



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA



PUCP

UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA

FACULTAD DE CIENCIAS Y FILOSOFÍA

Carrera de Ingeniería Biomédica

**SISTEMA DE MONITOREO DEL TEMBLOR EN PACIENTES CON ENFERMEDAD DE
PARKINSON**

INTEGRANTES

Alvaro Sevilla Gutierrez
Ariana Carbajal Serrano
Mauricio Juárez Proaño
Sebastian Chion Alvarado
Vanessa Diaz Arrascue

CURSO

Proyectos de Biodiseño 1

Profesores

Iván Arturo Calle Flores
Rossana Rivas Tarazona

2022-2

1. Problemática

1.1. Marco teórico

a) Definiciones básicas

La enfermedad de Parkinson (EP) es la patología neurodegenerativa motora con mayor incidencia a nivel mundial asociada a la rigidez muscular, temblor y alteraciones en la coordinación de movimientos. Actualmente no existe cura para la enfermedad; sin embargo, se puede contar con tratamientos que alivian algunos de sus síntomas y disminuyen el avance de la enfermedad; en casos severos se puede realizar una cirugía o estimulación cerebral profunda. [1]

La EP es una enfermedad progresiva del sistema nervioso originada por una alteración progresiva en la sustancia negra del mesencéfalo, lo cual causa la pérdida de neuronas fabricadoras de dopamina, neurotransmisor implicado en la coordinación de movimientos. Normalmente comienza alrededor de los 60 años, pero puede aparecer antes, y es más común en los hombres que en las mujeres. Sus síntomas empiezan por la falta de dopamina y lentamente, en general en un lado del cuerpo y después afecta a ambos. Inicialmente las personas experimentan temblor en las manos, brazos, piernas, mandíbula y cara, lentitud de los movimientos y problemas de equilibrio y coordinación; así, a medida que los síntomas empeoran, las personas pueden llegar a tener inconvenientes para caminar o hacer labores simples. Sin embargo, esta enfermedad no solo afecta físicamente al paciente sino también emocionalmente, ya que las personas pueden tener problemas de depresión, dependencia de su cuidador, pérdida de autonomía, trastornos del sueño, depresión, etc. [2]

b) Análisis de los síntomas

La enfermedad de Parkinson comprende síntomas tanto motores como no motores las cuales varían dependiendo del paciente, no obstante el paciente debe demostrar algunas tendencias y responder a la terapia de dopamina para ser diagnosticado de EP. En otras palabras, la EP es definida clínicamente por la presencia de bradicinesia y al menos otro síntoma motor cardinal. Los síntomas motores cardinales incluyen temblores, bradicinesia/hipocinesia/acinesia, rigidez e inestabilidad postural. Otros ejemplos de síntomas motores del Parkinson se muestran en la siguiente tabla

Tabla 1: Síntomas motores y no motores de la enfermedad de Parkinson

Motor symptoms	Non-motor symptoms
Tremor	Hyposmia
Rigidity	Psychiatric symptoms: depression, anxiety, apathy hallucinations, psychosis
Bradykinesia/akinesia/hypokinesia	Dementia/cognitive impairment
Postural instability	Sensory symptoms
Postural abnormalities (camptocormia, Pisa syndrome)	Genitourinary symptoms: urinary frequency, urgency, reduced libido, sexual dysfunction
Gait disturbances (freezing of gait, festination, start/target/obstacle hesitation)	Gastrointestinal symptoms: constipation, delayed/reduced stomach emptying
Alterations in blinking/eye movements	Dysphagia, sialorrhoea, dysarthria, hypophonia
Hypomimia	Disturbances of sleep and wakefulness
Micrographia	Cardiovascular symptoms: blood pressure variations (postural, postprandial), dysrhythmias

Fuente: [6]

A parte de los síntomas motores, los pacientes de esta enfermedad también presentan síntomas no motores (como se puede observar en la tabla 1). Este tipo de síntomas está relacionado con desórdenes de sueño, deterioro cognitivo, desórdenes de ánimos, disfunción autonómica, síntomas sensoriales (hiposmia) y dolor. Algunos de estos síntomas se presentan años o décadas antes de que se presenten los síntomas motores y prevalecen progresivamente mientras la enfermedad avanza [6].

c) Análisis de las causas

Actualmente no se conoce la causa en específico que desencadena esta condición en los pacientes; no obstante, existe una tendencia entre los que sufren esta enfermedad crónica los cuales se detallan a continuación:

En primer lugar, la edad es la causa más importante al momento de referirse a esta enfermedad. El 90% de los casos de Parkinson se presenta después de los 40 años. Además, la edad promedio de estos pacientes se estima entre los 50 y 60 años en Perú. En el caso de que esta se presente en edades tempranas (antes de los 50 años) se le denomina Parkinson de inicio temprano.[4]

Existe cierta información de que algunos factores genéticos contribuyen a desarrollar la enfermedad de Parkinson. El 90% de los pacientes son de origen espontáneo, sin embargo se estima que entre 15 a 25% de los casos están relacionados con un pariente que también ha desarrollado esta enfermedad. [4]

El medio ambiente al que los pacientes de la enfermedad de Parkinson se encuentran expuestos también denota un aporte a las causas para desarrollar esta enfermedad. Se estima que existe un 8.1% de probabilidades de generar esta enfermedad en exposición a pesticidas y un 3.9% en exposición a plomo y cobre. [3]

Las causas o factores que desencadenan la enfermedad son todavía bastante desconocidas, apenas se sabe que está asociada a la edad, a determinados agentes tóxicos y que tiene componentes genéticos y ambientales.

En la agregación de α-syn intervienen mutaciones genéticas, diferentes procesos postraduccionales, como la fosforilación o ubiquitinación, e interacciones con diferentes moléculas como las chaperonas.

La disfunción mitocondrial puede ser inducida tanto por tóxicos ambientales como por mutaciones genéticas, destacando las mutaciones en PINK1 y parkina, que juegan un papel fundamental en la regulación del daño mitocondrial.

d) Análisis de los efectos

La EP suele estar asociada a otros problemas adicionales. Una de las complicaciones es la dificultad para pensar, ya que es posible que la persona presente problemas cognitivos, cuadros psicóticos, alucinaciones, delirio o demencia, normalmente esto sucede en las etapas más avanzadas de la enfermedad. [3] Asimismo, pueden presentar problemas para tragar, pues la saliva puede almacenarse en la boca a causa de la forma lenta de tragar, para masticar y comer, ya que la EP perjudica a los músculos de la boca afectando la masticación. Existen cambios en la presión arterial, como mareos al ponerse de pie, disfunción del olfato, cansancio, dolor en áreas específicas o en todo el cuerpo, náuseas, vómitos, cefalea y disfunción sexual o disminución del deseo sexual. [2]

Del mismo modo, la persona con EP puede tener problemas para dormir, trastornos del sueño, depresión, ansiedad, pérdida de la motivación y cambios emocionales. [2] A causa de la pandemia originada por el virus SARS-CoV-2, se ha investigado en pacientes con Parkinson que la gran mayoría se vieron afectados en sus síntomas no motores; además, el estrés psicológico causado por los brotes del virus agravaron temporalmente los síntomas motores, como congelación de la marcha o trastornos del movimiento; así, estudios sugieren que en pacientes con enfermedad por priones, el virus de la COVID-19 puede empeorar las reacciones inflamatorias del cerebro; de tal forma que acelera la progresión de la enfermedad. [3]

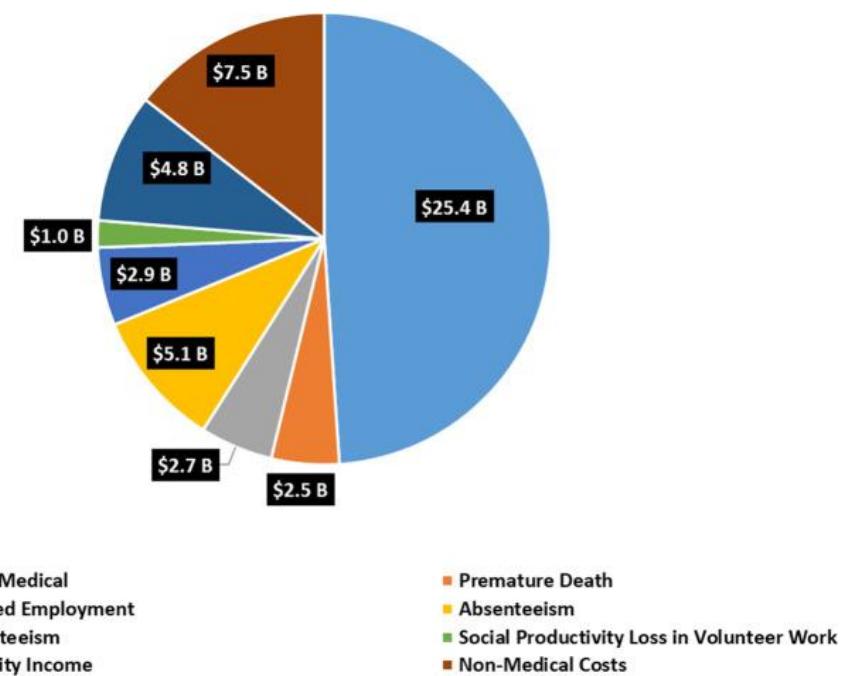
e) Análisis de los impactos económico, social y personal

i) Impacto económico

La enfermedad de Parkinson (EP) es uno de los trastornos neurológicos de más rápido crecimiento en el mundo.

Según la fundación de Parkinson de Estados Unidos el costo total, incluyendo el costo directo y factores indirectos como ingresos perdidos, ascendió a 52 mil millones de dólares. Además detallaron que el costo aproximado de las medicinas que requiere un paciente en un año es de 2500 dólares [4]. Por otro lado, se estima que para el 2037 el costo total sea de a 83.4 mil millones de dólares.

Figura 1: Gráfico circular de la carga económica de la enfermedad de Parkinson en los EE. UU. en 2017 por componentes (en miles de millones de dólares)



Los costos indirectos anuales promedio fueron de \$26,935 por persona, esto se debe en su gran mayoría por la pérdida de productividad y la atención no médica. Además, hay una perdida de 5.1 mil millones de dólares debido a ingresos por discapacidad recibidos por personas con Parkinson[4].

Por otro lado la pandemia a nivel mundial también ha tenido un gran impacto sobre las asociaciones de parkinson, cabe destacar que más del 80% de las asociaciones encuestadas manifiestan que han visto reducidos sus ingresos, debido principalmente a la no concesión de subvenciones, la disminución de ingresos de terapias y servicios, la reducción de ingresos de cuotas de socios/as y el descenso de ingresos derivados de eventos de recaudación de fondos.

Es importante mencionar que no solo se afecta a la economía por los pacientes con Parkinson sino también para los cuidadores. La pérdida de productividad en el trabajo debido al ausentismo y al presentismo superó la de las PCP porque los cuidadores en promedio eran más jóvenes y tenían más probabilidades de estar empleados (13 % de empleados entre las PCP frente a 28 % de empleados primarios y 66 % entre secundarios, cuidadores).

Con eso se concluye que la EP aumenta la carga económica más de lo que se pensaba anteriormente y afecta a las PCP, los cuidadores, los empleadores, los pagadores y la sociedad en general , ya que se da pérdida de valores monetarios en salud como el valor

perdido de la productividad económica debido a enfermedad, discapacidad o mortalidad prematura.

ii) Impacto social y personal

Con el paso del tiempo, la enfermedad avanza y los síntomas se agravan. Los pacientes con Parkinson pueden ser personas muy ancianas que necesitan asistencia de una tercera persona. Por lo tanto, los pacientes pierden autonomía y se vuelven dependientes incluso en las actividades básicas de la vida cotidiana. Esto se agrava con los años ya que la mayoría de los tratamientos de Parkinson se basan en el control de síntomas motores sin embargo a medida que la enfermedad progresá el efecto terapéutico disminuye llevando a fases de OFF. Estas fases son de las más problemáticas, e implican un costo adicional ya que tanto pacientes como cuidadores reportan una menor productividad en estos períodos, además de mayor ausentismo al trabajo. Aproximadamente el 50% de pacientes presenta períodos de OFF después de dos años tomando levodopa, y alrededor del 70% los presenta después de recibir tratamiento por 9 años.[4]

Uno de los síntomas de la enfermedad en el paciente es la disartria. La disartria es la debilidad de los músculos que se usan para hablar. Esto produce dificultad en el habla y hace difícil su comprensión en otras personas. Otro de los síntomas que pueden presentar los pacientes con Parkinson es el enmascaramiento facial, esto es la incapacidad para mostrar emociones mediante expresiones faciales; esto no quiere decir que se vean disminuidas las capacidades de experimentar emociones de los pacientes, simplemente ellos no pueden expresar lo que sienten internamente por gestos faciales. Esto les genera frustración y estigmas sociales.

El estigma afecta no solamente a cómo los pacientes son vistos y tratados por las demás personas, sino también como ellos se ven a sí mismos y cómo afrontarán futuras relaciones con su entorno.

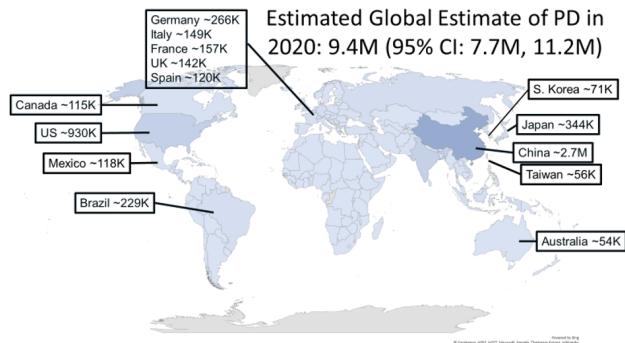
También existen percepciones negativas de las personas que se supone deben tratarlos como son los médicos. Se ha descubierto que trabajadores de salud, sobre todo los de menos experiencia, catalogan a pacientes con enmascaramiento facial como personas negativas. De la misma manera con la disartria, los ven como menos competentes cognitivamente.

El anticipado reconocimiento de estos síntomas es fundamental para prevenir consecuencias negativas en el paciente como es la negación y el rechazo al tratamiento. Los médicos son responsables de manejar adecuadamente estos síntomas socioemocionales para así realizar un mejor tratamiento. [18]

Por otro lado, la pandemia del COVID-19 genera aislamiento social en gran parte de la población y este es un factor de riesgo que lleva al deterioro de la salud y a un incremento de mortalidad. Los pacientes de Parkinson no son ajenos a este problema y se encontró que las personas con EP que se encontraban aisladas eran 55% más propensas a desarrollar síntomas más severos. Así mismo, por la soledad mencionaron que descuidaban su dieta, realizaban menos deporte y veían una disminución en su calidad de vida[6]. En encuestas hechas por fundación de parkinson del Reino Unido y la universidad de Lancaster encontraron que los síntomas que más se agravaron durante el aislamiento

fueron movimientos lentos(88%), fatiga(86%) y la rigidez muscular un 83%. En cuanto a síntomas no motores se encontró que el 66% de pacientes habían presentaban mayor ansiedad y signos de depresión. Pero no fueron solo los pacientes los afectados sino también los cuidadores, el 66% reportó un deterioro en su salud mental[9].

f) Prevalencia y/o cifras relevantes a nivel nacional/internacional

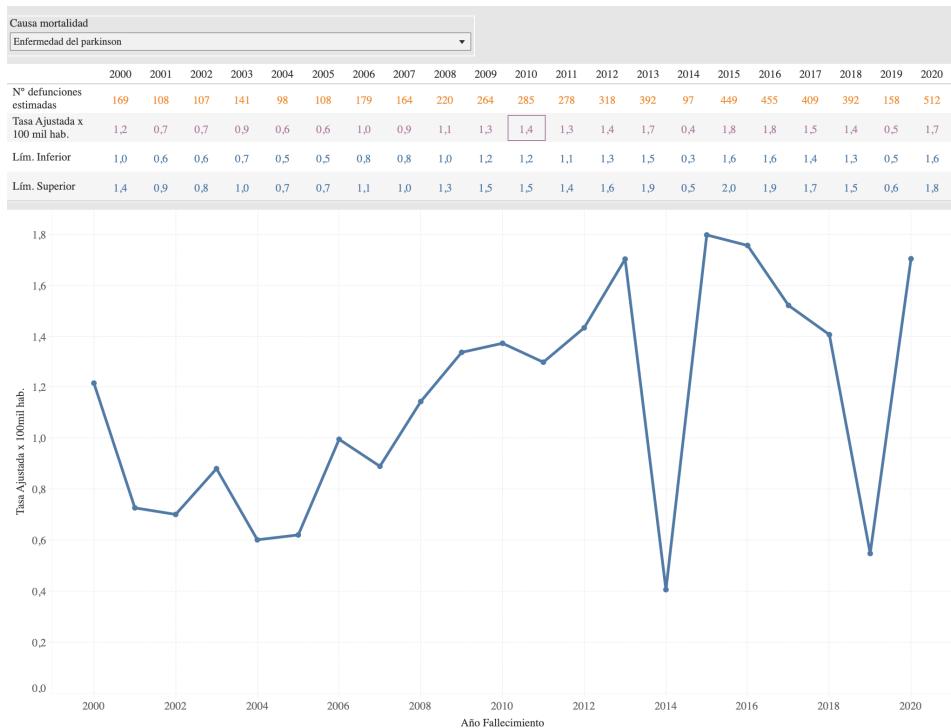


La prevalencia del párkinson a nivel mundial es de 9.4 millones y esta se ha duplicado en los últimos 25 años, volviendo a la enfermedad de párkinson una de las principales causas de discapacidad en el mundo.

Las personas con EP suelen tener desórdenes de sueño, los cuales están asociados con una función mental más

pobre. Según la asociación de veteranos de Estados Unidos entre el 33 y 46% sufre de movimientos oculares rápidos durante el sueño. Problemas como esto llevan a un aprendizaje más deficiente y a peor manejo de sus medicamentos. Por otro lado, el 60% presentan episodios psicóticos los cuales tiene un efecto directo en la disminución de calidad de vida del paciente. Además, de incrementarle la carga de trabajo al cuidador[9].

Tabla 2: Comparación de la tasa de mortalidad a través de los años según lista de mortalidad 110, 2000-2020



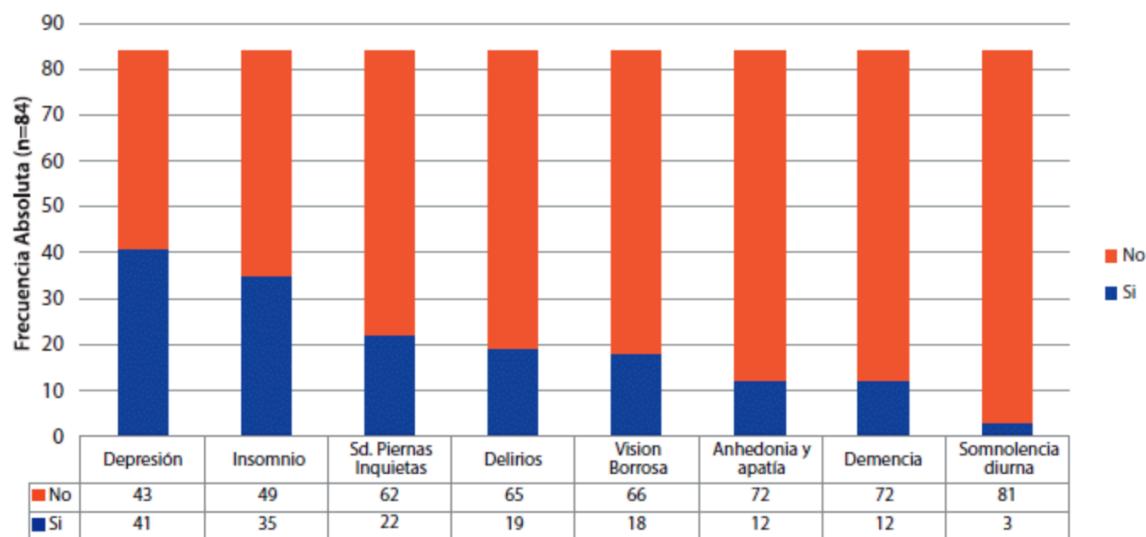
Fuente: [12]

Para el 2020 se estimó que el número de fallecidos ascendió a 512 en todo el Perú; siendo Lima metropolitana la región con mayor número de defunciones de 238.

Se estima que cada año en el Perú se detectan 3 mil nuevos casos de parkinson, en el 2019 se estimaba que 30 mil personas padecían de la enfermedad[13]. Para el 2030 se estima que la cantidad de personas con la enfermedad será de 2015065 y la tasa de mortalidad será de 25.45 por cada 100 mil personas[14].

Se encontró una mayor prevalencia en el sexo masculino (58.3), la edad promedio es entre los 50 y 60 años. Los síntomas motores más comunes son el temblor de reposo, la rigidez y la bradicinesia (lentitud en los movimientos), mientras que los síntomas no motores característicos encontramos las alteraciones de sueño y depresión.

Figura 2: Comorbilidades presentes en los pacientes con enfermedad de Parkinson del Hospital Ramiro Prialé Prialé de Huancayo (Frecuencias absolutas)



Fuente: [14]

g) Definición del usuario

Tabla 3: Diez primeras causas de la morbilidad específica de la etapa de vida adulto del primer semestre del año 2020

	MORBILIDAD	CIE X	CASOS	%
1	Cisticercosis del sistema nervioso central	B69.0	175	9%
2	Epilepsia y síndromes epilépticos sintomáticos relacionados con localizaciones (focales) (parciales) y con ataques parciales complejos	G40.2	160	8%
3	Epilepsia, tipo no especificado	G40.9	89	4%
4	Infarto cerebral, no especificado	I63.9	80	4%
5	Enfermedad de Parkinson	G20.X	78	4%
6	Epilepsia y síndromes epilépticos sintomáticos relacionados con localizaciones (focales) (parciales) y con ataques parciales simples	G40.1	64	3%
7	Cefalea debida a tensión	G44.2	64	3%
8	Hipertensión esencial (primaria)	I10.X	56	3%
9	Cefalea	R51.X	46	2%
10	Epilepsia y síndromes epilépticos idiopáticos generalizados	G40.3	42	2%
	Otros casos		1155	58%
	TOTAL DE CASOS		2009	100%

Fuente:

Tabla 4: Diez primeras causas de la morbilidad específica de la etapa de vida adulto mayor del primer semestre del año 2020

	MORBILIDAD	CIE X	CASOS	%
	Enfermedad de Parkinson	G20.X	199	12%
	Infarto cerebral, no especificado	I63.9	176	10%
	Hipertensión esencial (primaria)	I10.X	122	7%
	Secuelas de infarto cerebral	I69.3	68	4%
	Trastorno de la función vestibular, no especificado	H81.9	49	3%
	Cisticercosis del sistema nervioso central	B69.0	33	2%
	Cefalea debida a tensión	G44.2	33	2%
	Cervicalgia	M54.2	32	2%
	Estenosis ósea del canal neural	M99.3	27	2%
	Cefalea	R51.X	26	2%
	Otros Casos		959	56%
	TOTAL DE CASOS		1724	100%

Fuente:

La población objetivo son los **adultos mayores hombres con enfermedad de parkinson con edad promedio entre los 60 y 80 años**. Como se puede observar en las tablas 3 y 4, su grupo etáreo va creciendo día a día, limitándose a temprana edad de la pérdida progresiva de las neuronas dopaminérgicas de la sustancia nigra y que hacen una afección del trastorno del movimiento, siendo crónica y degenerativa, presentando dificultades en la marcha y el equilibrio, temblor de reposo, alucinaciones y problemas con la memoria [9].

1.2. Planteamiento del problema

a) Entendiendo el problema

- Planteamiento del problema

Problema 1

¿Cuál?	¿Por qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Cómo?
¿Cuál es el problema?	¿Por qué esto es un problema?	¿Quién tiene este problema?, ¿Quién tiene una necesidad?	¿Cuándo ocurre el problema?	¿Dónde ocurre el problema?	¿Cómo se viene resolviendo el día de hoy?
Falta de sistemas más precisos para la evaluación/monitoreo de pacientes con Parkinson	Porque los métodos actuales son subjetivos y cualitativos y no permiten evaluar el estado del paciente de manera objetiva	neurologos y pacientes	durante el desarrollo de la cita para el monitoreo de la enfermedad	Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins	Actualmente existe una escala para evaluar la gravedad del caso de EP del paciente mediante valoraciones subjetivas basadas en la experiencia del especialista

Problema 2

¿Cuál?	¿Por qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Cómo?
¿Cuál es el problema?	¿Por qué esto es un problema?	¿Quién tiene este problema?, ¿Quién tiene una necesidad?	¿Cuándo ocurre el problema?	¿Dónde ocurre el problema?	¿Cómo se viene resolviendo el día de hoy?
La falta de diagnóstico preciso para pacientes con la enfermedad de Parkinson	Por la manera subjetiva de detectar la enfermedad puede traer falsos positivos o falsos negativos	Neurologos	A principios de la enfermedad	Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins	El doctor revisa los antecedentes de la persona para poder dar un diagnóstico.

Problema 3

¿Cuál?	¿Por qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Cómo?
¿Cuál es el problema?	¿Por qué esto es un problema?	¿Quién tiene este problema?, ¿Quién tiene una necesidad?	¿Cuándo ocurre el problema?	¿Dónde ocurre el problema?	¿Cómo se viene resolviendo el día de hoy?
Ausencia de métodos no invasivos para mitigar síntomas de la enfermedad	Los tratamientos actuales son invasivos, costosos y, en caso de rehabilitación, requieren cirugías de alto riesgo	Los pacientes (tratamiento) y familiares (gran costo económico)	Cuando la enfermedad está avanzada, los tratamientos no muestran mejoras significativas y se necesita de rehabilitación para disminuir los síntomas	Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins	Levodopa (tratamiento farmacéutico) e Implante cerebral

Luego de haber analizado cada problemática, como grupo hemos decidido solucionar el problema uno que es la falta de sistemas más precisos para la evaluación/monitoreo de pacientes con Parkinson.

- Preguntas 5WH

what	who	when
¿Cuál es el problema?	¿Quién está involucrado?	¿Cuándo empieza el problema?
Falta de sistemas más precisos para la evaluación/monitoreo de pacientes con Parkinson	El paciente	Cuando se quiere evaluar la dosis de medicamentos al paciente y su mejora
¿Qué es lo que sabemos del problema?	¿Quién está a cargo de la evaluación?	¿Cuándo se utiliza este método?
Actualmente se mide el caso de EP en pacientes mediante una escala subjetiva (MDS-UPDRS) y el monitoreo es escaso	Neurólogo	Cuando el paciente ya está diagnosticado y se requiere evaluar su evolución
¿Qué nos gustaría conocer?	¿Quién se beneficiaría?	
La manera de cómo unificar la escala UPDRS con variables cuantitativas para una evaluación más objetiva y sencilla	Tanto el neurólogo (en la facilidad de la evaluación) como el paciente (correctamente medicado y una medicación más controladas)	
¿Qué se puede cuestionar de lo que se asume hoy en día?		
La percepción que la persona con parkinson no puede trabajar y valerse por si misma		

where	why	how	
¿Dónde ocurre este problema?	¿Por qué es importante esta problemática?	¿Cómo se hace el monitoreo de EP en pacientes?	
En el centro de salud o por teléfono	Se necesita un criterio objetivo para poder evaluar de manera concisa la mejora del paciente sin tener que depender del factor humano	El paciente atiende a las indicaciones del especialista en hacer diferentes actividades y responder preguntas a fin de la enfermedad y el especialista le da una puntuación en base a su experiencia	
¿Dónde debería hacerse esta evaluación?	¿Por qué todavía no se ha resuelto?	¿Cómo beneficiaría esta solución?	
En un centro de salud con ayuda de especialistas	No se ha estandarizado una manera precisa de evaluar esta enfermedad	Permitiría manejar la medicación de manera efectiva y evaluar el avance de la enfermedad del paciente objetivamente	
	¿Por qué ocurre este problema?	¿Cómo beneficiaría al servicio de salud con esta solución?	
	Porque solo se utiliza un cuestionario para evaluar a los pacientes y no se han desarrollado equipos para asistir en esta tarea	Se optimizaría el tiempo de la consulta y se reduciría la cantidad de sesiones por paciente	

- Entrevista exploratoria

Paciente 1

Nombre del entrevistado: Jose Iizarraga Trujillo Lugar y fecha: 3/09/2022 Contexto: Casa del paciente		
Introducción (preguntas para romper el hielo) ¿Cuál es tu nombre? Jose, pero todos me dicen pepe, tengo 72 años		
¿Tienes algún hobby? ¿Qué es lo que más te gusta hacer? Le gusta leer periodicos y libros variados. Le gusta la musica		
Preguntas centrales (para entender las esperanzas, miedos y motivaciones de los entrevistados)		
El procedimiento para el diagnostico de la enfermedad consta de varias citas, ¿que tanto esfuerzo te costo venir a todas las citas?	Fue un poco incomodo al inicio pero tuve el apoyo de mi familia y mis amigos en todo momento	¿Que cambios has notado después de empezar el tratamiento farmacológico? ¿Y cuánto tiempo llevas con el tratamiento? El tratamiento farmacológico funciono al inicio pero yo he tenido parkinson 15 años y dejo de funcionar. Tenia que tomar las pastillas más seguido durante el dia y su efecto duraba cada vez menos, lo que llevaba a periodos en donde no hacia forma de controlarme
¿Qué sientes cuando realizan tus exámenes de monitoreo?	Esta tranquilo cuando lo monitorean, en su casa tambien lleva un reporte detallado de sus signos vitales como presion, pulso, frecuencia respiratoria	¿Actualmente llevas alguna terapia de rehabilitación? ¿En qué consiste? Sola llevar terapias en el hospital Rebagliati sin embargo debido a la pandemia se cancelaron. Ahora acude a terapias particulares de varios tipos. Postural, fortalecimiento brazos y piernas, lenguaje(asociación de palabras), trabajo orofacial (cabeza y cuello, cara, intraoral), respiración, voz, articulaciones, psiquiatría (Ansiolítica y depresión), sueño
¿Cómo ha cambiado tu estilo de vida esta enfermedad?	Debido a la enfermedad tenia muchos temblores y se dio cuenta que los periodos entre pastillas se volvian más cortos y no los controlaban. Por ello pido que le implantaran los electrodos en el cerebro para poder manejar los temblores. Los electrodos dejaron secuelas que fue dejarlo sin habla y perdio la estabilidad y requeria de ayuda para caminar. Debido a esto comenzo a ir a mas terapias que le permitieron recuperar el habla, sin embargo habla bajo y no vocaliza del todo.	¿Cuáles son tus motivaciones para seguir con el tratamiento? Seguir mejorando, antes de los electrodos no podia controlar mis movimientos y ahora ya no tengo temblores. Perdi el habla y no podia caminar pero con las terapias ya puedo hablar mucho mejor y ya camino con ayuda. Ademas mi terapia de escritura me ha ayudado bastante
¿Qué pensabas o sentías cuando los síntomas del Parkinson comenzaban a aparecer?	Se comenzo a sentir limitado por los sintomas que comenzaron a aparecer. La tensión y la falta de sueño incrementaban los temblores. Asimismo sentia como uno desaparece.	¿Cómo crees que la ingeniería pueda ayudarte en tus problemas diarios? Él paciente estaría de acuerdo en usar tecnología para ayudarlo con sus terapias y su día a día. Además para el monitoreo es importante ya que los síntomas no se presentan en todas las consultas y el doctor debe saber evaluar y diseñar entre cuales son nuevos y cuales no.
¿Alguna vez ha dejado por un tiempo las indicaciones del doctor? ¿Cómo se sintió?	No, ya que como medico se lo importante que es seguir un tratamiento	
Conclusión		
Si tuvieres un deseo, ¿qué te gustaría pedir?	Le gustaría que las terapias en el hospital regresaran a como eran antes (semanales) ya que ahora estan descontinuadas y no hay información sobre cuando regresan. Su deseo se enfoca más para las personas que no tiene seguro privado y no pueden pagarse otras terapias. Por otro lado, le gustaría que en el hospital no le cambiara de doctor tan seguido ya que esto complica como manejan su enfermedad.	Él paciente estaría de acuerdo en usar tecnología para ayudarlo con sus terapias y su día a día. Además para el monitoreo es importante ya que los síntomas no se presentan en todas las consultas y el doctor debe saber evaluar y diseñar entre cuales son nuevos y cuales no.

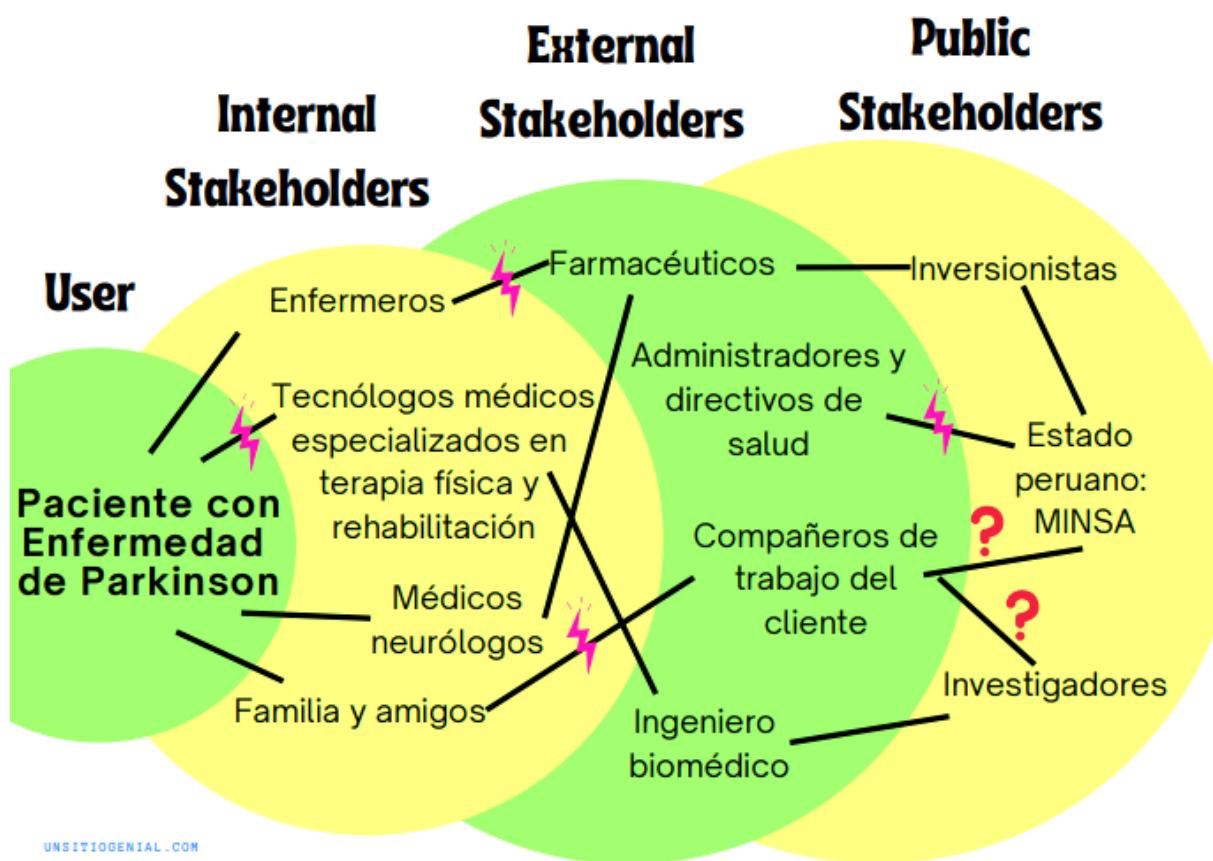
Paciente 2

Nombre del entrevistado: Teodoro Humberto Poma Caballero Lugar y fecha: 25/08/2022 Contexto: Domicilio del paciente		
Preguntas centrales (para entender las esperanzas, miedos y motivaciones de los entrevistados)		
¿Cómo ha cambiado tu estilo de vida esta enfermedad?	Antes de la enfermedad disfrutaba de salir al cine o manejar y ejercer mi trabajo como comerciante. Cuando los sintomas se mostraron con fuerza dimminuyó mi autonomía, por lo que ahora soy una persona sedentaria.	¿Alguna vez ha dejado por un tiempo las indicaciones del doctor? ¿Cómo se sintió? Era inconsistente con la toma de mis pastillas y no las tomaba en las horas correctas. Me di cuenta de lo mucho que esto me afectó debido al progreso rápido de la enfermedad. Por ello contratamos a una asistente para que me ayude.
¿Qué pensabas o sentías cuando los síntomas del Parkinson comenzaban a aparecer?	Al inicio no le tomaba importancia a los sintomas hasta que afectaron mis actividades diarias, entonces me sentí muy dependiente y sentía que era una carga y en ese momento empecé a padecer depresión. Sentía mucho cansancio.	¿Qué cambios has notado después de empezar el tratamiento farmacológico? ¿Y cuánto tiempo llevas con el tratamiento? Mejoria, padea más sintomas. Sin embargo estoy tomando la dosis máxima dosis de levodopa y siento que estoy en lo más avanzado de mi enfermedad. Aun así necesito mas terapias para seguir mejorando. Todo empezo en el 2005, pero me permitia tener una vida normal hasta el 2018
¿Qué sientes cuando realizan tus exámenes de monitoreo?	Siento ansiedad por las citas médicas, ya que muchas veces no encuentro cupos. Cuando el neurólogo me hacía los exámenes sentía frustración porque me entendían cuando hablaba	¿Actualmente llevas alguna terapia de rehabilitación? ¿En qué consiste? Si, en el pasado lo hacia en essalud; sin embargo no tenían continuidad. A raíz de la pandemia los servicios de rehabilitación estaban saturados. Por ello mis hijos me contrataron uno particular, y actualmente mi asistente se aprendió los ejercicios y es ella quién los realiza conmigo. Los ejercicios consisten en estiramientos, escritura, pupiletras, reconocer fotografías, caminar sobre barras.
El procedimiento para el monitoreo de la enfermedad consta de varias citas, ¿que tanto esfuerzo te cuesta el procedimiento?	Conseguir cita es muy dificil, debido a la pandemia todo está saturado. Por ello las citas son por llamada telefónica y de corto tiempo. Esto me hace pensar que no me toman importancia y me descuidan. Igualmente sucede con el psiquiatra, se queda dormido en la consulta, y no puedo seguir una rehabilitación continua debido a que los terapistas fisicos del seguro nunca vinieron por lo que contrataron a uno privado.	¿Cuáles son tus motivaciones para seguir con el tratamiento? Entre mis motivaciones están mis hijos, mis nieto y sobretodo evitar que mi enfermedad siga avanzando.

Doctor

Nombre del entrevistado: Neurólogo	Lugar y fecha: Hospital Almanzor Aguinaga (Chiclayo) - 02/09/2022	Contexto: Monitoreo Enfermedad Parkinson
Introducción (preguntas para romper el hielo)		
¿Qué le gusta más de trabajar en esta área del hospital?	"Lo que más me gusta del servicio es quizás la unión que hay en el equipo de enfermería con los médicos; además, como el hospital es de EsSalud tenemos medicamentos, materiales, logística para tratar enfermedades que a veces por el MINSA no lo podemos hacer"	
¿Cuánto tiempo lleva trabajando en el hospital?	"Acá en el hospital estoy desde el 14 de julio del 2014, es decir voy 8 años trabajando y haciéndolo con mucho cariño"	
Preguntas centrales (para entender las esperanzas, miedos y motivaciones de los entrevistados)		
¿Podría mencionar qué métodos se usan actualmente en el hospital para poder diagnosticar a los pacientes con EP?	"El diagnóstico es clínico, es decir no hay ningún método de examen auxiliar que nos ayude en el diagnóstico. Sabemos actualmente que existe el PET, pero actualmente en el hospital no hay eso, solo se realiza el diagnóstico clínico a través de sus síntomas o signos del paciente y con ciertos parámetros diagnósticos; como por ejemplo, si hay respuesta a la levodopa. Quizás lo que sí se aplica al paciente con parkinson o con un síndrome parkinsoniano es hacerle su tomografía de resonancia para diagnóstico diferencial, o sea para ver si hay un parkinsonismo secundario".	¿Existe algún tipo de limitaciones en cuanto al monitoreo, al diagnóstico y a la terapia?
		"En primer lugar es la experiencia que tiene el neurólogo, pues al ser un diagnóstico clínico, uno al ganar experiencia revisando a sus pacientes puede identificar ciertos signos tempranos de la enfermedad. Yo diría que una de las barreras es el desconocimiento que tienen los neurólogos, médicos generales de la enfermedad; por ejemplo, uno de los signos primarios es el dolor de hombro por la falta de brazo del paciente. Nosotros cuando caminamos hacemos un brazo adecuado; pero en estos pacientes presenta dificultad al hacerlo y con ello viene el dolor de hombro. Luego, el paciente se pasea por varios médicos generales e internistas y lo que hacen es sólo darle analgésicos para ese dolor. Por ello, la falta de conocimiento de la enfermedad hace que tengamos esa barrera. Además, otra barrera sería en la parte imagenológica (PET por ejemplo) ya que no contamos con esos equipos ni la logística adecuada y eso nos limita en cierta parte con el diagnóstico definitivo."
¿En el hospital donde trabaja se le asigna algún tipo de seguimiento o monitoreo a los pacientes con EP? Si es así, ¿cuál es?	"Lamentablemente no existe ningún tipo de monitoreo en el hospital debido a que son muy pocos neurólogos en el servicio y no hay un seguimiento al paciente con Parkinson. Cuando estuve de jefe lo quise hacer pero lastimosamente por ciertas circunstancias renuncié a la jefatura y no se llegó a un consenso."	¿Cuál es su opinión acerca de qué tan importante considera usted que es el monitoreo hacia los pacientes con EP?
¿Qué tan constante es el monitoreo con ellos?	Actualmente, no existe ningún tipo de monitoreo	"Es muy importante en ese tipo de pacientes porque la EP se ha visto que es muy emotiva así como yo les digo a mis pacientes. Si el paciente está deprimido, la enfermedad irá muy mal; pero, si se tiene un seguimiento con el paciente se sentirá más protegido porque tendrá la certeza de que hay alguien que lo está viendo periódicamente. Por otro lado, en cuanto a la parte de terapia física y rehabilitación, es importante ver cómo va el paciente para ver sus mejoras o si necesita algún tipo de ayuda. Asimismo, en cuanto a la inserción laboral del paciente, es bueno saber si el paciente está laborando o no, porque hay personas a las que les das el diagnóstico de la EP y dejan todo ya que se sienten solos y se preocupan por saber que tienen una enfermedad neurodegenerativa que avanzará con el transcurso de los años; pero, existen pacientes que no tienen toda la parte degenerativa de la enfermedad, solo pueden realizar ciertas actividades que pueden ser controladas con el tratamiento sintomático que se les da."
Sabemos que al paciente con EP es muy importante brindarle alguna terapia rehabilitación, ¿existe alguna?	"A todo paciente con un síndrome parkinsoniano o una EP se le envía a una terapia de rehabilitación. En el hospital viene el paciente, lo vemos los doctores y lo enviamos a medicina física y rehabilitación. El terapeuta lo evalúa y determina el tipo de terapia y cuánto tiempo durará."	
Después de realizar las terapias de rehabilitación, ¿cuáles son las mejoras que se observan en los pacientes?	"Al paciente con este tipo de enfermedad, la terapia de rehabilitación le ayuda en la terapia motora, física para evitar posturas anormales en el paciente; sin embargo, la terapia que realizamos en el hospital es general, mas no especializada en este tipo de pacientes, pues los tecnólogos médicos que se dedican a esto no son neurorehabilitadores. Al final de la enfermedad el paciente nota deterioro de memoria, trastornos cognitivos y ahí entraña otro tipo de terapia, como cognitiva o conductual."	
Conclusión		
Como una curiosidad quisieramos saber, ¿Qué herramienta o tecnología le gustaría tener para ayudar a los pacientes con EP?	"Tal vez los equipos como el PET serían una solución cercana al diagnóstico adecuado de un paciente con EP, ya que no contamos con este tipo de dispositivos. Existen ciertos biomarcadores que pueden ser útiles pero no se emplean en todos los hospitales. Por ello, yo creo que podría ser una solución la medicina nuclear pero no sé qué tan factible sería eso por el costo de los exámenes."	

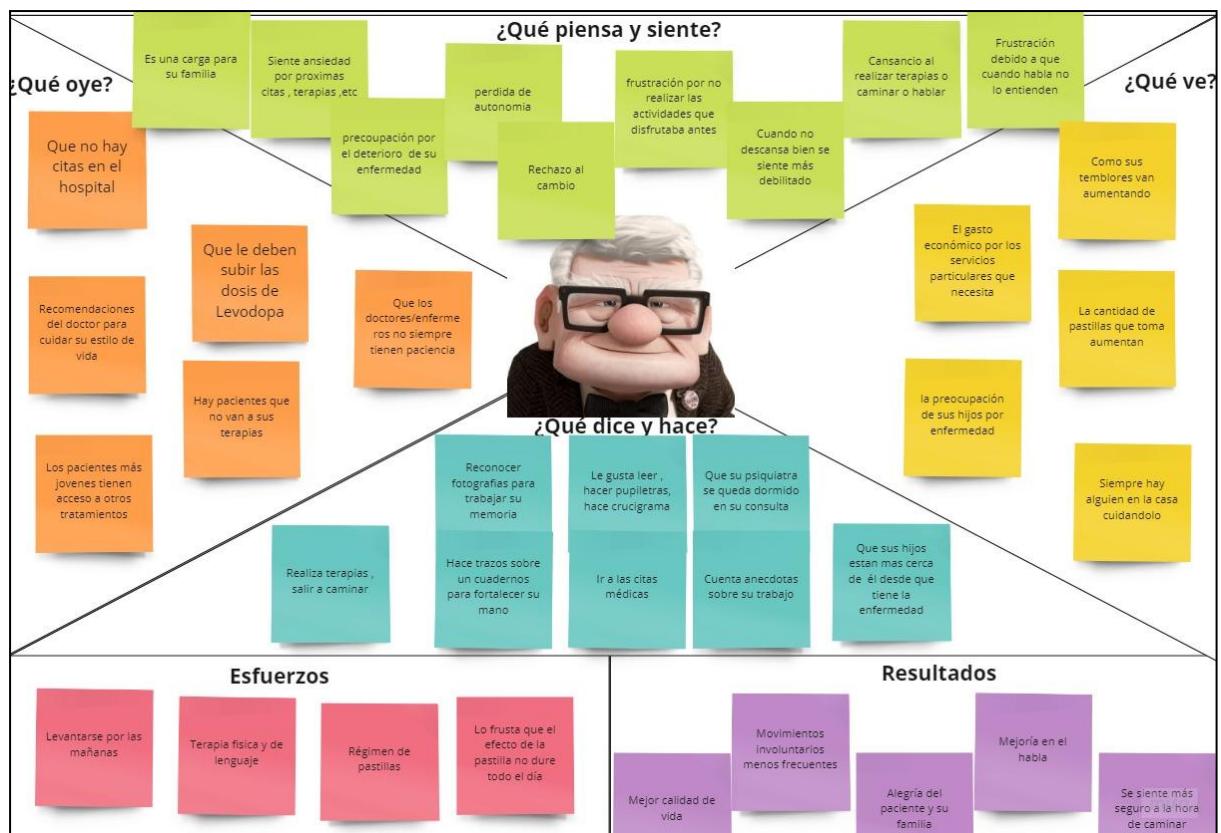
- Mapa de interesados



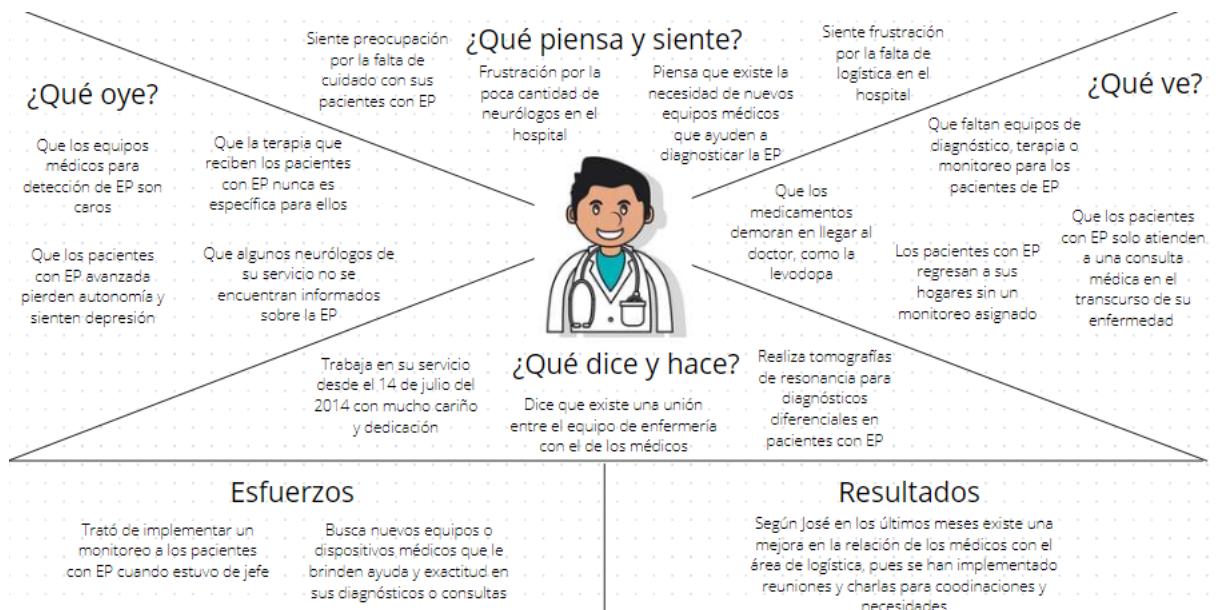
b) Observando el problema

- Mapa de empatía

Del usuario:



Del doctor:



- Perfil del usuario

Doctor

Nombre: José Cobrejo		
Descripción del usuario (1) Describe al carácter ficticio que representa a los usuarios José es neurólogo y viene trabajando 8 años en el hospital Almanzor Aguinaga Asenjo de Chiclayo. En su servicio presentan mucha unión entre el equipo de enfermería con los médicos.	Bosquejo (6) 	Tareas del usuario (2) ¿Qué tarea desarrolla el usuario? ¿Dónde/como puede ser ayudado? José se ocupa de la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de todas las enfermedades y trastornos que afectan al cerebro y al sistema nervioso; sin embargo, José necesita ayuda con tecnologías que le ayuden en el monitoreo hacia sus pacientes con enfermedad de parkinson.
Influencers (7) Describe quienes tienen influencia en el usuario En su labor José es influenciado principalmente por su jefe quien es doctor especializado en neurología también. José también tiene mucha influencia por el sector de logística ya que ellos son los proveedores de los medicamentos, como la levodopa.		Frustraciones (4) ¿Cuáles son los problemas y desafíos que tiene el usuario? Ya que el hospital no brinda un sistema de monitoreo hacia las personas con enfermedad de parkinson, José no conoce el progreso real de sus pacientes. También mencionó que, debido a que la enfermedad de parkinson es muy emotiva, el paciente puede estar deprimido y empeorar la enfermedad.
Tendencias (8) Que tendencias influencian al usuario A parte de la medicina, José se informa mucho acerca de las nuevas tecnologías, sobretodo relacionados para la ayuda hacia sus pacientes con enfermedad de parkinson. Se encuentra dispuesto y abierto a la aplicación de soluciones que hagan uso de tecnologías digitales.	Caso de uso (3) ¿Dónde el usuario hace uso de nuestra propuesta? ¿Cómo lo hace? José haría uso de nuestra tecnología/solución en su consultorio para el monitoreo hacia el paciente con enfermedad de parkinson, ya que en el hospital no se les asigna ningún monitoreo y el paciente solo asiste a su consulta para el primer chequeo médico. Para usar la solución, se le colocarían sensores al paciente con el fin de medir su rango de movimiento y temblores y posteriormente la información se le mostraría al doctor encargado del monitoreo.	Ganancias (5) ¿Cuáles son las posibilidades y beneficios que tiene o podría tener el usuario? Al tener la solución que monitoree a sus pacientes, José está seguro del control de la enfermedad de sus pacientes y podrá asistirlos ante cualquier complicación que presenten. También mencionó que "con un monitoreo adecuado el paciente estará más protegido ya que sabrá que hay alguien que lo está observando periódicamente"

Paciente

Nombre: Humberto Poma				
Descripción del usuario (1) Describe al carácter ficticio que representa a los usuarios Humberto tiene 75 años, era comerciante y le diagnosticaron parkinson en el año 2005. Actualmente reside en la casa de sus hijos y es asistido por una persona a tiempo completo.		Bosquejo (6) 	Tareas del usuario (2) ¿Qué tarea desarrolla el usuario? ¿Dónde/como puede ser ayudado? Actualmente Humberto es una persona sedentaria, permanece en casa la mayoría del día donde le realizan los ejercicios de rehabilitación además de actividades recreacionales como pupiletras y crucigramas.	
Influencers (7) Describe quienes tienen influencia en el usuario Sus hijos , quienes lo cuidan y mantienen en sus casas, además de brindarle aporte económico para todos los servicios que necesite (terapia,medicina).Susan, su asistente, que se encarga de realizar terapia física y de lenguaje .Los médicos los cuales le realizan llamadas mensuales y prescriben los medicamentos necesarios.			Frustraciones (4) ¿Cuáles son los problemas y desafíos que tiene el usuario? Humberto siente frustración al no poder tener autonomía .Refleja cansancio al hablar y al realizar actividad física. Se preocupa de que no lo entiendan cuando habla. Humberto es una persona ansiosa por eventos futuros (como citas médicas) y cambios en su rutina(personas nuevas , cambiar de casa). Por otro lado , Humberto también padece depresión por todo lo que implica su enfermedad lo que sigue un tratamiento farmacológico para ello.Los problemas en su atención médica de Humberto normalmente se relacionan con los tiempos de espera para agendar una cita, continuar terapias y recibir los medicamentos.	
Tendencias (8) Que tendencias influencian al usuario Antes del Parkinson y a incios de este Humberto disfrutaba mucho salir al cine , manejar su carro , en general , salir a pasear. Actualmente , es una persona más sedentaria , y en esas actividades la que más disfruta es hacer pupiletras.		Caso de uso (3) ¿Dónde el usuario hace uso de nuestra propuesta? ¿Cómo lo hace? Debido a la saturación de los servicios de salud, el paciente hará uso del dispositivo en su casa con ayuda de una asistente o sus propios hijos. Y que estas personas reciban la capacitación debida del uso del dispositivo de monitoreo. Para usar la solución, se le colocarían sensores al paciente con el fin de medir su rango de movimiento y temblores y posteriormente la información se le mostraría al doctor encargado del monitoreo.	Ganancias (5) ¿Cuáles son las posibilidades y beneficios que tiene o podría tener el usuario? Obtener un monitoreo más preciso y cuantitativo.Mejor control de su enfermedad y ajuste de medicación.Detectar cambios en terapias .	

- AEIOU

Activity	Environment	Interactions	Objects	Users
<ul style="list-style-type: none"> Lee Terapias físicas Terapias de lenguaje Sale a pasear acompañado Va a sus consultas 	<ul style="list-style-type: none"> Su casa (primer piso) Tiene barandas de seguridad Ordenado Hay música 	<ul style="list-style-type: none"> Familiares Amigos Enfermeras / cuidador Doctores Terapeutas 	<ul style="list-style-type: none"> Silla de ruedas Andador Libros Cuadernos para su terapia Medicina 	<ul style="list-style-type: none"> 60 años Sufre de temblores constantes Se siente frustrado por sus limitaciones

c) Definiendo el problema

- Cómo podríamos nosotros

¿Cómo podríamos diseñar un sistema de monitoreo de bajo costo para pacientes con enfermedad de Parkinson con edad promedio entre 60 y 80 años tal que el neurólogo pueda evaluar la evolución de la enfermedad continuamente?

Como podríamos nosotros [¿que?] diseñar un sistema de monitoreo para pacientes con enfermedad de Parkinson con edad promedio entre 60 y 80 años tal que el neurólogo pueda evaluar la evolución de la enfermedad continuamente?

para [¿quien?] neurologos y pacientes

tal que [¿sus necesidades?] puedan evaluar el seguimiento del paciente de manera más precisa

tomando en cuenta: variables para medir temblor de manos, sensores fáciles de usar por un técnico y comodos para el paciente

d) Definición del éxito

Define las preguntas	Respuestas	Evaluar y seleccionar
<p>¿Qué significa el éxito para los neurólogos al momento de aplicar este método de monitoreo?</p> <p>¿Qué significa el éxito para el paciente con EP al recibir un monitoreo cuantitativo para el control de su enfermedad?</p> <p>¿Qué significa el éxito para los cuidadores del paciente?</p> <p>¿Qué significa el éxito para el hospital y el sistema de salud?</p>	<p>[Sebastian] El éxito para el médico significa que el paciente pueda usar el equipo con facilidad y este le brinde indicadores numéricos sobre los efectos</p> <p>[Alvaro] El éxito para los neurologos es el poder monitorear correctamente al paciente y darle el apropiado tratamiento según su progreso</p> <p>[Vanessa] El éxito para el médico neurólogo significa que puede brindarle una mejoría en cuanto al tratamiento y seguimiento de sus pacientes con EP, sentirse cerca de ellos en el desarrollo de su enfermedad para poder ayudarlos</p> <p>[Ariana] El éxito para el médico es poder tener un constante monitoreo del paciente a distancia de modo que se pueda reducir los tiempos de espera , o no se tenga problema al agendar citas , y así poder brindarle una evaluación más completa al paciente a fin de observar que se minimicen los efectos de la enfermedad y pueda contribuir a al progreso del paciente</p> <p>[Mauricio] El éxito para los neurologos significa que pueda ahorrarse tiempo en las evaluaciones mediante el uso de un dispositivo fácil de usar el cual le permita llegar a conclusiones del estado del paciente</p> <p>[Vanessa] El éxito para el paciente significa que sentirá tranquilidad y confianza al saber que su enfermedad está siendo supervisada progresivamente por su doctor, de tal forma que si presenta algún síntoma nuevo, será tratado a tiempo. Asimismo, el dispositivo de monitoreo no le causará incomodidad al usarlo.</p>	<p>"El éxito significa que el sistema de monitoreo se pueda usar fácilmente y permita al doctor controlar progresivamente la enfermedad de Parkinson del paciente.</p> <p>El éxito significa que el paciente con EP sentirá tranquilidad, confianza al saber que su médico está monitoreándolo y recibiendo la información para un mejor tratamiento personalizado; asimismo, el paciente tendrá conocimiento del desarrollo de su enfermedad.</p>
	<p>[Sebastian] El éxito para el hospital y el sistema de salud es el poder brindar un mejor tratamiento a sus pacientes al poder tener mayor información sobre la enfermedad. Además que esta información cuantitativa les permita fomentar políticas que ayuden a fortalecer los programas y las procedimientos que tienen actualmente para poder mejorar los estándares. De esta forma poder tener una población más sana y productiva</p> <p>[Vanessa] El éxito para el hospital y sistema de salud significa que se implementará un nuevo sistema de monitoreo para los pacientes con EP con el que previamente no contaban. Esto mejoraría los servicios que brinda el hospital para las personas con EP que no son bien atendidas ni cuidadas por sus doctores debido a la falta de equipos y logística.</p> <p>[Ariana] El éxito para el hospital y los sistemas de salud es permitir a los pacientes con Parkinson que se sientan debidamente atendidos , brindar un servicio de monitoreo constante y a distancia de modo que no haya largas colas de espera , o no puedan agendar citas,Además de ofrecer una comunicación continua entre el médico-paciente para que pueda evaluar el progreso de la enfermedad.</p> <p>[Alvaro] El éxito para el hospital y los sistemas de salud es brindar un servicio de calidad, que pacientes y doctores estén satisfechos y sobre todo disminuir la saturación de pacientes que acuden a los hospitales al hacer un monitoreo domiciliario.</p>	<p>población más sana y productiva."</p>

2. Propuesta de solución

2.1. Estado del arte

a) Trabajos de Investigación (tesis/ artículos/ etc.)

Paper #1: Monitoreo remoto de teléfonos inteligentes de la enfermedad de Parkinson y la respuesta individual a la terapia

Doi: <https://doi.org/10.1038/s41587-021-00974-9>

Año: 2021

Resumen:

Este examen motor virtual de la enfermedad de Parkinson (PD-VME) está basado en un reloj inteligente que se implementa para medir remotamente la gravedad del temblor, bradicinesia y el deterioro de la marcha a través de una evaluación activa autoguiada. Asimismo, evalúa la viabilidad de uso y la calidad de los datos recopilados por el sistema, e informa acerca de la confiabilidad, validez y sensibilidad al cambio de un grupo de medidas digitales provenientes del PD-VME.

Dentro de las evaluaciones que se realizaron con el PD-VME, se observó un gradiente de mediciones de temblores tanto clínica como remotamente, lo cual sugiere que podría estar presente cierta cantidad de temblor en la clínica como en el hogar incluso antes de que sea evidente para el ojo humano; en efecto, los temblores se sienten o se escuchan más fácilmente mediante un estetoscopio que los evaluados por un examinador. Esto corrobora la necesidad del uso de medidas objetivas basadas en sensores, pues permiten detectar cambios clínicamente significativos en lugar de solo realizar exámenes clínicos subjetivos. [25]

Paper #2: Aprendizaje profundo para el seguimiento diario de la enfermedad de Parkinson fuera de la clínica mediante el uso de sensores portátiles

Doi: <https://doi.org/10.3390/s22186831>

Año: 2022

Resumen:

El uso de los sensores portátiles han hecho posible monitorear la actividad individual relacionada con la atención médica fuera de la clínica, permitiendo la detección temprana de eventos en enfermedades como la enfermedad de Parkinson. En el presente artículo, se diseñó un reloj inteligente comercial para recopilar de forma pasiva y continua datos de actividad de los sujetos en su entorno natural a diario sin restricciones y emplear dichos datos para detectar la presencia o ausencia de EP en una variedad de puntuaciones heterogéneas de movilidad y gravedad de la enfermedad. Para ello, se emplean datos de sensores iniciales de los relojes de estudio Verily para distinguir entre siete sujetos con EP y cuatro sin ella mediante su uso por los participantes hasta por 23 horas al día; asimismo, este dispositivo emplea técnicas de reconocimiento de actividad humana (HAR) para detectar los síntomas de la EP relacionados a la motricidad, tales como la bradicinesia y anomalías de la marcha. [26]

Paper #3: Identificación configurable de ubicación de sensores fuera de línea para un dispositivo médico que monitorea la enfermedad de Parkinson

Doi: <https://doi.org/10.3390%2Fs21237801>

Año: 2021

Resumen:

En este trabajo se discute el método de identificación de colocación de sensores corporales fuera de línea de clase fija implementado en PDMonitor, el cual es un dispositivo médico para el seguimiento a largo plazo de la EP en el hogar. El PDMonitor consta de cinco dispositivos de detección iguales basados en IMU diseñados y desarrollados para monitorear pacientes con EP, los cuales deben colocarse en ambas muñecas, piernas y cintura; asimismo, el sistema cuenta con accesorios de montaje e instrucciones detalladas para usar los dispositivos.

Los componentes del dispositivo PDMonitor son: (a) SmartBox, el cual es usado para recopilar, procesar y cargar datos en la nube; (b) cinco dispositivos de monitoreo de detección (MD), los cuales son dispositivos portátiles que recopilan datos de movimiento y un sensor IMU de 9 grados (acelerómetro, giroscopio y magnetómetro); así, los MD registran y transfieren los datos recopilados cuando se conectan a la SmartBox; (c) Estructura de la correa, (d) muñequera, (e) Marco de clip.



(a)

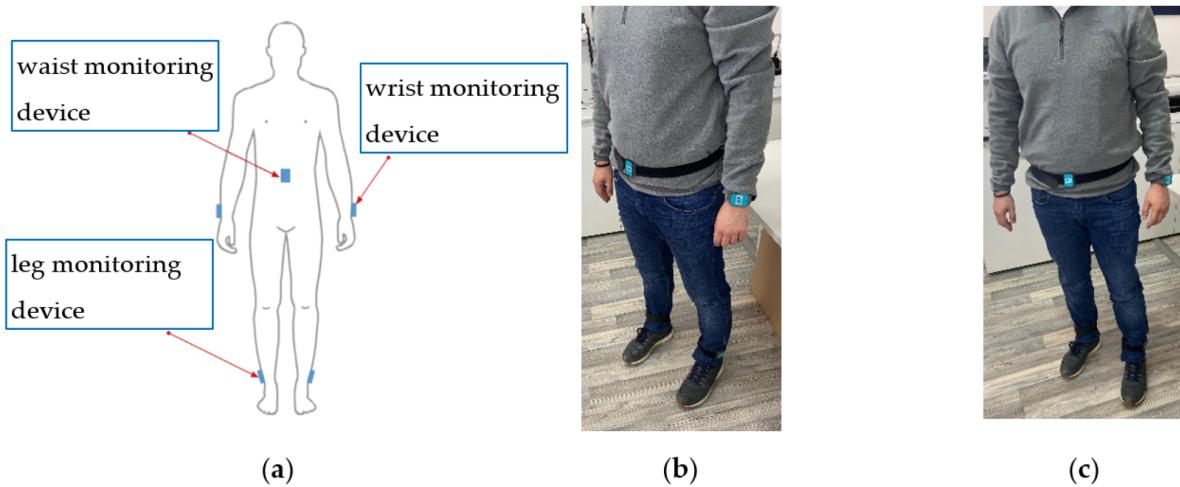
(b)

(c)

(d)

(e)

En la siguiente imagen se muestra el PDMonitor colocado en el cuerpo: (a) esquema, (b) vista lateral, (c) vista frontal



El PDMonitor está diseñado para requerir que los cinco dispositivos de detección se encuentren conectados adecuadamente al cuerpo del usuario; además, existe un algoritmo de detección de ubicación que crea reglas dependiendo de las características de señal simples según la parte del cuerpo objetivo. [27]

Paper #4: Una aplicación móvil con técnicas de machine learning a partir de datos de sensores inerciales para el monitoreo e identificación de ocurrencias del temblor de Parkinson

Doi: <https://doi.org/10.15381/risi.v14i2.23151>

Año: 2021

Resumen:

Esta investigación diseña una aplicación móvil “Parkinson Analyzer” que controla el monitoreo y detección de ocurrencias del temblor de Parkinson usando técnicas de machine learning e información de sensores inerciales presentes en el smartphone; con ello, se busca que el médico neurólogo pueda diagnosticar el grado de temblor parkinsoniano y llevar un historial clínico del paciente. El desarrollo de la app tiene como base el framework Ionic y emplea técnicas de regresión lineal para la identificación temprana a través de datos de sensores inerciales; asimismo, la app cuenta con tres niveles para una mayor agilidad en la respuesta del sistema: interfaz de inicio, donde el usuario escribe su correo y contraseña para ingresar al sistema; interfaz de historial, en donde se puede ver los resultados de las pruebas con fecha y hora; e interfaz de temblor parkinsoniano. Así, entre estos niveles, tanto la base de datos y el servidor de la aplicación se encuentran alojados en la nube.



Por otro lado, el paciente podrá recibir su reporte enviado por correo electrónico y contará con un control de tiempo de congelamiento del movimiento y un sistema de alarmas para dosificación de medicamentos recetados en el tratamiento.

Finalmente, esta aplicación móvil contribuye al apoyo a personas con EP, a una mejora en la calidad de vida de estos pacientes y a una mejora en el bienestar humano ya que podría colaborar con diversos factores socioeconómicos. [28]

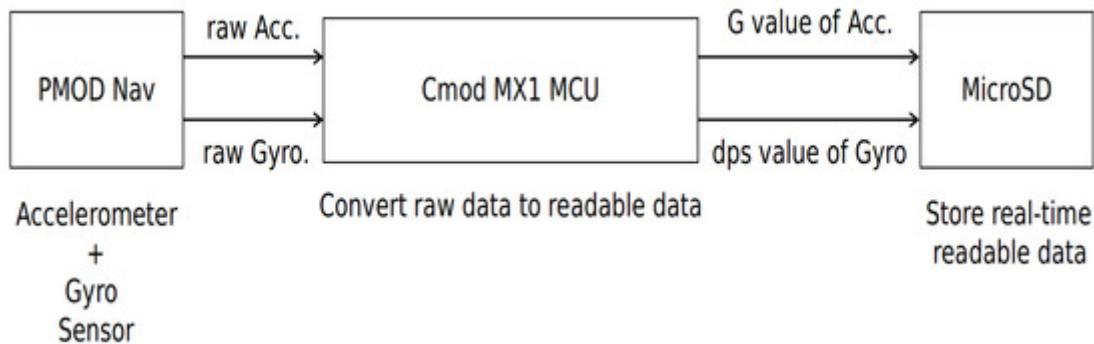
Paper #5: Brazalete A-WEAR para detección de temblor de manos y bradicinesia en pacientes con Parkinson

Doi: <https://doi.org/10.3390/s21030981>

Año: 2021

Resumen:

Este estudio propuso una solución para una evaluación objetiva del temblor y la bradicinesia en sujetos con EP mediante un brazalete AWEAR, el cual registra los movimientos físicos mediante sensores inerciales; es decir, acelerómetro 3D y giroscopio 3D. El brazalete se coloca en la articulación de la muñeca para obtener la característica cinética perfecta, pues la EP afecta inicialmente las extremidades superiores de los pacientes y en la muñeca se coordinan la mayoría de los movimientos de la mano y el brazo. Este se desarrolla mediante un microcontrolador de factor de forma pequeño, el cual lee los datos en tiempo real del acelerómetro y giroscopio y escribe sus valores de salida en una tarjeta micro SD.



Por otro lado, se eligieron tres ejercicios primarios que involucran los movimientos de las extremidades superiores de la mano más afectada para que así ayude a validar el brazalete para su uso clínico: prueba de temblor en reposo (RT), prueba de temblor postural (PT), temblor de acción o cinético (KT). También se realizaron ejercicios para evaluar la bradicinesia: golpeteo con los dedos, apertura y cierre del puño y pronación/supinación. Con estos ejercicios se mostró una asociación clínica significativa del brazalete en comparación de evaluaciones por neurólogos. El AWEAR presentó un 91.7% de precisión y un diagnóstico correcto de 34 de 40 sujetos; por otro lado, el dispositivo es ergonómico, pues no pesa mucho, es de bajo costo y es cómodo y fácil de usar para los usuarios, ya que se puede usar sin ninguna ayuda en lugares donde los recursos médicos y financieros son escasos. [29]

b) Sistemas comerciales

Comercial #1

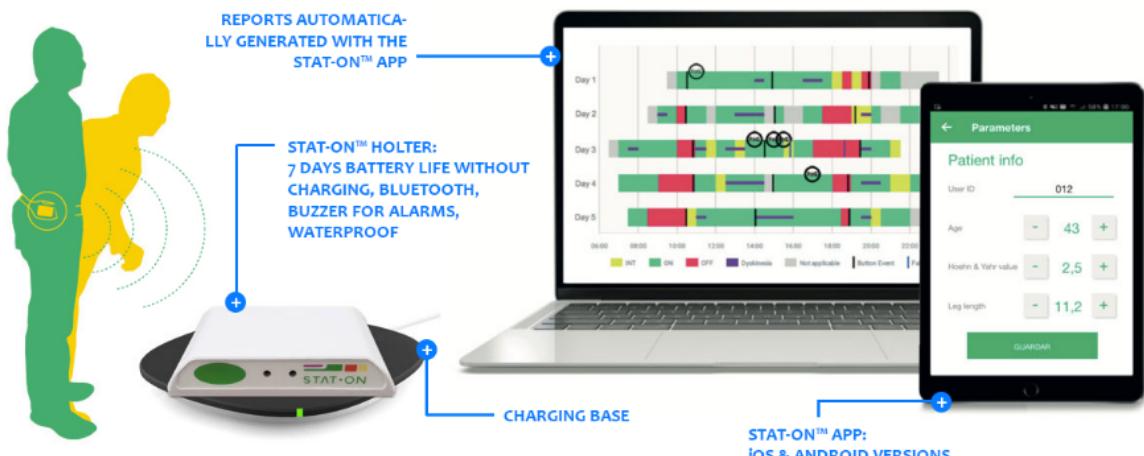
MyoExo: Smart Wearable Sensors for Parkinson's Disease

Dispositivo médico que mide la rigidez muscular en la enfermedad de Parkinson mediante un sensor de tensión portátil para detectarla y controlarla con precisión y en tiempo real. Los sensores detectan distintos patrones fisiológicos en los músculos del paciente varias veces a lo largo del día, lo que puede producir mucha más información sobre el estado del paciente que el paradigma clínico actual de una revisión breve varias veces al año. Esto permitirá a los proveedores de atención médica manejar la enfermedad de manera más efectiva y hacer ajustes al tratamiento. También podría potencialmente ayudar a detectar la enfermedad mucho antes.[30]

Comercial #2

STAT-ON HOLTER

El nuevo dispositivo médico STAT-ON™ ayuda al profesional de la salud al proporcionar un monitoreo continuo en entornos domésticos y datos objetivos de los síntomas motores de la enfermedad de Parkinson capaz de capturar y procesar datos objetivos de los síntomas motores de la EP en condiciones ambientales del hogar. Analiza la marcha mediante la identificación de discinesias que presenta el paciente , la congelación de la marcha, la ingesta de medicamentos,registra las caídas mediante un algoritmo avanzado capaz de discriminar entre 20 tipos diferentes de caídas reales, además de evaluar diferentes parámetros clave para determinar la calidad del movimiento del paciente. Nuestros algoritmos de aprendizaje automático han aprendido a identificar los síntomas motores de los pacientes con EP con una alta sensibilidad y especificidad. Los datos aprendidos provienen de la base de datos de expertos más grande realizada con pacientes con EP hasta donde sabemos. La base de datos se construyó en 4 hospitales de Europa y fue etiquetada con precisión por los médicos, lo que llevó 1 año de trabajo.[31]



STAT-ON. Fuente: [31]

Comercial #3

Cala Trio es un dispositivo médico aprobado por la FDA que se coloca en la muñeca y ayuda a reducir los temblores esenciales. El funcionamiento de este dispositivo consiste en la colocación de dos electrodos sobre los nervios mediano y radial en la superficie anterior de la muñeca y un contraelectrodo puesto en la superficie posterior de la muñeca. Un acelerómetro mide la frecuencia del temblor del paciente, lo que permite una calibración individualizada de la intensidad de la estimulación. Los dos electrodos emiten señales eléctricas que excitan intermitentemente los nervios mediano y radial. La estimulación provoca oscilaciones muy rápidas que inducen oscilaciones talámicas neuronales e interrumpen las oscilaciones patológicas de los temblores. El estudio demostró que la estimulación eléctrica suprime el temblor en un 57%. [32]



Cala trio. Fuente: [32]

c) Patentes

Patente #1: Parkinson's disease continuous monitoring and therapy system

Código: US9302046B1

Año: 2016

Link: <https://patents.google.com/patent/US9302046?oq=parkinson+monitoring+2022>

Resumen: Patente que se resume en medir la sintomatología de la enfermedad de Parkinson con diferentes parámetros cinéticos, mediante giroscopios y acelerómetros, y electromiografía (EMG). Sirve para cuantificar de manera exacta estos parámetros durante el día y actividades cotidianas del paciente. Consiste en diferentes sensores (en donde están incluidos todos los sensores anteriormente comentados) alrededor del cuerpo, posiciones estratégicas, para poder monitorear al paciente en sus actividades.[33]

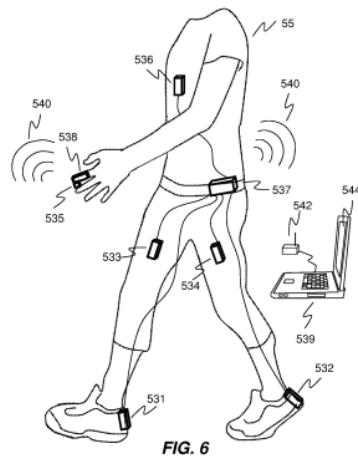


FIG. 6

Patente #2: Method of diagnosing, prognosing and monitoring parkinson's disease

Código: US9359197B2

Año: 2016

Link: <https://patents.google.com/patent/US9359197?oq=parkinson+monitoring>

Resumen: Se cuenta con un conjunto de sensores en arreglo alrededor del cuerpo los cuales poseen revestimiento de nanotubos de carbón con citodestrin y sensores que cuentan con nanopartículas de metal con revestimiento orgánico, todos ellos con sensibilidad química. Estos sensores son sensibles al movimiento del paciente ya que monitorea la conductividad, resistencia, impedancia, capacitancia o propiedades ópticas mediante la exposición de un biomarcador. Esta patente afirma poseer una gran sensibilidad para la detección y monitoreo de pacientes con la enfermedad de Parkinson.[34]

Patente #3: Intelligent progression monitoring, tracking, and management of parkinson's disease

Código: US20150073310A1

Año: 2018

Link: <https://patents.google.com/patent/US20150073310?oq=parkinson+monitoring>

Resumen: Consiste en diferentes un algoritmo inteligente que de acuerdo con la data obtenida en los diferentes sensores (giroscopio, acelerómetro y gravímetro) que se tienen en el paciente en diferentes posiciones a lo largo del cuerpo para poder evaluar y determinar momentos en los cuales el paciente está experimentando un episodio de temblor. Esta patente cuenta con una memoria en la cual se almacenan estos datos correspondiente a cada episodio y se estima la gravedad del caso para poder modificar la dosis de medicamento.[35]

Patente #4: Mecanismo multicanal portable para la medición de variables fisiológicas en extremidades humanas

Código: WO2016198030A1

Año: 2016

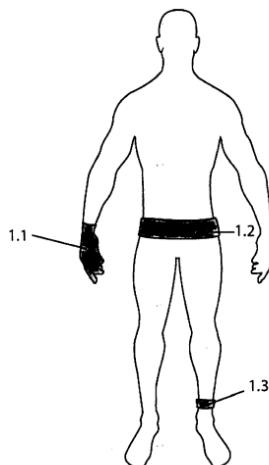
Link: <https://patents.google.com/patent/WO2016198030A1/es?oq=parkinson+monitoreo>

Resumen: Propone varios dispositivos wearables (guante, cinturón y banda) que cuentan con diferentes sensores a fines para obtener información sobre parámetros que apoyan a un diagnóstico y monitoreo preciso. Los sensores y sus variables a obtener son definidas en la siguiente tabla:

Señal Sensada	Tipo de Sensor empleado
Movimiento (Tremor)	Acelerómetro de 3 ejes.
Movimiento (Dirección y Posición)	Giroscopio de 3 ejes.
Tono Muscular (Tensiomiografía)	Sensor de Presión Superficial Sensor de Desplazamiento
Postura	Giroscopio de 3 ejes
Temperatura	Sensor de Temperatura de tipo termistor, termopar o de precisión en circuito integrado.
Respuesta Electrodérmica	Electrodos para Respuesta Electrodérmica (RED)
Frecuencia Cardíaca	Electrodos para Electrocardiografía (ECG)

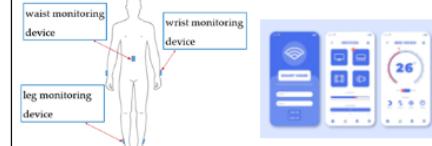
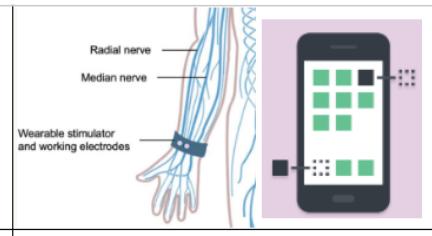
A partir de las señales adquiridas, se cuenta con un sistema de procesamiento el cual acondiciona la señales en los cuales se resume en la amplificación de estas, filtración de ruido, eliminación de interferencias, adaptación de impedancias para finalmente poder adquirir los datos mediante un microcontrolador.[35]

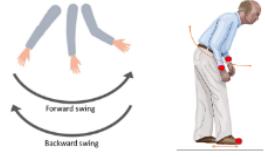
IV. FIGURAS



2.2. Ideando la solución

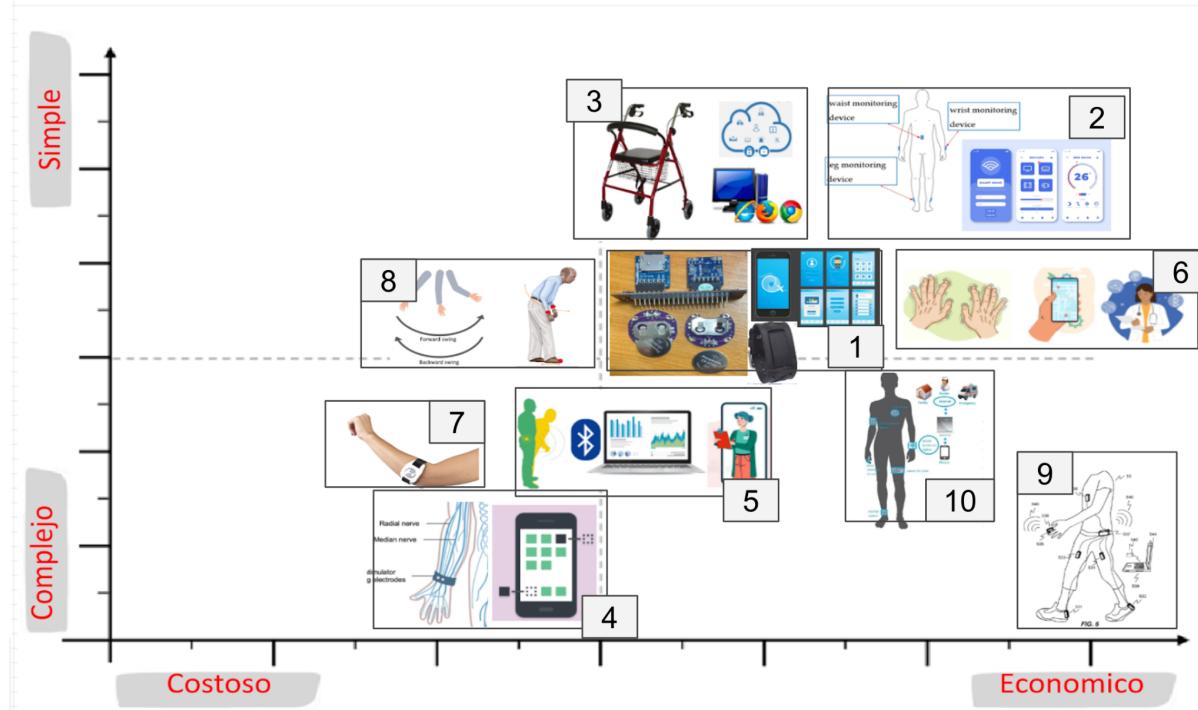
a) Lluvia de ideas

Como podemos nosotros ...		
1		<p>La presente solución consiste en un brazalete, ubicado en la articulación de la muñeca, que permite la detección de temblor de manos y la bradicinesia en pacientes con EP a través de sensores inerciales: acelerómetro 3D y giroscopio 3D, de tal forma que se puedan monitorear a los pacientes con EP por medio de una aplicación que se vincule con la medición de los sensores; así, tanto el paciente como el médico neurológico podrán observar los análisis clínicos y el seguimiento.</p>
2		<p>Esta solución hace referencia a un dispositivo conformado por 5 sensores corporales para el seguimiento o monitoreo a pacientes con EP desde su hogar. Estos dispositivos se colocan 2 en la muñeca, 2 en las piernas y 1 en la cintura y son sensores basados en IMU; asimismo, los resultados obtenidos de las mediciones serán transferidos a una aplicación, en donde tanto el paciente como el doctor podrán tener acceso.</p>
3		<p>Esta solución consiste en la colocación de un sensor en cada muñeca por medio de un andador, los wearables están sujetos en la empuñadura del andador y son amarrados en la muñeca del paciente. Estos sensores monitorearan el temblor del paciente y las correas a su vez mantendrán al paciente sujeto al andador. La información será almacenada en la nube y el doctor, mediante una aplicación web revisará los datos y dará su evaluación al paciente a través de la app</p>
4		<p>Esta solución consiste en el uso de un wearable en la muñeca que no solo mide el temblor, sino que también ayuda a reducir estos. Mediante dos electrodos que estimulan nervios ubicados en el antebrazo, de esta manera contrarresta los temblores y lleva un registro de la intensidad de esto para que el doctor pueda verlo. La información será almacenada en una aplicación móvil.</p>
5		<p>Esta solución consiste en utilizar un dispositivo médico para evaluar características de la marcha de personas con Parkinson. El método consistirá del uso de un dispositivo a la altura de la cintura durante 7 días, luego mediante el contacto con un neurólogo o profesional de la salud se descargará un informe de todas las características medidas por el dispositivo tales como síntomas motores, fluidez en los pasos, recuento de pasos, gasto de energía, discinesias (movimientos involuntarios), episodios de congelación de la marcha y caídas y serán evaluados por el especialista</p>
6		<p>App móvil que controla el monitoreo y detección de ocurrencias del temblor de Parkinson utilizando los sensores inerciales presentes en los teléfonos (giroscopio y acelerómetro). Identifica de manera temprana mediante regresión lineal usando . Así se generan reportes enviados por correo electrónico y un sistema de alarmas para dosificación de medicamentos recetados en el tratamiento. Además que los algoritmos también podrán predecir vibraciones.</p>
7		<p>Medición de rigidez muscular con dos electrodos (EMG); el dispositivo medirá la respuesta muscular dependiendo del movimiento. Será un brazalete en que se sujetará al antebrazo. Esto permitirá ver el progreso de la rigidez del paciente al comparar cuanta fuerza realiza el músculo y compararla con mediciones pasadas del paciente o con valores estándar. Se podría utilizar durante las terapias del paciente para llevar un control más quantitativo de su desarrollo</p>

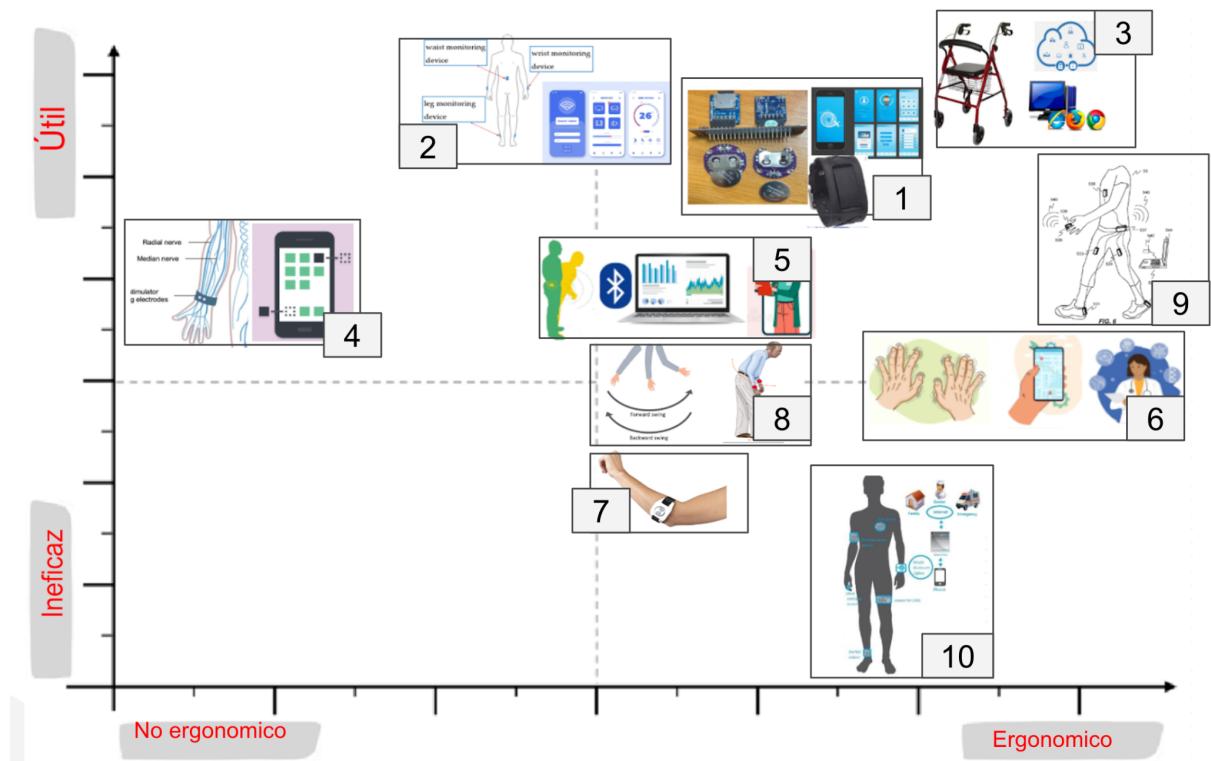
8		Esta solución implica la medición del brazo durante la marcha mediante dos brazaletes que cuenten con un giroscopio y un acelerómetro que permitan medir el movimiento del brazo. Además contara con un sensor en la pierna para poder medir la longitud del paso de la pierna menos afectada. De esta manera se recolectara información de como va afectando la enfermedad del paciente al caminar y como su estabilidad se puede ver afectada
9		Un dispositivo wearable de cuerpo completo que cuenta con sensores para medir la sintomatología y gravedad de la enfermedad de Parkinson de un paciente. Estos sensores cuentan con giroscopios y acelerómetros que ayudan a obtener parámetros cinéticos de la persona en sus actividades cotidianas. Este contará con una interfaz para observar los resultados del paciente y poder concluir de manera precisa sobre su caso de EP.
10		Dispositivo en forma de guante o banda que posea diferentes sensores para poder monitorear el progreso del paciente. Los sensores estarán comprendidos entre giroscópio, acelerómetro y electromiografía. El giroscopio proporcionará una noción de movimiento y posición del paciente, el acelerómetro se relacionará con la parte de temblores en el paciente y el sensor de EMG la rigidez muscular. Todos estos parámetros serán enviados por bluetooth a una interfaz para analizar los datos

b) Matrices 2x2

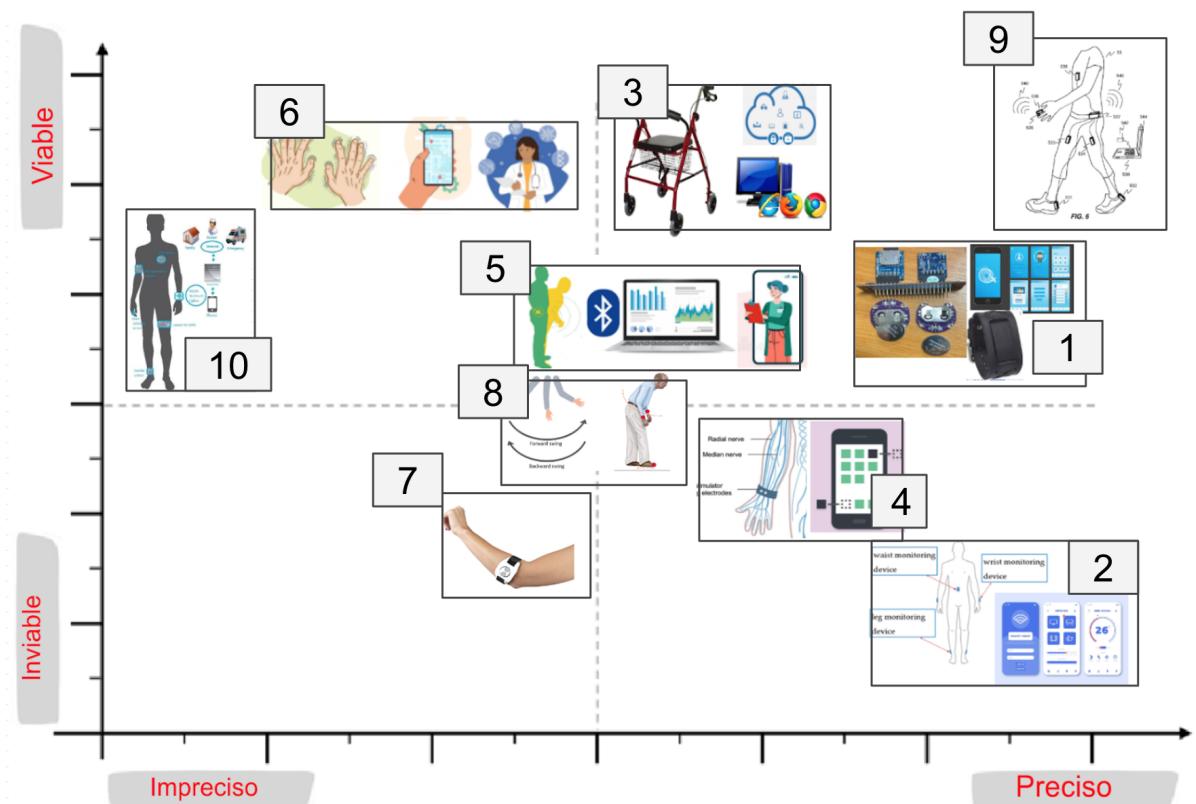
Dificultad vs Costo



Ergonomía vs Utilidad



Precisión vs Factibilidad



c) NABC (3 plantillas para las 3 soluciones ganadoras, al final deben elegir la solución ganadora)

Solución ganadora 1: Brazalete

Necesidad (del usuario) <ul style="list-style-type: none"> - El problema/necesidad de los usuarios - El usuario promedio que tiene este problema - La situación del dia a dia donde ocurre este problema 	Enfoque (de la solucion) <ul style="list-style-type: none"> - Como resuelve el problema la solución - Cuál es la promesa de desempeño - Como sería el modelo de negocio y/o servicio
<ul style="list-style-type: none"> - Los pacientes con EP presentan síntomas motores, como el temblor y la bradicinesia, que le impiden desarrollar sus actividades de la vida diaria. - El temblor en los pacientes con EP es uno de los síntomas más visibles y molestos y crea efectos negativos en el paciente, pues destruye su autoimagen, presentan sensación de inseguridad y generan dependencia de la persona que los asiste. - Las personas con EP promedio que presentan este problema se encuentran en edades superiores a los 60 años. - El temblor y la bradicinesia hacen que el paciente no pueda escribir correctamente con la ayuda de una máquina para escribir, también le impiden comer o sostener un libro para leer. 	<ul style="list-style-type: none"> - La promesa del desempeño es que el brazalete se podrá usar para adquirir los datos correctos para un diagnóstico sólido de temblor y bradicinesia. - Al medir mediante el brazalete los síntomas motores como el temblor y la bradicinesia, se realizará un mejor seguimiento al paciente acerca del progreso de su enfermedad; de tal forma que, el médico pueda brindarle al paciente un tratamiento a tiempo. - Mediante este monitoreo, se podrán controlar los temblores en los pacientes con EP, permitiéndoles volver a realizar poco a poco sus actividades de la vida diaria. - El modelo de negocio sería una pulsera que no pese mucho y sea cómoda de llevar para los pacientes cuando lo usen para realizar tareas físicas con la mano.
Beneficio (al usar la solucion) <ul style="list-style-type: none"> - El beneficio para los usuarios - El beneficio para las organizaciones (hospital, Minsa, etc) 	Competencia <ul style="list-style-type: none"> - Describir las alternativas que existen hoy día o en un futuro próximo - En qué se diferencia tu solución de estas alternativas
<ul style="list-style-type: none"> - Debido a que los síntomas motores en personas con EP se evalúan generalmente mediante métodos tradicionales en donde la precisión es subjetiva, con esta solución se tendrá un resultado más exacto y los médicos no solo se basarán en un diagnóstico clínico sino también por medio de un brazalete que recopile datos sobre la bradicinesia y temblor. - El beneficio para el hospital o centro de salud es que contarán con un dispositivo médico que mida los síntomas motores principales para los pacientes con EP, ya que actualmente en los centros de salud no existen medidas de monitoreo hacia ellos, y que será de bajo costo y fácil de usar en lugares donde los recursos médicos y financieros son escasos. - El beneficio para los usuarios es que recibirán un monitoreo constante desde sus hogares y sentirán una mayor seguridad al saber que su médico estará al pendiente de cualquier síntoma que presenten. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existen actualmente algunas soluciones para el monitoreo hacia pacientes con EP; sin embargo, los dispositivos que se emplean pueden ser invasivos o incómodos para el usuario. Nuestra solución se diferencia ya que es ergonómica y solo cuenta con un solo medidor; es decir, el brazalete ubicado en la muñeca. - En un futuro cercano, este dispositivo podría tener un gran impacto en el monitoreo de pacientes con EP, pues al no existir uno en los hospitales o centros de salud, se podrían observar mejoras en los tratamientos y garantizar también una seguridad para el paciente al recibir un seguimiento. - Este brazalete en un futuro también podría mejorarse con una mayor recopilación de las características de los síntomas motores, como los tipos de temblores o niveles de gravedad de temblores y bradicinesia

Solución ganadora 2: Andador

Necesidad (del usuario) <ul style="list-style-type: none"> - El problema/necesidad de los usuarios - El usuario promedio que tiene este problema - La situación del dia a dia donde ocurre este problema 	Enfoque (de la solucion) <ul style="list-style-type: none"> - Como resuelve el problema la solución - Cuál es la promesa de desempeño - Como sería el modelo de negocio y/o servicio
<p>El paciente necesita de un control y monitoreo más preciso de su enfermedad, un procedimiento que le dé confianza y seguridad de que se le está dando la atención que él necesita. El usuario padece parkinson, tiene entre 60 y 80 años de edad, como muchos ancianos necesita asistencia, ya de sea de otra persona o de alguna herramienta como bastones, andadores y sillas de ruedas. El usuario, debido a sus problemas de movilidad necesita ser monitoreado en su casa que es donde pasa la mayor parte del día. Si sale a la calle también necesitaría de un monitoreo, ya que realizaría movimientos más complejos y así poder identificar mejor su progreso</p>	<p>La idea consiste en combinar un dispositivo de monitoreo, un wearable como una pulsera con algún medio de asistencia como bastones, andadores o sillas de ruedas. De esta manera cubre el problema del monitoreo domiciliario y la posibilidad de usarlo mientras realiza actividades como caminar. Y en el caso del andador puede otorgarle mayor seguridad al sujetar sus muñecas para evitar resbalar.</p>
Beneficio (al usar la solucion) <ul style="list-style-type: none"> - El beneficio para los usuarios - El beneficio para las organizaciones (hospital, Minsa, etc) 	Competencia <ul style="list-style-type: none"> - Describir las alternativas que existen hoy día o en un futuro próximo - En qué se diferencia tu solución de estas alternativas
<p>El beneficio que tiene el usuario sería mayor seguridad de que su enfermedad está siendo monitoreada, poder tener un mejor tratamiento y más confianza en sí mismo para afrontar el parkinson. El beneficio para el doctor es la satisfacción de estar al pendiente de la salud de su paciente. El beneficio para las organizaciones es evitar la saturación al monitorear y evaluar la enfermedad de manera remota</p>	<p>Los dispositivos actuales para monitorear el parkinson se encuentran los wearables; sin embargo estos pueden ser muy costosos. También al tratar de abarcar varios síntomas pueden ser incómodos e imprecisos. Esta solución se diferencia de los demás ya que busca unir herramientas de asistencia y el dispositivo de monitoreo al medir un solo síntoma que es el temblor de las manos.</p>

Solución ganadora 3: Aplicación móvil

<h3>Necesidad (del usuario)</h3> <ul style="list-style-type: none"> - El problema/necesidad de los usuarios - El usuario promedio que tiene este problema - La situación del dia a dia donde ocurre este problema 	<h3>Enfoque (de la solucion)</h3> <ul style="list-style-type: none"> - Como resuelve el problema la solucion - Cual es la promesa de desempeño - Como seria el modelo de negocio y/o servicio <p>- El paciente necesita de un registro de movimientos involuntarios y temblores cada vez que el paciente usa su celular , este registro se realizará mediante los acelerómetros y giroscopios presentes en el celular.</p> <p>-La promesa de desempeño de esta aplicación es que se podrán obtener datos de temblores de pacientes con EP sin el uso de ningún dispositivo externo solo con un elemento de uso diario es decir , mediante el uso de su celular.Además permite que el paciente pueda realizar sus mediciones de manera autónoma sin ayuda de nadie ya que solo tendrá que usar la aplicación móvil en su celular como normalmente lo realiza.</p> <p>-El modelo de negocio sería mediante las descargas de la aplicación móvil mediante PlayStore o Appstore con lo cual para su uso los usuarios tendrán que obtener una licencia anual que permitirá generar informes clínicos y un contacto constante con el neurólogo encargado de los análisis .Entre los requerimientos de la aplicación serán que tenga una interfaz gráfica , didáctica , precisión en la medición y conexión mediante bluetooth.</p>
<h3>Beneficio (al usar la solucion)</h3> <ul style="list-style-type: none"> - El beneficio para los usuarios - El beneficio para las organizaciones (hospital, Minsa, etc) <p>- En comparación a los métodos actuales usados para el monitoreo de la enfermedad de Parkinson como Escala de Evaluación Unificada (UPDRS) es una evaluación subjetiva , con el uso de la app se tendrán datos cualitativos de los temblores ocasionados por la enfermedad además de una relación directa con un médico y un seguimiento diario y constante.</p> <p>- El beneficio para el hospital o centro de salud es que evitarán la saturación para los monitores ya que normalmente tienen una gran demanda, mediante el uso del paciente de este aplicativo se realizará el servicio de telemedicina y los neurologos podrán realizar un seguimiento y elaborar informes clínicos .La aplicación será intuitiva y permitirá un monitoreo diario.</p> <p>- El beneficio para los usuarios es que recibirán un monitoreo domiciliario y una comunicación constante con su médico con lo que pueda observar claramente el progreso de la enfermedad</p>	<h3>Competencia</h3> <ul style="list-style-type: none"> - Describir las alternativas que existen hoy dia o en un futuro proximo - En que se diferencia tu solución de estas alternativas <p>- Actualmente existen aplicaciones comerciales para Parkinson pero que no poseen las mismas funcionalidades que planteamos ya que están más orientados a la realización de ejercicios , registro de medicamentos o juegos recreativos para memoria .Existen papers que han planteado un desarrollo de una aplicación con requerimientos parecidos pero todavía no son implementados, es decir, no están en el mercado .</p> <p>- La ventaja diferencial de este aplicativo es su capacidad de medir de manera precisa los temblores y movimientos involuntarios generados por un paciente de Parkinson y conectarse mediante un servicio de telenmedicina con un médico especialista para controlar el seguimiento mediante informes que puedan brindar un análisis cuantitativo del progreso de la enfermedad , además las mediciones no necesitaran de ningún dispositivo externo que pueda causar incomodidad al paciente.</p>

d) Diagrama de funciones, entradas y salidas de la solución ganadora

Solución ganadora: brazalete para medir temblores y bradicinesia del paciente (solución 1)

Diagrama de funciones de la solución 1:

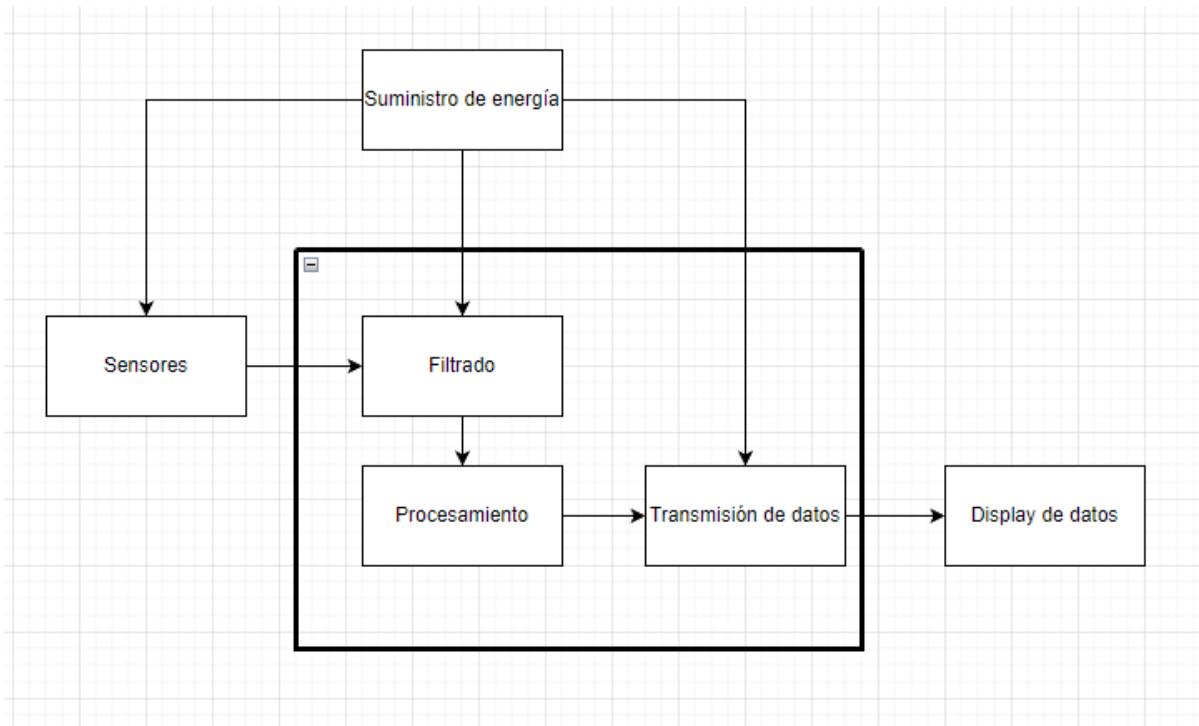


Diagrama de entradas y salidas de la solución 1

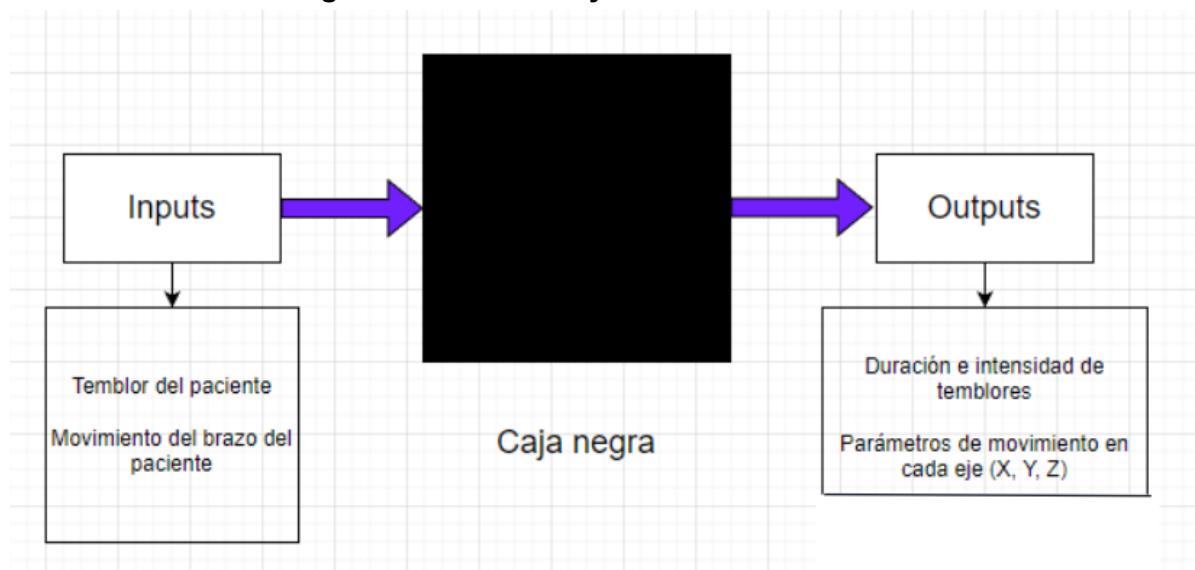
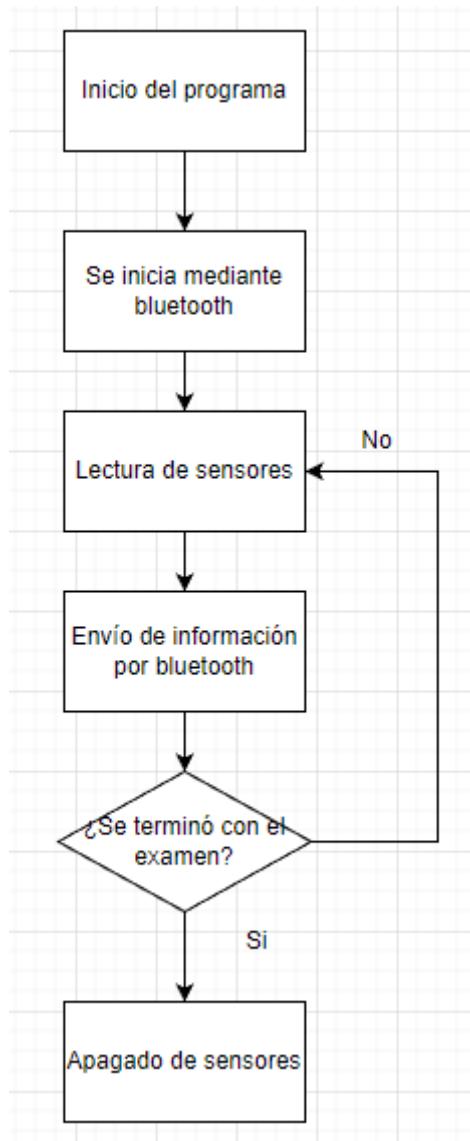


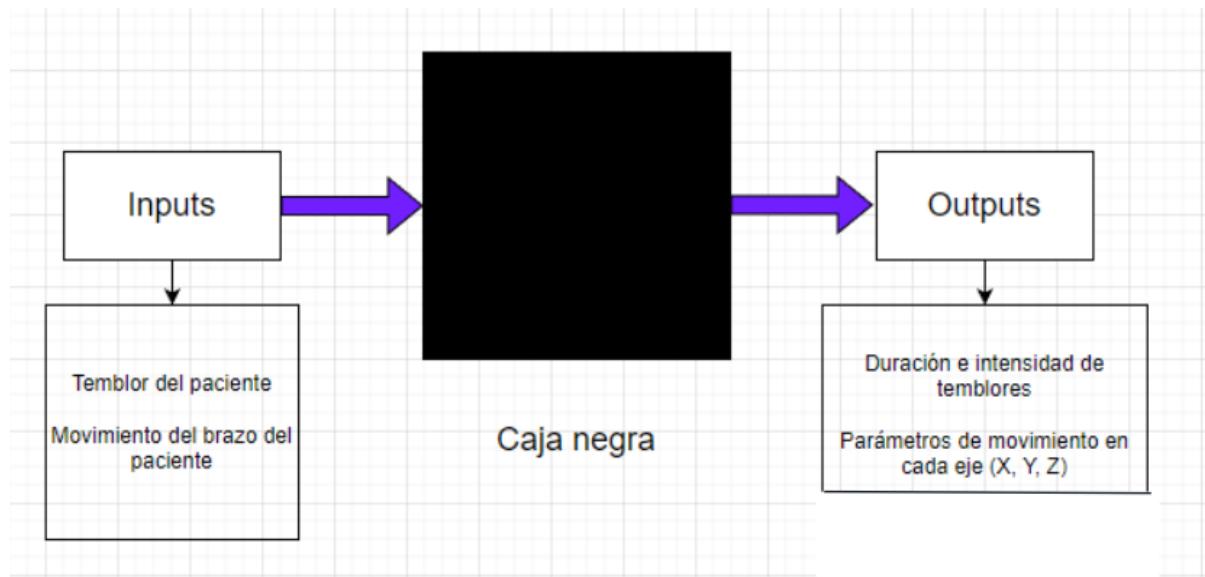
Diagrama de flujos de la solución 1



3. Prototipado

3.1 Consideraciones de diseño

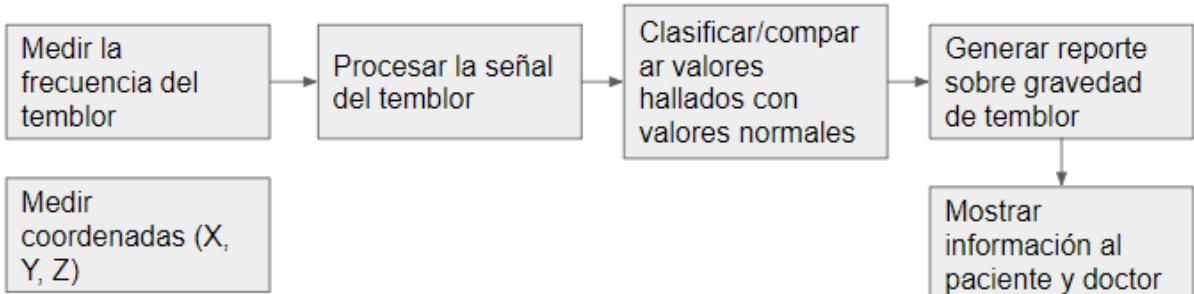
a) Definición de entradas y salidas



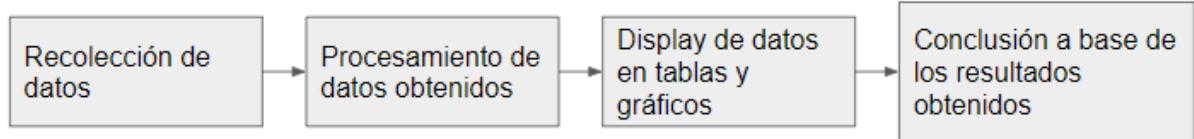
b) Definición de las subfunciones que componen el sistema

Brazalete:

Muñeca del paciente

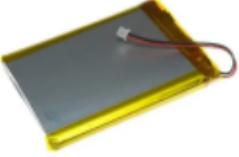
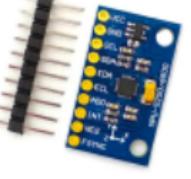


Interfaz:



c) Matriz morfológica para las subfunciones

Brazalete:

TAREAS	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
ALIMENTACIÓN	 Batería recargable LiPo	 Pilas AA	 Fuente 3.3V
ENCENDIDO/ APAGADO	 Switch	 Pulsador	 Switch palanca deslizable
SENSORES	 Módulo MPU6050	 Arduino NANO 33 IOT	 Módulo MPU-9250
PROCESAMIENTO DE SEÑAL	 Arduino UNO R3	 Arduino NANO 33 IOT	 Raspberry pi 4B
TRANSMISIÓN DE DATOS	 Módulo bluetooth	 Módulo wifi	 Módulo RF

Interfaz:

TAREAS	OPCIÓN 1 Presiona [Esc] para salir de la pantalla completa	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	 Python	 C++	 Java
INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO (GUI)	 Aplicación de escritorio	 Aplicación de celular	 Aplicación de tablet
SISTEMA OPERATIVO	 MacOS	 Windows	 Android

3.2 Diseño e implementación de las subfunciones

- a) Pseudocódigos, esquemas electrónicos, diseño mecánico, etc. que correspondan a cada subfunción de su prototipo y explique brevemente su funcionamiento (Solo coloque los archivos/vistas/planos/códigos, etc., más importantes, en el anexo C puede poner archivos adicionales) Recuerde que es válido que se puedan implementar varias versiones de los prototipos por lo que puede usar esta sección para presentar los diversos prototipos desarrollados.

En primer lugar, el temblor se puede clasificar según si es:

- Fisiológico (dentro del rango normal)
- Un trastorno primario (temblor esencial, enfermedad de Parkinson)
- Secundario a un trastorno (por ejemplo un accidente cerebrovascular)
- El temblor se describe generalmente según la frecuencia de las oscilaciones (rápido o lento) y la amplitud de movimiento (fino [amplitud baja] o grueso [amplitud elevada]).

Los temblores de la enfermedad de Párkinson presentan de forma característica los siguientes síntomas:

- Son abruptos y rítmicos
- Suelen comenzar en una mano mientras se encuentra en reposo (temblor en reposo).
- A menudo consisten en un movimiento de la mano como si se hicieran rodar pequeños objetos móviles (conocido como movimiento de contar monedas).
- Disminuye al mover voluntariamente la mano y desaparece por completo durante el sueño.
- Puede agravarse por el estrés emocional o la fatiga
- Puede progresar y afectar la otra mano, los brazos y las piernas.
- También puede afectar las mandíbulas, la lengua, la frente, los párpados y, en menor grado, la voz

Los temblores de reposo son visibles en reposo y se producen cuando una parte del cuerpo está completamente sostenida contra la gravedad. Los temblores en reposo son mínimos o están ausentes durante la actividad. Aparecen con una frecuencia de 3 a 6 ciclos/segundo (Hz).

Basándonos en la siguiente información se realizó un código que permita detectar un rango de frecuencias del temblor parkinsoniano entre 3 a 10 Hz.

Pseudocódigos del brazalete (por subfunciones):

Para la obtención de data del acelerómetro:

Se implementó un código en arduino para obtener la información de la aceleración en los ejes x , y y z que genera el movimiento del temblor .

```
#include <Arduino_LSM6DS3.h>
float x, y, z, xa, ya, za;
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    while (!Serial);
    if (!IMU.begin()) {
        while (1);
    }
    //Serial.print("Accelerometer sample rate = ");
    //Serial.print(IMU.accelerationSampleRate());
}
void loop() {
    if (IMU.accelerationAvailable()) {
        IMU.readAcceleration(x, y, z);
        xa = 9.81 * x;
        ya = 9.81 * y;
        za = 9.81 * z;
        Serial.print(xa);
        Serial.print(",");
        Serial.print(ya);
        Serial.print(",");
        Serial.println(za);
    }
}
```

```
    }
    //delay(100);
}
```

Es importante mencionar que mediante este código también se obtuvo la frecuencia de muestreo o sample rate que será un dato importante para el filtrado de la señal.

Para el procesamiento de la señal:

Para el procesamiento de la señal se utilizó el lenguaje Python, debido a su simplicidad en la programación y además que la interfaz diseñada también se realizará en lenguaje python por lo que el procesamiento de la señal del acelerómetro se dará mediante la ejecución de la interfaz.

Incluimos librerías que nos permitirán realizar el procesamiento de la señal:

```
import serial,time
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from scipy.fftpack import fft, fftfreq
from scipy import signal
```

Figura: Librerías necesarias para el filtrado de la señal

- Obtención de la data de Arduino a Python mediante comunicación serial

```

arduinoData = serial.Serial('COM3', 9600)
time.sleep(1)
x1=[]
y1=[]
z1=[]
a=True
while a:
    while(arduinoData.inWaiting()==0):
        pass
    dataPacket = arduinoData.readline()
    dataPacket = str(dataPacket,'utf-8')
    dataPacket = dataPacket.strip('\r\n')
    splitPacket = dataPacket.split(",")
    x = float(splitPacket[0])
    y = float(splitPacket[1])
    z = float(splitPacket[2])
    x1.append(x)
    y1.append(y)
    z1.append(z)
    if len(x1)==N:
        a=False
    if len(y1)==N:
        a=False
    if len(z1)==N:
        a=False

```

Se obtiene la data mediante comunicación serial , por ello se hace llamado a la librería Serial.La lectura de los datos se dará mediante el COM3 y con un baudaje de 9600.

En esta sección del código se leerá la información dada por Arduino mediante cada línea del puerto serial y luego se clasificará en datos del acelerómetro en cada uno de los tres ejes.Esta información será guardada mediante 3 listas y se requerirá un número de muestras (indicados en la variable N) de 1000, cuando se llegue a las mil muestras la lectura de datos acabará.

- Subfunciones para el filtrado de la señal:

Utilizamos la librería scipy para obtener las transformadas de fourier y manipular la señal de entrada y así aplicar los filtros necesarios para el procesamiento de la señal.

Aplicamos un filtro butterworth de tercer orden para realizar un filtro pasabaja y un filtro pasabanda

```

def filtering_signal(f,nyq,order):
    cutoffh=1
    normal_cutoff = cutoffh/nyq
    b, a = signal.butter(order, normal_cutoff, btype='highpass',
analog = False)
    xf = signal.lfilter(b,a,f)

```

```

        cutoffl=20
        normal_cutoffl = cutoffl/nyq
            bl,    al    =   signal.butter(order,    normal_cutoffl,
btype='lowpass', analog = False)
            xfl = signal.lfilter(bl,al,xf)

        return xf,xfl

def window_signal(N,f):
    window = signal.kaiser(N,beta = 14)
    wx=f*window
    return wx

def passband_filter(f,order,nyq):
    cobl = 1.5
    cobh = 15
    normal_cobl = cobl/nyq
    normal_cobh = cobh/nyq
        bw, aw = signal.butter(order, [normal_cobl,normal_cobh],
btype='band', analog = False)
        ff = signal.lfilter(bw,aw,f)
    return ff

```

```

order = 2
[xlow,xhigh] = filtering_signal(xl,nyq,order)
[ylow,yhigh] = filtering_signal(yl,nyq,order)
[zlow,zhigh] = filtering_signal(zl,nyq,order)

xf = passband_filter(xhigh,order,nyq)
yf = passband_filter(yhigh,order,nyq)
zf = passband_filter(zhigh,order,nyq)

xfw = window_signal(N,xf)
yfw = window_signal(N,yf)
zfw = window_signal(N,zf)

frq=fftfreq(N,t)

```

- Aplicamos la transformada de fourier, para obtener las frecuencias

```

def fourier_transform(N,f):
    F = abs(fft(f)/N)
    return F

X=fourier_transform(N,xfw)
Y=fourier_transform(N,yfw)
Z=fourier_transform(N,zfw)

```

- Por último se muestran las gráficas

```

plt.subplot(3,2,1)
plt.plot(n,xfw)
plt.subplot(3,2,2)
plt.ylim(0,1)
plt.plot(frq,X)

plt.subplot(3,2,3)
plt.plot(n,yfw)
plt.subplot(3,2,4)
plt.ylim(0,1)
plt.plot(frq,Y)

plt.subplot(3,2,5)
plt.plot(n,zfw)
plt.subplot(3,2,6)
plt.ylim(0,1)
plt.plot(frq,Z)
plt.show()

```

Pseudocódigos de la interfaz (por subfunciones):

Para la creación de la interfaz se optó por usar la librería Tkinter de python, la cual se especializa en la creación de GUIs las cuales servirán de apoyo para el manejo de las diferentes funciones de recolección de datos y la presentación de resultados correspondientes a las pruebas con el acelerómetro. Para ello, primero codificamos una ventana principal la cual le permite al usuario poder interactuar de manera más amigable con la adquisición de datos del sensor con el siguiente código.

Esto se logró gracias al siguiente código:

```

class Window(tk.Tk):
    def __init__(self):
        super().__init__() #heredamos los atributos de tkinter
        self.title("INTERFAZ") #Nombre de la ventana
        self.geometry('1400x720') #dimensiones de la ventana

        self.var_texto1=tk.StringVar() #declaro variables de texto que se usarán en los entrys
        self.var_texto2=tk.StringVar()

        self.yuyframe=tk.Frame(self) #diseño del espacio de la ventana
        self.bottomframe=tk.Frame(self)

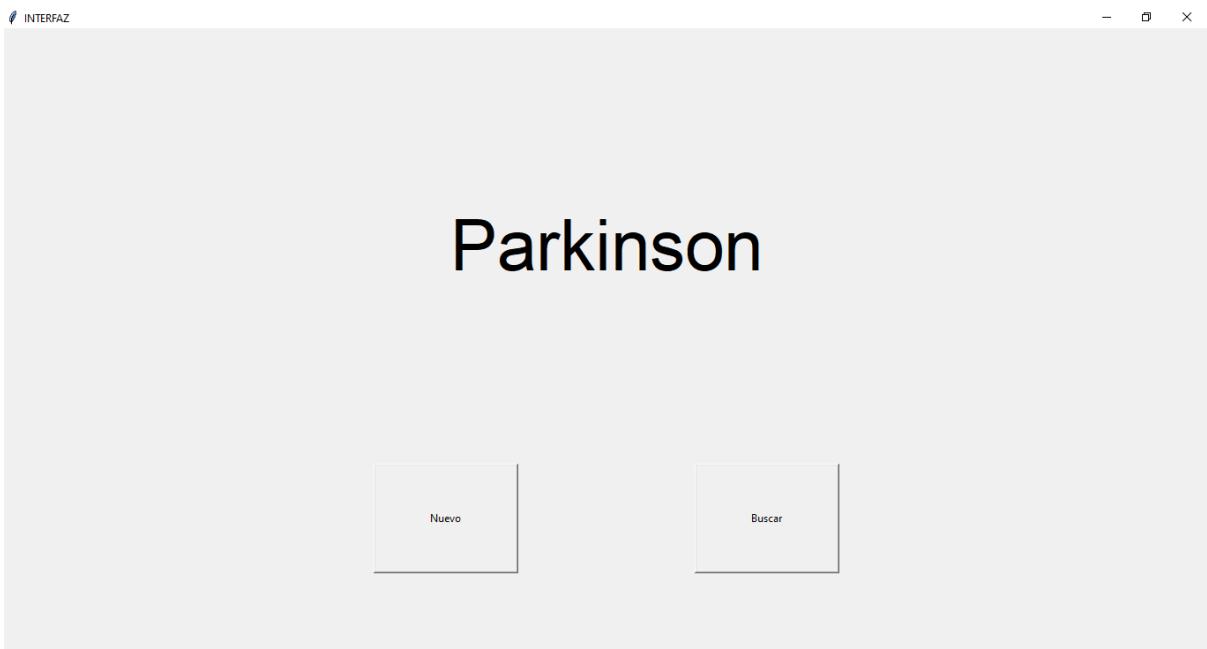
        l1=tk.Label(self.yuyframe, text="Parkinson", font=('Arial','60'), justify=tk.CENTER, pady=200) #Nombre
        self.b1 = tk.Button(self.bottomframe, text="Nuevo", command=self.Nuevo, padx=60, pady=50) #creo botones
        self.b20=tk.Button(self.bottomframe, text="Buscar", padx=60, pady=50) #command=self.Buscar)

        self.yuyframe.pack() #hago el display de los frames
        self.bottomframe.pack()

        l1.pack() #display de los widgets
        self.b1.pack(side=tk.LEFT, padx=100)
        self.b20.pack(side=tk.RIGHT, padx=100)

```

De manera que se obtiene esta primera ventana:



A partir de esta ventana principal, podemos acceder a una siguiente ventana la cual nos permitirá introducir los datos del paciente para un orden en la data adquirida con el siguiente código:

```

def Nuevo(self):
    self.withdraw() #se cierra la ventana principal
    self.New=tk.Toplevel() #se crea una nueva ventana
    self.New.geometry('1400x720') #dimensiones de la nueva ventana
    l2=tk.Label(self.New, text='Datos del paciente', font=('Arial', '40')) #label
    l2.pack() #display del label

    self.e1 = tk.Entry(self.New, textvariable=self.var_texto1, width=50) #Se definen 2 entrys
    # que se usarán para el input de los datos del paciente

    self.e2=tk.Entry(self.New, textvariable=self.var_texto2, width=50)

    self.l3=tk.Label(self.New, text='Nombres y apellidos: ', pady=10) #título de cada entry
    self.l4=tk.Label(self.New, text='DNI: ', pady=10)

    self.l3.pack(pady=10) #display de cada objeto en la ventana
    self.e1.pack(pady=10)
    self.l4.pack(pady=10)
    self.e2.pack(pady=10)

    b2=tk.Button(self.New, text='Continuar', command= self.examen, padx=25, pady=12) #boton para continuar
    # con la siguiente ventana
    b2.pack(pady=10)

```

Lo cual como resultado nos muestra esta siguiente ventana:



Luego de haber anotado los datos del paciente que se someterá a este protocolo, el botón continuar nos dirigirá a una nueva pestaña en la cual ya podremos comenzar con la recolección y el análisis de resultados.

- Recolección de datos

La pestaña para iniciar el protocolo de adquisición se dispone con el siguiente código

```

def examen(self):
    a=self.var_texto1.get() #adquirimos los datos del paciente
    b=self.var_texto2.get()
    self.var_texto1.set("") #borramos todo
    self.var_texto2.set("")
    print(a) #hacemos print de lo adquirido
    print(b)
    self.New.withdraw() #cerramos ventana
    self.ex=tk.Toplevel() #Creamos nueva ventana para el examen

    l5=tk.Label(self.ex, text="Paciente:", font=('Arial', '10')) #información del paciente
    l6=tk.Label(self.ex, text=a )
    l7=tk.Label(self.ex, text="DNI:", font=('Arial', '10'))
    l8=tk.Label(self.ex, text=b)

    l5.grid(row=0, column=0) #organización de la ventana
    l6.grid(row=0, column=1)
    l7.grid(row=1, column=0)
    l8.grid(row=1, column=1)

    self.ex.geometry('1400x720') #dimensiones de la ventana

    self.canvas1=tk.Canvas(self.ex, width=500, height=500, background='white') #gráfica
    self.canvas1.grid(row=2, column=0, columnspan=2, sticky=tk.N)

    self.canvas2=tk.Canvas(self.ex, width=900, height=700, background='white')

self.canvas2.grid(row=2, column=2, rowspan=2)

self.canvas1.create_oval(155, 250, 225, 320, fill='red', tags="CL1")
self.canvas1.create_oval(155, 330, 225, 400, fill='red', tags="CL2")
self.canvas1.create_oval(155, 410, 225, 480, fill='red', tags="CL3")

self.canvas1.create_oval(275, 250, 345, 320, fill='blue', tags="CR1")
self.canvas1.create_oval(275, 330, 345, 400, fill='blue', tags="CR2")
self.canvas1.create_oval(275, 410, 345, 480, fill='blue', tags="CR3")

self.canvas1.create_text(310, 285, text = "FFTX", font = "Times 15", tags = "R1")
self.canvas1.create_text(310, 365, text = "FFTY", font = "Times 15", tags = "R2")
self.canvas1.create_text(310, 445, text = "FFTZ", font = "Times 15", tags = "R3")

self.canvas1.create_text(190, 285, text = "X", font = "Times 15", tags = "L1")
self.canvas1.create_text(190, 365, text = "Y", font = "Times 15", tags = "L2")
self.canvas1.create_text(190, 445, text = "Z", font = "Times 15", tags = "L3")

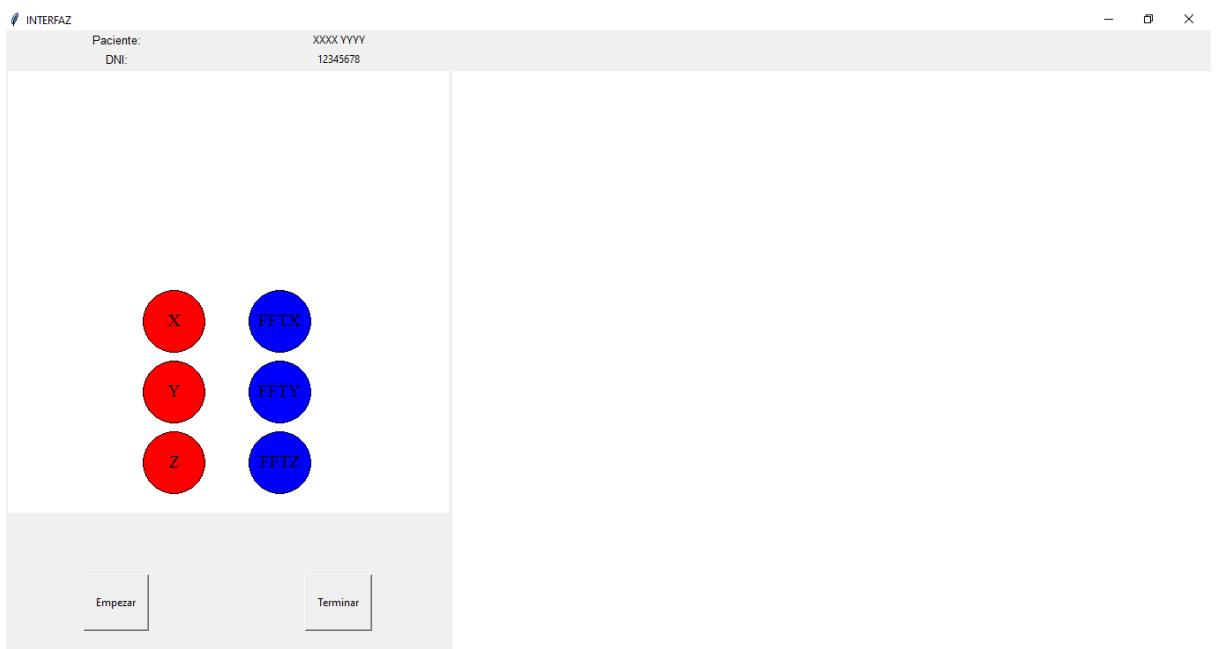
b3=tk.Button(self.ex, text="Empezar", padx=10, pady=20, command=self.startComm) #al apretar start
#                                                 se empieza el examen
b4=tk.Button(self.ex, text="Terminar", padx=10, pady=20, command=self.endComm) #se termina el examen

b3.grid(row=3, column=0, sticky=tk.N) #organización de los botones
b4.grid(row=3, column=1, sticky=tk.N)

self.canvas1.bind('<Button-1>', self.printear) #lo que va a hacer que se puedan seleccionar los
#                                                 #círculos para ver las diferentes gráficas obtenidas
#                                                 #mediante la recolección y el procesamiento de datos

```

Como resultado obtenemos la siguiente pestaña:



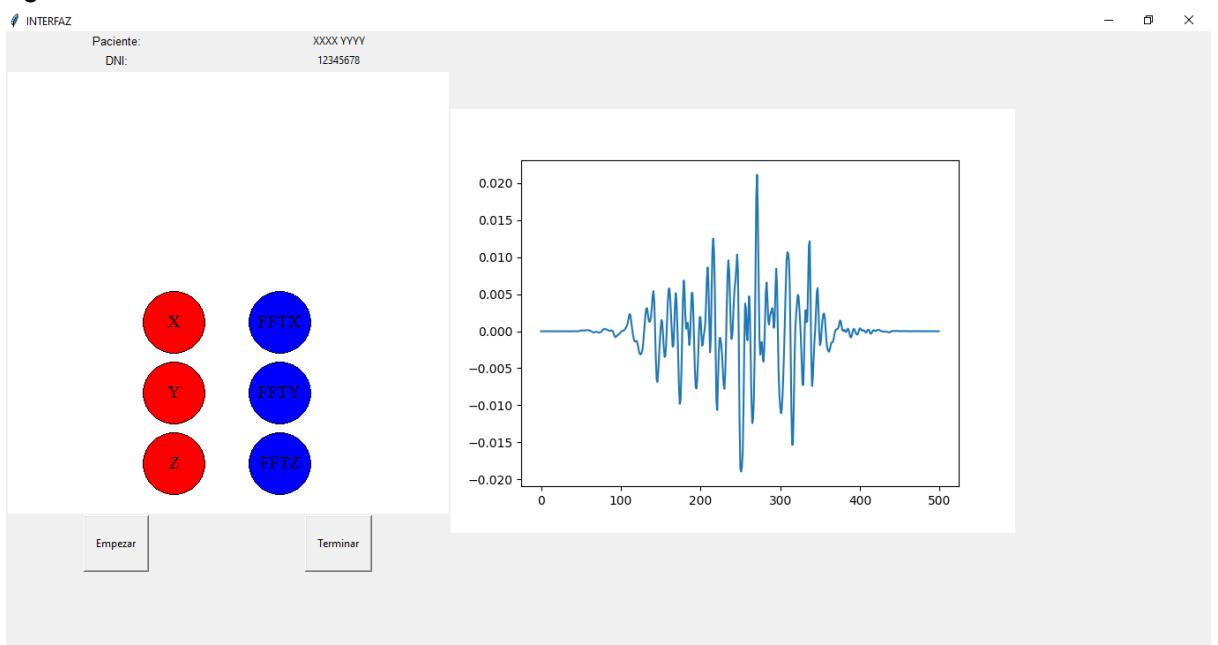
Con el botón empezar comenzamos el protocolo de adquisición del acelerómetro y obtenemos los datos después de 5 segundos.

- Procesamiento de datos obtenidos

De acuerdo con lo mostrado anteriormente en la sección de procesamiento de la señal, esta parte del código de la interfaz sigue fielmente dicho código, por lo que lo adjuntamos para poder tener el control de la adquisición mediante la interfaz

- Display de datos en tablas y gráficos

Al momento de haber terminado los 5 segundos de adquisición, se procede a hacer el display de los datos obtenidos con lo cual obtenemos los datos ordenados de la siguiente manera:

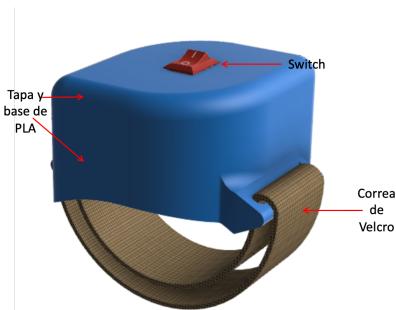


En esta ventana, los círculos rojos y azules son interactivos, por lo que al momento de hacer click encima de ellos procede a cambiar la gráfica correspondiente a la función descrita en cada círculo

Con el botón de “Terminar” la ventana se cierra y procede a abrir nuevamente la ventana principal del programa descrita al principio de esta sección.

- Conclusión a base de resultados obtenidos

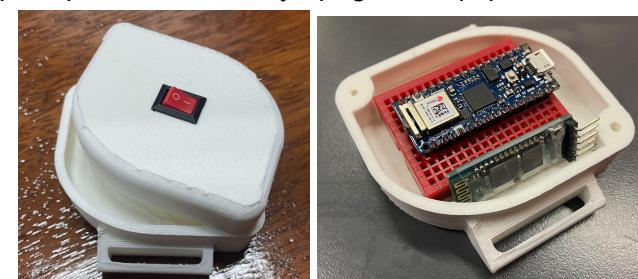
Diseño mecánico:



Se ha realizado el diseño del brazalete empleando el programa Fusión 360. El diseño cuenta con una curva en la parte que está en contacto con el antebrazo para mayor comodidad del usuario.

El brazalete cuenta con el espacio para el arduino nano iot, la batería y el módulo bluetooth. Se hizo la impresión en PLA y se utilizara una correa de velcro para que el paciente pueda ajustar a su medida el wearable. Esto es importante ya que el brazalete tiene que quedar bien sujeto para no tener lecturas incorrectas. Por otro lado, el brazalete quedo ensamblado mediante dos tornillos para sea fácil abrirlo cuando se requiera recargar la bateria,

Para poder asegurar el arduino se utilizó un protoboard que va pegado a la carcasa inferior, de esta forma se evita obtener señales del movimiento del arduino que seria ruido. Además se incluyó un switch para poder encender y apagar el equipo



Link de la carpeta con el video de prueba y exposición del hito3:

https://drive.google.com/drive/folders/1AcTkuBn3lqVu77MJlxD2m-W0FMqS6i_?usp=sharing

Referencias bibliográficas

- [1] "Enfermedad de Parkinson | Mal de Parkinson | MedlinePlus en español". MedlinePlus - Health Information from the National Library of Medicine. <https://medlineplus.gov/spanish/parkinsonsdisease.html> (accedido el 26 de agosto de 2022).
- [2] "Enfermedad de Parkinson - Síntomas y causas - Mayo Clinic". Mayo Clinic - Mayo Clinic. <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/parkinsons-disease/symptoms-causes/syc-20376055#:~:text=La%20enfermedad%20de%20Parkinson%20es,rigidez%20o%20disminución%20del%20movimiento> (accedido el 26 de agosto de 2022).
- [3] FIFARMA. Factores que podrían incidir en el desarrollo del Parkinson. <https://fifarma.org/es/3-factores-que-podrian-incidir-en-el-desarrollo-del-parkinson/#:~:text=Factores%20ambientales&text=Algunos%20estudios%20han%20logrado%20correlacionar,con%20un%203.9%%20de%20probabilidad>
- [4] "Statistics". Parkinson's Foundation. <https://www.parkinson.org/understanding-parkinsons/statistics> (accedido el 5 de octubre de 2022).
- [5] Ministerio de Salud del Perú. El Parkinson afecta a unas 30 mil personas en el Perú. (2019). Retrieved: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/27375-el-parkinson-afecta-aunas-30-mil-personas-en-el-peru>
- [7] Fisiopatología de la enfermedad de Parkinson. Causas y mecanismos fisiopatológicos Parkinson disease. Nature Reviews Disease Primers, 3, <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.13>
- [9] "Current and projected future economic burden of Parkinson's disease in the U.S". PubMed Central (PMC). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7347582/> (accedido el 27 de agosto de 2022).
- [10] "Las enfermedades neurodegenerativas cuestan a las personas afectadas y sus familias más de 23.000€ al año - Federación Española de Parkinson". Federación Española de Parkinson. <https://www.esparkinson.es/las-enfermedades-neurodegenerativas-cuestan-a-las-personas-afectadas-y-sus-familias-mas-de-23-000e-al-ano/> (accedido el 27 de agosto de 2022).
- [11] A. Granda-Oblitas, G. X. Quiroz Gil y F. M. Runzer Colmenares, "Efectos del aislamiento en adultos mayores durante la pandemia: una revisión de la literatura", ACTA MEDICA PERUANA, vol. 38, n.º 4, febrero de 2022. Accedido el 26 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.35663/amp.2021.384.2225>
- [12] M. Salud, ".: REUNIS :. Repositorio Único Nacional de Información en Salud - Ministerio de Salud", Minsa.gob.pe, 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.minsa.gob.pe/reunis/data/tasas_mortalidad.asp. [Accedido: 05- Sep- 2022].

[13] "El Parkinson afecta a unas 30 mil personas en el Perú", Gob.pe, 2022. [En linea]. Disponible en:
<https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/27375-el-parkinson-afecta-aunas-30-mil-personas-en-el-peru>. [Accedido: 05- Sep- 2022].

[14] I. R. Condor, J. Atencio Paulino and C. Contreras Cordova, "CARACTERÍSTICAS CLÍNICO EPIDEMIOLÓGICAS DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON EN UN HOSPITAL NACIONAL DE LA SIERRA PERUANA", 2019. [En linea]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-05312019000400004. [Accedido: 05- Sep- 2022].

[15] (s. f.). SciELO - Malnutrición por exceso y enfermedad de Parkinson en un hospital peruano durante el periodo 2007-2017 Scientific Electronic Library Online. <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v36n2/a05v36n2.pdf>

[16] Prevalence of Parkinson's disease in a district of central highlands of Peru: Preliminary report - MDS Abstracts. (s. f.). MDS Abstracts. <https://www.mdsabstracts.org/abstract/prevalence-of-parkinsons-disease-in-a-district-of-central-highlands-of-peru-preliminary-report/>

[17] Enfermedad de Parkinson | Mal de Parkinson | MedlinePlus en espaÑol. (s. f.). MedlinePlus - Health Information from the National Library of Medicine. <https://medlineplus.gov/spanish/parkinsonsdisease.html>

[18] M. Prenger, R. Madray, K. Van Hedger, M. Anello and P. MacDonald, "Social Symptoms of Parkinson's Disease", Parkinson's Disease, vol. 2020, pp. 1-10, 2020. Available: 10.1155/2020/8846544 [Accessed 27 August 2022].

[19] Fifarma. 3 factores que podrían incidir en el desarrollo del Parkinson. Retrieved: <https://fifarma.org/es/3-factores-que-podrian-incidir-en-el-desarrollo-del-parkinson/#:~:text=Factores%20ambientales&text=Algunos%20estudios%20han%20logrado%20correlacionar,con%20un%203.9%25%20de%20probabilidad>

[20] Espacio Parkinson. CONOCE LA ENFERMEDAD 1 ¿Qué es el párkinson? Causas, diagnóstico y evolución. (2017). Retrieved:<https://www.esparkinson.es/wp-content/uploads/2017/10/1.1-CONOCE-LA-ENFERMEDAD-P%C3%A1rkinson-causas-diagn%C3%B3stico-y-evoluci%C3%B3n.pdf>

[21] Mayo Clinic. Enfermedad de Parkinson. (2022). Retrieved: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/parkinsons-disease/symptoms-causes/syc-20376055>

[22] Ministerio de Salud del Perú. El Parkinson afecta a unas 30 mil personas en el Perú. (2019). Retrieved:<https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/27375-el-parkinson-afecta-aunas-30-mil-personas-en-el-peru>

- [23] W. Poewe, K. Seppi, C. Tanner, et al. Parkinson disease. *Nat Rev Dis Primers* 3, 17013 (2017). <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.13>
- [24] R. Balestrino and A. Schapira. Parkinson disease (2020). *European Journal of Neurology*, 27: 27-42. <https://doi.org/10.1111/ene.14108>
- [25] L. Omberg *et al.*, "Remote smartphone monitoring of Parkinson's disease and individual response to therapy", *Nature Biotechnology*, agosto de 2021. Accedido el 5 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1038/s41587-021-00974-9>
- [26] R. Atri *et al.*, "Deep Learning for Daily Monitoring of Parkinson's Disease Outside the Clinic Using Wearable Sensors", *Sensors*, vol. 22, n.º 18, p. 6831, septiembre de 2022. Accedido el 5 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/s22186831>
- [27] N. Kostikis, G. Rigas, S. Konitsiotis y D. I. Fotiadis, "Configurable Offline Sensor Placement Identification for a Medical Device Monitoring Parkinson's Disease", *Sensors*, vol. 21, n.º 23, p. 7801, noviembre de 2021. Accedido el 5 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/s21237801>
- [28] M. Valdiviezo y J. Fermín, "Estudio comparativo de índices de capacidad de proceso con variables distribuidas no normales", *Industrial Data*, vol. 13, n.º 2, p. 056, marzo de 2014. Accedido el 5 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.15381/idata.v13i2.6187>
- [29] A. Channa, R.-C. Ifrim, D. Popescu y N. Popescu, "A-WEAR Bracelet for Detection of Hand Tremor and Bradykinesia in Parkinson's Patients", *Sensors*, vol. 21, n.º 3, p. 981, febrero de 2021. Accedido el 5 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/s21030981>
- [30]"MyoExo: Smart Wearable Sensors for Parkinson's Disease". Wyss Institute. <https://wyss.harvard.edu/technology/myoexo-smart-wearable-sensors-for-parkinsons-disease/> (accedido el 5 de octubre de 2022).
- [31]"Staton Holter". Staton Holter. <https://www.statonholter.com/#:~:text=The%20STAT-ON%20is,health%20professionals%20can%20use%20it> (accedido el 5 de octubre de 2022).
- [32] "Essential tremor bracelet - wrist device for tremors," *Cala Trio*, 20-Sep-2022. [Online]. Available: <https://calatrio.com/>. [Accessed: 04-Oct-2022].
- [33] J. Giuffrida, D. Heldman and T. Mera. "Parkinson's disease continuous monitoring and therapy system". Patent: US9302046B1. April 5, 2016.
- [34] H. Haick, A. Mamur and U. Tisch. "Method of diagnosing, prognosing and monitoring parkinson's disease". Patent:US9359197B2. June 7, 2016.
- [35] A. Pracar and S. Pracar. "Intelligent progression monitoring, tracking, and management of parkinson's disease". Patent: US20150073310A1. March 27, 2018

[36] H, Paez et al. “

Mecanismo multicanal portable para la medición de variables fisiológicas en extremidades humanas”. Patent: WO2016198030A1. April 18, 2016