



TESIS

Universidad La Salle Noroeste

“DISPOSITIVO MECÁNICO NO INVASIVO COMO TRATAMIENTO PARA REDUCIR LOS MOVIMIENTOS INVOLUNTARIOS DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON”

Que para obtener el título de
Licenciatura en Ingeniería Biomédica

*con Reconocimiento de Validez Oficial No. 2007740
de fecha 19 de octubre de 2007*

presenta

Ana Karen Muñoz López

*Director de Contenido
Dr. Eusebio Jiménez López*

Ciudad Obregón, Sonora, México; mayo 2022

ULSA – Biblioteca
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México)

El uso para la reproducción parcial o total del contenido que sea objeto de protección de derechos de autor, se restringe para fines educativos e informativos, citando la fuente de donde se obtuvo y sus autores.

Sanciones pueden resultar aplicables en caso de lucro, reproducción, edición o modificación, sin la autorización del titular de los derechos.

DEDICATORIA

Soy la persona más afortunada del mundo por tener abuelos como tú, Tito. Este trabajo te lo dedico con todo mi corazón. Gracias por siempre apoyarme y ser un pilar muy importante en mi vida y mi formación. Espero haber contribuido en hacer un poco más sencilla tu vida actual. No menos importante, también se lo dedico a mis padres, ustedes que siempre han estado para mí en todo momento, que me han guiado por un buen camino, siendo el claro ejemplo de superación, humildad y sacrificio, por su inquebrantable apoyo y esfuerzo día con día, por creer en mí. Gracias a ustedes sé que puedo lograr lo que me proponga, los admiro, les agradezco toda la felicidad y la luz que le brindan a mi vida. Los amo.

AGRADECIMIENTOS

El camino hasta ahora no ha sido sencillo, por lo que, agradezco a mi familia por siempre darme su apoyo incondicional, por estar presente en mis mejores y peores momentos, en todas las etapas que han marcado mi vida y por sus enseñanzas de cada día, ustedes son lo más importante para mí. Gracias a las personas que estuvieron involucradas en todo el proceso de mi formación y compartieron su sabiduría conmigo. A mis amigos, maestros y mentores, en especial a mi asesor de tesis Dr. Eusebio Jiménez, por creer en mí en todo momento y alentarme, brindarme su tiempo, paciencia y conocimiento, usted ha sido mi mano derecha y me ha acompañado en este largo proceso convertido en realidad.

Finalmente, agradezco a la Universidad La Salle por darme la bienvenida al mundo laboral, por las oportunidades brindadas, las relaciones de amistad y compañerismo que construí y los valores inculcados.

Gracias infinitas a todos, tienen un lugar en mi corazón.

RESUMEN

La Enfermedad de Parkinson afecta a un gran porcentaje de la población adulta. Solamente en México se calcula que hay más de 230,000 pacientes diagnosticados. La Enfermedad de Parkinson ha sido posicionada en el lugar 20 de las principales causas de muerte en personas mayores de 65 años y, particularmente, afecta más a los hombres. Esta enfermedad puede ser tratada para ralentizar su progreso utilizando métodos farmacológicos y quirúrgicos. Sin embargo, estas técnicas son costosas y con efectos secundarios dañinos al paciente. En este trabajo de tesis se presenta una propuesta de un dispositivo no invasivo para reducir los movimientos indeseados de pacientes con la Enfermedad de Parkinson. La metodología utilizada fue el proceso de inventiva, la cual consiste en una lluvia de ideas, para posteriormente desarrollar la mejor de ellas. El dispositivo diseñado fue probado en un paciente y los resultados obtenidos fueron los siguientes: 1) Se disminuyeron los movimientos locales involuntarios de los dedos, 2) El paciente tuvo un mejor control de sus movimientos globales, de tal forma que pudo tomar objetos personales de manera satisfactoria y 3) El dispositivo resultó cómodo al paciente. Aunque el prototipo desarrollado fue probado con éxito al paciente, se requiere utilizar métodos de ingeniería para lograr un producto que pueda ser comercializado.

PALABRAS CLAVE: Enfermedad de Parkinson, inventiva, dispositivo mecánico.

ÍNDICE

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Antecedentes	11
1.1.1 Historia	11
1.1.2 Consecuencias y efectos de la Enfermedad de Parkinson	12
1.1.3 Tratamiento de la Enfermedad de Parkinson	12
1.2 Planteamiento del problema	13
1.3 Objetivos General y Específicos	14
1.3.1 Objetivo General	14
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 Justificación	15
1.5 Delimitaciones y Limitaciones	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Depresión	18
2.1.1 Definición	18
2.1.2 Relación con la Enfermedad de Parkinson	18
2.2 La Enfermedad de Parkinson	19
2.2.1 Causas de la Enfermedad de Parkinson	19
2.2.2 Fases	20
2.3 Tratamientos	21
2.3.1 Tratamientos para Enfermedad de Parkinson	21
2.4 Anatomía y fisiología de la mano	27
2.4.1 Esqueleto de la mano	27
2.4.2 Articulaciones	28
2.4.3 Músculos del antebrazo y de la muñeca	31
2.4.4 Nervios	36
2.5 Biomecánica	36
2.5.1 Planos anatómicos	37
2.5.2 Movimientos	38
2.5.3 Rangos de movimiento	41
2.5.4 Posición funcional de la muñeca y la mano	43
2.5.5 Patrones funcionales	44
2.6 Algunas consideraciones sobre la innovación tecnológica	46
2.7 Principal ley y reglamento para el fundamento del proceso de patentamiento en México	52
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	56
3.1 Tipo de Investigación	57

3.2	Diseño de Investigación	57
3.3	Hipótesis y Variables	57
3.3.1	Hipótesis de Investigación y Nula	57
3.3.2	Variables	58
3.4	Sujeto / Objeto de investigación.....	59
3.5	Técnicas e instrumentos	59
3.6	Materiales.....	59
3.7	Procedimiento.....	59
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		61
4.1	Situación del problema	62
4.2	Planteamiento de solución	63
4.3	Estudio de factibilidad.....	64
4.4	Propuesta de solución	65
4.4.1	Descripción formal del problema	65
4.4.2	Evidencia en video y fotográfica de problema de la mano del paciente	66
4.4.3	Caracterización y análisis de movimientos en video del paciente	72
4.4.4	Medición de las partes de la mano del paciente	73
4.4.5	Propuestas y bosquejo del diseño	79
4.4.6	Descripción de funcionamiento del diseño	83
4.4.7	Propuesta de materiales	88
4.4.8	Prototipo	89
4.5	Inventiva	91
4.6	Patente	93
4.6.1	Descripción	93
4.6.2	Descripción de la invención	94
4.6.3	Reivindicaciones.....	96
4.6.4	Resumen de la invención	97
4.6.5	Dibujos técnicos	97
4.7	Resultados de la Ingeniería	100
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		103
	Recomendaciones	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esqueleto de la mano, vista anterior y posterior.....	27
Figura 2. Articulaciones de los dedos	29
Figura 3. Palpación de la articulación interfalángica proximal.....	29
Figura 4. Palpación de la articulación interfalángica distal.....	30
Figura 5. Palpación de las articulaciones metacarpofalángicas.	30
Figura 6. Músculos del antebrazo que mueven la muñeca y los dedos, vista anterior superficial, intermedia y profunda.	31
Figura 7. Músculos del antebrazo que mueven la muñeca y los dedos, vista posterior superficial y profunda.....	32
Figura 8. Músculos de la palma que mueven los dedos.	34
Figura 9. Nervios de la mano.....	36
Figura 10. Planos Anatómicos del Cuerpo Humano.....	37
Figura 11. Caras de la palma.	37
Figura 12. Deslizamiento entre los intercarpianos.	38
Figura 13. Movimientos angulares de la mano.	39
Figura 14. Abducción y Aducción de mano y dedos (sin el pulgar).	40
Figura 15. Pronación y Supinación de la mano.....	40
Figura 16. Oponencia de la mano	41
Figura 17. Movilidades.....	43
Figura 18. Posición funcional de la mano.	44
Figura 19. Posiciones funcionales de la mano.....	45
Figura 20. Proceso de innovación tecnológica.	51
Figura 21. Mano en posición recargada por debajo	66
Figura 22. Mano en posición recargada por arriba.....	67
Figura 23. Mano en posición recargada por detrás.	67
Figura 24. Mano en posición recargada por el frente.	68
Figura 25. Mano en posición recargada por el lado de atrás.....	68
Figura 26. Mano en posición recargada por el lado de enfrente.....	68
Figura 27. Mano en posición arriba por enfrente.....	69
Figura 28. Mano en posición arriba por debajo.....	70
Figura 29. Mano en posición arriba por arriba.	70
Figura 30. Mano en posición arriba por el lado de enfrente.	70

Figura 31. Mano en posición arriba por el lado de atrás.....	71
Figura 32. Mano en posición arriba por atrás.	71
Figura 33. Longitudes de la mano consideradas para dimensionar las partes de los guantes. ...	73
Figura 34. Anchuras de la mano consideradas para dimensionar las partes de los guantes.....	75
Figura 35. Circunferencias de la mano consideradas para dimensionar las partes de los guantes.....	76
Figura 36. Ángulos de la mano real del paciente, tomando el plano frontal al tener en posición de reposo la mano y al estirla, así obteniendo sus tolerancias.....	78
Figura 37. GyroGlove	80
Figura 38. STAG	81
Figura 39. iGlove.....	82
Figura 40. Prototipo de dispositivo para minimizar los movimientos involuntarios del Parkinson	84
Figura 41. Pasos por seguir para la colocación del dispositivo en la mano.....	85
Figura 42. Vista frontal del dispositivo	86
Figura 43. Vista por detrás del dispositivo.....	87
Figura 44. Vista lateral del dispositivo mano hacia arriba	87
Figura 45. Vista lateral del dispositivo mano hacia abajo.....	88
Figura 46. Vista costados del dispositivo	88
Figura 47. Prototipo funcional para los requerimientos diseñado	90
Figura 48. Resultados del proceso de la inventiva	93
Figura 49. (Figura 1 de la patente) Configuración del dispositivo.....	98
Figura 50. (Figura 2 de la patente) Componentes del dispositivo	98
Figura 51. (Figura 3 de la patente) Mecanismo de sujeción de los dedos.....	99
Figura 52. (Figura 4 de la patente) Mecanismo de sujeción de los dedos.....	99
Figura 53. (Figura 5 de la patente) Mecanismo de flexión de la mano y dedos	100
Figura 54. Dispositivo personalizado para el paciente.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Medicamentos en base a dopamina	22
Tabla 2. Medicamentos Agonistas dopaminérgico	23
Tabla 3. Medicamentos Inhibidores de la mono-amino-oxidasa (IMAO).	24
Tabla 4. Medicamentos Inhibidores de la catecol-o-metil-transferasa (ICOMT).	24
Tabla 5. Medicamentos anticolinérgicos.....	25
Tabla 6. Músculos del antebrazo, origen, inserción, acción, inervación.....	33
Tabla 7. Músculos de la mano, su origen, inserción, acción e inervación.....	35
Tabla 8. Valores normales para la amplitud de movimiento de las articulaciones.....	42
Tabla 9. Extracto de la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial.	52
Tabla 10. Variables de la investigación	58
Tabla 11. Costos generales de los diferentes tipos de tratamientos contra la Enfermedad de Parkinson	65
Tabla 12. Códigos y nombre de las variables de la Figura 33.....	74
Tabla 13. Resultados de las mediciones conforme a sus códigos según la Figura 33	74
Tabla 14. Códigos y nombre de las variables de la Figura 34	75
Tabla 15. Resultados de las mediciones conforme a sus códigos según la Figura 34.....	76
Tabla 16. Códigos y nombre de las variables de la Figura 35.....	77
Tabla 17. Resultados de las mediciones conforme a sus códigos según la Figura 35	77
Tabla 18. Códigos y nombre de las variables de la Figura 36	78
Tabla 19. Resultados de las mediciones conforme a sus códigos según la Figura 36.....	79
Tabla 20. Antecedentes de una invención	94
Tabla 21. Descripción de la invención.....	95
Tabla 22. Reivindicaciones	96
Tabla 23. Resumen de la invención.....	97
Tabla 24. Resultados de satisfacción del paciente.....	101

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo se lleva a cabo lo que es una introducción al tema que se va a investigar, en donde se desarrolla un apartado de antecedentes, que contiene información externa necesaria de conocer para poder comprender al cien por ciento los diferentes temas tratados a lo largo del trabajo. También incluye una sección en la cual se plantea el problema y se define específicamente la pregunta a contestar con esta investigación. Se encuentra un apartado donde se define un objetivo general y algunos objetivos específicos que se esperan cumplir al finalizar el trabajo. De igual manera incluye un sector de justificación, que es donde se explica el motivo por el cual se realiza la investigación y las delimitaciones presentadas.

1.1 Antecedentes

1.1.1 Historia

La enfermedad de Parkinson es un trastorno neurodegenerativo que afecta al Sistema nervioso central y esto provoca síntomas motores como temblores, así como síntomas no motores o premotores como la depresión. Es crónica e incurable y afecta de diferente manera a cada paciente.

Su nombre proviene de James Parkinson, quien fue un farmacéutico y cirujano que nació el 11 de abril de 1755 en Londres. Hizo múltiples contribuciones a la literatura médica y escribió sobre muchos temas como los efectos de la descarga eléctrica, la fiebre tifoidea; elaboró una guía para estudiantes de medicina llamada “The Hospital Pupil”, entre muchas cosas más. En 1817 a los 62 años, escribió su monografía “An Essay on the Shaking Palsy”, donde en su ensayo de 66 páginas divididas en cinco capítulos, describe con claridad varios síntomas de la enfermedad que hoy lleva su nombre.

James Parkinson inicia el primer capítulo de su ensayo en 1817 de la siguiente manera: “Movimiento involuntario es tremulante con disminución parcial de la potencia muscular, en parte, no durante la acción, y aun apoyado, con una tendencia a inclinar el tronco hacia adelante, y a pasar de un paso de marcha al de correr. Los sentidos y el intelecto permanecen intactos”.

“An Essay on the Shaking Palsy” dio pie a que otros investigadores y científicos estudiaran el tema. Parkinson estudió y denunció seis casos en su propia práctica. Seis décadas después, Jean Martin Charcot, fue el primer en reconocer la importancia del trabajo de Parkinson, donde él y sus estudiantes describieron el espectro clínico y encontraron dos tipos, el escenario del temblor y el escenario de la rigidez, donde también describieron con detalle que la comprobación cambia en un paciente.

En 1880, Guillermo Gowers describió su experiencia personal con 80 pacientes en su “manual de enfermedades del sistema nervioso”, donde detalló las deformidades más comunes y determinó que los hombres eran más propensos a la enfermedad. Se siguió con investigaciones y tratamientos, donde en 1910 la dopamina fue sintetizada por G. Barger, y la enzima decarboxilasa de la dopa fue descubierta por J. Ewins. En 1961 Birkmayer inyectó levodopa intravenosa por primera vez en pacientes con Parkinson, demostrando que aumentan la disponibilidad y actividades de la dopamina, por lo que los pacientes se benefician en poder realizar actividades fácilmente.

1.1.2 Consecuencias y efectos de la Enfermedad de Parkinson

Cuando se padece de esta enfermedad, es posible que se presenten algunas complicaciones, y aunque al principio estas puedan parecer leves, por lo general estas se van agravando conforme el paso del tiempo y el progreso de la enfermedad. Algunas de las complicaciones que se pudieran presentar son:

Motrices: temblores, bradicinesia, rigidez muscular, alteración de la postura y el equilibrio, pérdida de los movimientos automáticos, cambios en la escritura, problemas para masticar y comer, problemas para tragar, problemas con la vejiga y estreñimiento.

Psicológicos: dificultad para pensar, depresión y cambios emocionales, problemas para dormir y trastornos del sueño.

Otros: cambios en la presión arterial, disfunción del olfato, cansancio y disfunción sexual.

1.1.3 Tratamiento de la Enfermedad de Parkinson

Hoy en día la enfermedad de Parkinson aún no tiene cura, pero si puede ser controlada hasta cierto punto y de manera eficaz, con tratamientos que tienen la intención de moderar los síntomas para que la persona con esta enfermedad pueda sentirse lo más sana posible. Estos tratamientos pueden ser dados mediante fármacos “antiparkinsonianos”, los cuales se deben ingerir de por vida, volviendo a la persona dependiente de ellos para poder llevar una vida normal, o también está la opción de realizar una intervención quirúrgica reversible, donde se implantan unos electrodos que estimulan profundamente al cerebro, controlando así los síntomas de la enfermedad. Como sabemos, la enfermedad de Parkinson es causada por un déficit de dopamina por parte de nuestro cerebro, el cual es el responsable de su producción, por lo que los fármacos que se utilizan para tratar esta condición no son más que sustitutos de esta sustancia química, o en algunos casos estimulantes de receptores dopaminérgicos, inhibidores de enzimas que degradan la dopamina, entre otros casos. Por mencionar algunos, está la levodopa, que es un medicamento que se transforma en dopamina al ingresarse al organismo y atravesar la barrera hematoencefálica, en las terminales dopaminérgicas mediante la dopa-descarboxilasa. Lo negativo de este medicamento es que su eficacia tiene un límite, a partir de aproximadamente 5 a 7 años de su consumo, este comienza a presentar complicaciones motoras como los fenómenos on/off, deterioro de dosis, off matutino, discinesias de diferentes tipos, etc. También podemos encontrar

medicamentos neuro protectores que no tienen la función como tal de sustituir la dopamina, pero sí de “proteger” a este neurotransmisor. Por ejemplo, los agonistas dopaminérgicos, que estimulan los receptores dopaminérgicos del paciente, los inhibidores de mono-amino-oxidasa, que como su nombre lo indica, inhiben esta enzima que es la encargada de degradar la dopamina en el cerebro, o los inhibidores de catecol-o-metil-transferasa, que inhiben a otra enzima que también se encarga de degradar este neurotransmisor. Otro medicamento de este tipo es el medicamento anticolinérgico, que inhibe la actividad un neurotransmisor llamado acetilcolina, que tiene efectos contrarios a los de la dopamina. Por otro lado, tenemos los tratamientos quirúrgicos de esta enfermedad, en donde encontramos tratamientos irreversibles, que consisten en lesionar quirúrgicamente algunos núcleos cerebrales que funcionan de manera exagerada, para la disminución de los síntomas de la Enfermedad de Parkinson (cabe mencionar que esta técnica ya no se utiliza en la actualidad), o los tratamientos reversibles, que consisten en la estimulación eléctrica de estos núcleos, sin causar daño alguno en ellos. Existe otro tipo de medicamento para los síntomas no motores, ya que esta enfermedad puede traer consecuencias psicológicas graves que deben ser tratadas. Para ello se utilizan medicamentos como benzodiazepinas para tratar problemas de insomnio, antidepresivos, anticolinesterásicos para los síntomas de alucinaciones y delirios, neurolépticos para tratar problemas psicóticos que trae esta enfermedad, y la toxina botulínica, que se utiliza para tratar la sialorrea y para problemas musculares como lo es la distonía, que es la contracción involuntaria y prolongada se la musculatura que pueden padecer algunos pacientes. Mas adelante se explicará con más a detalle estos diferentes tipos de tratamientos farmacológicos y quirúrgicos a los que debe someterse un paciente con Enfermedad de Parkinson, y algunas consecuencias que estos pudieran traer.

1.2 Planteamiento del problema

Más de 7 millones de personas en el mundo padecen de la enfermedad de Parkinson. Si esta tendencia continúa, la enfermedad de Parkinson podría ser la enfermedad grave más común en el mundo para el 2040, según la Universidad Autónoma de México. “En México no hay cifras oficiales sobre la prevalencia del mal de Parkinson, pero según el IMSS, hay una incidencia de 40 a 50 personas por cada 100 mil habitantes, aproximadamente 50 mil personas con este mal en el país. Según la Organización Mundial de la Salud, los casos de esta enfermedad aumentarán en los próximos años debido al envejecimiento de la población y al incremento en la esperanza de vida a nivel global, con lo que para 2040 podría colocarse como la enfermedad grave más común.

La Secretaría de Salud señala que el mal de Parkinson se presenta cada vez a menor edad, y sus síntomas van desde el insomnio o la hiposmia (disminución de la precepción olfatoria), el estreñimiento y los trastornos del sueño. Después de los síntomas iniciales, se pueden pasar a otros más visibles de aspecto motor, como presencia de temblor en la mitad del cuerpo, movimientos lentos, rigidez muscular incluso en reposo, disminución de la velocidad al caminar, y falta de balanceo de los brazos. Los afectados por esta enfermedad suelen tener entre 55 y 65 años, aunque el padecimiento es más común en adultos mayores de 65 años (70%), cerca de 15% de los afectados no rebasan los 50 años. Sin embargo, se han reportado casos en personas de 30 a 40 años.

Por otra parte, los trastornos depresivos son comunes en paciente con Enfermedad de Parkinson. Se estima que en esta población la depresión ocurre con frecuencia con una prevalencia estimada del 30% al 40%. Desafortunadamente, solo el 20% de todos los pacientes con EP deprimidos reciben tratamiento por su estado psicológico, según un artículo llamado “Depression in Parkinson’s disease: Health risks, etiology and treatment options”, por Pasquale G, Joan C, Nancy F y Harriet R.

Si la depresión no se trata, existe un mayor riesgo de mayor discapacidad y menor calidad de vida (Edwards et al 2002). Este síntoma ha demostrado ser determinante en el deterioro de vida de los pacientes y el resultado es su empeoramiento cognitivo y su estado funcional, que podría causar la muerte.

Por consiguiente, planteamos la siguiente pregunta para el propósito de esta investigación:

¿Qué beneficios obtendrían los pacientes con Enfermedad de Parkinson si se les diseñara un dispositivo mecánico no invasivo para la reducción de movimientos locales y control de movimientos globales?

1.3 Objetivos General y Específicos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un dispositivo mecánico no invasivo, utilizando un proceso de inventiva y principios ergonómicos de la mano, para disminuir los movimientos no deseados en pacientes con la enfermedad de Parkinson.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Investigar la información sobre la Enfermedad de Parkinson y sus efectos sobre el movimiento involuntario.
2. Investigar distintos tipos de guantes enfocados en la Enfermedad de Parkinson.
3. Analizar los movimientos involuntarios y voluntarios del paciente, utilizando una cámara fotográfica y de video.
4. Realizar el proceso de inventiva.
5. Construir un prototipo.
6. Probar en el paciente el dispositivo.

1.4 Justificación

El desarrollo del prototipo beneficiará a aquellos pacientes con Enfermedad de Parkinson, que presentan movimientos no deseados en su mano y dedos, ya que podrán observar que con la ayuda del dispositivo los movimientos involuntarios se reducirán a tal grado que puedan realizar actividades cotidianas.

Una de las características que requieren ser tomadas en cuenta para el bienestar psicológico, es la parte emocional de los pacientes que padecen esta enfermedad, pues los movimientos involuntarios les producen depresión, ansiedad, incapacidad, mal humor, desesperación, entre otros síntomas negativos. El dispositivo que se plantea desarrollar va orientado a reducir los efectos psicológicos negativos del paciente.

Una vez desarrollado y probado el dispositivo, no solo el paciente se podrá ver beneficiado, si no también, otras comunidades de personas que padecen este problema podrán usar el guante para mejorar su calidad de vida.

Finalmente, también se verán beneficiados los alumnos de Biomédica de la Universidad La Salle Noroeste, ya que el trabajo de investigación podrá ser la base para la enseñanza de la inventiva y para desarrollar prototipos médicos.

1.5 Delimitaciones y Limitaciones

Las delimitaciones de este trabajo son las siguientes:

- Solo se desarrollará un dispositivo para minimizar los movimientos indeseados del paciente considerando aspectos sencillos y de bajo costo.
- Se muestra solo el proceso de la patentización, por lo que en lugar de poner dibujos como lo marca el manual de la patente, se usarán fotografías.
- No se presenta la ingeniería del producto, ya que lo que se busca es una idea funcional del dispositivo.

Las limitaciones son:

- Las pruebas se desarrollaron en la casa del paciente.
- El tiempo de desarrollo del dispositivo fue de un año aproximadamente.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describen las definiciones y conceptos relacionados con la presente investigación, particularmente relacionados con la Enfermedad de Parkinson y el proceso de inventiva.

2.1 Depresión

2.1.1 Definición

Trastorno del estado de ánimo que genera angustia y afecta a la forma de sentir, pensar y coordinar las actividades diarias, como dormir, trabajar, comer (NIH,2016). Las señales o síntomas con los que se puede identificar este trastorno son: sentimientos de pesimismo o falta de esperanza, pérdida de interés o placer en actividades y pasatiempos, pérdida de energía, cambios en el peso y apetito, inquietudes, pensamientos de muerte o suicidio, sentimientos persistentes de tristeza, ansiedad o vacío, dolores y molestias, entre otros.

Los dos tipos más frecuentes de depresión son:

- Depresión mayor (o grave): las personas presentan síntomas de depresión la mayor parte del día, casi todos los días, y tiene una duración de por lo menos dos semanas, los cuales interfieren con su capacidad para realizar sus actividades cotidianas. Es frecuente tener varios episodios, aunque es posible que se presente solo un episodio de depresión mayor en su vida.
- Trastorno depresivo persistente (distimia): las personas presentan síntomas de depresión con una duración de por lo menos dos años. Es posible que la persona tenga episodios de depresión mayor junto con periodos de síntomas menos graves.

Las personas mayores con depresión pueden tener síntomas menos evidentes o incluso menos propensos a aceptar que presentan y sienten tristeza. Por su edad son propensos a tener trastornos médicos o problemas de salud, lo que muchas veces contribuye a la depresión.

2.1.2 Relación con la Enfermedad de Parkinson

La depresión es más frecuente de lo que se piensa, se manifiesta desde el 20% según Gothan (1986), y al 90% de acuerdo con Cummings (1992) en pacientes con enfermedad de Parkinson (EP). Es muy común la presencia de un estado de ánimo bajo.

La cuarta parte de los pacientes que presentan depresión comienza hasta dos años antes del diagnóstico de la EP. Esta depresión suele ser de leve a moderada, y con una tasa de suicidio baja, pero la depresión mayor se da en el 25% de los casos (Castro, et al. 2004).

2.2 La Enfermedad de Parkinson

2.2.1 *Causas de la Enfermedad de Parkinson*

Esta enfermedad se presenta cuando se mueren o dañan las neuronas en el cerebro. Muchas áreas se ven afectadas, pero la más común es perder células nerviosas en un área cerca de la base del cerebro conocida como sustancia negra, al igual que la pérdida de células productoras de dopamina. La dopamina es un mensajero químico que se encarga de transmitir señales entre la sustancia negra y el cuerpo estriado para producir movimientos deliberados y uniformes. Esta pérdida produce patrones anormales de activación nerviosa dentro del cerebro que causan deterioro del movimiento.

Sus causas no son desconocidas, y esto hace que la búsqueda de tratamientos efectivos sea difícil. A lo largo de los años se ha identificado que la Enfermedad de Parkinson es parcialmente genética. Los científicos creen que algunos genes pueden ser causantes de esta enfermedad, los cuales son un foco importante de investigación, pero aun así son probabilidades bajas que algún familiar pueda contraer este trastorno genéticamente.

La exposición a virus, productos tóxicos, bacterias, entre otras cosas han causado ciertos síntomas parkinsonianos, y se ha especulado acerca del vínculo entre el uso de pesticidas y germicidas causen esta patología.

Otra causa que se le toma importancia son a los productores de energía de célula llamados mitocondrias, ya que son las moléculas que dañan a proteínas, el ADN, membranas y otras partes de la célula. Todos estos factores varían de persona a persona.

La Enfermedad de Parkinson es el segundo trastorno neurodegenerativo más común relacionado con la edad, después del Alzheimer, y afecta aproximadamente el 3% de la población a la edad de 65 años y hasta el 5% de las personas mayores de 85 años. Los hombres son más propensos a desarrollar esta enfermedad, tienen el doble riesgo, a diferencia de las mujeres, pero ellas experimentan una progresión más rápida de la enfermedad y la tasa de supervivencia es más baja. Sin embargo, alrededor del 5 al 10 por ciento de las personas con enfermedad de Parkinson tiene una enfermedad de inicio temprano y comienza antes de los 50 años.

"Los resultados de investigaciones recientes sugieren que el sexo biológico también afecta los factores de riesgo de enfermedad y, potencialmente, los mecanismos moleculares

implicados en la patogénesis de la EP", explicó Fabio Blandini, Director Científico de la Fundación IRCCS Mondino, Instituto Nacional de Neurología, Pavía, Italia.

Los síntomas motores surgen más tarde en las mujeres, como el temblor que se asocia con caídas y síndromes de dolor más severos con rigidez reducida, riesgo Elevado de complicaciones motoras relacionadas con la levodopa, inestabilidad postural.

Los problemas de postura son más graves en los hombres, así como el tener peores capacidades cognitivas, y tienen mayor riesgo de desarrollar camptocormia, que es la flexión severa hacia adelante anormal del tronco al caminar o al estar de pie.

2.2.2 Fases

La enfermedad de Parkinson suele tener una evolución lenta por lo cual se clasifica en cinco fases en las que los síntomas se van agravando poco a poco:

- **Fase I:** los síntomas se detectan por familiares o personas cercanas al paciente, mientras que la persona afectada comienza a tener algunos ligeros movimientos en alguna parte del cuerpo, también puede arrastrar los pies al caminar y sentir rigidez.
- **Fase II:** los síntomas comienzan a afectar a otros lados del cuerpo, el paciente tiene dificultades para caminar, el equilibrio se altera.
- **Fase III:** el paciente realiza movimientos muy lentos, tiene dificultad para mantener el equilibrio, se inclina hacia delante, no es capaz de caminar recto, pero es físicamente independiente.
- **Fase IV:** se acentúan los síntomas anteriores, el paciente camina con mucha dificultad, ya no puede realizar algunas actividades cotidianas por sí mismo, necesita ayuda de otra persona. Bradicinesia.
- **Fase V:** el paciente permanece inmóvil y necesita de una persona que lo atienda 24 horas al día ya que no es capaz de realizar ninguna actividad por sí mismo.

2.3 Tratamientos

2.3.1 *Tratamientos para Enfermedad de Parkinson*

Existen dos formas principales de tratar la enfermedad de Parkinson: de manera Farmacológica o de manera quirúrgica.

2.3.1.1. Tratamiento Farmacológico

a) Síntomas motores

Medicamentos a base de dopamina:

En los años 60 se comenzó a utilizar una sustancia denominada levodopa en pacientes con la enfermedad de Parkinson, debido a que esta sustancia se transforma en dopamina al llegar al cerebro. Toda medicina que aporta levodopa al organismo puede suplir el déficit dopaminérgico, por lo que va a llevar al organismo a mejorar en el sistema locomotor. Esto fue un gran avance en la medicina y un gran descubrimiento en el tratamiento para esta enfermedad. Este medicamento tiene la capacidad de atravesar la barrera hematoencefálica y transformarse en dopamina, en las terminales dopaminérgicas, mediante la dopa-descarboxilasa. La asociación de levodopa y de un inhibidor de la dopa-descarboxilasa periférica (carbidopa o benseracida) nos asegura que el 80% de este precursor se alcance a realizar en el Cerebro. Es importante que la levodopa se degrade a dopamina ahí, ya que, de no ser así, se pueden sufrir efectos secundarios del medicamento, por lo que es muy común, como se mencionó anteriormente, añadir un inhibidor periférico de dopa-descarboxilas (carbidopa o benseracida), ya que esta enzima va a incrementar el tiempo de la levodopa en el plasma, y va a evitar la degradación de la levodopa a dopamina en la sangre, así, esta va a poder realizar su degradación cuando llegue al cerebro. Lo negativo de estos medicamentos es que su eficacia tiene un límite, a partir de aproximadamente 5 a 7 años de su consumo, este comienza a presentar complicaciones motoras como lo son:

- Fenómenos ON/OFF (Encendido/Apagado): Los síntomas de la enfermedad de Parkinson aparecen y desaparecen de manera muy agresiva. El medicamento deja de funcionar repentinamente y luego vuelve a hacer efecto.
- OFF Matutino: El medicamento tarda en hacer efecto al tomar la primera dosis del día, por lo que los síntomas pueden presentarse durante gran parte de la mañana.

- Deterioro de dosis: El medicamento disminuye su efecto en el paciente.
- Discinesias: Son movimientos totalmente involuntarios y anormales. Suelen darse durante el máximo o nulo del efecto de la levodopa. Las discinesias pueden clasificarse en:
 - ✓ Discinesias de beneficio de dosis: Coinciden con el pico del efecto de dosis de levodopa y con el periodo de mejor movimiento.
 - ✓ Discinesias bifásicas: Se presentan al inicio y/o al final del efecto de la levodopa, y suelen ser movimientos rítmicos y alternantes en las extremidades inferiores.
 - ✓ Disonía en off: Aparece al mismo tiempo que el fin del efecto de la dosis de levodopa o antes de suministrar la primera dosis del medicamento. Se presentan como contracciones involuntarias y sostenidas de la musculatura, que pueden ser dolorosas.

El deterioro de estos movimientos puede ser retrasado al disminuir la dosis del medicamento, pero esto va a generar un aumento en los síntomas de la Enfermedad de Parkinson.

La levodopa también trae efectos secundarios en su consumo, como lo son la hipotensión, las náuseas y vómitos, depresión, insomnio, demencia, alucinaciones, estreñimiento, hipo y edema.

Tabla 1. Medicamentos en base a dopamina. Fuente: García, (2019)

Composición química	Nombre comercial
Levodopa + Carbidopa	Sinemet Normal®, Sinemet retard®, Sinemet Plus®, Sinemet Plus retard®
Levodopa + Benserazida	Madopar®, Madopar Retard®
Levodopa+ Carbidopa + Entacapone	Stalevo®

b) Neuroprotectores

Agonistas dopaminérgicos

Este tipo de medicamento estimula los receptores dopaminérgicos y además tiene actividad sobre otros sistemas neuroquímicos, los cuales hacen efecto en la mejoría de otros síntomas no motores como lo es la depresión. Muchos neurólogos retrasan lo más que se pueda el consumo de la levodopa en sus pacientes con la enfermedad de Parkinson, por los efectos secundarios de esta, y las consecuencias que trae cuando deja de hacer efecto en el cuerpo del paciente. Por lo que se utilizan antagonistas dopaminérgicos en pacientes con nivel de enfermedad bajo, para regular y controlar sus síntomas sin necesidad de utilizar la levodopa. Aunque los antagonistas dopaminérgicos no produzcan tantas complicaciones como la levodopa, aun así, si presentan inconvenientes a largo plazo, como complicaciones motoras, y además son menos eficaces contra los síntomas de la enfermedad de Parkinson.

Lo que hace este fármaco es estimular los receptores de dopamina, lo que permite controlar las fluctuaciones que presenta el sistema motor de un paciente con enfermedad de Parkinson. Sin embargo, sus efectos secundarios son muy parecidos a los de la levodopa, incluso más frecuentes. Algunos efectos secundarios por mencionar son las náuseas y vomito, hipotensión ortostática, mareo, y los derivados de la estimulación cerebral como las alucinaciones y la demencia.

Tabla 2. Medicamentos Agonistas dopaminérgico. Fuente: García, (2019)

Composición química	Nombre comercial
Ropirinol	Requip®
Pramipexol	Mirapexin®
Rotigotina	Neupro®
Apomorfina	Apo-go PEN®

Inhibidores de la mono-amino-oxidasa (IMAO)

Como su nombre nos lo indica, este medicamento tiene un efecto de inhibición sobre una enzima llamada mono-amino-oxidasa, que es la encargada de degradar el neurotransmisor de dopamina. De esta manera se mantiene activa la dopamina por más tiempo en el cerebro, y su efecto mejora levemente los síntomas de la enfermedad de Parkinson. Estos fármacos tienen muy pocos efectos secundarios, pero puede aumentar los efectos secundarios de la levodopa si se administran al mismo tiempo. Actualmente

se comercializan tres fármacos inhibidores de mono-amino-oxidasa: inhibidores de la catecol-o-metil-transferasa

Tabla 3. Medicamentos Inhibidores de la mono-amino-oxidasa (IMAO). Fuente: García, (2019)

Composición química	Nombre comercial
Selegilina	Plurimen®
Rasagilina	Azilect®
Safinamida	Xadago®

Inhibidores de la catecol-o-metil-transferasa (ICOMT)

De igual manera, como su nombre nos lo indican, inhiben a otra enzima que también se encarga de degradar a la dopamina, llamada catecol-o-metil-transferasa. Este fármaco siempre debe ser administrado con levodopa, ya que solo no tiene ningún efecto. Controla levemente los síntomas de la enfermedad de Parkinson, y esto permite en algunas ocasiones reducir la dosis de levodopa. Los efectos secundarios de la levodopa pueden aumentar al ingerir ambos fármacos juntos.

Hay tres tipos de Inhibidores de catecol-o-metil-transferasa:

Tabla 4. Medicamentos Inhibidores de la catecol-o-metil-transferasa (ICOMT). Fuente: García, (2019)

Composición química	Nombre comercial
Entacapone	Comtan®
Tolcapone	Tasmar®
Opicapone	Ongentys®

Medicamentos anticolinérgicos

Estos medicamentos inhiben la actividad un neurotransmisor, llamado acetilcolina, que tiene efectos contrarios a los de la dopamina. Tienen eficacia sobre los temblores, un poco de eficacia sobre la rigidez, y su eficacia sobre la bradicinesia es casi nula. Este

medicamento tiene numerosos efectos secundarios como la vista borrosa, estreñimiento, pérdida de memoria, sequedad de boca, ginecomastia, edema y desorientación, por lo que es mayormente administrado en pacientes jóvenes que presentan temblores o distonía, ya que, por motivo de los efectos secundarios, los adultos mayores prefieren no consumir este medicamento.

Tabla 5. Medicamentos anticolinérgicos. Fuente: García, (2019)

Composición química	Nombre comercial
Trihexifenidilo	Artane®, Artane retard®
Prociclidina	Kemadren
Biperideno	Akineton®, Akineton retard®

2.3.1.2. Tratamiento Quirúrgico

Para este tipo de tratamiento, hay que estudiar muy bien al paciente, tiene que pasar por una serie de pruebas rigurosas para poder ser candidato a una cirugía de este grado. No más del 20% son buenos candidatos para una intervención quirúrgica de este grado. Las técnicas existentes de este método son:

a) Irreversibles

Este método consiste en lesionar quirúrgicamente algunos núcleos cerebrales para la disminución de los síntomas de la Enfermedad de Parkinson, núcleos que funcionan de manera exagerada en este padecimiento. De esta manera se reducen entonces temblores excesivos, rigidez y discinesias importantes como secuelas del medicamento de la levodopa. Cabe mencionar que este método prácticamente ya no se practica ni se utiliza en la actualidad.

b) Reversibles

Este método se basa en la estimulación eléctrica y profunda de algunos núcleos del cerebro, sin causarles ningún daño. Esto se realiza a través de la implantación de electrodos en específicas zonas del cerebro, estos electrodos van a ser activados y van a estimular eléctricamente algunas zonas clave en el cerebro, controlando los síntomas de la enfermedad de Parkinson. El núcleo que se estimula con más frecuencia es el subtálamo, aunque también puede realizarse este método en el globo pálido. Para poder ser candidato para este tratamiento, debes ser menor a 70 años, padecer de falta de

eficacia y control por parte de los medicamentos, no debes tener complicaciones neuropsiquiátricas ni padecer demencia. Este método tiene efecto en los síntomas con respuesta a tratamientos dopaminérgicos, como lo son los temblores, la acinesia y la rigidez, además de que reduce las discinesias. Se debe tomar en cuenta que es una cirugía de alto riesgo, ya que involucra al cerebro.

2.3.1.3. Tratamiento de los síntomas no motores

Recordemos que las consecuencias de este padecimiento no solo son motoras, sino que el paciente que sufre esta enfermedad puede caer en un estado de depresión fatal debido a la pérdida de independencia, desmotivación, ansiedad, problemas de sueño, puede sufrir alucinaciones y demencia, entre otras. Algunos medicamentos que pueden ayudar a tratar estos otros síntomas son:

a) Benzodiazepinas

Estos fármacos psicóticos actúan sobre el sistema nervioso central, con efectos hipnóticos, sedantes y ansiolíticos para poder tratar los problemas de insomnio y ansiedad del paciente.

b) Antidepresivos

Los inhibidores de la recaptación de serotonina (ISRS), o los inhibidores de la recaptación de serotonina/noradrenalina son los más utilizados en la enfermedad de Parkinson. Son utilizados para tratar la depresión y ansiedad.

c) Anticolinesterásicos

Estos medicamentos inhiben la recaptación de acetilcolina, el neurotransmisor con función opuesta a la dopamina, aumentando su concentración en el cerebro. Se utiliza para tratar síntomas como alucinaciones y delirios, sin embargo, tienen algunos efectos secundarios como náuseas y vomito, confusión y aumentar el temblor.

d) Neurolépticos

Estos medicamentos tienen un efecto antidopaminérgico que permite controlar los síntomas psicóticos que aparecen en la enfermedad de Parkinson, sin embargo, como son antidopaminérgicos y el problema principal de la enfermedad de Parkinson es el déficit de dopamina, prácticamente estaríamos contra arrestando un medicamento con otro. Este medicamento produce parkinsonismo.

e) Toxina botulínica

Se utiliza para tratar la sialorrea, inyectándola a las glándulas salivares. Además, se usa para el tratamiento de distonía, que es la contracción involuntaria y prolongada de la musculatura, que pueden padecer algunos pacientes.

2.4 Anatomía y fisiología de la mano

2.4.1 Esqueleto de la mano

La mano es una parte del cuerpo humano que va desde la muñeca hasta la punta de los dedos, está compuesta por huesos carpianos, que se localizan en la región proximal; metacarpianos, localizados en la región intermedia y por último las falanges, localizadas en la región distal. Además de estar acompañada de los huesos del antebrazo, radio y cúbito.

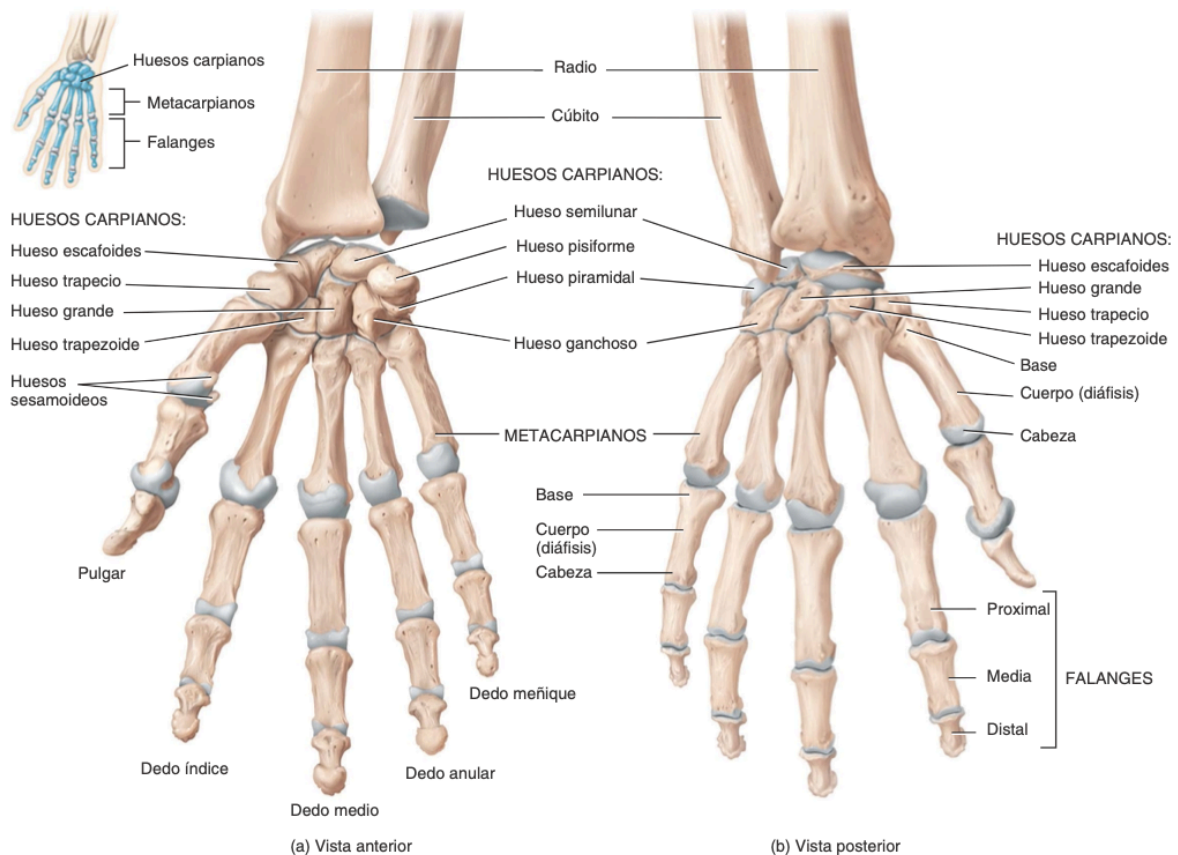


Figura 1. Esqueleto de la mano, vista anterior y posterior. Fuente: Tortora, G. J., & Derrickson, B., (2010): "Principios de Anatomía y Fisiología"

Huesos carpianos

Son ocho huesos unidos por ligamentos, los cuales forman la muñeca, de ahí su nombre “carpo”, que es la región proximal de la mano. Se dividen en dos filas de cuatro huesos cada una.

Huesos de la fila proximal, plano lateral al medial:

- Escafoides
- Piramidal
- Semilunar
- Pisiforme

Huesos de la fila distal, plano lateral al medial:

- Trapezoide
- Trapecio
- Hueso grande
- Hueso Ganchoso

Huesos metacarpianos

Los conforman cinco huesos en donde cada uno tiene una base proximal, cuerpo intermedio y una cabeza distal. El metacarpo se refiere a la palma, y es la región intermedia de la mano. Para numerarse se comienza del pulgar, siendo este el I o I, y terminando con el meñique, V o V.

Falanges

Son los huesos de los dedos, conformada por 14 falanges en los cinco dedos. Su numeración es igual que la de los huesos metacarpianos del 1 al 5, comenzando por el pulgar y cada uno tiene cabeza distal, base proximal y cuerpo intermedio, excepto el pulgar, ya que este solamente tiene dos falanges: proximal y distal. La primera fila es la proximal, la segunda fila es la media, y la tercera la distal.

2.4.2 Articulaciones

Las articulaciones que conforman la mano son: interfalángicas proximales y distales, y articulaciones metacarpofalángicas.

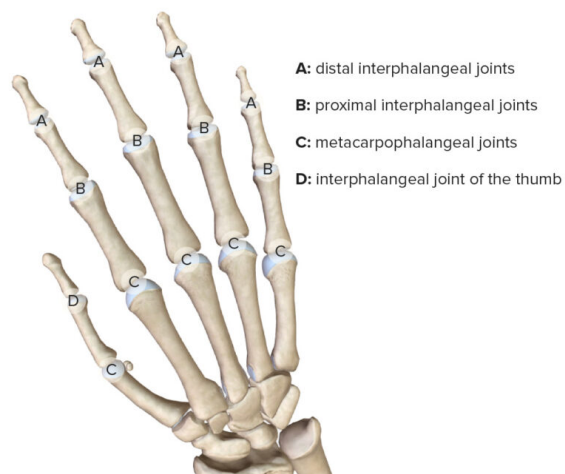


Figura 2. Articulaciones de los dedos. Fuente: Lecturio(2022),obtenido de: <https://www.lecturio.com/es/concepts/mano/>

Interfalángicas

Son del tipo bisagra entre las falanges de los dedos, las cuales tienen como función la flexión y extensión de la mano y dedos.

Las proximales solo se encuentran en los últimos cuatro dedos, ya que el pulgar solo cuenta con una articulación interfalángica. Poseen un sistema de ligamento de bloqueo de la hiperextensión articular, el cual se forma por fibras longitudinales y cruzadas que se sitúan en la cara palmar de la articulación. Estas articulaciones se palpan distalmente a las articulaciones metacarpofalángicas de los dedos (Angulo, Méndez y Fuentes, 2011).

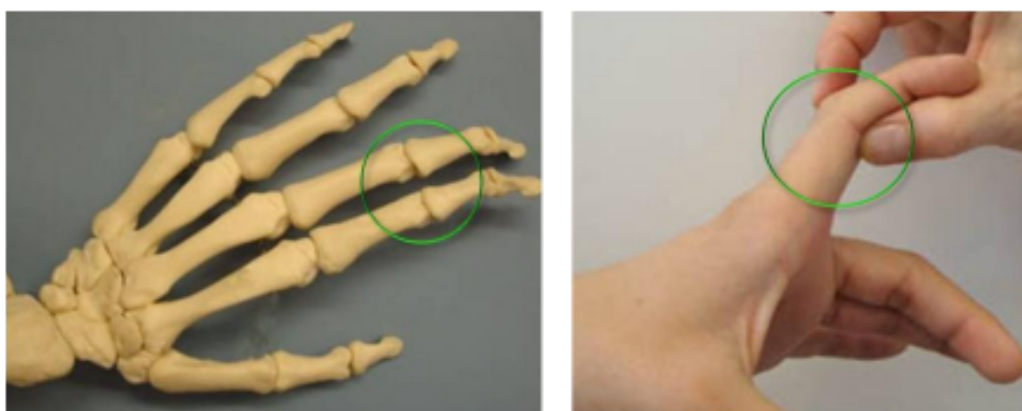


Figura 3. Palpación de la articulación interfalángica proximal. Fuente: Angulo, Méndez y Fuentes (2011).

Las distales se establecen entre la cabeza de la segunda falange y la base de la falange distal. Suelen tener un fibrocartílago articular pequeño en la cara palmar y la base distal. Palpadas en la base de las uñas (Angulo, Méndez y Fuentes, 2011).



Figura 4. Palpación de la articulación interfalángica distal. Fuente: Angulo, Méndez y Fuentes (2011).

Metacarpofalángicas

Son las articulaciones encargadas de conectar los metacarpianos con los dedos. En el pulgar la articulación es tipo bisagra que va desde la cabeza del primer metacarpiano y extremo proximal de la falange proximal, teniendo las funciones de flexión y extensión. Del segundo al quinto dedo, son del tipo elipsoidales, teniendo como funciones la flexión, extensión, aducción y abducción.

Son características por presentar una desproporción, ya que la cabeza del metacarpiano es más grande que el tamaño de la base de la falange con la que se articula. Los metacarpianos de la mano se palpan en situación distal entre los nudillos de los dedos y las falanges proximales (Angulo, Méndez y Fuentes, 2011).

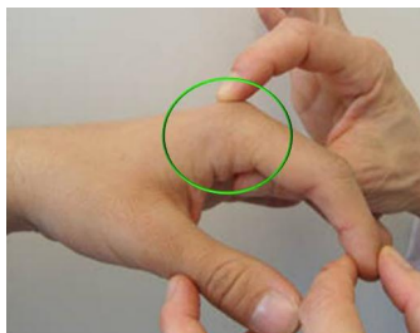


Figura 5. Palpación de las articulaciones metacarpofalángicas. Fuente: Angulo, Méndez y Fuentes (2011).

2.4.3 Músculos del antebrazo y de la muñeca

Antebrazo

Los músculos del antebrazo se encargan del movimiento de la muñeca, la mano y los dedos. Se dividen en músculos del compartimiento anterior: flexor, superficial y profundo, y el compartimiento posterior: extensor, superficial y profundo. Las Figuras 6 y 7 mostrarán los músculos del antebrazo que mueven la muñeca, mano, pulgar y dedos.

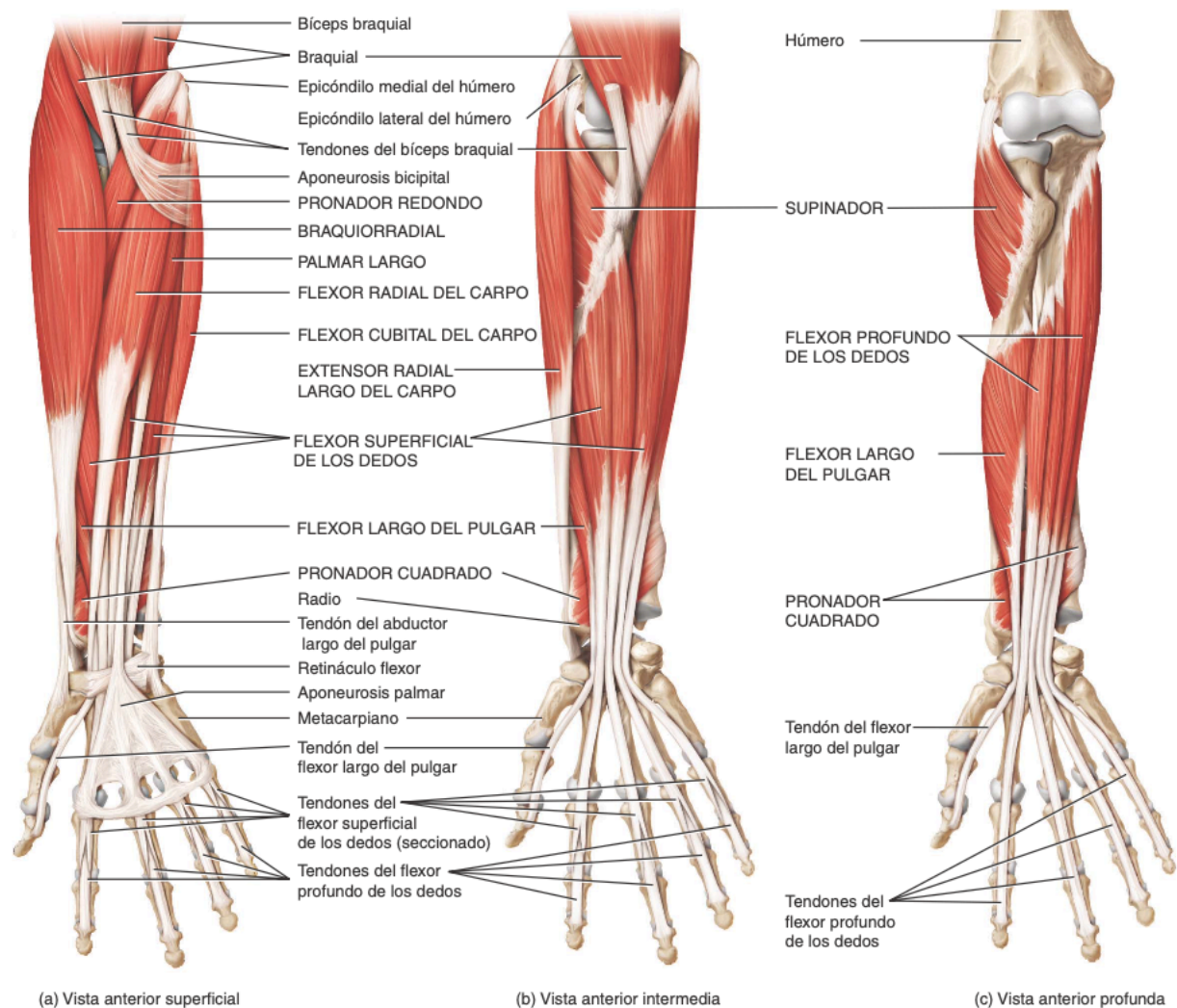


Figura 6. Músculos del antebrazo que mueven la muñeca y los dedos, vista anterior superficial, intermedia y profunda. Fuente: Tortora, G. J., & Derrickson, B., 2010: "Principios de Anatomía y Fisiología"

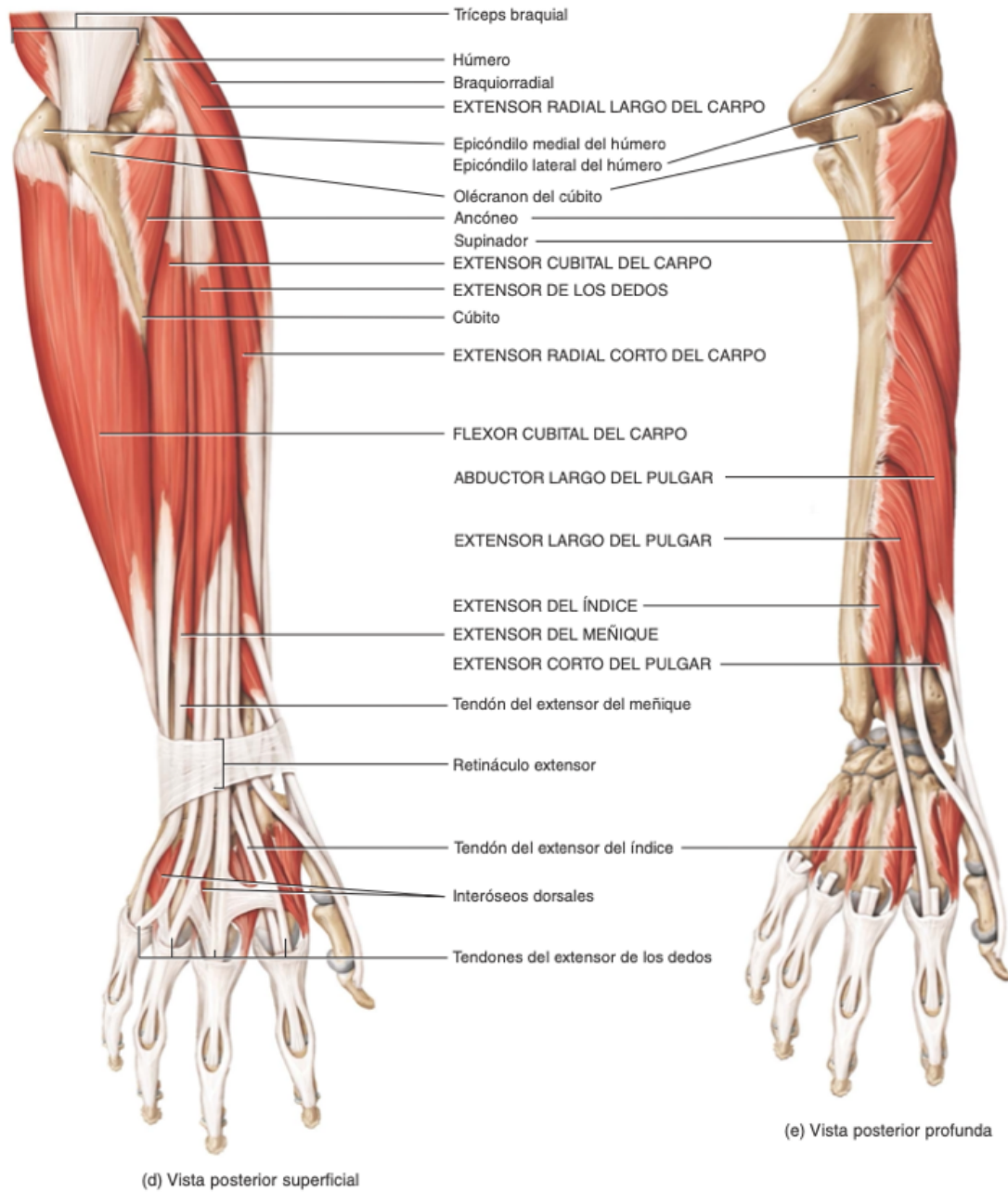


Figura 7. Músculos del antebrazo que mueven la muñeca y los dedos, vista posterior superficial y profunda. Tortora, G. J., & Derrickson, B., 2010: “Principios de Anatomía y Fisiología”

A continuación, en la Tabla 6 se explicarán los músculos del antebrazo, su origen, inserción, acción e inervación.

Tabla 6. Músculos del antebrazo, origen, inserción, acción, inervación. Fuente: Tortora, G. J., & Derrickson, B.(2010): “Principios de Anatomía y Fisiología”

MÚSCULO	ORIGEN	INSERCIÓN	ACCIÓN	INERVACIÓN
COMPARTIMIENTO ANTERIOR (FLEXOR) SUPERFICIAL DEL ANTEBRAZO				
Flexor radial del carpo (flexor-, reduce el ángulo en una articulación: -carpo, muñeca)	Epicóndilo medial del húmero.	Segundo y tercer metacarpianos.	Flexiona y abduce la mano (desviación radial) en la articulación de la muñeca.	Nervio mediano.
Palmar largo	Epicóndilo medial del húmero.	Retináculo flexor y aponeurosis palmar (fascia del centro de la palma).	Flexiona débilmente la mano en la articulación de la muñeca.	Nervio mediano.
Flexor cubital del carpo	Epicóndilo medial del húmero y borde posterosuperior del cúbito.	Pisiforme, hueso ganchoso y base del quinto metacarpiano.	Flexiona y aduce la mano (desviación cubital) en la articulación de la muñeca.	Nervio cubital.
Flexor superficial de los dedos	Epicóndilo medial del húmero, apófisis coronoides del cúbito y cresta a lo largo del borde lateral o la superficie anterior del radio (línea oblicua anterior) del radio.	Falange media de cada dedo.*	Flexiona la falange media de cada dedo en la articulación interfalángica proximal, la falange proximal de cada dedo en la articulación metacarpofalángica y la mano en la articulación de la muñeca.	Nervio mediano.
COMPARTIMIENTO ANTERIOR (FLEXOR) PROFUNDO DEL ANTEBRAZO				
Flexor largo del pulgar	Superficie anterior del radio y membrana interósea (lámina de tejido fibroso que mantiene unidos los cuerpos del cúbito y del radio).	Base de la falange distal del pulgar.	Flexiona la falange distal del pulgar en la articulación interfalángica.	Nervio mediano.
Flexor profundo de los dedos	Superficie anteromedial del cuerpo del cúbito.	Base de la falange distal de cada dedo.	Flexiona las falanges distal y media de cada dedo en las articulaciones interfalángicas, la falange proximal de cada dedo en la articulación metacarpofalángica y la mano en la articulación de la muñeca.	Nervios mediano y cubital.
COMPARTIMIENTO POSTERIOR (EXTENSOR) SUPERFICIAL DEL ANTEBRAZO				
Extensor radial largo del carpo (extensor-, aumenta el ángulo en una articulación)	Cresta supracondilea lateral del húmero.	Segundo metacarpiano.	Extiende y abduce la mano en la articulación de la muñeca (desviación cubital).	Nervio radial.
Extensor radial corto del carpo	Epicóndilo lateral del húmero.	Tercer metacarpiano.	Extiende y abduce la mano en la articulación de la muñeca.	Nervio radial.
Extensor de los dedos	Epicóndilo lateral del húmero.	Falanges distal y media de cada dedo.	Extiende las falanges distal y media de cada dedo en las articulaciones interfalángicas, la falange proximal de cada dedo en la articulación metacarpofalángica y la mano en la articulación de la muñeca.	Nervio radial.
Extensor del meñique	Epicóndilo lateral del húmero.	Tendón del extensor de los dedos de la quinta falange.	Extiende la falange proximal del meñique en la articulación metacarpofalángica y la mano en la articulación de la muñeca.	Nervio radial, ramo profundo.
Extensor cubital del carpo	Epicóndilo lateral del húmero y borde posterior del cúbito.	Quinto metacarpiano.	Extiende y aduce la mano en la articulación de la muñeca (desviación cubital).	Nervio radial, ramo profundo.
COMPARTIMIENTO POSTERIOR (EXTENSOR) PROFUNDO DEL ANTEBRAZO				
Abductor largo del pulgar (abductor-, aleja el dedo de la línea media)	Superficie posterior de la parte media del radio y el cúbito, y membrana interósea.	Primer metacarpiano.	Abduce y extiende el pulgar en la articulación carpometacarpiana y abduce la mano en la articulación de la muñeca.	Nervio radial, ramo profundo.
Extensor corto del pulgar	Superficie posterior de la parte media del radio y membrana interósea.	Base de la falange proximal del pulgar.	Extiende la falange proximal del pulgar en la articulación metacarpofalángica, el primer metacarpiano del pulgar en la articulación carpometacarpiana y la mano en la articulación de la muñeca.	Nervio radial, ramo profundo.
Extensor largo del pulgar	Superficie posterior de la parte media del cúbito y membrana interósea.	Base de la falange distal del pulgar.	Extiende la falange distal del pulgar en la articulación interfalángica, extiende el primer metacarpiano del pulgar en la articulación carpometacarpiana y abduce la mano en la articulación de la muñeca.	Nervio radial, ramo profundo.
Extensor del índice	Superficie posterior del cúbito y membrana interósea.	Tendón del extensor de los dedos del dedo índice.	Extiende las falanges distal y media del dedo índice en las articulaciones interfalángicas, la falange proximal del dedo índice en la articulación metacarpofalángica y la mano en la articulación de la muñeca.	Nervio radial, ramo profundo.

Mano

Los músculos intrínsecos, localizados en la palma, son los encargados de mover los dedos, de movimientos complejos, precisos, débiles. Sus orígenes e inserciones se encuentran dentro de la mano, por lo que su nombre es denominado de esa manera.

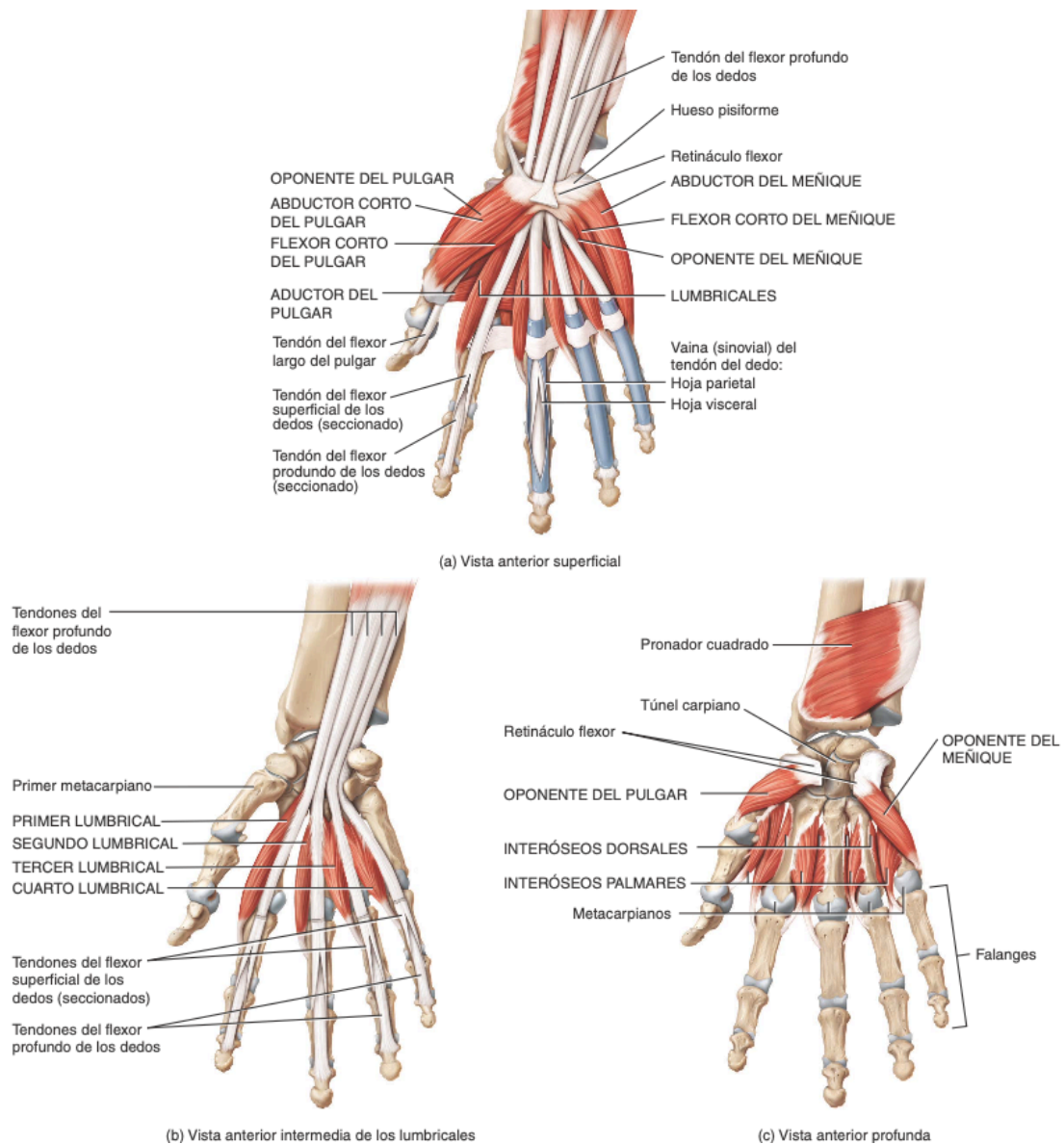


Figura 8. Músculos de la palma que mueven los dedos. Fuente: Tortora, G. J., & Derrickson, B.(2010): "Principios de Anatomía y Fisiología"

Se dividen en tres grupos:

- Tenares: abductor corto del pulgar, oponente del pulgar y flexor corto del pulgar.

- Hipotenares: abductor meñique, flexor corto del meñique y oponente del meñique.
- Intermedios: lumbricales, interóseos palmares y dorsales.

A continuación, se muestra la Tabla 7, que indica los músculos de la mano, su origen, inserción, acción e inervación.

Tabla 7. Músculos de la mano, su origen, inserción, acción e inervación. Tortora, G. J., & Derrickson, B.(2010): “Principios de Anatomía y Fisiología”.

MÚSCULO	ORIGEN	INSERCIÓN	ACCIÓN	INERVIACIÓN
TENARES (REGIÓN LATERAL DE LA PALMA)				
Abductor corto del pulgar (<i>abductor-</i> , aleja el dedo de la línea media)	Retináculo flexor, escafoides y trapecio.	Borde lateral de la falange proximal del pulgar.	Abduce el pulgar en la articulación carpometacarpiana.	Nervio mediano.
Oponente del pulgar	Retináculo flexor y trapecio.	Borde lateral del primer metacarpiano (pulgar).	Mueve el pulgar a través de la palma para que se encuentre con cualquier dedo (oposición) en la articulación carpometacarpiana.	Nervio mediano.
Flexor corto del pulgar	Retináculo flexor, trapecio, hueso grande y trapecoide.	Borde lateral de la falange proximal del pulgar.	Flexiona el pulgar en las articulaciones carpometacarpiana y metacarpofalángica.	Nervios mediano y cubital.
Aductor del pulgar (<i>adductor-</i> , acerca el dedo a la línea media)	La cabeza oblicua se origina en el hueso grande y en el segundo y tercer metacarpianos. La cabeza transversa se origina en el tercer metacarpiano.	Borde medial de la falange proximal del pulgar, por medio de un tendón que contiene un hueso sesamoideo.	Aduce el pulgar en las articulaciones carpometacarpiana y metacarpofalángica.	Nervio cubital.
HIPOTENARES (REGIÓN MEDIAL DE LA PALMA)				
Abductor del meñique	Pisiforme y tendón del flexor cubital del carpo.	Borde medial de la falange proximal del meñique.	Abduce y flexiona el meñique en la articulación metacarpofalángica.	Nervio cubital.
Flexor corto del meñique	Retináculo flexor y hueso ganchoso.	Borde medial de la falange proximal del meñique.	Flexiona el meñique en las articulaciones carpometacarpiana y metacarpofalángica.	Nervio cubital.
Oponente del meñique	Retináculo flexor y hueso ganchoso.	Borde medial del quinto metacarpiano (meñique).	Mueve el meñique a través de la palma para que se encuentre con el pulgar (oposición) en la articulación carpometacarpiana.	Nervio cubital.
INTERMEDIOS (MEDIOPALMARES)				
Lumbricales (<i>lumbric-</i> , lombriz) (cuatro músculos)	Bordes laterales de los tendones y del flexor profundo de los dedos de cada dedo.	Bordes laterales de los tendones del extensor de los dedos en las falanges proximales de cada dedo.	Flexiona cada dedo en las articulaciones metacarpofalángicas y extiende cada dedo en las articulaciones interfalángicas.	Nervios mediano y cubital.
Interóseos palmares (tres músculos)	Bordes de los cuerpos de los metacarpianos de todos los dedos (excepto el del medio).	Bordes de las bases de las falanges proximales de todos los dedos (excepto el del medio).	Aduce y flexiona cada dedo (excepto el del medio) en las articulaciones metacarpofalángicas y extiende estos dedos en las articulaciones interfalángicas.	Nervio cubital.
Interóseos dorsales (cuatro músculos)	Bordes adyacentes de los metacarpianos.	Falange proximal de cada dedo.	Abduce los dedos 2-4 en las articulaciones metacarpofalángicas, flexiona los dedos 2-4 en las articulaciones metacarpofalángicas y extiende cada dedo en las articulaciones interfalángicas.	Nervio cubital.

2.4.4 Nervios

Los nervios de la mano están compuestos por ramas del mediano, cubital y radial.

- **Mediano:** se encuentra por debajo del retináculo flexor, dividido en laterales y mediales correspondientes a la palma de la mano. Los laterales inervan los tres músculos de la eminencia tenar y se ramifica en tres nervios digitales. Da una rama que inerva al primer lumbrical.
- **Cubital:** pasa por la cara anterior del retináculo flexor, y también pasa por debajo del músculo palmar corto o cutáneo, y se divide en sus ramas superficial y profunda. El superficial inerva al palmar cutáneo y se divide en 2 ramas digitales. La profunda sigue a la arteria cubital entre los músculos abductor y flexor del meñique, inervando estos músculos y cruzando la palma de la mano. Ramifica a todos los músculos interóseos, lumbricales tercero y cuarto, huesos y articulaciones de la mano.
- **Radial:** cara posterior de la mano en la región lateral.

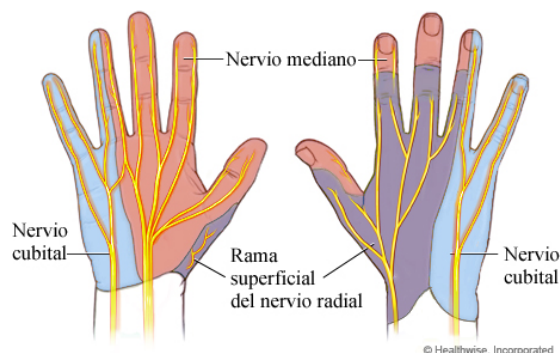


Figura 9. Nervios de la mano. Fuente: Healthcare Incorporate(2022)

2.5 Biomecánica

La Biomecánica es la disciplina orientada a la aplicación de las leyes que forman parte de la órbita de la mecánica a la composición y el desplazamiento de los organismos vivos. La analiza los fenómenos mecánicos y cinemáticos que se evidencian en los seres que tienen vida. Su objeto de estudio son las acciones físicas que realizan los seres vivos, desde su origen hasta sus efectos. (VIU, 2018)

2.5.1 Planos anatómicos

Los planos anatómicos son cortes imaginarios que seccionan al cuerpo en su posición anatómica, en ellos se encuentran: plano coronal o frontal, sagital y transverso.

- **Coronal o frontal:** plano vertical que divide al cuerpo en parte anterior (frente) y parte posterior (atrás).
- **Sagital:** plano vertical que divide al cuerpo en partes izquierda y derecha. Si este plano pasa por el medio del cuerpo dividiéndolo en dos mitades simétricas, es denominado plano medio.
- **Transverso:** plano horizontal que divide al cuerpo en parte superior (arriba) y parte inferior (abajo).

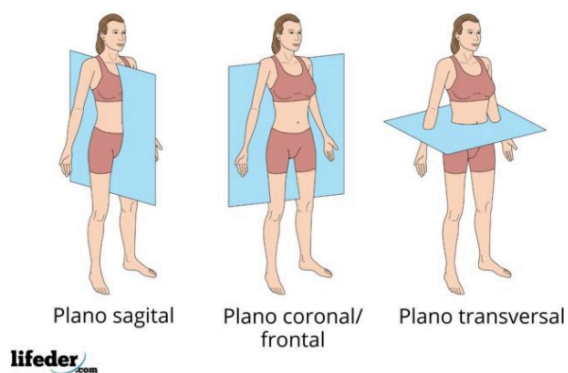


Figura 10. Planos Anatómicos del Cuerpo Humano. Fuente: Parada, R. (2021).

Algunos términos relacionados con la mano son: palmar (anterior) y dorsal (posterior), como se muestra en la Figura 11.



Figura 11. Caras de la palma. Fuente: Trujillo, J.(2018).

2.5.2 Movimientos

Deslizamiento

Las superficies relativamente planas de los huesos se mueven hacia atrás y hacia adelante, también de lado a lado con respecto a la otra. No afecta o modifica significativamente los ángulos entre los huesos. Además de presentar una amplitud limitada, y se puede combinar con la rotación.



Deslizamiento entre los intercarpianos
(flechas)

Figura 12. Deslizamiento entre los intercarpianos. Fuente: Tortora, G. J., & Derrickson, B.(2010): "Principios de Anatomía y Fisiología".

Movimientos angulares

Incremento o disminución del ángulo entre los huesos de la articulación. En el caso de la mano se presentan como: flexión, extensión, hiperextensión, abducción y aducción.

- **Flexión:** acción y efecto de doblar algún miembro en el cual disminuye el ángulo entre los huesos de la articulación. Se produce a lo largo del plano sagital, a excepción del pulgar, ya que este requiere movimientos hacia adentro a través de la palma, produciéndose en el plano frontal. En la Figura 13 se muestra el movimiento de la palma hacia el antebrazo en las articulaciones de la muñeca o en las radiocarpianas, entre radio y el carpo como en el movimiento de la muñeca hacia arriba (Tortora, G. J., & Derrickson, B.,2010).
- **Extensión:** es lo opuesto a la flexión, se incrementa el ángulo entre los huesos de la articulación, para restablecer la posición anatómica después de la flexión. También se produce en el plano sagital, pero tiene excepciones como el pulgar, el mismo caso de la flexión.

- **Hiperextensión:** se refiere a la continuación de la extensión más allá de la posición anatómica. Para poder comprender este término mejor, en la Figura 13 se presenta el movimiento de la palma hacia atrás, en la articulación de la muñeca.

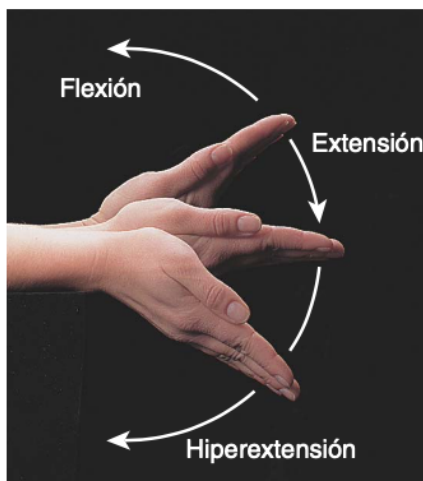


Figura 13. Movimientos angulares de la mano. Fuente: Tortora, G. J., & Derrickson, B.(2010): “Principios de Anatomía y Fisiología”.

- **Abducción:** movimiento de un hueso que se aleja de la línea media. Suele producirse a lo largo del plano frontal. En la Figura 14 se muestra que durante la abducción de los dedos (pero no del pulgar), se dibuja una línea imaginaria a través del eje longitudinal del dedo medio y los dedos se separan desde el dedo medio (Tortora, G. J., & Derrickson, B., 2010).
- **Aducción:** lo opuesto a la abducción, movimiento de un hueso hacia la línea media (Tortora, G. J., & Derrickson, B., 2010). También suele producirse a lo largo del plano frontal. En la Figura 14 se pueden observar las aducciones de la mano y los dedos.

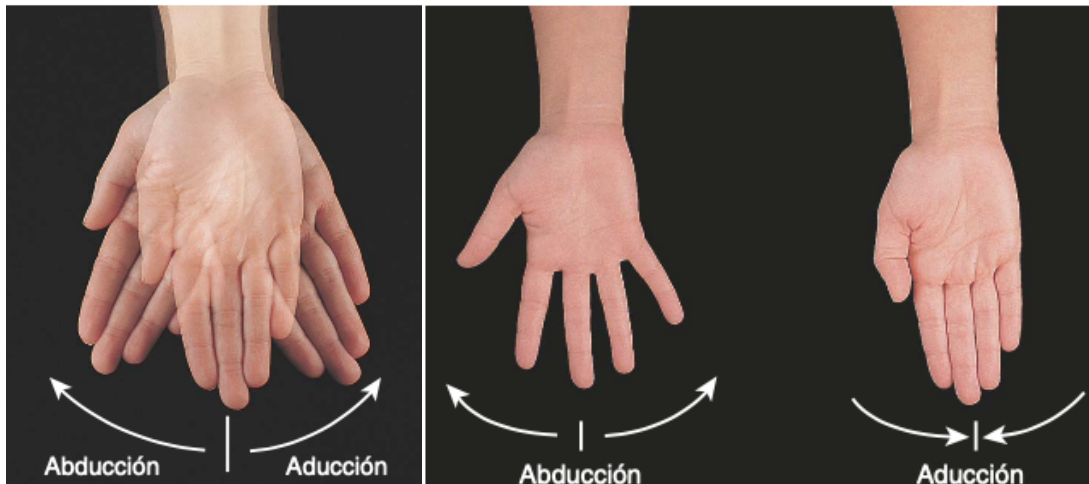


Figura 14. Abducción y Aducción de mano y dedos (sin el pulgar). Fuente: Tortora, G. J., & Derrickson, B.(2010): “Principios de Anatomía y Fisiología”.

Movimientos especiales

Se producen únicamente en algunas articulaciones, en el caso de la mano son la pronación y supinación.

- **Pronación:** movimiento del antebrazo en las articulaciones radiocubitales proximal y distal, en el cual el extremo distal del radio cruza sobre el extremo distal del cúbito, y la palma gira hacia atrás (Tortora, G. J., & Derrickson, B., 2010).
- **Supinación:** es lo opuesto a la pronación y se refiere al movimiento del antebrazo en las articulaciones radiocubitales proximal y distal, que consiste en la rotación de la palma hacia arriba. Esta posición de las palmas definen la posición anatómica de las mismas.



Figura 15. Pronación y Supinación de la mano. Fuente: Tortora, G. J., & Derrickson, B.(2010): “Principios de Anatomía y Fisiología”.

- **Oponencia:** es el movimiento del pulgar en la articulación metacarpiana, en donde el pulgar atraviesa la palma de la mano para tocar los dedos de ésta, lo que permite el movimiento distintivo en los dedos de los seres humanos y el poder manipular objetos de forma precisa.



Figura 16. Oponencia de la mano. Fuente: Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2010): "Principios de Anatomía y Fisiología".

2.5.3 Rangos de movimiento

- **Abducción:** no sobrepasa los 15°. Es mayor en supinación que en pronación, donde no sobrepasa los 10°.
- **Aducción:** es de 45° al medirse el ángulo en la línea que une el centro de la muñeca con la porción distal del tercer dedo. Es de dos a tres veces mayor que la abducción.
- **Flexoextensión:** es máxima cuando la mano no está en abducción o aducción. La de la muñeca divide en cuatro sectores:
 - 0 a 20°: sector de adaptación permanente, los ligamentos están distendidos.
 - 20-40°: sector de movilidad usual, el juego ligamentario se empieza a activar.
 - 40-80°: sector de alteración fisiológica y máxima tensión ligamentaria y de presión articular.
 - +80°: alteración patológica.
- **Flexión:** la flexión activa es de 85°. Pasivamente llega a una flexión mayor de 90° pronación (100°), y a una extensión mayor de 90° tanto en pronación como en supinación (95°).

- **Extensión:** es de 85°.

En conclusión, en la Tabla 8 se muestran los valores normales para la amplitud de movimiento de distintas articulaciones, tomando en cuenta que son para las personas de todas las edades y que los valores pueden ser menores en los ancianos completamente funcionales que en los más jóvenes.

Tabla 8. Valores normales para la amplitud de movimiento de las articulaciones. Fuente: MSD, (2022).

Articulación	Movimiento	Rango (°)
Muñeca	Flexión	0-90
	Extensión	0-70
	Abducción	0-25
	Aducción	0-65
Articulaciones metacarpofalángicas	Abducción	0-25
	Aducción	20-0
	Flexión	0-90
	Extensión	0-30
Articulaciones interfalángicas proximales de los dedos de las manos	Flexión	0-120
	Extensión	120-0
Articulaciones interfalángicas distales de los dedos de las manos	Flexión	0-80
	Extensión	80-0
Articulaciones interfalángicas distales de los dedos de las manos	Flexión	0-80
	Extensión	80-0
Articulación metacarpofalángica del pulgar	Abducción	0-50
	Aducción	40-0
	Flexión	0-70
	Extensión	60-0
Articulación interfalángica del pulgar	Flexión	0-90
	Extensión	90-0

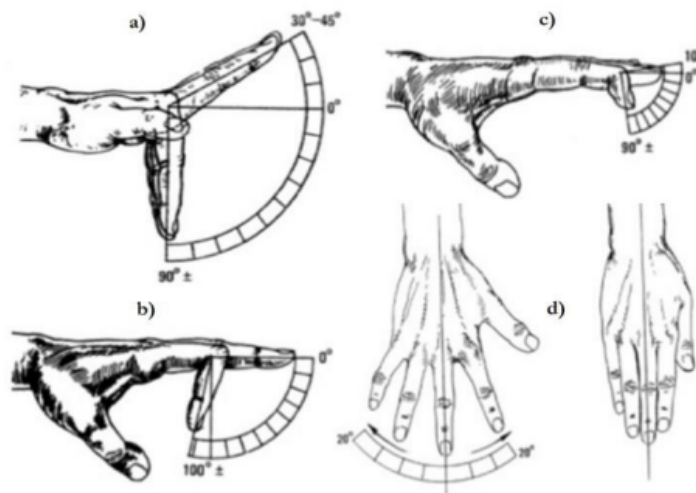


Figura 17. Movilidades: a) Movilidad de la articulación metacarpofalángica, flexión y extensión, b) Movilidad de la articulación proximal interfalángica, flexión y extensión, c) Movilidad de la articulación distal interfalángica, flexión y extensión, d) abducción y aducción de los dedos. Fuente: Barrera, Merchán, Rodríguez, Hernández, & Hernández (2017).

2.5.4 Posición funcional de la muñeca y la mano

Los médicos suelen usar un patrón de fórmulas para obtener una posición de la mano favorecedora que explotará al máximo su potencial funcional y dejar la mano un poco ahuecada, para lograr una longitud optima de los músculos flexores del codo. La posición consiste en:

- Muñeca a 20°-30° de extensión con ligera desviación cubital.
- Dedos a 45° de flexión de la articulación metacarpofalángica, 15° de flexión de la articulación interfalángica proximal e interfalángica distal.
- Pulgar a 45° de abducción.

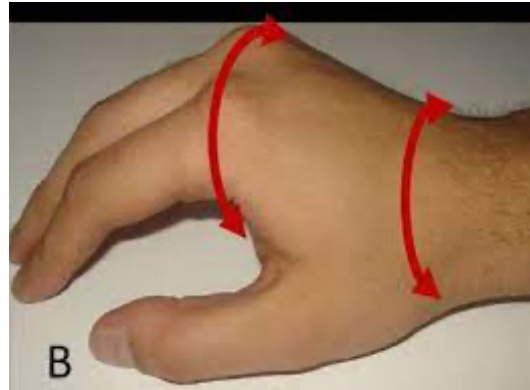


Figura 18. Posición funcional de la mano. Fuente: Arias,L. (2012). “Biomecánica y patrones funcionales”.

2.5.5 Patrones funcionales

Existen distintos tipos de patrones de función de la mano para poder tomar objetos, apretarlos o soltarlos, entre otras acciones. Napier (1956), clasificó los patrones funcionales en:

- **Agarres de fuerza:** son aquellos en los cuales los dedos están flexionados en las tres articulaciones, el objeto se encuentra entre los dedos y la palma, el pulgar se aduce y queda posicionado sobre la cara palmar del objeto hay una ligera desviación cubital y se realiza una ligera dorsiflexión para aumentar la tensión de los tendones flexores.
- **Agarres de precisión:** son aquellos utilizados para la manipulación de pequeños objetos entre el pulgar y las caras flexoras de los dedos, la muñeca se posiciona en dorsiflexión, los dedos permanecen semiflexionados y el pulgar se aduce y se opone. Los agarres de precisión se clasifican de acuerdo con las partes de las falanges utilizadas para soportar el objeto que se está manipulando, así: pinza terminal, pinza palmar, pinza lateral o de llave, pinza de pulpejo o cubital.



Figura 19. Posiciones funcionales de la mano. A) En la prensión fuerte, cuando agarramos un objeto, las articulaciones metacarpofalángicas e interfalángicas están en flexión, pero las articulaciones radiocarpianas y mediocarpianas están en extensión. La extensión de la muñeca incrementa la distancia sobre la que actúan los tendones de los flexores, aumentando la tensión de los tendones de los flexores largos más allá de la que se produce por la sola contracción máxima de los músculos. B) La prensión en gancho (flexión de las articulaciones interfalángicas de los dedos 2º a 4º) se opone al tirón (hacia abajo) de la gravedad únicamente mediante la flexión digital. C) Al escribir se utiliza la prensión de precisión. D y E) Se utiliza la prensión de precisión para sostener una moneda y permitir su manipulación (D) y para hacer pinza sobre un objeto (E). F) Las escayolas en caso de fracturas se aplican mayoritariamente con la mano y la muñeca en posición de reposo. Obsérvese la ligera extensión del carpo. G y H) Cuando agarramos una barra libre sin apretar (G) o con firmeza (H), las articulaciones carpometacarpianas 2ª y 3ª están rígidas y estables, pero la 4ª y la 5ª son articulaciones en silla de montar que permiten la flexión y la extensión. Cuando aumenta la flexión cambia el ángulo de la barra durante el agarre con fuerza. Fuente: Enfermería, T (2021).

2.6 Algunas consideraciones sobre la innovación tecnológica

2.6.1 *Conceptos de transferencia tecnológica*

La transferencia tecnológica es un proceso mediante el cual el sector privado obtiene el acceso a los avances tecnológicos desarrollados por los científicos, a través del traslado de dichos desarrollos a las empresas productivas para su transformación en bienes, procesos y servicios útiles, aprovechables comercialmente. Conlleva un convenio, un acuerdo, y presupone un pago y por tanto la comercialización del conocimiento es un elemento inherente a este proceso (López , Mejía, & Schmal, 2006).

Para que el desarrollo científico-tecnológico tenga lugar en forma efectiva se precisa proponer modelos de transferencia en los cuales se identifiquen claramente los actores involucrados y sus intereses en cada etapa del proceso, considerándose como tales a todos los participantes involucrados en el proceso de transferencia tecnológica, desde la producción misma del conocimiento hasta su entrega y recepción. A continuación, se presentan distintos actores que intervienen en el proceso de transferencia (Siegel, Waldman, Leanne, & Link, 2004):

- Los científicos universitarios, como productores primarios del conocimiento o tecnología.
- Los administradores de la tecnología universitaria, que representan los intereses universitarios en la negociación del conocimiento producido por los científicos universitarios, conocidos en general como las Oficinas de Transferencia Tecnológica (OTT) u Oficinas de Transferencia de Resultados de la Investigación (OTRI), que surgen como intermediarios entre la universidad y la industria y representan los intereses de ambas partes, facilitando la transferencia comercial del conocimiento a través del licenciamiento de las invenciones a las industrias, u otras formas de propiedad intelectual, producto de la investigación universitaria.
- Las empresas, quienes comercializan las tecnologías transadas en el proceso de transferencia.
- Los científicos de la industria, quienes son los encargados de analizar e incorporar el conocimiento adquirido a la universidad para utilizarlo posteriormente en el proceso de innovación.

- El Gobierno, como generador de políticas públicas que regulan el proceso de transferencia.

2.6.2 Modelos de innovación tecnológica

Innovar lleva las nuevas ideas a la realidad y de forma continua para beneficiar a las áreas en las que se aplica. Puede significar un cambio radial en el ámbito empresarial, en el mercado. Existen distintos modelos de innovación tecnológica, que serán descritos a continuación:

- **Modelo lineal:** Va desde la investigación básica (universitaria) a la investigación aplicada, después el desarrollo, hasta llegar a la comercialización. Bajo este modelo la transferencia tecnológica de una universidad a una empresa es entendida como un proceso conformado por una secuencia lineal de etapas. El modelo comienza con un descubrimiento de un científico en un laboratorio, que está trabajando con recursos de investigación públicos. En EE.UU., como lo estipula la ley Bayh-Dole, (esta ley, que rige en EE.UU. desde 1980), autorizó a las universidades a cobrar derechos por los conocimientos susceptibles de comercializarse que tuvieran financiamiento gubernamental. A los académicos se les solicita completar un documento de declaración de la invención ante la OTT (Oficina de Transferencia Tecnológica), donde se analiza la conveniencia o no de patentar dicha innovación. El interés en dicha tecnología de una empresa o sector productivo suele proveer suficiente justificación para solicitar la patente. Otorgada la patente, la OTT está en condiciones de comercializar la tecnología, algunas veces con el apoyo de las unidades académicas, particularmente de aquellas a las que pertenecen los investigadores o científicos, dado que son quienes se encuentran en condiciones de ayudar a identificar potenciales interesados en sus licencias. El siguiente paso involucra la negociación con la empresa y la construcción del acuerdo de licencia; este acuerdo podría incluir beneficios tales como regalías o una participación en el patrimonio de una empresa startup (empresa que ha sido creada para comercializar una nueva tecnología). En la etapa final, la tecnología se convierte en un producto comercializado. La universidad puede continuar su participación con la empresa.
- **Modelo dinámico:** tiene como fin la transferencia tecnológica a través de la comercialización o la difusión, sean estas formales o informales. concibe la transferencia como un proceso que toma en consideración el análisis de los

factores internos que pueden afectar el proceso exitoso de transferencia de conocimiento científico-tecnológico. A pesar de ser una propuesta más integral respecto del modelo lineal, ella no contempla el análisis de los factores externos al proceso de transferencia, entre ellos el papel del Estado, además de poder observar que este modelo contempla tanto los procesos formales como informales de transferencia, además de identificar los factores determinantes de éxito en el proceso de transferencia, que tienden a omitirse, tales como (López , Mejía, & Schmal, 2006):

- El entendimiento intercultural.
 - La preparación, conocimiento y habilidades de negociación por parte de las OTT o de quienes desempeñen ese papel.
 - Los recursos que deben asignarse para la intermediación efectiva,
 - Los incentivos por parte de la universidad para la investigación.
- **Modelo de la triple hélice:** Este modelo pone un mayor énfasis en la interacción, acoplamiento externos y la colaboración, lo cual representa una salida radical de los modelos de desarrollo convencional que han separado las tres esferas institucionales (universidad, industria y gobierno) y han constantemente dejado fuera a las universidades de las políticas y estrategias de desarrollo (Araiza, Estela, & Sánchez, 2011). Según Etzkowitz y Dzisah (2007), el modelo de la Triple Hélice abarca tres elementos básicos:
 - Un papel más destacado de la universidad en la innovación, junto con la industria y el gobierno en una sociedad basada en el conocimiento.
 - Un movimiento hacia relaciones de colaboración entre las tres esferas institucionales principales en las cuales la política de innovación es, cada vez más, un resultado de las interacciones entre las esferas que una prescripción del gobierno o un desarrollo interno de la industria.
 - Además de satisfacer sus funciones tradicionales, cada esfera institucional también “toma el papel de la otra”, funcionando en un eje “y” su nuevo papel así como en un eje “x” su función tradicional.
 - **Modelo de la innovación abierta:** La nueva tendencia de la innovación radica en el concepto de innovación abierta o co-innovación (Irizar & MacLeod, 2008), para aprovechar las ideas y desarrollos de otros. En lugar de mantener los resultados de la investigación encerrados en la empresa, bajo el concepto de innovación abierta traspasan fronteras, al ser vendidos a otras empresas que pueden utilizarlos bajo

licencia, creándose así una situación de ganar-ganar. De manera similar, la empresa se puede beneficiar de tecnologías creadas por otras empresas, o tecnólogos de otras especialidades, tras el pago de las correspondientes licencias.

- **Modelo SPIN-OFF:** Se define una SPIN-OFF Universitaria como “una nueva compañía fundada para explotar una pieza de propiedad intelectual creada en una institución académica”. También, las SPIN-OFF, son nuevas firmas creadas para explotar comercialmente el conocimiento, la tecnología o resultados de una investigación desarrollados dentro de una Universidad (Jiménez, et al., 2012). Las empresas SPIN-OFF pueden ser parte de la solución en el desarrollo económico de las regiones productivas basadas en la innovación tecnológica. Por otro lado, la formación de empresas SPIN-OFF se basa en el interés de los profesores, investigadores y alumnos en hacer negocio del conocimiento.

2.6.3 Indicadores de innovación

Los indicadores de innovación son un conjunto de herramientas y sistemas de métricas utilizados para medir la capacidad innovadora de alguna empresa u organización.

En una economía basada cada vez más en el conocimiento y la innovación, el desarrollo de redes de conocimiento y mercados plenamente funcionales tiene un impacto significativo en la eficiencia y efectividad de los esfuerzos por innovar. Los vínculos entre el conocimiento y su difusión son difíciles de medir. El análisis de las citas es una forma de comprender los nexos que existen entre la ciencia y la industria.

Los artículos científicos publicados en coautoría ofrecen una medida directa de la colaboración en el área científica. La colaboración internacional varía de acuerdo con el tamaño del país. Los países pequeños a menudo participan más en la colaboración internacional que los países más grandes. Sin embargo, cuando se contabilizan los artículos científicos, Alemania, Reino Unido y Estados Unidos aportan la mayoría de las colaboraciones internacionales (Tecnológico, 2012). Los artículos más citados ofrecen una medida de los resultados científicos “con calidad ajustada”. Este indicador muestra la relativa contribución de los países a 1% del conocimiento científico citado. El volumen de artículos científicos publicados a nivel mundial es un indicador clave ya que la publicación es el medio principal para difundir y validar los resultados de una investigación.

Las solicitudes de patente se utilizan como indicador de la actividad en el área de inventos. Un indicador de patentes otorgadas muestra la probabilidad de que se comercialice un invento. Dependiendo de la oficina de patentes, la patente se otorga en promedio de entre tres y cinco años (o, en algunos casos, diez años) después de la solicitud (Tecnológico, 2012).

2.6.4 Conceptos

Se abordarán los conceptos de no invasivo y guante, que son vitales para entender el propósito del proyecto y como es que se llevará a cabo en una persona o paciente.

- No invasivo: es aquel que no involucra instrumentos que rompen la piel o que penetran físicamente en el cuerpo, algunos ejemplos son: las radiografías, un examen oftalmológico estándar, una tomografía computarizada, una resonancia magnética, un monitor Holter, un ECG. (Chinchilla, 2017)
- Guante: Prenda para cubrir la mano, que se hace, por lo común, de piel, tela o tejido de punto, y tiene una funda para cada dedo. (RAE, 2022)

Por lo anterior se puede concluir que un dispositivo no invasivo, en este caso el guante, no necesitará procesos quirúrgicos o implantaciones para poder colocarse en la persona, así como tener la facilidad de quitarse y ponerse cuando sea necesario.

Por otro lado, considérense las siguientes definiciones:

- Invención: es toda creación humana que permita transformar la materia o la energía que existe en la naturaleza, para su aprovechamiento por el hombre y satisfacer sus necesidades concretas (IMPI, 2017).
- Invención: es hallar o descubrir la manera de hacer una cosa nueva o no conocida, o una nueva manera de hacer algo (RAE,2022).

La invención no solamente es descubrir algo nuevo, sino también con lo que ya se tiene buscar como se puede aprovechar de una manera en la que no se conocía, transformarlo y darle otro giro, así beneficiar a otros y a uno mismo obteniendo algo novedoso y resolviendo un problema.

Otros conceptos de interés:

- Patente: Es un derecho exclusivo otorgado por un estado a un titular (o propietario) para proteger su invención. Este puede ser un producto o un proceso de desarrollo de un resultado, en cualquier área técnica. La patente otorga al titular de este producto el derecho exclusivo de impedir que otros exploten su invención, todo esto bajo un periodo limitado de tiempo. Es decir, el dueño de una patente puede impedir que terceros fabriquen, utilicen y comercialicen e importen el producto patentado si no se tiene su autorización legal. Esta es una forma de materializar las creaciones o invenciones del intelecto, de forma tal que se transforme en un activo. (UVM, 2019)

Analizando los conceptos anteriores, una patente es una exclusividad que te brinda el gobierno al inventor para proteger la invención que realice por un periodo de tiempo limitado.

- Innovación: acción y efecto de innovar, o en segunda instancia, la creación o modificación de un producto, y su introducción en un mercado (RAE,2022).
- Innovación tecnológica: es el proceso mediante el cual una empresa crea un nuevo producto, servicio, proceso o modelo de negocio, o bien mejora significativamente las características de uno ya existente, utilizando como vehículo las herramientas tecnológicas. Este es un concepto que puede englobar diversas acciones y es por ello que, se puede diferenciar cuatro tipos de innovación tecnológica: la incremental, la disruptiva, la sostenible y la radical. (Santander, 2021)
- Proceso de innovación: busca explotar y utilizar capacidades en investigación básica y aplicada, así como también apoyarse en conceptos como la invención, la investigación y el desarrollo. Aplicando correctamente estos factores se llega a un estado de innovación y posteriormente de difusión. En la siguiente Figura 20 se muestra un ejemplo de proceso de innovación tecnológica.

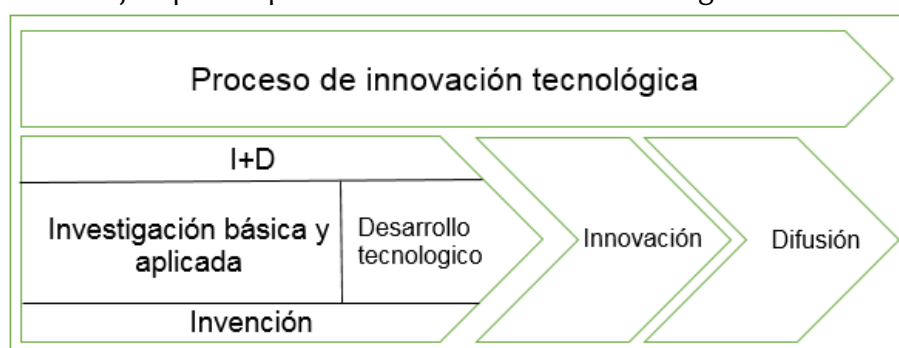


Figura 20. Proceso de innovación tecnológica. Fuente: Gómez (2019).

Principal ley y reglamento para el fundamento del proceso de patentamiento en México

Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial

En el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial IMPI, puedes realizar los trámites administrativos para obtener la concesión de una patente, un registro de marca, una solicitud de búsquedas bibliográficas o técnicas de documentos de patentes, o hasta una solicitud para presentar una demanda en contra de un tercero por invasión de derechos. (IMPI, 2017)

En la Tabla 9 se muestra un extracto de los artículos de la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial.

Tabla 9. Extracto de la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial. Fuente: IMPI, (2017).

Relativo a:	Artículo	Fracción	Contenido	Notas
	23		La patente tendrá una vigencia de 20 años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud y estará sujeta al pago de la tarifa correspondiente.	
	25		El derecho exclusivo de explotación de la invención patentada confiere a su titular las siguientes prerrogativas:	
I		Si la materia objeto de la patente es un producto, el derecho de impedir a otras personas que fabriquen, usen, vendan, ofrezcan en venta o importe el producto patentado, sin consentimiento, y		
II		Si la materia objeto de la patente es proceso, el derecho de impedir a otras personas que utilicen ese proceso y que usen, vendan, ofrezcan en venta o importen el producto obtenido directamente de ese proceso, sin su consentimiento. La explotación realizada por la persona a que se refiere el artículo 69 de la Ley de la Propiedad Industrial, se considerará efectuada por titular de la patente.		

FECHA DE PRIORIDAD	41	Cuando se solicite una patente después de hacerlo en otros países, se podrá reconocer como fecha de prioridad la de presentación en aquel que lo fue primero, siempre que se presente en México dentro de los plazos que determinen los tratados internacionales o, en su defecto, dentro de los doce meses siguientes a la solicitud de patente en el país de origen.		
		Para reconocer la prioridad a que se refiere el artículo anterior se deberán satisfacer los requisitos siguientes:		
		I	Que al solicitar la patente se reclame la prioridad y se haga constar el país de origen y la fecha de presentación de la solicitud en ese país.	
		II	Que la solicitud presentada en México no pretenda el otorgamiento de los derechos adicionales a los que se deriven de la solicitud presentada en el extranjero. Si se pretendieren derechos adicionales a los que se deriven de la solicitud presentada en el extranjero considerada en su conjunto, la prioridad deberá ser sólo parcial y referida a esta solicitud. Respecto a las reivindicaciones que pretendieren derechos adicionales, se podrá solicitar un nuevo reconocimiento de prioridad, y	
Relativo a:	Artículo	Fracción	Contenido	Notas
FECHA DE PRIORIDAD	41	III	Que, dentro de los tres meses siguientes a la presentación de la solicitud, se cumplan los requisitos que señalen los Tratados Internacionales, esta ley y su reglamento.	
			Una misma solicitud de patente podrá contener:	
		I	Las reivindicaciones de un producto determinado y las relativas a procesos especialmente concebidos para su fabricación o utilización;	
		II	Las reivindicaciones de un proceso determinado y las relativas a un aparato o a un medio especialmente concebido para su aplicación; y,	
	45	III	Las reivindicaciones de un producto determinado y las de un proceso especialmente concebido para su aplicación.	

EXAMEN DE FORMA	49		El solicitante podrá transformar la solicitud de patente en una de registro de modelo de utilidad o de diseño industrial y viceversa, cuando del contenido de la solicitud se infiera que éste no concuerda con lo solicitado. El solicitante sólo podrá efectuar la transformación de la solicitud dentro de los tres meses siguientes a la fecha de su presentación o dentro de los tres meses siguientes a la fecha en que el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial lo requiera para que la transforme, siempre y cuando la solicitud no se haya abandonado. En caso de que el solicitante no transforme la solicitud dentro del plazo concebido por el Instituto se tendrá por abandonada la solicitud.	
	50		Presentada la solicitud, el IMPI realizará un examen de forma de la documentación y podrá requerir que se precise o aclare en lo que considere necesario, o se subsanen sus omisiones. De no cumplir el solicitante con dicho requerimiento en plazo de dos meses, se considerará abandonada la solicitud.	El solicitante tendrá dos meses para contestar o se considerará abandonada la solicitud.

Relativo a:	Artículo	Fracción	Contenido	Notas
PUBLICACIÓN DE LA SOLI CITUD	52		La publicación de la solicitud se hará lo antes posible después de 18 meses a partir de la fecha de presentación, o antes a petición del interesado.	Para la publicación anticipada deberá cubrirse el pago de la tarifa correspondiente y tener el examen de forma satisfecho.

EXAMEN DE FONDO	53		Una vez publicada la solicitud de patentes, el IMPI hará un examen de fondo para determinar si la solicitud cumple con los requisitos de los artículos 16 y 19.	El solicitante tendrá dos meses para contestar o se considerará abandonada la solicitud. Se podrá usar el plazo adicional de dos meses.
OTORGA MIENTO.	57		Cuando proceda el otorgamiento de la patente, el Instituto comunicará por escrito al solicitante, para que en el plazo de dos meses cumpla con los requisitos para su publicación y con el pago de la tarifa por expedición del título.	Hay un plazo adicional para el pago por la expedición del título.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta la metodología usada para el desarrollo del presente trabajo de tesis el cual está integrado por el tipo de investigación, el diseño de la investigación, la hipótesis y las variables, el sujeto de estudio, los materiales e instrumentos y el procedimiento.

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación que se asocia con el presente estudio se considera descriptiva, con enfoque mixto. Llamadas también investigaciones diagnósticas, buena parte de lo que se escribe y estudia sobre lo social no va mucho más allá de este nivel. Consiste, fundamentalmente, en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores (Morales, 2012). Esta investigación es descriptiva por el hecho de describir los procesos que se han seguido para minimizar el problema de la Enfermedad de Parkinson. El enfoque es mixto; se hace referencia a lo cuantitativo debido a los datos y cifras de la enfermedad presentados en pacientes; de igual manera se realiza el enfoque cualitativo ya que se evalúan los datos cuantitativos obtenidos. Para Hernández, Fernández y Batista (2010), la investigación mixta no tiene como meta remplazar a la investigación cuantitativa ni a la investigación cualitativa, sino utilizar las fortalezas de ambos tipos de indagación combinándolas y tratando de minimizar sus debilidades potenciales. Según (Otero, 2018) el método de este enfoque mixto busca responder a un problema de investigación desde un diseño concurrente, secuencial, de conversión o de integración según sea los logros planteados.

3.2 Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es del tipo no experimental de corte transversal, ya que el estudio sobre la Enfermedad de Parkinson se basa en la observación de fenómenos y su contexto para posteriormente analizarlos. Para Hernández, Fernández y Baptista, (2004), el diseño no experimental se divide tomando en cuenta el tiempo durante el cual se recolectan los datos; estos son, diseño transversal y longitudinal, para el caso del tipo transversal los datos se recolectan en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir las variables y su incidencia de interrelación en un momento dado.

3.3 Hipótesis y Variables

3.3.1 Hipótesis de Investigación y Nula

Hipótesis de Investigación (Hi): El diseño de un dispositivo que minimiza los movimientos involuntarios de la Enfermedad de Parkinson, puede mejorar la calidad de vida de los pacientes.

Hipótesis Nula (Ho): El diseño de un dispositivo que minimiza los movimientos involuntarios de la Enfermedad de Parkinson, no puede mejorar la calidad de vida de los pacientes.

3.3.2 Variables

En la Tabla 10 se muestran las variables dependientes e independientes de la investigación, así como su descripción conceptual y operacional.

Tabla 10. Variables de la investigación.

NOMBRE DE LA VARIABLE	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DESCRIPCIÓN OPERACIONAL
Variable Dependiente: Movimientos Involuntarios	Los movimientos involuntarios de la mano de un paciente con Enfermedad de Parkinson se generan por un deterioro neuronal progresivo. Son movimientos rotacionales lineales y combinaciones de ellos, que se generan por un desequilibrio eléctrico y que originan problemas psicológicos y físicos en el paciente deteriorando su calidad de vida. Fuente: (Degén, 2020)	La reducción de los movimientos involuntarios forma parte de la investigación, ya que el dispositivo que se desarrollará se orienta a minimizarlos, para que el paciente pueda mejorar su calidad de vida.
Variable Independiente: Enfermedad de Parkinson	La enfermedad de Parkinson es un tipo de trastorno del movimiento. Ocurre cuando las células nerviosas (neuronas) no producen suficiente cantidad de una sustancia química importante en el cerebro conocida como dopamina. Algunos casos son genéticos pero la mayoría no parece darse entre miembros de una misma familia. Fuente: (Medline Plus, 2020).	La Enfermedad del Parkinson es un padecimiento que trae consigo deficiencia y dificultad en el movimiento, lo cual genera necesidad y dependencia. Estas últimas pueden llegar a ser causantes de trastornos mentales en el paciente, como la depresión.

3.4 Sujeto / Objeto de investigación

El objeto de estudio es el diseño conceptual de un prototipo no invasivo para minimizar los movimientos de la Enfermedad de Parkinson.

3.5 Técnicas e instrumentos

Para realizar el levantamiento de datos sobre la Enfermedad de Parkinson se utilizó: un instrumento ergonómico de la mano y una entrevista con el paciente.

3.6 Materiales

El diseño del prototipo para minimizar los movimientos involuntarios de personas con Parkinson requirió de materiales tales como: polietileno de alta densidad, pegamento industrial y elásticos.

Para la medición de la mano y los dedos se utilizaron: cámara fotográfica y de video, cinta métrica, reglas y transportador.

3.7 Procedimiento

En esta sección se presenta el procedimiento general de la tesis y uno específico relacionados con el presente trabajo de tesis.

Se partió de la formulación del problema, la pregunta de investigación y los objetivos general y específicos, así como la justificación y las delimitaciones. Posteriormente se desarrolló el marco teórico que sustenta esta investigación que consiste en describir las teorías y las definiciones. Enseguida se desarrolló la metodología que incluyó el tipo de investigación, diseño de la investigación, hipótesis y variables, así como sujetos de estudio y procedimientos. Se aplicaron los procedimientos y se describieron las conclusiones.

El procedimiento general para el desarrollo del prototipo es el siguiente:

1. Se describe y se analiza el problema de la enfermedad.
2. Se realiza un estudio de factibilidad.

3. Se realiza una propuesta de solución, que incluye: diseño, mediciones, tomas fotográficas, descripción del funcionamiento, propuesta de materiales.
4. Descripción de la inventiva
5. Descripción de la patente.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presenta la aplicación de los pasos descritos en el capítulo anterior para el desarrollo del dispositivo. Se incluyen las medidas de la mano del paciente, la propuesta de inventiva, proceso de patentización y la encuesta de satisfacción del cliente.

4.1 Situación del problema

La Enfermedad de Parkinson es una enfermedad progresiva del sistema nervioso que afecta el movimiento. Afecta a 0.3% de la población general, 1% de los adultos mayores de 60 años y hasta 3% de adultos mayores de 80 años. En México, se calcula que hay más de 230,000 pacientes diagnosticados y más de 40,000 en búsqueda de atención médica, diagnóstico y tratamiento. De acuerdo con los registros publicados en 2015, por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), la enfermedad de Parkinson ha sido posicionada en el lugar 20 de las principales causas de muerte en personas mayores de 65 años y, particularmente, afecta más a los hombres.

Existen muy pocos tratamientos para disminuir los movimientos involuntarios de esta enfermedad. Para los adultos mayores es muy difícil poder llevar a cabo actividades comunes y corrientes, así como ser una persona independiente. Los medicamentos provocan incapacidad en los pacientes, entre otros efectos secundarios que presentan, como mareos, alucinaciones, así mismo, dejan de hacer efecto en los pacientes en cierto momento, comúnmente en el grado 4. Otra consecuencia o síntoma secundario puede ser la depresión, causando al paciente el aislamiento social, dificultades con las relaciones interpersonales, niveles altos de ansiedad, tristeza, enojo, confusión, falta de ganas en las actividades que comúnmente realiza, sumando la probabilidad de tomar terapia psicológica, lo que complica aún más tratar el Parkinson y darle una perspectiva positiva a la vida. Hay nuevas tecnologías que permiten solventar el problema de la Enfermedad de Parkinson, pero lamentablemente son costosas, además de ser procesos muy largos y pasar por diferentes filtros, para así considerarse candidatos aptos y realizar las cirugías correspondientes, sin olvidar que se pone en riesgo la salud de éste, porque existen complicaciones durante estas cirugías.

El Parkinson es una enfermedad que dificulta el querer salir adelante, ya que comúnmente llega en una edad en la que las personas ya tienen ciertas limitaciones en sus actividades cotidianas, por lo que provoca que se sientan totalmente incapaces, solos, que presenten cambios emocionales drásticos y afecte la forma de convivir con los demás, de aislarse por completo, y a menudo sentirse tristes. Además de tener que vivir el resto de sus días con temblores en sus extremidades y diferentes partes de su cuerpo, sin poder coordinar sus movimientos, impidiendo realizar acciones como comer, caminar, hablar y comunicarse, masticar, escribir, dormir, entre otras cosas. Es una enfermedad desgastante no solamente para el paciente, sino también para su familia.

4.2 Planteamiento de solución

SOMIB (2018) afirma: “Se ha estudiado la EEM (Estimulación Eléctrica Medular) periférica como coadyuvante del tratamiento farmacológico para la Enfermedad de Parkinson, y de esta manera evitar métodos invasivos, que a pesar de su efectividad siguen siendo riesgosos. Los resultados fueron favorables ayudando en el 78% de los casos en la disminución del temblor al aplicar EEM periférica con tens (parecido a un toque eléctrico) utilizando una técnica antiemética sobre el punto Neiguan (P6) a 10 Hz, y no mostraron ningún efecto secundario adverso”.

Los tratamientos actuales generan altos costos al año, convirtiéndose en una solución imposible para el alcance de muchas personas. Actualmente se cuentan con algunos dispositivos médicos no invasivos que controlan movimientos involuntarios de ciertas zonas del cuerpo del paciente. Es por ello que, los dispositivos no invasivos para extremidades son una alternativa para el tratamiento de la enfermedad de Parkinson, en este caso guantes para disminuir los movimientos involuntarios del Parkinson, estos dispositivos son más accesibles y se pueden utilizar desde casa, así como manipularse libremente, sin necesidad de someterse a cirugías y arriesgar la vida de la persona.

El impacto que tendría un dispositivo no invasivo en este ámbito es muy grande, ya que, al volver más independiente al paciente con Enfermedad de Parkinson, este puede realizar actividades propias, lo cual lo vuelve más productivo, y si bien no es una enfermedad que se pueda eliminar, es posible controlarla mediante este tipo de tratamiento. Este dispositivo podría funcionar como si fuera un guante colocado en las manos que disminuye el movimiento no deseado de la Enfermedad de Parkinson. Para que pueda ser reproducido y comercializado el guante se debe regir por la NOM-241-SSA1-2012: Buenas prácticas de fabricación para establecimientos dedicados a la fabricación de dispositivos médicos. Es una propuesta técnica/tratamiento nuevo y puede llegar a ser riesgoso en caso de ser utilizado de manera errónea, para algo a lo que no está destinado a utilizarse.

Grosso modo, se propone en esta tesis el diseño de un mecanismo que se pueda adaptar a la mano tipo en configuración de manopla para que puedan disminuir los movimientos indeseados del paciente. El diseño planeado busca que el paciente no solo logre minimizar dichos movimientos, sino que también le permita al usuario tener control sobre algunos objetos al considerar mecanismos que regulen de alguna manera la fuerza que emplea para mover cosas. Este diseño ayudaría al paciente no solo hacer cosas bajo cierto control, sino que le ayuda a mejorar su calidad de vida al minimizar los efectos de la depresión y al convivir mejor con su entorno.

4.3 Estudio de factibilidad

Las personas que padecen la Enfermedad de Parkinson sufren como consecuencia de movilidad involuntaria en ciertas partes de su cuerpo (extremidades), además de padecer otros síntomas, como depresión, que deterioran su salud más rápido. En cuestión de tratamientos, existen dos tipos, los farmacéuticos dejan de hacer efecto en los pacientes en cierto momento, comúnmente en el grado 4 y los quirúrgicos involucran tratamientos invasivos, muy riesgosos. Ambos tratamientos tienen un alto costo.

Actualmente se cuenta con tratamientos novedosos, en el caso de los quirúrgicos se ha tenido una respuesta aprobatoria por parte de los pacientes que se han sometido a esta cirugía, además de regresarles gran parte de su movilidad e independencia en ciertas actividades. En cuanto a los farmacéuticos, incentivan la formación de la dopamina en el cerebro.

Así como existen efectos positivos, también hay negativos. Dentro del tratamiento farmacéutico están: el Fenómeno On/Off, hace que los síntomas de la enfermedad aparezcan de manera muy repentina, Off Matutino, en donde la primera dosis del medicamento tarda en hacer efecto, también el deterioro de las dosis hace que cada vez tenga un efecto menor en los pacientes y las discinesias. Dentro del tratamiento quirúrgico se pueden encontrar fallas en el dispositivo implantado una vez realizada la operación.

Estos tratamientos pueden ocasionar impactos negativos colaterales en distintos factores, la operación es uno de ellos, ya que los fármacos pueden causar daños en otras partes del cuerpo humano, en cuanto a quirúrgicos, pueden surgir alteraciones de las funciones cerebrales no deseadas, y complicaciones en la cirugía. Otro factor es el personal, ya que se puede generar dependencia del tratamiento, así como causar problemas psicológicos que conlleven a otras enfermedades. Por último, se encuentran los costos, que pueden originar mala estabilidad económica y las ventas, donde es posible que se venda medicamento a una persona que no lo requiera.

Por otro lado, están los impactos generales que engloban los tratamientos quirúrgicos y farmacéuticos, regidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-176-SSA1-1998, que habla de los requisitos sanitarios que deben cumplir los fabricantes, distribuidores y proveedores de fármacos utilizados en la elaboración de medicamentos de uso humano, referente a las cirugías; no existe una norma como tal para la neuroestimulación cerebral. Al hacer mal uso de las normas o prácticas médicas, se obtienen sanciones como demandas,

multas, incluso cárcel. Otro impacto es la productividad, los fármacos tienen efectividad en los pacientes con un máximo de 80% en 5 años, después empieza a disminuir la efectividad. La quirúrgica se basa en la vida útil del neuro-estimulador cerebral, que es también aproximadamente de 5 años y tiene mayor efectividad en los pacientes, la diferencia es que se puede reemplazar el estimulador viejo por uno nuevo. En cuanto a los aspectos económicos y costos, el tratamiento quirúrgico es excesivamente caro tanto para el hospital como para el paciente, mientras que el tratamiento farmacéutico tiene un costo elevado, pero es más accesible para el paciente.

Analizando los costos involucrados, los cuales se pueden apreciar también en la Tabla 11, una caja con 30 tabletas cuesta alrededor de \$500 pesos MXN, consultas \$600 pesos MXN, estudios especiales \$1500, entre otros, generando un costo total de tratamiento farmacéutico de entre \$60,000 a \$300,000 pesos MXN al año, incluyendo todos los servicios. En base a lo quirúrgico, el precio de un estimulador está entre \$107,533 pesos MXN, sin contar el costo de cirugía a hospitales y pacientes que va desde los \$90,000 hasta \$1,000,000 pesos MXN, además de todos los servicios hospitalarios. En un hospital público por lo general de cada \$100 gastados en salud, \$43 pesos MXN salen del bolsillo familiar. Otro costo por tomar en cuenta es el de incapacidad, que en México es de \$209 pesos MXN el día, por trabajador. Ambos tratamientos son de costos elevados, se eligen dependiendo de las necesidades del paciente, pero no son nada accesibles, y la salud se pone en riesgo por el hecho de no poder pagarlos.

Tabla 11. Costos generales de los diferentes tipos de tratamientos contra la Enfermedad de Parkinson.

Fuente: elaboración propia.

FARMACÉUTICO		QUIRÚRGICO	
CAJA 30 TABLETAS	\$500	ESTIMULADOR	\$107,533
CONSULTAS	\$600	CIRUGÍA A HOSPITALES Y PACIENTES	DESDE \$90,000
ESTUDIOS ESPECIALES	\$1500	SERVICIOS HOSPITALARIOS	DESDE \$10,000
OTROS	Más de \$10,000		
		H. PÚBLICO DE CADA \$100, LOS PACIENTES PAGAN:	\$43
		INCAPACIDAD P/D	\$209
TOTAL POR AÑO	\$60,000-\$300,000	TOTAL POR AÑO	MÁS DE \$500,000

4.4 Propuesta de solución

4.4.1 Descripción formal del problema

El sujeto estudiado en esta tesis es un paciente que tiene la Enfermedad de Parkinson; es un adulto mayor, tiene 79 años, y la enfermedad está un grado avanzado entre 3 y 4. No

es completamente independiente, ya que en algunas actividades como manejar, cocinar, hablar, escribir es dependiente. Ya no es capaz de controlar el movimiento en las manos, a todas horas presenta movimiento involuntario en ellas y en la mandíbula, lo que hace que su habla ya no sea fluida, además de que su fuerza ha disminuido, es una persona lenta, ya sea para caminar o tomar objetos. El medicamento le provoca mareos, alucinaciones, malestares en general y cansancio. Su peso corporal es bajo, ya que al estar en constante movimiento le gasta energía, además de la pérdida de apetito. Otro factor importante es que presenta un cuadro de depresión, la convivencia con demás personas ya no existe del todo, tiene vergüenza y pena de que las demás personas lo volteen a ver o no poder hablar bien, comer y controlar los movimientos; sus emociones y sentimientos son de tristeza y desesperación, se siente una persona sin valor, lo que hace que no le encuentre un propósito de seguir con el tratamiento. Su mayor inseguridad son las manos y sus movimientos involuntarios durante todo el día en cualquier lugar.

4.4.2 Evidencia en video y fotográfica de problema de la mano del paciente

En esta sección se presenta una galería fotográfica acerca de las condiciones que padece el paciente, con el propósito de conocer grosso modo, el origen de los movimientos involuntarios. Se tomó evidencia fotográfica (posición estática) de seis posiciones de la mano con diferentes condiciones de apoyo, las cuales fueron: la mano apoyada y la mano sin apoyo. Las figuras 21, 22, 23, 24, 25 y 26 muestran la configuración de la mano en condición apoyada, mientras que las figuras 27, 28, 29, 30, 31, 32 muestran la configuración con la mano no apoyada.

Posiciones con mano apoyada



Figura 21. Mano en posición recargada por debajo.



Figura 22. Mano en posición recargada por arriba.



Figura 23. Mano en posición recargada por detrás.



Figura 24. Mano en posición recargada por el frente.



Figura 25. Mano en posición recargada por el lado de atrás.



Figura 26. Mano en posición recargada por el lado de enfrente.

Mano arriba sin apoyar



Figura 27. Mano en posición arriba por enfrente.



Figura 28. Mano en posición arriba por debajo.



Figura 29. Mano en posición arriba por arriba.



Figura 30. Mano en posición arriba por el lado de enfrente.



Figura 31. Mano en posición arriba por el lado de atrás.



Figura 32. Mano en posición arriba por atrás.

Con la información fotográfica anterior se logró observar lo siguiente:

1. Los movimientos con la mano apoyada los movimientos son más bruscos que con la mano no apoyada.
2. Los movimientos con la mano apoyada son más rápidos que con la mano no apoyada.
3. Se observaron los ángulos de movimiento no deseado en ambas posiciones de mano.

4. La posición de la mano cuando no está apoyada origina cansancio.
5. Se observó que no se cerraba completamente la mano bajo las dos condiciones anteriores, además que volvía a su posición inicial.
6. Se observó que los movimientos se comportaron en una frecuencia similar (no presentaron tantas variantes).
7. Dos días después se realizaron las mismas pruebas, obteniendo los mismos rangos de movimiento, por lo que no se adjuntaron las fotos de ese día, pero si se pueden apreciar en el siguiente link de Drive:

https://drive.google.com/drive/folders/1fRxBndu4n65wVzuqk3CKYR6ukKg_BPEU?usp=sharing

4.4.3 Caracterización y análisis de movimientos en video del paciente

Se utilizó una cámara para tomar video del movimiento de las manos, esto con el propósito de tener una evidencia real del movimiento de las manos para conocer la cinemática y la cinética de ésta: esto es el movimiento sin considerar las fuerzas y el movimiento considerando las fuerzas. Cabe señalar que no se realiza cálculo alguno, simplemente se observan los movimientos a través del video. La observación realizada se sintetiza en los puntos siguientes:

1. Se observó un movimiento en el que no solamente la mano presenta movimiento no deseado, si no que la muñeca y el brazo también tienen movimientos mínimos.
2. Se observó que los movimientos se realizan de dos formas o combinados:
 - a) Movimientos rotacionales generalmente caracterizados por un ángulo de rotación y un eje de giro.
 - b) Se observaron desplazamientos lineales en todo el sistema de la mano.
 - c) Se observaron movimientos combinados de rotación y traslación.
3. Se observó que los movimientos realizados con dos días posteriores son similares a los de la prueba original.

4. Desde el punto de vista cinético se observó que pierde fuerza en la mano debido a los movimientos involuntarios.

4.4.4 *Medición de las partes de la mano del paciente*

En esta sección se presenta un breve estudio antropométrico de la mano con el propósito de conocer las dimensiones lineales y angulares de los elementos que componen la mano. Esta información es esencial para el diseño del posible guante.

Las mediciones realizadas se basaron en el artículo “Definición de dimensiones antropométricas en la construcción de guantes a partir de requerimientos de diseño” por Ovidio Rincón y Gabriel García. Este artículo habla acerca del ajuste antropométrico del guante a una mano, además de poner énfasis en ciertas áreas de la mano que son vitales para la elaboración de un guante. Las mediciones se realizaron inmobilizando la mano y tomando lecturas con cinta métrica y un transportador para medir los ángulos.

- **Longitudes**

La Figura 33 muestra un dimensionado de la mano según los autores del artículo y la Tabla 12, la descripción de las medidas. La Tabla 13 muestra las medidas realizadas al paciente.

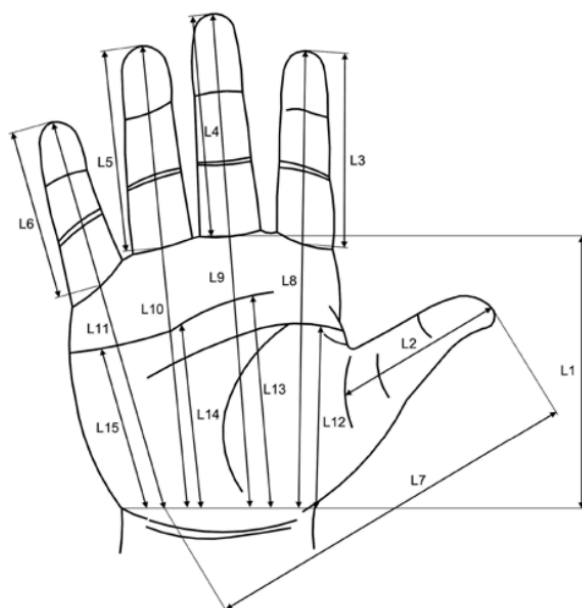


Figura 33. Longitudes de la mano consideradas para dimensionar las partes de los guantes. Fuente: Rincón, O & García G (2015)

Tabla 12. Códigos y nombre de las variables de la Figura 33. Fuente: Rincón, O & García G (2015).

Código	Nombre de la variable
L11	Longitud de la palma
L12	Longitud del primer dedo
L13	Longitud del segundo dedo
L14	Longitud del tercer dedo
L15	Longitud del cuarto dedo
L16	Longitud del quinto dedo
L17	Longitud de la punta del primer dedo al pliegue de la muñeca
L18	Longitud de la punta del segundo dedo al pliegue de la muñeca
L19	Longitud de la punta del tercer dedo al pliegue de la muñeca
L110	Longitud de la punta del cuarto dedo al pliegue de la muñeca
L111	Longitud de la punta del quinto dedo al pliegue de la muñeca
L112	Longitud unión de segundo dedo-metacarpo
L113	Longitud unión del tercer dedo-metacarpo
L114	Longitud unión del cuarto dedo-metacarpo
L115	Longitud unión del quinto dedo-metacarpo

Tabla 13. Resultados de las mediciones conforme a sus códigos según la Figura 33. Fuente: elaboración propia

Código	Longitudes
L11	11 cm
L12	7 cm
L13	8.5 cm
L14	9 cm
L15	8 cm
L16	7 cm
L17	17 cm
L18	19.5 cm
L19	20 cm
L110	19 cm
L111	16.5 cm
L112	10 cm
L113	7.5 cm
L114	6.5 cm
L115	6 cm

- **Anchuras**

La Figura 34 muestra las anchuras de las falanges y la mano y la Tabla 14 describe el significado, en tanto que la Tabla 15 muestra las dimensiones (anchuras) obtenidas del paciente.

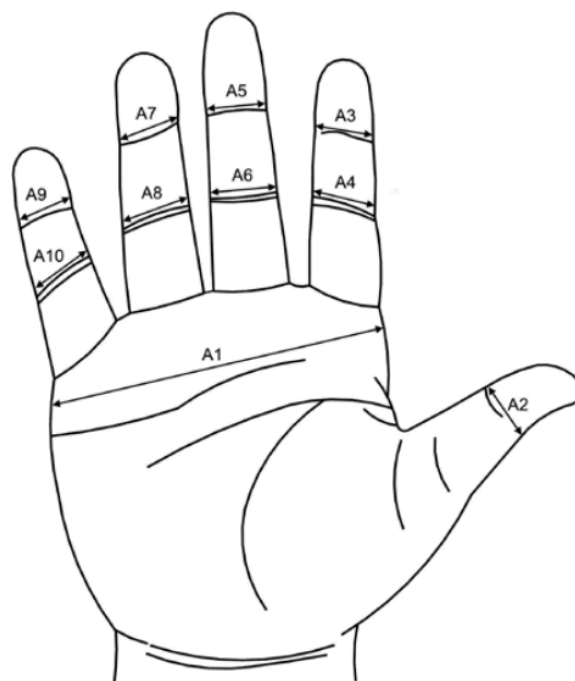


Figura 34. Anchuras de la mano consideradas para dimensionar las partes de los guantes. Fuente: Rincón, O & García G (2015).

Tabla 14. Códigos y nombre de las variables de la Figura 34. Fuente: Rincón, O & García G (2015).

Código	Nombre de la variable
A1	Anchura metacarpial
A2	Anchura de la articulación interfalángica del primer dedo
A3	Anchura de la articulación interfalángica distal del segundo dedo
A4	Anchura de la articulación interfalángica proximal del segundo dedo
A5	Anchura de la articulación interfalángica distal del tercer dedo
A6	Anchura de la articulación interfalángica proximal del tercer dedo
A7	Anchura de la articulación interfalángica distal del cuarto dedo
A8	Anchura de la articulación interfalángica proximal del cuarto dedo
A9	Anchura de la articulación interfalángica distal del quinto dedo
A10	Anchura de la articulación interfalángica proximal del quinto dedo

Tabla 15. Resultados de las mediciones conforme a sus códigos según la Figura 34. Fuente: elaboración propia

Código	Anchuras
A1	9 cm
A2	3 cm
A3	2 cm
A4	2.5 cm
A5	2.5 cm
A6	3 cm
A7	2.3 cm
A8	2.5 cm
A9	2 cm
A10	2.5 cm

- **Circunferencias**

La información circunferencial de los dedos y la mano del paciente se muestran en la Figura 35. En la Tabla 16 se describen dichas medidas y en la Tabla 17 se presentan las medidas circunferenciales obtenidas del paciente.

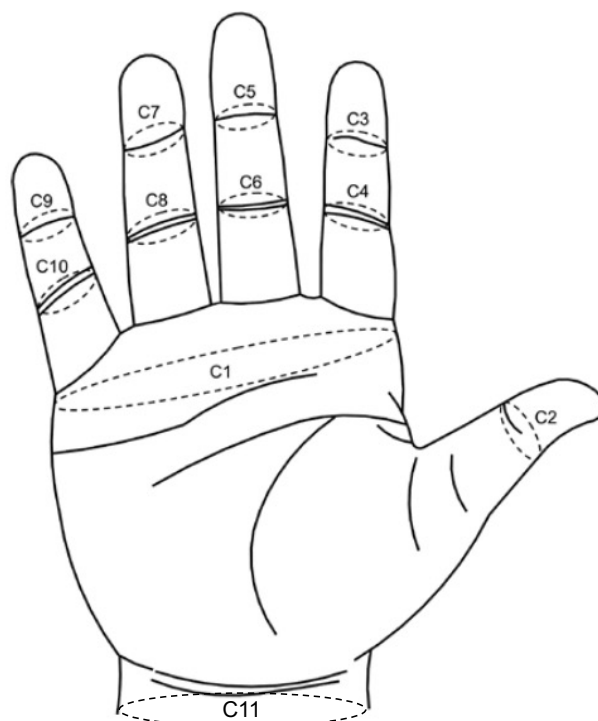


Figura 35. Circunferencias de la mano consideradas para dimensionar las partes de los guantes. Fuente: Rincón, O & García G (2015).

Tabla 16. Códigos y nombre de las variables de la Figura 35. Fuente: Rincón, O & García G (2015).

Código	Nombre de la variable
C1	Circunferencia metacarpial
C2	Circunferencia de la articulación interfalángica del primer dedo
C3	Circunferencia de la articulación interfalángica distal del segundo dedo
C4	Circunferencia de la articulación interfalángica proximal del segundo dedo
C5	Circunferencia de la articulación interfalángica distal del tercer dedo
C6	Circunferencia de la articulación interfalángica proximal del tercer dedo
C7	Circunferencia de la articulación interfalángica distal del cuarto dedo
C8	Circunferencia de la articulación interfalángica proximal del cuarto dedo
C9	Circunferencia de la articulación interfalángica distal del quinto dedo
C10	Circunferencia de la articulación interfalángica proximal del quinto dedo
C11	Circunferencia de la muñeca

Tabla 17. Resultados de las mediciones conforme a sus códigos según la Figura 35. Fuente: elaboración propia

Código	Circunferencias
C1	21 cm
C2	6.5 cm
C3	5 cm
C4	6 cm
C5	5 cm
C6	6.5 cm
C7	5 cm
C8	6 cm
C9	4.5 cm
C10	5.5 cm
C11	17.2 cm

- **Ángulos**

La Figura 36 muestra los ángulos de los dedos y la Tabla 18 muestra la descripción de éstos. La Tabla 19 muestra la medición de los ángulos realizada a los pacientes.

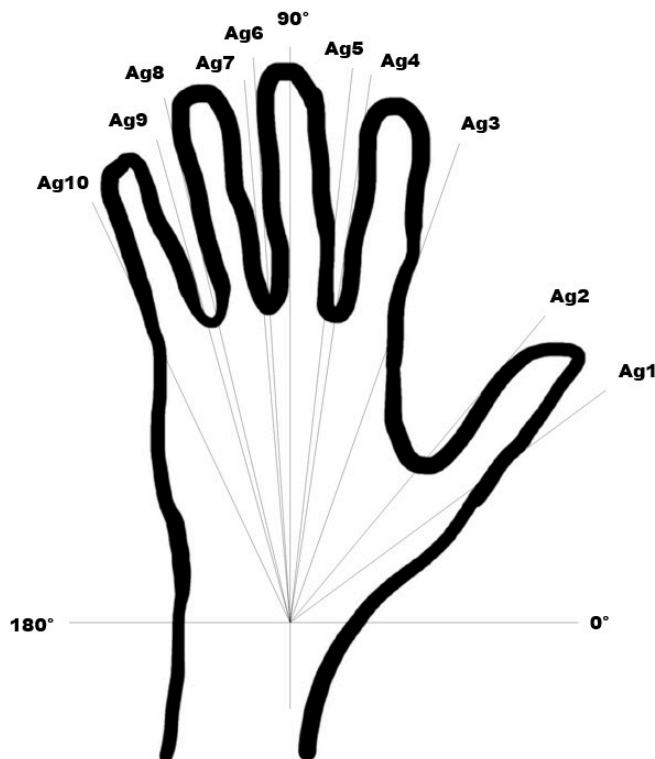


Figura 36. Ángulos de la mano real del paciente, tomando el plano frontal al tener en posición de reposo la mano y al estirarla, así obteniendo sus tolerancias. Fuente: elaboración propia

Tabla 18. Códigos y nombre de las variables de la Figura 36. Fuente: elaboración propia

Código	Nombre de la variable
Ag1	Ángulo de la muñeca al pulgar, lado izquierdo
Ag2	Ángulo de la muñeca al pulgar, lado derecho
Ag3	Ángulo de la muñeca al índice, lado izquierdo
Ag4	Ángulo de la muñeca al índice, lado derecho
Ag5	Ángulo de la muñeca al dedo medio, lado izquierdo
Ag6	Ángulo de la muñeca al dedo medio, lado derecho
Ag7	Ángulo de la muñeca al dedo anular, lado izquierdo
Ag8	Ángulo de la muñeca al dedo anular, lado derecho
Ag9	Ángulo de la muñeca al meñique, lado izquierdo
Ag10	Ángulo de la muñeca al meñique, lado derecho

Tabla 19. Resultados de las mediciones conforme a sus códigos según la Figura 36. Fuente: elaboración propia

Código	Ángulos	
	Reposo	Tolerancia
Ag1	15°	±15°
Ag2	35°	±15°
Ag3	60°	±15°
Ag4	75°	±10°
Ag5	80°	-
Ag6	100°	-
Ag7	105°	±5°
Ag8	120°	±5°
Ag9	125°	±10°
Ag10	140°	±15°

4.4.5 Propuestas y bosquejo del diseño

En esta sección se presentan algunas propuestas de diseño conceptual para caracterizar la posible configuración del dispositivo. Existen diferentes tipos y modelos de guantes que se utilizan para las manos. Sin embargo, para aplicaciones de la Enfermedad de Parkinson no existe. A continuación, se mostrarán algunos diseños de guantes que existen en el mercado para poder conocer y determinar la configuración del diseño propuesto:

- **GyroGlove**

Faii Ong, estudiante de medicina del Imperial College de Londres, desarrolló unos guantes llamados GyroGlove, que incorporan sensores y giroscopios, y se encargan de reducir hasta un 90% los movimientos involuntarios de la Enfermedad de Parkinson. Además, Ong está acompañado de un equipo de expertos desde médicos hasta negociantes.

El GyroGlove™ es una tecnología portátil actualmente en desarrollo para aumentar la estabilidad de la mano. Los giroscopios dentro del guante se utilizan para contrarrestar los temblores de las manos y restaurar la confianza y la facilidad de las tareas diarias (GyroGear, 2017). Las cubiertas giratorias se mantienen rectas al girar ya que convierten el momento angular. Esto significa que se resisten a cualquier fuerza que se aplique (tal como los temblores) de forma inmediata y proporcional.

Su mecanismo se basa en los giroscopios, los cuales se tratan de mantener en posición vertical para que puedan contrarrestar el movimiento no deseado de la mano y así reduciéndolo.

Estos guantes están en proceso de desarrollo para su comercialización. Lo que los distingue de los demás guantes y tratamientos para esta enfermedad, es que combinan la elegancia y durabilidad en algo pequeño, al mismo tiempo que ayuda a las personas a llevar su vida cotidiana tal y como lo hacían antes de padecer Parkinson. Si bien este es su principal enfoque, se espera que los guantes sean útiles para otro tipo de enfermedades relacionadas con temblores o estabilización de la mano. La Figura 37 muestra el prototipo descrito anteriormente.



Figura 37. GyroGlove. Fuente: GyroGear, (2017)

- **STAG**

Scalable Tactile Glove (STAG) o en español guante táctil escalable de bajo costo, fue desarrollado en 2019 por un grupo de investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Este guante está equipado con alrededor 550 sensores en toda la mano para reconocer objetos por medio de la presión.

El STAG está laminado con un polímero eléctricamente conductor que cambia la resistencia a la presión aplicada. Los investigadores cosieron hilos conductores a través

de orificios en la película del polímero conductor, desde la punta de los dedos hasta la base de la palma. Los hilos se superponen de una manera que los convierte en sensores de presión. Cuando alguien que usa el guante siente, levanta, sujeta y deja caer un objeto, los sensores registran la presión en cada punto (MIT, 2019).

Su mecanismo se basa en la captura de señales de presión por medio de cada sensor, al momento de que la persona interactúe con un objeto. Después su red neuronal procesa las señales para aprender los patrones o conjunto de datos de presión-señal relacionados con los objetos. Por último, el sistema usa los datos obtenidos para clasificar dichos objetos y poder predecir sus pesos con tan solo sentirlos.

Se realizaron distintas pruebas experimentales utilizando el STAG con 26 objetos comunes, obteniendo un porcentaje de precisión de identidad de objetos de hasta 76%. Además de producir datos de muy alta resolución, estos guantes son de bajo costo, ya que se fabrican con materiales disponibles comercialmente por alrededor de US\$10.

Su enfoque está hacia los robots y hacia las personas que carecen de sensación al tacto en distintas partes de la mano, y personas que tienen problemas en tomar objetos, como lo es el Parkinson. La Figura 38 muestra el prototipo descrito anteriormente.



Figura 38. STAG. Fuente: MIT, (2019).

- **iGlove**

El iGlove es un guante que utiliza un tejido conductor llamado “Silver Stim”, que al humedecerse permite que la estimulación de la unidad TENS pase por la mano y los dedos, mejorando su flujo sanguíneo, la movilidad y aliviar el dolor.

Funciona de la misma manera que una almohadilla de electrodos, a diferencia que apunta a toda la mano. Recibe impulsos eléctricos ya sea de una unidad TENS o EMS, conduciéndolos a través de un hilo plateado que contiene por dentro de la prenda. Así mismo, estimula las terminaciones nerviosas y como se dijo anteriormente alivia dolores en manos, reduce la hinchazón y rehabilita músculos para mejorar y aumentar su movilidad.

Actualmente se encuentra en el mercado y es fácil de usar. Sus cuidados son lavarse a mano con agua caliente y dejar secar naturalmente. Cuenta con distintas tallas para manos, medianas y grandes.

Para el Parkinson sirve de ayuda al momento de la terapia, ya que, al estar en contacto con un electro-estimulador, mejora sus movimientos y retrasa los involuntarios. Es una opción viable al momento de terapias, pero es necesario llevar una capacitación para utilizarlo correctamente. La Figura 39 muestra el prototipo descrito anteriormente.



Figura 39. iGlove. Fuente: TensCare, (2022).

- **Dispositivo propuesto**

Una vez descritos, grosso modo, algunos dispositivos que existen en el mercado y en la investigación, en esta sección se presentan las consideraciones y especificaciones que se buscan en la propuesta del dispositivo motivo de estudio en este trabajo de tesis.

Las especificaciones que se buscan con el dispositivo se enlistan a continuación:

1. Dispositivo de bajo costo.
2. Debe ser fabricado con materiales localizados en la región.
3. Se busca minimizar los movimientos no deseados producidos por la Enfermedad de Parkinson.
4. El diseño debe de permitir control mínimo del paciente (para poder sujetar y mover objetos).
5. El dispositivo debe ser diseñado tomando en consideración los efectos de la piel de la persona para evitar daños.
6. El diseño debe ser modular.
7. El diseño debe de permitir un fácil mantenimiento.
8. El diseño debe ser fácilmente montable y desmontable.
9. El diseño propuesto debe evitar molestia visual (evitar dispositivo y elementos demasiado grandes o toscos) al paciente.
10. El montaje, la calibración y el retiro del dispositivo propuesto debe de ser por una persona ajena al paciente.

4.4.6 Descripción de funcionamiento del diseño

La propuesta de diseño del dispositivo para minimizar los movimientos involuntarios del paciente se muestra en la Figura 40.

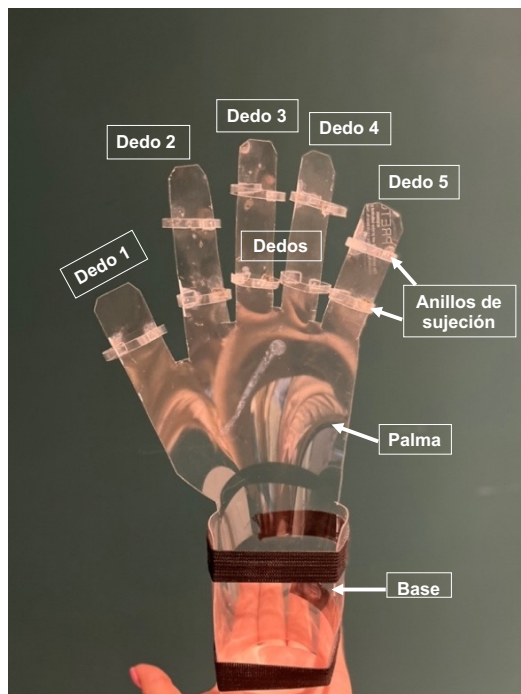


Figura 40. Prototipo de dispositivo para minimizar los movimientos involuntarios del Parkinson.

De acuerdo con la figura anterior, el diseño planteado busca minimizar los movimientos de flexión de la mano del paciente. Dichos movimientos son: la apertura de los dedos entre ellos, la flexión y la extensión.

El diseño planteado busca además de minimizar los movimientos no deseados de la mano, que el paciente tenga control mínimo para poder manipular objetos de primera necesidad. Por lo tanto, los materiales que deben utilizarse tienen que garantizar que el paciente pueda tener capacidad para realizar actividades de sujeción y desplazamiento para lograr una mejor manipulación de los objetos.

Una parte importante del dispositivo a considerar es que el diseño busca con su colocación en la mano lo lleve a la misma a una posición estable (debido a que la posición de la mano antes y después de la Enfermedad de Parkinson cambia y se cierra).

El dispositivo propuesto está diseñado a partir de una plantilla fija y anillos de sujeción y banda de sujeción entre la muñeca y el antebrazo. Los anillos se distribuyeron de la manera siguiente (ver Figura 40): en el dedo 1 se colocó un solo anillo de sujeción debido a que solamente cuenta con dos falanges; en los dedos 2,3,4 y 5 se colocan dos anillos de sujeción debido a que cuentan con tres falanges y el dispositivo busca rigidizar el movimiento involuntario ya que el dedo 1 tiene un movimiento menos complejo que los demás (en términos del número de falanges y en configuración). Los anillos que sujetan

las falanges tienen diferentes diámetros, debido al grosor distinto que tiene cada articulación del dedo.

Por otro lado, la base del dispositivo se sujeta mediante una cinta elástica adherida al dispositivo principal. La base se colocará entre la muñeca y el antebrazo esto con el propósito de rigidizar todo el sistema.

La palma de la mano no cuenta con ningún apoyo ya que la base y los anillos son suficientes para evitar los movimientos involuntarios de esa parte de la mano.

Para colocar el dispositivo en la mano del paciente, se debe considerar el siguiente procedimiento (véase la Figura 41):

1. El paciente debe de juntar todos sus dedos e introducirlos en la base.
2. Posteriormente se toma el dispositivo y se hace fuerza introduciendo toda la mano cerca de los anillos.
3. El paciente introduce los dedos sobre los anillos buscando que se localicen entre las falanges.

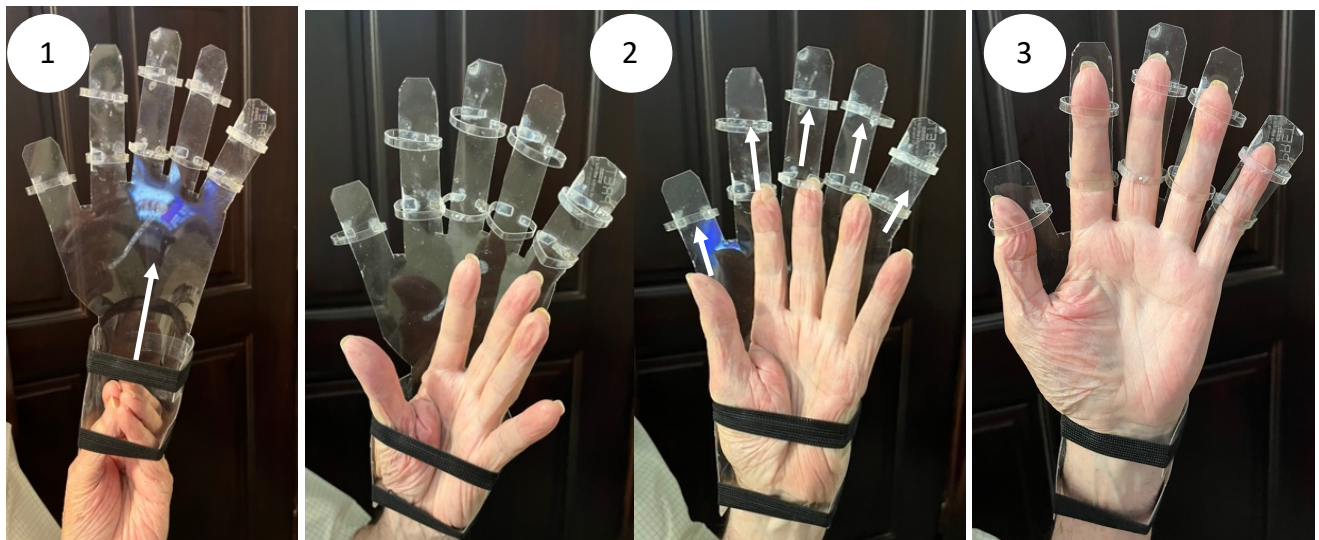


Figura 41. Pasos por seguir para la colocación del dispositivo en la mano.

La primera función del diseño, que es la de evitar los movimientos indeseados de la mano, se cumple con solo montar el dispositivo sobre la mano. Esto es, el paciente puede

visualizar que los movimientos involuntarios han disminuido (no eliminados), logrando con esto una satisfacción.

La segunda función del diseño es la de permitir al paciente flexionar el sistema para que el paciente pueda sujetar y transportar objetos de primera necesidad (tazas, platos, etc.). Esto es posible debido a que el dispositivo puede deformarse por la fuerza del paciente de manera que logre su manipulación.

Cabe mencionar que en realidad se requieren dos dispositivos para cada mano, por lo tanto, se requiere de una persona que ayude al paciente a colocarse y quitarse los dispositivos. Las figuras siguientes muestran diferentes vistas del dispositivo propuesto:



Figura 42. Vista frontal del dispositivo.



Figura 43. Vista por detrás del dispositivo.



Figura 44. Vista lateral del dispositivo mano hacia arriba.



Figura 45. Vista lateral del dispositivo mano hacia abajo.



Figura 46. Vista costados del dispositivo.

4.4.7 Propuesta de materiales

El desarrollo del prototipo requiere de la selección de materiales. Sin embargo, para poder precisarlos se requiere hacer diversas pruebas. Para realizar el primer prototipo funcional se consideró “polietileno de alta densidad usado en carillas para taller de mecánico”, ya

que esté material permite rigidez lateral para minimizar los movimientos de los dedos con la ayuda de los sujetadores. Al mismo tiempo, el material y el diseño de la manopla permiten que el cuerpo del prototipo se deforme al momento en que el paciente aplica cierta fuerza, de manera que puede tomar objetos básicos. Al dejar de aplicar fuerza, el prototipo vuelve a su posición original (no se deforma permanentemente).

Los materiales que deben ser considerados para el diseño del guante deben cumplir con las indicaciones siguientes:

- 1) Se busca que el material principal y base del prototipo sea *flexible* de manera que se pueda adaptar a la mano del paciente sin lastimarlo ni que sea rígido de manera que inmovilice la extremidad.
- 2) Los materiales considerados deben tener una *rugosidad* tal que no causen heridas a los pacientes (escaras de decúbito), debido a que la Enfermedad de Parkinson debilita la piel de los enfermos.
- 3) El material base debe poder soportar las *deformaciones elásticas* que se producirán cuando el paciente quiera manipular objetos esenciales.
- 4) El material con el que se diseñarán los sujetadores de las falanges debe de tener una *rugosidad* tal que no dañe la piel de los dedos y que puede ser acoplado de manera funcional al cuerpo principal del prototipo.
- 5) El material principal que sujeta la muñeca debe ser una *rugosidad* tal que no dañe la piel del paciente.

4.4.8 Prototipo

No es una condición necesaria que se deba armar o construir un prototipo de un invento. Cuando se busca una patente no se busca necesariamente un prototipo, en realidad se está patentando una idea o invención. Comúnmente los inventores tienden a desarrollar prototipos con muy poca ingeniería (cálculos, simulaciones, etc.) para poder probar principios.

Los prototipos cumplen funciones específicas. Generalmente se construyen una gama de prototipos antes de sacar un sistema, máquina o producto al mercado. Cuando el prototipo ha cumplido con todas las especificaciones de los diseñadores y de los clientes, entonces el último de ellos se transforma en una tecnología o producto.

Para el caso de esta tesis, el prototipo construido buscaba probar las siguientes funciones:

- 1) La reducción de los movimientos de los dedos.
- 2) La flexibilidad para los movimientos controlados del paciente.
- 3) La facilidad con que el guante se podía colocar y quitar de la mano del paciente.
- 4) La manera en que el guante podía se fijado tanto a la muñeca como a los dedos.
- 5) Que el costo del prototipo fuera bajo.

La Figura 47 muestra al prototipo desarrollado, el cual cumplió con las funciones encomendadas.



Figura 47. Prototipo funcional para los requerimientos diseñado.

4.5 Inventiva

Difícilmente se pueden expresar en palabras la capacidad inventiva de una persona. Se pueden conocer sus inventos y las tecnologías asociadas a tales inventos, pero la manera en que una persona piensa y crea los inventos. En otras palabras, la creación de ideas es algo intelectual que pueden quedarse como ideas o llevarse a la realidad través de un prototipo o artefacto. La inventiva generalmente viene de una necesidad que debe satisfacerse y de un conjunto de conocimientos elementales o profundos sobre el tema a desarrollar.

Para el caso del invento del guante que minimiza los movimientos indeseados para los pacientes de la Enfermedad de Parkinson, se partió de una necesidad específica: aumentar la calidad de vida del paciente, buscando una solución que no fuera los medicamentos y de preferencia que no fuera costosa y que eliminara los movimientos indeseados.

Sin bien la inventiva parte de una necesidad, generalmente lleva restricciones que se deben cumplir. En otras palabras, a pesar de que pueden existir miles de propuestas para resolver un problema, por lo general siempre debe partirse tomando en cuenta diversas consideraciones.

La primera idea propuesta es la más común, esto es, debido a que los movimientos indeseados son provocados por una actividad eléctrica inusual en el cerebro del paciente, entonces se debería controlar eléctricamente dichos movimientos, particularmente con una operación invasiva. El prototipo entonces estaría centrado en el control de las señales eléctricas del paciente preferente en el origen, esto es, en el cerebro. Esta idea tenía un buen fundamento, pero requería de una investigación profunda y de una invasión al cerebro del paciente. En otras palabras, no era una solución viable.

La segunda idea se concentró en la mano, buscando tener control sobre la actividad eléctrica de las terminales de la mano y sus dedos, restringiendo el problema a solo reducir los movimientos indeseados (no a una eliminación completa). Esta idea implicaba construir un sistema o artefacto que pudiera contrarrestar las señales eléctricas provenientes del cerebro de manera tal que se redujeran los movimientos indeseados. Esta propuesta podría ser invasiva o no. Sin embargo, en análisis debía preferentemente ser eléctrico, lo cual complicaba el proceso ya que se debía conocer con detalle el espectro eléctrico para el funcionamiento de la mano del paciente y luego proponer una solución eléctrica que compusiera los movimientos. Debido a la complejidad de la solución propuesta se consideró una tercera idea.

Esta consistía en darle solución al problema considerando una opción puramente mecánica. Una prótesis que rigidizaría la mano y sus movimientos, una solución no invasiva. Para esta solución se tenía un problema en el que el paciente vería eliminados sus movimientos indeseados, pero el artefacto sería tal que no permitiría movimientos controlados y el aspecto de la prótesis podría implicar una visión no apropiada.

Se propuso una cuarta idea que consistía en reducir hasta donde fuera posible los movimientos indeseados, pero considerando que el paciente pudiera mover ciertos objetos comunes. Por consiguiente, la propuesta debía entonces considerar la reducción de los movimientos de los dedos, pero el prototipo debería ser desarrollado con un diseño y un material flexible. A esta propuesta se le añadió una nueva problemática relacionada con la piel delgada que provoca la Enfermedad de Parkinson. Se debería considerar que los materiales elegidos o tomados en cuenta, no originaran escaras o heridas en el paciente.

Finalmente, la cuarta idea fue la considerada para resolver el problema y basados en sus características se propusieron los siguientes cuestionamientos:

- 1) ¿Cuál podría ser la configuración más adecuada del prototipo?
- 2) ¿Con qué mecanismos se podrían asegurar los dedos de manera que el movimiento indeseado se minimice?
- 3) ¿Qué materiales serían los adecuados para la funcionalidad de la mano?
- 4) ¿Qué configuración y que tipo de materiales permitiría que el paciente pudiera tener movimientos controlados para mover objetos cotidianos?
- 5) ¿Qué material podría ser el adecuado para no provocar llagas en la piel del paciente?
- 6) ¿De cuántas partes debería constar el prototipo?
- 7) ¿Cómo sería la colocación del prototipo en el paciente?

Una vez que se finalizó el proceso de la inventiva, se procedió a generar un prototipo (ver figura 48). Las preguntas descritas anteriormente corresponden más a la ingeniería.



Figura 48. Resultados del proceso de la inventiva.

4.6 Patente

En esta sección se presenta la documentación técnica del prototipo la cual se basa tomando en consideración la Guía del usuario de Patentes y Modelos de Utilidad. (2013) del Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual. El nombre de la patente se describe a continuación:

Nombre de la Patente: Guante para la disminución de los movimientos indeseados de la Enfermedad de Parkinson.

4.6.1 Descripción

La función más importante de la descripción de una patente consiste en divulgar la invención, es decir, deberá hacerse en forma suficientemente completa y clara para cumplir con dos propósitos: 1) que sea posible evaluar la invención 2) para poder guiar su realización por una persona que posee pericia y conocimientos medios en la materia. A continuación, se describen unos breves antecedentes relacionados con invención motivo de estudio en este trabajo de tesis:

4.6.1.1 Antecedentes de la invención

En esta sección se describen los antecedentes relacionados con el invento relacionado el guante para minimizar los movimientos indeseados de la Enfermedad del Parkinson. La Tabla 20 muestra los antecedentes en formato de patente según el manual del IMPI.

Tabla 20. Antecedentes de una invención.

5	La Enfermedad de Parkinson es una enfermedad progresiva del sistema nervioso que afecta el movimiento. Afecta a 0.3% de la población general, 1% de los adultos mayores de 60 años y hasta 3% de adultos mayores de 80 años. En México, se calcula que hay más de 230,000 pacientes diagnosticados y más de 40,000 en búsqueda de atención médica, diagnóstico y tratamiento.
10	En México, se calcula que hay más de 230,000 pacientes diagnosticados y más de 40,000 en búsqueda de atención médica, diagnóstico y tratamiento. La Enfermedad de Parkinson ha sido posicionada en el lugar 20 de las principales causas de muerte en personas mayores de 65 años y, particularmente, afecta más a los hombres.
15	Existen muy pocos tratamientos para disminuir los movimientos involuntarios de esta enfermedad. Para los adultos mayores es muy difícil poder llevar a cabo actividades comunes y corrientes, así como ser una persona independiente. Los medicamentos provocan incapacidad en los pacientes, entre otros efectos secundarios que presentan, como mareos, alucinaciones.
20	Otra consecuencia o síntoma secundario puede ser la depresión, causando al paciente el aislamiento social, dificultades con las relaciones interpersonales, niveles altos de ansiedad, tristeza, enojo, confusión, falta de ganas en las actividades que comúnmente realiza, sumando la probabilidad de tomar terapia psicológica, lo que complica aún más tratar el Parkinson.
25	El Parkinson es una enfermedad que dificulta el querer salir adelante, ya que comúnmente llega en una edad en la que las personas ya tienen ciertas limitaciones en sus actividades cotidianas, por lo que provoca que se sientan totalmente incapaces, solos, que presenten cambios emocionales drásticos y afecte la forma de convivir con los demás, de aislarse por completo, y a menudo sentirse tristes.

4.6.2 Descripción de la invención

La descripción de la invención debe ser simple y con la información suficiente. Este paso es muy importante debido a que sirve de base para las reivindicaciones. Deberá haber una relación proporcional entre el contenido de la descripción y la amplitud de las reivindicaciones. La Tabla 21 describe la invención propuesta en este trabajo de tesis.

Tabla 21. Descripción de la invención.

5	<p>Los detalles de novedad característicos de este novedoso invento se describirán a continuación, para lo cual se incluirán dibujos básicos e ilustraciones siguiendo los signos de referencia de las partes y las figuras mostradas.</p>
10	<p>La invención es un dispositivo llamado: Guante para la disminución de los movimientos indeseados de la Enfermedad de Parkinson y consta de:</p> <p>La figura 1 muestra el esquema general del dispositivo. La figura 2 muestra los componentes del dispositivo La figura 3 muestra los mecanismos de sujeción de las falanges La figura 4 muestra la sujeción del dispositivo a la muñeca del paciente La Figura 5 muestra las partes centrales flexible del dispositivo</p>
20	<p>Con referencia a la figura 1 se muestra el dispositivo completo que minimiza los movimientos indeseados de la Enfermedad de Parkinson y permite al paciente tener control de sus dedos para tomar objetos básicos (No 1).</p> <p>Con referencia a la figura 2, se muestran las partes que componen al dispositivo.</p> <p>Con referencia a la figura 2, se muestra la parte en donde se sujeta la mano del paciente (No 1).</p> <p>Con referencia a la figura 2, se muestra la parte central del dispositivo que permite el apoyo total de la mano del paciente (No 2).</p> <p>Con referencia a la figura 2, se muestra la parte en donde paciente apoya la parte superior de la mano sobre la parte principal del dispositivo (No 3).</p> <p>Con referencia a la figura 2, se muestra la parte en donde se sujetan los dedos del paciente al dispositivo (No 4).</p> <p>Con referencia a la figura 3, se muestra el sujetador de la primera falange del dedo (No 1).</p> <p>Con referencia a la figura 3, se muestra el sujetador de la segunda falange del dedo (No 2).</p> <p>Con referencia a la figura 3, se muestra el sujetador del dedo índice (No 3).</p> <p>Con referencia a la figura 4, se muestra el primer sujetador de la muñeca con el dispositivo (No 1).</p>
5 10	<p>Con referencia a la figura 4, se muestra el segundo sujetador de la muñeca con el dispositivo (No 2).</p> <p>Con referencia a la figura 5, se muestra la parte flexible de la parte superior de la mano (No 1).</p> <p>Con referencia a la figura 5, se muestra la parte flexible de los dedos que no son pulgares (No 2).</p> <p>Con referencia a la figura 5, se muestra la parte flexible del dedo pulgar (No 3).</p>

4.6.3 Reivindicaciones

De acuerdo con el manual de patentes del IMPI (2013), las reivindicaciones son las características técnicas fundamentales de una invención, para las cuales se reclama la protección legal mediante la solicitud de patente. Cuando una patente es concedida, las reivindicaciones aprobadas determinan el alcance de la protección legal otorgada.

La esencia o razón de ser de una reivindicación consiste en definir la invención, indicando sus características técnicas, dándole el alcance a la patente. La reivindicación deberá delimitar claramente la invención respecto al estado de la técnica o tecnología anterior. Las reivindicaciones de producto podrán referirse a una sustancia (compuesto, mezcla u otra similar) definida mediante la indicación de su composición o de las funciones de sus componentes. Las reivindicaciones de procedimiento podrán referirse al proceso o método propiamente dicho (de fabricación o de tratamiento de un producto, de análisis, de medición, de síntesis, etc.) hasta la aplicación nueva de un procedimiento conocido o la nueva utilización de un producto conocido. Por regla general las reivindicaciones no deben hacer referencia a la descripción ni a los dibujos.

Se presentan en la Tabla 22 las reivindicaciones relacionadas con el prototipo de guante para disminuir los movimientos de los dedos de la mano de un paciente con la Enfermedad de Parkinson.

Tabla 22. Reivindicaciones.

	Una vez descrita suficientemente mi invención, la considero como una novedad y, por lo tanto, reclamo como de mi exclusiva propiedad, lo contenido en las siguientes cláusulas:
5	1. Dispositivo mecánico que se utiliza para disminuir los movimientos indeseados de la mano y dedos para pacientes con la Enfermedad de Parkinson y que permite, al mismo tiempo, el movimiento controlado de los dedos y mano del paciente para mover y trasladar objetos caseros para uso personal.
10	2. Mecanismo de agarre de las falanges que permiten la sujeción de los dedos de la mano, y que reducen los movimientos lineales, rotaciones y combinados indeseados del paciente y al mismo tiempo, permite que el paciente pueda mover los dedos para tomar objetos básicos de uso personal.
15	3. Mecanismo que permite la flexión del dispositivo en la mano y los dedos para que el paciente pueda tener movimientos controlados para agarrar y soltar objetos básicos de uso personal.

4.6.4 *Resumen de la invención*

El resumen de un documento de patente es un enunciado breve y conciso del su desarrollo técnico según lo marca el manual de patentes del IMPI. Deberá ser una herramienta útil y eficiente en la búsqueda de información en un campo particular de la técnica. El resumen relacionado con el invento motivo de estudio se describe en la Tabla 23.

Tabla 23. Resumen de la invención.

	Esta invención se refiere a un dispositivo mecánico que sirve para reducir los movimientos indeseados de la mano y dedos derivados de la Enfermedad de Parkinson.
5	El dispositivo tiene un mecanismo de sujeción de los dedos que le permite la reducción de los movimientos locales y la capacidad de que el paciente pueda tener movimientos globales controlados para manipular objetos de uso doméstico.
10	El dispositivo está diseñado de tal manera que el paciente pueda tener control global de su mano y dedos para poder manipular objetos caseros básicos como tazas o vasos.

4.6.5 *Dibujos técnicos*

De acuerdo con el manual de patentes del IMPI (2013), los dibujos técnicos cumplen con el mismo objetivo de la descripción, tanto para divulgación la invención como para la interpretación de las reivindicaciones. Un dibujo es la expresión gráfica que ayuda a describir y comprender mejor una invención. En este sentido, los dibujos deben ir explicados en la descripción, tienen que ser esquemáticos, libres de detalles inútiles, de leyendas y de palabras, poniendo en evidencia lo esencial, o sea, las características de la invención. Los dibujos relacionados el dispositivo para reducir los movimientos indeseados de las manos para pacientes de la Enfermedad del Parkinson se muestran en las figuras siguientes:

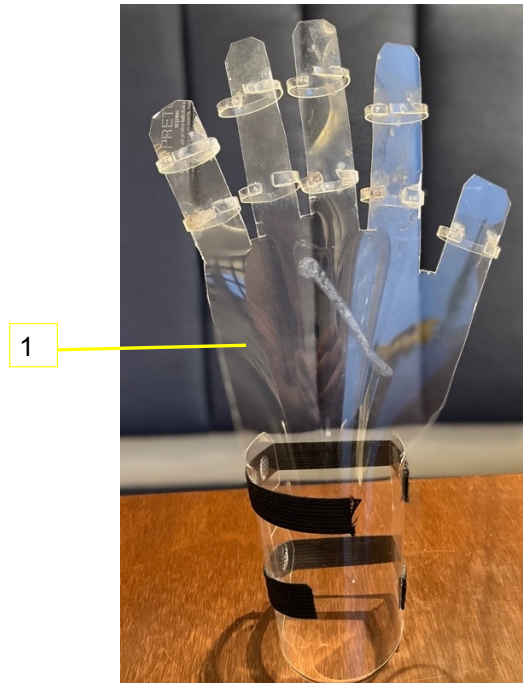


Figura 49. (Figura 1 de la patente) Configuración del dispositivo.

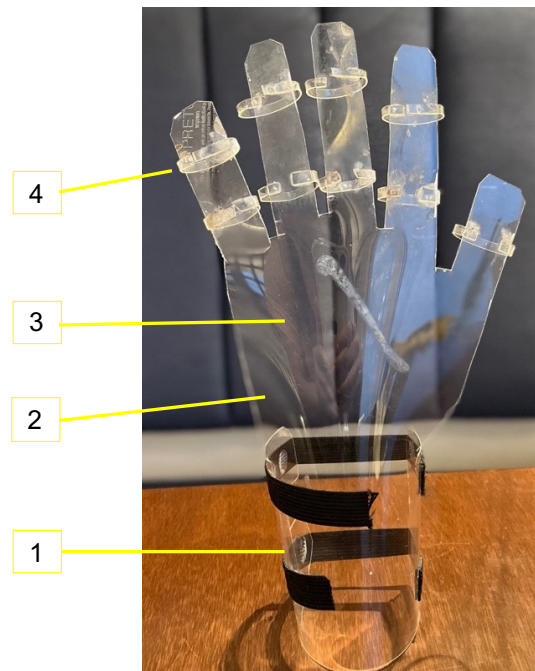


Figura 50. (Figura 2 de la patente) Componentes del dispositivo.

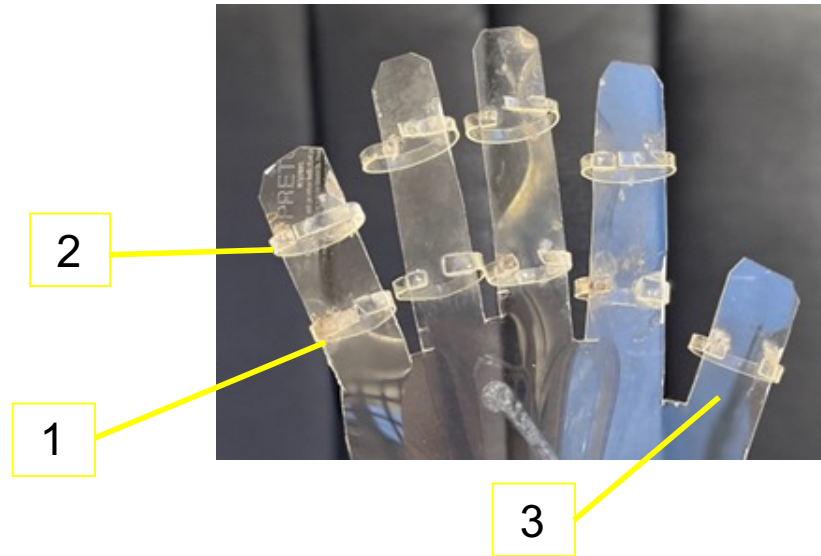


Figura 51. (Figura 3 de la patente) Mecanismo de sujeción de los dedos.

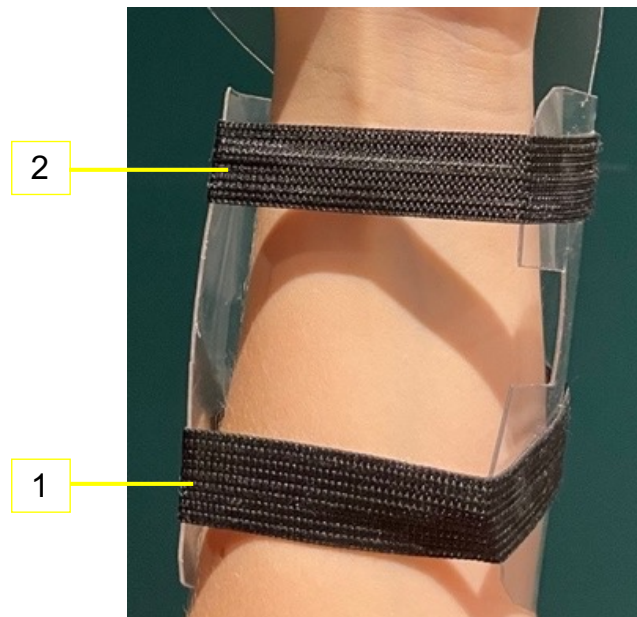


Figura 52. (Figura 4 de la patente) Mecanismo de sujeción de los dedos.

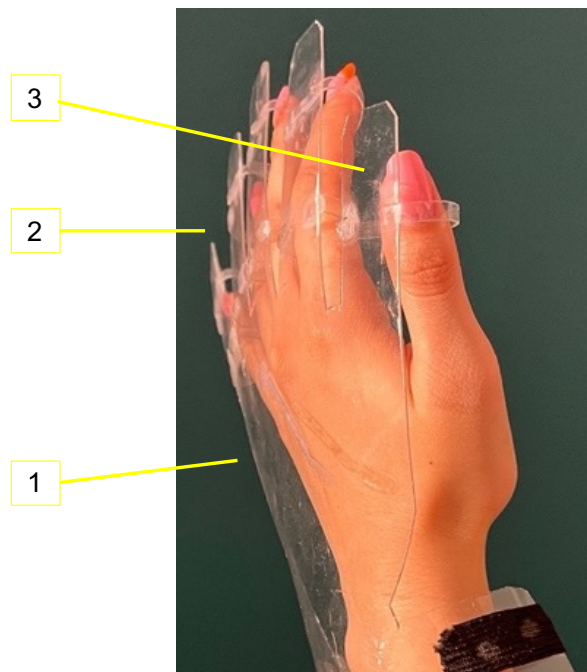


Figura 53. (Figura 5 de la patente) Mecanismo de flexión de la mano y dedos.

4.7 Resultados de la Ingeniería

Con los datos obtenidos de la mano descritos en la sección 4.4.4 se diseñó un dispositivo personalizado para el paciente considerado en este trabajo de tesis. La figura 54 muestra el dispositivo personalizado del paciente.



Figura 54. Dispositivo personalizado para el paciente.

En la Tabla 24 siguiente se presenta la evaluación de satisfacción del paciente, relacionada con el dispositivo y su funcionamiento.

Tabla 24. Resultados de satisfacción del paciente.

No.	Parte del componente	Características	Observaciones del paciente	Ponderación
1	Dispositivo en general	Dispositivo completo colocado en el paciente	Útil para actividades cotidianas como lavarse los dientes, rasurarse, para leer, para hacer sudoku.	Sí.
2	Sujeción de la muñeca	Dispositivo colocado en la muñeca para el agarre.	Es cómoda al usar, no molesta y le da el balance para la sujeción de los dedos.	Sí.
3	Sujeción de las falanges	Dispositivo colocado en las falanges para el soporte.	Están en posición perfecta, ya que me sujetan los dedos de la manera correcta.	Sí.
4	Flexibilidad y control	Control de movimientos globales para el manejo de objetos y la realización de actividades.	El movimiento debe de ser un poco más flexible, pero es funcional.	Sí.
5	Reducción de movimientos locales	Elementos de sujeción de los dedos.	Ayuda a disminuir el temblor por su rigidez.	Sí.

6	Manejo de objetos cotidianos	Colocación completa del dispositivo en la mano para el manejo de objetos.	Ayuda a tomar los objetos con mayor seguridad, pero se necesita más flexibilidad.	Sí.
7	Colocación del dispositivo en la mano	Manera en que se coloca el dispositivo en la mano y los dedos.	Se dificulta colocármelo en la mano por mí mismo.	No.
8	Material	Material propuesto para el diseño	Se sintió un poco rugoso.	No.
9	Satisfacción	Satisfacción general del dispositivo colocado en el paciente.	Lo sentí bien, y considero que me puede ayudar en vida cotidiana.	Sí.

Nota: la ponderación, un “sí” se considera aceptable, un “no” es mejorarlo.

Al observar la Tabla 24 se puede deducir lo siguiente:

- En general, la propuesta del dispositivo fue satisfactoria según lo contestado por el paciente.
- De acuerdo con las respuestas del paciente, hay puntos que deben de mejorarse, como la colocación del dispositivo y el material.

En términos generales, se puede deducir que la hipótesis planteada, se cumplió de acuerdo con las respuestas positivas que proporcionó el paciente.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones derivadas de la presente investigación, así como las recomendaciones orientadas a la mejora continua del dispositivo propuesto.

En esta investigación se propuso un dispositivo mecánico cuya función fue la de reducir los movimientos involuntarios de la mano de un paciente con Enfermedad de Parkinson. Las principales conclusiones se describen en los puntos siguientes:

- Fue posible minimizar los movimientos indeseados de la mano y dedos de un paciente con Enfermedad de Parkinson, utilizando un dispositivo completamente mecánico.
- Se logró que el paciente tuviera control global de sus manos y dedos para la realización de actividades cotidianas (comer, tomar objetos, etc.) una vez colocado el dispositivo mecánico en sus respectivas manos.
- Aunque el proceso de la inventiva no es algo sistemático, la lluvia de ideas permitió analizar algunas alternativas del dispositivo para seleccionar la más viable técnica y económicamente. En este sentido el dispositivo propuesto cumplió con ambas consideraciones, ya que la opción mecánica no requirió un estudio profundo acerca del funcionamiento de la mano, eliminando con esto la opción eléctrica.
- La descripción de la patente es una opción didáctica que cumple con todos los requerimientos del manual de IMPI (2013), excepto por los dibujos, ya que las patentes no permiten fotografías. El proceso de la patente puede utilizarse para sistematizar la inventiva de otras materias de la Biomédica.
- La idea propuesta en este trabajo no es el producto final, solo sirve para orientar la ingeniería que debe desarrollarse para generar un producto de venta. Por esta razón el prototipo desarrollado no cumple con requisitos de estética y alta funcionalidad.
- El dispositivo desarrollado en esta tesis, en caso de llevarse a una opción comercial (Ingeniería de Desarrollo, patente, etc.) podría ser la solución a la mejora física y psicológica para los pacientes, ya que, por un lado, el observar que se reducen sus movimientos involuntarios los hace sentir capaces y útiles en la vida diaria.

Recomendaciones

1. Se requiere mejorar el diseño del dispositivo para su comercialización.
2. Se recomienda patentar la idea que dio origen al dispositivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araiza, M., Estela, N., & Sánchez, D. (2011). *Modelo triple hélice: La vinculación PYMES de la Industria Metalmecánica con las Instituciones de Educación Superior y Organismos Gubernamentales*. Obtenido de capt. 15: Pequeñas y medianas empresas: https://www.acacia.org.mx/busqueda/pdf/15_19_triple_helice.pdf
- Arias, L. (2012). Biomecánica y patrones funcionales de la mano. *Morfología Vol.4*, 14-24.
- Barrera, D., Merchán, E., Rodríguez, R., Hernández, D., & Hernández, G. (2017). Obtención del rango de movilidad de los dedos índice, medio, anular y meñique. *Memorias del XXIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM*, 181-185.
- Borod, J. C., Foldi, N. S., & Tenenbaum, H. R. (2008). Depression in Parkinson's disease: Health risks, etiology, and treatment options. *Neuropsychiatr Dis Treatments*, 81-91.
- Chinchilla, M. D. (2017). *Definiciones internacionales de Procedimiento*. Obtenido de OPS: <https://www3.paho.org/relacsis/index.php/es/areas-de-trabajo/desigualdades/item/796-foro-becker-definiciones-internacionales-de-procedimiento#:~:text=Procedimiento%20no%20invasivo%3A%20es%20aquel,monitor%20Holter%2C%20un%20ECG2>.
- Degén. (2020). *El avance de la enfermedad de párkinson requiere mayor control y abordaje ante ciertas fluctuaciones*. Obtenido de <https://conoceelparkinson.org/sintomas/discinesias-parkinson/#:~:text=Las%20discinesias%20en%20p%C3%A1rkinson%20son,ca usadas%20por%20el%20tratamiento%20farmacol%C3%B3gico>.
- EnfermeriaTop. (2021). *Mano*. Obtenido de <https://enfermeria.top/apuntes/anatomia/miembro-superior/mano/>
- EPDA. (2018). *Terapia Parkinson*. Obtenido de <http://terapiaparkinson.com/que-cause-la-enfermedad-de-parkinson/>
- García, R. (2019). *Tratamiento para el Parkinson*. Obtenido de Hospital Clínico San Carlos: <https://www.parkinsonmadrid.org/el-parkinson/el-parkinson-tratamiento/>.
- Gómez, J. A. (2019). Una perspectiva de la innovación tecnológica en Latinoamérica. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, vol. 11*, pp. 101-125. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5343/534367764005/html/>
- GyroGear. (2017). *GyroGlove*. Obtenido de GyroGear: <https://gyrogear.co/>

- IMPI. (2017). *Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial*. Retrieved from Gobierno de México: <https://www.gob.mx/impi/articulos/que-son-las-invenciones?idiom=es>
- Intelectual, n. M. (2013). *Guía del usuario de Patentes y Modelos de Utilidad*. Obtenido de https://sia.xoc.uam.mx/otc/documentos/guia_patentes_IMPI.pdf
- Irizar, I., & MacLeod, G. (2008). Innovación emprendedora en el Grupo Mondragón: el caso de sus centros tecnológicos. *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 41-72.
- Jiménez, E., Martínez, V., Uzeta, R., Arellano, L., Soto, E., & Sotelo, R. (2012). Experiencias del desarrollo de tecnologías graduales para grupos vulnerables: el caso de la etnia guarijía. *1 Congreso La Sallista*.
- Latin American Post. (2019). *LatinAmericanPost*. Obtenido de: <https://latinamericanpost.com/es/30331-como-y-por-que-el-parkinson-afecta-a-mujeres-y-hombres-de-forma-diferente>
- López, M., Mejía, J., & Schmal, R. (2006). Año 24, N.32. In *Un Acercamiento al Concepto de la Transferencia de Tecnología en las Universidades y sus Diferentes Manifestaciones*. (pp. 70-81). Panorama Socioeconómico.
- Lundbeck. (2017). *Enfermedad de Parkinson*. Obtenido de Lundbeck: <https://www.lundbeck.com/es/areas/enfermedad-de-parkinson>
- Mandal, D. (2019). *Historia de la enfermedad de Parkinson*. Obtenido de News Medical Life Sciences: [https://www.news-medical.net/health/Parkinsons-Disease-History-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/Parkinsons-Disease-History-(Spanish).aspx)
- Micheli, F. (2006). *Enfermedad de Parkinson y trastornos relacionados*. Argentina: Editorial Medica Panamericana.
- MIT. (2019). *Desarrollan un guante lleno de sensores, que imita el agarre humano y ayudará a prótesis futuras a 'sentir' objetos*. Obtenido de UNAM: <https://unamglobal.unam.mx/desarrollan-un-guante-lleno-de-sensores-que-imita-el-agarre-humano-y-ayudara-a-protesis-futuras-a-sentir-objetos/>
- Morales, F. (2012). *Conozca 2 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa*. Obtenido de ucipfg.com
- MSD. (2022). *Valores normales para la amplitud de movimiento de las articulaciones*. Obtenido de Manual MSD : <https://www.msmanuals.com/es-mx/professional/multimedia/table/valores-normales-para-la-amplitud-de-movimiento-de-las-articulaciones>

- Ortega, A. (2018). *Enfoques de Investigación*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Alfredo-Otero-Ortega/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION/links/5b6b7f9992851ca650526dfd/ENFOQUES-DE-INVESTIGACION.pdf
- Otero, A. (2018). *Enfoques de Investigación*. Obtenido de <https://www.researchgate.net>
- Parada, R. (2021). Obtenido de Lifeder: <https://www.lifeder.com/plano-sagital/>
- RAE. (2022). *Diccionario de la Real Academia Española*. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/>
- Rincón, O. B., & García, G. A. (2015). Definición de dimensiones antropométricas en la construcción de guantes a partir de requerimientos de diseño. *Iconofacto Vol. 11 No 16*, pp. 125-140.
- Riofrío, G. D. (2017). *Simulación de Sistema Portable para corregir movimientos involuntarios ocasionados por trastornos de Parkinson en la mano*. Obtenido de Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29994/1/TESIS%20-%20Simulacion%20de%20sistema%20portable%20para%20la%20correccion%20de%20movimientos%20involuntarios%20causados%20por%20el%20trastorno%20del%20Park~1.pdf>
- Santander. (2021). *Innovación tecnológica: qué tipos existen y cuáles son sus beneficios*. Obtenido de Santander Universidades: <https://www.becas-santander.com/es/blog/innovacion-tecnologica.html>
- Siegel, D., Waldman, D., Leanne, A., & Link, A. (2004). *Toward a model of the effective transfer of scientific knowledge from academicians to practitioners : qualitative evidence from the commercialization of university technologies*. Research Policy.
- Stroke, N. I., & Bethesda, MD 20892 El material del NINDS sobre . (2016). Obtenido de NIH 15-139S: https://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/parkinson_disease_spanish.htm#:~:text=La%20enfermedad%20de%20Parkinson%20se,cerebro%20conocida%20como%20sustancia%20negra
- Tecnológico, F. C. (2012). *La medición de la Innovación: una nueva perspectiva*. Retrieved from Foto Consultivo Científico y Tecnológico: http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/medicion_innovacion.pdf
- TensCare. (2022). *iGlove*. Retrieved from TensCare: <https://tenscare.co.uk>

- Trujillo, J. M. (2018). *Propuesta de Folleto Complementario de las generalidades de la Anatomía Topográfica*. Obtenido de Universidad de Ciencias Médicas de la Habana: http://uvsfajardo.sld.cu/sites/uvsfajardo.sld.cu/files/folleto_generalidades_anatomia_topografica.pdf
- UVM. (2019). *¿Qué es una patente? ¿Cuál es su importancia y los aspectos técnicos a considerar?* Obtenido de Universidad Viña del Mar: <https://www.uvm.cl/noticias/que-es-una-patente-cual-es-su-importancia-y-los-aspectos-tecnicos-a-considerar/>
- Vitalia. (2019). *Parkinson*. Obtenido de Vitalia: <https://vitalia.es/bibliosalud/parkinson>
- VIU. (2018). *Biomecánica deportiva: métodos y funciones*. Obtenido de Universidad Internacional de Valencia: <https://www.universidadviu.com/es/actualidad/nuestros-expertos/biomecanica-deportiva-metodos-y-funciones>