171]

$$Pot_{1 \text{ TRANSD.}} = I \times \pi \times R^2$$

$$Pot_{1 \text{ TRANSD.}} = 3,96 \times \pi \times 0,04^2 = 0,012 \text{ W}$$

Se requiere una potencia de 0,012 W, lo cual es una potencia muy pequeña. No se fabrican altavoces con tal característica, por lo que se utilizarán dispositivos de mayor potencia, aunque luego se programen para utilizarse a menos watios.

---

*Aunque lo ideal sería diseñar cada uno de los componentes de manera individual, para la optimización del sistema, en este trabajo se va a contemplar la búsqueda de componentes comerciales para la simplificación del mismo. Por ello se establecen unas características teóricas a seguir.*

## 1. ELECCIÓN DEL ALTAVOZ



### DROK® Stereo Woofer Altavoz de alta sensibilidad

Impedancia: 4  $\Omega$   
 Potencia nominal: 15 W  
 Sensibilidad: 90 dB  
 Frecuencia de vigencia: 108 Hz - 20 kHz  
 Dimensiones:  $\varnothing$ 78 x 52 mm  
 Peso: 422 g  
 Precio: 25,8 €



### AUDIO LABS de alta fidelidad de graves

Modelo: DL30TZF-02  
 Potencia nominal: 15-25 W  
 Sensibilidad: 87 dB  
 Frecuencia de vigencia: 20 Hz - 20 kHz  
 Dimensiones:  $\varnothing$ 67 x 57 mm  
 Impedancia: 4  $\Omega$   
 Precio: 33,55 €



### Transductor Loudity L

Transductor de sonido: piezoeléctrico  
 Modelo: LD - BZPN - 3510  
 Generador interno: no  
 Frecuencia de resonancia: 1.1 kHz  
 Temperatura de trabajo: -30 a 80 °C  
 Diámetro: 34,5 mm Ancho: 9,2 mm  
 Nivel de sonido: 81 dB  
 Tolerancia de frecuencia res.: +-500Hz

## COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

## 2. GENERADOR DE ONDAS

Se necesita un transductor capaz de emitir pulsos de onda a 3 Hz. Se propondrá un modelo comercial elegido acorde con el proyecto, aunque las Agencias Espaciales desarrollan sus propios sistemas.

### REQUERIMIENTOS

- Que tenga cuatro canales de salida, para poder conectar cada una de las abrazaderas.
- Ser capaz de emitir pulsos de onda de infrasonidos, desde 1 Hz hasta 6 Hz. No es necesario que la fidelidad del infrasonido sea elevada, ya que lo único que se busca con ellas es la creación de una presión.
- Debe ser programable, mediante un programa informático o mediante un circuito integrado, para poder realizar los ciclos deseados.
- El coste del subproducto no es un aspecto crítico, ya que el presupuesto del usuario al que va destinado el producto es muy amplio.

### MODELO ELEGIDO

Modelo: **WW5064/1074/2074**

- Generador de forma de ondas de 4 canales
- Ondas sinusoidales: 80MHz
- Ondas cuadradas: 50 MHz
- Resolución de amplitud: 16 bits
- M10 Vp-p en 50Ω
- Múltiples modos de funcionamiento: disparador, temporizador y retardo de disparo.
- Cuatro salidas SYNC independientes



PARA MÁS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONSULTAR:  
**Anexo 2.4.1. GENERADOR**

## 2. GENERADOR DE ONDAS

### CRITERIOS PARA LA PROGRAMACIÓN DEL GENERADOR

#### PREPARACIÓN DEL GENERADOR

Cada abrazadera se conecta a cada uno de los cuatro canales de salida del generador, ya que todos los altavoces de cada abrazadera actúan de manera simultánea pero de manera independiente con el resto de abrazaderas. Por ello, cada una se conecta a un canal que será el que envíe la información sobre la actuación de cada una.

#### PROGRAMACIÓN DEL GENERADOR

El periodo de onda es de 0,3 segundos, por lo que la emisión de onda en cada una de las abrazaderas será activado cada 0,3 segundos comenzando por la superior. Es decir, la abrazadera 1 emitirá un pulso de onda, a los 0,3 segundos la abrazadera 2 emitirá un pulso de onda, a los 0,6 segundos lo hará la tercera abrazadera y a los 0,9 segundos lo hará la cuarta, de manera que se sumarán los pulsos de onda entrando en fase unos con otros.

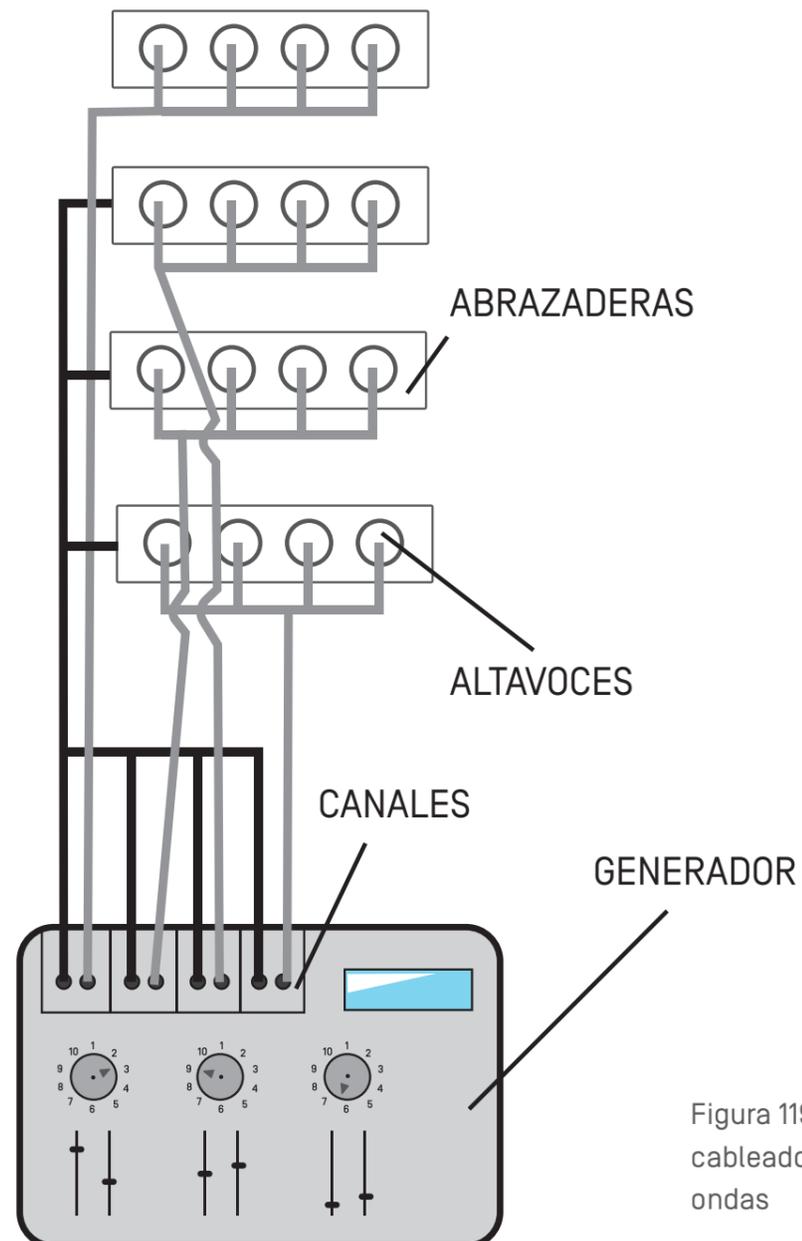


Figura 119: Esquema de cableado del generador de ondas

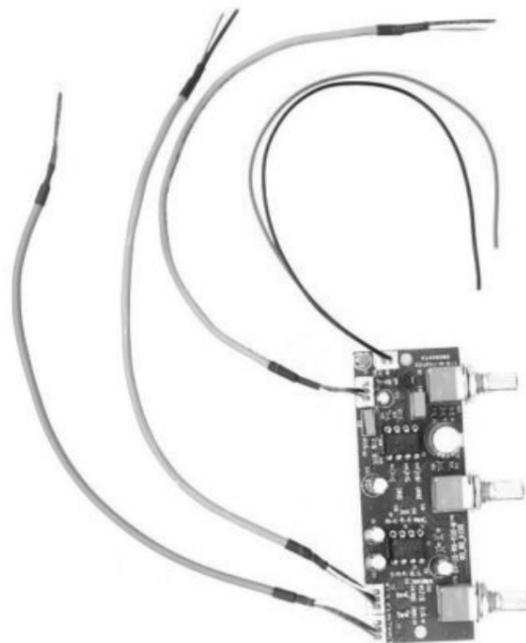
## 2. GENERADOR DE ONDAS

### FRECUENCIA REQUERIDA Y TIEMPO ENTRE PULSOS

#### FRECUENCIA DE 3 HZ

Finalmente se ha decidido utilizar una frecuencia de 3 Hz, dentro de los infrasonidos, tanto por las cuestiones psico-acústicas como por la longitud de onda necesaria. Será necesario utilizar un filtro paso bajos para eliminar las frecuencias no deseadas, debido a que la emisión de las ondas no es pura, y aunque el generador de ondas se programe para formar ondas de 3 Hz de frecuencia, se reproducirán todas las frecuencias en menor medida, y es necesario erradicarlas puesto que hay frecuencias nocivas para la salud, como son la de 7 y 13 Hz, que desestabilizan mentalmente a los usuarios, produciéndoles estrés y miedo.

El componente utilizado será este modelo comercial: **Preamplificador NE5532 Subwoofer Filtro de Paso Bajo de 2.1 Canales Tablero Del Amplificador 12 V ~ 24 V DC.**



Filtro paso bajos NE5532

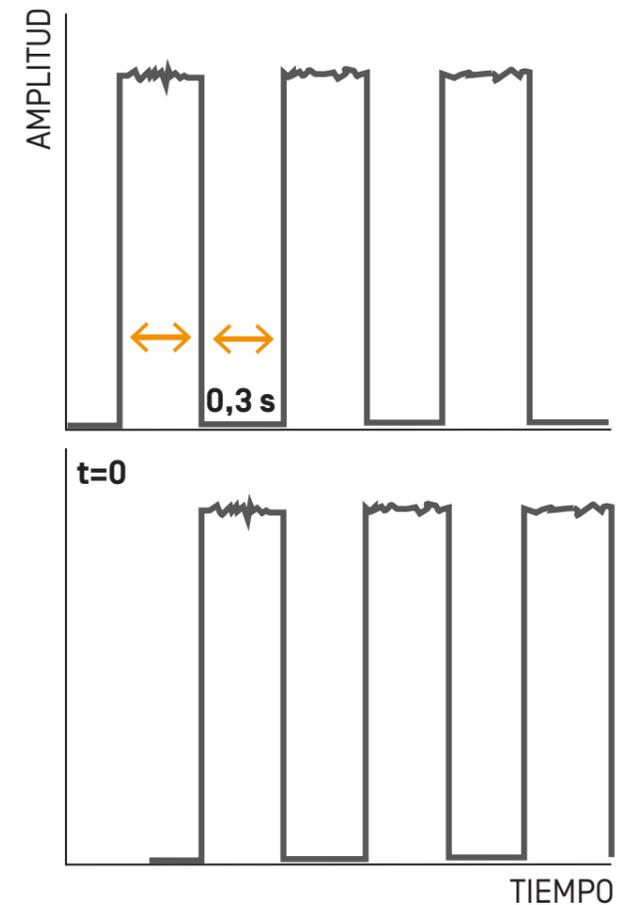
#### CÁLCULO DEL TIEMPO ENTRE PULSOS

El cálculo de tiempo entre pulsos es muy sencillo, simplemente se aplica la siguiente fórmula:

$$f = \frac{1}{T}$$

$$3 = \frac{1}{T} \rightarrow T = 0,3 \text{ seg.}$$

Esto quiere decir, que habrá un tiempo de 0,3 segundos entre la emisión de un pulso de onda y otro para que se puedan sumar unos y otros.



### 3. ARTICULACIONES

El objetivo es articular las abrazaderas para que los usuarios puedan acomodarse en el interior y una vez dentro, cerrarlas para que los transductores puedan actuar rodeando el cuerpo periféricamente.

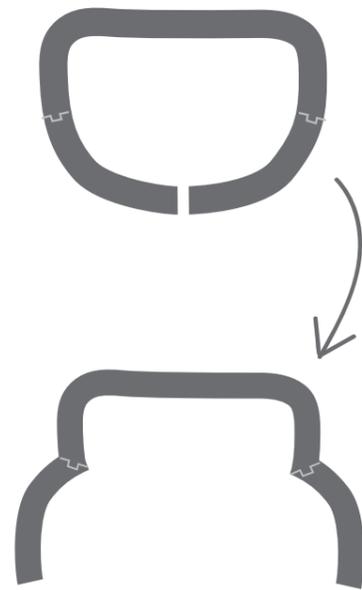


Figura 166: Esquema de articulación

#### ALTERNATIVA 1

##### Sistema de bisagras

Como solo es necesario un grado de libertad, podría estudiarse el uso de bisagras como elemento de articulación. Lo cual, sería un sistema sencillo para integrar al producto. La articulación sería abatible:

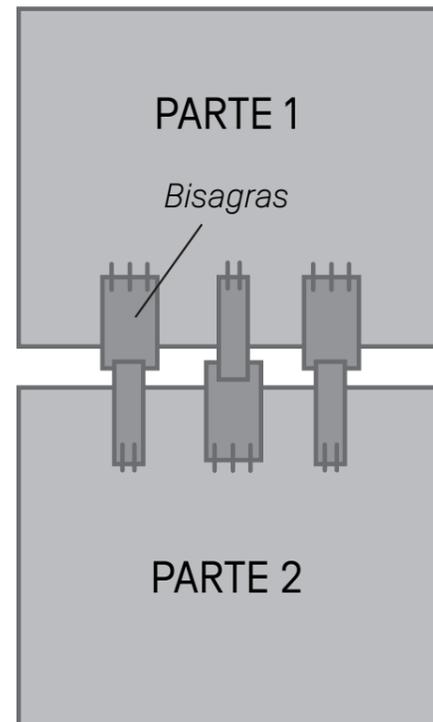


Figura 167: Sistema de bisagras

#### ALTERNATIVA 2

##### Sistema esférico de articulación

Este sistema es un poco más complejo, pero la articulación que se obtendría sería de 360°, no sólo abatible. Consiste en una esfera situada en una de las partes y un hueco para la esfera en la otra parte:

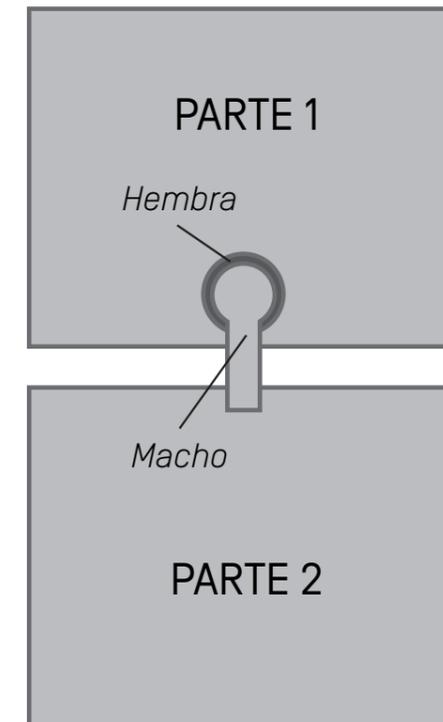


Figura 168: Sistema esférico de articulación

### 3. ARTICULACIONES

#### ALTERNATIVA 3

##### Sistema esférico

Un sistema mecánico que permita la rotación en el eje X y Z para rotar las abrazaderas y permitir al usuario su manejo.

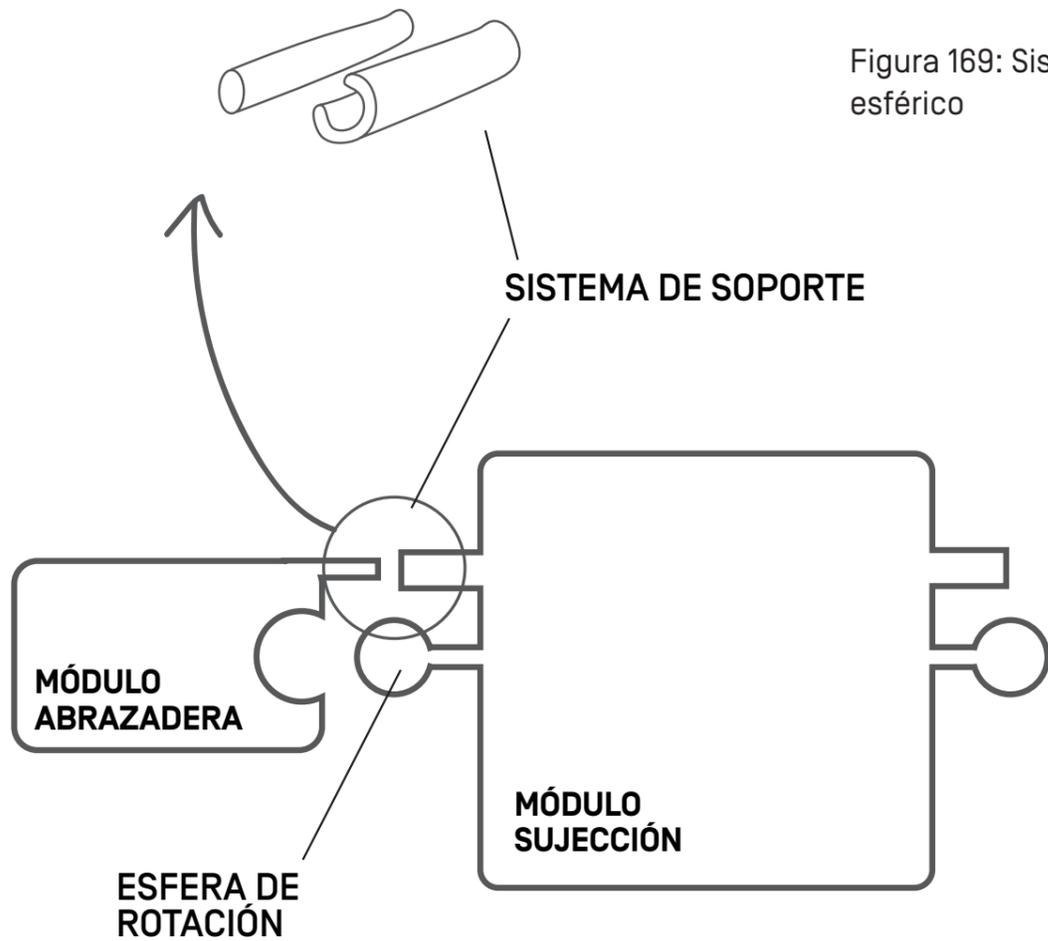


Figura 169: Sistema esférico

#### ALTERNATIVA 4

##### Cadena de piezas

Cadena flexible que permite una adaptación completa de la abrazadera al usuario y además permite su colocación de manera fácil y rápida.

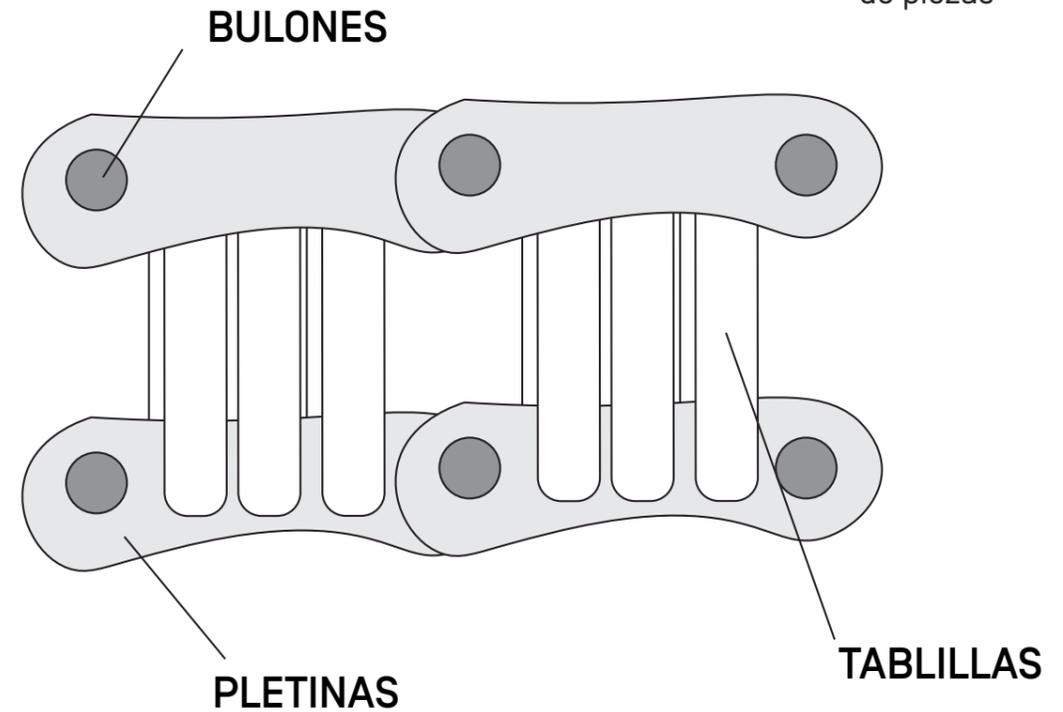


Figura 170: Cadena de piezas

### 3. ARTICULACIONES

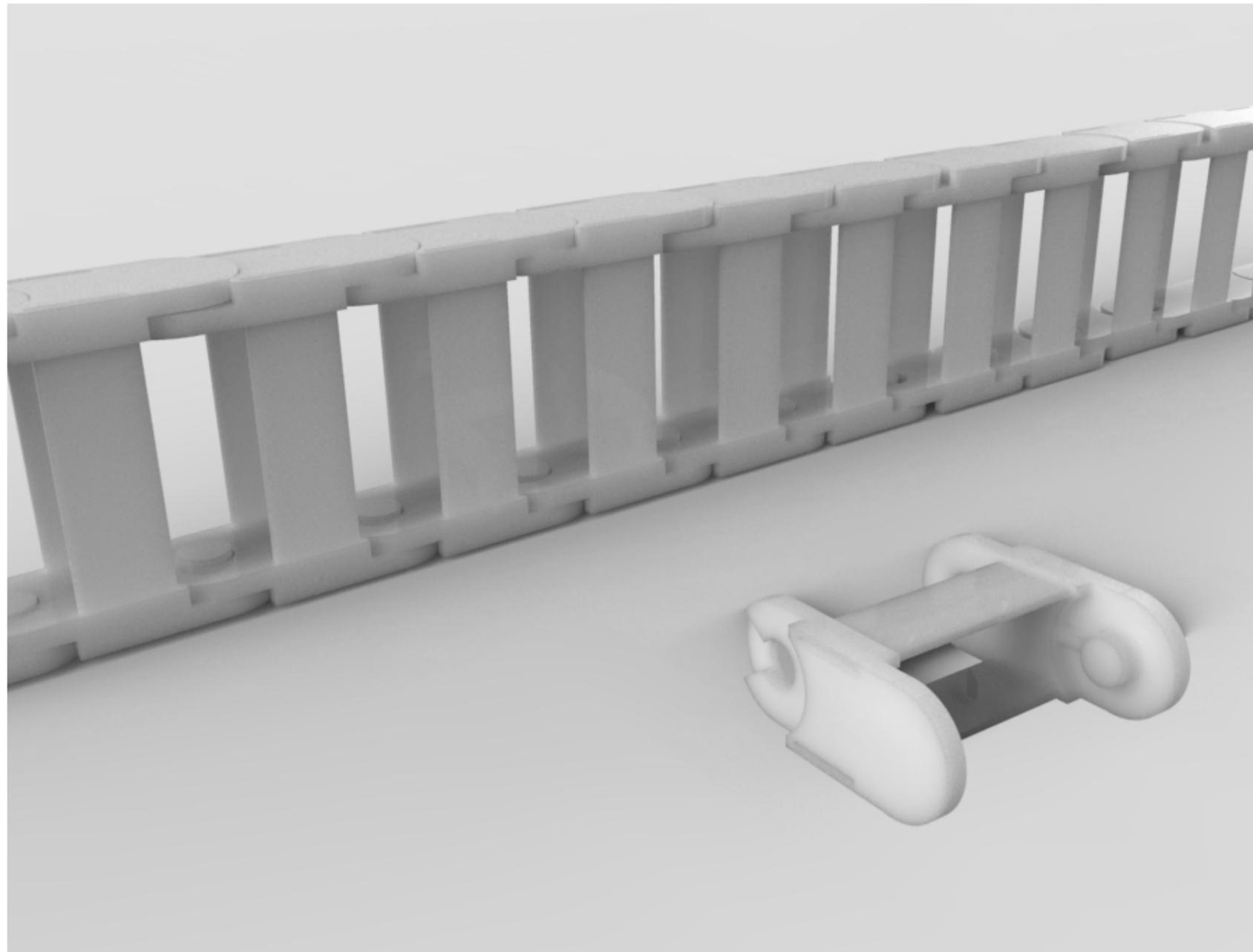


Figura 171: Render cadena de piezas

Los módulos de altavoces irán enganchados a una cadena de piezas entramadas por bulones, que permiten una amplia flexibilidad para adaptarse a las medidas de cada usuario.

Estas piezas podrán añadirse o quitarse dependiendo de las necesidades de cada tripulante, de manera que en el diseño se establecerán un número de piezas estándar que podrá variar.

Las piezas tienen una longitud de 60 milímetros, puesto que la medida estándar de los módulos abrazadera será de 1260 mm y, a partir de ahí, podrá variar a diferentes múltiplos de 60.

### 3. MONTAJE DE ARTICULACIONES

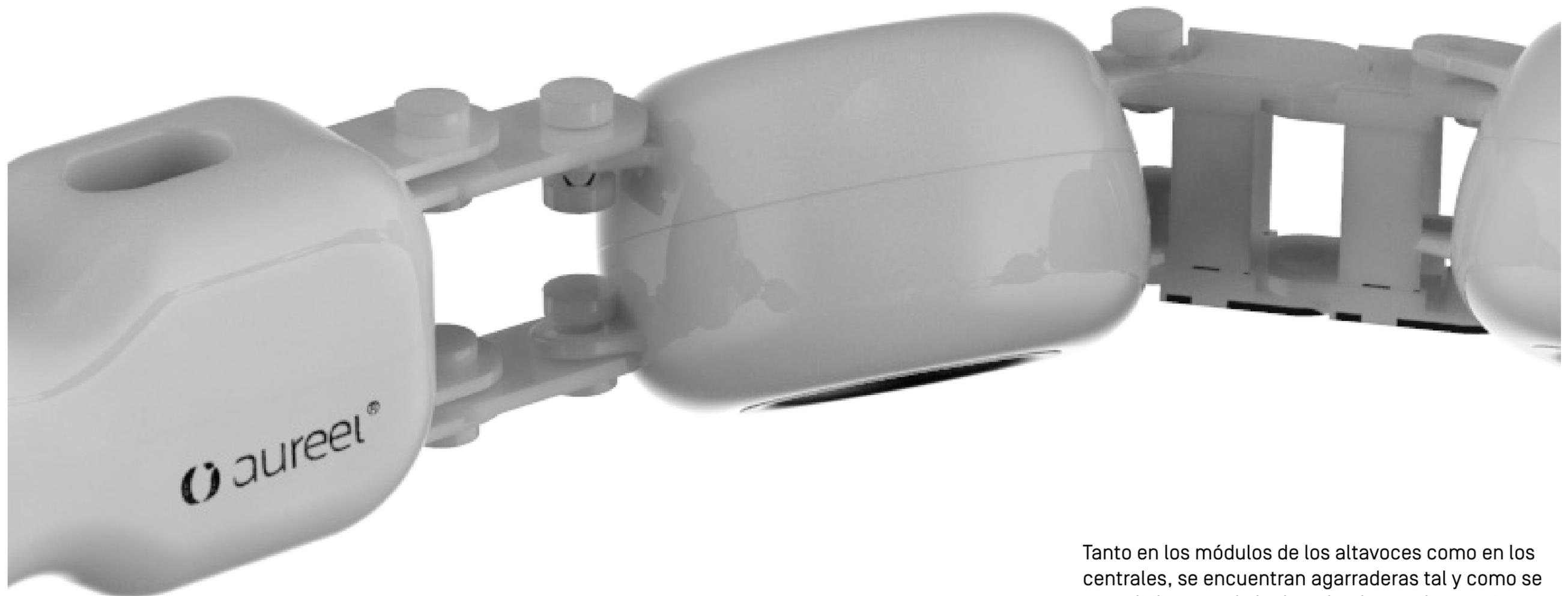


Figura 172: Render  
vista en detalle

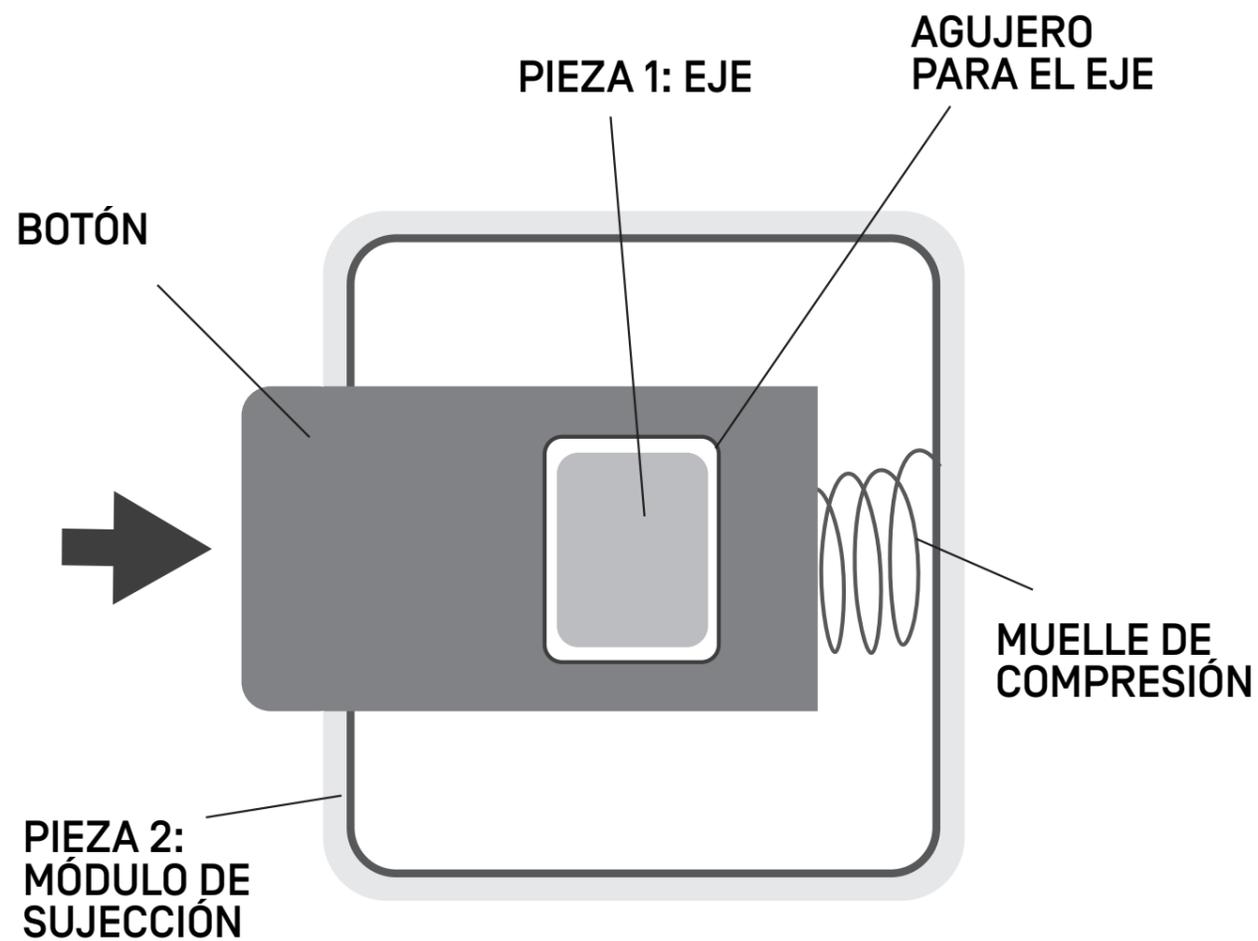
Tanto en los módulos de los altavoces como en los centrales, se encuentran agarraderas tal y como se ve en la imagen de la derecha, las cuales se atraviesan de bulones roscados. En los casos que sea necesario, se utilizará una pieza adicional, la de la figura de la derecha, que permitirá unir los módulos a las agarraderas aunque no haya agujero en ese lado.

## 4. SUJECCIÓN AL EJE

### ALTERNATIVA 1: SISTEMA TANKA

Es necesario que cada módulo de sujeción se agarre a un eje externo, para ello una alternativa sería un sistema tanka que comprimiase la pieza hacia el eje aportando sujeción entre ambas piezas.

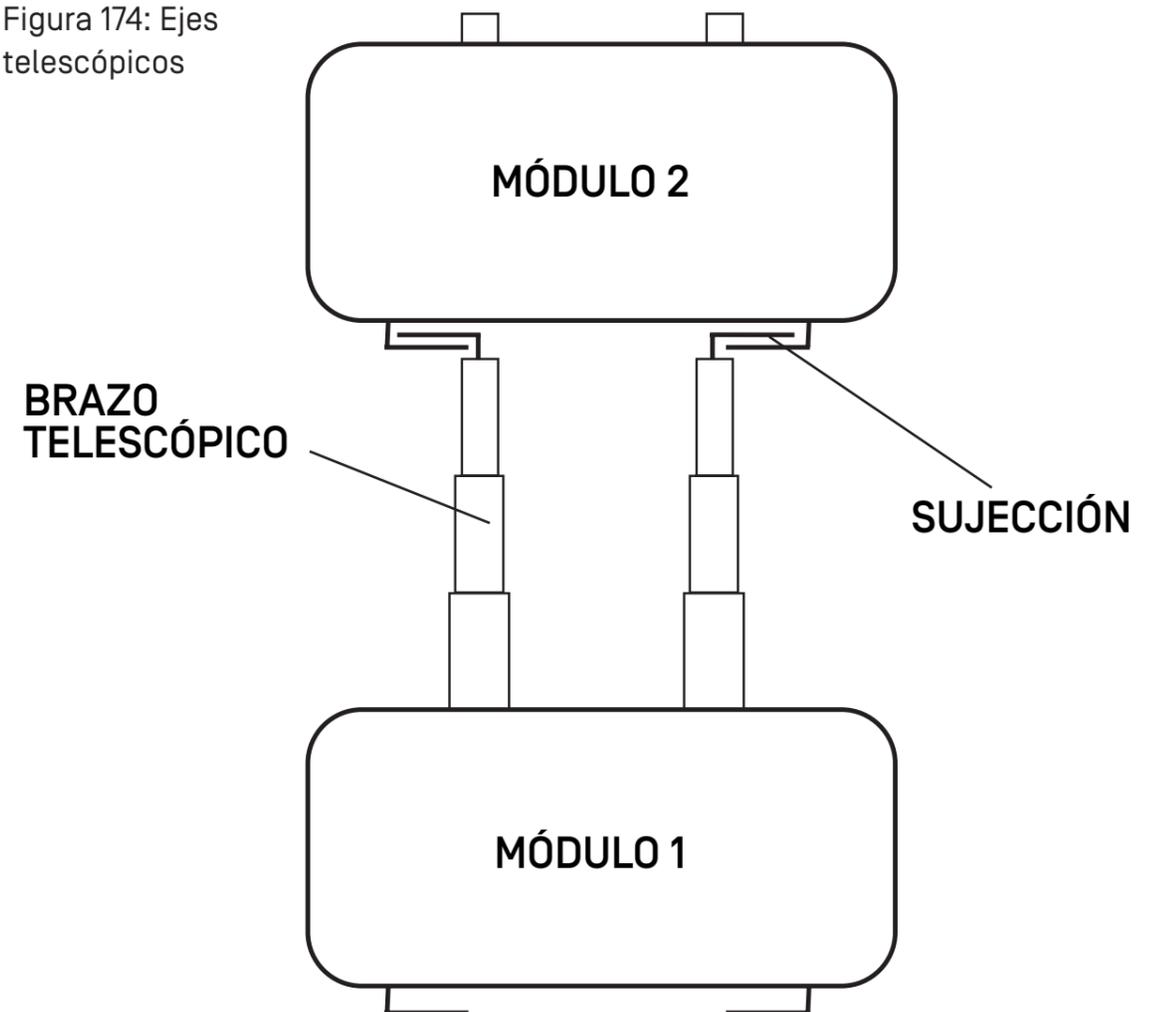
Figura 173: Sistema Tanka



### ALTERNATIVA 2: EJES TELESCÓPICOS

Otra alternativa es utilizar brazos telescópicos que unan un módulo a otro, asegurando que su colocación sea óptima y un diseño compacto. En esta opción no hay un eje externo, sino que cada módulo tiene el suyo propio.

Figura 174: Ejes telescópicos



## 4. SUJECCIÓN AL EJE

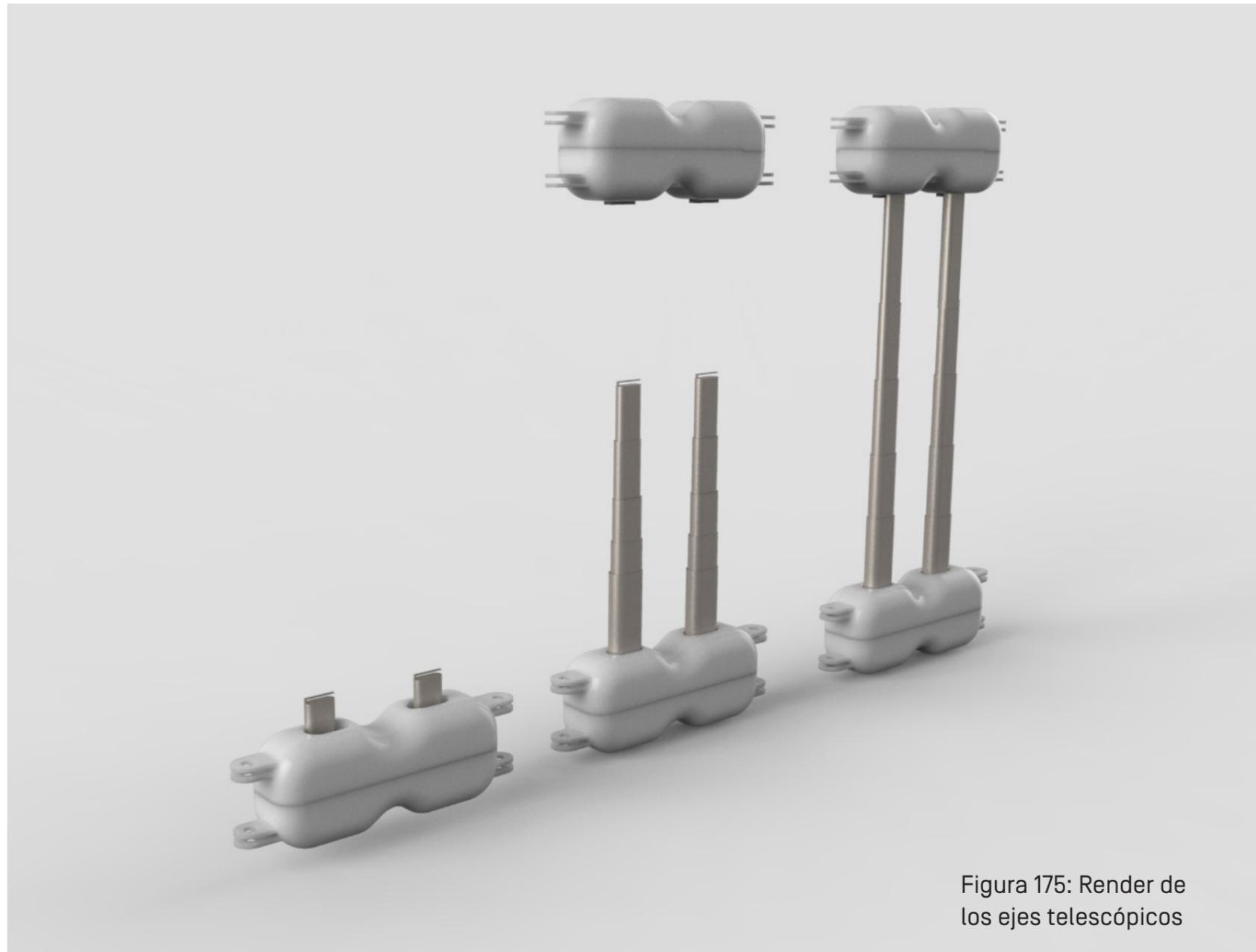


Figura 175: Render de los ejes telescópicos

Se ha elegido el sistema de brazos telescópicos, su funcionamiento es muy simple, tal y como se muestra a continuación. Los ejes están diseñados con un sistema de tope que los mantiene fijos en su posición.

### VENTAJAS

Es un sistema compacto que no ocupa más espacio.

En el producto, se podrá poner una regla en los brazos telescópicos para ajustar la distancia entre uno y otro para cada usuario, es decir, es más regulable.

Mejora la sujeción de los módulos, puesto que se acoplan unos a otros.

Su instalación es más sencilla, puesto que podría haber problemas para introducirlo en los dormitorios si el eje fuese externo y rígido.

Es un sistema muy sencillo de sustituir y reemplazar piezas.

Al ser perfiles vaciados, puede ser de un material metálico que tiene una vida útil mayor.

## DESARROLLO TÉCNICO

**DESARROLLO TÉCNICO**

En este apartado se van a desarrollar todos los aspectos necesarios para la viabilidad del proyecto, así como las características necesarias para su funcionamiento.

**NOTA IMPORTANTE:**

*Aunque lo ideal sería diseñar cada uno de los componentes de manera individual, para la optimización del sistema, en este trabajo se va a contemplar la búsqueda de componentes comerciales para la simplificación del mismo. Por ello se establecen unas características teóricas a seguir.*

- 1.00.00** Abrazadera I
- 2.00.00** Ejes telescópicos
- 3.00.00** Abrazadera II
- 4.00.00** Abrazadera III
- 5.00.00** Abrazadera IV
- 6.00.00** Generador de ondas

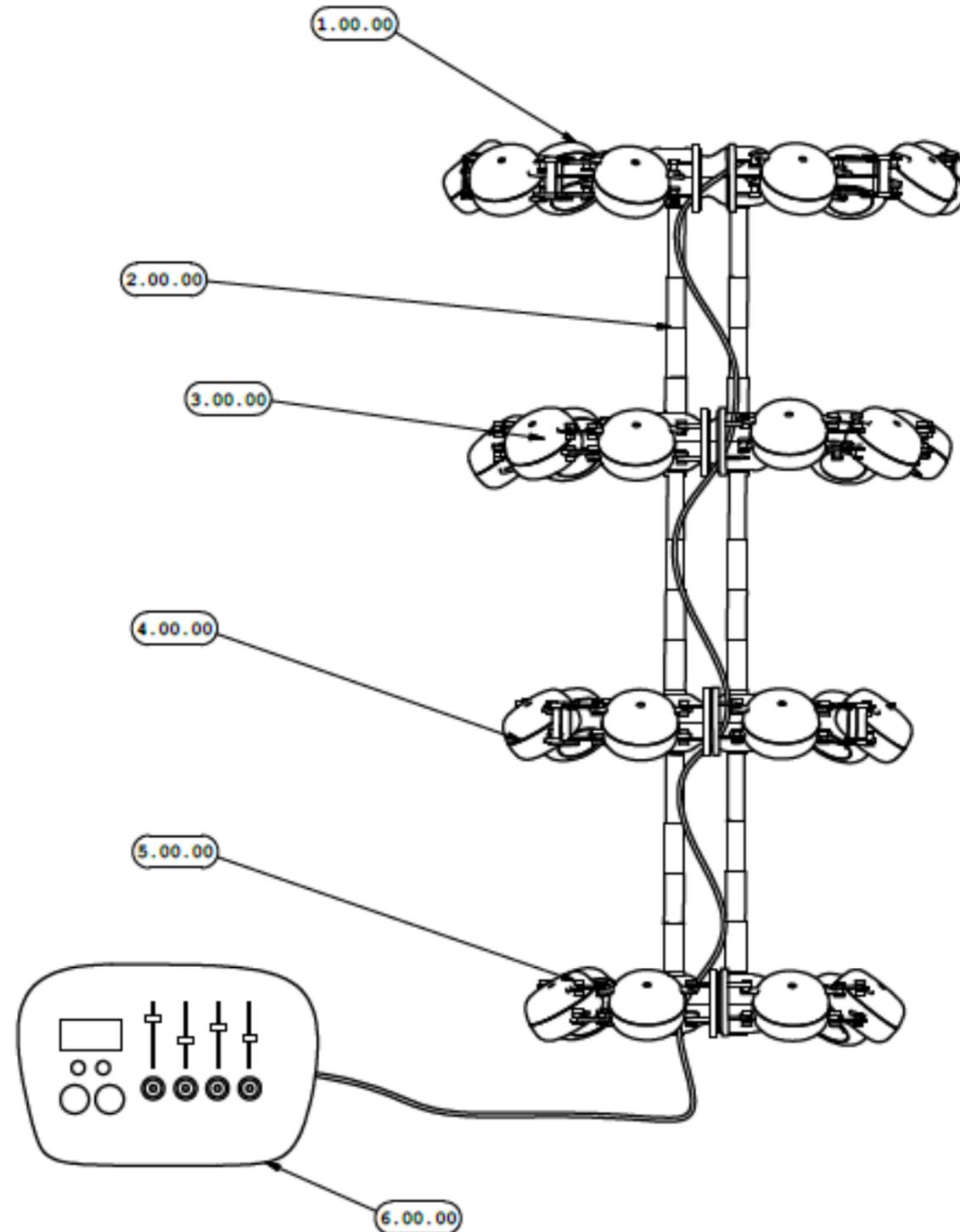


Figura 176: Vista en 2D del dispositivo

## 1. RELATIVO A LAS ONDAS

El primer punto fundamental para el desarrollo del producto, es establecer los aspectos necesarios para que las ondas cumplan su función.

### OBJETIVO:

Que las ondas de infrasonidos generen un incremento de presión entre cabeza y pies de 120 mmHg, que es la presión a la que se expone el cuerpo humano en condiciones terrestres.

### ESTUDIOS NECESARIOS:

- 1.1. Cálculo del número de altavoces necesarios y de la amplitud de onda necesaria para generar los valores de presión establecidos.
- 1.2. Análisis de la direccionalidad de las ondas de los altavoces y búsqueda de la tecnología necesaria.
- 1.3. Cálculo de la inclinación de los altavoces para que se sumen las presiones de cada abrazadera.
- 1.4. Cálculo del periodo de tiempo entre la emisión de ondas de una abrazadera y otra.
- 1.5. Cálculo de la regulación de dimensiones para adaptar las abrazaderas a diferentes medidas antropométricas.
- 1.6. Análisis gráfico de ondas emitidas y representación mediante ilustraciones.

## 1. RELATIVO A LAS ONDAS

### 1.1. CÁLCULO DEL NÚMERO DE ALTAVOCES NECESARIOS Y DE LA AMPLITUD DE ONDA REQUERIDA PARA GENERAR LOS VALORES DE PRESIÓN ESTABLECIDOS

Es necesario conocer la cantidad de altavoces que deberán conectarse en cada abrazadera para conseguir el incremento de presión requerido para generar la gravedad artificial.

Se parte de que en el diseño se proponen cuatro abrazaderas. El primer paso será cambiar de unidades la presión: 100 mmHg a Pascales,

*Sabiendo que, 1 mmHg equivale a 133,32 Pa,*

*para un  $\Delta P = 100 \text{ mmHg}$ ,*

$$x = 133,32 \cdot 100 \approx 13332 \text{ Pa} = 133,33 \text{ HPa}$$

Lo siguiente será calcular la intensidad necesaria para generar tal presión, [179]

$$I = \frac{\Delta P^2}{2 \cdot \rho \cdot V_{prop}} = \frac{13332^2}{2 \cdot 933 \cdot 1500} =$$

$$= 63,50 \text{ W/m}^2$$

Así pues, se necesita una intensidad de 63,50 W/m<sup>2</sup> para cada transductor. Lo siguiente es calcular la intensidad de cada transductor:

$$A_{1 \text{ TRANSD.}} = \frac{P_{TOTAL}}{N^{\circ} \text{ ABRAZADERAS}} = \frac{13.332}{4} = 3.333 \text{ Pa}$$

$$A_{1 \text{ TRANSD.}} = 3.333 \text{ Pa}$$

Interesa que el tamaño de los altavoces sea el mínimo, ya que las dimensiones son una EDP crítica, y que se coloquen varios altavoces en cada abrazadera para asegurar que los frentes de onda se distribuyan uniformemente por cada zona del cuerpo. De manera que, suponiendo que colocamos 8 altavoces en cada módulo y suponiendo un diámetro de 4 cm, previa investigación en internet de altavoces subgraves unidireccionales, se llega a lo siguiente:

$$I_T = \frac{3.333^2}{2 \times 933 \times 1500} = 3,96 \text{ W/m}^2$$

Es decir, cada subgrave tendrá que tener una intensidad de 3,96 W, y, con ello, una potencia de: [174]

$$Pot_{1 \text{ TRANSD.}} = I \times \pi \times R^2$$

$$Pot_{1 \text{ TRANSD.}} = 3,96 \times \pi \times 0,04^2 = 0,012 \text{ W}$$

### CONCLUSIONES

Se requiere una potencia de 0,012 W, lo cual es una potencia muy pequeña. No se fabrican altavoces con tal característica, debido a que el fin de los altavoces comerciales de subgraves es la reproducción de sonidos y la potencia para un buen funcionamiento a tal fin es mayor, por lo que se utilizarán dispositivos de mayor potencia, aunque luego se programen para utilizarse a menos wátios.

# 1. RELATIVO A LAS ONDAS

## 1.2. ANÁLISIS DE LA DIRECCIONALIDAD DE LAS ONDAS Y DE LA TECNOLOGÍA EXISTENTE

Lo óptimo sería que los altavoces fueran direccionales y así las ondas tuvieran la mínima disipación posible.

### TECNOLOGÍA ULTRACARDIOIDE [Shoot Gun]

La tecnología ultracardioide se aplica en transductores tanto de emisión de ondas [altavoces] como de recepción de ondas [micrófonos], Se aplica para conseguir que la direccionalidad de las ondas sea la máxima posible y se disipe la menoría de las ondas posible,

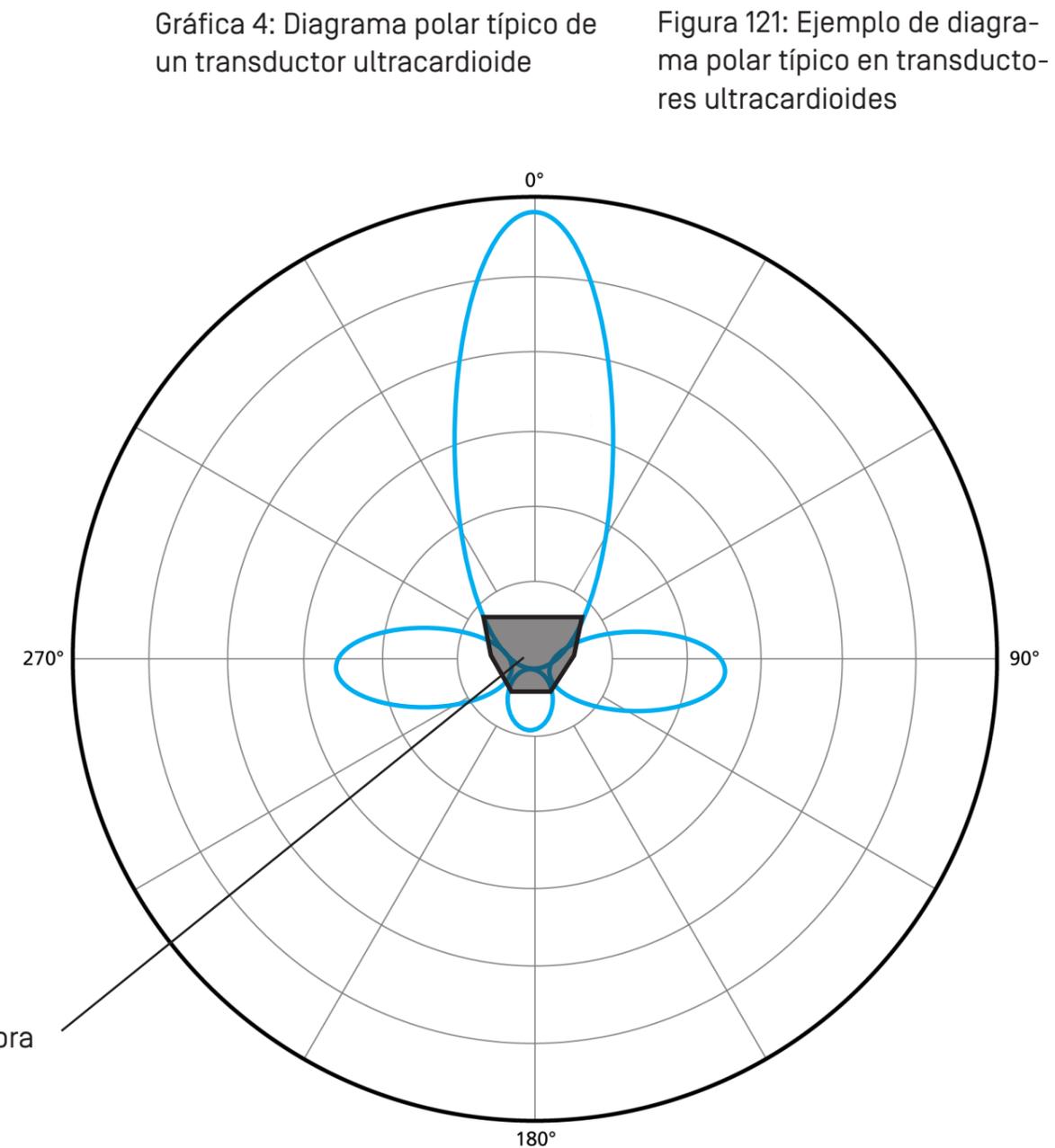
El diagrama polar muestra la energía emitida en cada coordenada a partir de una fuente emisora, que en este caso es un altavoz. Como se muestra, la mayoría de la energía emitida en forma de ondas se encuentra en la dirección vertical en la membrana de salida de las ondas, mientras que a los lados la energía es mucho menor.

Si se colocase en el producto, sólo se sumaría la fuente principal de energía, mientras que la energía disipada a ambos lados, no se sumaría con la del resto de altavoces de las demás abrazaderas debido a que el tiempo entre pulsos y su localización hace posible su entrada en fase.

Por ello esta es la opción ideal para el desarrollo del producto y aunque existe la tecnología en este proyecto no se aplicará puesto que los altavoces de este tipo están poco desarrollados por el momento. [172]



Figura 120: Ejemplo de patrón polar de un transductor ultracardioide



Gráfica 4: Diagrama polar típico de un transductor ultracardioide

Figura 121: Ejemplo de diagrama polar típico en transductores ultracardioides

## 1. RELATIVO A LAS ONDAS

### 1.2. ANÁLISIS DE LA DIRECCIONALIDAD DE LAS ONDAS Y DE LA TECNOLOGÍA EXISTENTE

#### IMPLANTACIÓN DE UNA LENTE ACÚSTICA

Existen lentes acústicas que, colocadas frente a un transductor, permite focalizar el haz de ultrasonidos y controlarlo en un plano.

La lente encontrada responde ante ultrasonidos, pero esta tecnología podría aplicarse a infrasonidos. Está desarrollada por estudiantes de la Universidad de Valencia, pero el concepto de este proyecto es clave.

Con la colocación de una lente de estas características enfrente de la membrana de vibración del altavoz, se conseguiría una unidireccionalidad enfocada hacia el punto deseado, tal y como se representa en la figura de la derecha. [173]

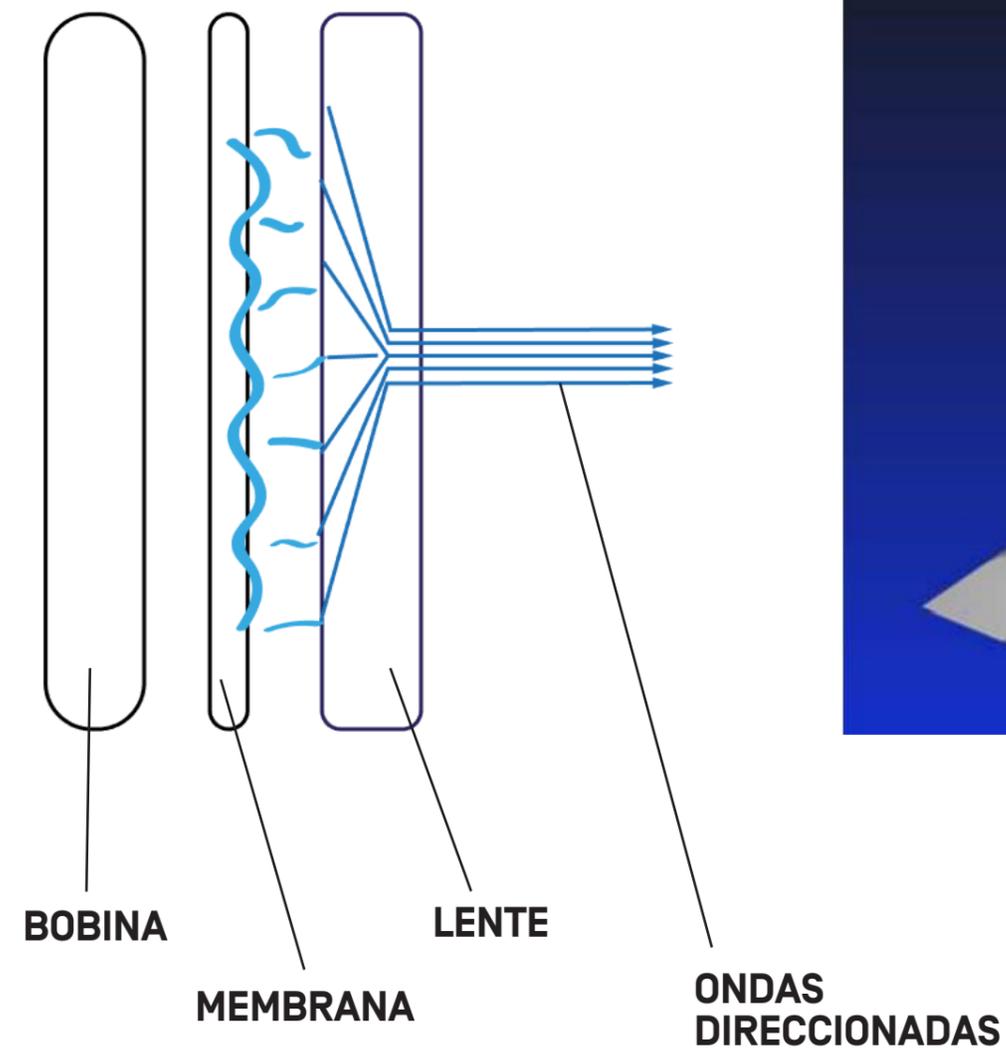
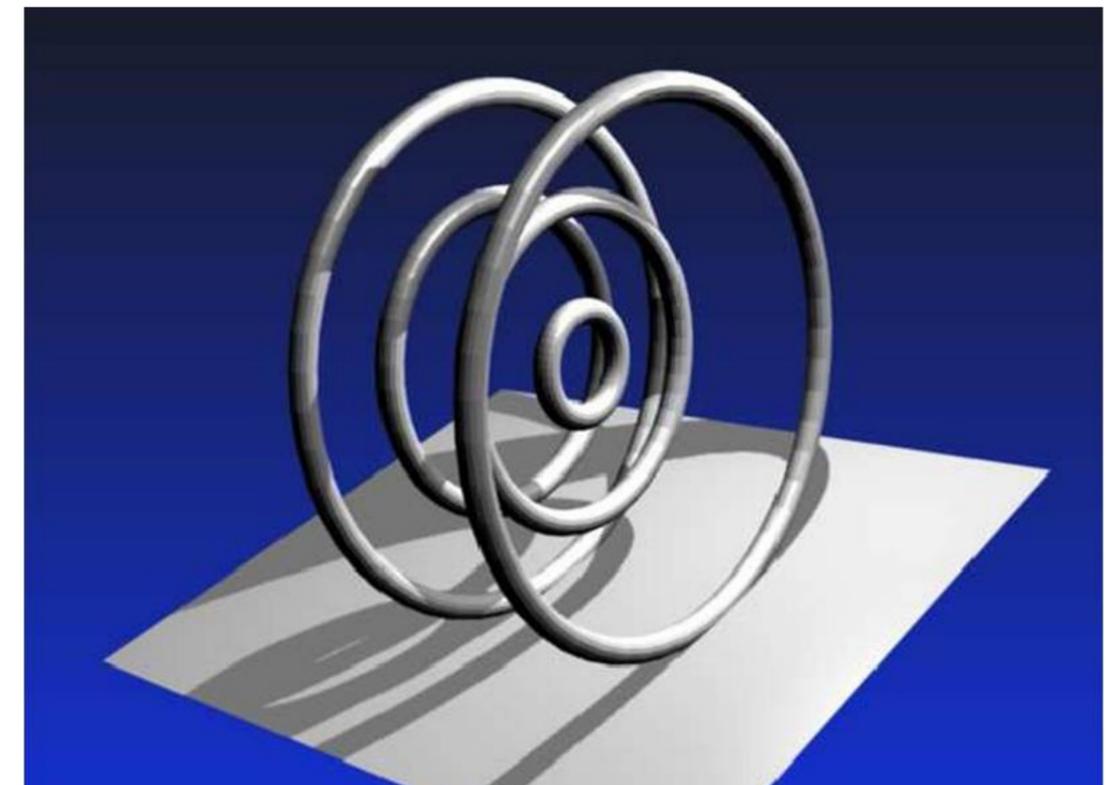


Figura 122: Lente acústica tridimensional



## 1. RELATIVO A LAS ONDAS

### 1.2. ANÁLISIS DE LA DIRECCIONALIDAD DE LAS ONDAS Y DE LA TECNOLOGÍA EXISTENTE

#### CÁLCULO DE LA DISIPACIÓN DE ONDAS PARA EL ALTAVOZ ELEGIDO

Va a calcularse la pérdida de intensidad para el altavoz comercial elegido para ver si para la desarrollo de viabilidad del concepto del producto es necesario utilizar la tecnología referenciada en las páginas anteriores o si funcionaría únicamente utilizando estos componentes.

Para ello, hay que aplicar la siguiente fórmula que relaciona la intensidad con la distancia a la que se encuentra la onda:

[171]

$$I_1 D_1^2 = I_2 D_2^2$$

Suponiendo que la distancia entre abrazadera y abrazadera es de 350 mm, la intensidad del altavoz es de 3,96 W/m<sup>2</sup> a una distancia de 1 mm respecto al foco emisor se obtiene lo siguiente:

$$I_1 \cdot 0,01^2 = I_2 \cdot 0,35^2$$

$$I_1 \cdot 0,01^2 = I_2 \cdot 0,1225$$

$$I_1 = 1225 \cdot I_2$$

Lo cual quiere decir que es necesario otro altavoz y que el existente tiene demasiadas pérdidas de onda.

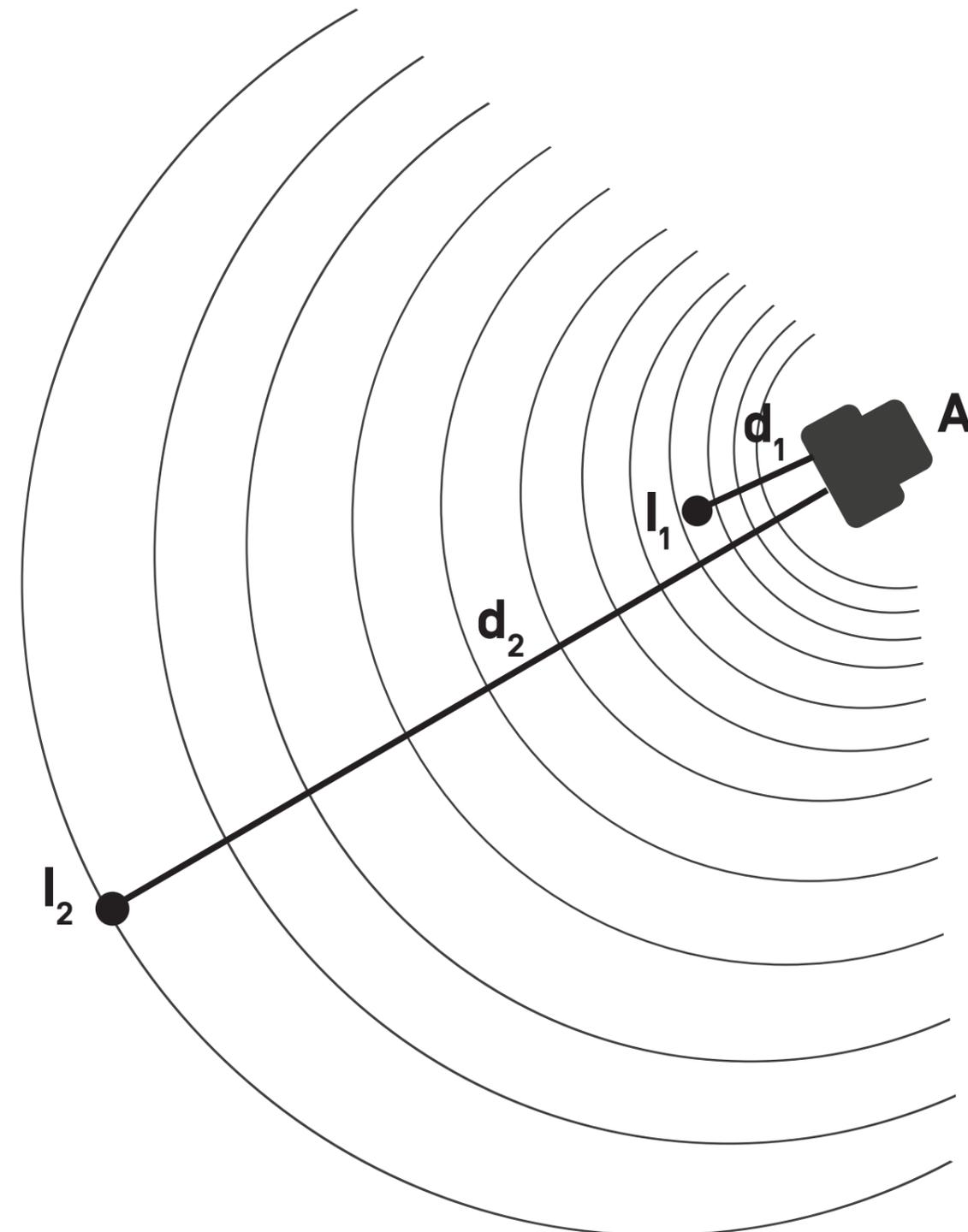


Figura 177: Esquema de las ondas

# 1. RELATIVO A LAS ONDAS

## 1.2. ANÁLISIS DE LA DIRECCIONALIDAD DE LAS ONDAS Y DE LA TECNOLOGÍA EXISTENTE

### CÁLCULO DEL ÁREA DE EMISIÓN DEL SONIDO

Para calcular el área necesaria de emisión de sonido, se aplica la siguiente fórmula: [171]

$$P = A \cdot I$$

Siendo P la potencia del transductor, A el área de emisión e I la intensidad del mismo.

Para una potencia de 15 W, que es la del altavoz elegido,

$$15 = 2 \pi [1 - \cos (\theta)] \cdot R^2$$

$$[1 - \cos (\theta)] = 3,75 / [2 \pi 1,5^2]$$

$$[1 - \cos (\theta)] = 0,27$$

$$\cos (\theta) = 1 - 0,27 = 0,73$$

$$\theta = 42^\circ$$

Esto quiere decir, que su diagrama polar resultaría como el representado en la Gráfica 4, mientras que el diagrama polar de un altavoz como el que se ha elegido como componente sería similar al de la Gráfica 5. Por ello se descarta esta opción.

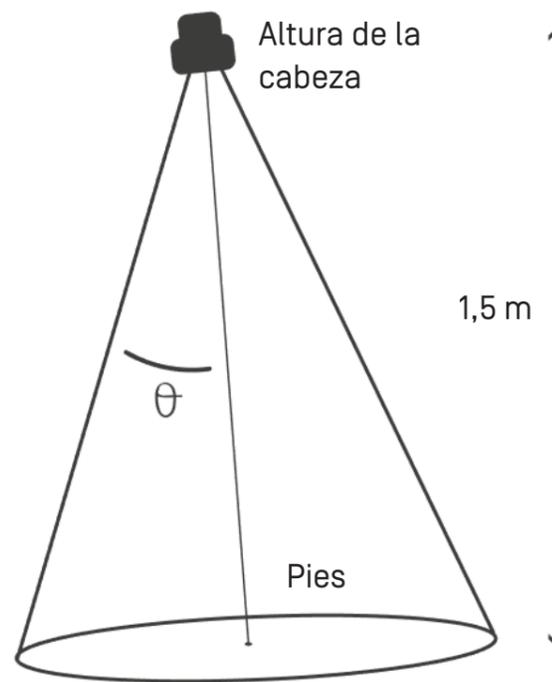
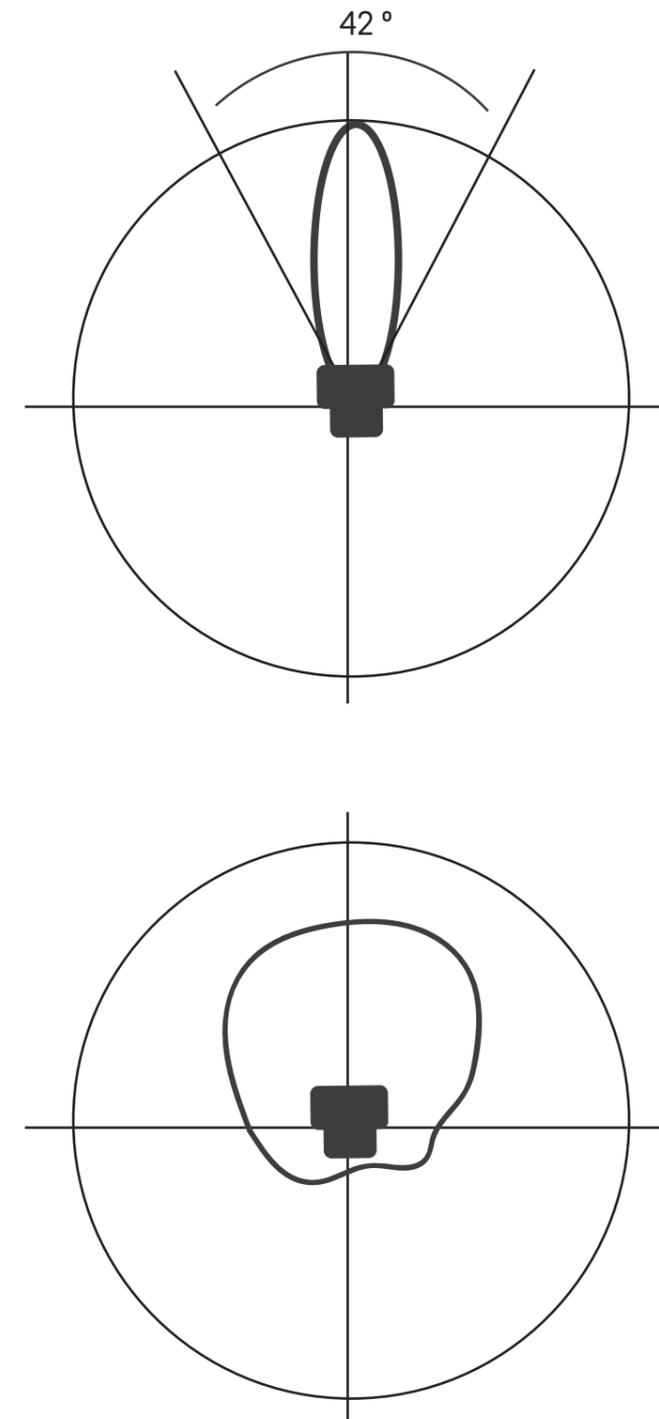


Figura 178: Esquema de la emisión



Gráfica 5: Comparación de diagramas polares entre un transductor normal y uno direccional

# 1. RELATIVO A LAS ONDAS

## 1.2. ANÁLISIS DE LA DIRECCIONALIDAD DE LAS ONDAS Y DE LA TECNOLOGÍA EXISTENTE

### ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA [175]

Debido a la incompatibilidad de los altavoces elegidos previamente para el desarrollo del producto, se ha realizado un breve análisis y se ha elegido este nuevo componente comercial:



estos altavoces están formados por un panel con múltiples transductores, encargados de modular y demodular la señal.

Aunque, como la mayoría de los altavoces, está diseñado para la reproducción de sonido, su diseño busca la máxima fidelidad en frecuencias audibles, y se obvian los infra y ultra sonidos, por ello, aunque en las tablas no se represente que es capaz de reproducir todas las frecuencias, sí lo es, pero con menor fidelidad. Además, el producto utiliza pulsos de onda, no ondas sinusoidales, por lo tanto, el altavoz A es perfectamente viable para su uso.



Figura 123: Altavoz direccional "A Junior"

**NOTA**

Se ha comprobado que cualquier altavoz reproduce infrasonidos visualizándolos en forma de vibraciones en la membrana al experimentarlo de manera casera con altavoces y un video de YouTube de una emisión infrasónica.

<https://www.youtube.com/watch?v=SS9d13zAN1k>

A junior	
<b>Directivity</b>	
below 500 Hz	30 dB loss at +/- 15°
between 1000 and 3000 Hz	30 dB loss at +/- 40°
above 4000 Hz	30 dB loss at +/- 30°
<b>Bandwidth</b>	60Hz - 20kHz
<b>Max available sound level</b>	70 dB at 1m (40'')
<b>Power supply (max.)</b>	24W – 24V, 1 A
<b>Input impedance</b>	18 kΩ
<b>Connector</b>	Mini-jack 3.5 mm stereo
<b>Transmitters</b>	37 transducers
<b>Body</b>	white plastic

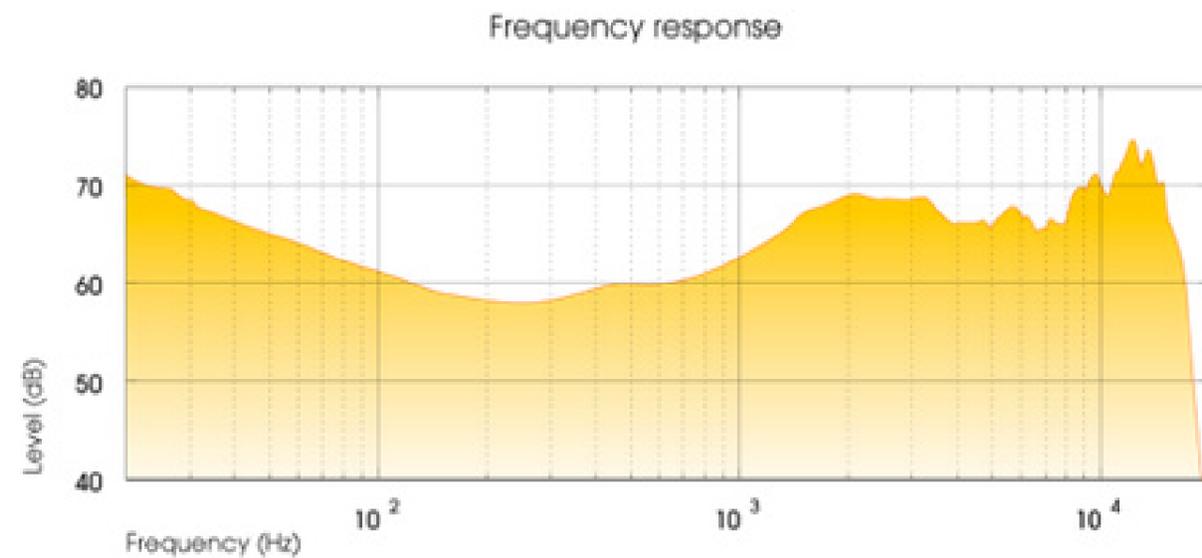
Tabla 6: Especificaciones del Altavoz "A Junior"

# 1. RELATIVO A LAS ONDAS

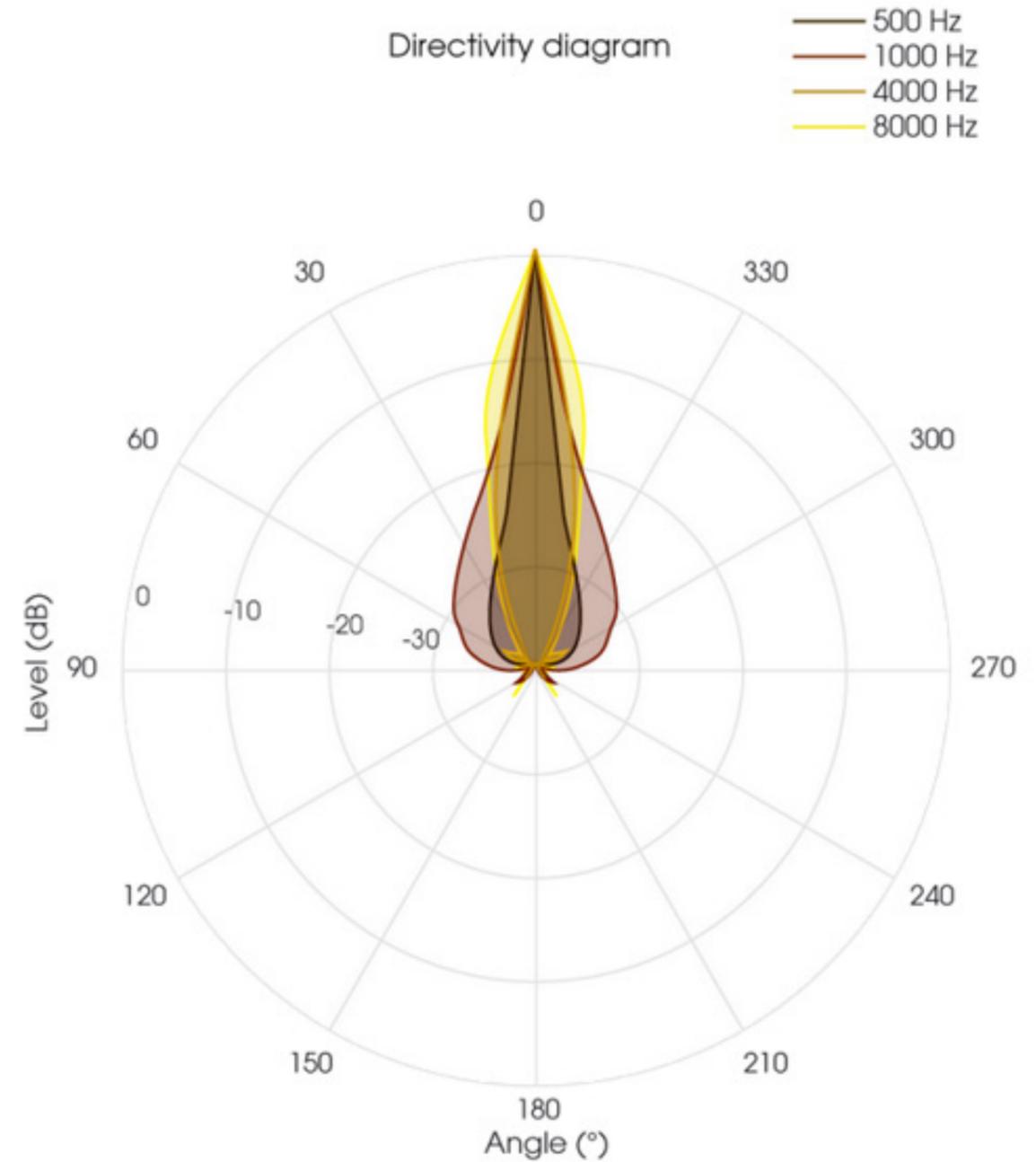
## 1.2. ANÁLISIS DE LA DIRECCIONALIDAD DE LAS ONDAS Y DE LA TECNOLOGÍA EXISTENTE

### ESPECIFICACIONES ALTAVOCES "A JUNIOR"

Tal y como se aprecia en el diagrama polar de la Gráfica 6, las ondas tienen una direccionalidad casi absoluta, siendo más directa conforme la frecuencia es menor. En la Gráfica 7 se muestra la frecuencia de respuesta ante diferentes niveles de sonido. La gráfica representa la frecuencia de salida, es decir, la respuesta sonora a distintas frecuencias de entrada eléctrica. Si se meten frecuencias bajas la respuesta es buena.



Gráfica 5: Gráfica de la respuesta sonora de los altavoces "A Junior"



Gráfica 6: Diagrama polar de los altavoces "A Junior"

# 1. RELATIVO A LAS ONDAS

## 1.2. ANÁLISIS DE LA DIRECCIONALIDAD DE LAS ONDAS Y DE LA TECNOLOGÍA EXISTENTE

### DISTRIBUCIÓN DEL CAMPO DE SONIDO EN ALTAVOCES DIRECCIONALES

Tal y como se puede observar en la Figura 124, la direccionalidad a pesar de ser muy alta no es total. Está muy focalizado pero existe cierta dispersión de la energía que, a efectos prácticos, es beneficioso para el desarrollo del producto, ya que al tener una pequeña dispersión se distribuye por el cuerpo, lo cual es beneficioso para que la energía no se concentre en el mismo punto, sumándose las de un altavoz y otro en zonas del cuerpo alejadas de los altavoces. Así se consigue un gradiente horizontal prácticamente nulo al no estar totalmente focalizado, llegando energía a los diferentes puntos del diámetro del cuerpo. [176] [177]

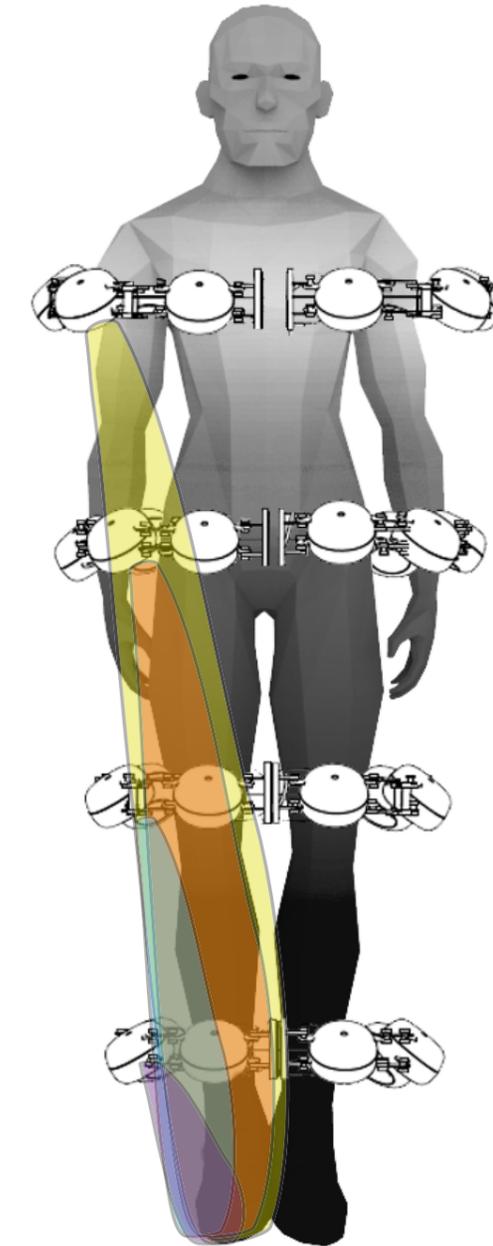
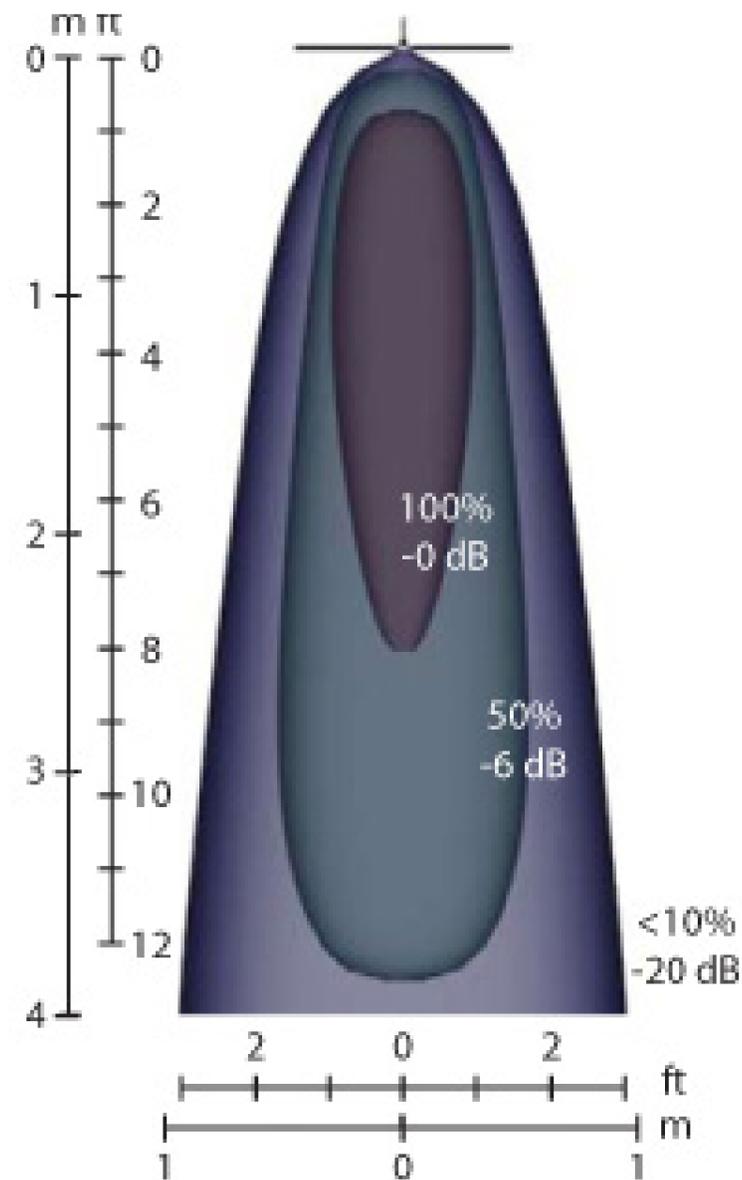


Figura 124: Distribución del campo de sonido en altavoces direccionales.

Figura 125: Ilustración de la energía generada por las ondas en el cuerpo humano.

# 1. RELATIVO A LAS ONDAS

## 1.3. CÁLCULO DE LA INCLINACIÓN DE LOS ALTAVOCES PARA QUE SE SUMEN LOS PULSOS DE ONDA DE CADA ABRAZADERA

Para calcularlo de manera geométrica se aplica la siguiente fórmula:

$$A_1 = 300 \text{ mm}$$

$$A_2 = 250 \text{ mm}$$

$$d = 325 \text{ mm}$$

$$\text{tg} [\theta] = [A_1 - A_2] / d$$

$$\text{tg} [\theta] = 50 / 325 = 0,154$$

$$\theta = 8,95^\circ$$

Para que las ondas se sumen se necesita que los altavoces se coloquen a 8,95° con respecto al eje vertical. Como se puede ver en la representación, las abrazaderas se colocan formando un tronco cónico, y las ondas focalizan a más de 3 metros de distancia, por lo que focalizan fuera de la Estación Espacial.

Las abrazaderas podrán regularse dimensionalmente dependiendo de la antropometría de cada usuario, y ello se calculará mediante una fórmula que se explicará posteriormente, pero siempre utilizando el ángulo de inclinación y la distancia entre abrazaderas [d] como datos fijos.

**NOTA:** Medidas tomadas del análisis ergonómico.

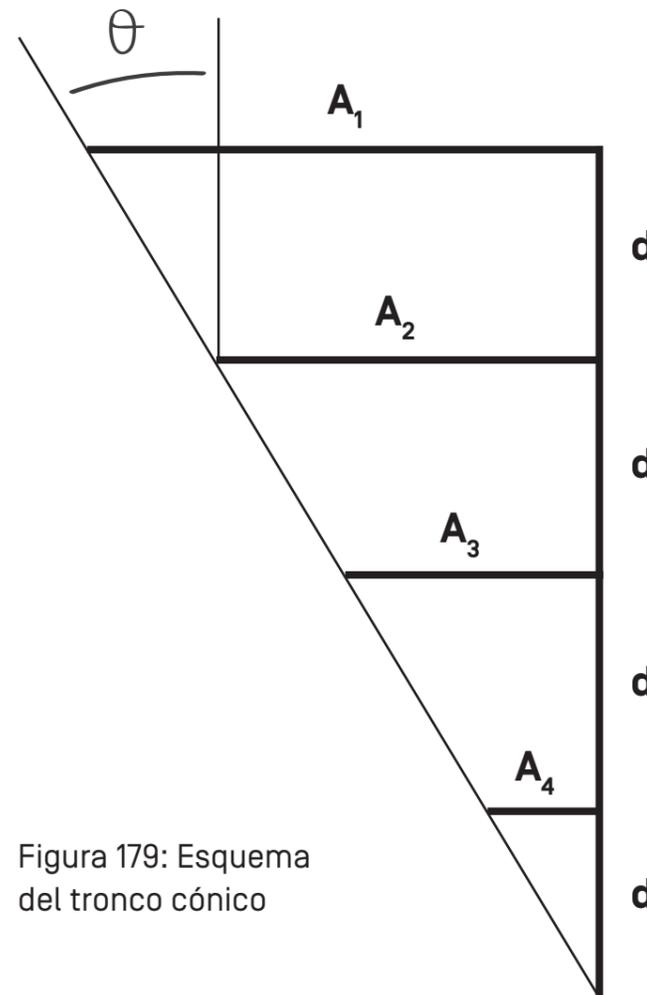
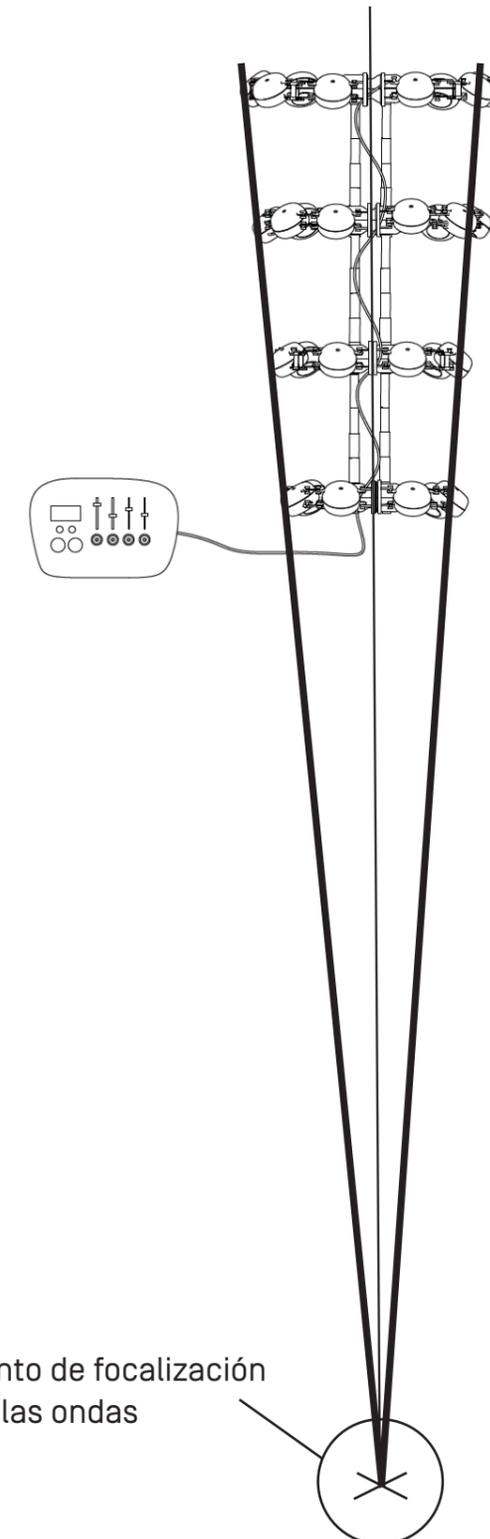


Figura 179: Esquema del tronco cónico



Punto de focalización de las ondas

# 1. RELATIVO A LAS ONDAS

## 1.4. CÁLCULO DEL PERIODO DE TIEMPO ENTRE LA EMISIÓN DE ONDAS DE UNA ABRAZADERA Y OTRA

Para calcular el periodo entre abrazaderas se calcula a partir de la siguiente fórmula: [178]

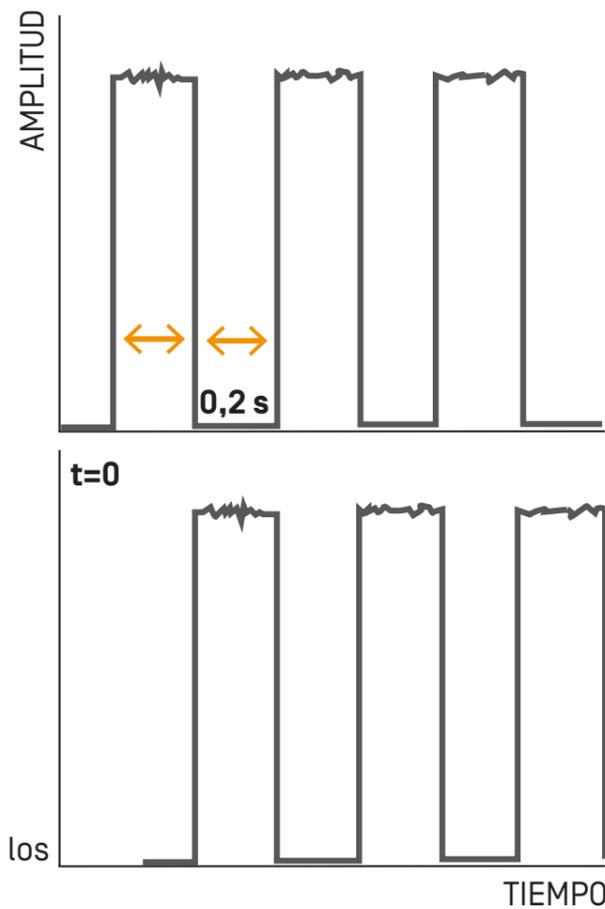
$$T = D / [V_p \cdot \cos[\theta]]$$

$$T = 0,325 / [1500 \cdot \cos 8,95]$$

$$T = 0,325 / 1481,74$$

$$T = 0,00022 \text{ s} = 0,2 \text{ ms}$$

Por lo que, para que se sumen las amplitudes de los diferentes pulsos, tiene que activarse cada abrazadera cada 0,2 ms empezando desde arriba.



Gráfica 6: Representación de los pulsos de onda emitidos

## 1.5 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SUMA DE ONDAS

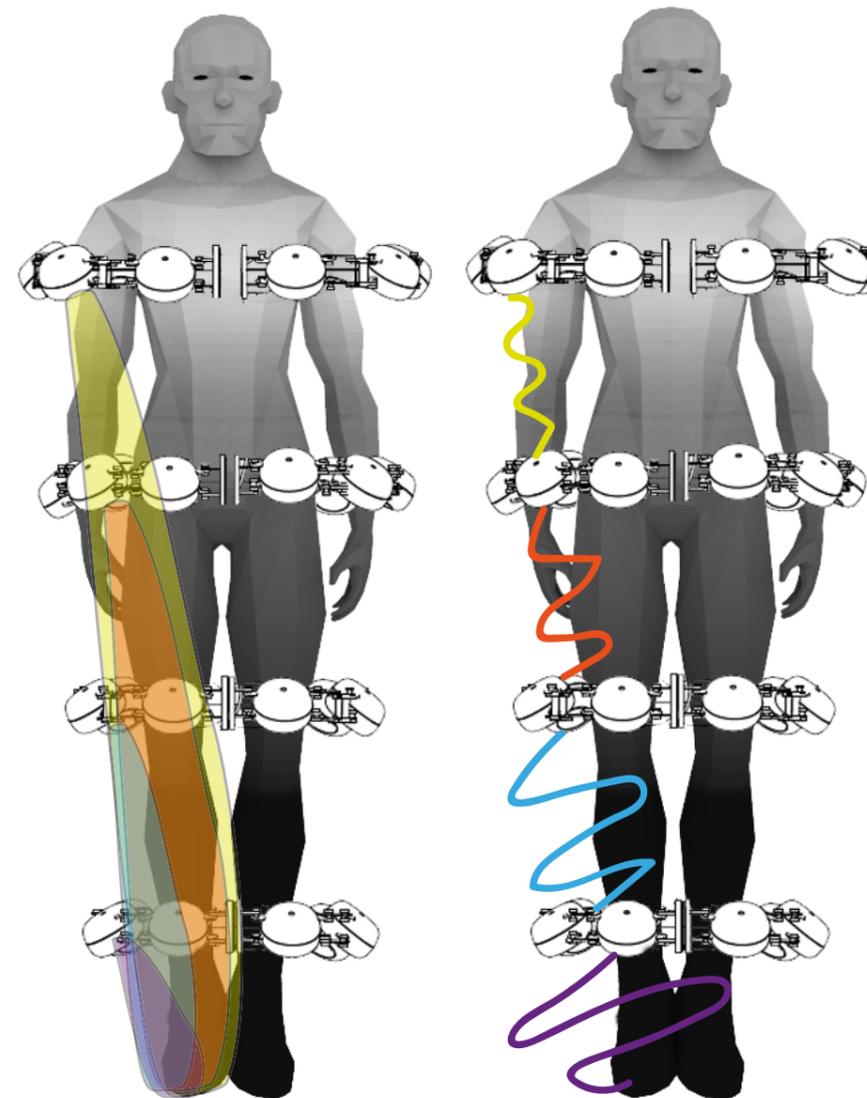


Figura 125: Ilustración de la energía generada por las ondas

Figura 126: Ilustración de la suma de la amplitud de las ondas

LEYENDA



# 1. RELATIVO A LAS ONDAS

## 1.6. CÁLCULO DE LA REGULACIÓN DE DIMENSIONES PARA ADAPTAR LAS ABRAZADERAS A DIFERENTES MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Cuando se modifiquen las dimensiones previas establecidas del producto, habrá que tener en cuenta una relación entre módulos para su correcto funcionamiento. El cálculo se realizará tomando fijos dos datos: la inclinación de los módulos, que no es variable, y la distancia entre módulos. Aunque, en un futuro ésta última podrá variar ya que se calculará mediante un programa informático.

$$A_2 = A_1 + D \cdot \text{tg}(\theta)$$

Con esta misma relación también se calcularán las dimensiones de las abrazaderas  $A_3$  y  $A_4$ .

$$A_{i+1} = A_i - D \cdot \text{tg}(\theta) \quad i \geq 1$$

Esta fórmula se ha traspasado a una Hoja Excel para realizar el dimensionamiento de diferentes casos antropométricos,  $A_1$  representada media abrazadera, por lo que habría que multiplicar este dato por dos, al igual que el de  $A_2$ ,  $A_3$  y  $A_4$ .

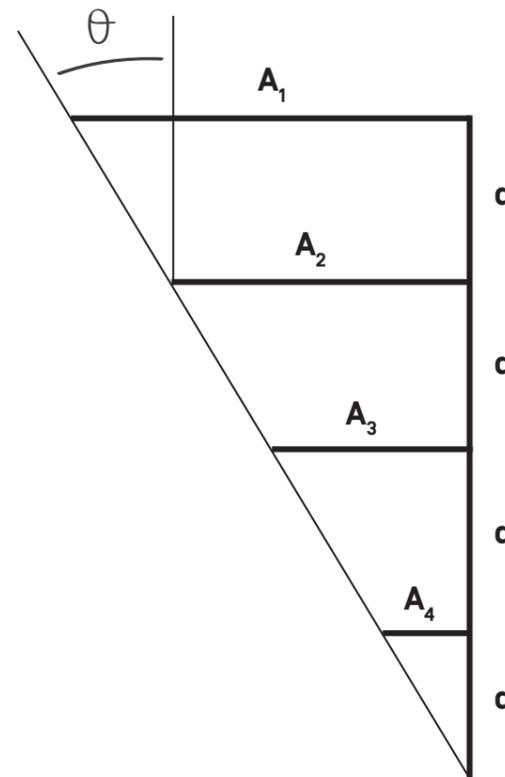


Tabla 7: Diferentes dimensiones de las abrazaderas en torno al ángulo y d.

\* Los datos en negrita representan los datos de partida.

d	θ	A1	A2	A3	A4
325 mm	8,95 °	<b>160</b>	109,95	59,9	9,85
325 mm	8,95 °	<b>170</b>	119,95	69,9	19,85
325 mm	8,95 °	<b>180</b>	129,95	79,9	29,85
325 mm	8,95 °	<b>190</b>	139,95	89,9	39,85
325 mm	8,95 °	<b>200</b>	149,95	99,9	49,85
325 mm	8,95 °	<b>210</b>	159,95	109,9	59,85
325 mm	8,95 °	<b>220</b>	169,95	119,9	69,85
325 mm	8,95 °	<b>230</b>	179,95	129,9	79,85
325 mm	8,95 °	<b>240</b>	189,95	139,9	89,85
325 mm	8,95 °	<b>250</b>	199,95	149,9	99,85
325 mm	8,95 °	<b>260</b>	209,95	159,9	109,85
325 mm	8,95 °	<b>270</b>	219,95	169,9	119,85
325 mm	8,95 °	<b>280</b>	229,95	179,9	129,85
325 mm	8,95 °	<b>290</b>	239,95	189,9	139,85
325 mm	8,95 °	<b>300</b>	249,95	199,9	149,85
325 mm	8,95 °	<b>310</b>	259,95	209,9	159,85
325 mm	8,95 °	<b>320</b>	269,95	219,9	169,85
325 mm	8,95 °	<b>330</b>	279,95	229,9	179,85
325 mm	8,95 °	<b>340</b>	289,95	239,9	189,85
325 mm	8,95 °	<b>350</b>	299,95	249,9	199,85
325 mm	8,95 °	<b>360</b>	309,95	259,9	209,85

## 2. DIMENSIONAMIENTO DEL PRODUCTO

### ANTROPOMETRÍA

Para establecer las dimensiones del producto, se utilizarán tablas antropométricas de una muestra tomada en España, puesto que las medidas de los europeos tienen una desviación despreciable con respecto a las de los españoles. Se aplicará el diseño teniendo en cuenta el P95 y el P5 para asegurar su correcto funcionamiento en todos los astronautas según la *norma ISO 7250:1996*. **Referencia: [181]**

#### 1. ESTATURA

Es necesario conocer la altura para establecer la dimensión del eje.

La altura está restringida por las propias agencias espaciales, por lo que se estimará la altura comprendida entre **157 y 193** [Ver Anexo Perfil de Usuario Página XX].

Muestra	Media	Desv.	P5	P50	P95
Hombres	1698,84	70,49	1583	1698	1820

Muestra	Media	Desv.	P5	P50	P95
Mujeres	1595,37	62,97	1494	1596	1701

Tabla 8: Datos ergonómicos de la estatura

#### 2. ANCHURA DE HOMBROS

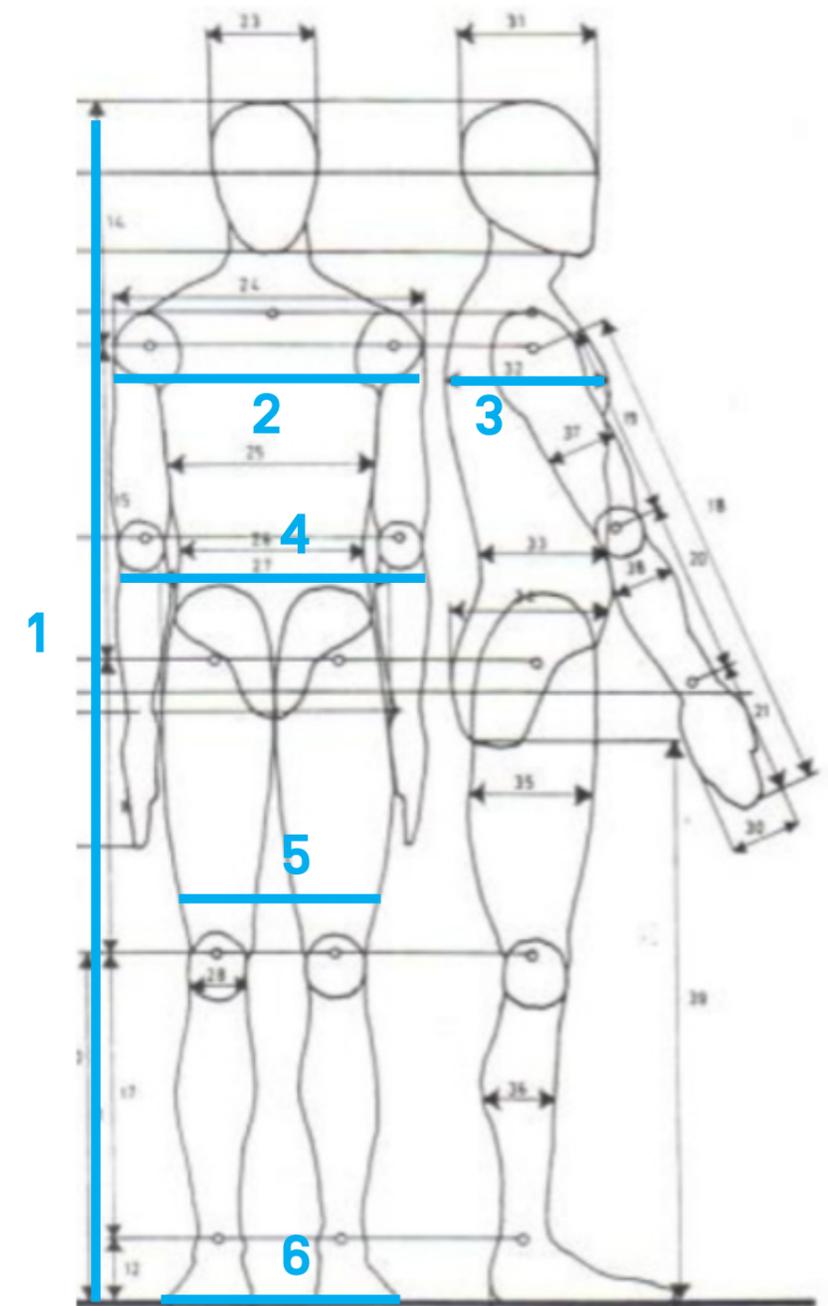
Es necesario conocer la altura para establecer el diámetro de las abrazaderas máximo.

En las próximas medidas no habrá restricciones propias de las agencias espaciales, por lo que se aplicarán los percentiles de las siguientes tablas expuestas.

Muestra	Media	Desv.	P5	P50	P95
Hombres	381,87	37,00	318	386	436

Muestra	Media	Desv.	P5	P50	P95
Mujeres	347,15	33,92	287	351	397

Tabla 9: Datos ergonómicos de la anchura de hombros



## 2. DIMENSIONAMIENTO DEL PRODUCTO

### 3. ESPESOR DEL PECHO

Es necesario conocer la altura para establecer la dimensión del primer módulo. Se utilizarán el P95 y el P5 de las mujeres puesto que son los restrictivos.

Muestra	Media	Desv.	P5	P50	P95
Hombres	250,95	25,73	209	251	292

Muestra	Media	Desv.	P5	P50	P95
Mujeres	245,75	28,73	207	241	304

Tabla 10: Datos ergonómicos del espesor del pecho

A estas medidas hay que sumarle la anchura de un brazo, que no aparece en las tablas, pero se estima de 10 cm de media. Por lo que,

Muestra	P95+10cm	Muestra	P5+10cm
Mujeres	488	Mujeres	399

### 4. ANCHURA CADERA + BRAZOS

En este caso, el percentil 5 menor y mayor vuelve a recaer sobre la muestra de mujeres, por lo que se tomarán estos de nuevo.

Muestra	Media	Desv.	P5	P50	P95
Hombres	345,02	22,56	310	344	383

Muestra	Media	Desv.	P5	P50	P95
Mujeres	340,01	27,07	299	337	388

Tabla 11: Datos ergonómicos de la anchura cadera + b

### 5. ZONA BAJA PIERNAS

De esta medida no hay constancia en las tablas, por lo que se utilizará una medida obtenida de la medición de diferentes usuarios aleatorios de género mixto (con 12 cm de separación entre piernas):

Persona 1: Mujer, medida obtenida: 27,5 cm  
 Persona 2: Hombre, medida obtenida: 31,2 cm  
 Persona 3: Hombre, medida obtenida: 35,8 cm

De lo cual se obtiene una medida media de **31,5 cm**.

### 6. ANCHURA DE LOS PIES

Para esta medida se ha buscado en la tabla la anchura de los pies y se le sumará una separación de unos 12 cm.

Muestra	Media	Desv.	P5	P50	P95
Mujeres	90,92	6,70	79	91	100

Muestra	Media	Desv.	P5	P50	P95
Hombres	100,34	7,68	87	101	112

Muestra	P5+12cm	Muestra	P95+12cm
Mujeres	199	Hombres	132

Tabla 12: Datos ergonómicos de la anchura de los pies

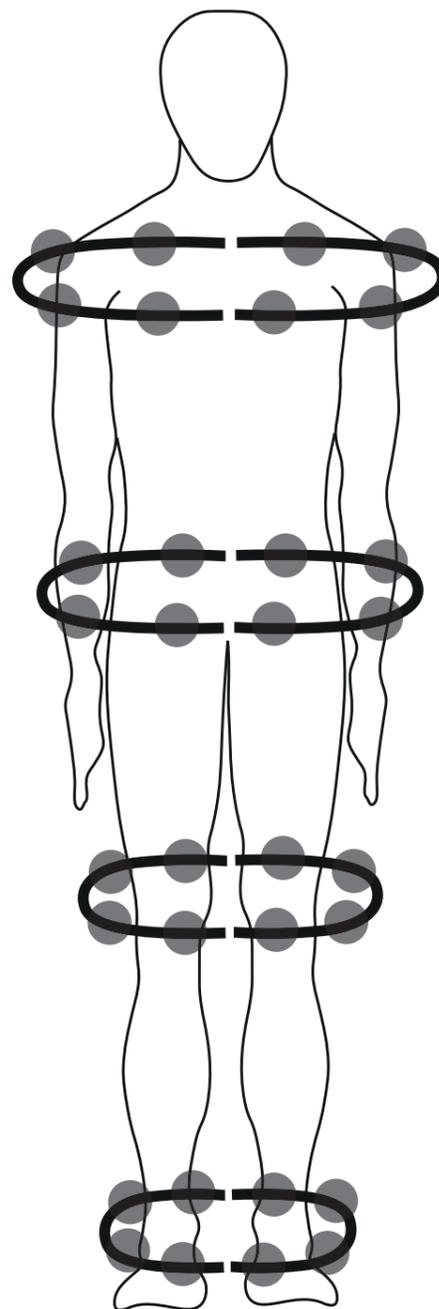
## 2. DIMENSIONAMIENTO DEL PRODUCTO

### DIMENSIONAMIENTO

Para dimensionar la longitud de los módulos se aplicarán las medidas tomadas anteriormente como medidas mínimas, y para una mayor comodidad se utilizará una aproximación alta de las mismas.

Aunque esto es orientativo puesto que, en el futuro, los módulos serán regulables y semi-flexibles y cada usuario podrá adaptarse según sus medidas.

La medida de los altavoces no varía, puesto que se utilizan los mismos a lo largo de todas las abrazaderas.



[en mm]

**TOTAL**

P5 = 287

P95 = 436 — **550** — **1100 mm**

P5 = 399

P95 = 430 — **500** — **1000 mm**

315 mm

— **400** — **800 mm**

P5 = 199

P95 = 232 — **350** — **350 mm**

Figura 180: Esquema ergonómico

## 2. DIMENSIONAMIENTO DEL PRODUCTO

### PRUEBA DE DIMENSIONAMIENTO

Se va a probar experimentalmente la medida teórica en una persona real, se utilizará la de mayor diámetro para ver si coinciden.

#### MEDIDA: 1100 mm

La medida queda muy ajustada en un usuario medio, aunque es la medida teórica, a la hora de establecer una medida estándar habrá que ampliarla.



#### MEDIDA: 1200 mm

Se han añadido 10 centímetros a la anterior, en este caso se ajusta a la anchura de los hombros pero con muy poco margen.



#### MEDIDA: 1300 mm

Se han añadido de nuevo 10 centímetros a la anterior, y en este caso la anchura es muy superior a la de una persona estándar y queda demasiado holgado.



Por ello, se utilizará de medida estándar una anchura de 1200 mm, aunque como el diseño final será modular, podrá ajustarse a cada usuario.

Figura 181: Pruebas de dimensionamiento en un usuario estándar

## 2. DIMENSIONAMIENTO DEL PRODUCTO

### MAQUETA DE DIMENSIONAMIENTO

Se ha realizado una maqueta del producto para comprobar si las dimensiones son las adecuadas. Esta maqueta está diseñada según la solución formal definitiva, incorporando tela acolchada en las abrazaderas para asegurar su comodidad. En una segunda maqueta se realizará la estructura interior.

Dimensión en altura: 1600 mm  
 Anchura abrazadera I: 1200 mm estirada  
 Diámetro abrazadera I: 70 mm

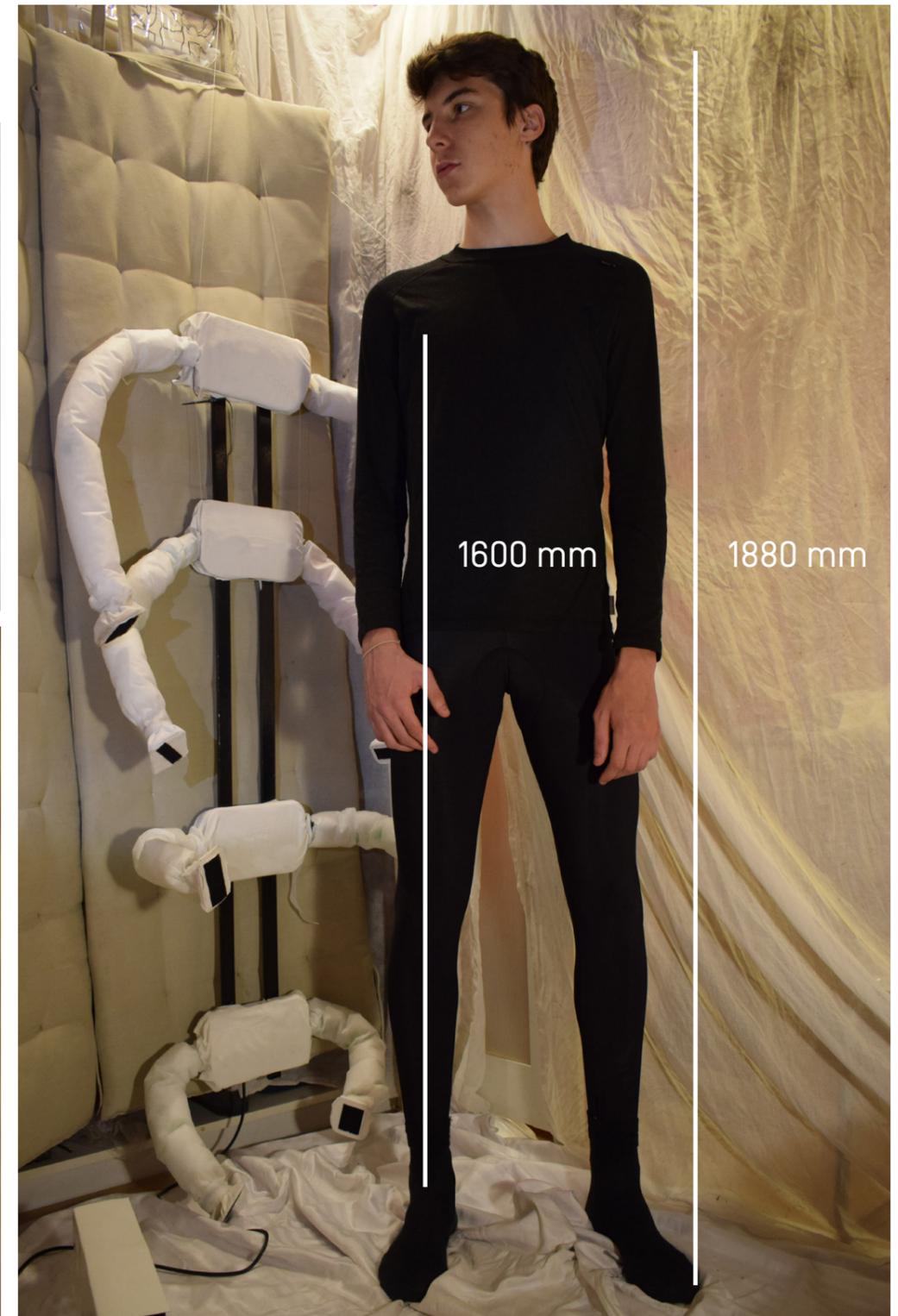
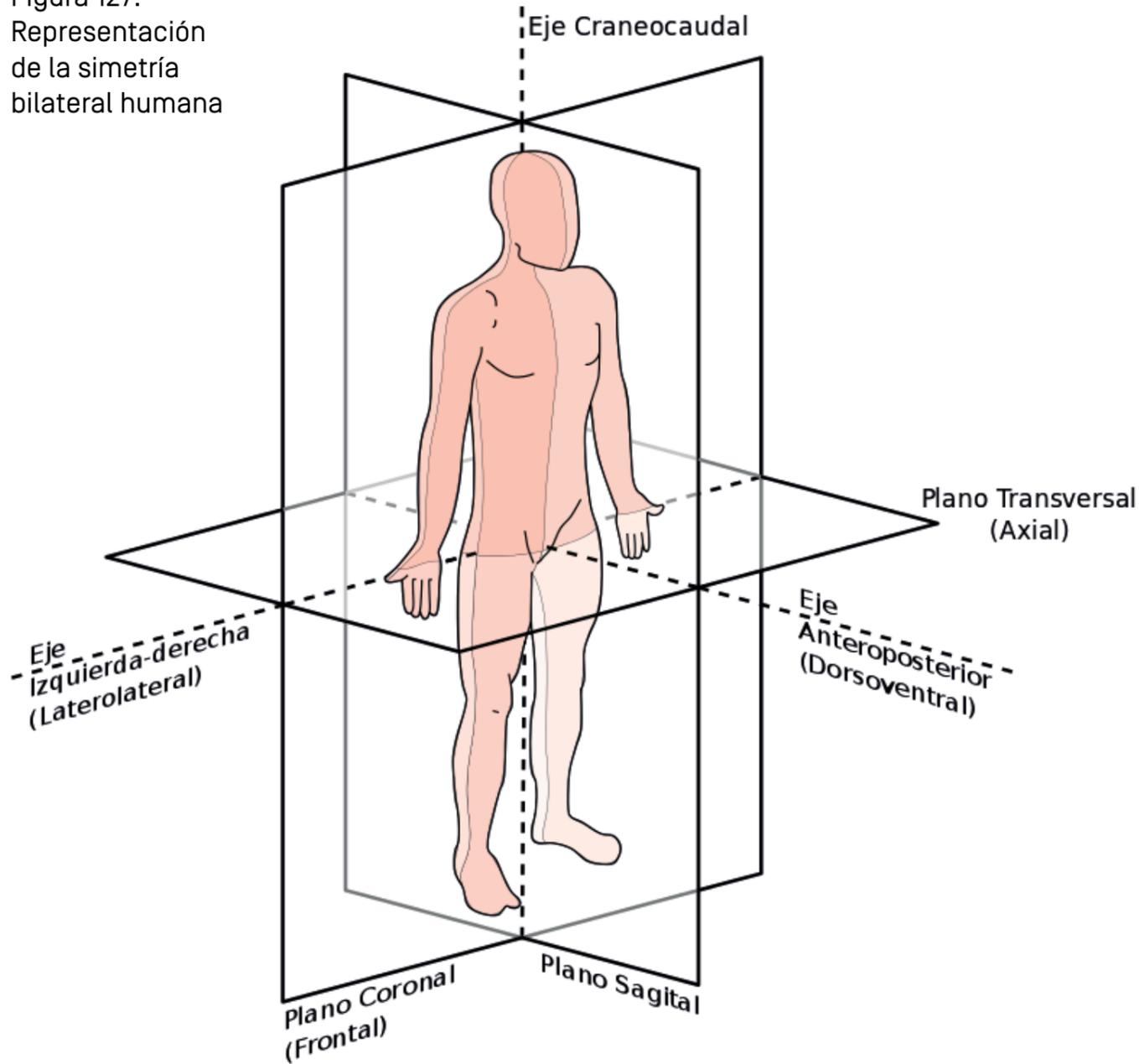


Figura 182: Pruebas de dimensionamiento con una maqueta volumétrica

### 3. SIMETRÍA BILATERAL

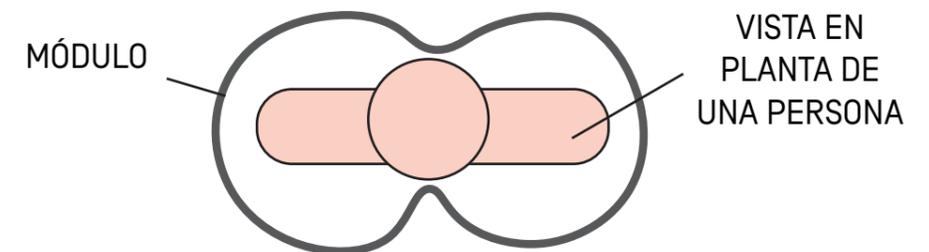
Figura 127:  
Representación  
de la simetría  
bilateral humana



#### SIMETRÍA BILATERAL HUMANA [182]

La simetría bilateral humana se refiere a la distribución equilibrada de órganos duplicados en el cuerpo, aunque existe una pequeña minoría asimétrica [por ejemplo el corazón en la mayoría de las personas]. Esta simetría corresponde a la generada por el plano sagital de la imagen de la izquierda, el cual pasa por la columna vertebral.

Esta simetría incita a conseguir que los módulos del producto sean simétricos y se centren en cada una de las mitades [derecha e izquierda] del cuerpo tal y como se ve en el boceto inferior, así se conseguirá optimizar la presión generada.



# COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

## 1. DISEÑO DE CARCASAS DEL MÓDULO ALTAVOZ

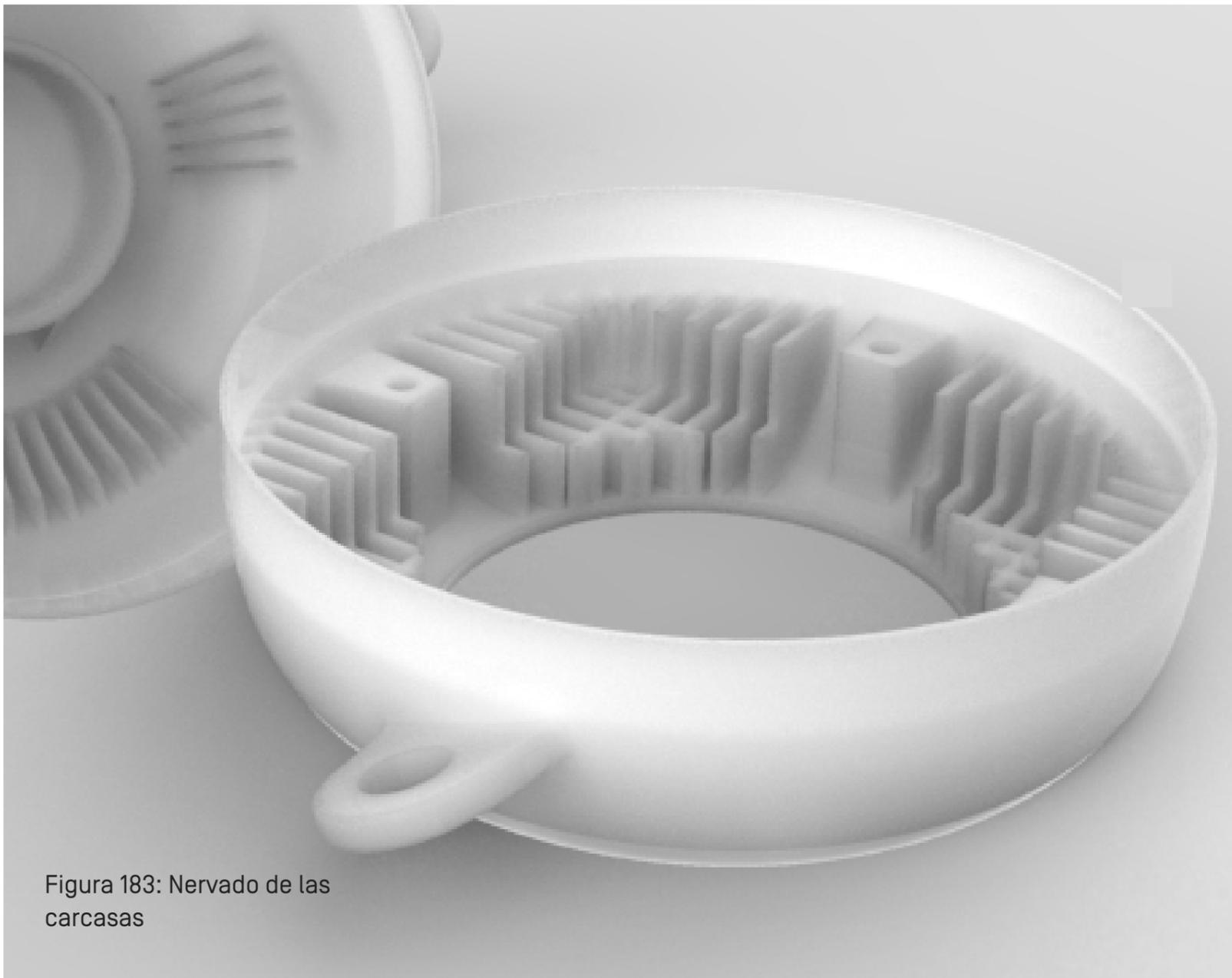


Figura 183: Nervado de las carcasas

### CARCASA I

Material: PVC

Peso: 60 g

Dimensiones:  $\varnothing 114 \times 48,8$  mm

Volumen: 46691 mm<sup>3</sup>

### CARCASA II

Material: PVC

Peso: 51 g

Dimensiones:  $\varnothing 114 \times 42,2$  mm

Volumen: 39740 mm<sup>3</sup>

### DISEÑO DE NERVIOS

Los nervios están diseñados para proporcionar la resistencia necesaria a la carcasa. Al ser de forma semi esférica, los nervios de la carcasa superior se colocan cada 90° en una amplitud de 30°. Cada uno de los nervios tiene una anchura de 1,5 mm y dista 2° del siguiente.

La extrusión cilíndrica interior de una de las carcasas, utilizada para sostener la parte trasera del altavoz tiene nervios propios que evitan la concentración de tensiones en la base.

Mientras que la segunda carcasa tiene un nervado preparado para albergar el altavoz.

## 2. MONTAJE MÓDULO ALTAVOZ

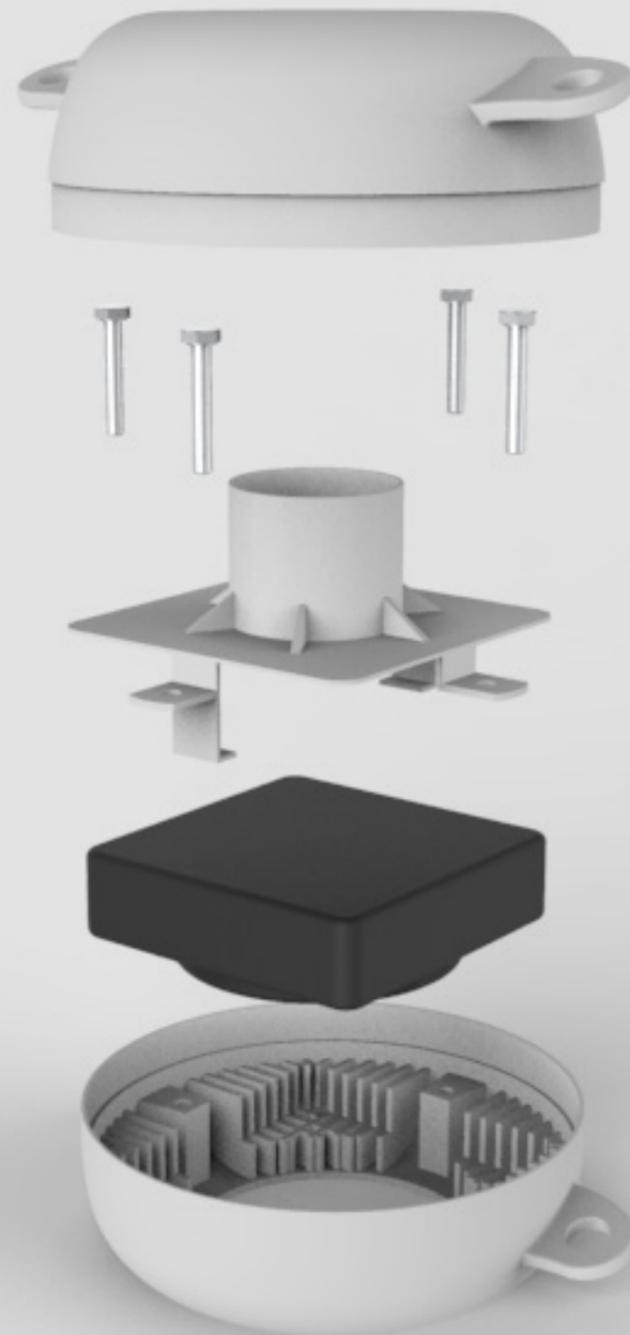


Figura 184: Vista en explosión de los módulos de altavoz

### ENSAMBLAJE

La pieza Fijador es semiflexible y se adapta al contorno del Altavoz A Junior, el cual se introduce dentro. Una vez introducido se coloca entre los nervios de la carcasa, que dejan un rebaje para colocar el altavoz y se roscan los tornillos entre los agujeros del fijador y los de la carcasa. Tras ello, se coloca la carcasa que queda libre sobre la pieza del altavoz, la cual tiene una hembra en la que se introduce el macho de la pieza de fijación para asegurar la estanqueidad del ensamblaje.

## 1. DISEÑO DE CARCASAS

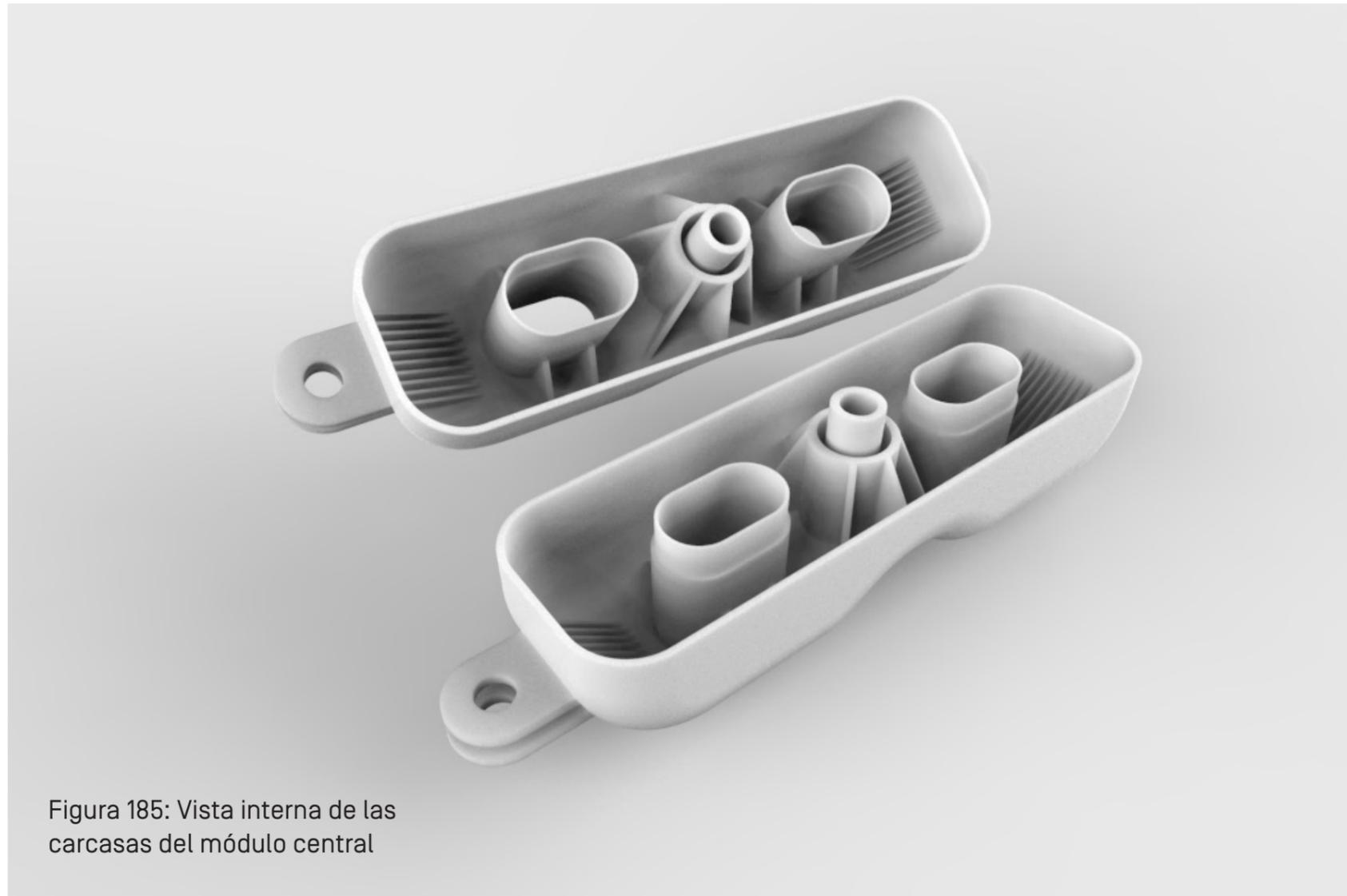


Figura 185: Vista interna de las carcassas del módulo central

### CARCASA III

Material: PVC

Peso: 115 g

Dimensiones: 200 x 52 x 43 mm

Volumen: 46691 mm<sup>3</sup>

### CARCASA IV

Material: PVC

Peso: 111 g

Dimensiones: 200 x 52 x 43 mm

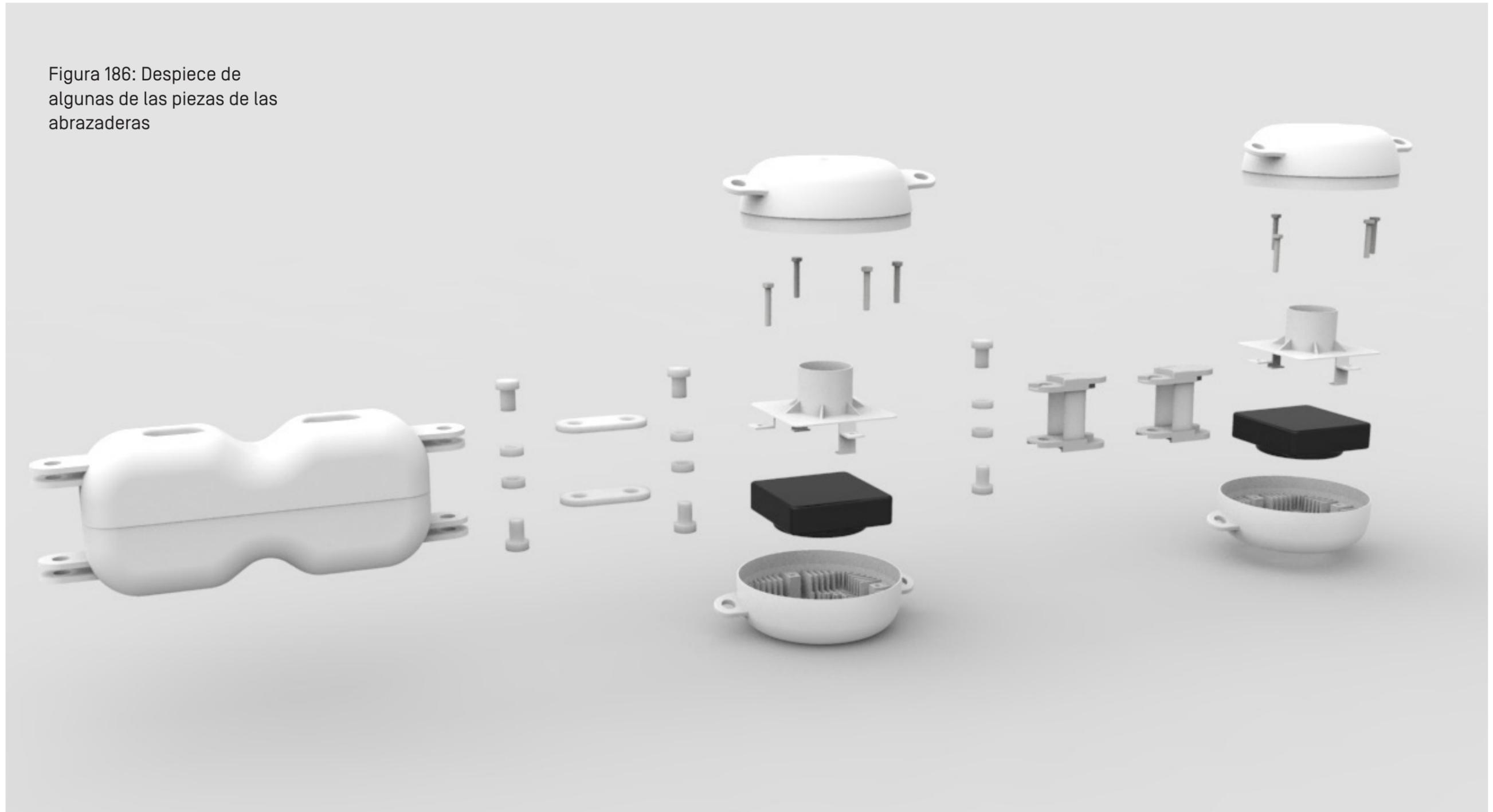
Volumen: 86224 mm<sup>3</sup>

### DISEÑO DE NERVIOS

En este caso los nervios están colocados a ambos lados del eje axial. Su ángulo de desmoldeo es de 2,5°. Al igual que los anteriores, su anchura es de 1,5 mm y distan 2 mm uno de otro. Además, tanto la zona machihembra como la de sujeción de los ejes telescópicos están reforzadas para evitar la concentración de tensiones en la base de cada una.

## 2. VISTA EN EXPLOSIÓN DEL MONTAJE

Figura 186: Despiece de algunas de las piezas de las abrazaderas



### 3. SISTEMA DE AGARRE

Figura 187: Velcro de agarre del módulo central

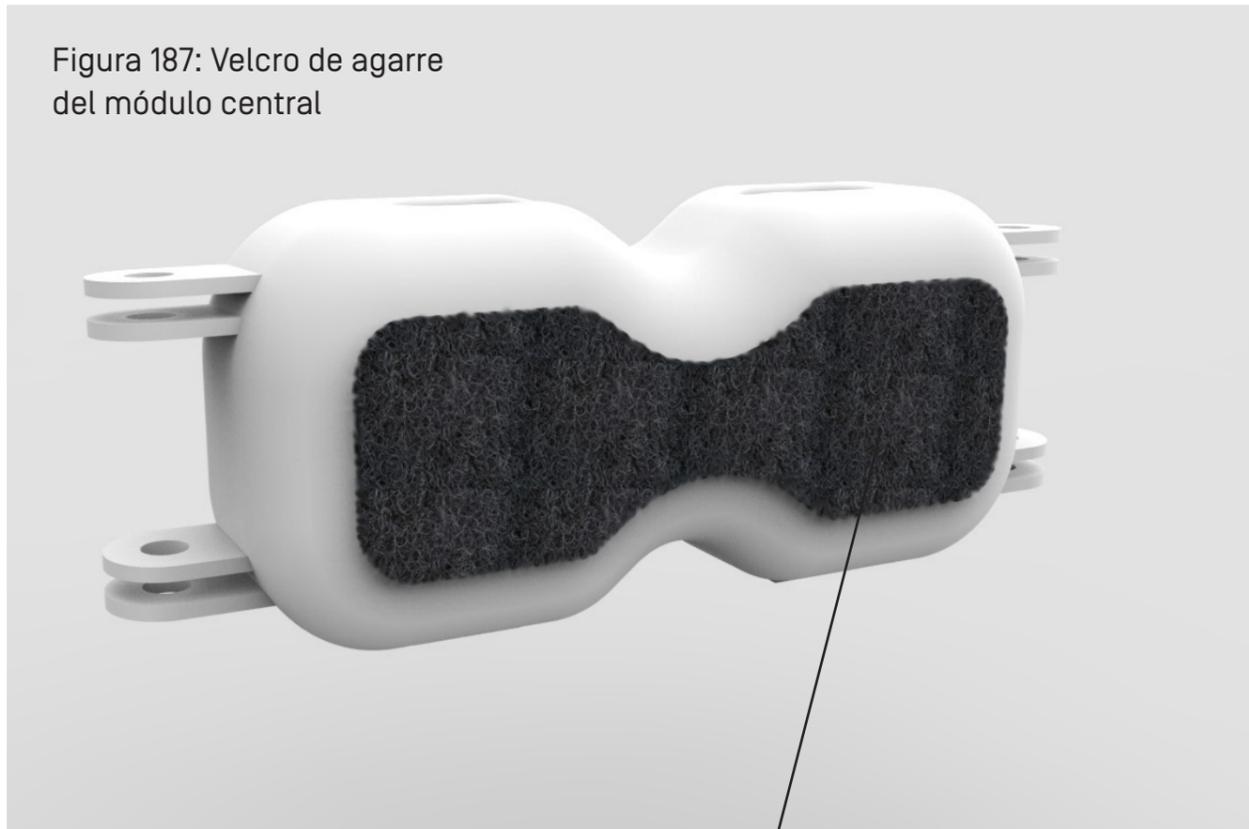
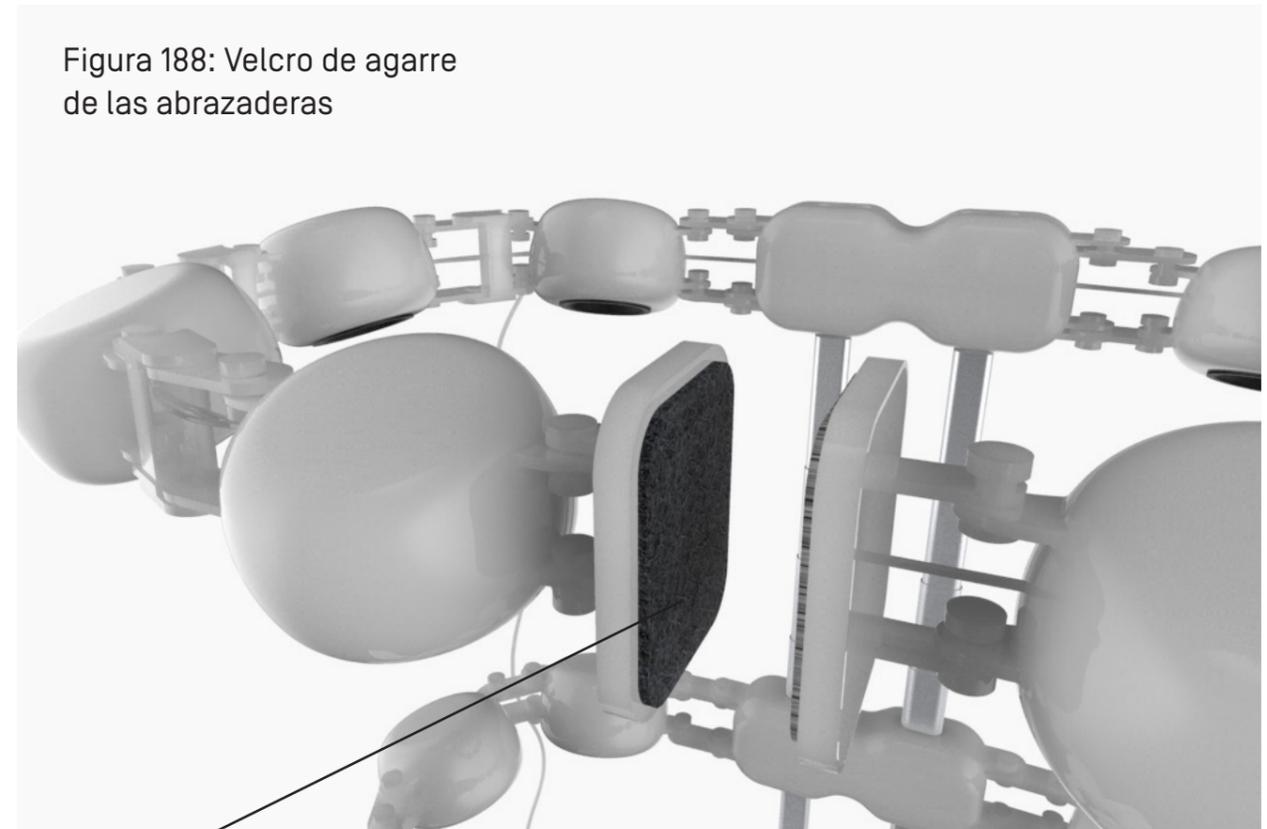


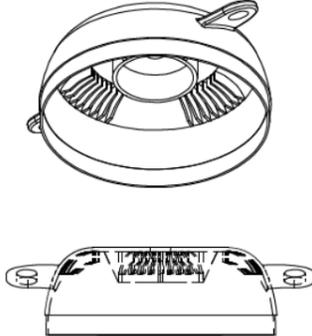
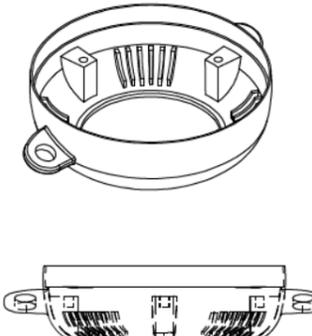
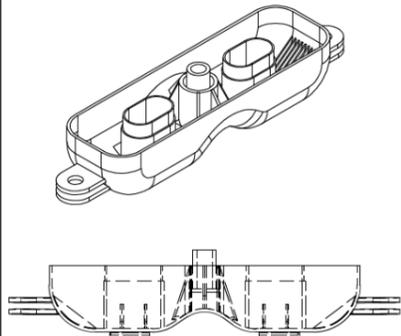
Figura 188: Velcro de agarre de las abrazaderas



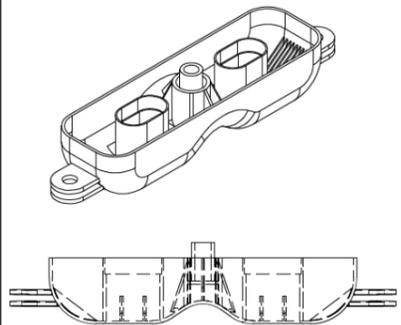
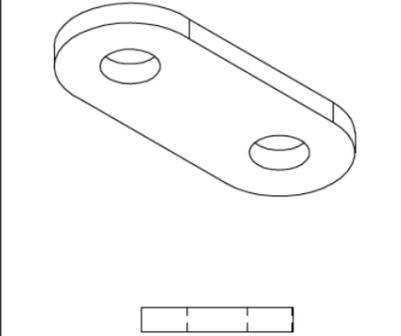
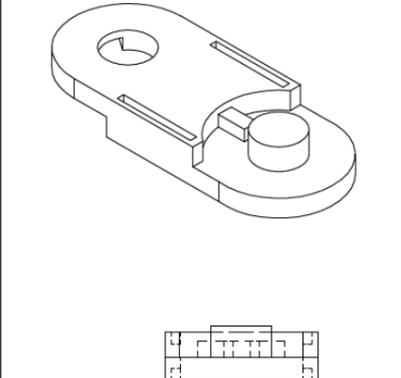
Los agarres vendrán dados por velcros, tanto para cerrar las abrazaderas como para sujetarlas a la pared.

## 4. MONOGRAFÍA TÉCNICA

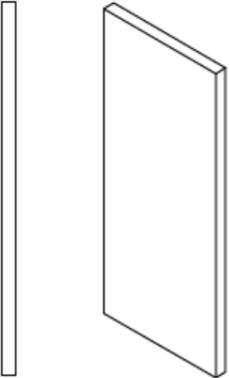
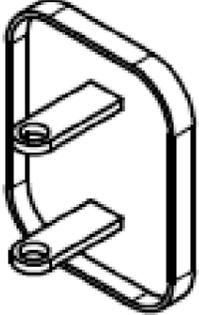
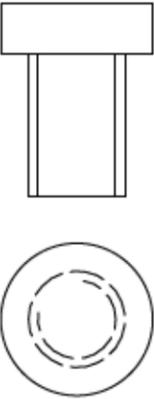
Tabla 13: Monografía técnica

ILUSTRACIÓN	DESIGNACIÓN	FUNCIÓN	CRÍTICO	DIMENSIONES	MATERIAL	UNIDO A	UNIDO CON
	<p><b>Carcasa I</b></p> <p>Pieza: 1.01.01.01</p> <p>Producto</p>	Proteger los altavoces y situarlos en las abrazaderas	5	Ø114x48,8	PVC Rígido	Carcasa II [1.01.01.02], a Eslabones [1.01.04.00], Piezas de unión [1.01.03.00] y Pieza de agarre [1.01.05.00].	A la Carcasa II por presión, al resto con Elementos roscados [1.01.06.00] o Eslabones [1.01.04.00]
	<p><b>Carcasa II</b></p> <p>Pieza: 1.01.01.02</p> <p>Producto</p>	Proteger los altavoces y situarlos en las abrazaderas	5	Ø114x42,2	PVC Rígido	Carcasa I [1.01.01.01], a Eslabones [1.01.04.00], Piezas de unión [1.01.03.00] y Pieza de agarre [1.01.05.00].	A la Carcasa I por presión, al resto con Elementos roscados [1.01.06.00] o Eslabones [1.01.04.00]
	<p><b>Carcasa III</b></p> <p>Pieza: 1.01.02.01</p> <p>Producto</p>	Fijar las abrazaderas en el eje axial y los módulos en el eje perpendicular.	4	200 x 52 x 43	PVC Rígido	A la Carcasa IV [1.01.02.03], Eslabones [1.01.04.00], Piezas de unión [1.01.03.00] y Pieza de agarre [1.01.05.00]. A la pared.	Elementos roscados [1.01.06.00] o Eslabones [1.01.04.00] y con velcro [1.01.02.02] a la pared.

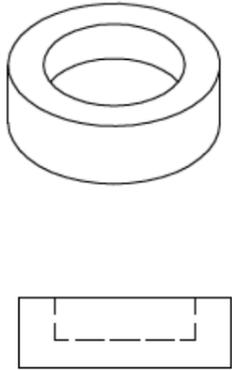
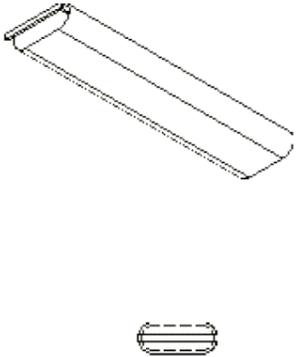
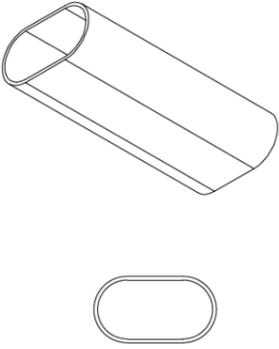
## 4. MONOGRAFÍA TÉCNICA

ILUSTRACIÓN	DESIGNACIÓN	FUNCIÓN	CRÍTICO	DIMENSIONES	MATERIAL	UNIDO A	UNIDO CON
	<p><b>Carcasa IV</b></p> <p>Pieza: 1.01.02.03</p> <p>Producto</p>	<p>Fijar las abrazaderas en el eje axial y los módulos en el eje perpendicular.</p>	4	200 x 52 x 43	PVC Rígido	<p>A la Carcasa III [1.01.02.01], Eslabones [1.01.04.00], Piezas de unión [1.01.03.00] y Pieza de agarre]. A la pared.</p>	<p>Elementos roscados [1.01.06.00] o Eslabones [1.01.04.00] y con velcro [1.01.02.02] a la pared.</p>
	<p><b>Pieza de unión</b></p> <p>Pieza: 1.01.03.00</p> <p>Producto</p>	<p>Sirve como nexo de unión en los eslabones que no tienen bulón.</p>	3	61 x 25 x 4	3D Vynil	<p>Eslabones [1.01.04.00], Piezas de unión [1.01.03.00] y Carcasas.</p>	<p>Elementos roscados [1.01.06.00] o Eslabones [1.01.04.00]</p>
	<p><b>Pieza de cadena</b></p> <p>Pieza: 1.01.04.01</p> <p>Producto</p>	<p>Se utiliza para formar los Eslabones [1.01.04.00], unir piezas y proporcionar flexibilidad.</p>	4	61 x 25 x 9	3D Vynil	<p>Eslabones [1.01.04.00], Piezas de unión [1.01.03.00] y Carcasas.</p>	<p>Elementos roscados [1.01.06.00] o Eslabones [1.01.04.00].</p>

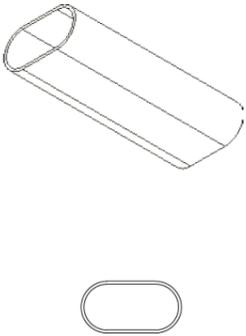
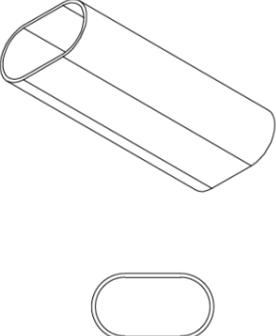
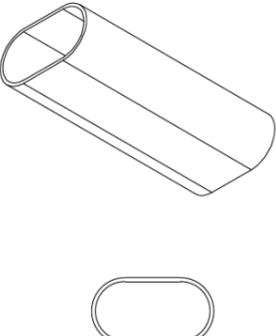
## 4. MONOGRAFÍA TÉCNICA

ILUSTRACIÓN	DESIGNACIÓN	FUNCIÓN	CRÍTICO	DIMENSIONES	MATERIAL	UNIDO A	UNIDO CON
	<p><b>Tablilla</b></p> <p>Pieza: 1.01.04.02</p> <p>Producto</p>	<p>Unir las Piezas de cadena [1.01.04.01] y tapar y proteger el cableado del interior.</p>	2	50 x 17 x 1,5	3D Vynil	Unido a las Piezas de cadena [1.01.04.01].	A presión con la ayuda de un adhesivo líquido para asegurar su fijación.
	<p><b>Pieza de agarre</b></p> <p>Pieza: 1.01.05.00</p> <p>Producto</p>	<p>Cerrar las abrazaderas para ajustarlas al usuario.</p>	2	100 x 80 x 37	3D Vynil	Piezas de unión [1.01.03.00] y Carcasas.	Elementos roscados [1.01.06.00].
	<p><b>Elemento roscado macho</b></p> <p>Pieza: 1.01.07.01</p> <p>Producto</p>	<p>Su función es servir como elemento de fijación para diferentes piezas.</p>	4	Ø15 x 20	3D Vynil	Elemento roscado hembra [1.01.07.02].	Mediante la rosca del elemento roscado macho [1.01.07.01].

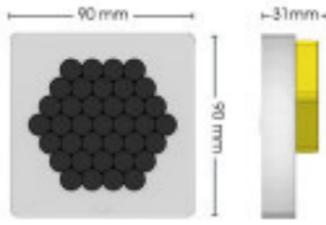
## 4. MONOGRAFÍA TÉCNICA

ILUSTRACIÓN	DESIGNACIÓN	FUNCIÓN	CRÍTICO	DIMENSIONES	MATERIAL	UNIDO A	UNIDO CON
	<p><b>Elemento roscado hembra</b></p> <p>Pieza: 1.01.07.02</p> <p>Producto</p>	<p>Su función es servir como elemento de fijación para diferentes piezas.</p>	4	Ø15 x 5	3D Vynil	Elemento roscado macho [1.01.07.01].	Mediante la rosca del elemento roscado macho [1.01.07.01].
	<p><b>Perfil I</b></p> <p>Pieza: 2.01.00.00</p> <p>Producto</p>	<p>Configurar el eje telescópico [2.00.00.00]</p>	1	100 x 35 x 20	3D Vynil	Perfil II [2.02.00.00].	Sistema de tope.
	<p><b>Perfil II</b></p> <p>Pieza: 2.02.00.00</p> <p>Producto</p>	<p>Configurar el eje telescópico [2.00.00.00]</p>	1	75 x 29 x 14	3D Vynil	Perfil I [2.01.00.00] y Perfil III [2.03.00.00]	Sistema de tope.

## 4. MONOGRAFÍA TÉCNICA

ILUSTRACIÓN	DESIGNACIÓN	FUNCIÓN	CRÍTICO	DIMENSIONES	MATERIAL	UNIDO A	UNIDO CON
	<p><b>Perfil III</b> Pieza: 2.03.00.00 Producto</p>	Configurar el eje telescópico [2.00.00.00]	1	75 x 41 x 26	3D Vynil	Perfil II [2.02.00.00] y Perfil IV [2.04.00.00]	Sistema de tope.
	<p><b>Perfil IV</b> Pieza: 2.04.00.00 Producto</p>	Configurar el eje telescópico [2.00.00.00]	1	75 x 47 x 32	3D Vynil	Perfil III [2.03.00.00] y Perfil V [2.05.00.00]	Sistema de tope.
	<p><b>Perfil V</b> Pieza: 2.05.00.00 Producto</p>	Configurar el eje telescópico [2.00.00.00]	1	75 x 55 x 40	3D Vynil	Perfil IV [2.04.00.00]	Sistema de tope.

## 4. MONOGRAFÍA TÉCNICA

ILUSTRACIÓN	DESIGNACIÓN	FUNCIÓN	CRÍTICO	DIMENSIONES	MATERIAL	UNIDO A	UNIDO CON
	<p><b>Altavoz "A Junior"</b> Pieza: 1.01.01.03</p> <p>Subproducto</p>	Emitir ondas mecánicas.	5	90 x 90 x 31	-	Carcasa II [1.01.01.02].	Atornillado y a presión.
	<p><b>Tornillo cab. hexagonal DIN 933 mg8.8</b> Pieza: 1.01.01.02</p> <p>Subproducto</p>	Su función es la de fijar elementos.	2	M4 x 8	-	Altavoz [2.01.01.03] y Carcasa II [1.01.01.02].	Sistema de tope.
	<p><b>Generador de ondas WW5064/1074/2074</b> Pieza: 6.00.00.00</p> <p>Subproducto</p>	Su función es la de generar ondas de pulso y transmitir las a los altavoces.	5	-	-	Abrazaderas y a la pared.	Cableado y velcros.

# MONITORIZACIÓN

## SENSORES DE PRESIÓN

Para optimizar el funcionamiento del producto se ha decidido implementar un sistema de sensores que se encarguen de la monitorización de los niveles de las constantes vitales del sujeto y así permitir regular la emisión de ondas dependiendo de cada necesidad y en el mismo instante.

De esta manera, cuando la presión baje de la presión establecida, se aplicará una amplitud mayor para contrarrestar el efecto y conseguir estabilizarlo.

Debido a que se pretende que a partir de una computadora se autoprograme el generador, lo más adecuado es el diseño de un programa específico y no la implementación de un circuito integrado, ya que este no permitiría reajustar el generador atendiendo a las necesidades del usuario en ese mismo momento.

Los sensores estarán colocados en cabeza y pies tal y como se muestra en la Figura 189, y esto permitirá la estimación de la presión recibida en el tronco medio, siendo esta la más intrascendente. Las que realmente son importantes son la presión de la cabeza y la de los pies, ya que lo que se pretende es obtener un incremento de presión entre estos dos puntos.

Como se ha explicado, los datos se registrarán gracias a un programa informático muy básico, tal y como se detalla en las páginas a continuación.

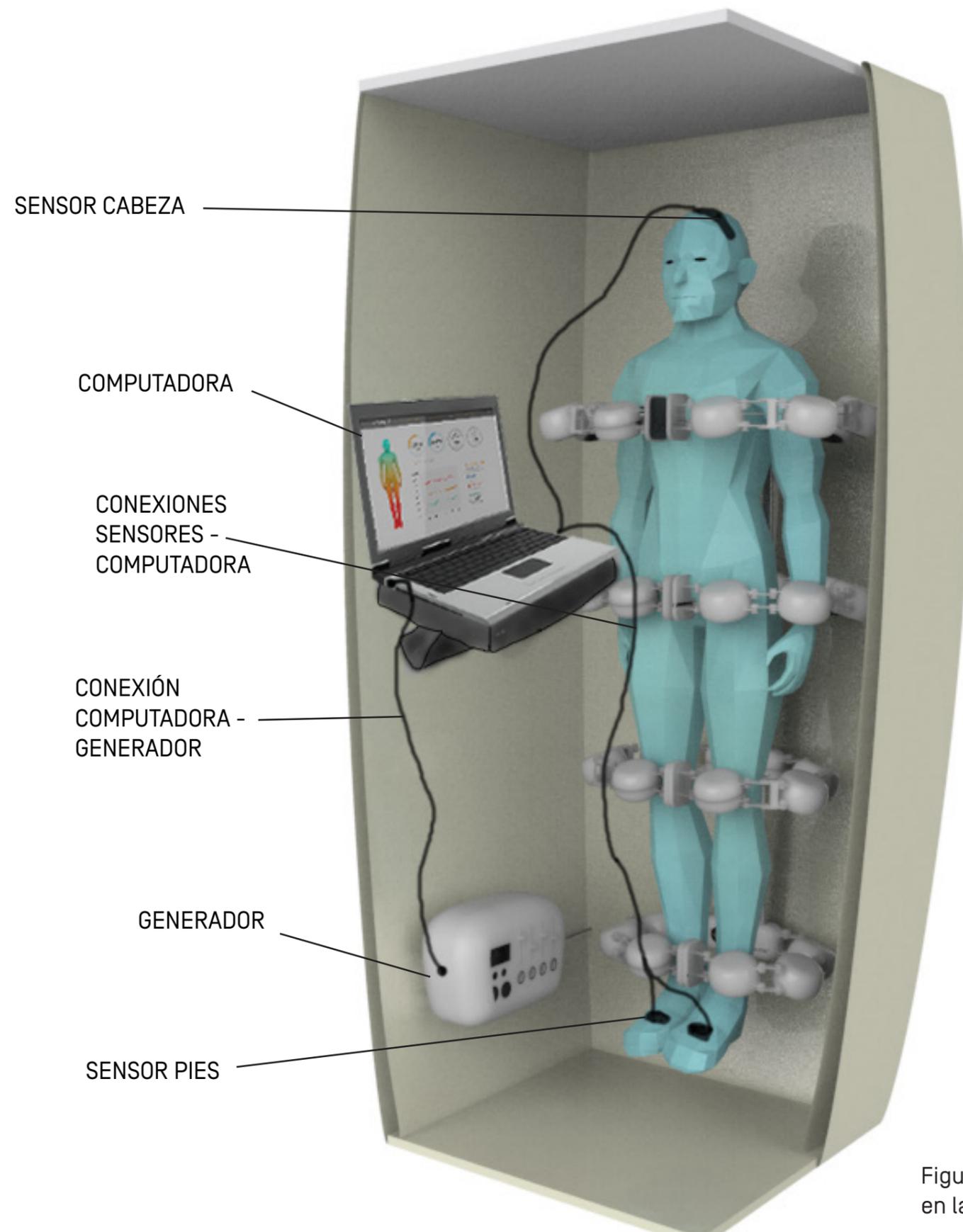


Figura 189: Aplicación en la ISS

# FUNCIONAMIENTO

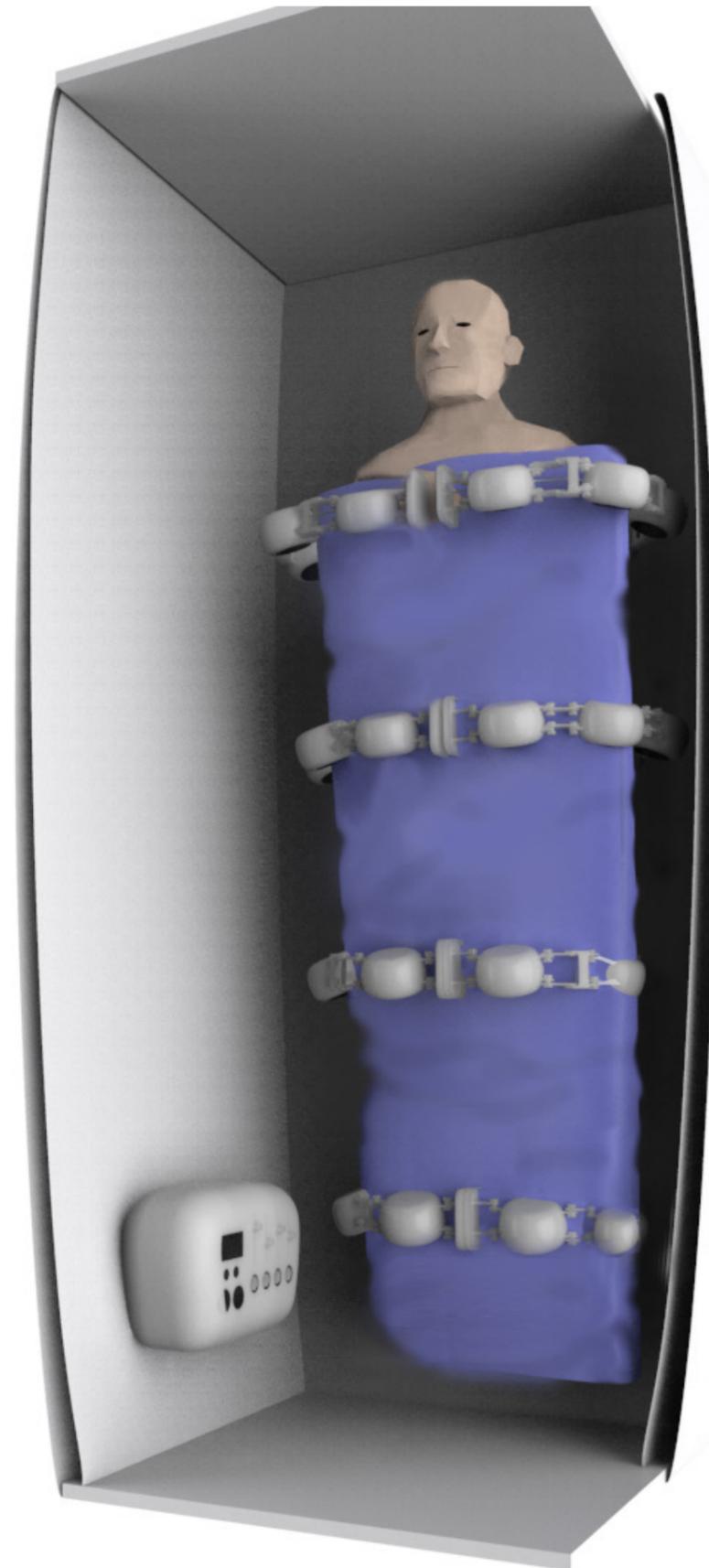
## FUNCIONAMIENTO Y USO



Figura 127: Wakata en su dormitorio de la ISS

El usuario se coloca como de costumbre en su cama, como se resume en la página 33, Apartado "Descanso". Se mete al saco de dormir sujeto a la pared del dormitorio de la Estación y tras esto, procede a colocar las abrazaderas. El sistema de cremallera del saco permite al usuario poder cerrarlo poco a poco para ir ajustando las abrazaderas de abajo a arriba.

Figura 190: Aplicación en un dormitorio en la ISS

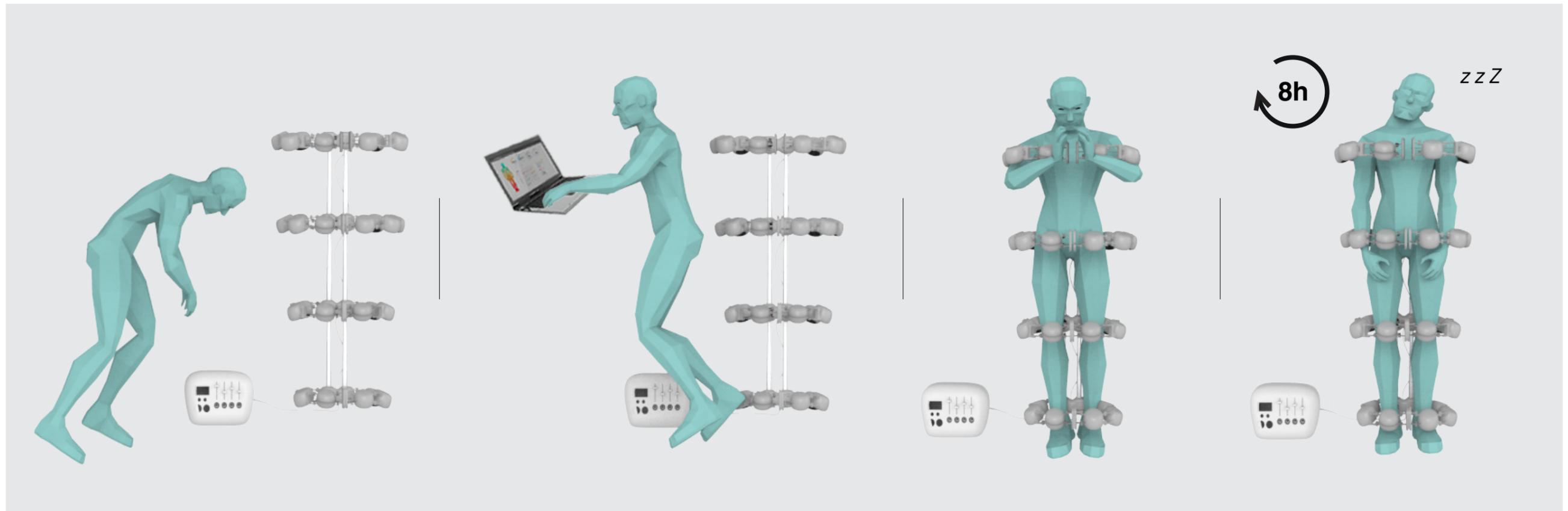


De manera que, el saco de dormir se coloca por dentro de las abrazaderas. Con esto se consigue aumentar la comodidad del usuario y evitar que el cuerpo humano se convierta en una fuente de calor inmediatamente en contacto con el sistema del dispositivo.

FUNCIONAMIENTO

## SECUENCIA DE USO

**NOTA:** No se muestra como el sujeto se coloca dentro del saco de dormir, ya que se considera irrelevante. El saco está situado dentro de las abrazaderas.



**1.** Primero el usuario debe encender el generador de ondas para poder ponerlo en funcionamiento.

**2.** El usuario elige y configura el ciclo deseado mediante el programa informático.

**3.** El sujeto cierra las abrazaderas manteniéndose en el interior de las mismas.

**4.** Se deja funcionando el dispositivo durante el tiempo de sueño [8 horas aprox.]

Figura 191: Secuencia de uso del producto

# IMAGEN DEL PRODUCTO

## REFERENCIAS

### CÓSMICO

Un sistema mecánico que permita la rotación en el eje X y Z para rotar las abrazaderas y permitir al usuario su manejo.

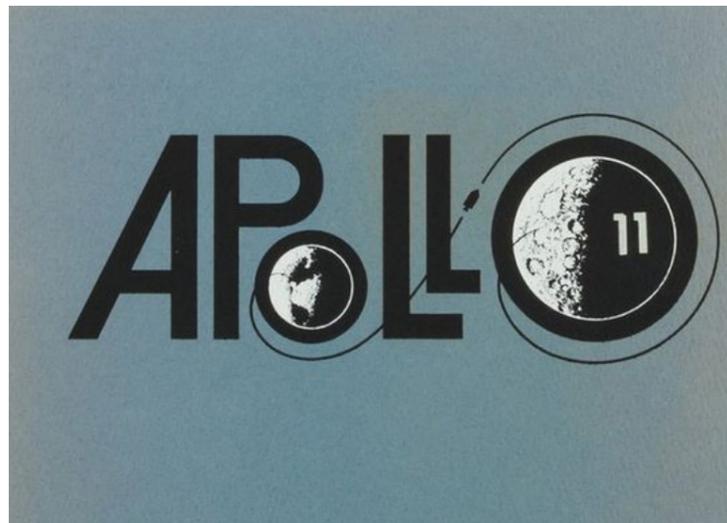


Figura 128: Cartel de la NASA anunciando la misión Apollo



Figura 129: Cielo estrellado

### RETRO

Un sistema mecánico que permita la rotación en el eje X y Z para rotar las abrazaderas y permitir al usuario su manejo.



Figura 130: “Game Over” 80’s style



Figura 131: “Palm Springs” Vintage

### ESPACIAL

Un sistema mecánico que permita la rotación en el eje X y Z para rotar las abrazaderas y permitir al usuario su manejo.



Figura 132: Emblemas espaciales

IMAGEN DEL PRODUCTO

## PROPUESTAS TIPOGRÁFICAS

### PROPUESTA 1

Gost Common  
[Licencia libre]

GOST Common Regular  
*GOST Common Italic*

### PROPUESTA 2

Montserrat  
[Licencia libre]

**Montserrat Bold**  
**Montserrat Regular**  
Montserrat Light

### PROPUESTA 3

Bebas  
[Licencia reducida]

**BEBAS REGULAR**  
**BEBAS NEUE**

### PROPUESTA 4

Orbitron  
[Licencia libre]

Orbitron Medium  
Orbitron Regular

### PROPUESTA 5

Press Start 2P  
[Licencia libre]

**PRESS START 2P**

### PROPUESTA 5

Aldo the Apache  
[Licencia libre]

**ALDO THE APACHE REGULAR**  
**ALDO THE APACHE BOLD**

### PROPUESTA 6

Even Stevens  
[Licencia de pago]

**EVEN STEVENS**

### PROPUESTA 7

ISL Júpiter  
[Licencia libre]

**ISL Jupiter Bold**  
**ISL Jupiter Regular**

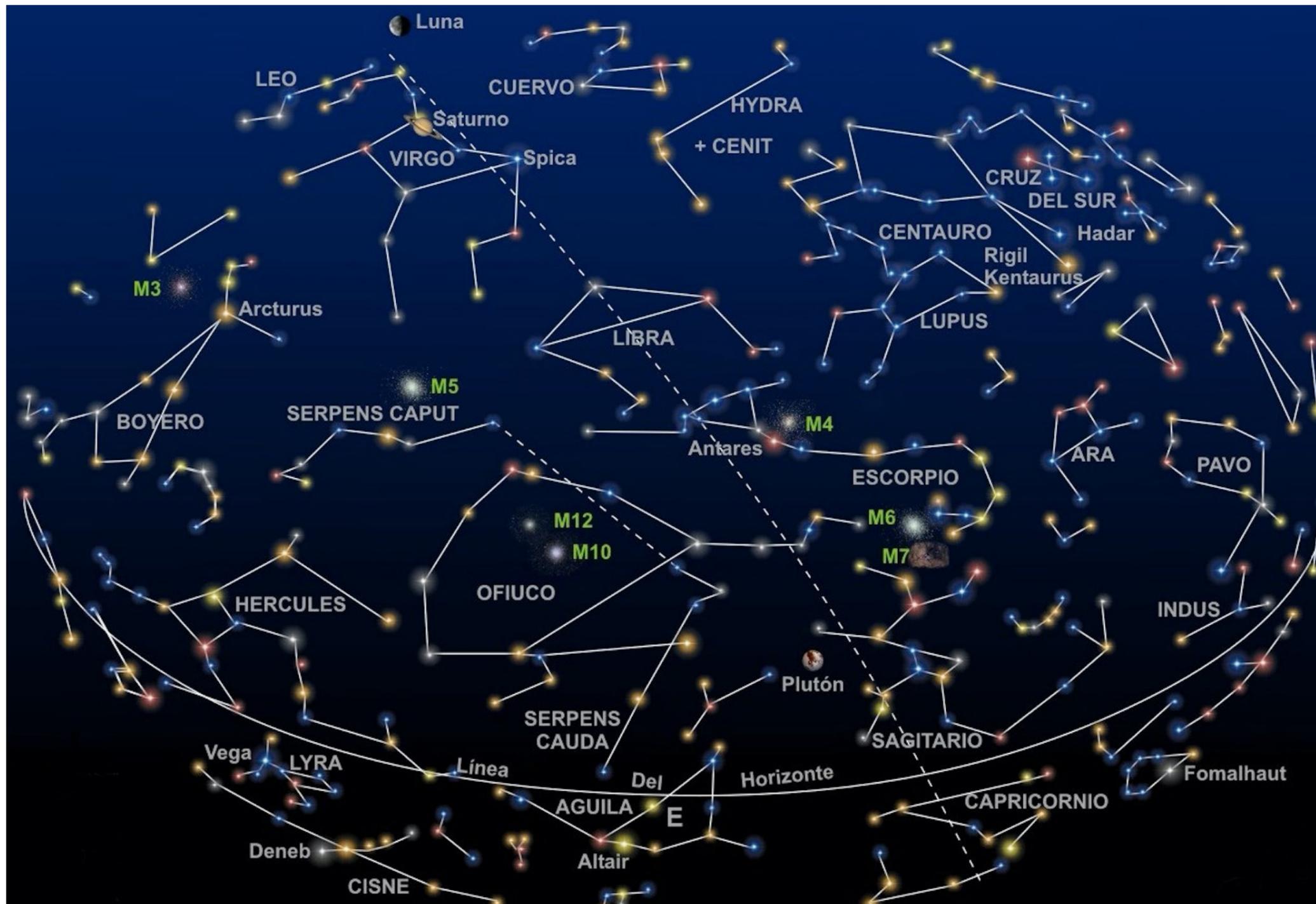
---

### ELECCIÓN TIPOGRÁFICA

Tras valorar las diferentes alternativas tipográficas se ha decidido utilizar la familia de Orbitron para el desarrollo de la imagen gráfica, debido a su representación de los valores a mostrar.

IMAGEN DEL PRODUCTO

## ELECCIÓN DEL NOMBRE DEL DISPOSITIVO



Se ha decidido utilizar el nombre de una constelación para nombrar al producto, a continuación se mostrará un mapa estelar con diferentes alternativas.

Figura 133: Mapa de constelaciones

## ELECCIÓN DEL NOMBRE

Se han valorado los siguientes nombres: ORIÓN, ISIS, VIRGO y WAVOOD. Aunque finalmente se ha elegido el nombre "Virgo". Al ser una primera propuesta de diseño de producto, se conocerá al dispositivo como "Virgo I", a fin de realizar rediseños y mejorar sus capacidades.

IMAGEN DEL PRODUCTO

# PROPUESTAS FORMALES

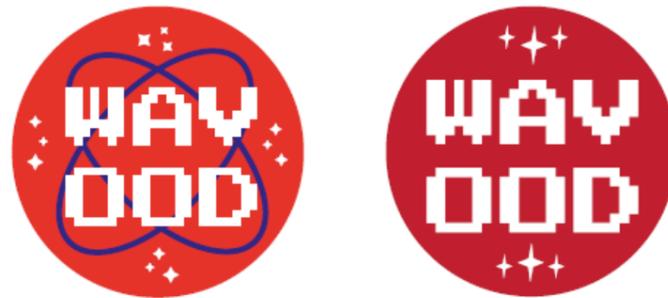
## PROPUESTA 1

Minimalista y tecnológico.



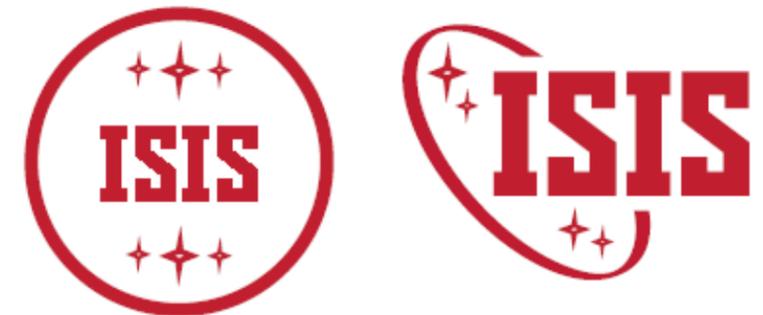
## PROPUESTA 2

Animado y japonés.



## PROPUESTA 3

Serio y espacial.



## PROPUESTA 4

Espacial y tecnológico.



## PROPUESTA 5

Clásico, retro y recargado.



## PROPUESTA 6

Serio, elegante y cósmico.



IMAGEN DEL PRODUCTO

## DESARROLLO FORMAL

### DESARROLLO

Se han añadido elementos espaciales a fin de remarcar los valores que desean representarse en el producto.



### COLORES

Se realizará una prueba de colores para elegir la gama que resulte más adecuada a partir de colores previamente seleccionados.



PANTONE  
1-15C



PANTONE  
37-7C



PANTONE  
122-5C

### ELECCIÓN

Se han seleccionado ambos colores para mezclarlos en diferentes elementos del diseño del logo.

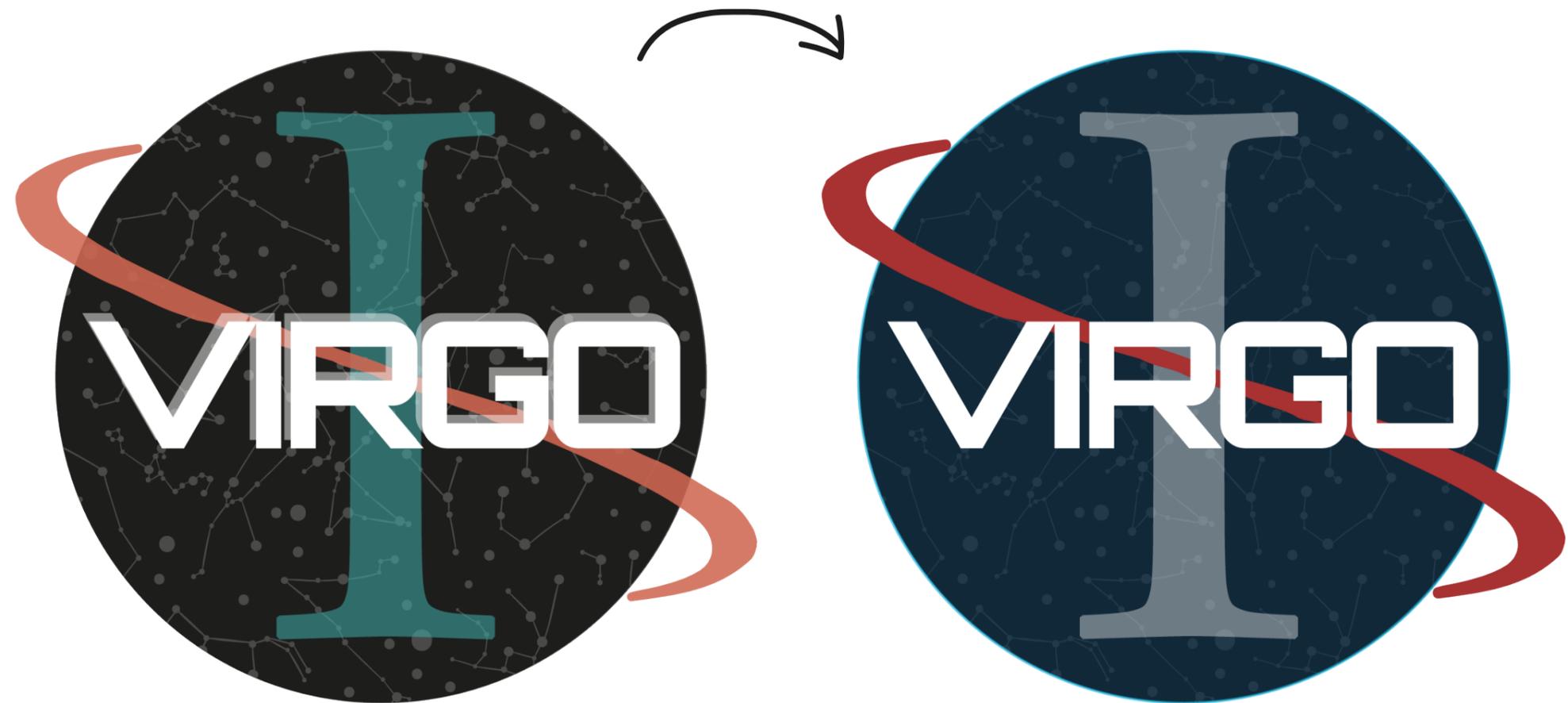
El azul representa la tranquilidad, la paz y el universo, mientras que el rojo se contrapone a él aportando energía y potencia, conceptos muy relacionados con la funcionalidad del producto.

IMAGEN DEL PRODUCTO

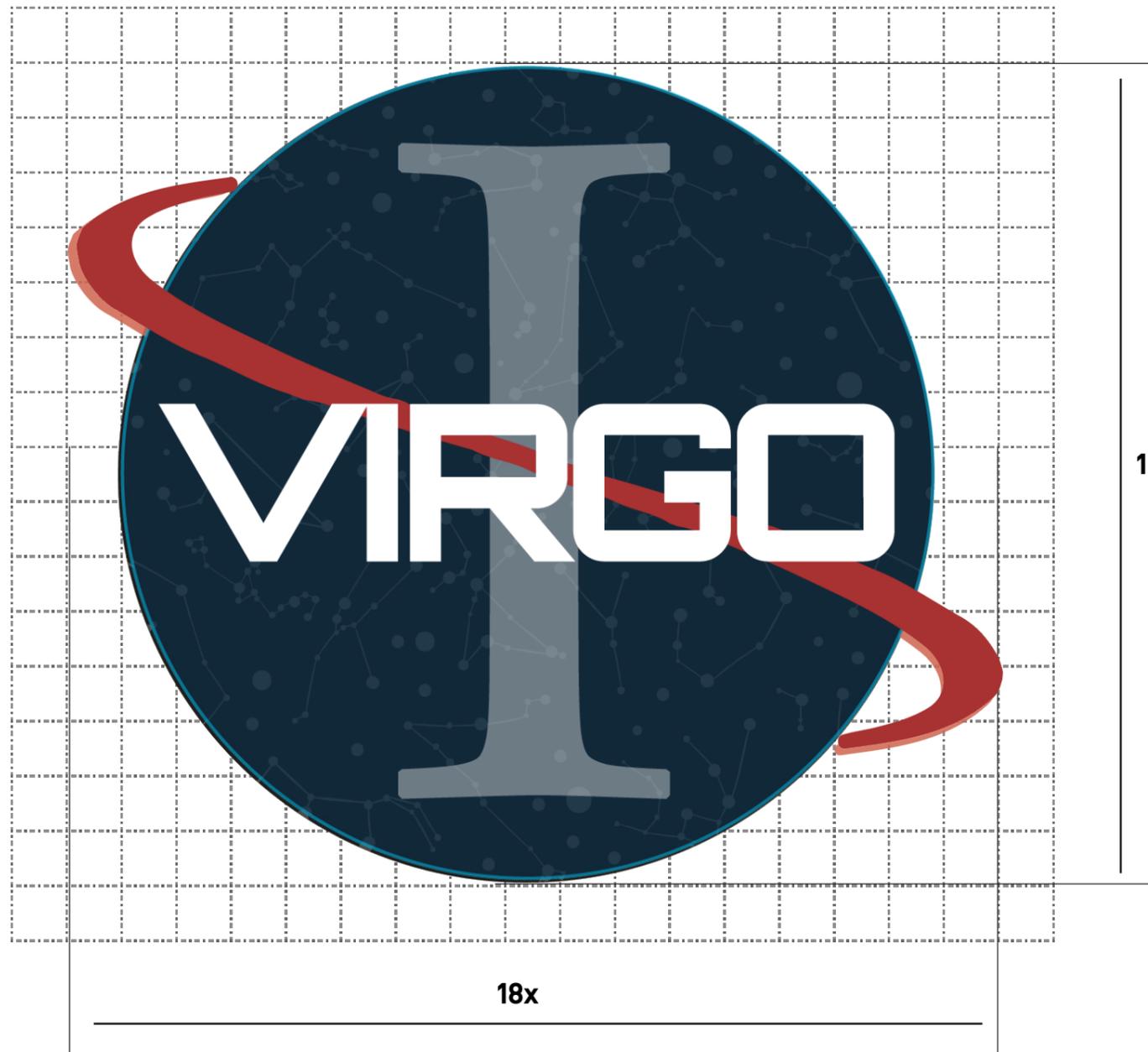
## DESARROLLO FORMAL

### SIMPLIFICACIÓN

Ha resultado un logotipo de producto demasiado recargado, por lo que se va a simplificar.



## ELEMENTOS Y CONSTRUCCIÓN



### "PRIMERO"

Especifica que es el primer diseño de un concepto nuevo, los siguientes rediseños se nombrarían en consecuencia: Virgo II, Virgo III,...

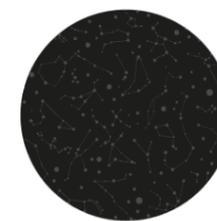
Centrado en el círculo de fondo base  
Opacidad: 25%  
Color: 0,0,0,0  
Tamaño: **12,5x x 5x**



### ANILLO

Actúa como un elemento cósmico para reforzar la identidad del logotipo.

Centrado en el círculo  
Opacidad: 80%  
Color: Pantone 37-7c  
Tamaño: **18x x 11x**



### PLANETA

Representa un planeta en el que se proyecta el universo. Elemento cósmico.

Opacidad: 100%  
Color: Vector blanco y negro puros.  
Tamaño: **15x x 15x**

VIRGO

### NOMBRE

El nombre se visualiza con tipografía cuadrada, efecto retro.

Centrado en el círculo  
Opacidad: 100%  
Color: 0C, 0M, 0Y, 0K.  
Tamaño: **13x x 3x**

IMAGEN DEL PRODUCTO

## VERSIONES

### VERSIÓN ESCALA GRISES

Cuando se requiera una versión monocromática del logotipo del producto, será de la siguiente manera:



### VERSIÓN BLANCO

Cuando se requiera una versión del logotipo del producto para aplicarla a fondos oscuros, será así:



### VERSIÓN SIMPLIFICADA

Cuando se requiera una versión simplificada del logotipo, será así:



IMAGEN DEL PRODUCTO

## APLICACIONES

### ESTAMPADO EN EL PRODUCTO

Se estampará el logotipo en el módulo central de cada abrazadera a unas dimensiones de: 45 x 45 mm.

Figura 192: Detalle del producto



# PROGRAMA DE MONITORIZACIÓN INTERFAZ Y FUNCIONES

Debido a que se podría implementar como accesorio un sistema de sensores colocados en cabeza y pies que autoregulasen la frecuencia del generador dependiendo de sus constantes vitales, se ha decidido el diseño de un programa (1280x720 px) que, además de informar al usuario sobre la situación actual, hace posible la programación de diferentes ciclos dependiendo de las necesidades del sujeto y envía la información directamente al generador de ondas para que se regule según los valores preestablecidos deseados.

Este programa estará instalado en las computadoras de cada uno de los tripulantes, ubicadas en sus dormitorios, y tendrá las siguientes funciones:

## CICLO ACTUAL

Esta pestaña permite conocer la situación actual de la emisión de ondas, muestra un análisis de la presión en su cuerpo mediante una representación del usuario, sus constantes vitales y una gráfica relacionando el tiempo de uso y la presión recibida en cada punto.

## HISTÓRICO

Permite visualizar un resumen del ciclo realizado en otras ocasiones.

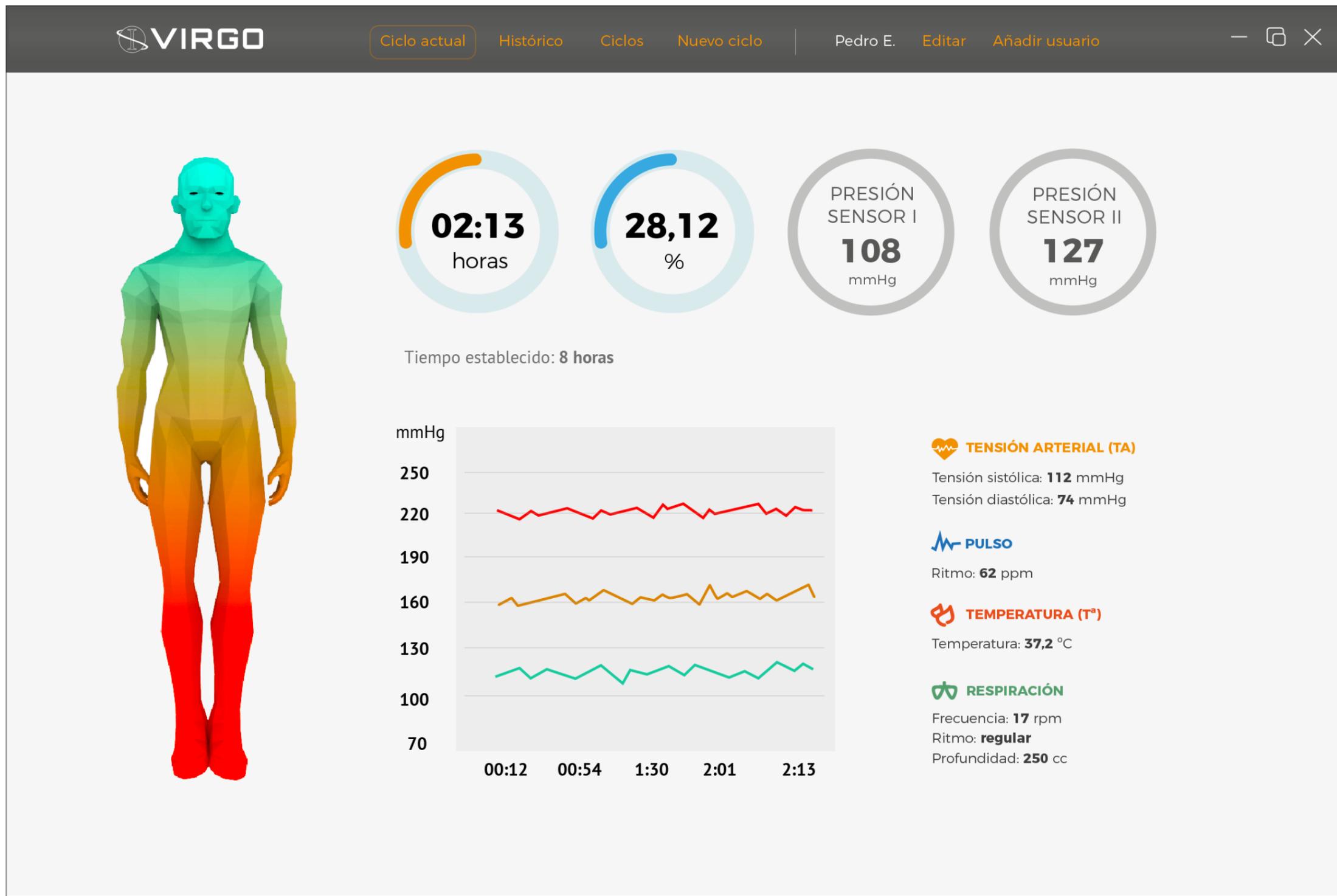
## NUEVO CICLO

Esta pestaña permite la creación de un nuevo ciclo a partir de los parámetros exigidos.



# PANTALLA: CICLO ACTUAL

Figura 193: Pantalla ciclo actual



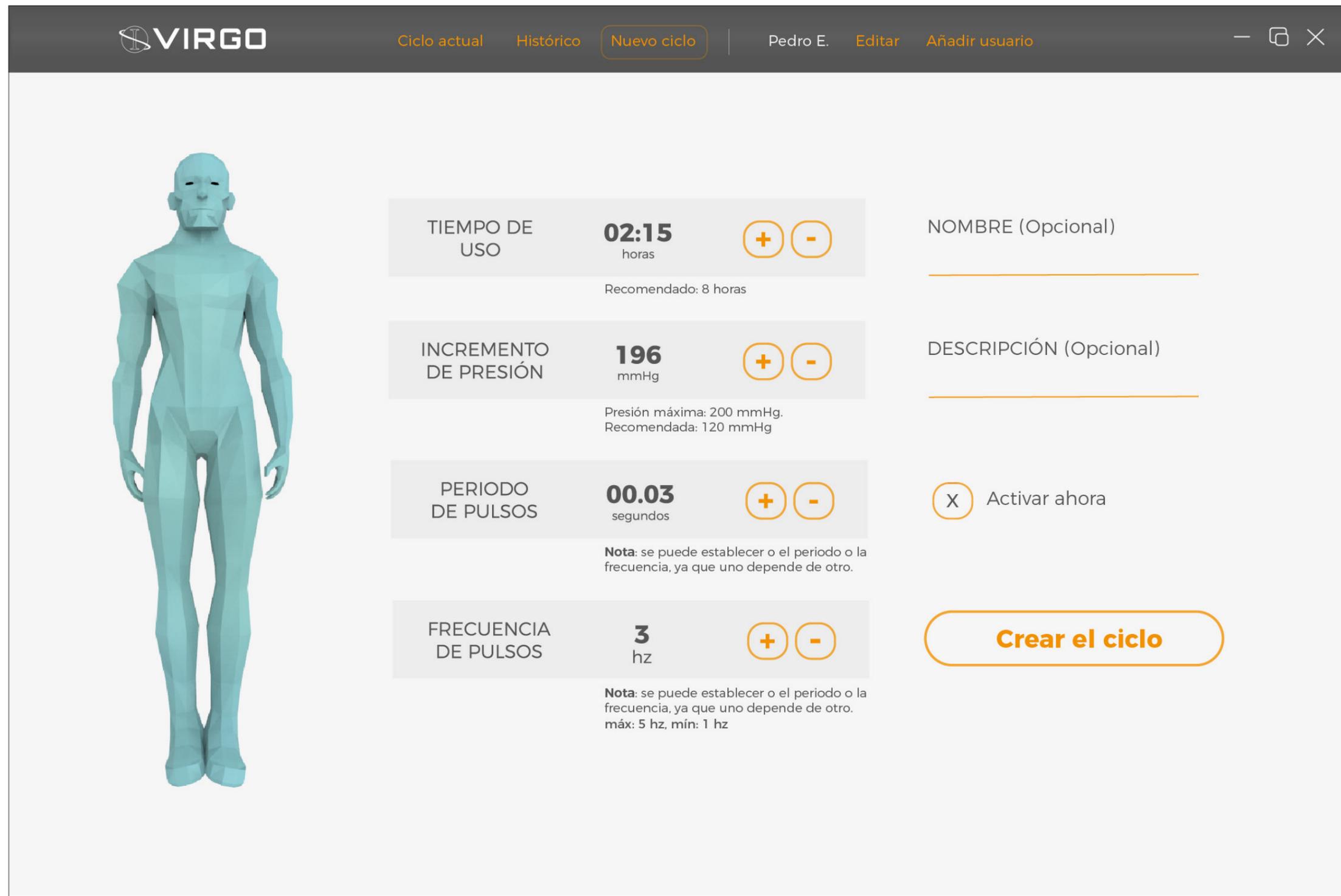
# PANTALLA: HISTÓRICO

Figura 194: Pantalla Histórico

NOMBRE	RANGO DE PRESIÓN		TIEMPO	
Sin nombre 1	Máx: <b>230</b> mmHg	Mín: <b>100</b> mmHg	Tiempo: <b>07</b> h <b>39</b> min	<a href="#">Abrir el ciclo</a>
Día 2	Máx: <b>233</b> mmHg	Mín: <b>112</b> mmHg	Tiempo: <b>07</b> h <b>54</b> min	<a href="#">Abrir el ciclo</a>
Ciclo personal	Máx: <b>228</b> mmHg	Mín: <b>103</b> mmHg	Tiempo: <b>07</b> h <b>32</b> min	<a href="#">Abrir el ciclo</a>
Ciclo máx.	Máx: <b>229</b> mmHg	Mín: <b>106</b> mmHg	Tiempo: <b>08</b> h <b>01</b> min	<a href="#">Abrir el ciclo</a>
Día 3	Máx: <b>219</b> mmHg	Mín: <b>101</b> mmHg	Tiempo: <b>07</b> h <b>15</b> min	<a href="#">Abrir el ciclo</a>
Día 4	Máx: <b>236</b> mmHg	Mín: <b>115</b> mmHg	Tiempo: <b>07</b> h <b>59</b> min	<a href="#">Abrir el ciclo</a>
Ciclo 6 horas	Máx: <b>220</b> mmHg	Mín: <b>102</b> mmHg	Tiempo: <b>06</b> h <b>23</b> min	<a href="#">Abrir el ciclo</a>

# PANTALLA: NUEVO CICLO

Figura 195: Pantalla Nuevo ciclo



## PANTALLA: NUEVO PERFIL

Figura 196: Pantalla Nuevo perfil

**VIRGO** Ciclo actual Histórico Nuevo ciclo | Pedro E. Editar Añadir usuario

I. CREAR NUEVO PERFIL > II. Ajustes básicos > III. Diseño abrazaderas

### DATOS PERSONALES

NOMBRE Y APELLIDO \*

\_\_\_\_\_

EDAD \*

Día ▼ Mes ▼ Año ▼

AÑADIR IMAGEN

Seleccionar archivo (D:)

### DIMENSIONES

ANCHURA DE HOMBROS \*

\_\_\_\_\_ mm

ESTATURA \*

\_\_\_\_\_ mm

ESPESOR ABDOMINAL \*

\_\_\_\_\_ mm

MASA CORPORAL \*

\_\_\_\_\_ kg

### DATOS FIJOS

Ángulo de inclinación: **35,5** °  
Modificar

Distancia abrazaderas: **325** mm  
Modificar

# PANTALLA: DISEÑO ABRAZADERAS

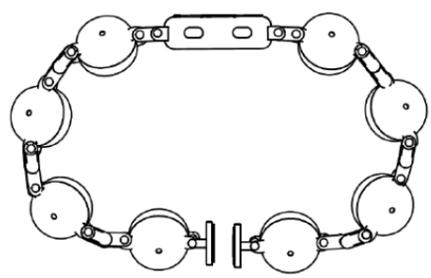
Figura 197: Pantalla Diseño abrazaderas



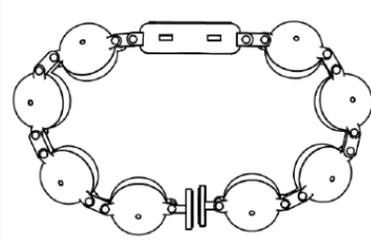
[Ciclo actual](#) | [Histórico](#) | [Nuevo ciclo](#) | Pedro E. | [Editar](#) | [Añadir usuario](#)

[I. Crear nuevo perfil](#) > [II. Ajustes básicos](#) > **III. DISEÑO ABRAZADERAS**

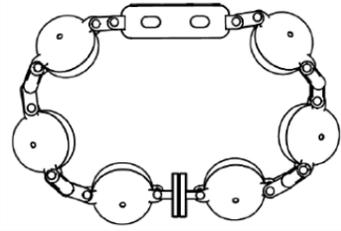
### VISTA PREVIA Y PIEZAS



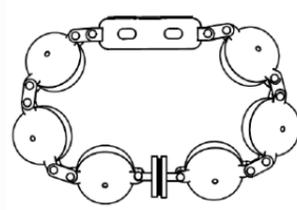
**ABRAZADERA I**  
 A1 = 600 mm  
 Piezas unión: 4  
 Eslabones: 2  
 Módulos: 8



**ABRAZADERA II**  
 A2 = 500 mm  
 Piezas unión: 4  
 Eslabones: 0  
 Módulos: 8



**ABRAZADERA III**  
 A3 = 450 mm  
 Piezas unión: 4  
 Eslabones: 2  
 Módulos: 6



**ABRAZADERA IV**  
 A3 = 350 mm  
 Piezas unión: 4  
 Eslabones: 0  
 Módulos: 6

### DATOS FIJOS

Ángulo de inclinación: **35,5 °**  
 Distancia abrazaderas: **325 mm**

[IMPRIMIR RESULTADOS](#)

[GUARDAR DATOS EN EL PERFIL](#)

# MODELO 3D - VIRGO I

## ABRAZADERAS

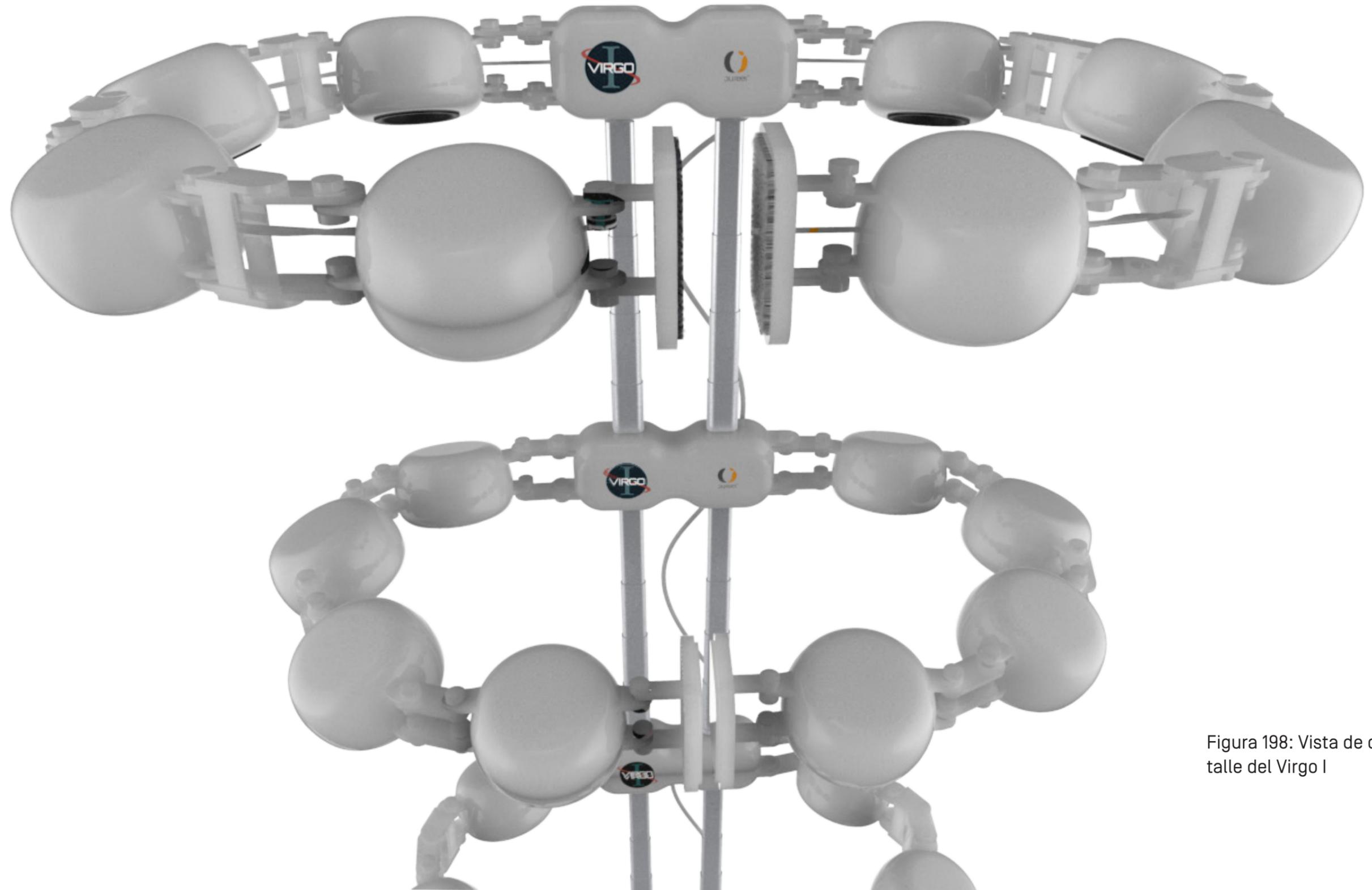
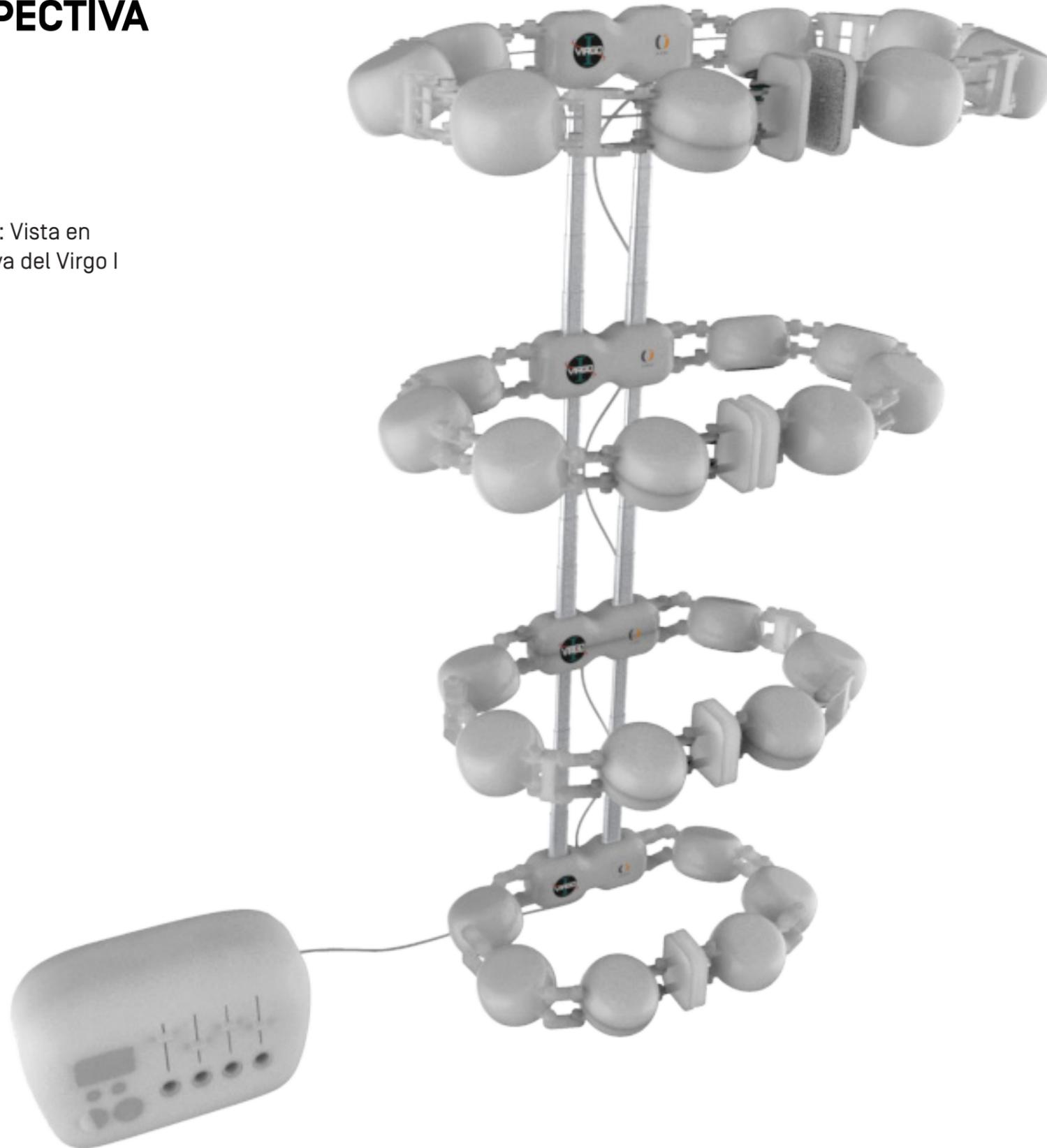


Figura 198: Vista de detalle del Virgo I

MODELO 3D - VIRGO I

# VISTA EN PERSPECTIVA

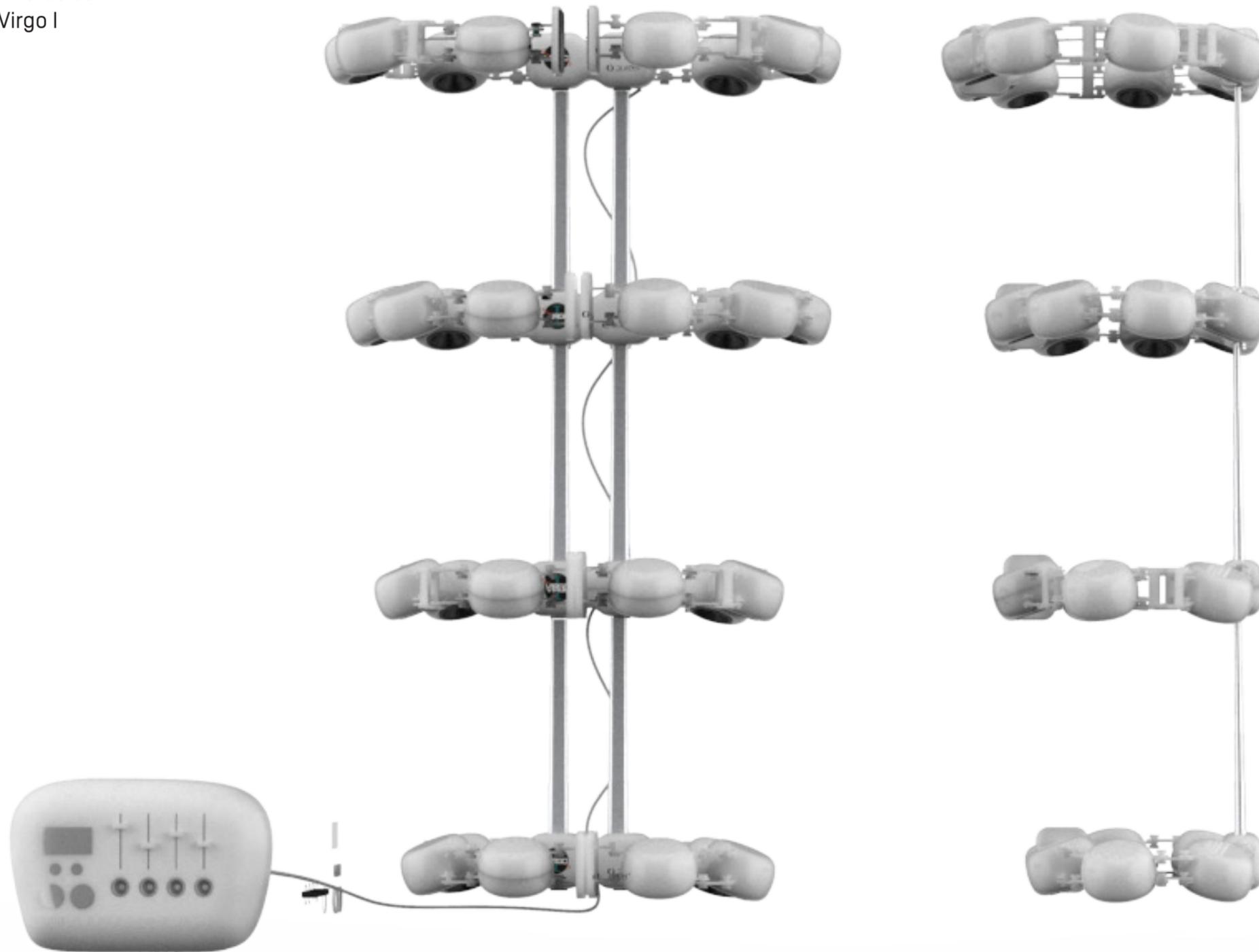
Figura 199: Vista en perspectiva del Virgo I



MODELO 3D - VIRGO I

## ALZADO Y PERFIL

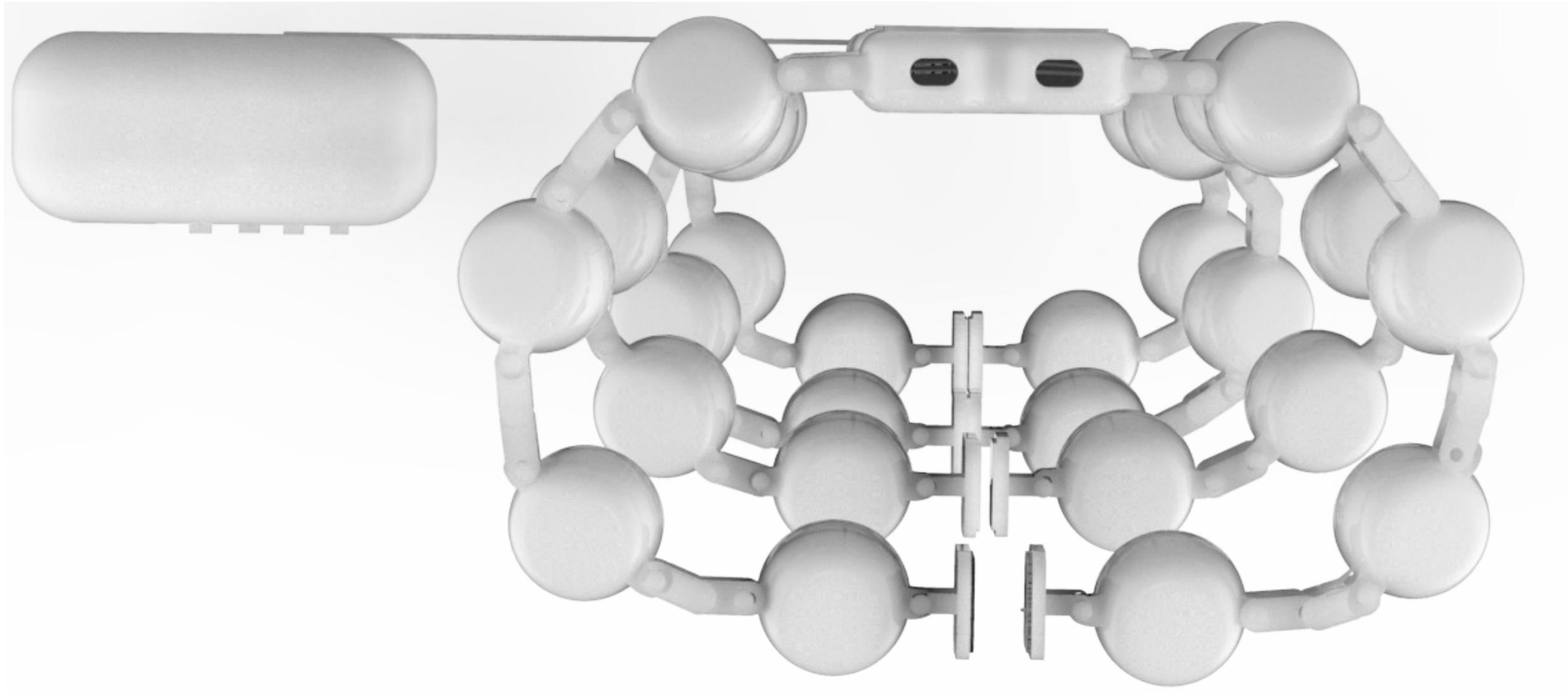
Figura 200: Vistas estándar del Virgo I



MODELO 3D - VIRGO I

# PLANTA

Figura 201: Vistas en planta del Virgo I



# MODELOS FÍSICOS

## PRUEBAS DE PROTOTIPADO

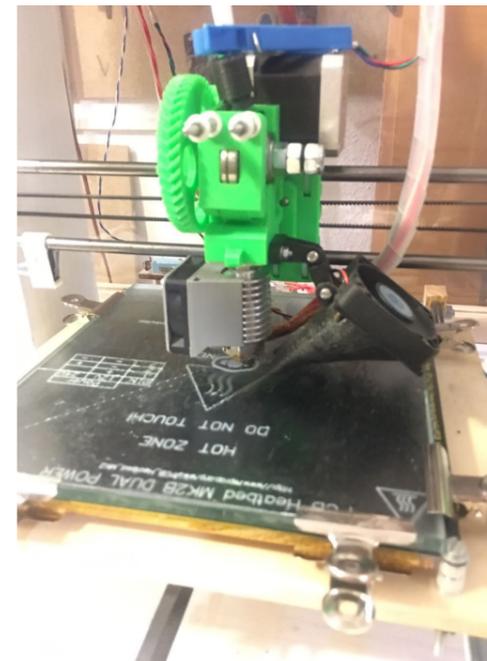
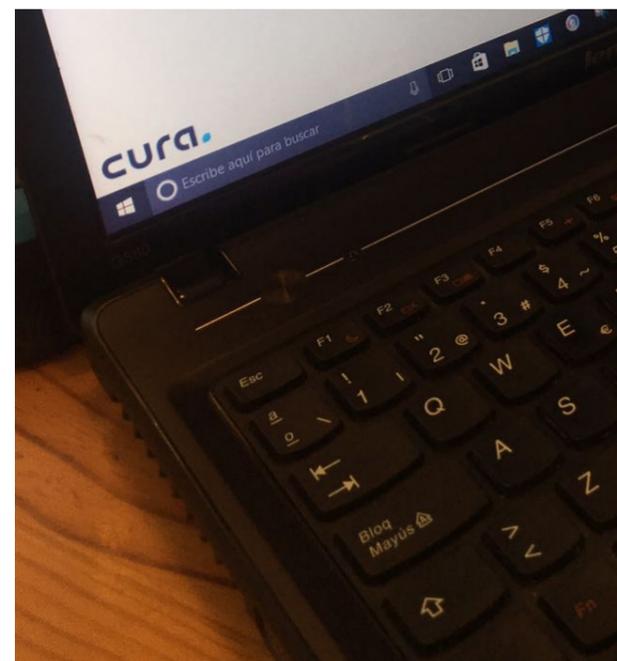
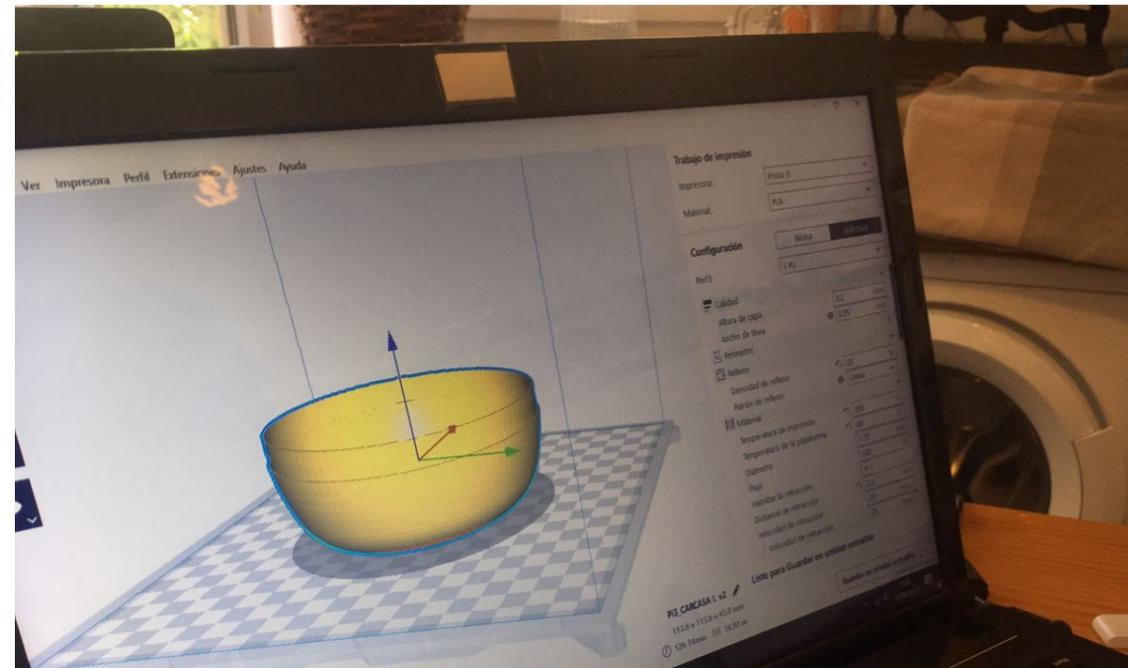
### IMPRESIÓN 3D

Se han realizado pruebas de prototipado mediante impresión 3D para obtener un modelo físico de las carcasas y el diseño de los moldes. Primero se han realizado pruebas para determinar si es viable la impresión de una maqueta completa a escala reducida, y posteriormente se han impreso las carcasas a escala real.

Precisión: 0,15 mm  
Soportes: Sí

Para su impresión, se ha modelado mediante el software Autodesk Inventor 2016 y se ha tratado el modelo STL con el programa "Cura", software libre, para la puesta en marcha de la fabricación.

Figura 202: Proceso de impresión 3D



MODELOS FÍSICOS

# PROTOTIPO DE CARCASAS

Figura 203: Carcasas impresas en 3D

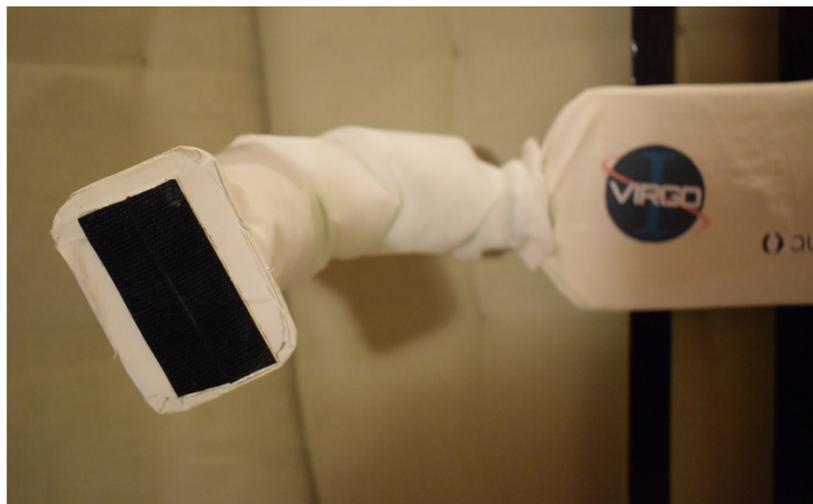


MODELO 3D - VIRGO I

## MAQUETA REVESTIDA

Esta primera maqueta ha sido realizada para grabar una secuencia de uso y para mostrar el producto con las abrazaderas acolchadas, ya que el modelo informático era muy complejo de realizar para conseguir un buen resultado.

Figura 204: Maqueta revestida



# PROCESO DE REALIZACIÓN

Figura 205: Proceso de realización de la maqueta revestida



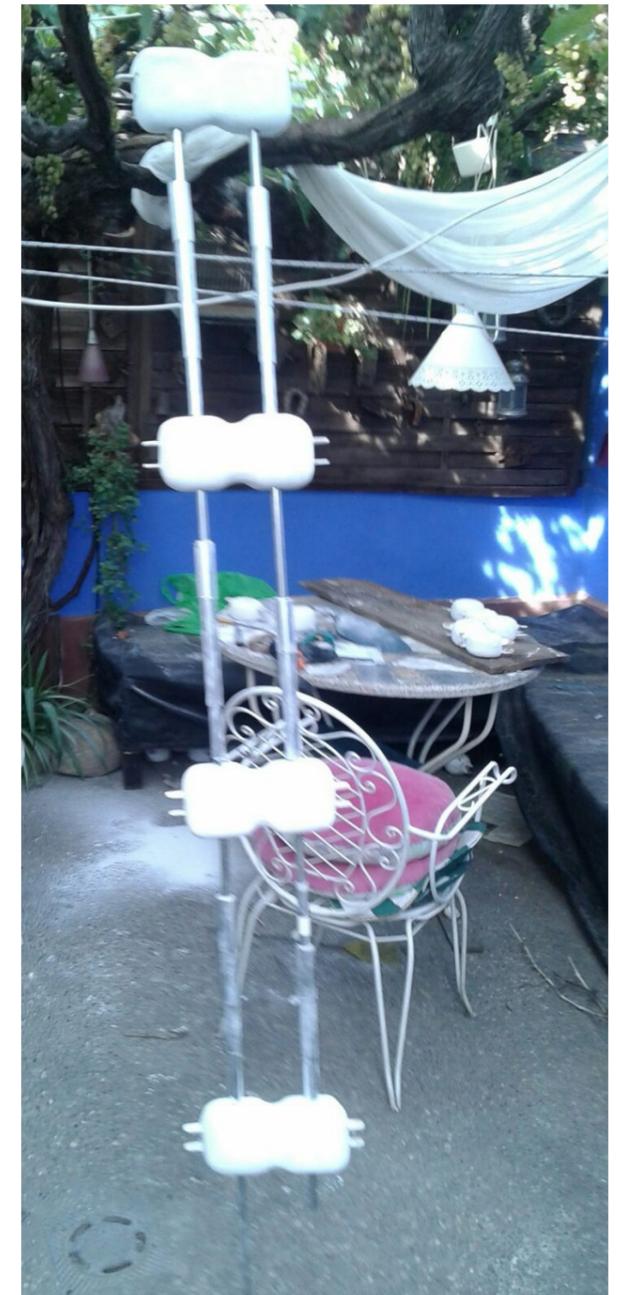
MODELO 3D - VIRGO I

# MAQUETA ESTRUCTURAL



Figura 206: Proceso de realización de la maqueta revestida

**Nota:** Sin finalizar



# PROCESO DE REALIZACIÓN

Figura 207: Proceso de realización de la maqueta estructural



# DESARROLLO TÉCNICO

## MANUAL DE INSTRUCCIONES

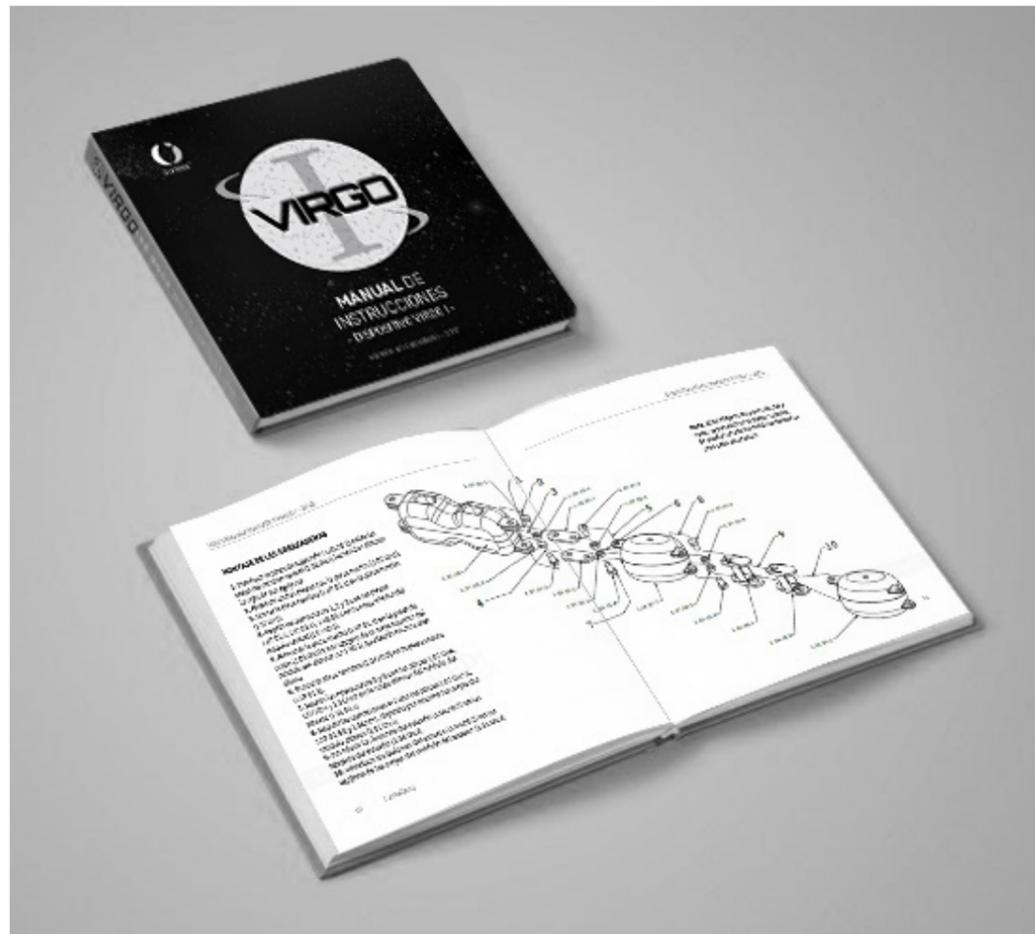


Figura 208: Render del manual de instrucciones

### MANUAL DE INSTRUCCIONES

Las dimensiones del manual de instrucciones son 175x175 mm, y se imprimirá en papel satinado.



# DESARROLLO TÉCNICO

## MANUAL DE INSTRUCCIONES

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

### DISPOSITIVO ELECTROMÉDICO VIRGO I

El producto consiste en un dispositivo compuesto por abrazaderas con altavoces debidamente colocados que emiten ondas sonoras que, a nivel fisiológico, se traducen como una diferencia de presiones entre cabeza y pies (incremento de presión) que produce un campo de gravedad artificial a nivel sanguíneo, permitiendo la correcta circulación y transporte de oxígeno en el organismo humano. Está diseñado para su aplicación en entornos microgravitacionales.



2 Castellano

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808



### CONTENIDO

<b>Sistema VIRGO I</b>	página 04
<b>Piezas abrazaderas</b>	página 05
<b>Piezas estructurales</b>	página 06
<b>Montaje del sistema</b>	página 10
<b>Funcionamiento</b>	página 14
<b>Características técnicas</b>	página 15
<b>Base física</b>	página 16
<b>Efectos fisiológicos</b>	página 17
<b>Mantenimiento</b>	página 18
<b>Medidas de seguridad</b>	página 18
<b>Certificado de garantía</b>	página 20
<b>Dec. de conformidad</b>	página 21

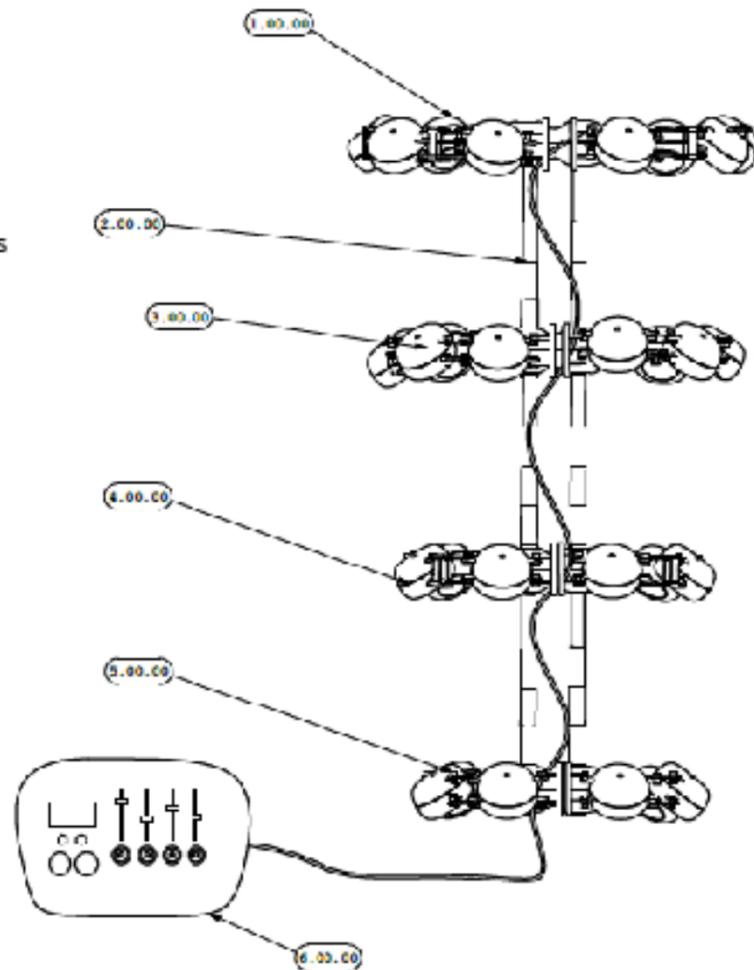
# DESARROLLO TÉCNICO

## MANUAL DE INSTRUCCIONES

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

### SISTEMA VIRGO I

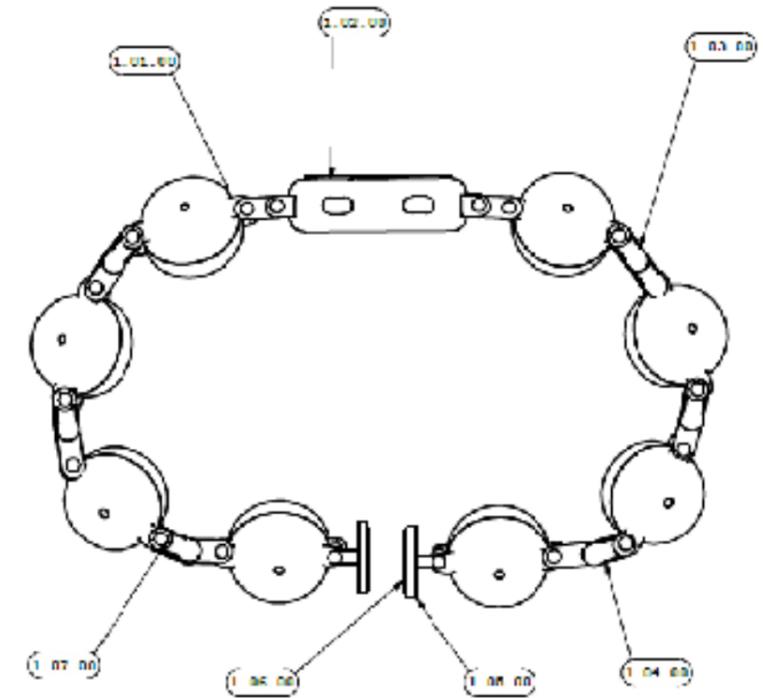
- 1.00.00 Abrazadera I
- 2.00.00 Ejes telescópicos
- 3.00.00 Abrazadera II
- 4.00.00 Abrazadera III
- 5.00.00 Abrazadera IV
- 6.00.00 Generador de ondas



Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

### PIEZAS ABRAZADERAS

- 1.01.00 Módulo altavoz
- 1.02.00 Módulo central
- 1.03.00 Pieza de unión
- 1.04.00 Eslabón
- 1.05.00 Pieza de agarre
- 1.06.00 Velcros
- 1.07.00 Elemento roscado

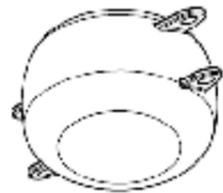


# DESARROLLO TÉCNICO

## MANUAL DE INSTRUCCIONES

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

### PIEZAS ESTRUCTURALES



1.01.00 Módulo altavoz



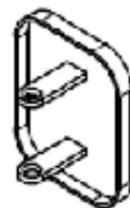
1.02.00 Módulo central



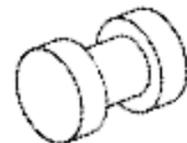
1.03.00 Pieza de unión



1.04.00 Pieza eslabón



1.05.00 Pieza de agarre



1.07.00 Elemento roscado

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

### 1.01.00 MÓDULO ALTAVOZ

1.01.01 Carcasa I

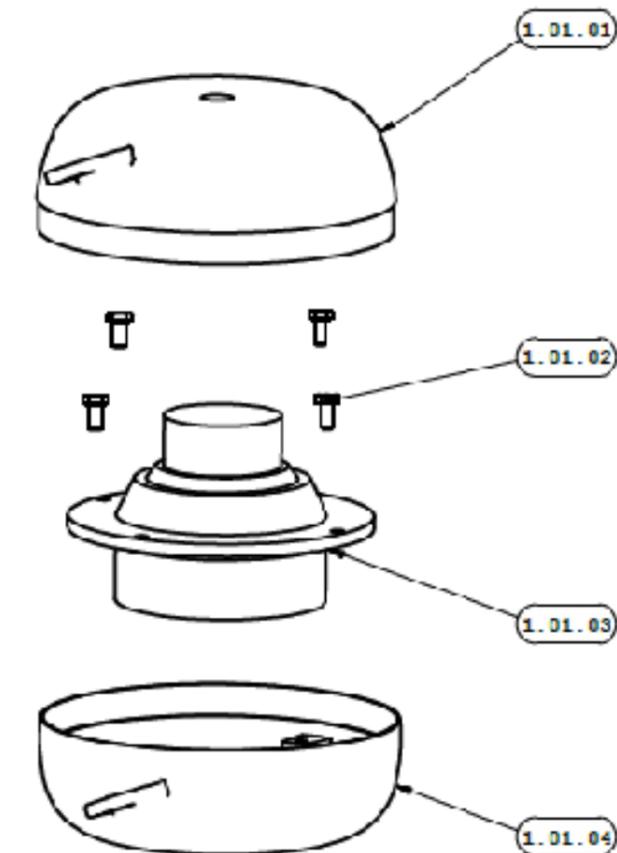
1.01.02 Tornillos c.h. DIN 933 M4

1.01.03 Audiolabs DL30TZF-02

1.01.04 Carcasa II

### \* MONTAJE

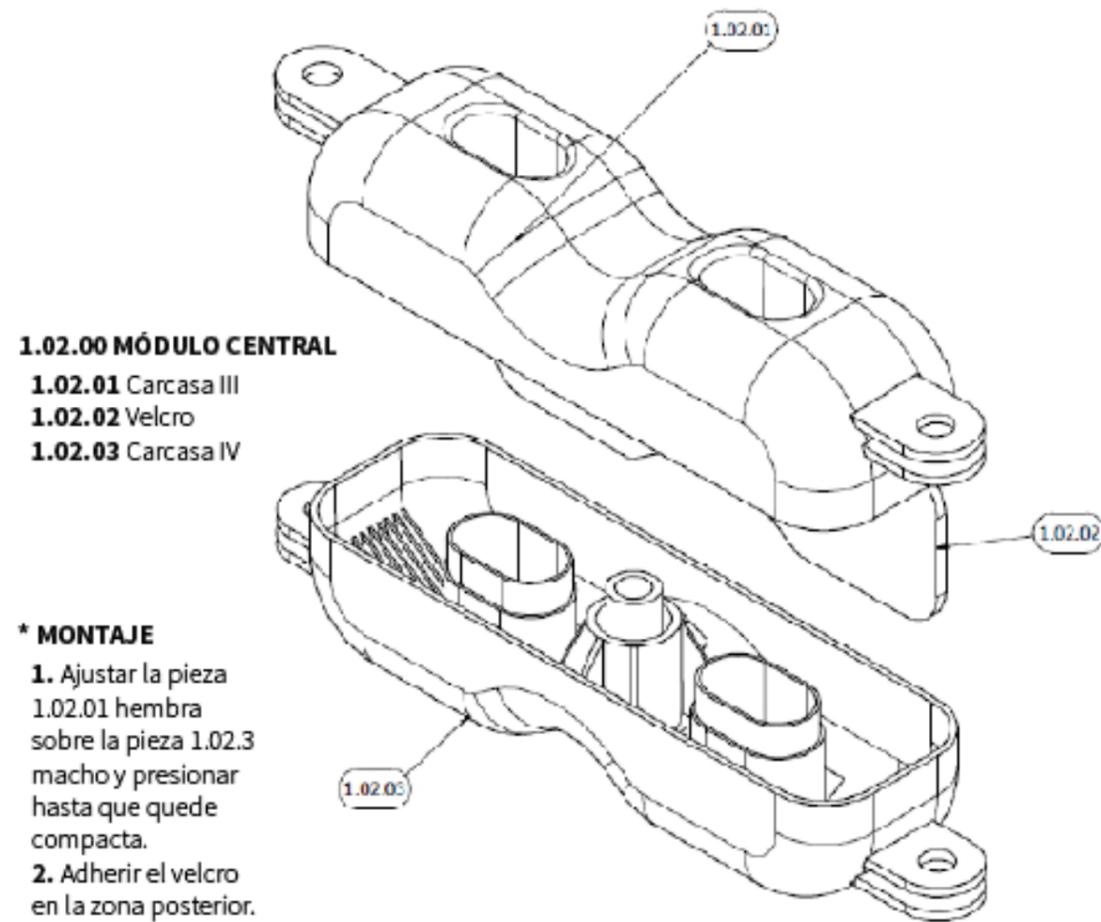
1. Para el montaje, hacer coincidir el eje de los agujeros pasantes de los Audiolabs en el de los agujeros roscados de la pieza 1.01.04.
2. Atravesar ambos agujeros con los cuatro tornillos de cabeza hexagonal DIN 933 M4 propuestos a tal fin.
3. Finalmente incrustar a presión la pieza 1.01.01 sobre la pieza 1.01.02, no es necesaria mayor fijación puesto que la sujeción se refuerza al terminar el montaje.



# DESARROLLO TÉCNICO

## MANUAL DE INSTRUCCIONES

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

**1.02.00 MÓDULO CENTRAL**

- 1.02.01 Carcasa III
- 1.02.02 Velcro
- 1.02.03 Carcasa IV

**\* MONTAJE**

1. Ajustar la pieza 1.02.01 hembra sobre la pieza 1.02.03 macho y presionar hasta que quede compacta.
2. Adherir el velcro en la zona posterior.

8 Castellano

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

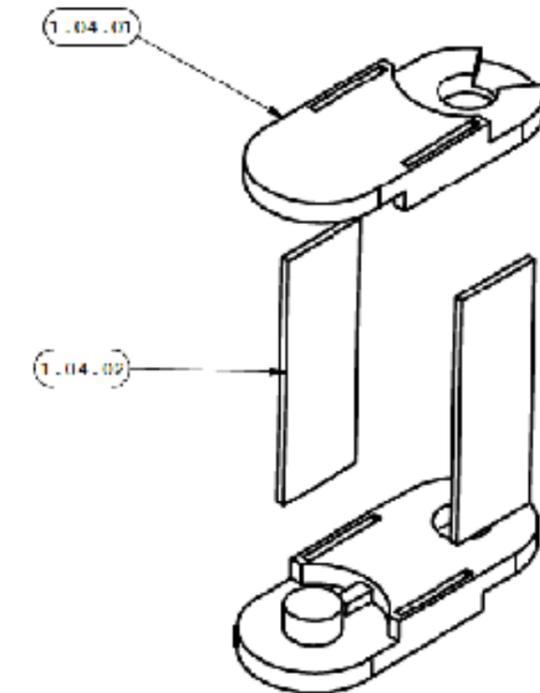
**1.04.00 ESLABÓN**

- 1.04.01 Pieza de cadena
- 1.04.02 Tablita

**\* MONTAJE**

1. Ajustar las piezas 1.04.02 en los agujeros dispuestos a tal fin en las piezas 1.04.01.

**Nota.** Comprobar que las piezas 1.04.01 estén situadas en la dirección correcta: con el bulón en la parte interior y la zona agujereada con rebaje en la parte exterior.



Castellano 9



# DESARROLLO TÉCNICO

## MANUAL DE INSTRUCCIONES

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

### MONTAJE DE LAS ABRAZADERAS

Este diseño permite añadir o quitar piezas eslabón para ajustar el sistema a las dimensiones de cada usuario, de esta manera el producto se adapta a él de la manera más óptima posible.

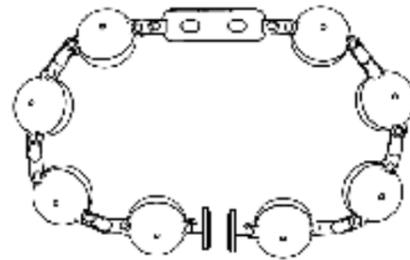


Figura 1: Abrazadera I

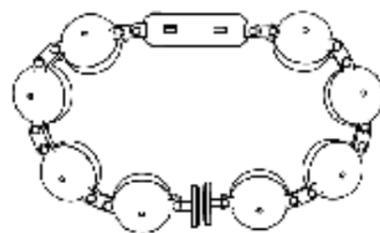


Figura 2: Abrazadera II

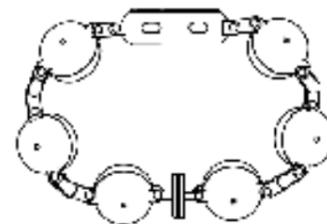


Figura 3: Abrazadera III

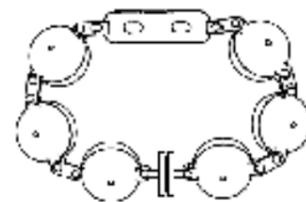
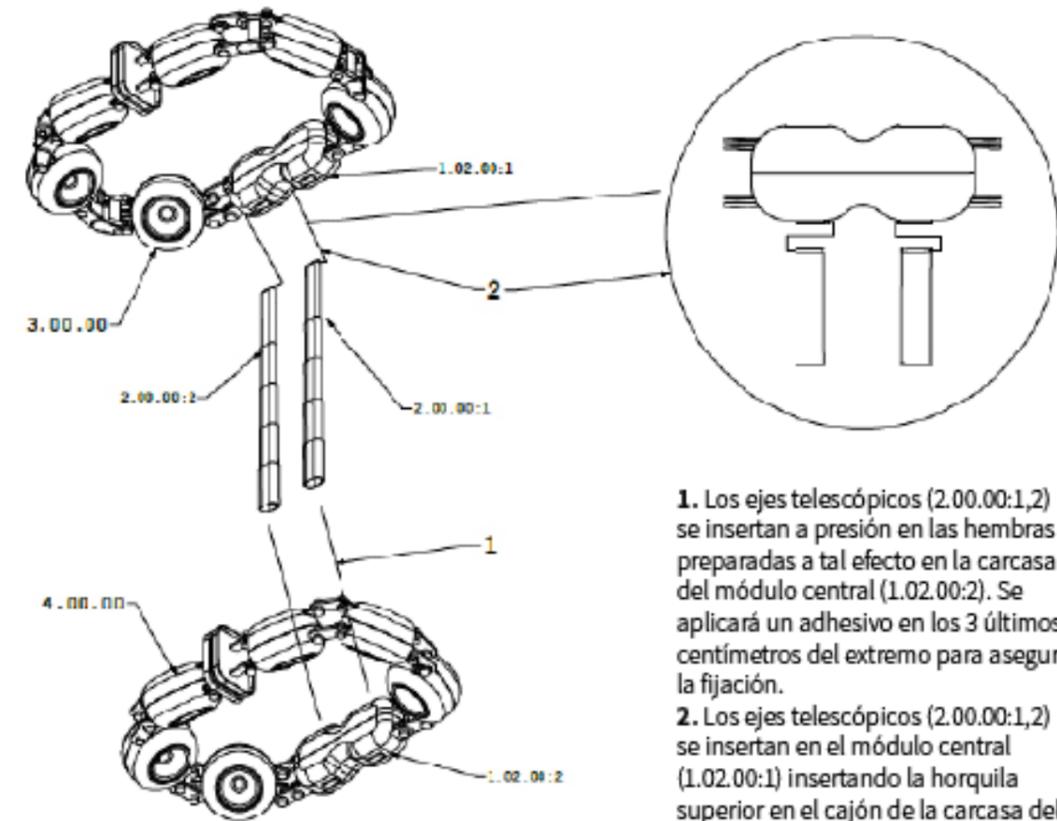


Figura 4: Abrazadera IV

<b>ABRAZADERA I</b>	<b>ABRAZADERA II</b>
8 Módulos altavoz	8 Módulos altavoz
8 Piezas de unión	8 Piezas de unión
4 Eslabones	0 Eslabones

<b>ABRAZADERA III</b>	<b>ABRAZADERA IV</b>
6 Módulos altavoz	6 Módulos altavoz
6 Piezas de unión	6 Piezas de unión
4 Eslabones	0 Eslabones

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808



1. Los ejes telescópicos (2.00.00:1,2) se insertan a presión en las hembras preparadas a tal efecto en la carcasa del módulo central (1.02.00:2). Se aplicará un adhesivo en los 3 últimos centímetros del extremo para asegurar la fijación.

2. Los ejes telescópicos (2.00.00:1,2) se insertan en el módulo central (1.02.00:1) insertando la horquilla superior en el cajón de la carcasa del módulo. Los ejes son semi-flexibles, por lo que se empujarán hacia dentro para introducir la horquilla y, una vez colocada, los ejes se ceñirán a presión al módulo.

### MONTAJE DE LAS ABRAZADERAS

Las abrazaderas se montarán unas con otras de la siguiente manera:

# DESARROLLO TÉCNICO

## MANUAL DE INSTRUCCIONES

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

### FUNCIONAMIENTO

Este diseño permite añadir o quitar piezas eslabón para ajustar el sistema a las dimensiones de cada usuario, de esta manera el producto se adapta a él de la manera más óptima posible.

#### 1. Encender el sistema

El usuario deberá conectar el dispositivo para que comience su funcionamiento. Ya estará preparado y programado para su ciclo.

#### 2. Colocarse en el centro de las abrazaderas

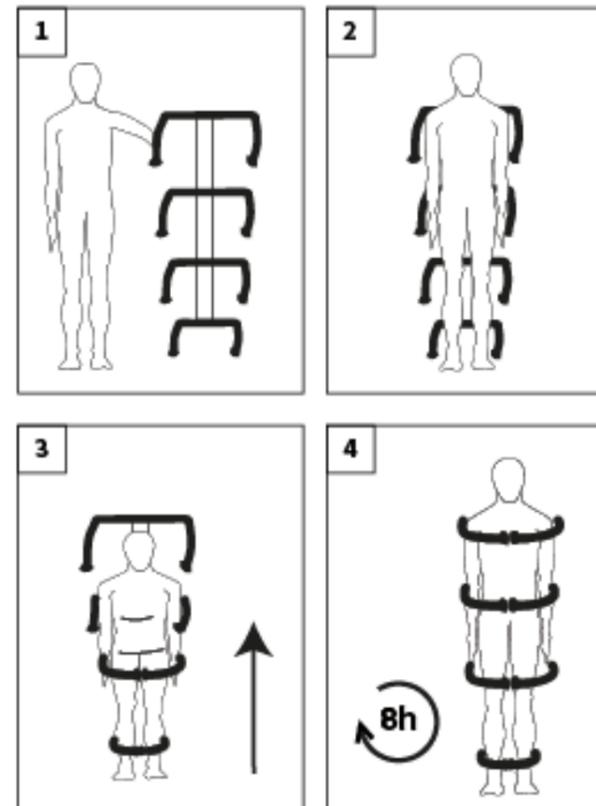
Se extenderán los brazos de las abrazaderas y el usuario se situará centrado en el tronco cónico.

#### 3. Cerrar las abrazaderas desde la posterior hacia la superior

Para facilitar la tarea al usuario es más cómodo comenzar a cerrarlas por abajo.

#### 4. Dejar actuar el dispositivo

Tras colocarse en su interior, el dispositivo actúa de manera automática y el usuario sólo deberá dejar pasar su tiempo de descanso (8h).



14 Castellano

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

**Tipo de equipo sanitario :** Dispositivo médico activo terapéutico

**Clase de aislamiento :** Producto de Clase II - Tipo BF

**Límite de temperatura :** 5 - 50 °C

**Límite de humedad :** < 90%

**Generador de ondas :** WW5064/1074/2074

**Potencia nominal :** 15W

**Alimentación :** 124 CC

**Grad. de presión alcanzado :** 120 mmHg

**Batería :** NO

**Accesorio complementario :** Sensores de presión situados en pies y cabeza monitorizados con una computadora

**Dimensiones máximas :** 1750 x 500 x 500 mm (regulable)

**Frecuencia utilizada :** Pulsos de 1 Hz

**Altavoces utilizados :** Audiolabs DL30TZF-02

**Sistema de fijación :** Velcro

**Indicador mediante LED's del funcionamiento del sistema**

### SIMBOLOGÍA UTILIZADA



Atención: Leer detenidamente las instrucciones de uso



Dispositivo conforme a la directiva europea



Sistema con accesorios de tipo BF que se aplican al cuerpo

Castellano 15

# DESARROLLO TÉCNICO

## MANUAL DE INSTRUCCIONES

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

### BASE FÍSICA

Las ondas mecánicas son ondas de presión. Las ondas de presión producen vibraciones que se propagan con el sonido y producen una acumulación de partículas en ciertos puntos a la vez de una separación en otros. Este fenómeno supone pequeños aumentos de presión en algunos de los puntos y disminuciones en otros.

Las ondas con frecuencias altas tienen una longitud de onda corta, mientras que las frecuencias bajas tienen una longitud de onda longeva, por ello se utilizan infrasonidos en este sistema.

Los infrasonidos son ondas acústicas cuya frecuencia está por debajo del espectro audible para el oído humano, del que se estima un valor aproximado de 16 Hz.

Las abrazaderas se colocan cada 35 cm desde la cabeza hasta los pies y con los módulos de altavoz con una cierta inclinación, lo que conforma un tronco cónico creado de manera imaginaria por el frente de ondas proyectado, lo cual permite que la intensidad de las ondas se acumule y la presión se incremente conforme llega a la zona posterior del cuerpo. Las ondas se transmiten mediante pulsos programados previamente con el generador de ondas.

Estas ondas son mecánicas y se conocen como ondas de presión, las cuales generan una variación de presión, en este caso un incremento de cabeza a pies de 120 mmHg (similar al producido por la gravedad terrestre).



Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

t = 0 min

t = 90-110 min



FASE 1 NREM	FASE 2 NREM	FASE 3 NREM	FASE 4 NREM	FASE REM
8-14 Hz	4-8 Hz	1-4 Hz	1-2,5 Hz	14-30 Hz
Sueño ligero	Sueño parcial	Sueño profundo	Sueño muy profundo	Sueño "paradójico"

### EFFECTOS FISIOLÓGICOS

El VIRGO I se basa en generar normalidad en la circulación sanguínea en entornos microgravitatorios, consiguiendo un efecto semejante al de la gravedad terrestre a nivel hematológico. En entornos en ausencia de gravedad, la presión en el cuerpo es uniforme de 100 mmHg de cabeza a pies, lo cual no facilita el movimiento sanguíneo a través de los capilares. La presión sistólica ejercida por el corazón, impulsa la sangre a una presión de 120 mmHg, lo cual es suficiente para el movimiento sanguíneo a través de las venas y arterias, pero cuando su diámetro se reduce a arteriolas y capilares, el transporte se complica, y por tanto un refuerzo extra permitirá un intercambio de oxígeno y CO<sub>2</sub> a nivel orgánico que favorecerá el metabolismo.

Las ondas utilizadas de infrasonidos, tendrán una segunda función que no complementa la principal, pero si complementa la actividad que realiza el usuario al utilizar el sistema. Analizando la actividad mental durante el sueño, se observa que las ondas cerebrales varían su frecuencia dependiendo del nivel de descanso del usuario, y dentro de los infrasonidos, se utilizarán las ondas que evocan a un descanso profundo en fase REM, tal y como se ve en el gráfico superior.

# DESARROLLO TÉCNICO

## MANUAL DE INSTRUCCIONES

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

### MANTENIMIENTO

#### LIMPIEZA

El usuario deberá encargarse de una limpieza superficial de los componentes del dispositivo periódicamente, se aconseja el uso de un paño suave y limpio humedecido con agua o algún producto de limpieza no nocivo. Se recomienda su limpieza una vez por semana para asegurar su correcto funcionamiento, favorecer la higiene y prevenir el recalentamiento de los módulos altavoces.

#### RECAMBIOS

Los recambios los podrá realizar el propio usuario, ya que son piezas sencillas que pueden imprimirse en 3D. Pero una vez el usuario haya intervenido alterando el producto original, no podrá exigir la garantía del producto. Para conservarla el usuario deberá reenviar el producto a la empresa Aureel y un técnico especializado se encargará de su arreglo.

#### MEDIDAS DE SEGURIDAD

**Siga las siguientes indicaciones, con el fin de asegurar su conocimiento sobre VIRGO I, las buenas prácticas de uso y su funcionamiento, para, así, poder alargar**

#### la vida útil del dispositivo.

**El producto ha sido construido según las normas de seguridad requeridas por los instrumentos electromédicos (norma UNE\_EN 60601-1:2:2006).**

1. Lea con atención todas las instrucciones e indicaciones de seguridad. Conserve todas las instrucciones e indicaciones de seguridad para futuras consultas.
2. Si, una vez leído detenidamente este manual de instrucciones, todavía tiene alguna duda, consulte con el grupo Aureel en el número indicado al final del manual de Atención al Cliente.
3. **Respecto a la seguridad eléctrica:**
  - El enchufe del dispositivo debe corresponder con la toma de corriente utilizada. No está permitido modificar el enchufe en forma alguna. No utilice enchufes adaptadores para el dispositivo con puesta a tierra. Los enchufes sin modificar adecuados a las respectivas tomas de corriente reducen el riesgo de descarga eléctrica.
  - No utilice el cable de red para transportar o colgar cualquier objeto, ni tire de él para extraer el enchufe de la toma de corriente. Los cables de red dañados o enredados pueden provocar descargas eléctricas.

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

#### 4. Aspectos a evitar para asegurar la garantía del producto:

- Golpes, impactos y caída, ya que podrían suponer la rotura de los sistemas eléctricos.
  - Polvo y suciedad en el exterior de los módulos, ya que podría entorpecer el correcto funcionamiento del mecanismo.
  - Evite forzar el cierre de las carcasas para asegurar una larga vida útil del producto.
  - Evite desmontarlo y montarlo de manera continuada para no forzar las piezas y provocar que pierdan su rigidez y forma inicial.
  - Evite utilizarlo con brusquedad para que la fijación con velcros sea efectiva.
  - Evite el contacto con una fuente de calor para garantizar su correcto funcionamiento durante el máximo periodo de tiempo posible.
- #### 5. Consejos de uso:
- Se aconseja que sólo los técnicos especializados manejen y programen el generador de ondas ya que una emisión incorrecta de ondas podría dañar física o psicológicamente al usuario, anular sus efectos o producir vibraciones indeseadas que se transmitan a lo largo de la estación.



#### ADVERTENCIAS

- El dispositivo queda en garantía a condición de que:
  - Las reparaciones sean efectuadas por personal autorizado por el grupo Aureel.
  - La instalación eléctrica en ambiente operativo que sigue las normas CEI
  - Sean respetadas todas las instrucciones y medidas incluidas en este manual.

# DESARROLLO TÉCNICO

## MANUAL DE INSTRUCCIONES

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

### CERTIFICADO DE GARANTÍA

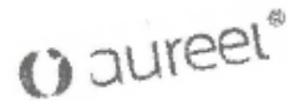
#### Normas generales de garantía

La garantía no cubre:

- Los gastos derivados de controles periódicos y de la reparación o sustitución de componentes debidos al uso prolongado.
- La instalación del producto.
- Cualquier daño producido por un uso indebido del producto.
- Cualquier problema derivado del transporte o instalación del sistema.
- Daños derivados de unas condiciones ambientales diferentes a las especificadas en este manual, fuego u otros agentes meteorológicos.
- La empresa Aureel se limita a la reparación o sustitución del producto, íntegra o parcial de los componentes defectuosos una vez se hayan cumplido todas las especificaciones anteriores.

Ante cualquier anomalía, consulte el sitio web de la empresa, o llame al número facilitado de Atención al cliente:  
 - Atención al cliente Aureel: **+34 000 000 000**  
 - Web del Grupo Aureel: **fb.com/aureel**

**Sello de la empresa:**



**Firma del representante:**



MARTA BASELGA LAHOZ

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

### DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

Se garantiza que este dispositivo cumple con la siguiente normativa:

- BOE-A-2004:21216. Real Decreto 2267/2004 por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- BOE núm 126. [RCL 1993, 1619]: Real Decreto 634/1993 por el que se incorporan las normas sobre condiciones de los productos sanitarios implantables activos.
- BOE núm 99. [RCL 1996, 1403]: Real Decreto 414/1996 que desarrolla la regulación de productos sanitarios.
- Orden de 25/08/2009 de la Consejería de Salud y Bienestar Social, de los requisitos técnico-sanitarios de los centros y servicios de fisioterapia.
- Norma UNE\_EN 60601:2-1996. Equipos electromédicos. Requisitos generales para la seguridad.

Así, el grupo Aureel se hace responsable de lo mencionado a lo largo de todo este manual de instrucciones. Este manual ha sido redactado en: Zaragoza, Agosto de 2017

Universidad de Zaragoza  
 C/ Marina Luna 19  
 50197 Zaragoza  
 a responsabilidad de  
 Marta Baselga.

# DESARROLLO TÉCNICO

## MANUAL DE INSTRUCCIONES

Dispositivo electromédico VIRGO I - 2808

---



# Fase 4

Presentación del producto  
VIRGO I

# Anexo IX

Presentación de  
Virgo I



# VIRGO I

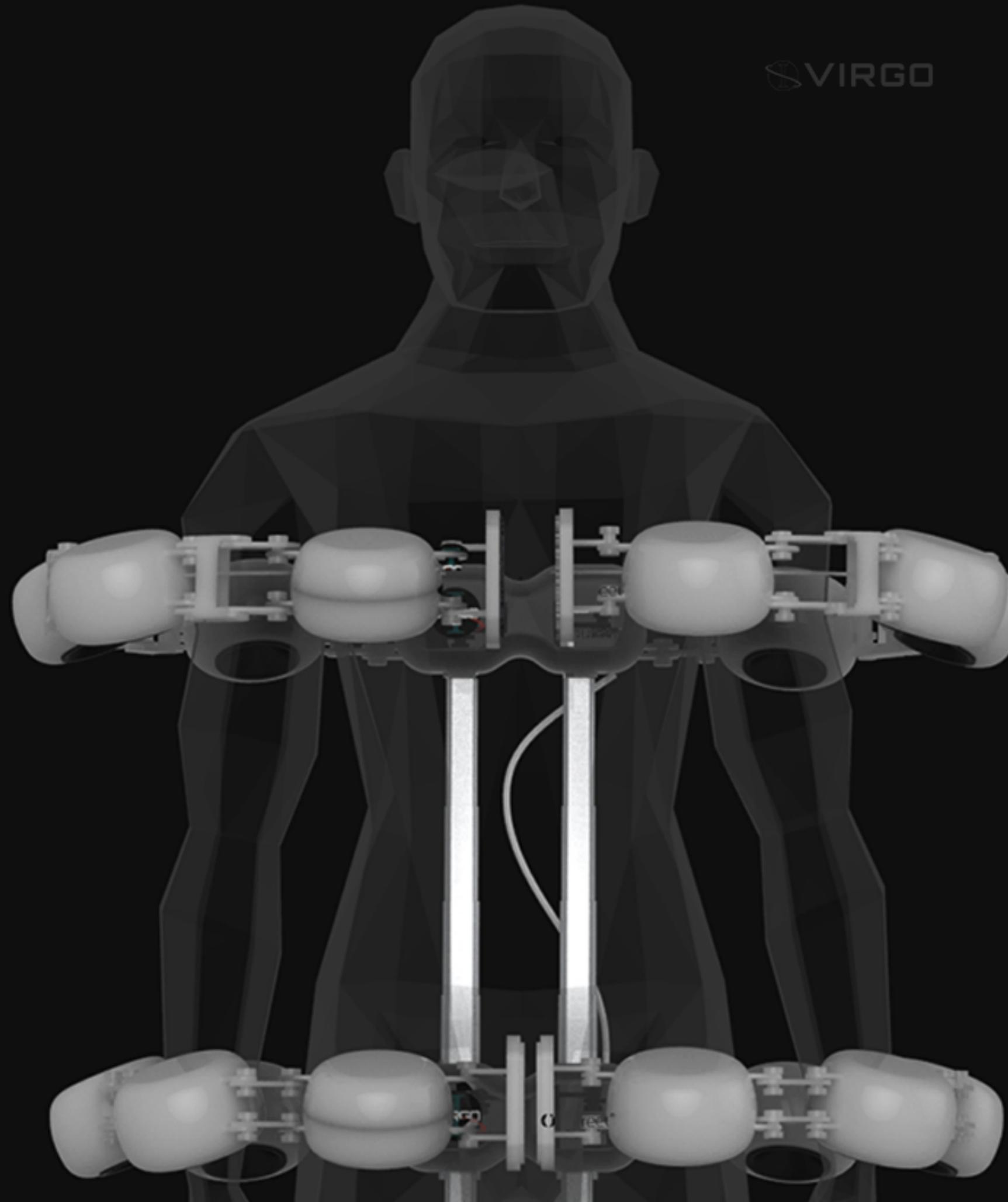
Dispositivo generador de gravedad artificial en el sistema sanguíneo

presentación del producto

Es bien sabido que, en entornos microgravitacionales, la fisiología humana se ve afectada a causa de la ausencia de gravedad. Aunque existan afecciones a nivel de cualquier sistema, el que mayor protagonismo recibe es el sistema cardiovascular debido a que es estrictamente necesario su correcto funcionamiento para mantener todos los órganos vitales y el resto de sistemas de los que se compone el cuerpo humano. Así mismo, al contrario que en el caso del sistema sanguíneo, otros efectos como por ejemplo la atrofia muscular o la desmineralización ósea acaban por recuperarse mediante rehabilitaciones una vez regresados a Tierra.

El sistema sanguíneo es más crítico, puesto que puede producir alteraciones permanentes por un incorrecto transporte circulatorio a nivel de cualquier órgano o tejido durante el viaje espacial y ser irrecuperable.

Por ello, el dispositivo VIRGO I ha sido específicamente diseñado para generar gravedad artificial a nivel sanguíneo y reducir o anular el riesgo al que se exponen los astronautas durante los viajes espaciales de corta o larga duración.





El concepto radica en la creación de un incremento de presión mediante la exposición a la suma de las amplitudes de onda producidas por cada abrazaderas.

Las ondas sonoras utilizadas son los infrasonidos, por varias causas: la primera y más importante, que de esta manera la longitud de onda es mucho mayor y no se crean ondas estacionarias en los órganos, la segunda, que el coeficiente de absorción en estas ondas es mucho menor con respecto a ultrasonidos y sonidos y la tercera, que se pueden utilizar frecuencias determinadas para modular las ondas de actividad cerebral para conseguir un estado de relajación.

La gravedad, fisiológicamente, se entiende como un gradiente de presión entre cabeza y pies, y debe estudiarse en el sujeto por secciones horizontales, no como un sólido entero. El problema es, que en microgravedad, el sujeto está expuesto a una presión constante de 100 mmHg a lo largo de todo el cuerpo.

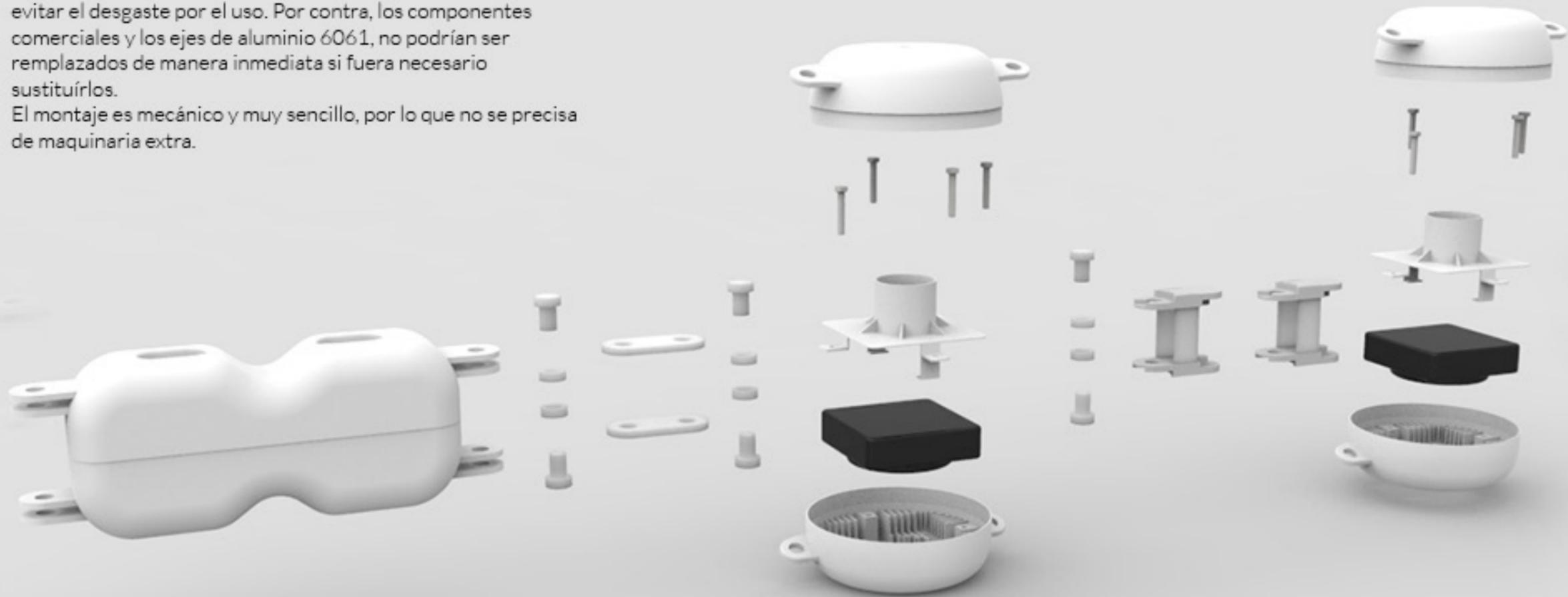
Los altavoces direccionales de cada módulo producen pulsos rectangulares de onda a una frecuencia de 3Hz con un intervalo de 0,2 segundos entre abrazadera y abrazadera, mediante un generador de ondas arbitrarias automatizado mediante un programa informático, para conseguir que las presiones emitidas se sumen y se genere un incremento de presión de 120 mmHg entre cabeza y pies, equivalente al valor terrestre. Esta suma de presiones es posible gracias al tronco cónico formado por el conjunto de abrazaderas, siendo la superior la de mayor diámetro. De manera que, la presión en la cabeza será de 100 mmHg puesto que no está expuesto a ondas e irá incrementándose proporcionalmente conforme emitan las abrazaderas hasta alcanzar 220 mmHg en los pies.

Psicológicamente, aunque los sujetos estén altamente preparados, puede invadirles el sentimiento de encerramiento, impotencia de no poder salir y relativos, por lo que está expuesto a un ambiente estresante durante todo el día. Aunque los viajes espaciales no suelen tener una larga duración, por lo general siendo de periodos de 6 meses, los astronautas tienen que tener muy claro cuál es su función y su status con respecto al resto para no sentir frustración. El entorno es crítico para su estabilidad mental, por lo que, formalmente, el diseño del producto debe relacionarse con el entorno y no producir al usuario un impacto negativo que potencie su estrés.

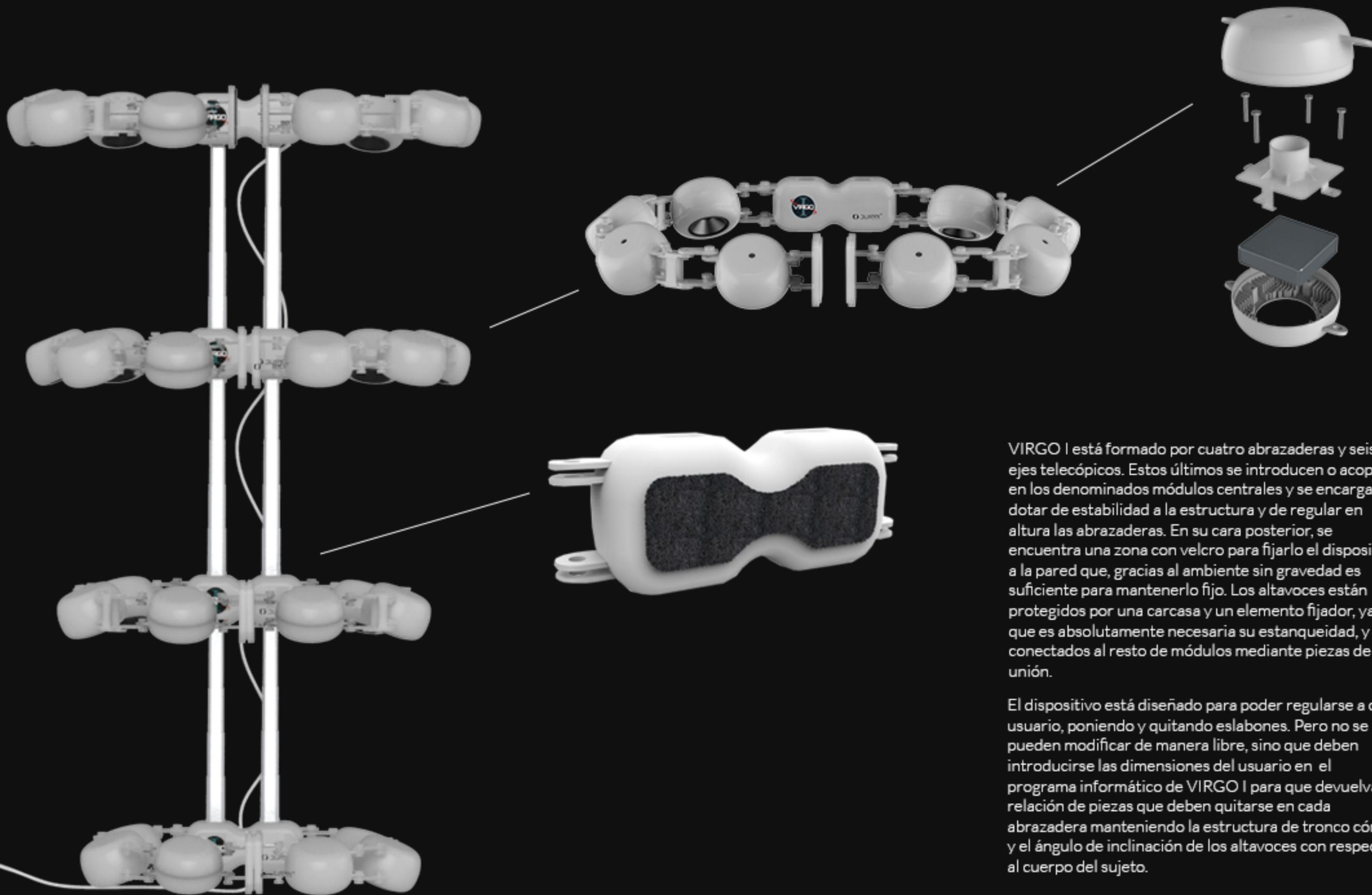
El dispositivo VIRGO I ha sido diseñado atendiendo a los rasgos formales que caracterizan al entorno de la estación espacial: la forma de los productos viene dada por la función, utilizan tonos claros, preferiblemente blancos por su percepción psicológica, acolchado [no representado] para no dañar al usuario, estilo retro y diseño compacto.



Las piezas componentes del dispositivo están especialmente diseñadas para poder fabricarse con facilidad en caso de rotura o desgaste. Las piezas de carácter estructural están optimizadas para poder realizarse en la impresora 3D que está previsto enviar a la estación espacial, mientras que las carcasas están realizadas por inyección de PVC, ya que requieren de mayor resistencia para alargar su vida útil y evitar el desgaste por el uso. Por contra, los componentes comerciales y los ejes de aluminio 6061, no podrían ser remplazados de manera inmediata si fuera necesario sustituirlos. El montaje es mecánico y muy sencillo, por lo que no se precisa de maquinaria extra.



Las piezas están fabricadas con PVC o, en caso de impresión 3D, con su equivalente, el 3D Vynil. Este material, por sus propiedades, es óptimo para su implementación en la estación espacial, aunque habría que realizar los ensayos impuestos por normativa antes de ser enviado.



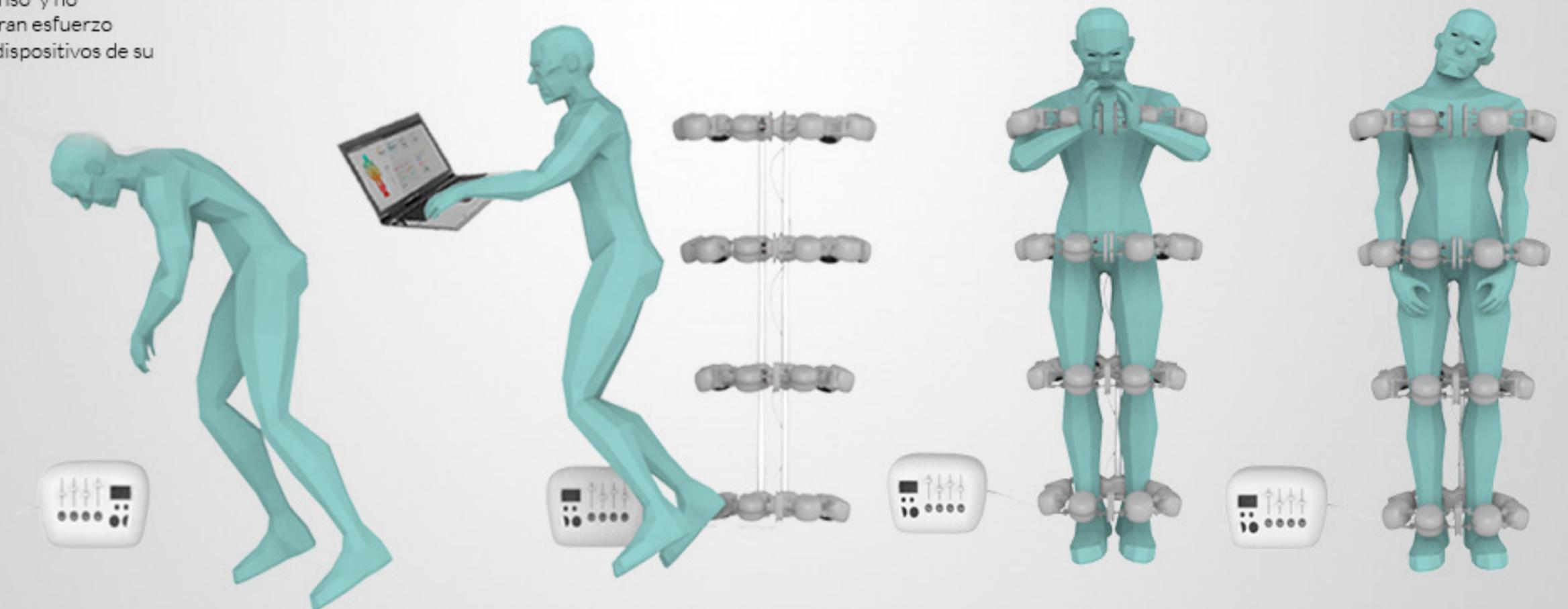
VIRGO I está formado por cuatro abrazaderas y seis ejes telescópicos. Estos últimos se introducen o acoplan en los denominados módulos centrales y se encargan de dotar de estabilidad a la estructura y de regular en altura las abrazaderas. En su cara posterior, se encuentra una zona con velcro para fijarlo el dispositivo a la pared que, gracias al ambiente sin gravedad es suficiente para mantenerlo fijo. Los altavoces están protegidos por una carcasa y un elemento fijador, ya que es absolutamente necesaria su estanqueidad, y conectados al resto de módulos mediante piezas de unión.

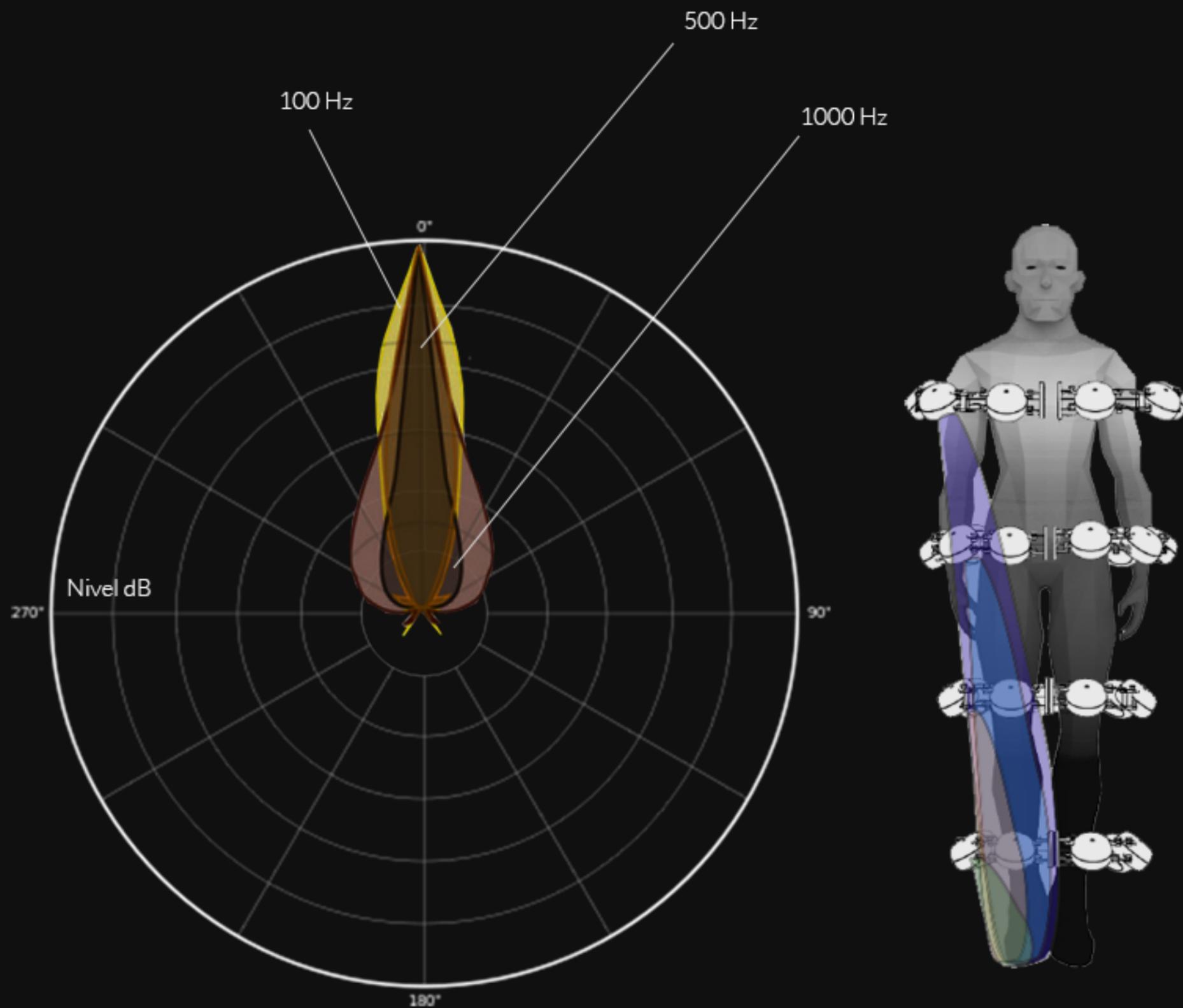
El dispositivo está diseñado para poder regularse a cada usuario, poniendo y quitando eslabones. Pero no se pueden modificar de manera libre, sino que deben introducirse las dimensiones del usuario en el programa informático de VIRGO I para que devuelva la relación de piezas que deben quitarse en cada abrazadera manteniendo la estructura de tronco cónico y el ángulo de inclinación de los altavoces con respecto al cuerpo del sujeto.

En la estación espacial, los sujetos están expuestos a una continua situación de estrés, ya que, además de estar aislados a 400 km de la Tierra y no poder salir, deben realizar jornadas laborales de tareas complejas en relación a la experimentación durante las misiones, que requieren de una concentración máxima por parte del usuario. Por ello, un aspecto a tener en cuenta es la usabilidad, la interacción sujeto - dispositivo y tratar de maximizar la facilidad de uso para permitir que el usuario pueda desconectar, dentro de lo posible, en su tiempo de descanso y no requiera de un gran esfuerzo para utilizar los dispositivos de su entorno.

La vida en la ISS es muy ajetreada, deben realizar una jornada laboral muy intensa mentalmente, y tras ello realizar dos horas de ejercicio para mantener, en medida de lo posible, su fisiología. Por ello, el sistema VIRGO I actuará durante las 8 horas de sueño del usuario, evitando así entorpecer las tareas diarias.

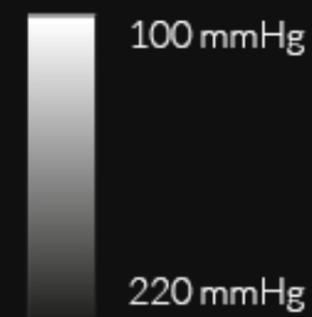
El funcionamiento del sistema VIRGO I es muy simple. En primer lugar se enciende el generador de ondas y se programa/selecciona el ciclo de ondas deseado. Una vez ajustado el sistema, el usuario se introduce en su saco de dormir [no representado] y cierra sobre él las abrazaderas en orden ascendente. Una vez realizado lo anterior, da comienzo el ciclo y el usuario se dispone a realizar sus 8 horas de sueño.





Los altavoces "A Junior" son elemento fundamental del dispositivo, ya que se encargan de emitir los pulsos de onda. Tienen que cumplir una serie de aspectos críticos para su viabilidad, siendo el más trascendente la direccionalidad de las ondas. Los altavoces utilizados son ultracardioides, lo que quiere decir que son altamente direccionales aunque con una pequeña dispersión de onda. Esta dispersión es beneficiosa, ya que sin ella las ondas focalizarían en un sólo punto y no habría dispersión horizontal, y sin esta dispersión horizontal no se produciría un gradiente entre "filetes" del cuerpo humano, sino que el incremento se produciría sólo en una línea recta a lo largo del cuerpo. En el diagrama polar puede observarse que conforme menor es la frecuencia emitida, mayor es la direccionalidad. Cabe destacar, que los altavoces no están preparados para infrasonidos, debido a la escasa aplicación de este tipo de ondas, pero son capaces de reproducirlos, no de manera fiel, pero no es necesario porque el sistema no debe ser audible.

Leyenda de la presión recibida por el sujeto

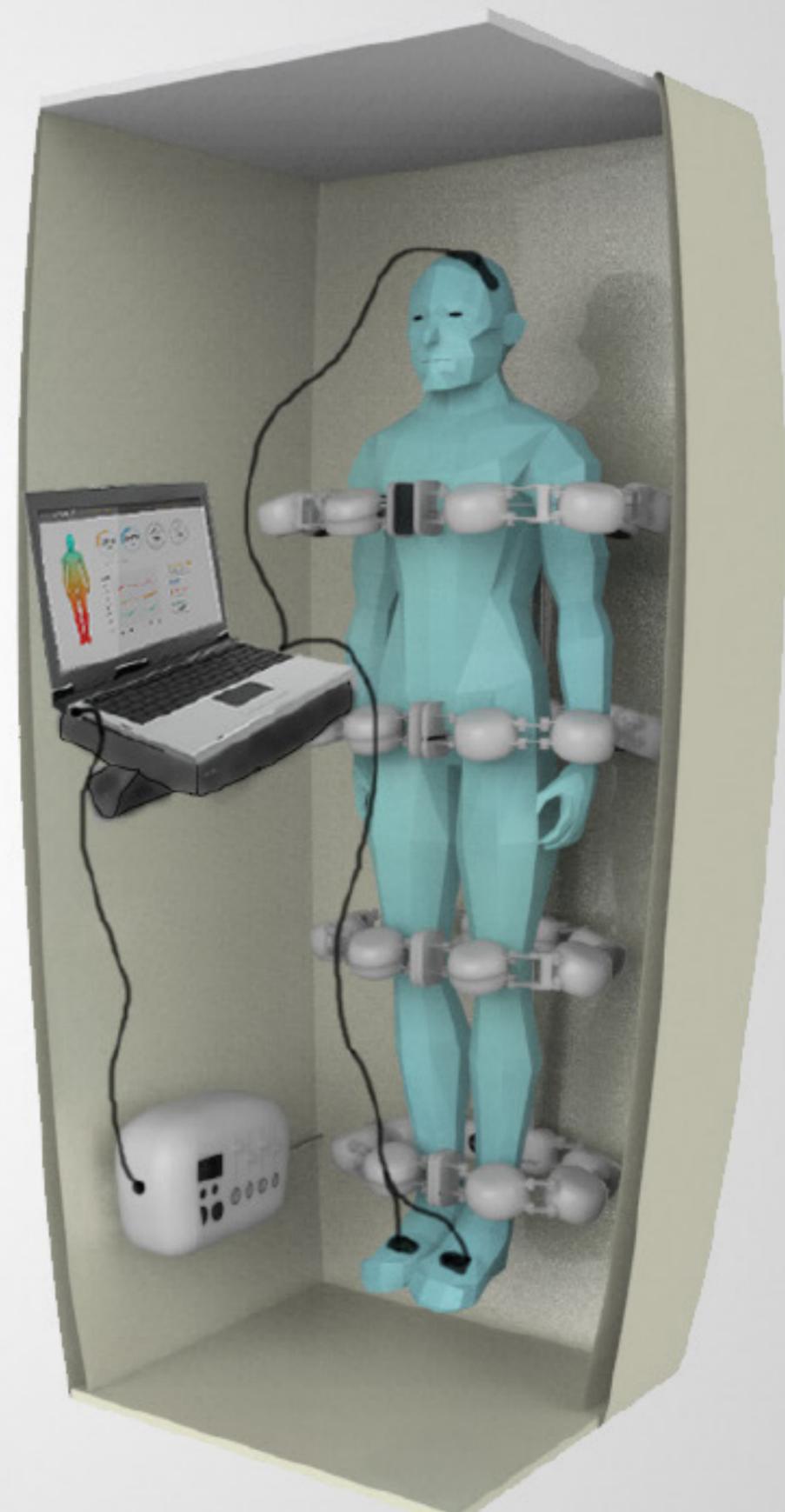


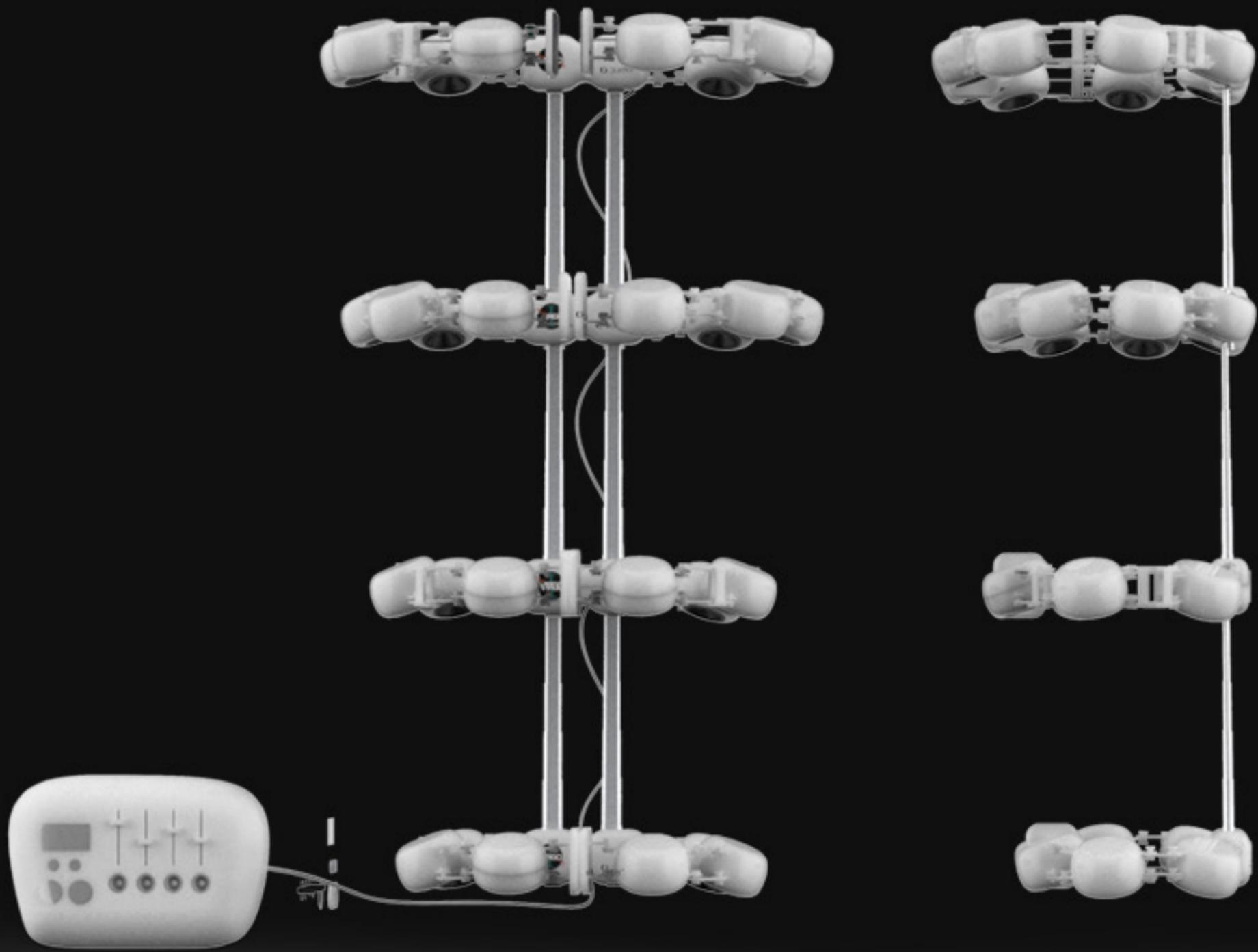
Para optimizar el funcionamiento del producto se ha implementado un sistema de sensores que se encargan de la monitorización de los niveles de las constantes vitales del sujeto y así permitir regular la emisión de ondas dependiendo de cada necesidad y en el mismo instante. De esta manera, cuando la presión baje de la presión establecida, se aplicará una amplitud mayor para contrarrestar el efecto y conseguir estabilizarlo.

Los sensores se colocan en cabeza y pies tal y como se muestra en la figura, lo cual permite la estimación de la presión recibida en el tronco medio, siendo esta la más intrascendente. Las que realmente son importantes son la presión de la cabeza y la de los pies, ya que lo que se pretende es obtener un incremento de presión entre estos dos puntos.

El programa informático además de informar al usuario sobre la situación actual del sistema, hace posible la programación de diferentes ciclos dependiendo de las necesidades del sujeto y envía la información directamente al generador de ondas para que se regule según los valores preestablecidos deseados.

Este programa estará instalado en las computadoras de cada uno de los tripulantes, ubicadas en sus dormitorios. Una vez instalado, lo primero que deberá hacer el usuario (o los técnicos desde la base terrestre) es crear un perfil y establecer sus dimensiones antropométricas para que el sistema le devuelva la estructura de abrazaderas que deberá utilizar para optimizar su rendimiento. Luego podrá crear un ciclo de uso, específico o utilizar el estándar, también tendrá la posibilidad de registrar varios ciclos y poder reproducirlos en otras ocasiones.







## **PROYECTO VIRGO - I**

Universidad de Zaragoza  
Ingeniería de diseño industrial

Marta Baselga Lahoz

# **Anexo X**

Oficina técnica