

DISPOSITIVO PARA EL CONTROL DE LA RIGIDEZ EN MIEMBROS SUPERIORES
PARA PACIENTES CON PARKINSON EN SUS FASES INICIALES.

María Paula Navarro Pinilla y Diana Cecilia Arias Guiral

Trabajo de Grado para Optar al Título de Diseñador Industrial

Director

Israel Garnica Bohórquez

Diseñador Industrial. Magíster en Ingeniería Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de ingenierías físico-mecánicas

Escuela de diseño industrial

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

A nuestros padres y familiares que en todo momento han sido nuestro pilar a través de este largo viaje; a los profesores Francisco Espinel e Israel Garnica, que nos han dado su apoyo incondicional y guía durante estos años; a la Universidad Industrial de Santander por la formación que hoy, nos permite estar a un paso más de ser profesionales; a la cafeína, que ha sido nuestro mejor aliado durante este largo proceso en las noches en vela y finalmente a nosotras mismas, por la perseverancia y esfuerzo que hemos tenido durante este proceso.

Agradecimientos

En este largo camino para formarnos como personas, agradecemos a nuestros padres por guiarnos en el camino; a nuestros profesores Francisco Espinel e Israel Garnica por acompañarnos en cada paso, por su dedicación al diseño, por su conocimiento y su paciencia durante el desarrollo del proyecto.

A los Fisioterapeutas que nos regalaron su tiempo y su comprensión; a Zully Rincón por compartirnos su experiencia a lo largo de toda esta travesía; a Lida Diaz, Soraya Cristina Issa Goyes, Leyla María Delgado Ayala, Yadira Lizzett Cuadros Muñoz, Lina María Carreño Parra, Winston Gabriel V, Jhosman Buitrago y Emil Núñez por sus ideas enriquecedoras para nuestro proyecto; a Daniela Becerra por su carisma, paciencia y orientación para la conceptualización de esta idea; también a Gladis Mancilla por permitirnos contactar con tantos funcionarios de la salud para desarrollar este proyecto.

Estamos inmensamente agradecidas con el asilo San Francisco Javier, Soren Arenas y Gladys Patiño, por abrirnos las puertas de sus hogares y poder crear una conexión con estas personas, por permitirnos conocerlos, comprenderlos y brindarnos más motivaciones para seguir adelante con este proyecto.

Tabla de contenido

Introducción.....	15
Planteamiento del problema	17
Justificación.....	19
Alcance.....	21
1. Objetivos.....	22
1.1. Objetivo general.....	22
1.2. Objetivos específicos:.....	22
2. Primera fase: Empatizar.....	23
2.1. Marco teórico:.....	23
2.1.1. <i>El Parkinson</i>	23
2.1.2. <i>Sintomatología</i>	24
2.1.3. <i>Tipos de tratamientos</i>	25
2.1.4. <i>Escalas de medición</i>	28
2.1.5. <i>Sistema musculo esquelético</i>	32
Conclusiones marco teórico.....	33
3. Metodología.....	34
3.1. Empatizar.....	34

DISPOSITIVO TERAPÉUTICO PARA EL CONTROL DE RIGIDEZ PARKINSONIANA EN SUS PRIMERAS FASES.

	5
3.2. Definir	35
3.3. Idear	35
3.4. Prototipar	36
3.5. Evaluar	36
4. Segunda fase: Definir	37
4.1. Entrevista con la especialista	37
4.2. Mapas de empatía	37
4.3. Análisis de la información	38
4.3.1. <i>Definición de usuarios: usuario primario</i>	38
4.3.2. <i>Definición de usuarios: usuario secundario</i>	39
4.4. Búsqueda y análisis de los productos existentes en el mercado	40
5. Tercera fase: Idear	41
5.1. Definición de los requerimientos	41
5.2. <i>Feedback</i> audiovisual	42
5.3. Factores tecnológicos	43
5.4. Jerarquización y selección de alternativas	44
5.5. Entrevistas con profesionales del área mediante grupo de opinión	46
5.6. Evaluación de concepto y funcionalidad	49
5.7. Revisión técnica	55
5.8. Evaluación de conceptos con profesionales	58

DISPOSITIVO TERAPÉUTICO PARA EL CONTROL DE RIGIDEZ PARKINSONIANA EN
SUS PRIMERAS FASES.

	6
5.9. Modelo funcional	61
6. Quinta fase: Evaluar	66
6.1. Prueba final con profesionales	66
6.2. Evaluación de modelo final con profesionales	68
Conclusiones.....	71
Recomendaciones	72
Referencias bibliográficas	74

Lista de Tablas

Tabla 1. Escala de Hoehn & Yard, en base a Sánchez et al., 2019.	29
Tabla 2. MDS-UPDRS en base a Goetz et al., 2008.	30
Tabla 3. Definición de usuario primario.	38
Tabla 4. Definición de usuario secundario.	39
Tabla 5. Selección de alternativas más viables por parte de la fisioterapeuta.	45
Tabla 6. Conclusiones del grupo focal.	47
Tabla 7. Heurísticas del modelo final.	68

Lista de figuras

Figura 1. La enfermedad del Parkinson, con base en Barsallo, Ramón, & Ramírez, 2015.	23
Figura 2. Idea inicial de gimnasio fisioterapéutico.	50
Figura 3. Variaciones del gimnasio fisioterapéutico.	51
Figura 4. Ampliación de la variación del gimnasio fisioterapéutico.	52
Figura 5. Alternativa final del diseño del producto. El brazo giratorio cuenta con guías para su manipulación.	54
Figura 6. Evidencias fotográficas de la primera prueba con el modelo de papel. De izquierda a derecha. Modificación de alcance y ángulo del brazo del modelo.	56
Figura 7. Evidencias durante la segunda prueba con el modelo de papel.	57
Figura 8. Evidencias durante la tercera prueba con el modelo de papel. De izquierda a derecha. Modificación de alcance y ángulo del brazo del modelo.	58
Figura 9. Presentación de los conceptos.	59
Figura 10. Explicación de movimientos uniplanares en conjunto a las diagonales tipo 1 y 2.	60
Figura 11. Estructura preliminar del mango inicial y final.	61
Figura 12. Base redonda con los ajustes de ángulos para el brazo.	62
Figura 13. Construcción del brazo y de los carriles internos.	62
Figura 14. Programación del sistema interno de luces LED, sonidos y niveles.	63
Figura 15. Mango con la superficie de reflejo para el láser.	63
Figura 16. Diagrama de flujo.	64

Figura 17. Ensamblaje preliminar del modelo.	66
Figura 18. Prototipo funcional junto a las estudiantes y la profesional Zully Rincón.	66
Figura 19. Digitalización de la alternativa final.	67
Figura 20. Modelo 3D de apariencia del prototipo final.	67

- **Apéndices**

Apéndice A. Sintomatologías del Parkinson.

Apéndice B. Tipos de tratamientos en personas con EP.

Apéndice C. Sistema musculoesquelético

Apéndice D. Mapas de empatías.

Apéndice E. Benchmarking.

Apéndice F. Especificaciones de requerimientos (PRS)

Apéndice G. SCAMPER

Apéndice H. Proceso analítico jerárquico.

Apéndice I. Entrevista con especialista sobre ideas preliminares.

Apéndice J. Evaluación y evolución de alternativas.

Apéndice K. Medidas antropométricas y planos del modelo final.

Apéndice L. Transcripción de entrevista a los profesionales, durante la evaluación del modelo final.

apéndice M. Manual de uso.

Glosario

Acetilcolina: Sustancia química que actúa en la transmisión de los impulsos nerviosos.

Agonista: Todos aquellos músculos que realizan contracciones musculares.

Antagonista: Aquellos músculos que se relajan y permiten el movimiento.

Bloqueo de la marcha: Es un fenómeno que cursa con episodios breves e intermitentes de incapacidad para caminar, que los pacientes describen como “sensación de tener los pies pegados al suelo”. A este tipo de congelación de la marcha también se le conoce como freezing.

Bradicinesia: La lentificación de los movimientos, especialmente de los movimientos voluntarios complejos.

Dopamina: neurotransmisor catecolaminérgico más importante del Sistema Nervioso Central que participa en la regulación de diversas funciones como la conducta motora, la emotividad y la afectividad, así como en la comunicación neuroendocrina.

Hipertonía: Aumento del tono muscular, es decir, es la resistencia que presenta un músculo cuando se realiza una movilización pasiva, por lo cual se limita al realizar una contracción activa del músculo y para movilizar sus articulaciones de forma controlada y coordinada.

Movimientos uniplanares: Hace referencia a un movimiento que ocurre en un solo plano de movimiento. Es decir, que el movimiento ocurre en una sola dirección o eje (horizontal o vertical), sin tener en cuenta los movimientos que puedan ocurrir en otros planos.

Pasividad muscular: Es la movilidad pasiva de un segmento de miembro u oposición del músculo a ser estirado mediante balanceo, por lo cual el músculo descansa de la actividad.

Sustancia Negra: Es una zona del cerebro que contiene las neuronas que producen el neurotransmisor llamado dopamina. Es una estructura del cerebro que se encuentra en el cerebro medio lo cual juega un papel importante en la recompensa, la adicción y el movimiento.

Resumen

Título: Dispositivo para el control de la rigidez en miembros superiores para pacientes con Parkinson en sus fases iniciales.

Autor: María Paula Navarro Pinilla y Diana Cecilia Arias Guiral.

Palabras Clave: Parkinson, neurodegenerativo, dispositivo médico, miembros superiores, rigidez.

La enfermedad del Parkinson es un trastorno neurodegenerativo que afecta la sustancia negra, causando el deterioro de la dopamina, lo cual conlleva al fallo de la sinapsis generando así dicha enfermedad. Cabe destacar que su sintomatología varía de acuerdo al paciente, siendo tres síntomas los más característicos según la frecuencia de sus diagnósticos, estos son: la bradicinesia, la rigidez y los temblores.

La rigidez parkinsoniana, es el aumento en el tono del músculo impidiendo la contracción voluntaria de estos, desencadenando la resistencia muscular a la pasividad. Esto ocasiona problemas para adoptar nuevas posturas, dificultad para realizar movimientos de motricidad, también tiene efectos sobre la marcha, el equilibrio, hasta episodios de bloqueo, entre otras.

En los últimos años, la fisioterapia desempeña un papel importante como un tratamiento alternativo para mejorar la calidad de vida, en especial, la autonomía de personas con EP, esto al estimular la flexibilidad y elasticidad muscular. Por ende, este proyecto propone desarrollar un dispositivo que pueda complementar las terapias físicas y permita a los pacientes ejercitarse para ralentizar el avance de la enfermedad en los músculos esqueléticos de los miembros superiores, con el fin de mejorar la contracción y relajación muscular.

Durante el desarrollo del proyecto se trabajó de la mano con profesionales de la salud y personas con Parkinson en sus primeros estadios. Analizando la problemática, se siguió un proceso de diseño riguroso para la creación de un concepto para el modelo funcional enfocado en los movimientos cruzados (funcionales). No obstante, el alcance se limitó a TRL 4, llegando hasta validación con expertos puesto que se requiere un extenso estudio para probarlo con los usuarios primarios. Esta evaluación, arroja puntos satisfactorios desde el punto de vista de los expertos, al emplear técnicas pasivas, activas y asistidas en conjunto a los mandos (visuales y auditivos) que tendría una sesión fisioterapéutica con herramientas convencionales, adaptadas a un concepto funcional cuyo aprendizaje motor permite desarrollar diferentes actividades de autocuidado.

Abstract

Title: Device for control of stiffness in the upper limbs in patients with Parkinson disease in its initial stages.

Author(s): María Paula Navarro Pinilla y Diana Cecilia Arias Guiral.

Key Words: Parkinson, neurodegenerative, medical device, superior members, rigidity.

Parkinson's disease is a neurodegenerative disorder that affects the substantia nigra, causing the deterioration of dopamine, which leads to synaptic failure and the development of the disease. It should be noted that its symptomatology varies according to the patient, with three symptoms being the most characteristic according to the frequency of their diagnoses, these being: bradykinesia, rigidity, and tremors.

Parkinsonian rigidity is an increase in muscle tone that prevents voluntary contraction, triggering muscular resistance to passivity. This causes problems in adopting new postures, difficulty in performing motor movements, and also has effects on gait, balance, and even episodes of freezing, among others.

In recent years, physiotherapy plays an important role as an alternative treatment to improve the quality of life, especially the autonomy of people with PD, by stimulating muscle flexibility and elasticity. Therefore, this project proposes to develop a device that can complement physical therapies and allow patients to exercise to slow down the progression of the disease in the skeletal muscles of the upper limbs, in order to improve muscle contraction and relaxation.

During the project development, we worked closely with healthcare professionals and people with Parkinson's in their early stages. Analyzing the problem, a rigorous design process was followed to create a concept for the functional model focused on cross-movements (functional). However, the scope was limited to TRL 4, reaching validation with experts since extensive study is required to test it with primary users. This evaluation yielded satisfactory points from the experts' point of view, employing passive, active, and assisted techniques together with the controls (visual and auditory) that a physiotherapy session with conventional tools adapted to a functional concept would have, whose motor learning allows developing different self-care activities.

- **Introducción**

La enfermedad del Parkinson (EP) es un trastorno degenerativo que se origina en la sustancia negra, ocasionando el deterioro de la dopamina, afectando al 1% de adultos mayores, aumentando su prevalencia debido al envejecimiento de la población, con mayor incidencia en la población masculina (Tolosa ,2021). La EP tiene una particularidad, esta es que no tiene un marcador biológico o patrón que permita un diagnóstico preciso, variando de acuerdo con cada paciente y a su vez, suele confundirse con sintomatologías acordes con la vejez del ser humano. Sin embargo, hay tres síntomas característicos: la bradicinesia (lentitud para iniciar y ejecutar un movimiento), los temblores (movimientos incontrolados e involuntarios) y la rigidez (aumento del tono muscular causando resistencia a la pasividad de este).

Por otro lado, este trastorno puede ser intervenido mediante tratamientos quirúrgicos (en fases tempranas), farmacológicos (procedimiento que en su mayoría causan dependencia) en especial para controlar los temblores; pero, en el caso de la bradicinesia y la rigidez, también está la rehabilitación por terapias ya sea: logoterapia, fisioterapia, terapia ocupacional, entre otras, esto con el fin de mejorar el estado físico, disminuyendo el avance de los síntomas motores (P. Pastora y E. Tolosa, 2001).

Sin embargo, a pesar de tener alternativas enfocadas a la memoria muscular para rehabilitar el estado físico o mitigar el progreso de los síntomas (Chana et al., 2010), hay poca variabilidad de herramientas con enfoque terapéutico específicas para personas con este

trastorno. En países desarrollados, se han centrado en el uso y creación de nuevas tecnologías con base a recientes estudios enfocados de movimientos tele rehabilitación, entre otras, pero son tratamientos costosos y limitados (Rey, Desojo, Cuerda, 2017), que podrían dar cabida a nuevas propuestas desde el diseño industrial.

En el siguiente proyecto, se propuso la intervención de pacientes con EP en diferentes etapas de manifestación del trastorno. Mediante el análisis de la problemática, la interacción con profesionales de la salud en el área de fisioterapia y con usuarios potenciales que adolecen de la enfermedad, se siguió un proceso de diseño riguroso que dió como resultado un prototipo funcional para la rehabilitación del movimiento cruzado de los miembros superiores, indispensable para las actividades de la vida cotidiana. No obstante, el alcance se limitó a TRL 4, llegando hasta la validación con expertos.

A continuación, se presenta el documento estructurado en diferentes apartados: Se explicó primero el contexto de la dolencia del EP a partir del Planteamiento del Problema, Justificación y Marco Teórico, estableciendo una Pregunta al Problema de Diseño. Posteriormente, se estructuró el proyecto definiendo los Alcances, Objetivos y Metodología. Finalmente se expusieron los resultados separados por las fases del *Design Thinking*; para luego presentar las conclusiones y recomendaciones para un trabajo futuro.

- **Planteamiento del problema**

El Parkinson es una enfermedad que afecta el sistema nervioso central y la movilidad; es un desorden crónico y degenerativo de una de las partes del cerebro que controla el sistema motor. De hecho, es la segunda enfermedad neurodegenerativa más común a nivel mundial con una incidencia estimada del 0,3% de la población en general (Martínez et al., 2016), y en aumento, afectando a más de 10 millones de personas. Se estima que para el año 2040 supere los 12 millones de afectados a nivel mundial. En nuestro país y según la Asociación Colombiana de Neurología, actualmente, se conocen alrededor de 220.000 personas con esta enfermedad, donde el 44% fueron mujeres y el 56% restante hombres (Unidad de salud, 2022).

El EP se caracteriza por la triada (bradicinesia, temblor y rigidez) como cuadro clínico de síntomas motores. Este último; la rigidez, afecta al 90% de personas con Parkinson diagnosticado, siendo una de los síntomas más comunes en este tipo de personas. Cabe recalcar la variabilidad de estos síntomas según factores genéticos o ambientales a los que cada paciente se encuentra expuesto, por lo cual, ninguno tendrá un cuadro igual a otro (Viñas, 2009).

La hipertonía extrapiramidal o rigidez parkinsoniana es un fenómeno donde un músculo o grupos musculares rígidos oponen resistencia al estiramiento pasivo y cede con dificultad para adoptar una nueva posición (afección del sistema neuromuscular). Como consecuencia se afectan las actividades motoras, ya que se restringen y disminuye la amplitud de ciertos movimientos musculares. Los anteriores síntomas no son dolorosos para el

paciente. No obstante, puede afectar su calidad de vida, pues la persona pierde la autonomía sobre su propio cuerpo, lo cual genera que deban ser asistidos en sus actividades diarias: desde escribir, comer hasta caminar, afecciones que son causadas por los síntomas motores y que ya son evaluadas en escalas como la *Unified Parkinson's Disease Rating Scale* UPDRS modificada (Rodríguez y Cervantes, 2014).

Expuestos los anteriores argumentos, se reconoce la importancia de abordar soluciones al problema que ofrezcan alternativas al tratamiento de EP. Así, se formuló la siguiente **pregunta de diseño:**

¿Cómo controlar la evolución de la rigidez en miembros superiores, presente en personas con Parkinson en sus fases iniciales para mantener su calidad de vida?

- **Justificación**

Aunque la enfermedad de Parkinson no tiene una cura, los medicamentos, la cirugía y otros tratamientos pueden controlar los síntomas. Sin embargo, muchos medicamentos e instrumentos quirúrgicos no están disponibles, o no son asequibles, o se debe recorrer grandes distancias para acceder a ellos (OMS, 2022). Por otro lado, “las terapias existentes solo son capaces de tratar los síntomas de esta enfermedad, pero no de ralentizar o de parar su progresión” (Sanz, 2022, p.22). El anterior autor enfoca su tesis a la búsqueda de fármacos útiles para tratar la enfermedad, que sin duda alguna conlleva a una cantidad de efectos secundarios que disminuyen la calidad de vida de las personas con esta enfermedad, como alteraciones en la presión arterial, náuseas, dolores de cabeza, estreñimientos, alteraciones del sueño, entre otros (Puente, 2019).

Después de esta información se procedió a la búsqueda sin resultados, de productos que disminuyan o mejoren los síntomas (como la rigidez), asequibles a todo público, adaptables a las necesidades de los pacientes con EP, y a los requerimientos de los funcionarios de la salud como fisioterapeutas. Desde los anteriores puntos de vista se estableció la necesidad de enfocarse desde el diseño industrial en la creación de un producto que ayude a esta población; aunque fuera un pequeño porcentaje de afectados (más del 1% de la población mayor de 65 años) (Gouda et al., 2022) generaría un impacto positivo en ellos, al no deteriorar su salud.

Este enfoque sería contrario al de los tratamientos actuales, que pueden ser invasivos para la edad de la población afectada, o causar otros efectos secundarios, dependencia o resistencia en el caso del uso de medicamentos. Contrario a estos enfoques, se busca mitigar la progresión del síntoma, con un dispositivo terapéutico. Este dispositivo sería amigable con el paciente y funcional para el fisioterapeuta que trata a este tipo de población, con el fin de evitar el aumento en la pérdida de su independencia en la realización de sus actividades diarias, brindando una vida más digna y plena.

- **Alcance**

Este proyecto ayuda en la rehabilitación de pacientes con Parkinson que presentan rigidez muscular, esto mediante el uso de diferentes componentes tecnológicos, formas y patrones que mejoren el desempeño de su funcionalidad, con el fin de disminuir el progreso de la enfermedad. Al conceptualizar el análisis de esta la investigación, se trabajó tanto con profesionales, así como con la revisión de conceptos en base de datos académicos. Se sintetizó el resultado a partir de un modelo funcional que permitió realizar las respectivas validaciones en laboratorio.

De esta manera, el alcance del dispositivo abarcó un TRL 4, es decir, un modelo de producción sobre el cual se realizaron validaciones de tecnología en el laboratorio sobre los componentes que conforman el producto, a fin de evaluar los requerimientos que le aportan mayor valor al diseño, de la siguiente forma:

- Identificando el rango de adaptabilidad de las variables antropométricas de los usuarios y sus posibles cambios posturales, los cuales, fueron abordados en los aspectos formales del producto.
- Fabricando un modelo funcional con la tecnología base para verificación, y la respuesta que generan los estímulos audiovisuales según la opinión del especialista en el área de la salud (fisioterapeuta).

Esto con el objeto de mitigar la incertidumbre, y dar paso al planteamiento de pruebas a futuro para posibles estudios clínicos en un entorno simulado y controlado.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Desarrollar un dispositivo para ayudar a controlar la rigidez involuntaria de los músculos esqueléticos en miembros superiores para pacientes con la enfermedad del Parkinson en sus fases iniciales, con el fin de proveer condiciones que permitan mantener su calidad de vida.

1.2. Objetivos específicos:

- Conocer los efectos de la sintomatología del EP y los métodos para tratarlos con el fin de generar requerimientos basados en las características fundamentales obtenidas de la información recolectada tanto del usuario, los especialistas y la literatura asociada.
- Proponer un medio (dispositivo) para ayudar a controlar la resistencia involuntaria del músculo en el usuario evitando que sus actividades diarias se vean estancadas y que este método sea posible de utilizar en el día a día del paciente.
- Evaluar la disminución de las contracciones que produce la rigidez de acuerdo a la medida de relajación del músculo esquelético (pasividad muscular) utilizando el dispositivo propuesto.

2. Primera fase: Empatizar

2.1. Marco teórico:

2.1.1. El Parkinson

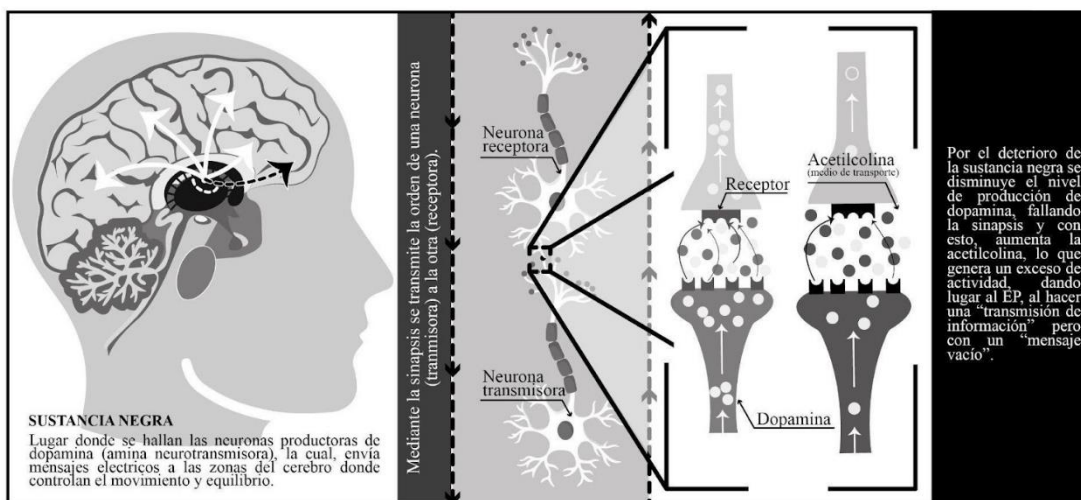


Figura 1. La enfermedad del Parkinson, con base en Barsallo, Ramón, & Ramírez, 2015.

La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno degenerativo del sistema nervioso central que surge cuando una región del mesencéfalo, denominada *locus niger* (sustancia negra), deja de producir dopamina, lo cual desencadena los síntomas del EP (Campoverde, Mora y Paredes, 2016). La **figura 1** describe lo que se entiende hasta el momento de la afectación de la EP en la comunicación neuronal. La causa en concreto de la enfermedad sigue siendo desconocida, ya que no se tienen identificados la totalidad de los factores que la desencadenan, ameritando múltiples causas, en especial factores genéticos y/o ambientales (Viñas, 2009).

2.1.2. Sintomatología

A través de los años, el Parkinson ha sido una enfermedad caracterizada por la presencia de dos grupos, los síntomas no motores y los motores, cada uno con diferentes características y afecciones en diferentes ámbitos a los pacientes.

2.1.2.1. Síntomas no motores. Estos han tenido un gran impacto sobre la vida de los pacientes, ya que pueden llegar a agravar los síntomas físicos. Aunque podrían advertir a tiempo sobre el padecimiento de la enfermedad, ya que se presentan antes de los síntomas motores, son difíciles de correlacionar. Estos suelen presentar cuadros tales como: disfunciones automáticas, trastornos del sueño, síntomas sensitivos, entre otros. Para profundizar en el tema ver **apéndice A**.

2.1.2.2. Síntomas motores. Se caracterizan por la tríada parkinsoniana clásica: bradicinesia, temblor y rigidez (Fasano, Daniele y Albanese, 2012), junto con otras consecuencias como inestabilidad postural y trastornos de la marcha.

2.1.2.2.1. Rigidez. Puede definirse como la resistencia muscular de los movimientos pasivos en una articulación, independiente de la velocidad del movimiento (Obeso y Foffani, 2018); es decir, la rigidez es la resistencia involuntaria a la movilización pasiva de un segmento corporal. Esta se manifiesta al extender o flexionar pasivamente cualquier segmento corporal, y guarda una relación mayor con el grado o la longitud del estiramiento (Pérez, 2018). La

rigidez se caracteriza además por evidenciarse en el paciente movimientos no controlados en las extremidades denominados como rueda dentada o tubo de plomo (Moreno, Millán y Henao, 2019).

2.1.2.2.1.1. Tono muscular. Grado mínimo de contracción involuntaria y constante, en condiciones fisiológicas, que cumple un papel importante sobre el mantenimiento de la postura y actúa como facilitador del movimiento y el control motor (Davidoff ,1992).

2.1.3. Tipos de tratamientos

El EP no posee una cura, por lo cual solo hay tratamientos sintomáticos (Richard, 2005), es decir, el tratamiento de la EP actual se dirige a mejorar los síntomas derivados de la patología (Chana et al., 2010).

2.1.3.1. Tratamiento farmacológico. Es una solución para disminuir el progreso de los síntomas, y así, mejorar la calidad de vida del afectado. Sin embargo, la persona genera codependencias a los medicamentos, y/o su cuerpo genera algún tipo de resistencia a los mismos. Además, algunos de los síntomas no motores como alucinaciones y delirios, pueden llegar a ser inducidos por ciertos fármacos (Martínez et al., 2016).

2.1.3.2. Tratamiento quirúrgico. Es una alternativa para los tratamientos farmacológicos (Viñas,2009), existiendo 3 tipos de cirugías: la cirugía estereotáxica (donde se lesionan determinadas zonas cerebrales); la estimulación cerebral profunda (ECP); y los trasplantes celulares. Para indagar más sobre estos primeros tipos de tratamientos. Ver **apéndice B**.

2.1.3.3. Terapias de apoyo enfocadas en personas con EP. Actualmente se aborda de manera multidisciplinar la enfermedad el Parkinson, por lo cual se utilizan terapias en conjunto con el tratamiento farmacológico y algunas veces, con el quirúrgico, (Roger 1991; Manyam 1994; Morris 2000; Dean et al., 2011).

Con el avance de la enfermedad aumentan los problemas con respecto a los síntomas motores, creando diversas dificultades para la realización de ciertas actividades como alteraciones de aspectos físicos del paciente (Viñas, 2009). Estos déficits en ocasiones generan resistencia al tratamiento con fármacos e intervenciones quirúrgicas (Bloem et al. 2001; Bloem y Bhatia, 2004), siendo este uno de los motivos por los cuales es importante la utilización de las terapias física (fisioterapia, terapia ocupacional y logoterapia, entre otras) con el objetivo de mejorar los déficits funcionales de los pacientes (Viliani et al. 1999; Morris et al. 2000; Lim et al. 2005).

2.1.3.3.1. Fisioterapia: Proceso de rehabilitación dirigida a mejorar el estado físico y a retrasar la progresión de los trastornos motores. Consta de entrenamiento para la respiración, movilidad corporal general, estiramiento, técnicas de relajación, cambios posturales, refuerzo del esquema corporal, psicomotricidad, etc. (Chana et al., 2010). El objetivo de la fisioterapia consiste en devolver la movilidad normal a aquellas personas que a consecuencia de una enfermedad han sufrido problemas locomotores (Paeth, 2006).

Algunos ejemplos para movilidad general a miembros superiores son:

- Flexo-extensión, abducción-aducción, rotaciones de hombro.
- Flexo-extensión, prono-supinación de antebrazo.
- Flexo-extensión, adb-add, circunducción de muñeca.
- Flexo-extensión de dedos.
- Estiramientos: pectorales, bíceps, tríceps y músculos del antebrazo.

2.1.3.3.2. Técnica de Rood. Esta técnica emplea estímulos sensoriales adecuados permitiendo lograr respuestas musculares controladas. De esta manera se busca normalizar el tono, y, además, la repetición de movimientos sensomotores para el re aprendizaje (Jiménez Treviño, 2007).

2.1.3.3.3. Terapias de apoyo ESE. Se puede definir como la aplicación externa de estímulos temporales o espaciales, con el objetivo de facilitar la iniciación y/o el desarrollo de una actividad motora (Lim et al. 2005), mediante el uso de señales externas auditivas o visuales (siendo estas las más utilizadas).

2.1.3.3.4. Concepto de Bobath. es un enfoque de la rehabilitación de los pacientes que sufren de una lesión neuromotora, este concepto es una manera singular de comprender, integrar y describir una realidad concreta. Pero al mismo tiempo, un concepto contiene una nueva

organización de los hechos, de los conocimientos y de las ideas por lo cual debe ser dinámico (Cochet et al., 2000).

Este concepto supone una interacción entre el terapeuta/paciente, donde este primero, es encargado de enseñar y hacer posible el o los movimiento mediante la utilización del entorno y la tarea de la manera apropiada, diseñando situaciones de aprendizaje para facilitar la solución de problemas, la exploración de estrategias alternativas, así como proporcionar oportunidades para la repetición, mientras el paciente es conducido a la mejoría de la función mediante la facilitación de la actividad (López, 2013).

2.1.3.3.5. Cinesiterapia. Es un método terapéutico que según el uso de movimientos se encuentran los pasivos (en conjunto con factores externos ya sean persona, mecanismos, etc.) activos (el paciente realiza solo sus ejercicios) y activo-asistido (el paciente realiza la actividad en apoyo del terapeuta para corregir) (Hernández & Sarahí, 2017).

2.1.4. Escalas de medición

La prevalencia de la EP aumenta con la edad e incide de forma diferente en cada persona. Por esto, es necesario identificar las condiciones clínicas y demográficas que afectan la calidad de vida en los pacientes (Sánchez et al., 2019). A continuación, se presentan algunas escalas utilizadas para este propósito.

2.1.4.1. Escala de Hoehn y Yard. Esta escala busca establecer el estadio evolutivo y la progresión de la enfermedad, clasificando de acuerdo a la severidad de los síntomas. La escala original fu publicado en 1967 en la revista *Neurology* por Melvin Yahr y Margaret Hoehn. Desde entonces se han agregado 3 estadios nuevos, el 0, el 1.5 y el 2.5. Con esta actualización, se muestra esta clasificación en la **tabla 1**.

Tabla 1. Escala de Hoehn & Yard, en base a Sánchez et al., 2019.

Estadio	Síntomas
0	Sin signos de enfermedad.
1	Síntomas en un solo lado (unilateral).
1.5	Síntomas unilaterales y también involucrando el cuello y la columna.
2	Síntomas en ambos lados, pero sin deterioro del equilibrio.
2.5	Síntomas leves en ambos lados, con recuperación cuando se realiza la prueba de "tracción" (el médico se para detrás de la persona y le pide que mantenga el equilibrio cuando se tira hacia atrás).
3	Deterioro del equilibrio, enfermedad leve a moderada, físicamente independiente.
4	Discapacidad severa, pero aún puede caminar o pararse sin ayuda.
5	Necesita una silla de ruedas o está postrado en cama a menos que reciba asistencia.

2.1.4.2. MDS-UPDRS o escala unificada de calificación de la enfermedad de Parkinson. Esta escala se modifico a partir de los cambios realizados por la Sociedad de Trastornos del Movimiento (MDS) identifico una seria de ambigüedades, debilidades y áreas que necesitan inclusión para adaptarlo a desarrollo científicos actuales. Así, fue planteada una nueva clasificación

de la UPDRA (Goetz et al., 2013) para evaluar la clasificación individual de cada síntoma, según su evolución, la cual está compuesta de 4 partes con 65 ítems, mostrados a continuación en la **tabla 2:**

Tabla 2. MDS-UPDRS en base a Goetz, et al., 2008.

I. Experiencias no motoras de la vida diaria	II. Experiencias motoras.
*Deterioro cognitivo.	*Hablar.
*Alucinaciones y psicosis.	*Saliva y babeo.
*Estado de ánimo depresivo.	*Masticación y deglución.
*Ansiedad.	*Actividades para comer.
*Apatía.	*Vestirse.
*Manifestaciones del síndrome de desregulación dopaminérgica.	*Higiene.
*Problemas de sueño.	*Escritura.
*Somnolencia diurna.	*Hobbies y otras actividades.
*Dolor y otras sensaciones.	*Darse la vuelta en la cama.
*Problemas urinarios y estreñimiento.	*Temblor.
*Sensación de mareos al ponerse de pie.	*Levantarse de la cama, del asiento de un coche o de un sillón.
*Fatiga.	*Caminar y mantener el equilibrio.
	*Congelaciones o bloqueos (al caminar).
III. Examen motor.	IV. Complicaciones motoras.
*Lenguaje.	*Tiempo con discinesias.
*Expresión facial.	*Impacto funcional de las discinesias.
*Rigidez.	*Tiempo en estado off

- *Golpeteo de dedos en manos y pies.
- *Movimientos con las manos y pronación/supinación de las manos.
- *Agilidad de las piernas.
- *Levantarse de la silla.
- *Marcha y congelación de la marcha.
- *Estabilidad postural.
- *Postura.
- *Espontaneidad global del movimiento (bradicinesia corporal).
- *Temblor de postura de las manos o de acción de las manos.
- *Amplitud del temblor de reposo.
- *Persistencia del temblor de reposo.
- *Impacto funcional de las fluctuaciones.
- *Complejidad de las fluctuaciones motoras.
- *Distonía dolorosa en estado off

La MDS-UPDRS valora cada ítem con 5 opciones según el avance, donde: 0 es *normal*, 1 *ligero*, 2 *leve*, 3 *moderado* y 4 *grave*, dando una puntuación de forma individual al evaluar cada síntoma presente en personas con EP. Al finalizar se suman los resultados: la puntuación de la parte IA es de 0 a 24 puntos; el de la parte IB es de 0 a 28 puntos; el de la parte II, de 0 a 52 puntos; el de la parte III, de 0 a 132; y la parte IV, de 0 a 24 puntos; con una puntuación total máxima de 260 puntos (Goetz et al., 2007).

2.1.4.3. Escala PDQ-39. Esta escala busca evaluar la calidad de vida de los pacientes con EP. PDQ-39 está compuesta por los siguientes 8 dominios: movilidad, actividad de la vida diaria, bienestar emocional, estigma, apoyo social, cognición, comunicación y molestias corporales, al igual que la UPDRS constan de 5 posibles respuestas donde 0 es nunca y 4, es siempre o incapaz de hacerlo (Sánchez et al., 2019). Se puntúa en una escala de 0 a 100; donde, la más baja indica una mejor salud y las puntuaciones más altas muestran gravedad de los síntomas.

2.1.5. Sistema musculo esquelético

El sistema musculoesquelético (sistema locomotor) es un sistema del cuerpo humano que proporciona movimiento, estabilidad, forma y soporte (Serrano, 2023). Este se encuentra dividido en dos grandes sistemas: el sistema esquelético y el sistema muscular.

2.1.5.1. El músculo. Se caracteriza por su contracción permitiendo producir movimiento en el cuerpo. El músculo esquelético es el más abundante. Son estructuras independientes que producen movimientos articulares por su capacidad de contraerse. Su clasificación puede variar según su forma, tamaño, localización, orientación, acción y función. Respecto a la unión, los músculos se pueden clasificar en:

2.1.5.1.1. Agonista. También conocidos como movilizadores principales, son aquellos que como su nombre lo indica, realizan un movimiento determinado desde el reposo.

2.1.5.1.2. Antagonista. U oponentes, ya que se oponen directamente a un movimiento realizado por los agonistas.

2.1.5.1.3. Fijadores. Son estabilizadores de articulaciones para mantener la postura o posición mientras actúan los agonistas.

2.1.5.1.4. Sinérgicos. Controlan la posición de las articulaciones intermedias para que los agonistas puedan ejercer su acción.

Para profundizar más sobre el sistema musculoesquelético y sus otras clasificaciones ver *apéndice C*.

Conclusión marco teórico

A pesar de no tener una etiología de la enfermedad, existen posibles causas como factores genéticos y ambientales, los cuales conllevan a la variabilidad de síntomas en cada paciente. Debido a esto, no existe un único tratamiento que pueda solucionar la totalidad de los síntomas que genera la enfermedad y teniendo en cuenta que es una afección progresiva, se busca que el tratamiento dado mitigue el avance de la enfermedad; por lo cual, la fisioterapia y un estilo de vida activo son claves para mantener la funcionalidad y movilidad, al haber un constante reaprendizaje motor, que van de la mano con todos los demás tratamientos y además, permite ser intervenido desde el diseño.

3. Metodología

Para el desarrollo de un producto se requiere de una metodología clara que permita la creación controlada del mismo. El *design thinking*, es un método para la generación de ideas innovadoras centrado en comprender y dar solución a las necesidades de un usuario real. El propósito de usar esta metodología es además garantizar que el producto resultante sea tecnológicamente factible y viable económicamente, de manera que aporte valor tanto para el usuario como para quien crea este producto (Tim Brown, 2008). *Design Thinking* consta de un proceso de 5 etapas no lineales que permite avanzar o retroceder, para elaborar, mejorar y/o materializar la solución a un problema. Las etapas del proceso son:

3.1. Empatizar

¿Quién es el cliente o usuario? ¿Qué le preocupa? Este proceso empieza por la comprensión de las necesidades de los usuarios implicados en la solución a desarrollar, y también de su entorno. En esta etapa se aplican métodos como:

- Investigación del estado del arte.
- Análisis de la información.
- Entrevistas con profesionales

Cabe resaltar que las entrevistas con los especialistas se realizaron de forma iterativa, no solo para tener claridad en los conceptos sino también para ir caracterizando el producto, descubrir sus debilidades, fortalezas y oportunidades de mejora. En esta etapa se definió el marco teórico del proyecto.

3.2. Definir

¿Qué necesidades tienen los usuarios? Esta etapa se caracteriza por el análisis de la información previamente recolectada, para seleccionar aquello que aporta valor y conlleva a un mejor alcance las expectativas del usuario. De igual modo se identificarán problemas de diseño teniendo en cuenta los aportes de tres elementos: usuario, necesidad e información. Se usaron herramientas como:

- Árbol de problemas.
- Árbol de objetivos.
- Pregunta de diseño.
- Usuario arquetipo.
- Mapas de empatía.
- Matriz de motivaciones.
- Moodboard.

3.3. Idear

¿Qué ideas existen? Tiene como objetivo la generación de múltiples posibilidades y opciones. Es una fase donde se fomenta la imaginación y creatividad, caracterizado por la eliminación de juicios de valor, y la inclusión de ideas extravagantes y visionarias. Se usaron herramientas como:

- Conceptboard.
- Requerimientos.
- Scamper.
- Proceso analítico jerárquico.
- Entrevista con especialista.

- Alternativa a prototipar y su reestructuración.

Nota: en el transcurso de la conceptualización de la idea final, se recurrió a charlas iterativas con especialistas para buscar el desarrollo de una alternativa final con mejor desempeño funcional. Así, se tuvo en cuenta su opinión y se indagó en detalle en qué consistían las mejores propuestas y cómo beneficiaría al usuario.

3.4. Prototipar

¿Cómo materializar las ideas? Es la fase donde se desarrollaron en físico las ideas, es decir, transformar las ideas en realidades que permiten visualizar las soluciones de forma tangible. Prototipar permitió palpar y visualizar las posibles soluciones y elementos de mejora antes de obtener el resultado final. Se utilizaron herramientas como:

- Alternativa final.
- Planos para el prototipo de papel.
- Prototipo de papel.
- Planos para el prototipo funcional.
- Modelo funcional.

3.5. Evaluar

¿Qué funciona y qué no? Durante esta etapa se probaron los prototipos con los respectivos usuarios implicados (usuarios expertos), la cual permitió identificar mejoras significativas, fallos a resolver o posibles carencias para ir evolucionando la idea. Se recurrió a las siguientes herramientas:

- Protocolo de verificación.
- Entrevistas con profesionales para posteriores análisis (heurísticas).
- Planteamiento del protocolo de validación.

4. Segunda fase: Definir

4.1. Entrevista con la especialista

Se realizó una entrevista con la terapeuta Zully Rincón, quien ha ejercido durante varios años con pacientes con la enfermedad del Parkinson. Ella introdujo los conceptos de la enfermedad y sus síntomas al equipo desarrollador, así como casos de algunos de sus pacientes para comprender el contexto del EP, ya que la enfermedad varía con cada paciente (antropometrías, morfologías, contexto social, etc). Sin embargo, se observó que las terapias de rehabilitación en cualquier caso clínico, exageran los movimientos para entrenar los músculos y el cerebro; esto en conjunto a la reducción de tareas para centrar su atención en la correcta realización de una actividad, de acuerdo al segmento del cuerpo a trabajar.

4.2. Mapas de empatía

La interacción directa con usuarios permite detectar necesidades, frustraciones, problemas en conjunto a los sentimientos que estos conllevan y su deseo de buscar alternativas que contribuyan a disminuir la progresión de la rigidez.

El constante aumento de los síntomas motores (temblor, rigidez, bradicinesia, entre otros), genera un aumento de los síntomas no motores (pérdida del sueño, depresión, ansiedad, entre más) y esto a su vez, un ciclo vicioso donde uno influye al otro. Por ello, cualquier solución va de la mano en lo que transmita el producto al paciente, como la correcta y eficaz funcionalidad que cumpla con ciertos estándares para el fisioterapeuta,

según el segmento corporal (miembros superiores) a trabajar. Los cuadros correspondientes a los mapas de empatía se pueden apreciar en el **apéndice D**.

4.3. Análisis de la información

Al analizar el contexto del dispositivo, hay que considerar que son dos tipos de usuario quienes van a interactuar con este. En primer lugar, estaría el paciente a quien se busca ayudar (ver **tabla 3**) y en segundo lugar el funcionario de la salud (ver **tabla 4**), el cual, de acuerdo a la condición del primer usuario, buscaría un producto que se adecue a sus necesidades juntos con los ejercicios y repeticiones, esto con el fin de ayudar en el control de los síntomas.

4.3.1. Definición de usuarios: usuario primario

Tabla 3. Definición de usuario primario.



Nombre: Cecilia López **Edad:** 82 años

Cecilia fue profesora de español para un colegio de Bucaramanga. Actualmente vive sola en el departamento que compró con su difunto esposo. Ahora por el avance del EP, se le ha complicado realizar algunas tareas sin asistencia. Sus hijos han contratado una enfermera. Pero Cecilia se siente mal cuando requiere de su ayuda, ya que con el avance del

Ocupación: profesora pensionada de lengua castellana y literatura.

Parkinson va perdiendo más independencia y movilidad.

Etapa del Parkinson: Estadio II.

Motivaciones: Escribir sus memorias como un recuerdo para sus nietos.

Frustraciones:

- Asistencia para hacer todo tipo de actividades diarias.
- Necesitar medicamentos fuertes para controlar los persistentes dolores.
- Poco control para poder mitigar el avance de la enfermedad.

4.3.2. Definición de usuarios: usuario secundario

Tabla 4. Definición de usuario secundario.



Nombre: Andrea Marulanda

Edad: 29 años

Andrea siempre le ha gustado las ramas de la salud. Una vez graduada de la universidad se le presentó la oportunidad de trabajar con personas de la tercera edad en una IPS, por lo cual tiene horarios laborales de hasta 11 horas diarias, de lunes a viernes y sábado medio tiempo, llegando a ver hasta 20 pacientes al día, con diferentes morbilidades.

Ocupación: Fisioterapeuta en un hogar para adultos mayores.

Motivaciones: Ver cómo evoluciona satisfactoriamente los adultos a su cargo.

Frustraciones:

- A veces las terapias no ayudan en el momento de los episodios de congelación.
- Ver que sus pacientes tienen mucho dolor y tiene resistencia al medicamento.

4.4. Búsqueda y análisis de los productos existentes en el mercado

Al realizar el análisis de productos en el mercado, se descubrió la poca información disponible respecto a productos específicos dirigidos a los síntomas de EP, ya que estos artefactos se enfocan en mejorar determinadas actividades en el día a día, más no en el foco del problema. Algunos ejemplos encontrados fueron: bastones que ayudan con la marcha, implementos para comer con cambios de cabezales (cuchara y tenedor), etc. El benchmarking de los productos puede apreciarse en el *apéndice E*.

Aunque estos productos pueden considerarse como buenas soluciones, no atacan el problema desde la raíz, es decir, la forma de mitigar el avance de la misma enfermedad. Según médicos y terapeutas que tratan personas con este trastorno, a los pacientes se les debe enseñar (nuevamente) cómo realizar estas actividades; así que, aunque este mercado existe y puede ayudar a la persona al principio, no busca una solución enfocada a los síntomas (o algunos de ellos).

Sin embargo, cabe considerar que, entre estos artículos, el que ha tenido mejores resultados a largo plazo ha sido aquel que se centra en una actividad (el paso de la

marcha), mediante el uso de patrones visuales, mejorando su experiencia y evidenciando resultados como la mayor rapidez, en respuestas al estímulo generado por los láseres. Esto se ve reflejado en cada paso, ya que son los que ayudan a orientar a la persona sobre cómo se realizan estas actividades, incluyendo el empleo de elementos que tienen un lenguaje de uso sencillo. Sin embargo, desde la indagación del mercado, no fue posible evidenciar algún producto que permitiera la rehabilitación de los movimientos de los miembros superiores.

5. Tercera fase: Idear

5.1. Definición de los requerimientos

Durante la recopilación de información, con base en las necesidades de los usuarios primarios como los secundarios, se plantearon los requerimientos del diseño del producto. Estos factores son determinantes a la hora de garantizar que el producto final sea una solución eficaz a la pregunta de diseño. Entre los requerimientos se estableció:

- Guía de interacción generada por estímulos externos (audiovisuales) que sean atractivos para el paciente y funcionales para el paciente secundario.
- Rango de adaptabilidad de las variables antropométricas a los usuarios con la sintomatología específica, teniendo en cuenta posibles cambios posturales generados por esta (rigidez parkinsoniana).
- Lenguaje de uso sencillo e intuitivo para la persona que vaya a ayudar al paciente con las terapias.

- Eficiencia en la manipulación del producto: los pacientes no presentan dificultad en el manejo del producto, sienten que es de fácil manejo y adaptación.

La totalidad de los requerimientos se pueden apreciar en el *Apéndice F*.

5.2. Feedback audiovisual

El empleo de técnicas o formas de generar estímulos externos que excitan el cerebro, generan una respuesta casi inmediata para realizar la actividad que se busca guiar; es decir, una forma de mejorar la conexión o relación entre las indicaciones dadas al cerebro y la reacción del cuerpo.

En la literatura, el principal problema abordado ha sido la marcha, arrojando resultados de efectividad de las señales auditivas en pacientes con EP, tales como:

- Mejora los parámetros cinemáticos y espacio-temporales.
- Disminución de la congelación, la duración del giro y las caídas.
- Aumento en velocidad de iniciación de la marcha, activación muscular, velocidad y cadencia de la marcha en pacientes con enfermedad de Parkinson (Gonzales, Casas, de la Cuerda, 2019).

Por otro lado, las señales visuales producen:

- Mejoras sobre los parámetros espacio-temporales en la marcha y la ejecución de giros.
- La reducción de la aparición de congelamiento y caídas en pacientes con enfermedad de Parkinson.

- Beneficio de las tareas duales durante la marcha, reduciendo la interferencia de la segunda tarea. (Hellín, de la cuerda y Miangolarra,2012).

A partir de lo anterior, se buscaba mejorar la respuesta motora con el uso de ayudas auditivas rítmicas y visuales de connotaciones temporales, a fin de generar una respuesta positiva en el paciente teniendo en cuenta el enfoque a miembros superiores.

5.3. Factores tecnológicos

Para la conceptualización, se emplearon alternativas que fomentaran mayor impacto visual, teniendo en cuenta que, en las terapias, muchos de los fisioterapeutas crean piezas artesanales con algunas características en común como:

- Variación de formas.
- Cambios de color.

Por lo cual se buscó diseñar ideas sencillas y/o tecnificadas que produjeran una estimulación guiada en el paciente, teniendo en cuenta que estos pacientes empiezan a padecer problemas cognitivos.

En este sentido, el uso de componentes electrónicos aportaría factores audiovisuales, para generar piezas con mayor atractivo a las terapias de estos pacientes, pero más tecnificado para crear valor en su funcionalidad de acuerdo a parámetros de movimiento empleados en las terapias por parte del fisioterapeuta. Al buscar que el producto permitiera desarrollar patrones motores a partir de estímulos sensoriales mediante el uso de *leds*, *buzzers* y sensor de distancia (Jiménez Treviño, 2007), que produzca una respuesta positiva en la terapia repetitiva del paciente.

5.4. Jerarquización y selección de alternativas

De acuerdo a las diferentes alternativas (ver scamper en el **apéndice G.**), se buscó elegir aquellas con más potencial, para luego escoger, con ayuda de un profesional de la salud, la que brindara una mejor respuesta desde el diseño, de acuerdo al enfoque fisioterapéutico, para las personas con rigidez parkinsoniana. Además, se buscaba llegar a plantear mejoras de acuerdo con el tipo de terapia que ejercen según el miembro a trabajar.

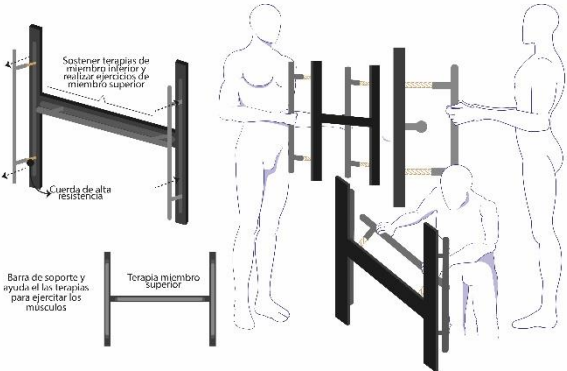
Esta primera selección tuvo en cuenta que las ideas trataran de cumplir a grandes rasgos los criterios básicos (PRS) o atributos contemplados en la herramienta, por lo cual se simplificaron los requerimientos en una o dos palabras claves:

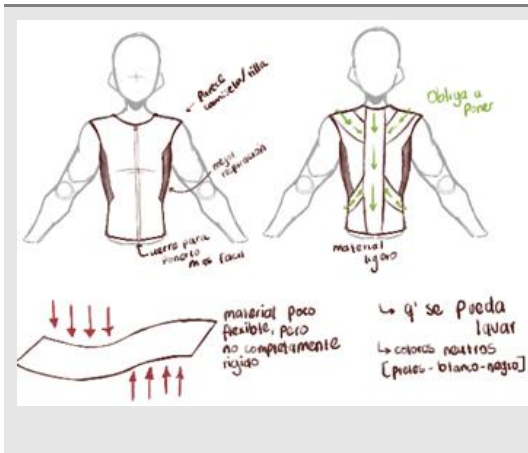
- **Seguridad.** Brindar confianza en el contacto con cada uno de sus componentes de acuerdo con la actividad que se va a realizar.
- **Adaptabilidad.** Respecto a las medidas antropométricas de cada paciente y el cambio de estas según las afecciones que ha causado las morbilidades de los pacientes.
- **Estímulos sensoriales.** Estímulos sonoros y visuales.
- **Interfaz sencilla.** Permitir una eficaz manipulación por parte del usuario primario y secundario.

De esta manera, se escogieron tres alternativas de cada SCAMPER (para un total de 6 ideas) se mayor relevancia o con mejor puntaje, según los atributos elegidos. La elección de las alternativas del método analítico jerárquico se aprecia en el **apéndice H.**

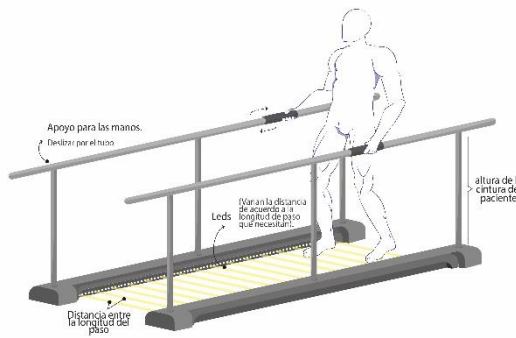
Producto del anterior análisis, se consultó con la fisioterapeuta cada una de las opciones de las cuales ella seleccionó el gimnasio, el chaleco y las barras paralelas (ver **tabla 5**) de las cuales realizó los siguientes comentarios:

Tabla 5. Selección de alternativas más viables por parte de la fisioterapeuta.

Alternativas preseleccionadas por la fisioterapeuta	Comentarios
 <p>El diagrama muestra un sistema de barras paralelas con varias barras horizontales a diferentes alturas. Se incluyen siluetas de una persona de pie y una persona sentada interactuando con las barras. Hay tres etiquetas con flechas que apuntan a partes específicas: 'Sostener terapias de miembro inferior y realizar ejercicios de miembro superior' apunta a una barra alta; 'Cuerda de alta elástica' apunta a una cuerda que conecta una barra alta con una más baja; 'Barra de soporte y ayuda a los terapias para ejercitar los músculos' apunta a una barra baja; y 'Terapia miembro superior' apunta a una barra a nivel de hombros.</p>	<p>-Se podría tratar de adaptar para que con las partes elásticas a diferentes alturas dependiendo del segmento (por ejemplo: pies, cadera, brazos) también pueda trabajar fuerza de la cintura pélvica que les cuesta (pararse) y fuerza a nivel de los pies para el paso.</p> <p>-Ofrecer otras alternativas de ejercicios o accesorios que le permitan mejorar o personalizar más la experiencia.</p>



Debería venir con un plan de recomendaciones diciendo que esto es una ayuda técnica durante la marcha y que eso no exime el hecho de tener que hacer rehabilitación o ejercicio.



Incluir el sistema de variación de colores presentada en una propuesta anterior, para mejorar la interacción con el producto y facilitar las instrucciones por parte del fisioterapeuta.

Entre estas ideas resaltó el gimnasio junto con posibles planteamientos de mejoras

como:

- Aumentar las alturas de agarre dependiendo del segmento a trabajar.

La transcripción de la entrevista se puede leer en el **apéndice I**.

Cuarta fase: Prototipar

5.5. Entrevistas con profesionales del área mediante grupo de opinión

Durante el transcurso del proyecto, se logró establecer contacto con varios fisioterapeutas quienes habían tenido pacientes con EP, otorgando un enfoque único respecto a necesidades de rehabilitación de los pacientes, y los aspectos a considerar para

resolver estas falencias en los artefactos que soportan el movimiento articular. Así mismo, se pudo comprender cómo funcionaban las terapias que se les administraban, y las dificultades que algunos de ellos presentan a la hora de continuar con este tratamiento que suele ser permanente para la mayoría de los pacientes. Estos profesionales fueron consultados en un grupo focal. Los resultados de esta sesión se resumen en la **tabla 6**.

Tabla 6. Conclusiones del grupo focal.

Entrevistados del grupo focal	Conclusiones de la sesión
Entrevistado 1 Leyla-Profesional de la salud.	*En primer lugar, cabe recalcar el hecho de que las terapias hacia este tipo de población no son de <i>rehabilitación</i> , sino por el contrario de <i>mantenimiento</i> , por lo mismo, se hace una continua re educación o re aprendizaje motor, dirigido al miembro a trabajar.
Entrevistador 2 Yadira-Profesional de la salud.	*Las terapias no deben ser largas, un máximo de 45 minutos es lo recomendado, especialmente teniendo en cuenta la tolerancia del paciente , la cual, es reducida por su edad. Los ejercicios que deben realizar en casa deben ser constantes para ayudar.
Entrevistador 3 Lina-Profesional de la salud.	*El uso de fuerzas o resistencias en un dispositivo puede generar un efecto negativo en personas con Parkinson, esto debido al incremento del tono, traduciéndose a una mayor resistencia a la pasividad, es decir, más rigidez en el miembro. *El enfoque en los miembros superiores debe darse trabajando todo lo que vaya a la línea media, es decir, movimientos funcionales (diagonales) , preferencialmente

<p>Entrevistador 4</p> <p>Winston-Profesional de la salud.</p>	<p>usando movimientos cruzados, ya que la mayoría de estos, se realizan de forma automática durante el día a día. además, de considerar el rango de movimiento.</p> <p>*Se hace énfasis en el uso de una guía o manual que indique de la manera más clara posible, tanto para pacientes como para los fisioterapeutas cuales son los ejercicios que se podrían realizar (prescripción del ejercicio).</p>
<p>Entrevistador 5</p> <p>Jhosman-Profesional de la salud.</p>	<p>*Para abarcar la eficiencia de la fisioterapia, el producto debe llevar factores que tendría una sesión (asistido, pasito, activo o resistido) en conjunto a comandos dados por los especialistas. Concepto de Bobath.</p> <p>*Se sugiere el uso de estímulos de acuerdo a los mandos empleados por los fisioterapeutas, es decir verbales, visuales y táctiles, pudiendo considerar las dificultades que algunos pacientes para la ejecución inicial del movimiento debido a la bradicinesia, en base a esto, el dispositivo podría contar con algún estímulo que le ayude a iniciar la tarea.</p>

A raíz de las charlas con profesionales, se evidenció la necesidad de realizar algunos ajustes a los planteamientos iniciales en cuanto a los objetivos y la especialización del proyecto. Por esta razón, el enfoque de miembro inferior cambio, más específicamente la parte de la marcha, ya que esta incluye una gran cantidad de factores a considerar, abarcando diferentes temas individuales para que este sea válido, es decir, cada fase de la marcha debe ser considerada para sea útil y además, teniendo en cuenta el nicho poblacional, también toca incluir factores de alteración

de la marcha en este tipo de personas, es decir, conocer la historia del desarrollo motor y sus alteraciones generadas por esta morbilidad.

Por otro lado, considerando las recomendaciones se busca redirigir el proyecto hacia un enfoque que incluya los miembros superiores, pero a su vez, ampliar los estadios al incluir las primeras fases, al ser una afección progresiva sirve para comparar la influencia que tiene en cada fase las fisioterapias, en pocas palabras, considerar el avance de la enfermedad, ya que las personas con esta enfermedad deben tener un tratamiento constante y continuo apenas se les diagnostica la enfermedad; y en la fase 3 es probable que la persona pueda presentar síntomas más graves que le impidan obtener todos los beneficios de una máquina de este tipo, por lo que se recomienda que se pueda usar desde la primera fase para tener un mejor alcance para los pacientes.

5.6. Evaluación de concepto y funcionalidad

El proyecto comenzó siendo un producto enfocado a la marcha con posibilidades de acercamiento a otros miembros (ver *apéndice I*), de ahí, se hizo una jerarquía según el cumplimiento de los requisitos básicos (ver *apéndice J*) de la cual salieron las alternativas a evaluar con los expertos de la salud (ver *apéndice K*), donde surgió un concepto de un gimnasio con forma de H (ver **figura 2**) que utilizaba cuerdas de alta resistencia para generar los ejercicios sobre el plano horizontal y vertical (movimientos uniplanares). También se incluiría un sistema de bloqueo, para convertir las barras en soportes durante ciertos ejercicios y proporcionar apoyo si fuera necesario. La idea surgió de la necesidad

de complementar las terapias para personas con Parkinson en casa, aunque se buscó la opinión de profesionales para asegurar su viabilidad.

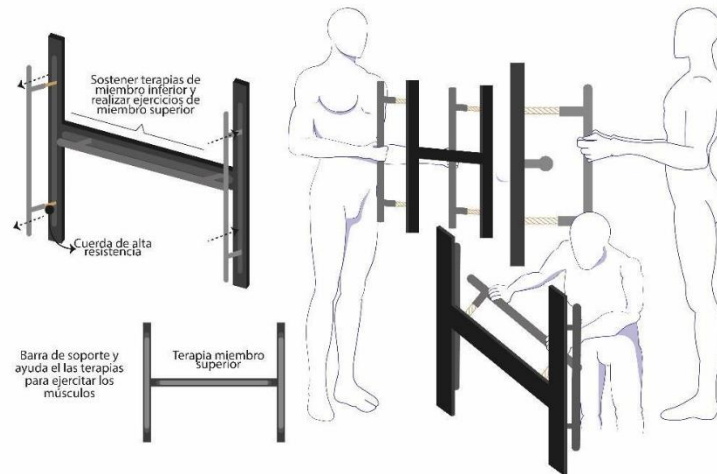


Figura 2. Idea inicial de gimnasio fisioterapéutico.

Durante un grupo de opinión con los fisioterapeutas mencionados se descubrió que:

- El modelo podría abarcar otro tipo de movimientos que sean más funcionales, en especial para personas con Parkinson en estado de rigidez (diagonales en los ejercicios), trabajando los ejes X y Y.
- Eliminar las cuerdas de alta resistencia, ya que aplicarles fuerza podría empeorar su condición y causar daños.
- Emplear estiramientos de 10 segundos durante la realización de las actividades.

Por lo tanto, se decidió modificar la idea original removiendo el uso de cuerdas de alta resistencia y se exploró el cambio de la estructura base, disponiendo de ayudas audiovisuales dentro de la propuesta (ver **figura 3**).

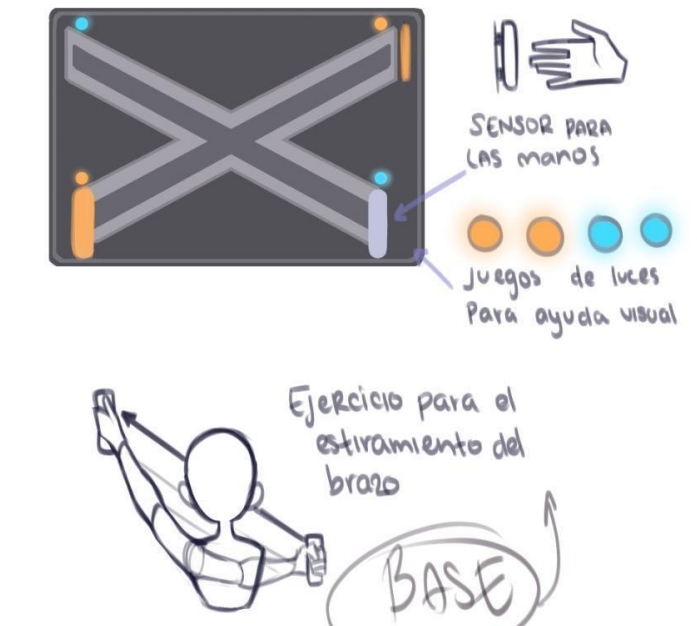


Figura 3. Variaciones del gimnasio fisioterapéutico.

De acuerdo con las sugerencias anteriores, se hizo una variación de la forma inicial (H) a una X, donde se empieza a disponer de la idea de la siguiente forma:

- Figura de X con ambos mangos, los cuales se desplazarán en su carril correspondiente y tendrán un sensor conectado a un motor, que una vez sean agarrados se accionará para que inicie el proceso de desplazamiento unos centímetros antes de soltar el mango. Luego, la persona puede completar el movimiento por su cuenta.
- Apoyar mediante ayudas visuales generadas por luces, emparejándose con la contraparte opuesta, (ver **Figura 4**).

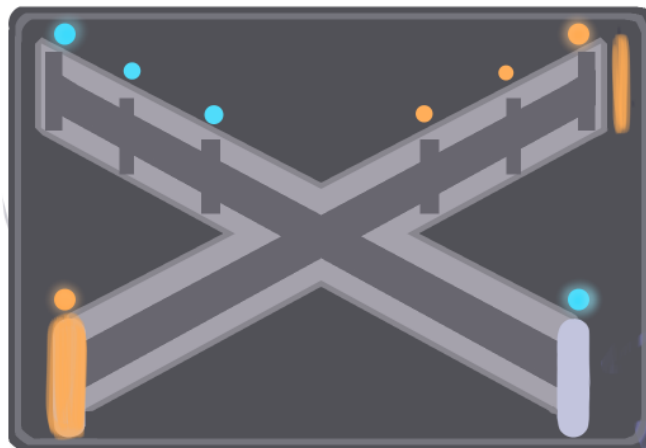


Figura 4. Ampliación de la variación del gimnasio fisioterapéutico.

En consecuencia, se planteó una propuesta que debía tener en cuenta las medidas antropométricas de todas las personas. Además, como un solo objetivo de desplazamiento podría volverse repetitivo, se buscó la manera de incorporar diferentes niveles de avance ajustado a las dimensiones corporales de las personas con Parkinson (ver **Figuras 3 y 4**).

Otra consideración fue la del espacio de instalación para estos dispositivos, ya sea en la casa de un paciente o en un centro médico. Por ello se surgió la necesidad de simplificar la forma manteniendo la funcionalidad del sistema pensado. Al ser una forma simétrica, se buscó sintetizar el sistema para que permitiera adaptarse, como se mencionaba anteriormente, a las medidas de los pacientes de la siguiente forma:

- Amplitud del arco y alturas de las personas con EP.
- Cambio de ángulo para realizar los movimientos cruzados.
- Adecuación para ambos brazos (izquierdo y derecho).

Gracias a esto, se realizó una evolución de la alternativa donde se simplificó la idea de tener dos brazos (ver **figuras 3 y 4**) y se cambió por uno solo que se puede rotar,

permitiendo manejar diferentes sentidos y ubicaciones dentro del espacio (ver **figura 5**), reduciendo el tamaño de la pieza a una con múltiples rangos para la variación en la movilidad.

Por otro lado, estaba la posible influencia del *feedback* audiovisual que hiciera parte de la pieza central, con el fin de ser un complemento atractivo al brazo del producto, sin que fuera un distractor del ejercicio. Frente a eso, se cambió el empleo de las luces para mostrar la variabilidad de los diferentes niveles a proponer, esto según las diferentes medidas antropométricas (aperturas del arco del brazo del paciente), dispuestas de la siguiente manera:

- El primer rango compuesto por un sistema de luces blancas abarca el rango mínimo de apertura de brazo para una mujer de percentil 5.
- En el segundo nivel, caracterizado por la transición al color amarillo comprende antropometrías de una mujer de percentil 50 y la de un hombre de percentil 5.
- Para el tercer rango de color naranja, tiene medidas de una mujer de percentil 95, junto a la de un hombre de percentil 50.
- Finalmente, el ultimo nivel de color Rojo es para un hombre de percentil 95.

Fueron tenidas en cuenta las dimensiones antropométricas de la población latinoamericana de adultos mayores entre 60 y 90 años (Chaurand et al., 2007). A continuación, se aprecia en la **figura 5** los rangos de alcance anteriormente mencionados.

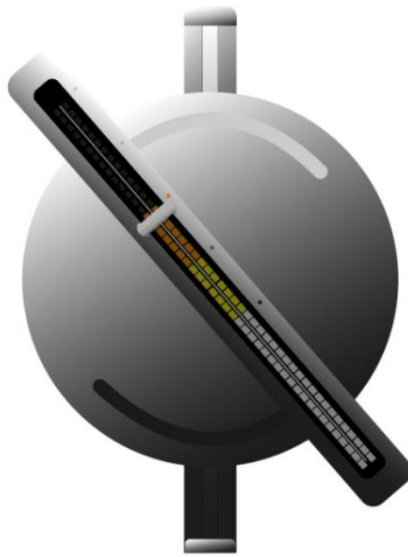


Figura 5. Alternativa final del diseño del producto. El brazo giratorio cuenta con guías para su manipulación.

Después de varias modificaciones (las diferentes alternativas de la idea se pueden ver en el *Apéndice J*) se llegó a una alternativa final que mantenía un diseño mucho más sencillo y cómodo para no saturar de información a los usuarios (ver **Figura 5**).

Este diseño, consta de una base redonda que permite cambiar el ángulo e incluso cambiar su sentido, por lo que permite usar ambos brazos para ejercicios, lo que brinda la posibilidad de usarlo con las dos extremidades superiores sin ocupar mucho espacio. El brazo, a su vez, consta de un sistema de luces LED internas que guían a la persona por los diferentes rangos, que, como se mencionó anteriormente, se adapta a la apertura del brazo de diferentes personas e incluso le indican al paciente cuando debe sostener la posición con el mango (al final de cada nivel habrá un estiramiento durante 10 segundos).

Durante la reunión con los diferentes profesionales, se indicó que este tipo de estiramiento es con el fin de tener cierta “relajación” de los músculos durante el ejercicio. Además de esto, se implementarían ayudas auditivas que se activarán con las actividades del brazo y tendrían sonidos para cada parte de la rutina, los cuales se accionan con el cambio de rango. Este diseño fue finalmente el seleccionado por los desarrolladores del proyecto, realizando maquetas y pruebas de verificación para asegurarse de que fuera ergonómico y que cumpliera con las expectativas propuestas en los requerimientos del producto.

5.7. Revisión técnica

Una vez el diseño fue escogido se procedió a realizar revisiones de concepto, pues esta idea debía de contar con las medidas antropométricas correctas, verificando el cumplimiento de los requerimientos del diseño.

Este primer modelo fue hecho de cartón paja, así mismo, simplificando algunas de las funciones, como cambiando las luces por los colores y utilizando materiales más convencionales; no obstante, aportaron a los objetivos de la verificación, en este caso con el usuario primario, que fueron:

- El modelo se adaptó a diferentes antropometrías con respecto al rango del brazo.
- El empleo de los colores elegidos para las luces, fueron atractivos visualmente.
- Se tomaron notas con respecto al contexto y posibles factores a considerar.

Una vez se contó con el modelo, se llevó a cabo una pequeña prueba con tres personas con EP escogidas en el área metropolitana, para la verificación de los ítems anteriores (ver **Figuras 6**).



***Figura 6.** Evidencias fotográficas de la primera prueba con el modelo de papel. De izquierda a derecha. Modificación de alcance y ángulo del brazo del modelo.*

Durante esta primera prueba (ver **Figura 6**) se pudo notar que la persona debido al estado avanzado de su enfermedad en conjunto con otras morbilidades no podía realizar los ejercicios de pie, por lo cual fue un factor a considerar. En el mercado existen objetos que permiten graduar la altura de los diferentes dispositivos. Con esta persona, además, se pudo notar que los colores (los cuales reemplazan donde deberían estar las luces) eran muy efectivos, a pesar de que su diagnóstico y su condición no le permitían llegar más allá de cierto rango (el primero que corresponde al blanco), se podía ver un intento de poder avanzar a los otros.



Figura 7. Evidencias durante la segunda prueba con el modelo de papel.

Se pudo evidenciar con el segundo paciente, que el modelo era de lenguaje de uso sencillo, lo único que la mayoría de personas necesitaban era una pequeña corrección del sentido de la mano con respecto al brazo del modelo (ver **Figura 7**), después su objetivo era buscar la manera más fácil de desarrollar la actividad (evitar el empleo de la mano contraria para realizar el movimiento cruzado).

Esta variaba dependiendo del sentido del ángulo; sin embargo, se notó que quizá las medidas actuales del brazo debían ser ampliadas. Aunque para personas de baja y media estatura (percentil 5 y 50) era ideal, si la persona era de una estatura más alta entonces no se daba una completa flexión del brazo como ocurrió con el tercer paciente.



Figura 8. Evidencias durante la tercera prueba con el modelo de papel. De izquierda a derecha. Modificación de alcance y ángulo del brazo del modelo.

*Se observó con una de las personas de mayor altura que presentaba un problema con respecto al largo del brazo (ver **figura 8**), por eso se decidió ampliar la longitud del recorrido (amplitud del rango). ver **apéndice K**.*

5.8. Evaluación de conceptos con profesionales

Durante este proceso de evaluación del prototipo se estableció contacto con una profesora de la escuela de Fisioterapia de la Universidad Industrial de Santander, Lida Diaz. Ella pudo observar la extensión del proyecto, objetivos y alcances, así mismo como dar su opinión sobre los diseños propuestos y modelos construidos (ver **figura 9**).



Figura 9. Presentación de los conceptos.

Durante la reunión la profesora Lida, ella recalcó la importancia de que el dispositivo no se limitara solo al movimiento uniplanar (ver **Figura 10**); ya que no se podría dar uso para las personas con Parkinson, puesto que necesitan que el movimiento sea más parecido a las actividades que se realizan para poder dar mantenimiento a los miembros superiores (como el cepillarse, comer, peinarse, quitarse la camisa).

Para esto se emplea el movimiento en diagonal. Así, se facilita el dimensionamiento en dos planos, contrario al movimiento uniplanar de muchas de las máquinas existentes en el mercado. Asimismo, se podría incluir un tercer plano de trabajo, ya que el componente funcional tiene tanto desplazamiento como rotación (en este caso, el mango que recorre el brazo del artefacto presentado en la **Figura 11**), y ayuda a trabajar los ángulos medios, generando un patrón de movimiento mucho más avanzado que podría trabajar todos los músculos del cuerpo, por lo que sería mucho más efectivo.

Dentro del análisis, se reconoció la importancia de ubicar el cuerpo con ángulos de entrada, ya que esta posición puede permitir una mejor flexión del codo a la hora de realizar ejercicios, buscando que el dispositivo permite entrenar con ejercicios de la diagonal 1 y la diagonal 2 (ver **figura 10**); siendo la diagonal 1 la más utilizada en los movimientos para la realización de actividades de la vida diaria de una persona, puesto que su flexión hace que sean muy comunes en cualquier tarea.



Figura 10. Explicación de movimientos uniplanares en conjunto a las diagonales tipo 1 y 2.

De acuerdo con la explicación respecto a la flexión del codo para mejorar el fin terapéutico del prototipo, se realizó una modificación al mango (ver **Figura 11**), permitiendo realizar cierta rotación en la mano sin afectarla, permitiendo así un movimiento en el 3er plano.



Figura 11. Estructura preliminar del mango inicial y final.

5.9. Modelo funcional

Se elaboró un modelo funcional que permitiera verificar el cumplimiento de requerimientos con los especialistas (ver **Figuras 17 y 18**), específicamente la parte compuesta por los componentes electrónicos que conforman el sistema de estímulos audiovisuales y su desempeño según la forma en que se plantearon.

Se emplearon materiales (madera) que pudieran soportar el peso generado por el sistema eléctrico y el brazo rotativo, para que no afectará la integridad del modelo ni el de la persona que interactúa con este.

Esta pieza (ver **Figura 12**), comprende el eje de giro para el brazo del prototipo (ver **Figura 13**) en conjunto con el sistema de graduación de los ángulos a 25°, 45°, 65°, 115°, 135° y 155°, mediante el uso de imanes distribuidos a lo largo de los dos carriles circulares (parte superior e inferior de la base). Así, fue posible acomodar el brazo del prototipo según el segmento del miembro superior a trabajar (brazo izquierdo o derecho),

al variar el sentido y orientación de los ángulos, pero siempre marcando la diagonal en ambas direcciones.



Figura 12. Base redonda con los ajustes de ángulos para el brazo.



Figura 13. Construcción del brazo y de los carriles internos.

Durante la construcción de este brazo, las piezas que conformaban el circuito *switch*, potenciómetro, *leds* y láser (ver **figura 14**), tuvieron fallas a lo largo de las pruebas.

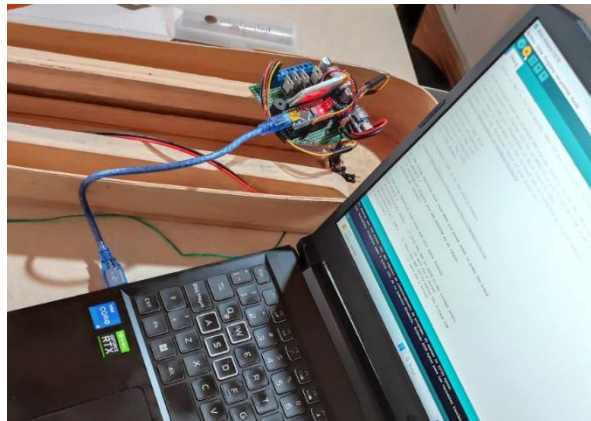


Figura 14. Programación del sistema interno de luces LED, sonidos y niveles.

Por ello, se evidenció el poco rango de error que permite tener el láser y considerando que la pieza donde se reflejaba este componente va sobre la parte de conforma el mango (ver **figura 15**).

Además, esta tiene contacto directo con el paciente, los cuales se caracterizan por presentar temblor de reposo. Debido a esta condición, junto con la dificultad de mover una pieza por la misma rigidez, este componente crearía conflictos para tener una adecuada solución de diseño que permita el correcto funcionamiento del sistema eléctrico, del cual se basa en la parte audiovisual que busca estimular una respuesta motora en la persona con EP.



Figura 15. Mango con la superficie de reflejo para el láser.

No obstante, se replanteó el diagrama de flujo (ver **figura 16**) que esta parte va a realizar:

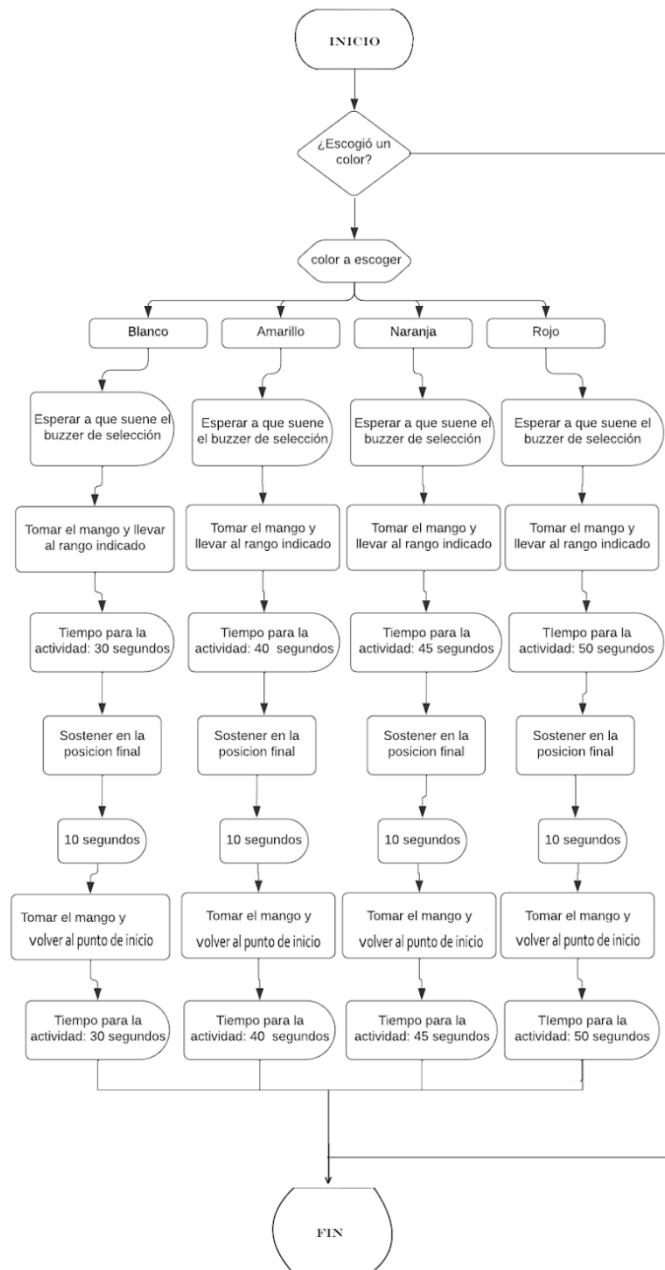


Figura 16. Diagrama de flujo.

Para el primer rango compuesto por un sistema de luces blancas, la persona tiene que tratar de llegar a la medida máxima de la sección en un tiempo de un

máximo de 30 segundos, esto después del sonido que emite el comienzo del ciclo.

Las luces comienzan a su vez a titilar.

Luego el paciente tiene 10 segundos de estiramiento, donde la luz estará estática junto con sonidos constantes mientras se encuentra en esta posición, para finalizar con 30 segundos para volver a la posición inicial, para después volver a comenzar la actividad.

En el segundo nivel, la misma secuencia mencionada, sólo que consta de 40 segundos para tratar de llegar a la medida máxima de la sección.

Para el tercer rango de color naranja pasa del mismo modo, pero con 45 segundos de movimiento. Finalmente, el ultimo nivel de color Rojo consta de 50 segundos.

El estiramiento siempre consta de 10 segundos en toda la variedad de rangos. La repetición de los ciclos depende del fisioterapeuta y lo avanzado del estadio de EP.

La pieza final (ver **Figuras 17 y 18**) consta también de una regleta que tendrá el brazo en la cara frontal para ver el avance de la persona a lo largo de la actividad, de esta manera el profesional puede medir el progreso del paciente.



Figura 17. Ensamblaje preliminar del modelo.



Figura 18. Prototipo funcional junto a las estudiantes y la profesional Zully Rincón.

6. Quinta fase: Evaluar

6.1. Prueba final con profesionales

Al finalizar la construcción del modelo funcional, fue necesario llevar a cabo una revisión del mismo junto a los profesionales del área. Para esto se realizaron diferentes reuniones con dos fisioterapeutas, Zully Rincón y Daniela Becerra

A las profesionales se les mostró la digitalización de la idea (ver **Figuras 19 y 20**) que surgió a partir de la conceptualización de diferentes recomendaciones dadas por varios especialistas, versus el modelo funcional (ver **figura 18**) con el fin de verificar los requerimientos principales planteados para dar respuesta a la pregunta de diseño, permitiendo a las expertas da una opinión respecto a la eficacia en el cumplimiento de las funciones que se buscaron dar solución.

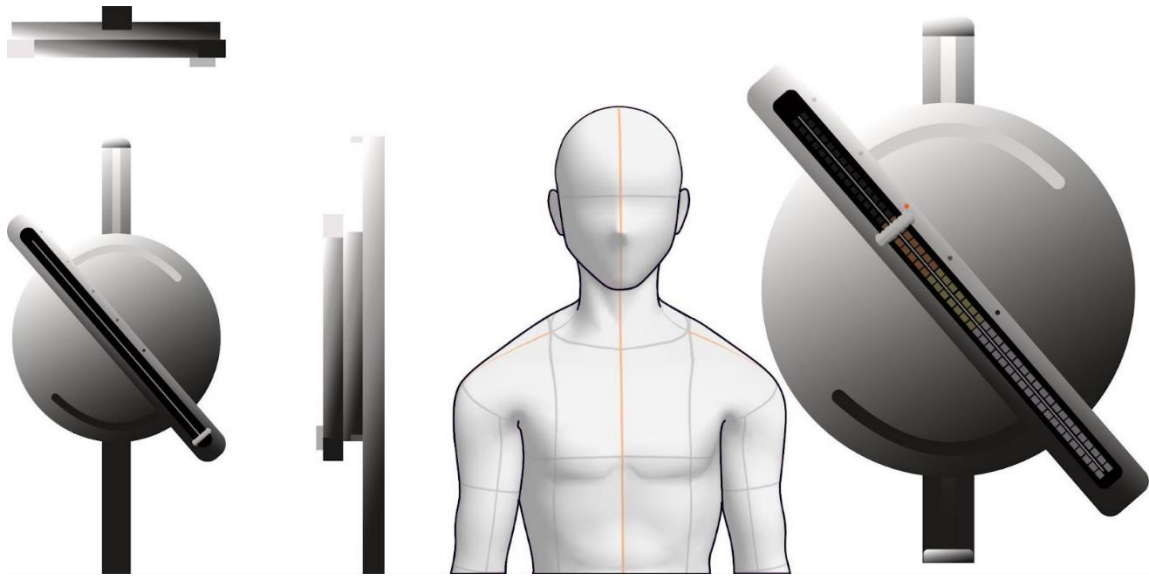


Figura 19. Digitalización de la alternativa final.

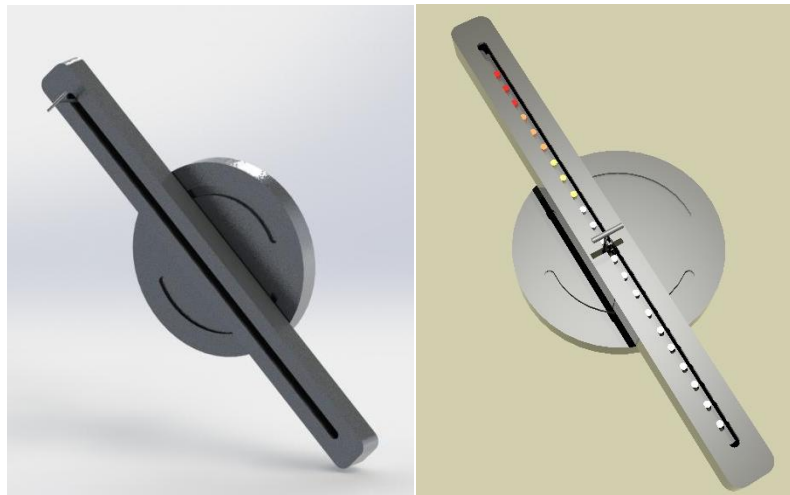


Figura 20. Modelo 3D de apariencia del prototipo final.

Primero se socializó la forma del dispositivo, las partes que lo componen y sus funciones (ver **Figuras 19 y 20**):

- Compuesto por una base circular que permite graduar los ángulos según el segmento corporal a usar (brazo derecho o izquierdo) con un eje de giro para la pieza del brazo, el cual contiene una variabilidad de rangos según la amplitud del arco del paciente.

- Evaluación de la funcionalidad de los componentes electrónicos y su influencia en las terapias dirigidas por el funcionario de la salud.
- Socializar los ejercicios que se tenía en mente realizar.

Durante la socialización de los ejercicios, se plantearon nuevas posibilidades que el producto permitiera ejercer, como movimientos de flexión, extensión, abducción y aducción, con rotación de tronco y cuello. Se buscó ajustar el producto a una regleta graduable, fija en la pared, para ajustar las alturas a preferencia del usuario. También se planteó una estructura de soporte del producto.

6.2. Evaluación de modelo final con profesionales

Con el modelo funcional listo, se procedió a llevar a cabo una evaluación con los profesionales, quienes tuvieron la oportunidad de verlo e interactuar con el mismo. Gracias a esto lo pudieron valorar basado en el método heurístico, que evalúa los principales requerimientos que se plantearon con el proyecto. Los principales hallazgos de esta actividad fueron recopilados en la **tabla 7**.

Tabla 7. Heurísticas del modelo final.

Heurísticas	Interpretación	Recomendación para diseño
Lenguaje de uso sencillo: el dispositivo debe permitir que el fisioterapeuta	Zully: El diseño es de lenguaje sencillo y se entiende con facilidad como se debe manipular el producto, aun así, sería bueno que se pudiera incluir una manera de ver los diferentes ejercicios disponibles para una persona.	Manual de uso que sea gráfico explicando a los ejercicios que se pueden realizar y cómo utilizar el mecanismo, junto con

<p>pueda manipular el producto.</p>	<p>Daniela: El lenguaje de diseño es sencillo, sin embargo, si hubiera la posibilidad de crear un manual de uso que sea muy gráfico puede mejorar todavía más el lenguaje de uso para los usuarios.</p>	<p>esquemas generales al pie del dispositivo.</p>
<p>Fácil adaptación, para ajustar el producto a las diferentes especificaciones de los usuarios primarios.</p>	<p>Zully: Los rangos se ven fáciles de ajustar y es ideal que tenga un rango amplio para las diferentes medidas de altura de una persona, en especial porque las opciones actuales tienen en cuenta el rango de amplitud de las medias para las personas mayores.</p> <hr/> <p>Daniela: Depende de donde se encuentre la persona, y no de donde se sostenga el objeto. Es bueno tener en cuenta que las variables de tamaño además permiten hacer uso de ejercicios más complejos para las personas que no sean de la estatura máxima.</p>	<p>Considerar la posibilidad de modificar el brazo para que pueda entrar al tercer plano, y dar mejores resultados para los ejercicios.</p>
<p>Guía de interacción generada por estímulos externos (audiovisuales): Respuesta que generan los</p>	<p>Zully: En la fisioterapia hay algo que se llama la sumación; la sumación temporal que significa que se aumenta la velocidad, es decir, el mismo estímulo muchas veces en el tiempo. Y la sumación espacial, que es donde se da un incremento en el estímulo de otros órganos de los sentidos. Ambas se pueden ver claramente en el prototipo, se puede observar lo auditivo, lo visual y el movimiento.</p>	<p>Crear una mayor variabilidad con los tiempos a usar, por niveles para aquellos que cumplen con la meta en el tiempo que fue planteado inicialmente.</p>

<p>estímulos en el paciente.</p>	<p>Daniela: Por lo que el Parkinson es una enfermedad neurológica, también se pierde mucha de la capacidad cognitiva por lo que estímulos visuales y auditivos suelen tener una mejor recepción en personas con EP, para ejercicios de sostener o de moverse. Incluso sale un poco del campo de la fisioterapia, pero es porque tiene un impacto grande en estas personas, no solo para realizar ejercicios. Quizás trabajar con otras opciones de tiempo, para cuando la persona con Parkinson logra cumplir la meta propuesta.</p>	
<p>Seguridad: Comprobación de que el producto es seguro de utilizar según las necesidades de los usuarios.</p>	<p>Zully: la única preocupación es la instalación, puesto que se necesita de una estructura de bastante estabilidad pues las personas con rigidez tienen mucha fuerza y esto puede generar accidentes.</p> <hr/> <p>Daniela: Lo mejor es tener el dispositivo en una superficie, para que sea más seguro a la hora de utilizar. Además de esto los imanes para ajustar el ángulo podrían ser un poco más seguros considerando el tamaño del dispositivo.</p>	<p>Se puede agregar seguros que brinden una mayor seguridad al paciente y fisioterapeuta para graduar las diferentes variables de los ángulos a trabajar.</p>

La transcripción de esta sesión de las entrevistas se puede ver en el *apéndice L*. Por otro lado, y a sugerencia de los especialistas se realizó un manual de uso con la prescripción de los ejercicios que se pueden realizar con el modelo, esto se puede ver en el *apéndice M*. cabe recalcar que este es realizado en base a la idea que se probó, más no teniendo en cuenta las recomendaciones que se presentan a continuación, en el documento.

- **Conclusiones**

Durante la interacción con las personas con Parkinson, a pensar de su condición, mostraban las dificultades que conlleva su morbilidad; y a pesar de su edad, estaban dispuestas a conocer y experimentar con nuevos objetos, siempre que estos no fueran pesados, con forma sencillas y delicadas, pero en especial con algún factor que llame su atención. En el caso del modelo de papel, ellos siempre buscaban alcanzar otras amplitudes para conocer las cintas de colores llevaba como simulación de las luces.

De acuerdo al análisis de la literatura, en conjunto a la experiencia por parte de los especialistas en base a parámetros empelados en sesiones de fisioterapia, se plantearon los requerimientos principales que responden a las necesidades que presentaría el modelo de acuerdo a factores de seguridad, lenguaje sencillo y fácil adaptación del producto a las diferentes especificaciones antropométricas de los usuarios primarios, guía de interacción genera por señales externas organizadas de acuerdo a mandos de fisioterapia y considerando estos, como estimulantes de la corteza cerebral.

Por lo mismo y debido a las limitaciones de acceso con los pacientes, se dispuso a realizar una evaluación exclusiva con los fisioterapeutas. De acuerdo con su experticia y teniendo en cuenta que, *son los profesionales encargados de este mantenimiento durante las sesiones, quienes mejor saben qué tipos de movimientos*

se deben realizar para estos ejercicios y como estos, influyen de manera positiva en el paciente. El modelo responde a las necesidades de terapia de reeducación motora en personas con Parkinson en fases tempranas, con el fin de mantener en óptimas condiciones el segmento corporal trabajado, establecido al concepto de Bobath. Sin embargo, se requeriría de un estudio de mayor extensión en el tiempo (entre 1 y 3 años) para poder apreciar los efectos del reaprendizaje motor generado por la terapia del dispositivo en estos pacientes, y compararlo con los objetos que se usan actualmente para tal fin. Por otro lado, se incluyó un sistema de medición en el brazo del dispositivo para ir evaluando la mitigación progresiva del síntoma, generado por la interacción de la persona con el modelo.

- **Recomendaciones**

- Cambiar los tiempos preestablecidos según el rango del arco de la siguiente manera:
 - Sección blanca con 20 segundos de movilidad del brazo.
 - Sección amarilla con 30 segundos.
 - sección naranja a 40 segundos.
 - finalmente, la roja en 50 segundos.
 - Considerar otro nivel para aquellas personas (tipo estadio I) que pueden llegar a cumplir con la meta en el tiempo establecido, es decir, llegar al final de dicho rango en los tiempos anteriores, por lo cual estos se reducirán.

- El prototipo contempla dos planos de trabajo, por lo cual debe realizarse una modificación a la forma del brazo para abarcar un tercer plano, y mejorar el enfoque terapéutico (el mango tiene una pequeña variación, pero para la flexión de codo).
- Debido a la complejidad que puede acarrear un movimiento cruzado en las personas se propone anexar movimientos uniplanares (a lo largo del eje X y Y) como ejes de práctica, antes de comenzar con estos otros ejercicios en las diagonales 1 y 2.
- Adaptar una base que contenga el sistema anclado a la pared, pero a su vez gradúe las diferentes alturas de los pacientes estando de pie como sentados.

- **Referencias bibliográficas**

- Brown, T. (2008). Design thinking. Harvard business review, América Latina. R0809N-E.
- Cochet, H. et al., (2000). Concepto Bobath y rehabilitación en neurología. *Kinesiterapia - Medicina Física. Volumen 21*; 1-15.
- Comité de Movimientos Anormales de la Asociación Colombiana de Neurología. (2019). Medicamentos utilizados en la enfermedad de Parkinson: guía práctica. Consenso de la Asociación Colombiana de Neurología sobre enfermedad de Parkinson.35(3), 75-79.
- Cuenca, R. (2021). Efectos de la aplicación de la Técnica de Rood en pacientes adultos con hemiplejía. Universidad Central del Ecuador.
- Chaurand, R., et al. (2007). Medidas antropométricas de la población latinoamericana. Universidad de Guadalajara.
- Goetz, C., et al. (2008). Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Scale presentation and clinometric testing results. *Movement Disorders*. 23(15), 2129-2170.
- Hernandez, T & Sarahí, I., (2017). Cinesiterapia activa asistida y tracción caudal, en Legg-Calvé-Perthes, en fase de fragmentación: Presentación de un caso clínico. *Universidad autónoma de puebla*.

- Hoehn, M., Yahr, M. (1967). Parkinsonism: onset, progression, and mortality. *Neurology*. 17(5):427-42. doi: 10.1212/wnl.17.5.427.
- López de la Fuente MJ. (2013) Teorías del control motor, principios de aprendizaje motor y concepto Bobath. A propósito de un caso en terapia ocupacional. *TOG (A Coruña)*.
- Meinel, C., Leifer, L., y Plattner, H. (2011) Plattner, H. *Design Thinking*. Springer Berlín, Heidelberg.
- Moore, K. L., Dalley, A. F., & Agur, A. M. R. (2014). *Clinically Oriented Anatomy* (7th ed.). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Moreno, C., y Cerquera, S. (2019). Tratamiento de las complicaciones motoras en la enfermedad de Parkinson. Consenso de la Asociación Colombiana de Neurología sobre enfermedad de Parkinson. 35(3), 19-27.
- Muñoz, E., Cano, R., y Miangolarra, J. (2013). Guías visuales como herramienta terapéutica en la enfermedad de Parkinson. Una revisión sistemática. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 48(4), 190-197.
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Enfermedad de Parkinson*.
- Paeth, B. (2006). *Experiencias con el concepto Bobath: fundamentos, tratamiento, casos*. Edición Médica Panamericana.
- Palacios, E., González, A., Vicuña, J., Villamizar, L. (2019). *Calidad de vida en los pacientes con enfermedad de Parkinson valorados en un hospital universitario de Bogotá, Colombia*. Sociedad Neurológica Argentina.

- Pastora, P., y Tolosa, E. (2001). La enfermedad de Parkinson: diagnóstico y avances en el conocimiento de la etiología y en el tratamiento. *Medicina integral*, 37(3), 104-111.
- Puente, V. (2019). Manejo de las complicaciones y efectos secundarios del tratamiento de parkinson. *Conoce el Parkinson*.
- Rey, M., Desojo, L., & Cuerda, R. (2017). Aplicaciones móviles en la enfermedad de Parkinson: una revisión sistemática. *Sociedad española de neurología*, 34(1). 38-54.
- Rodríguez, M. (2016). III Exploración Neurológica. Infomed. Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas.
- Rodríguez, M., & Cervantes, A. (2014). La escala unificada de la enfermedad de Parkinson modificada por la Sociedad de Trastornos del Movimiento (MDS-UPDRS): aplicación clínica e investigación. *Neurocién*. Vol. 19, No. 3: 157-163.
- Tolosa, E. (2012). Enfermedad de Parkinson y otros trastornos del movimiento. Sección XII, Neurología.
- Sami, A., Nutt, J., & Ransom B. (2004). Parkinson's Disease. *Lancet*. 363(9423):1783-93.
- Viñas, S. (2009). Estimulación sensorial rítmica (auditiva, visual, y somatosensorial) en la marcha de los enfermos de Parkinson, con episodios de bloqueos motores en "fin de dosis". Universidad de Coruña.