



UNIVERSIDAD DE TALCA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA

# **Análisis de usabilidad y función tecnológica del dispositivo de monitoreo llamado Smart Mesck.**

**FELIPE GONZALEZ GONZÁLEZ, TAMARA JAQUE VÁSQUEZ, ANA URZÚA  
ESCOBAR, CAROLINA VARGAS NÚÑEZ, FRESIA ZAPATA SALAS,**

**PROFESOR GUÍA: VALESKA GATICA ROJAS.**

Trabajo presentado para optar al Título Profesional de Kinesiólogo

Diciembre de 2022  
Talca - Chile.

## CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2023

©2022, Felipe González González, Tamara Jaque Vásquez, Ana Urzúa Escobar, Carolina Vargas Núñez, Fresia Zapata Salas.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita al trabajo y a su autor.

## ii. DEDICATORIA

“Aun si caes y te hieres, sigo corriendo hacia mi sueño. Para siempre sueños, esperanza, sigue adelante, para siempre... Somos jóvenes” (Forever Young, BTS).

### iii. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos aquellos que nos han acompañado en el proceso de vida universitaria y sobre todo en este último año de carrera, gracias por su apoyo y comprensión cada día.

A nuestra tutora, Valeska Gatica Rojas, por guiarnos durante estos dos años de arduo trabajo; también a todo el personal del CTTN y personas involucradas en la creación y desarrollo de Smart Mesck, por toda su dedicación y compromiso, muchas gracias.

No existe más que gratitud en mi ser, por todos aquellos que brindaron una parte de su esencia para lograr ser la persona quien ha transitado hasta este instante. Agradecimientos especiales a mi madre, Teresa, mi padre, Rodrigo, y mi hermana, Francisca, por el amor incondicional que me han brindado, a Elizabeth, Pablo, Nicolas y Boris por la extraordinaria amistad que compartimos desde nuestra formación en el Liceo Abate Molina y al grupo “Le Vagance” por su hermandad resiliente al paso del tiempo. También por los que ya no están con nosotros, siguen en nuestra memoria. Felipe Alejandro González González.

Genuinamente agradezco a mis seres queridos por brindarme su apoyo y cariño durante este proceso académico, a mis mascotas por su amor incondicional y a mi equipo psiquiátrico y psicológico por permitirme terminar este proceso en paz. Tamara Consuelo Jaque Vásquez.

Agradezco a mi mamá por aguantarme en los días de estrés y enojo, por tolerar y ser paciente. A mi hermano por motivarme a hacer cosas nuevas y apoyarme en cada decisión tomada durante este año, muchas gracias por todo, los quiero mucho. Ana del Carmen Urzúa Escobar.

Mi más sincera gratitud para cada una de las personas que han formado parte de este largo camino y me han acompañado a transitar en él, entregándome diferentes herramientas para poder llegar hasta esta instancia. A mi círculo cercano, a quienes ya no están y a quienes dejan huellas, gracias eternamente por formar parte de esto; por cada palabra, consejo, atención, muestra de afecto y paciencia. A mi pequeña Dominga, por su paciencia y resplandor en la culminación de esta etapa. Agradecer de manera especial a mi equipo de trabajo por cada acto de comprensión, tolerancia y cariño. Finalmente agradecer a Dios y a la vida por cada enseñanza. Carolina Belén Vargas Núñez.

Agradezco enormemente a mi equipo de tesis, que sin ellos no sería nada, por su ayuda y comprensión en todas mis etapas académicas, además agradezco a

mi pareja Paul, mi hermana Valeska, mi padre Miguel y sin dejar de lado a mi ángel de la guarda, mi madre Lorena, por su apoyo incondicional durante mi estadía en la universidad, y por todo lo que conlleva ser universitaria, les estaré eternamente agradecida por todo y más, los quiero mucho. Fresia Zulema Zapata Salas.

## iv. TABLA DE CONTENIDOS

i Portada .....	Pág. 1
ii. Dedicatoria .....	Pág. 3
iii. Agradecimientos.....	Págs. 4 - 6
iv. Tabla de contenidos .....	Págs. 7 - 10
v. Indice de tablas .....	Pág. 11
vi Indice de ilustraciones.....	Págs. 12 - 14
vii. Resumen .....	Págs. 15 - 16
viii. Abstract.....	Págs. 17 - 18

### Capítulo 1

1. Introducción.....	Págs. 19 - 21
----------------------	---------------

### Capítulo 2

2. Estado del arte .....	Págs. 22 - 43
2.1 Tecnología y monitorización.....	Págs. 22 - 27
2.2 Tecnología actual de telemonitoreo .....	Págs. 27 - 30
2.3 Evaluación de las mHealth .....	Págs. 30 - 33
2.4 Usabilidad.....	Págs. 33 - 35
2.5 Población y actualidad.....	Págs. 35 - 38
2.6 Tecnología Smart Mesck.....	Págs. 38 - 43

### Capítulo 3

3. Pregunta de investigación .....	Págs. 44 - 45
3.1 Objetivo general .....	Pág. 44

3.2 Objetivos específicos.....	Pág. 46
--------------------------------	---------

## Capítulo 4

4. Metodología.....	Págs. 45 -62
4.1 Diseño del estudio.....	Págs. 46 - 48
4.2 Estrategia de búsqueda.....	Pág. 49
4.3 Población y participantes.....	Págs. 49 - 50
4.4 Criterios de selección de la muestra .....	Págs. 50 - 51
4.5 Cálculo del tamaño de la muestra y análisis estadístico ....	Págs. 51 - 53
4.6 Tipo de muestreo y reclutamiento .....	Pág. 53
4.7 Variables de estudio.....	Págs. 54 - 55
4.7.1 Variable principal.....	Pág. 54
4.7.2 Variables secundarias .....	Págs. 54 - 55
4.8 Características demográficas y clínicas de la muestra.....	Pág. 55
4.9 Procedimientos.....	Págs. 55 - 58
4.10 Evaluaciones .....	Pág. 59
4.11 30 Second Chair Stand Test .....	Pág. 59
4.12 Arm Curl Test .....	Págs. 59 - 60
4.13 Test de velocidad de la marcha.....	Págs. 60 - 61
4.14 Materiales.....	Págs. 61 - 62
4.15 Técnica de recolección de datos .....	Pág. 62
4.16 Métodos estadísticos.....	Pág. 63
4.17 Consideraciones éticas .....	Pág. 64

## Capítulo 5

5. Resultados.....	Págs. 65 - 93
5.1 Datos demográficos.....	Pág. 65
5.2 Puntaje SUS.....	Págs. 66 - 67
5.3 Análisis de datos SUS.....	Págs. 67 - 69

5.4 Resultados de mediciones .....	Págs. 69 - 77
5.4.1 Resultados de medición de Smart Mesck en condiciones basales. .....	Págs. 70 - 76
5.5 Variables fisiológicas en pruebas funcionales .....	Págs. 77 - 87
5.5.2 Gráficos con variabilidad de la frecuencia cardíaca tomada con Smart Mesck durante prueba de velocidad de 3 metros....	Págs. 78 - 79
5.5.5 Variabilidad de la saturación de oxígeno tomada con Smart Mesck durante prueba de velocidad de 3 metros.....	Págs. 83 - 84
5.6 Errores en la medición.....	Pág. 87
5.6.1 Iteración de datos en pérdida de señal por batería .....	Págs. 88 - 89
5.6.3 Mediciones por debajo de lo esperado .....	Pág. 89
5.6.4 Falta de criterios para determinar frecuencia respiratoria .....	Págs. 89 - 92
5.6.6 Resultados cualitativos .....	Pág. 92
5.6.6.1 Diseño del dispositivo .....	Pág. 92
5.6.6.2 Indicador de batería .....	Pág. 92 - 93
Capítulo 6	
6. Discusión .....	Págs. 93 - 97
Capítulo 7	
7. Conclusión.....	Págs. 98 - 106
7.1 Diseño del dispositivo.....	Pág. 98
7.1.1 Mascarilla Smart Mesck .....	Págs. 98 - 99
7.1.2 Cuello Smart Mesck .....	Págs. 99 - 100
7.1.3 Sistema de cableado.....	Pág. 100 - 101
7.1.4 Sensor de saturación de oxígeno Smart Mesck.....	Pág. 101
7.2 Calibración y resultados del dispositivo.....	Págs. 101 - 103
7.3 Tiempo de uso.....	Págs. 103 - 104
7.4 Satisfacción usuaria .....	Pág. 105
7.5 Etapa de desarrollo TRL4.....	Págs. 105 - 106

7.6 Conclusión global .....	Pág. 106
ix Glosario .....	Págs. 107 - 109
x Bibliografía .....	Págs. 110 - 116
xi Anexos .....	Págs. 116 -124

## v. ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1:** Principales métodos de medición de signos vitales en la actualidad.....Pág. 26

**Tabla 2:** Resumen de datos demográficos del grupo de estudio.....Pág. 66

**Tabla 3:** Número de participantes, su puntaje en escala y el puntaje total en SUS.....Pág. 67

**Tabla 4:** Resumen de datos SUS.....Pág. 68

**Tabla 5:** Distribución de puntajes SUS de cientos de pruebas de usabilidad.....Pág. 69

**Tabla 6:** Rangos para las variables en las 4 condiciones medidas..... Pág. 91

## vi. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Clasificación de niveles de TRL (Jansen-Kosterink et al, 2022), traducida por Jaque, 2022.....	Pág. 32
Ilustración 2: Dispositivo Smart Mesck.....	Pág. 40
Ilustración 3: Vista del sensor de Frecuencia respiratoria y Concentración de CO2.....	Pág. 41
Ilustración 4: Sensor de Saturación de Oxígeno, Frecuencia Cardíaca y Temperatura, en su Soporte adaptativo que se posiciona en el dedo.....	Pág. 41
Ilustración 5: Caja que contiene la placa principal con la conexión a los distintos sensores. ....	Pág. 42
Ilustración 6: Vista del sensor inercial frontal anterior.....	Pág. 42
Ilustración 7: Vista de la pantalla principal de la aplicación para dispositivos móviles de Smart Mesck.....	Pág. 43
Ilustración 8: Diagrama resumen del flujo del estudio.....	Pág. 48
Ilustración 9: Porcentaje de problemas de usabilidad encontrados según el tamaño muestral para los testeos. (Aiyegbusi, 2020) Traducido por González, 2022.....	Pág. 52
Ilustración 10: Participante con Smart Mesck y otros dispositivos convencionales de medición instalados, acompañada de Integrante evaluadora que comenta instrucciones. ....	Pág. 58
Ilustración 11: Pruebas de valoración funcional de la persona mayor; A) posición inicial del gesto motor; B) movimiento a realizar.....	Pág. 60
Ilustración 12: Zona de limpieza, con algunos materiales e instrumentos como polar y Oxímetros de pulso. ....	Pág. 62

Ilustración 13: Escala de puntajes de la evaluación SUS (Bangor et al., 2009)	Pág. 68
Ilustración 14: Gráfico de Frecuencia cardíaca datos de Smart Mesck.	Pág. 71
Ilustración 15: Gráfica de Saturación de oxígeno datos de Smart Mesck.	Pág. 72
Ilustración 16 Gráfica de concentración de CO2 de toda la muestra en estado basal según Smart Mesck.	Pág. 73
Ilustración 17: Gráfica de Frecuencia respiratoria datos de Smart Mesck v/s Método observacional.	Pág. 74
Ilustración 18: Gráfica comparativa de saturación de oxígeno con saturómetro v/s Smart Mesck.	Pág. 75
Ilustración 19: Gráfico comparativo de frecuencia cardiaca con métodos convencionales v/s Smart Mesck.	Pág. 76
Ilustración 20: Gráfico con variabilidad de la frecuencia cardiaca tomada con Smart Mesck durante prueba de pararse y sentarse.	Pág. 77
Ilustración 21: Gráfico de variabilidad de frecuencia cardiaca tomada con Smart Mesck en el primer intento de la prueba de velocidad de 3 metros.	Pág. 79
Ilustración 22: Gráfico de variabilidad de frecuencia cardiaca tomada con Smart Mesck en el segundo intento de la prueba de velocidad de 3 metros.	Pág. 80
Ilustración 23: Gráfica de variabilidad de la frecuencia cardiaca tomada con Smart Mesck durante prueba curl de bíceps.	Pág. 81
Ilustración 24: Gráfica de variabilidad de la saturación de oxígeno tomado con Smart Mesck durante prueba de pararse y sentarse.	Pág. 82
Ilustración 25: Gráfico de variabilidad de la saturación de oxígeno durante la prueba de velocidad de 3 metros, primer intento.	Pág. 83
Ilustración 26: Gráfico de variabilidad de la saturación de oxígeno durante la prueba de velocidad de 3 metros, segundo intento.	Pág.84

Ilustración 27: Gráfica de variabilidad de la saturación de oxígeno tomada con Smart Mesck durante prueba de curl de bíceps.....	Pág.85
Ilustración 28: Gráfica de frecuencia respiratoria tomada con Smart Mesck durante prueba de pararse y sentarse.....	Pág.86
Ilustración 29: Gráfica de frecuencia respiratoria tomada con Smart Mesck durante prueba de curl de bíceps.....	Pág.87
Ilustración 30: Gráficas con interrupción en la monitorización de datos en prueba de pararse y sentarse.....	Pág.88
Ilustración 31: Ciclos respiratorios con curvaturas esperables para un buen conteo de frecuencia respiratoria.....	Pág.90
Ilustración 32: Gráficas no óptimas de concentración de CO2 para medición de frecuencia respiratoria.....	Pág.91
Ilustración 33: Pruebas aplicables a dispositivos médicos de monitoreo y control (Guerrero, 2016).....	Pág.97

## vii. RESUMEN

**Antecedentes:** El mundo avanza rápidamente y cada vez existen más tecnologías en salud que abordan algún problema para mejorar, sin embargo, no hay métodos claros para validar los desarrollos tecnológicos en esta disciplina. Es necesario utilizar un modelo de madurez tecnológica mediante *Technology Readiness level* para poder facilitar un correcto desarrollo cumpliendo expectativas de los desarrolladores y usuarios finales. En conjunto se deben aplicar simultáneamente encuestas de usabilidad para medir que el producto final sea cómodo y satisfaga al público objetivo. **Objetivo general:** Analizar función y usabilidad de un dispositivo de telemonitoreo en etapa 4 de *Technology Readiness Level* para optimizar su desarrollo como dispositivo tecnológico de innovación en la región del Maule en el año 2022. **Metodología:** 9 adultos voluntarios de edades entre 23 a 44 años, que fueron sometidos a 3 pruebas funcionales, previo, durante y post pruebas se midió el comportamiento de sus signos vitales (frecuencia cardiaca, Saturación de oxígeno, frecuencia respiratoria) con dispositivo tecnológico Smart Mesck y con métodos convencionales. Finalizando las mediciones se aplica escala de usabilidad SUS. **Resultados:** De las variables medidas con Smart Mesck, la que se asimiló más a los datos obtenidos con métodos convencionales fue la frecuencia respiratoria,

a pesar de que esta fue la más difícil de interpretar por la forma en que se expresaban sus datos. Se evidencio que en la variable frecuencia cardiaca existió una mayor diferencia de datos entre los 3 métodos utilizados para comparar. El puntaje de la escala SUS fue de 74.72, esto significa que en términos de usabilidad Smart Mesck es aceptable. **Conclusión:** Se comprobó que Smart Mesck es usable y funciona comparándolo con los otros métodos de medición, sin embargo, aún quedan funciones a mejorar en aspectos de batería, calibración y comodidad del dispositivo, para elevar su nivel de madurez tecnológica.

**Palabras clave:** TRL, SUS, *mHealth*, Signos vitales, dispositivo de telemonitoreo, monitoreo continuo.

## viii. ABSTRACT

**Background:** The world is advancing rapidly and more and more health technologies are addressing a problem to improve it, however there are no clear methods to validate technological developments in this discipline. It is essential to use a technological maturity model through the Technology Readiness level to facilitate correct development, meeting the expectations of developers and end users; This is why usability surveys must be applied simultaneously to measure that the final product is comfortable and satisfies the public objective. General objective: Analyze the function and usability of a telemonitoring device in stage 4 of the Technological Preparation Level to optimize its development as a technological innovation device in the Maule region in 2022. **Methods:** 9 adult volunteers from 23 to 44 years old, who underwent 3 functional tests, before, during and post tests, the behavior of their vital signs (heart rate, oxygen saturation, respiratory rate) was measured with the Smart Mesck technological device and with conventional methods. At the end of the measurements, the SUS usability scale is applied. **Results:** Of the variables with Smart Mesck, the one that most resembled the data obtained with the conventional methods measured was respiratory rate, despite the fact that this was the most difficult to interpret due to the way in which its data is expressed. it was evidenced that in the heart

rate variables there was a greater difference in data between the 3 methods used to compare. The SUS scale score was 74.72, this means that in terms of usability, Smart Mesck is acceptable. **Conclusion:** It was verified that Smart Mesck is usable and works by comparing it with the other measurement methods, however there are still functions to be improved in aspects of battery, calibration and comfort of the device, to raise its level of technological maturity.

**Keywords:** Technology Readiness Level (TRL), System Usability Scale (SUS), m-Health, Vital signs, telemonitoring device, continuous monitoring.

## Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

A raíz de la pandemia declarada durante 2020, se produjo un proceso de confinamiento social, paralizando en gran medida las atenciones en salud categorizadas como no urgentes; incluyendo las asociadas a la fisioterapia o kinesiología, generando que un gran número de personas perdieran su atención presencial y por consiguiente su rehabilitación.

Ante este contexto global, se genera una necesidad mayor que desemboca en el auge del mundo del telemonitoreo y la telerrehabilitación, ya sea mediante llamadas telefónicas, uso de videos para mayor comprensión y hasta sesiones de videollamadas. Esto llevó a la búsqueda de nuevas y variadas opciones de atención médica y rehabilitadora que resguarden la bioseguridad del usuario de manera remota, lo que a su vez evidenció el poco desarrollo de esta industria a pesar de los grandes avances tecnológicos disponibles.

Este campo de tecnologías médicas denominado *mHealth* fue el cual propulsó la idea de un dispositivo que se adaptara a las necesidades y condiciones surgidas a raíz de la pandemia, cumpliendo con el rol de monitorizar signos

vital manera constante, sincrónica, autónoma y segura, permitiendo acercar y potenciar la telerehabilitación y telemonitoreo al quehacer kinésico.

Al iniciar la creación y desarrollo de este dispositivo tecnológico denominado Smart Mesck, surgió la problemática asociada a cualquier prototipo tecnológico nuevo, que corresponde a la organización de sus etapas de creación, definición de su madurez, incluyendo procesos de verificación de funcionamiento y usabilidad. Considerando esto se introduce el concepto de TRL, sigla derivada de su nombre en inglés *Technology Readiness level*, que habla sobre una forma aceptada de medir el grado de madurez de una tecnología a través de niveles, los cuales fueron descritos por la NASA en los años 70. Consta de nueve niveles divididos en tres fases: la fase de investigación, desarrollo y despliegue, esto determina si la tecnología está lista para pruebas o evaluaciones en un entorno real. (Jansen, et al., 2022).

Se hace necesario seguir el desarrollo de un dispositivo tecnológico mediante niveles que controlen y aseguren que se cumplan los requisitos necesarios y fundamentales que debe incluir toda tecnología. A partir de esto se determinó que el dispositivo necesitará pasar por un proceso de evaluación en un ambiente controlado previo al lanzamiento del prototipo final.

Smart Mesck se presenta en la actualidad como una oportunidad de acercar a la población a un dispositivo accesible y seguro, que les permita retomar el derecho a la rehabilitación sin las barreras propuestas durante la pandemia, sustentándose en un diseño amigable con el medio ambiente que funcione y sea guiado por expertos en el área médica y kinesiológica.

Este dispositivo creado bajo las bases científicas y tecnológicas que acompañan la medición y análisis de las variables fisiológicas, genera una oportunidad real de disminuir la cantidad de implementos de monitoreo en casa e implementarlos de manera tal, que su funcionamiento sea el adecuado, además de permitir cumplir con los requerimientos sanitarios propuestos por la nación durante la realización de ejercicio tanto en el hogar como al aire libre en cualquier condición ambiental y epidemiológica, lo cual con la mayoría de los dispositivos de monitoreo actual supone un problema en vez de una oportunidad.

## Capítulo 2.: ESTADO DEL ARTE

### 2.1 Tecnología y monitorización

El mundo y la tecnología avanzan a pasos agigantados, enfrentándonos a diario con diversos dispositivos y aplicaciones insertas en ellos que prometen fomentar el cuidado de nuestra salud mediante la medición de pasos caminados, horas de sueño, consumo de agua diaria, seguimiento de signos vitales, entre otros, que años atrás eran inimaginables. Sin embargo, es necesario comprender que detrás del correcto funcionamiento de estas tecnologías debe existir un desarrollo previo con pruebas y errores que permitan generar la fórmula correcta que asegure viabilidad y funcionamiento de dichas tecnologías.

La interconexión global y la difusión de las tecnologías digitales tienen un potencial significativo para el logro de la cobertura sanitaria universal, incluida la garantía del acceso a servicios de salud de calidad; se ha demostrado que la salud digital y específicamente la salud móvil mejoran la calidad y la cobertura de la atención, aumentando el acceso a la información, los servicios y las habilidades de salud, así como también promueven cambios positivos en los hábitos para prevenir la aparición de enfermedades agudas y crónicas. Un claro

ejemplo de esto es el hecho de que a 2018, 121 países cuentan con estrategias nacionales de salud digital (WHO, 2018).

A partir de la evolución de las tecnologías y su evidente beneficio y utilidad en salud, se establece el concepto *mHealth*, que Eysenbach, en 2001 lo define como “Un campo emergente en la intersección de la informática médica, la salud pública y los negocios, que se refiere a los servicios de salud y la información proporcionada o mejorada a través de Internet y tecnologías relacionadas”; definición que se contrasta con la descrita por la OMS en 2011, donde expone el concepto *mHealth* como “la práctica de la medicina y la salud pública soportada por dispositivos móviles como teléfonos, dispositivos de monitorización de pacientes, asistentes digitales y otros dispositivos inalámbricos”.

Los dispositivos de *mHealth* involucrados en la práctica tienen la posibilidad de realizar funciones como el envío de mensajes, llamadas, videollamadas, utilización de aplicaciones para mejorar el acceso y ubicación, y con ello la monitorización del comportamiento de salud en una variedad de contextos (WHO, 2011), lo cual permite al paciente ser más independiente en el cuidado de su salud, empoderando y fomentando el autocuidado; además de facilitar la adherencia al tratamiento y su seguimiento. Otra gran ventaja es que facilita la

comunicación directa del paciente con profesionales de la salud sin necesidad de acudir a un recinto asistencial y generar colapso en él.

Actualmente, la dificultad que ha surgido del rápido crecimiento de las *mHealth* proviene de la generación de una gran cantidad de proyectos pilotos, principalmente en países subdesarrollados, los cuales no se han concretado debido a la falta de planes de acción estratégicos que establezcan estándares de calidad de las funciones desarrolladas por las *mHealth*, impidiendo generar comparaciones entre ellas, lo que genera falta de evidencia para que gobiernos articulen planes de orientación normativa (WHO,2018) (Free et al., 2010).

Considerando los avances y la evolución tecnológica actual, se hizo necesaria la búsqueda de aparatos que permitan monitorizar las constantes vitales de forma fácil, rápida y precisa, que además almacenen los datos obtenidos y permitan su utilización durante la realización de actividades funcionales y ejercicio. Debido a esto, se evidenció la poca innovación en dispositivos de monitorización remota de multiparámetros de salud, es decir, que aporten información de signos vitales como temperatura, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno, etc., en un solo dispositivo.

La importancia de conocer estos parámetros radica en poder mantener un trabajo o actividad física en márgenes de bioseguridad para un sujeto al

evidenciar sus respuestas y adaptaciones fisiológicas. Además, del análisis de variables, cálculo de la intensidad del ejercicio y descripción del trabajo ventilatorio, lo que a su vez posibilita establecer determinadas cargas de trabajo, optimizando resultados de acuerdo con las necesidades de cada persona.

“Los signos vitales son parámetros que cambian de manera constante y nos permiten estimar la efectividad de la circulación sanguínea, respiración y función neurológica basal” (Villegas, 2012), permitiendo identificar como signo de alarma la alteración de alguno de ellos. Para el presente estableceremos como signos vitales de interés la saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria, las cuales se definen a continuación.

Saturación de oxígeno (SatO<sub>2</sub>): Porción (%) de la capacidad total de la hemoglobina que está ocupada por oxígeno. A nivel del mar se considera como parámetro normal 95% - 100% (Minsalud, 2016).

Frecuencia cardíaca (FC): “Número de veces que se contrae el corazón durante un minuto (latidos por minuto)” (Valle, 2018.). Los valores de normalidad varían dependiendo de la edad del sujeto.

Frecuencia respiratoria (FR): Cantidad de veces que se realiza el ciclo respiratorio en un minuto; este ciclo consta de una etapa de inspiración y otra de espiración. Para efectos de su medición, se realiza de manera pasiva, sin que el

evaluado lo perciba y se cuenta el número de veces que este eleva el pecho en un minuto. Su parámetro de normalidad varía de acuerdo con la edad del sujeto.

Los principales métodos de medición de signos vitales que se utilizan actualmente en clínicas rehabilitadoras se detallan en la Tabla 1.

**2.1.1 Tabla 1: Principales métodos de medición de signos vitales en la actualidad.**

Variables	Métodos de medición	Descripción
Saturación de oxígeno (%).	Oxímetro de pulso. Cooximetría. Gasometría en sangre.	La oximetría de pulso es la forma más práctica de medir SatO <sub>2</sub> , puesto que, es de fácil uso y bajo costo. Esta puede medir e identificar con precisión la hipoxemia, pero no su grado de severidad como los otros métodos (invasivos y de mayor costo) (OPS & OMS, 2020). Además, es susceptible a cambios en relación con el estado del lecho ungueal.
Frecuencia cardíaca (lpm).	Manual. Oxímetro de pulso. Banda pectoral de frecuencia cardíaca. Banda de fotopleletismografía. Tensiómetro digital.	Se selecciona la banda pectoral como el medio más preciso por su similitud al electrocardiograma, debido a sus sensores que detectan la actividad eléctrica del corazón y transforman la información en frecuencia cardíaca (Chevance, et al., 2022).
Frecuencia respiratoria (rpm).	Manual u observacional. Sensores.	El método más usado sigue siendo el observacional, que está sujeto a la expertis de quien cuenta las respiraciones; y además está sujeta a cambios involuntarios en la cantidad o profundidad de respiraciones del paciente.

En la actualidad, los métodos de medición mencionados en la Tabla N° 1 cumplen principalmente un rol de monitoreo ambulatorio, sin embargo, se ven limitados a medir únicamente uno o dos parámetros de forma simultánea, a diferencia de las máquinas implementadas a nivel intra hospitalario que permiten un monitoreo de múltiples parámetros en conjunto, pero estas presentan un gran tamaño y alto costo, por lo que para lograr resultados similares en el monitoreo de las variables fisiológicas a nivel extrahospitalario es necesario recurrir a una mayor cantidad de aparatos que censen de manera independiente los parámetros de interés. Es debido a esta realidad que consideramos la necesidad de tener acceso a una tecnología *mHealth* práctica y accesible que facilite un monitoreo único e integral.

## **2.2 Tecnología actual de telemonitoreo**

El desarrollo tecnológico global actual y la oportunidad de potenciar la tecnología dentro del contexto de salud, permite masificar el acceso al telemonitoreo y telerehabilitación, esto promueve el nacimiento de diversas propuestas innovadoras que buscan acercar la experiencia del monitoreo continuo de variables fisiológicas simultáneas, similares a las obtenida en el contexto hospitalario, a la realidad de la modalidad de rehabilitación actual, asegurando

su efectividad, confiabilidad y bajo costo. A modo de contextualización de las actualizaciones en *mHealth* que siguen estas características se describen a continuación algunos proyectos tecnológicos:

Una tesis sobre un “Sistema de monitoreo continuo de signos vitales con sensores no invasivos y transmisión inalámbrica de datos” presenta un dispositivo “*wearable*”, que consiste en un sistema de monitoreo continuo de signos vitales (FC y FR) y variables ambientales en forma de camiseta unitalla, con sensores no invasivos, transmisión inalámbrica de datos y almacenamiento de ellos, para determinar el estado de salud actual del usuario y las condiciones de su entorno, con el fin de entregar asistencia médica si se requiere (Gutiérrez, 2016). El sistema fue probado en dos adultos y un infante, los cuales fueron medidos en laboratorio y en el hogar, sin estandarización de parámetros como la edad o sexo y con una muestra muy pequeña; además de considerar fallos de señal en la medición del infante debido a no considerar su talla.

Otro proyecto de telemonitoreo llamado “Sistema de Monitoreo Continuo de Signos Vitales con Sensores No Invasivos y Transmisión Inalámbrica de Datos” logra medir la temperatura, presión arterial y electrocardiograma (ECG) a través, de sensores y transductores ubicados en el tórax del usuario, otorgando datos que son enviados a través de tecnología inalámbrica como *Bluetooth* y *ZigBee* (Ramírez, et al., 2015). Por el enfoque tecnológico del proyecto podemos deducir

que la telemetría puede otorgar altos estándares de calidad, a pesar de que faltó la existencia de un enfoque desde el área de salud para determinar una mayor cantidad de variables fisiológicas u otras como la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y saturación de oxígeno.

El proyecto "Desarrollo de un prototipo para medición de signos vitales de adultos mayores que utilizan prótesis de miembro inferior" busca monitorear signos vitales como frecuencia cardíaca, temperatura corporal, saturación de oxígeno en sangre y presión arterial mediante el empleo de sensores no invasivos y mediante una conexión vía *Bluetooth* y, a través de una aplicación muestra los datos en un dispositivo *smartphone*, permitiendo tanto un monitoreo a tiempo real como también un análisis del registro de los datos. De acuerdo con el estudio se comprueba que el dispositivo es capaz de medir los signos vitales correctamente, con un porcentaje de error del 8% en comparación con dispositivos usados en centros médicos (Jurado, et al., 2020).

Un estudio de "Comparación de dos métodos de detección para el registro de la frecuencia cardíaca, banda torácica vs camiseta técnica" el cual comparó dos métodos para medir la FC a través de tecnología "*wearable*" en donde se aplicó un análisis de correlación de Pearson, ICC y test de Bland-Altman a la recolección de datos de una simulación de juego real con futbolistas sub-19. Los

resultados sugieren una similitud casi perfecta entre ambos métodos de monitorización de frecuencia cardíaca (Pino, et al., 2019).

Luego de comprender la oportunidad dada por la falta de avances tecnológicos en *mHealth* y el actual contexto de pandemia, asociada a la necesidad de optar a una tecnología eficiente que permita tanto telemonitoreo como telerehabilitación, sumado al conocimiento del envejecimiento demográfico de la región, es que nace el dispositivo inteligente Smart Mesck, el cual permite monitorizar de forma segura, cómoda, eficiente e integral durante la actividad física los siguientes parámetros: temperatura, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno, gases respiratorios; además de información posicional como el centro de masa (CoM) y centro de presión (CoP) gracias a los sensores inerciales que posee; esto abre nuevas posibilidades en el contexto clínico de la rehabilitación ambulatoria, y por su formato innovador en forma de cuello-mascarilla, hace de esta tecnología una excelente alternativa para la monitorización constante en ejercicio.

### **2.3 Evaluación de las *mHealth***

Dentro del proceso de creación y evaluación de una nueva tecnología, nace el concepto *Technology Readiness Levels* (TRL), que hace referencia a una “forma estandarizada de medir el grado de madurez de la tecnología en desarrollo”

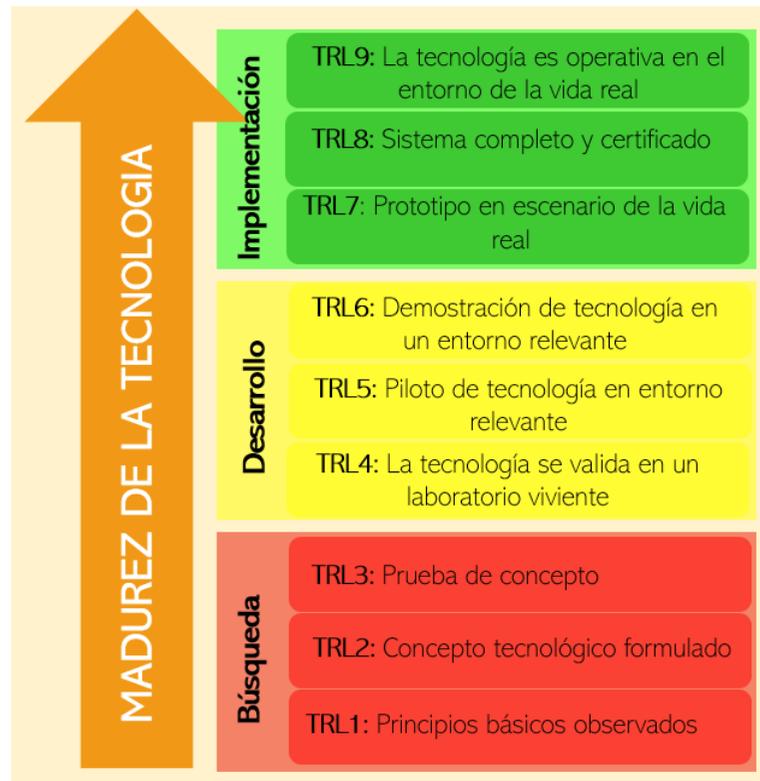
(Abadía, 2022), clasificándose en diferentes niveles de acuerdo con el cumplimiento de parámetros establecidos.

A pesar de existir una gran cantidad de tecnologías emergentes para abordar diversos problemas de salud, aún no existe un consenso o diseño de evaluación validado para asegurar que estos productos o servicios alcancen un estándar de calidad.

Actualmente existen marcos teóricos como el *Model for Assessment of telemedicine* (MAST) o el Modelo comprehensivo en telerehabilitación de 5 etapas de Fatehi et al. que mediante un proceso iterativo de diversas perspectivas otorgan fortaleza a la evaluación de las *mHealth*, pero, este tipo de modelos presentan 3 limitantes principales; se aplican a tecnologías ya maduras o en etapas finales del proceso de creación, no existe un método claro de evaluación y otorgan una sobrerrepresentación de sus variables (se mide algo específico y no otros aspectos importantes). Es por esto que Jansen-Kosterink et al., 2022, postulan un modelo continuo de evaluación de las *mHealth* que se centra en 3 aspectos de alta relevancia: los usuarios finales o población objetivo, la perspectiva clínica o de salud y la perspectiva social. Además, postulan que según el grado de desarrollo de la tecnología es necesario un enfoque específico

en alguno de los aspectos mencionados anteriormente para lograr un prototipo o un servicio de mayor calidad.

### 2.3.1 Ilustración 1: Clasificación de niveles de TRL (Jansen-Kosterink et al, 2022), traducida por Jaque, 2022.



**\*TRL: Technology Readiness Level.**

En base a las descripciones de los niveles de TRL descritas en la ilustración n°1 sobre la madurez de la tecnología, Smart Mesck se encuentra actualmente en el nivel TRL 4, que corresponde a una investigación aplicada a un pre prototipo o prototipo de pequeña escala en etapa de testeos de los componentes del dispositivo, incluyendo calibración de cada sensor, aplicación escalas de usabilidad y pruebas en una población “tipo” para su testeo y pesquisa de fallas o errores, para lo cual, en este caso, se consideran adultos jóvenes sin

comorbilidades ni limitaciones cognitivo- motoras que forman parte del equipo de investigación a cargo de la creación de Smart Mesck.

## **2.4 Usabilidad**

En el desarrollo de nuevas tecnologías que brinden un servicio de salud a la comunidad, se debe comprobar que estas sean funcionales, útiles y de fácil manejo. Sin embargo, el proceso resulta difícil debido al constante recambio de dispositivos y/o actualizaciones en *mHealth*, la falta de educación usuaria frente a la calidad de dichos dispositivos y aplicaciones, además de la falta de consensos literarios que permitan evaluar la efectividad de dichos dispositivos. Así lo evidencia Maramba, et al. quien al 2017 manifiesta la existencia de 325.000 aplicaciones enfocadas en mejorar la salud de las personas, de las cuales tan sólo 133 tenían evidencia publicada que avalase un diseño apropiado mediante su “usabilidad”.

La Organización Internacional de la estandarización define usabilidad como “la medida en que un producto puede ser usado por usuarios específicos para alcanzar una meta específica con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto específico de uso” (Dix, 2009).

A la fecha, la usabilidad se puede evaluar mediante dos maneras diferentes; con pruebas formativas y pruebas sumativas:

Las pruebas formativas ocurren en etapas de investigación y desarrollo para identificar problemas mayores (etapa en la que se encuentra actualmente Smart Mesck); frecuentemente son de carácter técnico y existe una mayor interacción entre participantes e investigadores. La información obtenida de las pruebas formativas de usabilidad otorga datos de predominio cualitativo, pero con alguna información cuantitativa, por ejemplo, tasas de error (Hajesmaeel-Gohari, et al., 2021).

Las pruebas sumativas están centradas en etapas finales de implementación en las que se busca evidencia definitiva de usabilidad de la tecnología, realizando testeos en ambiente real, con una menor interacción del investigador e incluso con grabación audiovisual en algunos casos para mejor observación (Hajesmaeel-Gohari, et al., 2021).

En la actualidad existe una amplia variedad de escalas o cuestionarios para poder evaluar mediante la usabilidad los servicios de telemedicina y salud digital, entre los más utilizados tenemos a el *Telehealth Usability Questionnaire* (TUQ), la *System Usability Scale* (SUS), la *Health Information Technology Usability Evaluation Scale* (Health-ITUES) y *Telemedicine Satisfaction Questionnaire*

(TSQ) hasta el año 2021 (Hajesmaeel-Gohari, et al., 2021). La escala SUS, propuesta por John Brooke en 1986, es una escala simple basada en un cuestionario de 10 preguntas (Ver Anexo 1), y ha sido ampliamente adoptada en las evaluaciones de usabilidad de productos. Dentro de sus ventajas encontramos que es versátil, puede usarse para evaluar sitios *web*, *software*, dispositivos móviles y sistemas médicos. Es un cuestionario breve que se responde rápidamente; se proporciona una puntuación final con interpretación basada en un estándar de referencia bien establecido; es gratis; es adecuado incluso cuando se aplica a muestras pequeñas ( $N < 14$ ); y tiene una excelente confiabilidad (0.85). En general, el SUS es un método rápido y sencillo para la evaluación de la usabilidad (Liang, et al., 2018).

## **2.5 Población y actualidad**

Desde el siglo XX se ha considerado la explosión demográfica a nivel mundial, producto de una mejora en la calidad de vida de las personas, lo que a su vez ha traído como consecuencia un envejecimiento natural de la población.

En las proyecciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) a partir del último CENSO en Chile (2017) se espera que la población nacional de personas mayores aumente de 11,9% a 18,9% en el año 2035; esta proyección en la región del Maule es un aumento de 13,1% a 21,9% al año 2035 (Instituto Nacional de Estadística, 2019).

El año 2020 se declara pandemia mundial por coronavirus (Covid-19), y entre las medidas que se implementan en Chile para mitigar y controlar el contagio están decretar estado de excepción, toma masiva de muestras, cuarentena obligatoria para mayores 75 años, para personas con Covid-19, en espera de resultados y contactos estrechos de fuentes de infección; además de cuarentena obligatoria para comunas críticas y cordones sanitarios para ciertas localidades (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2020).

El proceso de confinamiento social como medida para controlar la propagación del virus, genera limitación de las actividades en la población, lo que tiene como consecuencia la mantención y/o aumento de los índices de sedentarismo. Es decir, disminuye la actividad física, lo que, sumado al proceso de envejecimiento natural, el contexto sociocultural y económico, promueven aún más el deterioro de la salud de las personas (Roschel et al., 2020; Chaabene et al., 2021). Además, se ha evidenciado que períodos prolongados de inactividad física (IF) pueden aumentar drásticamente la progresión de la sarcopenia, la fragilidad en

AM y el desarrollo de comorbilidades (Bell et al., 2016); Cunningham et al., 2020). Los factores más relevantes afectados por esta situación son la resistencia, la fuerza muscular, la flexibilidad y la velocidad, denominados en conjunto como condición física. (De la Cruz, 2009).

Las personas mayores presentan una disminución en la condición física, propia del envejecimiento. Si bien, esta pérdida en las características es propias de la edad y el contexto actual, existe vasta evidencia, que prueba que mejorar la actividad física es un excelente medio para disminuir el ritmo de estos cambios; la participación en la actividad física puede jugar un papel clave en el envejecimiento saludable y, por tanto, en la promoción de una buena calidad de vida (Vagetti et al., 2014).

Actualmente el uso de las tecnologías y conectividad entre 2013 y 2019 ha aumentado en las personas mayores, sin embargo, aún se mantiene la brecha según edad y nivel educacional, siendo así las personas mayores de 80 años junto a aquellos de nivel educacional más bajo quienes menos hacen uso de ellas. No obstante, se destaca que la posesión de *smartphone* en personas mayores aumentó considerablemente de solo un 4% en el año 2013 a un 43% en 2019, además del uso de internet en ellos (SENAMA, 2020). Este cambio en el acceso a las tecnologías, sobre todo relacionada con el uso del *smartphone*, supone una gran oportunidad para el abordaje del tratamiento a distancia o

telemonitoreo, permitiendo aplicar planes de intervención a la población adulta y monitorearlos sin la necesidad de la presencialidad; basándose en el aumento del uso de las tecnologías, este se define como nuevo foco de estudio con el fin de impulsar este reciente aumento y redireccionarlo a fomentar la participación y proactividad en tratamientos kinésicos junto a la actividad física de manera sencilla.

## **2.6 Tecnología Smart Mesck**

Desde el Centro Tecnológico de Telerehabilitación y Neurociencias (CTTN) de la Universidad de Talca se crea un dispositivo llamado Smart Mesck (ver ilustración 2) que busca monitorear a distancia de manera continua diversas variables fisiológicas, apuntando a la innovación tecnológica en el área de la salud.

Smart Mesck es un sistema en forma de mascarilla KN97 más un cuello en forma de micrófono o amplificador cintilla para la cabeza. La mascarilla cuenta con tres capas externas de malla y una interna que corresponde a una mascarilla desechable, presenta dos sensores; uno ubicado por lateral a la zona de la nariz y boca (ver ilustración 3) que mide frecuencia respiratoria y concentración de CO<sub>2</sub> espirado y otro ubicado en el dedo índice, que mide saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca y temperatura (ver ilustración 4). El cuello está impreso a

base de filamento para impresora 3D de tipo CR-TPU de 1.75 mm y presenta una caja donde contiene el sistema (Ver ilustración 5) de los dos sensores inerciales los que se ubican, uno en la horquilla esternal y otro por posterior, sobre la prominencia de C7 (ver ilustración 6); a partir de ellos se pueden obtener coordenadas que grafican la postura.

Para utilizar el dispositivo, el usuario ubica primero el cuello y luego la mascarilla; una vez en su posición, la mascarilla se conecta vía *Bluetooth* a una aplicación previamente instalada en su dispositivo móvil (ver ilustración 7). Los sensores de Smart Mesck envían señales continuas e ininterrumpidas de los parámetros ya mencionados a dicha aplicación, donde se respaldan y transmiten por internet al profesional de la salud que se encuentre a cargo del usuario mediante un formulario *Excel* subido a la nube de almacenamiento.

Este nuevo tipo de tecnología es una innovación en salud que permite avanzar hacia una mejoría en prestación de servicios y oportunidades de acceso a quienes viven en zonas geográficamente remotas; no obstante, para poder lograr dicha finalidad es necesario comprobar que Smart Mesck sea útil y preciso en los diversos escenarios donde será utilizado.

Para corroborar dicha eficacia se utilizan pruebas de rendimiento físico estandarizadas para simular los diferentes escenarios en los que se planea utilizar el dispositivo.

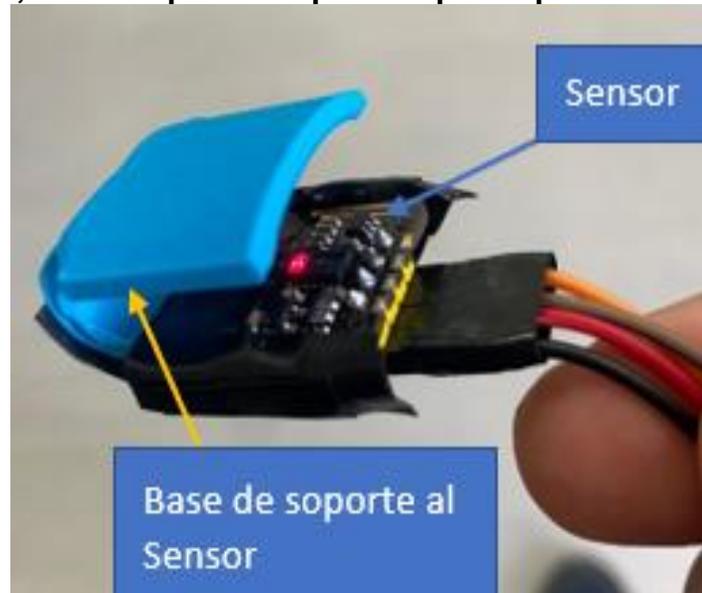
### 2.6.1 Ilustración 2: Dispositivo Smart Mesck.



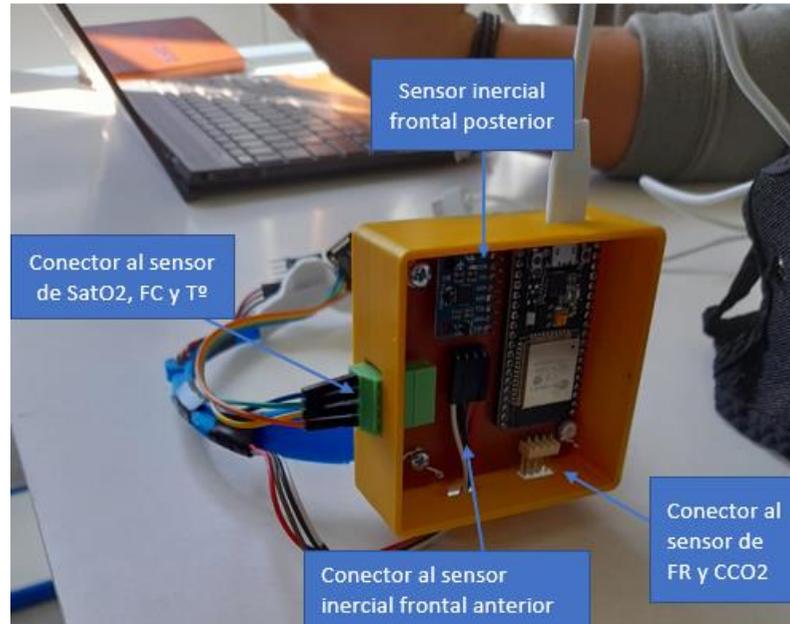
**2.6.2 Ilustración 3:** Vista del sensor de Frecuencia respiratoria y Concentración de CO<sub>2</sub>.



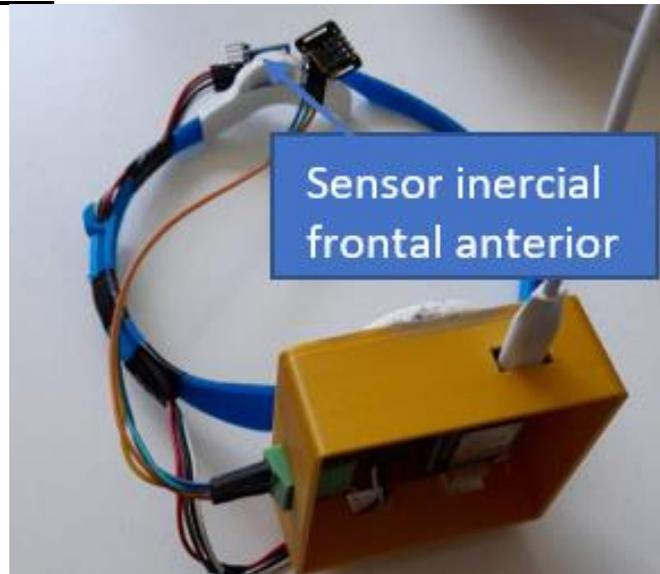
**2.6.3 Ilustración 4:** Sensor de Saturación de Oxígeno, Frecuencia Cardíaca y Temperatura, en su Soporte adaptativo que se posiciona en el dedo.



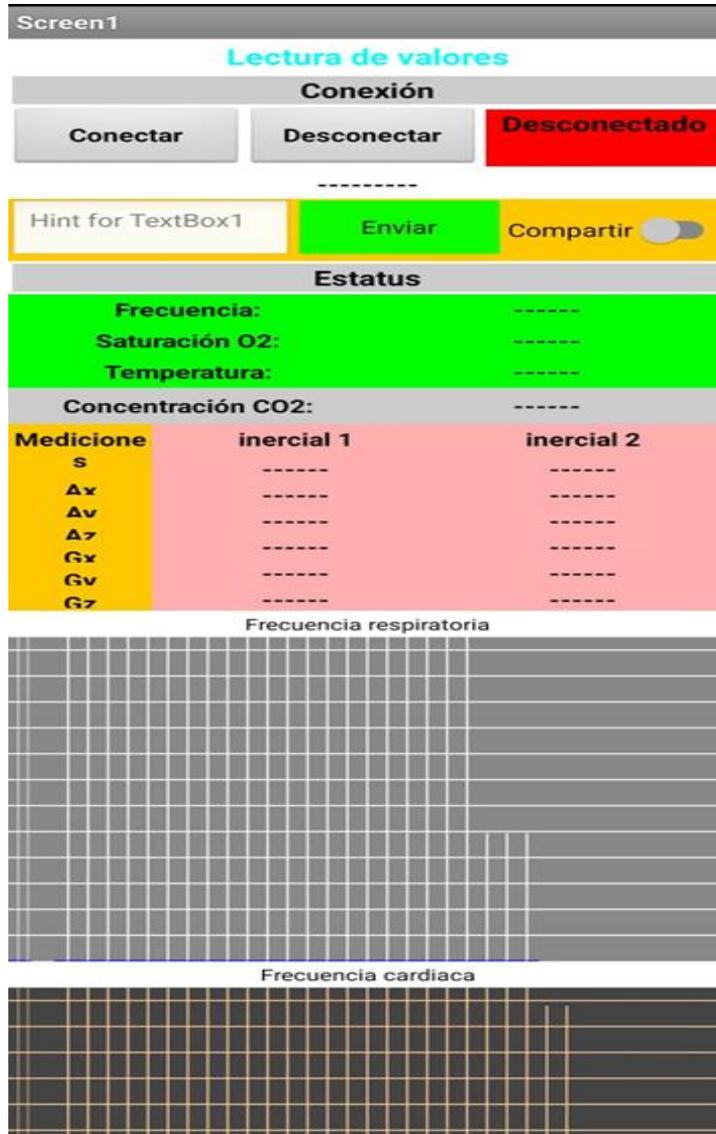
**2.6.4 Ilustración 5:** Caja que contiene la placa principal con la conexión a los distintos sensores.



**2.6.5 Ilustración 6:** Vista del sensor inercial frontal anterior.



2.6.6 Ilustración 7: Vista de la pantalla principal de la aplicación para dispositivos móviles de Smart Mesck.



## Capítulo 3: PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Considerando toda la información expuesta anteriormente, se plantea en este trabajo de titulación la siguiente pregunta de investigación:

¿Es Smart Mesck útil y usable para monitorizar signos vitales durante pruebas de condición física?

### 3.1 Objetivo general

Analizar función y usabilidad de un dispositivo de telemonitoreo en etapa 4 de *Technology Readiness Level* para optimizar su desarrollo como dispositivo tecnológico de innovación en la región del Maule en el año 2022.

### 3.2 Objetivos específicos

1. Determinar la usabilidad del dispositivo “Smart Mesck” en pruebas de rendimiento físico.
2. Contrastar las variables obtenidas con el dispositivo “Smart Mesck” frente a métodos convencionales de monitorización.

## **Capítulo 4: METODOLOGÍA**

El proyecto consta de una investigación establecida inicialmente para evaluar el desempeño de Smart Mesck durante pruebas físicas en población adulta mayor. Debido al nivel de madurez tecnológica actual del prototipo de Smart Mesck correspondiente a un TRL-4, se adaptaron los testeos iniciales a personas adultas que forman parte del equipo evaluador para definir aquellos factores mejorables en cuanto a diseño, calibración, y comodidad usuaria.

### **4.1 Diseño del estudio**

El estudio es de tipo observacional descriptivo de corte transversal de muestreo no probabilístico por conveniencia.

Dada la etapa de desarrollo en que se encuentra el dispositivo, el estudio contempla realizar testeos de pruebas funcionales a un grupo de personas tipificadas como adultos con condiciones físicas estándar para mayor objetividad y menor variabilidad en la medición de signos vitales asociada a factores externos propios de las personas mayores, privilegiando el correcto testeo de

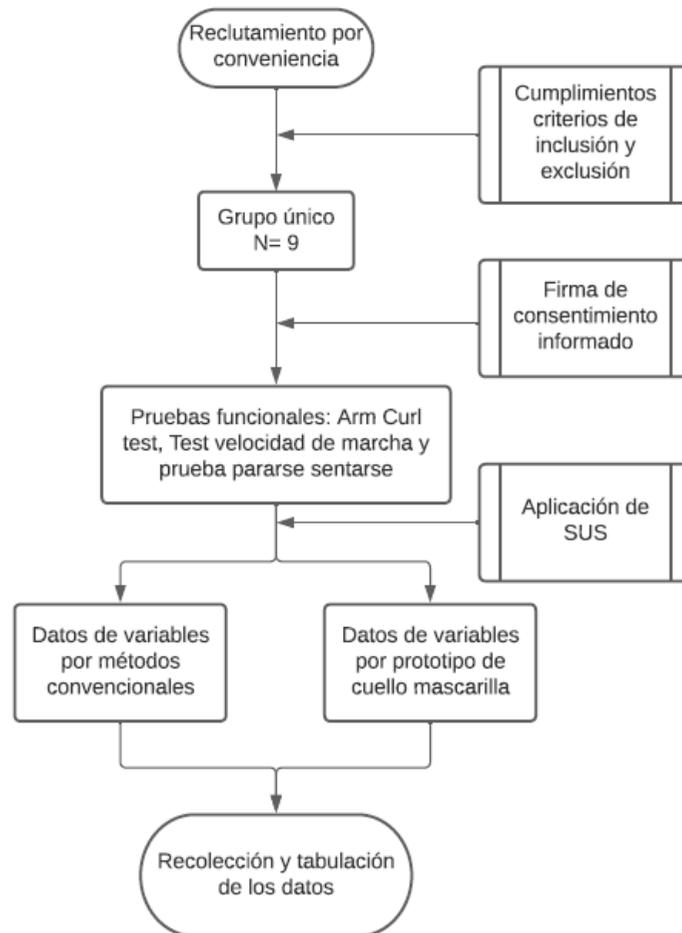
funcionamiento de sensores y calibración de ellos, con la finalidad de obtener un dispositivo que pueda registrar correctamente en personas mayores.

De los distintos datos que mide el dispositivo, se consideran como variable principal la frecuencia cardiaca como variable fisiológica y la usabilidad como variable general, en conjunto con variables secundarias, como lo son la frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno.

Se aplica la escala de usabilidad SUS al grupo de participantes que ha realizado las pruebas funcionales con el dispositivo Smart Mesck y los métodos convencionales a la vez.

Las mediciones del estudio se realizan en el Centro Tecnológico de Telerehabilitación y Neurociencias en el movimiento Humano (CTTN) ubicado en la ciudad de Talca, en una sola sesión en noviembre del año 2022, con análisis y procesamiento de la información posterior a los resultados.

#### 4.1.1 Ilustración 8: Diagrama resumen del flujo del estudio.



**\*SUS: System Usability Scale.**

Se verifica el cumplimiento de criterios de inclusión y exclusión a los participantes voluntarios, un grupo único de 9 adultos que realizan las pruebas funcionales con los instrumentos indicados y a quienes posteriormente se les aplica la SUS (*scale usability system*); finalmente se recolectan datos y tabulan.

## **4.2 Estrategia de búsqueda**

Para filtrar los resultados se escogieron artículos de tipo metaanálisis, ensayos clínicos controlados aleatorizados, revisiones y revisiones sistemáticas que estuvieran disponibles en modalidad *free full text*, de máximo 5 años de antigüedad.

## **4.3 Población y participantes**

La población objetivo de la intervención contempla a personas mayores en la ciudad de Talca, las cuales según el censo del 2017 son un aproximado de 26.322, lo que significa un 12,3% de la población regional, sin embargo para el proceso de validación y calibración del prototipo Smart Mesck se contempló una población adulta independiente, voluntaria que incluye a profesionales de la salud entre los 23 y 44 años, reclutados por el CTTN para participar del estudio de manera voluntaria, en el área urbana de la ciudad de Talca, Chile.

Los participantes de la investigación son reclutados por conveniencia mediante entrevista en la que se explican los detalles del proyecto; detalles de la metodología y los “requisitos” de aceptabilidad.

Cumpliendo los criterios se explica el procedimiento, aclaran dudas y firman el consentimiento informado.

#### **4.4 Criterios de selección de la muestra o criterios de elegibilidad**

Los voluntarios son elegidos para formar parte de este estudio cumpliendo con los siguientes criterios de inclusión:

- Voluntarios.
- Hombres y mujeres de 18 a 45 años.
- Deambular de forma independiente.

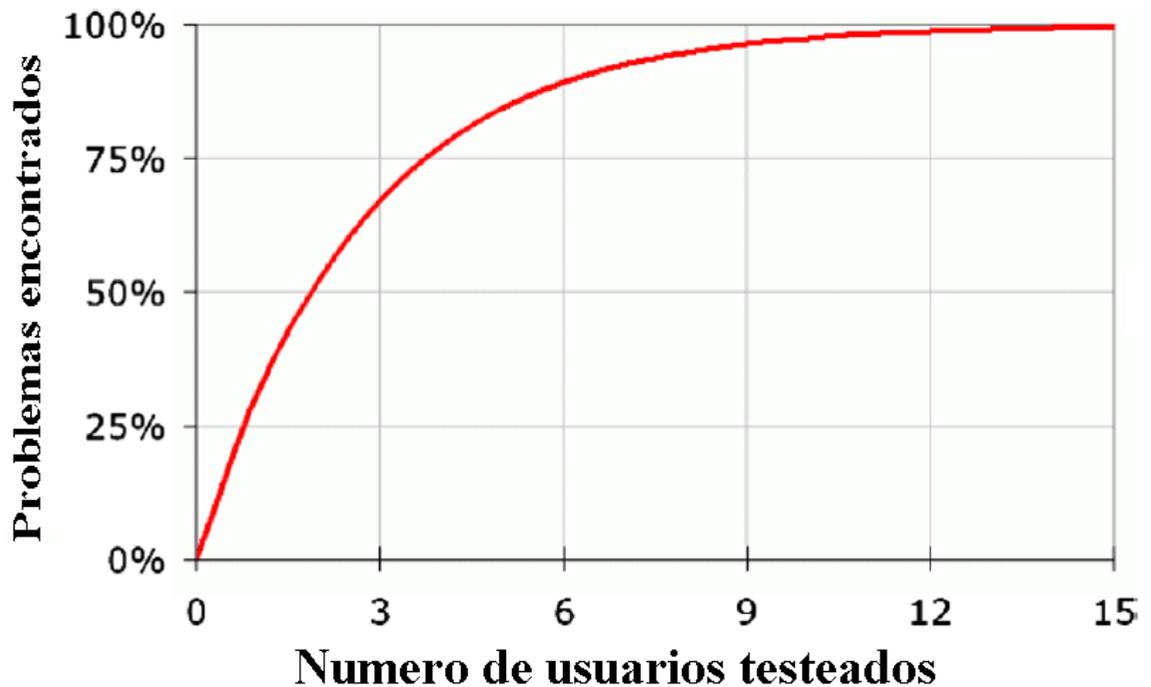
Se excluyen de participar en este estudio los voluntarios que presentan alguno de los siguientes criterios:

- Patología neurológica con secuela funcional y motora grave o moderada, patología metabólica sin tratamiento (Diabetes mellitus 2, dislipidemia, Hipertensión arterial y otras).
- Lesión musculoesquelética en los 6 meses previos a la participación del estudio (esguinces, desgarros, luxaciones o fracturas).

#### **4.5 Cálculo del tamaño de la muestra y análisis estadístico**

El tamaño muestral se calcula utilizando el *software GPower* seleccionando una prueba t para datos no paramétricos mediante el test de Wilcoxon tipo “*single-ranked*” de una muestra. Se otorga un valor de H0 de 66 lpm, un H1 de 98 lpm, según resultados extraídos de Stratton. et al, 1994, una desviación estándar de 10 y 12 lpm respectivamente con un tamaño del efecto de 0,9. Además, se utilizan los valores mínimos para los errores tipo 1 y tipo 2 (alfa de 0.05 y beta de 0,8) con un nivel de significancia del 95% y una pérdida del 5%. Al calcular el tamaño del efecto con los datos en literatura, se obtiene un valor de 0.97 que arroja un tamaño muestral de 4 personas. Al considerar que en investigación normalmente el valor máximo para tamaño del efecto es de 0.9, se utiliza este valor para el cálculo del tamaño muestral y asegurar la mejor significancia entre la diferencia de los grupos a comparar, con esto el tamaño muestral ideal es de 11 sujetos para el estudio.

**4.5.1 Ilustración 9: Porcentaje de problemas de usabilidad encontrados según el tamaño muestral para los tests. (Aiyegbusi, 2020) Traducido por González, 2022.**



Según el grupo Nielsen Norman, el tamaño muestral necesario para detectar sobre un 90 % de los posibles problemas asociados a la usabilidad del prototipo evaluado es de al menos 9 sujetos, por lo cual se utilizó este tamaño muestral para la valoración de Smart Mesck según el nivel TRL 4 en el que se encuentra actualmente (Ver imagen 9).

Al ver el tamaño muestral requerido para la usabilidad que es la variable principal general, se buscó en la literatura el tamaño muestral para estos efectos, y

Nielsen y Landauer (1993) proponen que el número de participantes en evaluaciones de usabilidad debe ser de 5 evaluados.

Considerando esto y lo expuesto por otros autores, en el presente estudio se utilizó una muestra de 9 participantes, que estaría dentro de los parámetros de efecto para el tipo de estudio.

#### **4.6 Tipo de muestreo y reclutamiento**

Los participantes son escogidos mediante muestreo no probabilístico con reclutamiento por conveniencia, con un único grupo evaluado y medido una sola vez.

El reclutamiento es realizado mediante llamado telefónico a las personas por parte del Centro Tecnológico de Telerrehabilitación y Neurociencias en el Movimiento Humano (CTTN).

## **4.7 Variables de estudio:**

### **4.7.1 Variable principal**

La variable general del estudio corresponde a la usabilidad, vista por el puntaje promedio de todas las escalas SUS aplicadas.

La variable principal fisiológica corresponde a la frecuencia cardíaca, con una variación de 32 lpm en AM pre y post ejercicio físico submáximo; es seleccionada debido a su mayor variabilidad durante las pruebas físicas aplicadas y sustentada en el estudio sobre "Respuestas cardiovasculares a los efectos del ejercicio del envejecimiento y el entrenamiento físico en hombres sanos" (Stratton. et al., 1994).

### **4.7.2 Variables secundarias**

La frecuencia respiratoria (respiraciones por minuto), saturación de oxígeno (porcentaje de oxígeno en sangre) y usabilidad (puntaje en *system usability scale*).

#### **4.8 Características demográficas y clínicas de la muestra**

Hombres y mujeres adultos de 18 a 50 años, con correcto control de sus comorbilidades, sin historial de caídas en el último año y que deambulan de forma independiente.

#### **4.9 Procedimientos**

A continuación, se describe paso a paso las actividades realizadas por el equipo evaluador para favorecer la replicación del proyecto.

- a) Selección de los participantes: Usuarios voluntarios contactados por CTTN, que cumplan los criterios de inclusión y firmen el consentimiento informado.
- b) Se realiza un registro de datos morfológicos previos a la instalación de los dispositivos.
- c) Se instalan y activan los dispositivos de medición convencional (banda pectoral llamada polar, observación clínica, y oxímetro de pulso) corroborando su funcionamiento y comodidad usuaria.
- d) Se ubica a cada participante en el punto de inicio de las evaluaciones y se instala el dispositivo Smart Mesck confirmando activación de sus

sensores, conexión con el dispositivo celular y la base de datos *Google drive* (ver ilustración 10).

- e) Se explican y ejemplifican las pruebas funcionales, resolviendo dudas previas de parte de los participantes en caso de ser pertinente.
- f) Se realiza una medición previa a las pruebas funcionales, con Smart Mesck + métodos convencionales, la cual consideramos como valores basales para posteriormente calcular el tiempo de reposo y/o vuelta a la calma entre pruebas.
- g) Previo a las pruebas físicas se evalúa cualitativamente la sensación de los usuarios frente a los diferentes dispositivos utilizados.
- h) Luego, para realizar las pruebas funcionales de forma más cómoda y agilizar la recolección de datos posteriores se mantienen ubicados tanto la banda cardiaca con su reloj monitor en el brazo opuesto al sensor de saturación de O<sub>2</sub> de Smart Mesck, como el oxímetro de pulso. Se consideran sólo los resultados de las variables fisiológicas durante el ejercicio obtenidas con Smart Mesck debido a la facilidad del registro y lectura de los resultados.
- i) Se realiza la medición post pruebas funcionales con los métodos convencionales hasta recuperar al menos a dos de tres factores considerados dentro de sus parámetros basales (frecuencia cardiaca, saturación de O<sub>2</sub> o Frecuencia respiratoria).

- j) Se rotulan los datos obtenidos de las mediciones en la ficha de registro (ver Anexo 2).
- k) Finalizado el proceso de medición se retiran tanto los dispositivos convencionales como Smart Mesck para ser limpiados, desinfectados y recargados (ver ilustración 12).
- l) Posteriormente se aplica la escala de usabilidad *System Usability Scale* (SUS) en conjunto con una evaluación cualitativa de la experiencia de uso asociada a recomendaciones de diseño. Los resultados obtenidos se anexan a la ficha de registro como apartado de observaciones para su posterior análisis.
- m) Estadística: Utilización de tabulación en *Excel* para aplicar estadística descriptiva como media, desviación estándar, rangos y percentiles.

**4.9.1 Ilustración 10:** Participante con Smart Mesck y otros dispositivos convencionales de medición instalados, acompañada de Integrante evaluadora que comenta instrucciones.



#### **4.10 Evaluaciones**

Se realizaron tres evaluaciones funcionales estandarizadas para personas mayores, una de cada área de interés a evaluar en el siguiente orden:

- a) Resistencia aeróbica → 30 Second Chair Stand Test (30 SCST).

b) Fuerza muscular→ Arm curl Test.

c) Velocidad→ Test de velocidad de la marcha.

**4.11 “30 Second Chair Stand Test” (30 SCST):** Se mide el número de veces que el paciente se sienta y se levanta de una silla con los brazos cruzados en el pecho, a mayor número de repeticiones, mayor es la fuerza que presenta el usuario.

La puntuación corresponde al número de sentadillas completadas en 30 segundos. Los rangos de referencia se encuentran en el anexo 3.

**4.12 Arm Curl Test:** Se le solicita al usuario un sedente correcto, coger una pesa con la mano dominante (con la palma de la mano mirando hacia el cuerpo), en usuarios de sexo masculino, de 3,6 kg, y en usuarios de sexo femenino, de 2,3 kg, y se realiza flexo extensión de brazo con el peso de la mancuerna, buscando la mayor cantidad de repeticiones en treinta segundos, en caso de presentar dolor al realizar el gesto se detiene la prueba.

Los datos de referencia se encuentran en el anexo 4.

**4.12.1 Ilustración 11: Pruebas de valoración funcional de la persona mayor; A) posición inicial del gesto motor; B) movimiento a realizar.**

A)



B)



**4.13 Test de velocidad de la marcha:** Para realizar esta prueba se hará marcha de 3 metros, se le solicita al usuario que recorra esta distancia a paso normal y se cronometra el tiempo que demora en realizar el recorrido, asignándole un puntaje dependiendo del tiempo final. Se realiza la prueba 2 veces y al terminar se escoge la mejor puntuación.

Ver Puntuación del Test de velocidad de la marcha según distancia recorrida en anexo 5.

**4.14 Materiales**

- a) Oxímetro de pulso SCANMED (ver ilustración 12).
- b) Banda pectoral “Polar” (ver ilustración 12).
- c) Mascarilla inteligente “Smart Mesck”.

- d) Teléfono celular/ dispositivo móvil, con sistema operativo Android y acceso a internet.
- e) Silla con respaldo, sin apoyabrazos.
- f) Cinta métrica.
- g) Cronómetro.
- h) Mancuerna de 2,3 kg para mujeres (5lb) y 3,6 kg para hombres (8lb).
- i) Conos.
- j) Papel.
- k) Lápiz.
- l) Pesa digital.
- m) Material de higiene y desinfección (ver ilustración 12).
- n) Impresión de escala SUS.

**4.14.1 Ilustración 12:** Zona de limpieza, con algunos materiales e instrumentos como polar y Oxímetros de pulso.



**4.15 Técnica de recolección de datos**

Los datos obtenidos del proceso de evaluación y el seguimiento se registran en una ficha individualizada para cada usuario, que es sistematizada mediante planilla *Excel* con todos los datos de la investigación. Conjuntamente Smart Mesck digita los datos a través de un archivo en formato hoja de cálculo en *Google Drive*.

**4.16 Métodos estadísticos**

En condiciones óptimas, se utiliza la prueba Shapiro Wilk para comprobar la normalidad de los datos, en caso de tener una distribución normal, se utiliza una

prueba t para muestras emparejadas o relacionadas. En caso de tener una distribución no paramétrica se realiza una Prueba Wilcoxon, el tamaño del efecto se obtiene mediante los promedios de la frecuencia cardiaca de la población (H0 de 66 lpm y H1 de 98 lpm) y desviaciones estándar de 10 lpm y 12 lpm respectivamente (Stratton. et al., 1994). Además, se utilizan los valores mínimos para los errores tipo 1 y tipo 2 (alfa de 0.05 y beta de 0,8) con un nivel de significancia del 95% y una pérdida del 5%.

Debido a inconvenientes metodológicos, se utilizó estadística descriptiva como promedios, desviaciones estándar, rangos, percentiles, cuartiles, rangos intercuartílicos y tasas de error para la recopilación y posterior análisis de los datos.

#### **4.17 Consideraciones éticas**

La investigación contempla el respeto por los principios de Belmont que son la autonomía, beneficencia y justicia. Los participantes del estudio son voluntarios que firman un consentimiento informado y no serán expuestos a ningún factor de riesgo para ellos.

Los procedimientos y evaluaciones son beneficiosos para los participantes, ya que, constituyen cualidades básicas de la actividad física dentro de los parámetros de normalidad para personas mayores.

Toda medición fue realizada bajo estándares de higiene y normativas COVID vigentes a la fecha.

## Capítulo 5: RESULTADOS

### 5.1 Datos demográficos

Se evalúa a un total de 9 usuarios, 4 de género masculino y 5 de género femenino, con una edad promedio de 30 años (DS de 8,23) entre los 23 a 44 años, un peso en promedio de 77,1 kg (DS de 15,6 kg) con rangos de 52,17 kg a 99,96 kg y una talla en promedio de 162,5 cm (DS de 6,6) entre 159 cm a 176 cm. Los datos mencionados se presentan en la tabla 2.

**5.1.1 Tabla 2: Resumen de datos demográficos del grupo de estudio.**

	Promedio	Desviación estándar	Rango
Edad (años)	30,56	8,23	23 - 44
Peso (kilogramos)	77,09	15,58	52,17 - 99,96
Talla (centímetros)	162,5	6,62	159 - 176
Género	Mujeres=5		Hombres=4

## 5.2 Puntajes SUS.

Se aplicaron 9 escalas SUS a los participantes que utilizaron y estuvieron en contacto con el dispositivo Smart Mesck, el detalle de las respuestas se puede ver en el Anexo 6. De los resultados obtenidos se hicieron los cálculos para obtener el puntaje individual de cada encuesta aplicada (ver tabla 3).

### 5.2.1 **Tabla 3:** Número de participantes, su puntaje en escala y el puntaje total en SUS.

Participante	Puntos en escala	Puntaje total
1	33	82,5
2	33	82,5
3	39	97,5
4	27	67,5
5	39	97,5
6	36	90
7	18	45
8	14	35
9	30	75

Dado los puntajes obtenidos de cada encuesta aplicada se obtuvo un puntaje promedio de 74,72 con una desviación estándar (DS) de 22,1. Ver el resumen en tabla 4.

### 5.2.2 Tabla 4: Resumen de datos SUS.

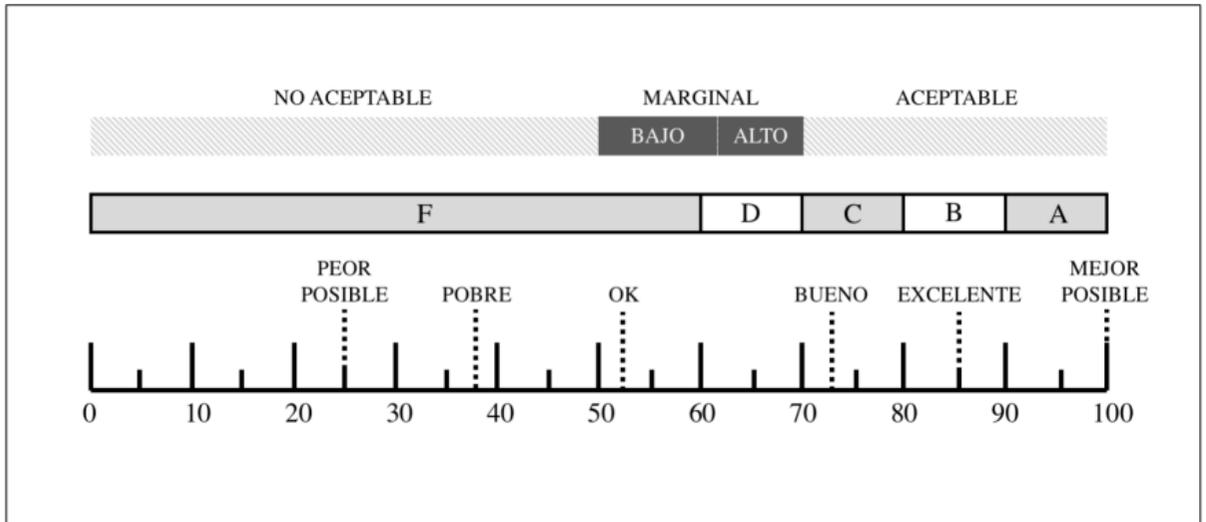
Escala SUS	Promedio del puntaje total	Desviación Estándar
9 participantes	74,72	22,1

**SUS: System Usability Scale.**

### 5.3 Análisis de datos SUS

Según Sauro en 2010, una puntuación por debajo de 68 sugiere que la aplicación o en este caso tecnología censada por la SUS está por bajo el promedio en percepción de usabilidad. Si se visualiza el puntaje obtenido de 74,72 en la Ilustración 13 que representa los resultados SUS en no aceptable, marginal y aceptable, se puede evidenciar que los resultados obtenidos en esta aplicación de la escala están dentro del límite inferior para la aceptabilidad en términos de usabilidad por parte de los usuarios en contacto con Smart Mesck.

**5.3.1 Ilustración 13: Escala de puntajes de la evaluación SUS (Bangor et al., 2009).**



Al interpretar los datos en percentiles (ver tabla 5) se puede ver que el puntaje obtenido está dentro del percentil 50 y 75. Al hacer el cálculo exacto, el resultado bruto de la SUS aplicada está dentro del percentil 70, es decir que el puntaje de 74,72 está dentro del 70% de aceptación en comparación a distintas aplicaciones de esta escala.

Si cuantificamos a la cantidad de personas a las que se le aplicó la SUS que estuvieron dentro de este rango del 70% podemos ver que 7 de 9 de las personas consideran que el dispositivo de Smart Mesck es usable.

**5.3.2 Tabla 5: Tabla de distribución de puntajes SUS de cientos de pruebas de usabilidad. Por ejemplo, una puntuación SUS sin procesar 80 sería mejor que el 75% de todas las aplicaciones probadas.” (Sauro, 2010).**

Percentil	Puntuación bruta de la SUS
90	91
75	80
50	66
25	53
10	41

**\*SUS: System Usability Scale.**

#### **5.4 Resultados de mediciones**

Se realizaron 41 mediciones en total con Smart Mesck a los 9 participantes voluntarios del estudio; 9 mediciones basales y 32 mediciones con Smart Mesck en condición de actividad durante pruebas funcionales.

Se realizaron 57 mediciones con métodos convencionales; 9 en condiciones basales o de reposo y 48 en condiciones de retorno a la calma post pruebas funcionales.

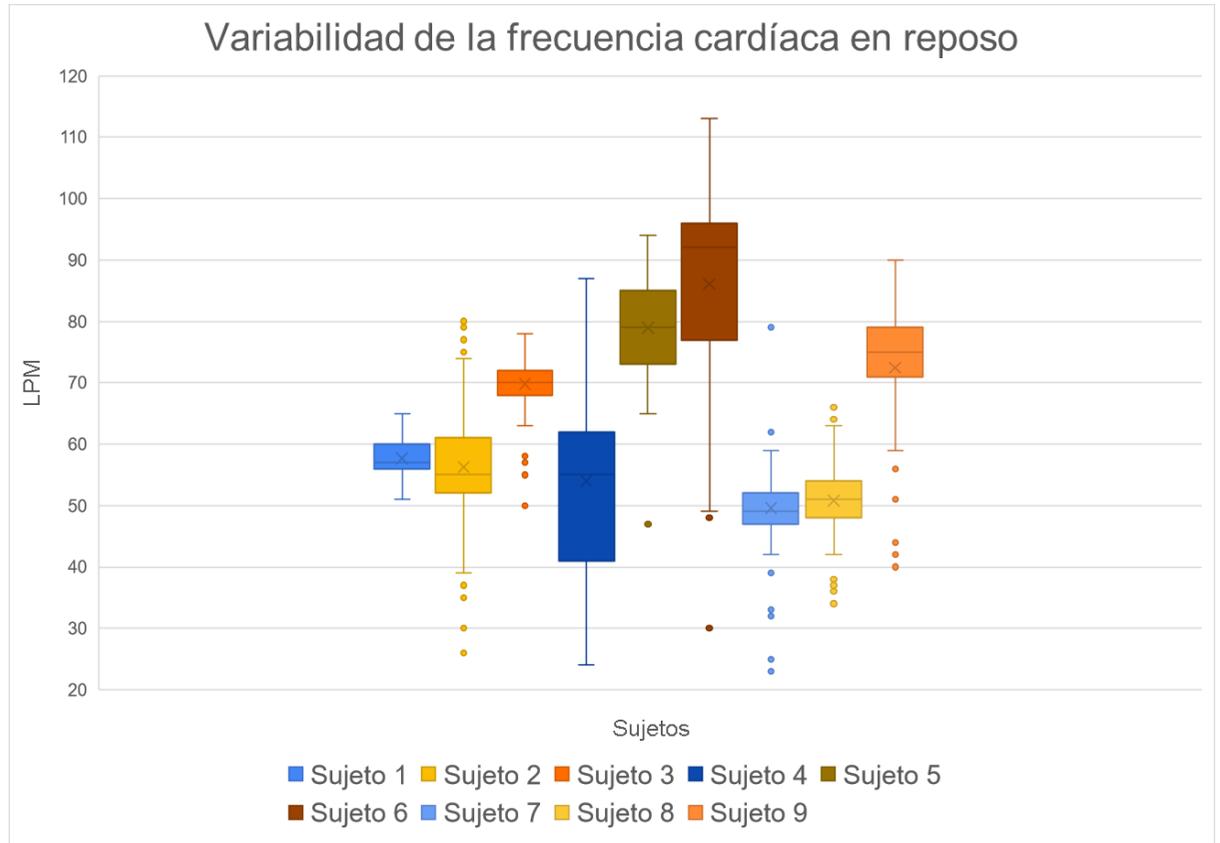
Se destaca que de las 9 personas que participaron en el estudio, 1 tuvo que retirarse después de realizar la prueba de pararse y sentarse por presentar crisis

de angustia, por ello de este participante solo se consideraron sus datos basales para realizar el análisis estadístico y descriptivo del proyecto.

#### 5.4.1 Resultados medición de Smart Mesck en condiciones basales

A partir de los resultados obtenidos durante la medición, se realizaron distintos gráficos que favorecen la interpretación de los datos estadísticos, facilitando su lectura y análisis. A continuación, se encuentran gráficos asociados a variables fisiológicas basales y post pruebas comparando el uso de los métodos convencionales de medición versus Smart Mesck.

### 5.4.1.1 Ilustración 14: Gráfico de Frecuencia cardíaca datos de Smart Mesck.

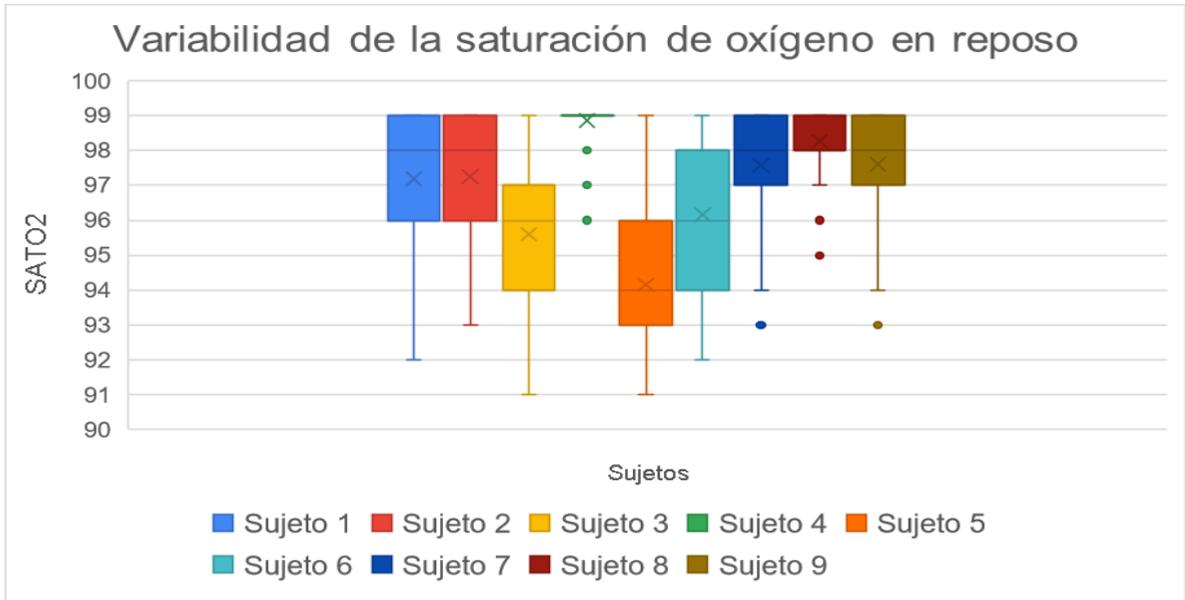


**\*LPM: latidos por minuto.**

En la gráfica, se evidencia la frecuencia cardíaca basal durante 1 minuto obtenida de los 9 participantes, con sus respectivas desviaciones estándar.

Se puede apreciar que no hay una heterogeneidad con los datos, y que en 4 participantes existen valores que se escapan demasiado de la tendencia media a valores extremos.

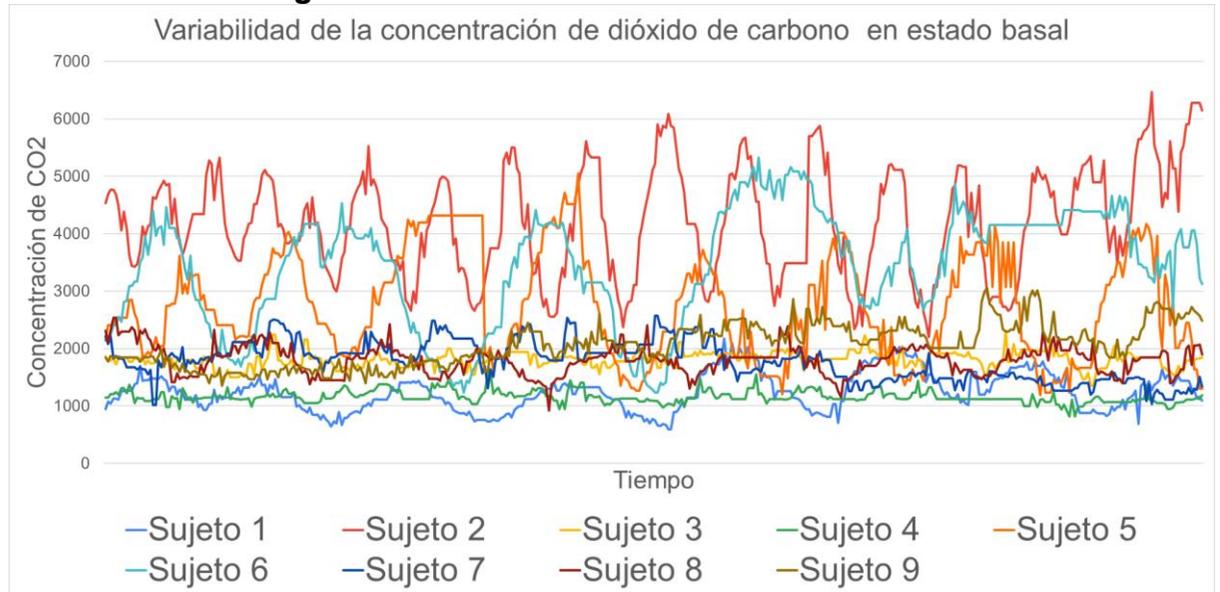
#### 5.4.1.2 Ilustración 15: Gráfica de Saturación de oxígeno datos de Smart Mesck.



**\*SATO2: Saturación de oxígeno.**

En la gráfica, se visualiza la saturación de oxígeno basal durante 1 minuto obtenida de los 9 participantes con sus respectivas desviaciones estándar. Se destaca que en el participante 4 hubo una tendencia a mantenerse en 99% con ligeras variaciones menores, no así en los otros sujetos donde existe gran variación de los datos a lo largo del minuto de condición basal.

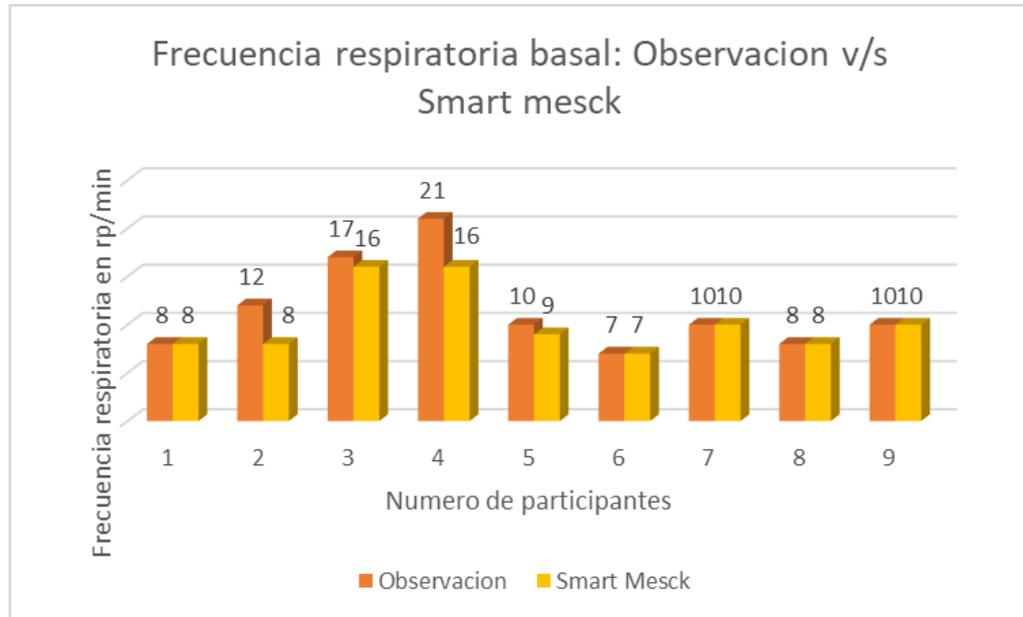
**5.4.1.3 Ilustración 16: Gráfica de concentración de CO2 de toda la muestra en estado basal según Smart Mesck.**



**\*CO2: concentración de dióxido de carbono.**

A partir de esta gráfica se puede evidenciar la variación de las curvas de concentración de CO2 en todos los participantes, observándose que se obtienen curvas muy distintas entre cada uno, y a simple vista no se pueden interpretar los datos fácilmente, por lo que se extrapolo cada participante asignándose una gráfica individual para poder efectuar el cálculo de la frecuencia respiratoria.

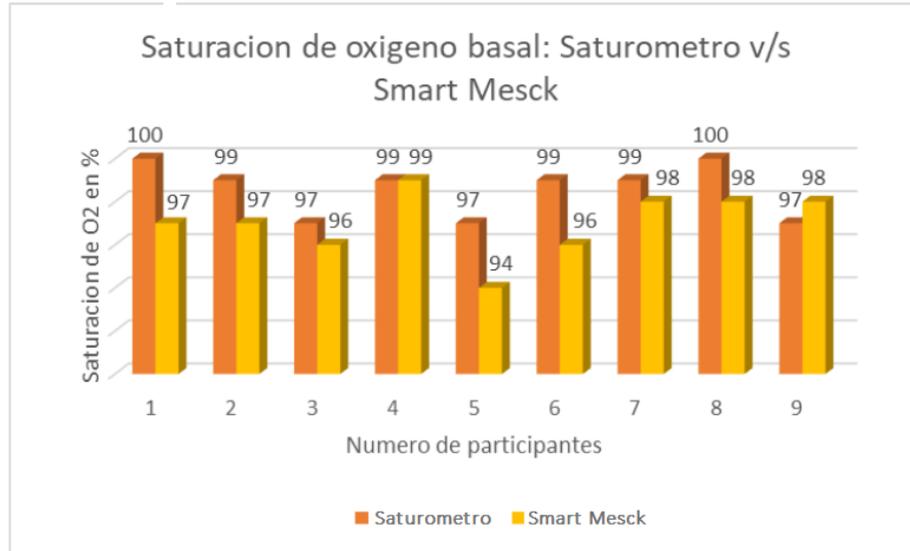
**5.4.1.4 Ilustración 17: Gráfica de Frecuencia respiratoria datos de Smart Mesck v/s Método observacional.**



**\*rp/min: respiraciones por minuto; v/s: versus.**

Se puede apreciar en la gráfica la comparativa los datos obtenidos a partir de Smart Mesck v/s el método observacional o visual de conteo de frecuencia respiratoria, de esto se evidencia que en 7 participantes los datos coinciden en los 2 métodos de medición, sin embargo, hay 2 participantes donde se visualiza una diferencia significativa entre los datos otorgados por Smart Mesck y el método observacional, se ve que la tendencia en estos 2 participante es de un menor sentido de datos por parte de Smart Mesck.

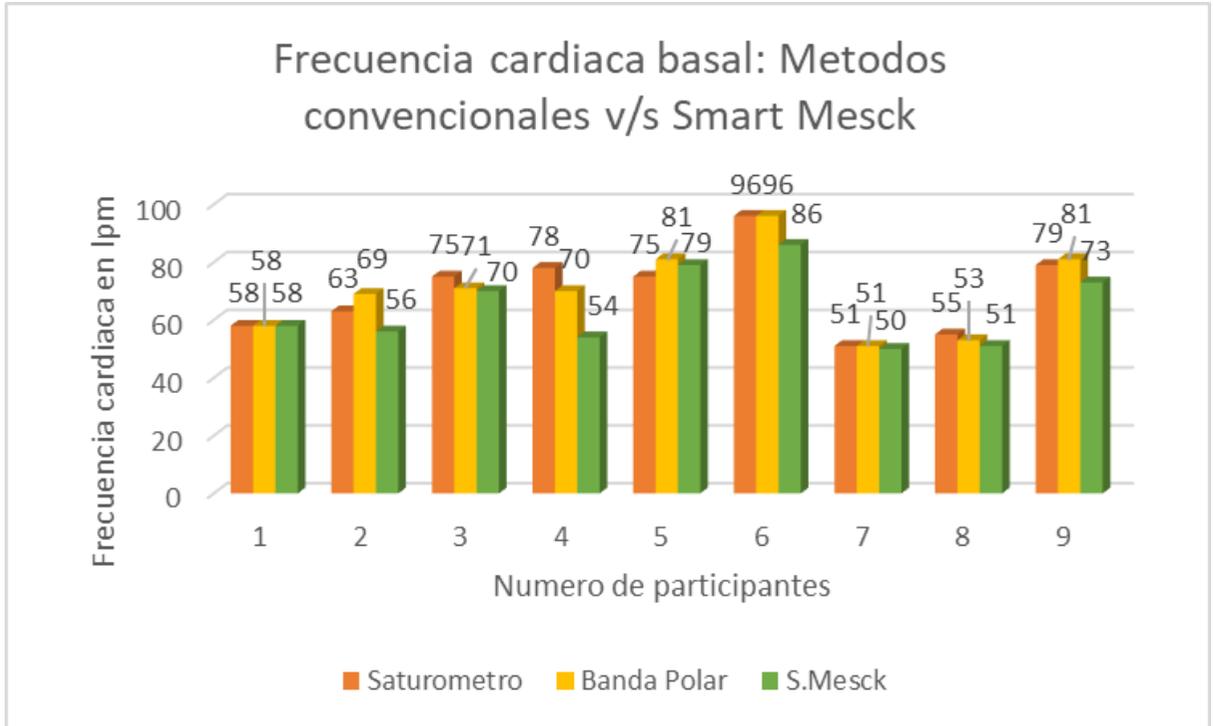
**5.4.1.5 Ilustración 18: Gráfica comparativa de saturación de oxígeno con saturómetro v/s Smart Mesck.**



**\*v/s: versus; %: porcentaje.**

Se puede comparar que en 5 participantes coinciden los datos obtenidos por ambos métodos de medición o que la diferencia es mínima de 1 dato, no obstante, hay 4 participantes donde la diferencia entre mediciones incrementa, y se puede ver que esta diferencia es negativa en Smart Mesck, es decir el comportamiento es que censa valores más bajos en comparación con el saturómetro.

**5.4.1.6 Ilustración 19: Gráfico comparativo de frecuencia cardiaca con métodos convencionales v/s Smart Mesck.**



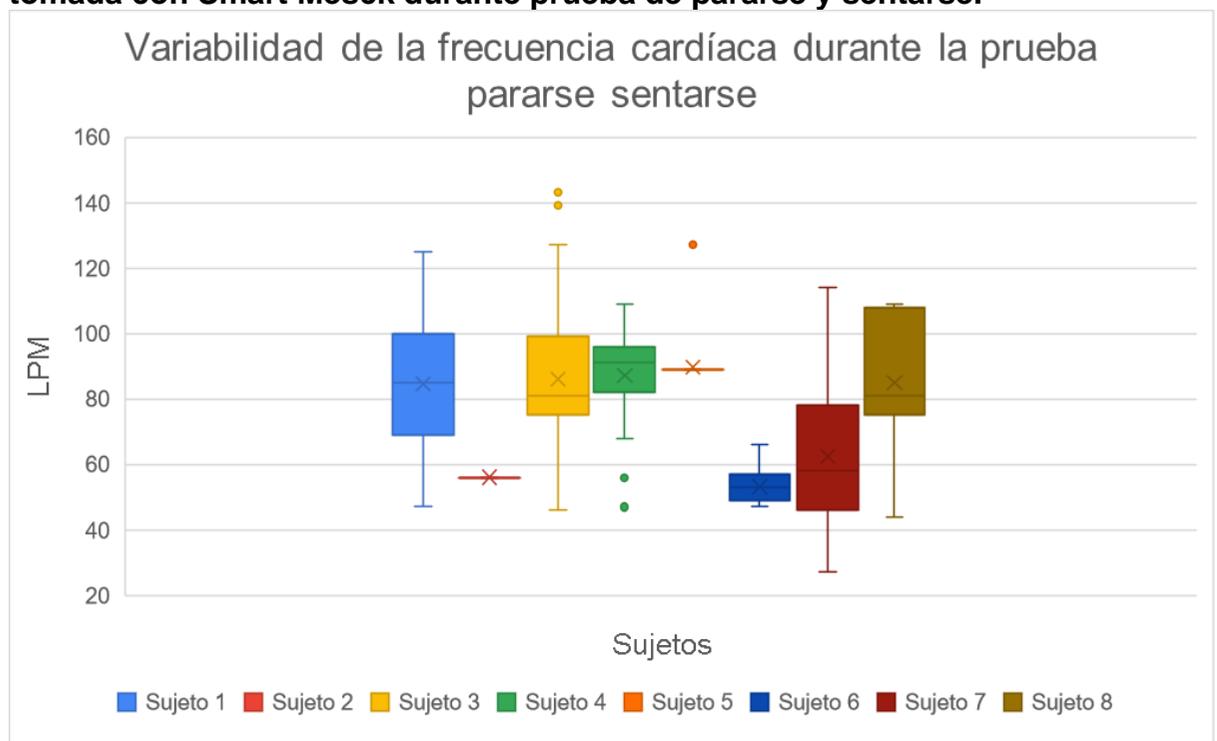
**\*lpm: latidos por minuto; v/s: versus.**

Esta gráfica comparativa, muestra los valores obtenidos en condiciones basales de los 9 participantes medidos con Smart Mesck, Banda Polar y Saturómetro; a partir de esto no se aprecia una homogeneidad en los resultados, viéndose diferencias con todos los métodos de medición, pero se destaca que los valores obtenidos con Smart Mesck son menores a los otros, esto puede significar que se están infrasensando los valores reales.

## 5.5 Variables fisiológicas en pruebas funcionales

Se presentan los resultados de las mediciones de las diferentes variables evaluadas por Smart Mesck en los sujetos durante la realización de cada prueba funcional.

### 5.5.1 Ilustración 20: Gráfico con variabilidad de la frecuencia cardiaca tomada con Smart Mesck durante prueba de pararse y sentarse.



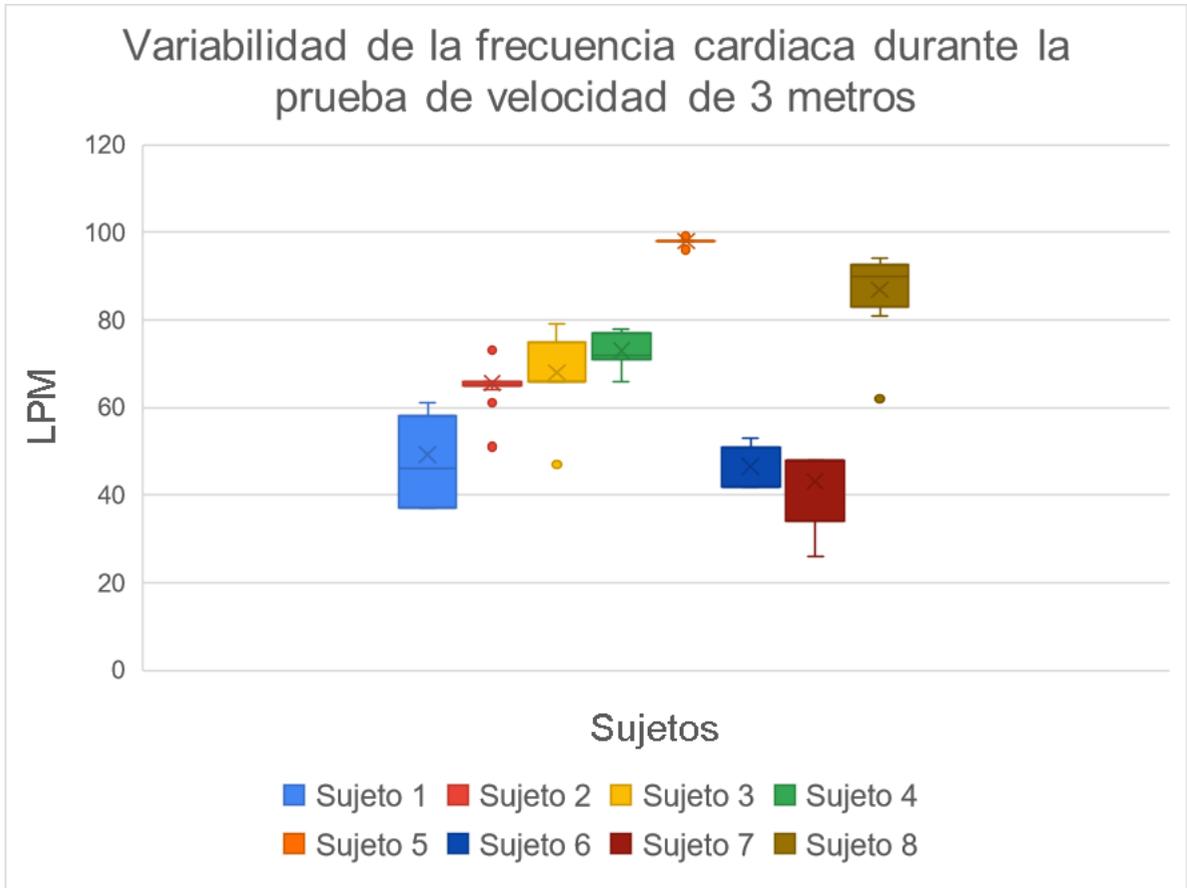
\*LPM: latidos por minuto.

Este gráfico muestra el comportamiento de la frecuencia cardiaca de 8 participantes durante la prueba de pararse y sentarse, se puede ver que hay una tendencia media, más sin embargo existen datos que se desvían en extremo de la tendencia normal.

### 5.5.2 Gráficos con variabilidad de la frecuencia cardiaca tomada con Smart Mesck durante prueba de velocidad de 3 metros.

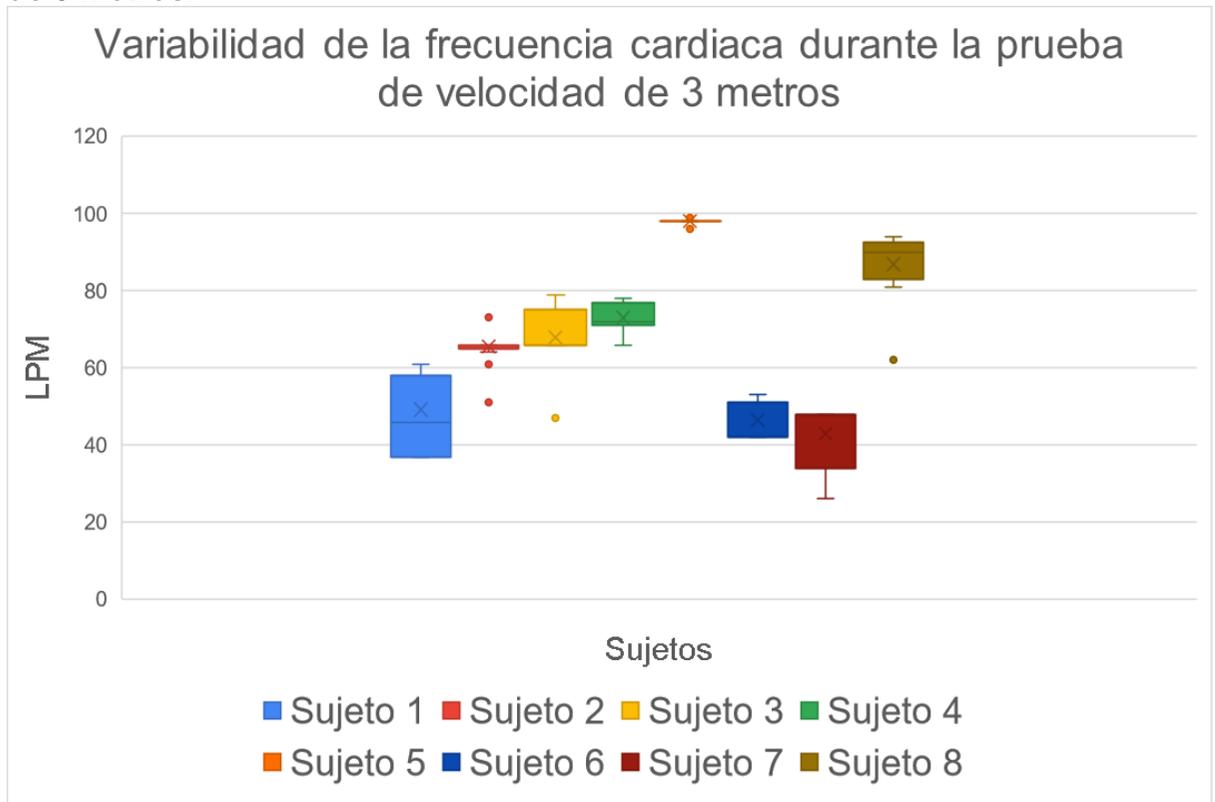
Se puede apreciar en las ilustraciones 21 y 22, que a pesar de que estas mediciones fueron tomadas bajo las mismas condiciones, existe gran variación de frecuencia cardiaca entre el primer y el segundo intento de la prueba de velocidad de 3 metros. Se aprecia además que durante el primer intento los datos tuvieron tendencia a mantenerse dentro de valores medios, mientras que en el segundo intento los datos fluctuaron mucho más a valores más extremos.

**5.5.2.1 Ilustración 21: Gráfico de variabilidad de frecuencia cardiaca tomada con Smart Mesck en el primer intento de la prueba de velocidad de 3 metros.**



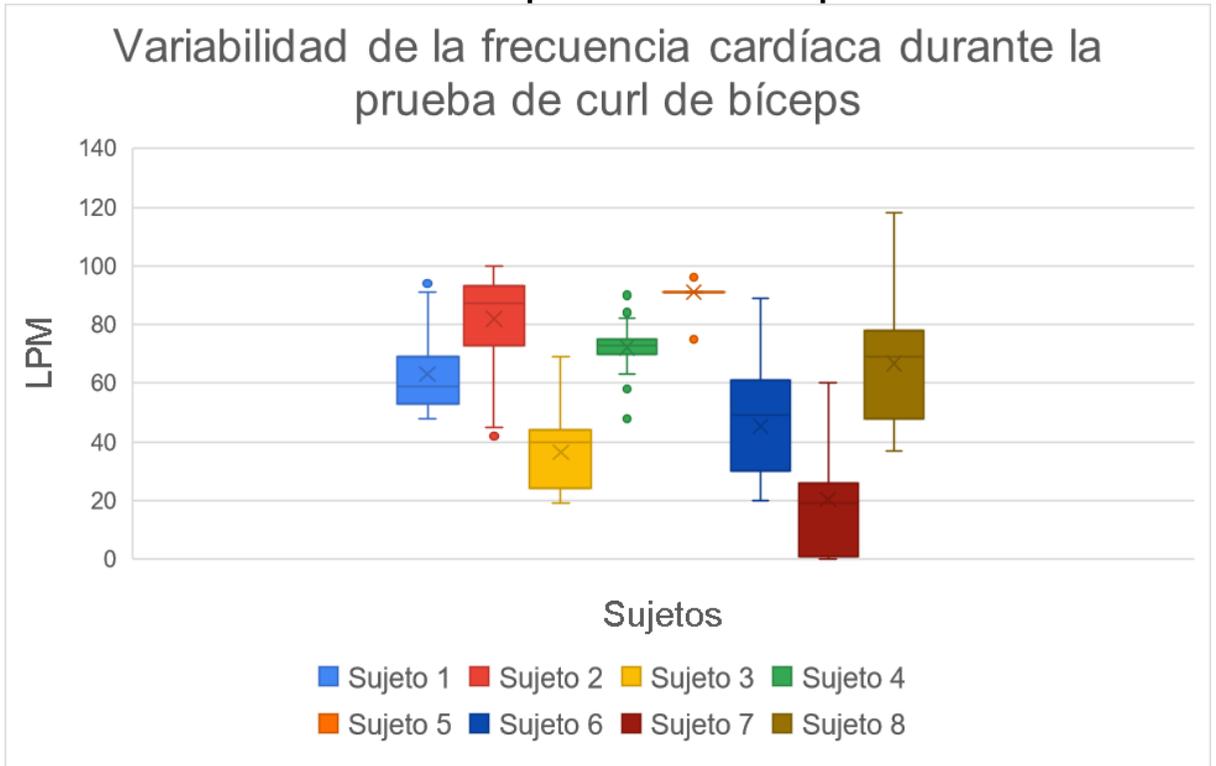
\*LPM: latidos por minuto.

**5.5.2.2 Ilustración 22: Gráfico de variabilidad de frecuencia cardiaca tomada con Smart Mesck en el segundo intento de la prueba de velocidad de 3 metros.**



\*LPM: latidos por minuto.

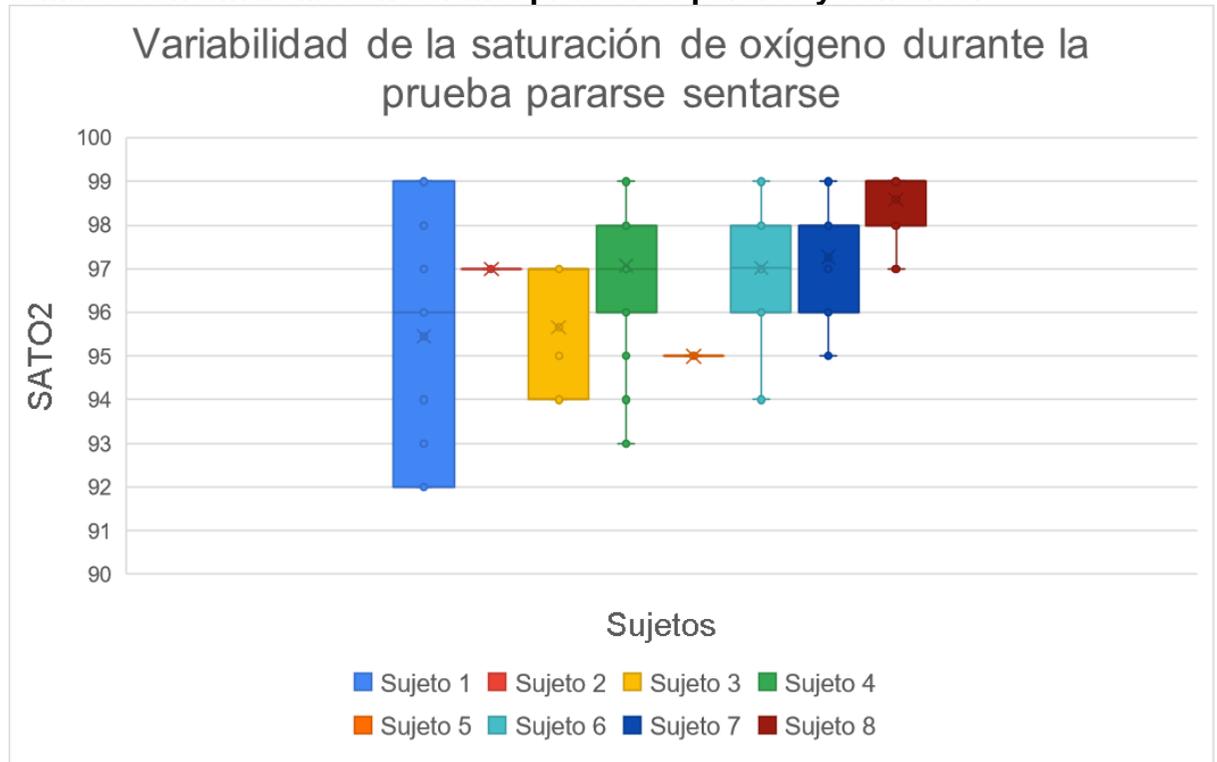
**5.5.3 Ilustración 23: Gráfica de variabilidad de la frecuencia cardíaca tomada con Smart Mesck durante prueba curl de bíceps.**



**\*LPM: latidos por minuto.**

Este gráfico muestra el comportamiento de la frecuencia cardíaca de 8 participantes durante la prueba de curl de bíceps, se puede observar que al igual que en las 2 pruebas anteriores, existen datos que se desvían mucho de la tendencia media.

**5.5.4 Ilustración 24: Gráfica de variabilidad de la saturación de oxígeno tomada con Smart Mesck durante prueba de pararse y sentarse.**



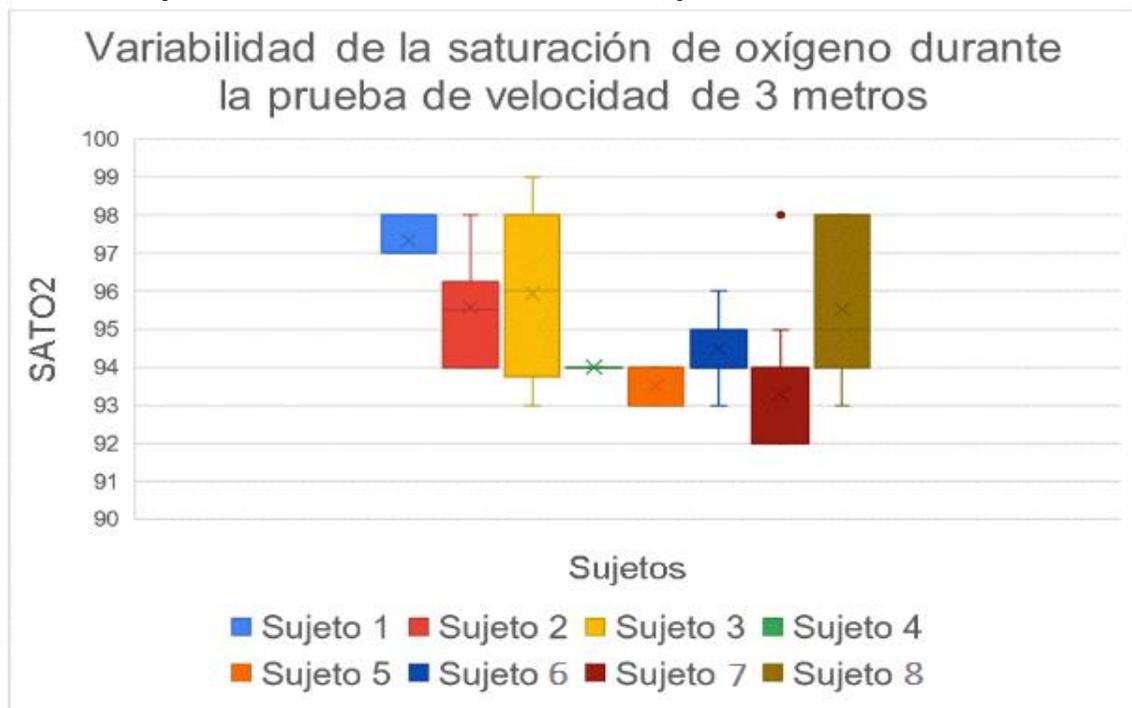
**\*SATO2: Saturación de oxígeno.**

En el gráfico se puede ver el comportamiento de la saturación de oxígeno tomada con Smart Mesck durante la prueba de pararse y sentarse en 8 participantes, y de este se puede ver que existe una fluctuación máxima de aproximada de 4% en la cantidad de saturación o desaturación en la mayoría de los participantes, sin embargo, se puede ver un dato extremadamente anormal en el participante 1, puesto que, sus valores fluctúan en 8%.

5.5.5 Variabilidad de la saturación de oxígeno tomada con Smart Mesck durante prueba de velocidad de 3 metros.

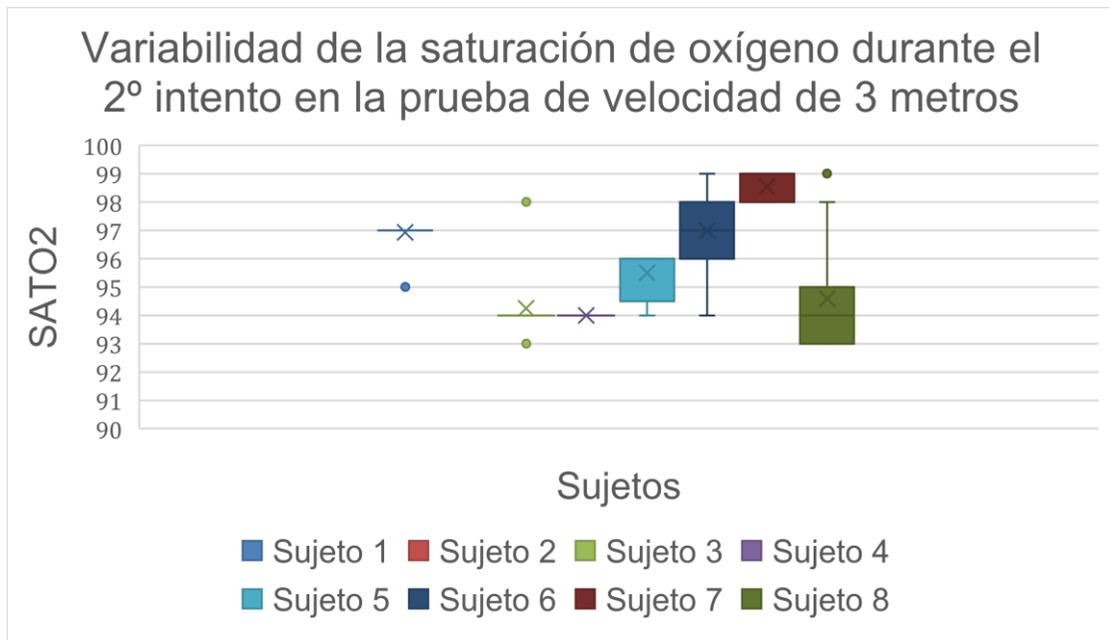
Se puede apreciar en las ilustraciones 25 y 26, la variación de la saturación de oxígeno teniendo un comportamiento menos variable en el primer intento a comparación del segundo donde se evidencia una mayor fluctuación de los datos, situación que se repite al comparar los resultados de la frecuencia cardiaca ante la misma prueba.

5.5.5.1 **Ilustración 25: Gráfico de variabilidad de la saturación de oxígeno durante la prueba de velocidad de 3 metros, primer intento.**



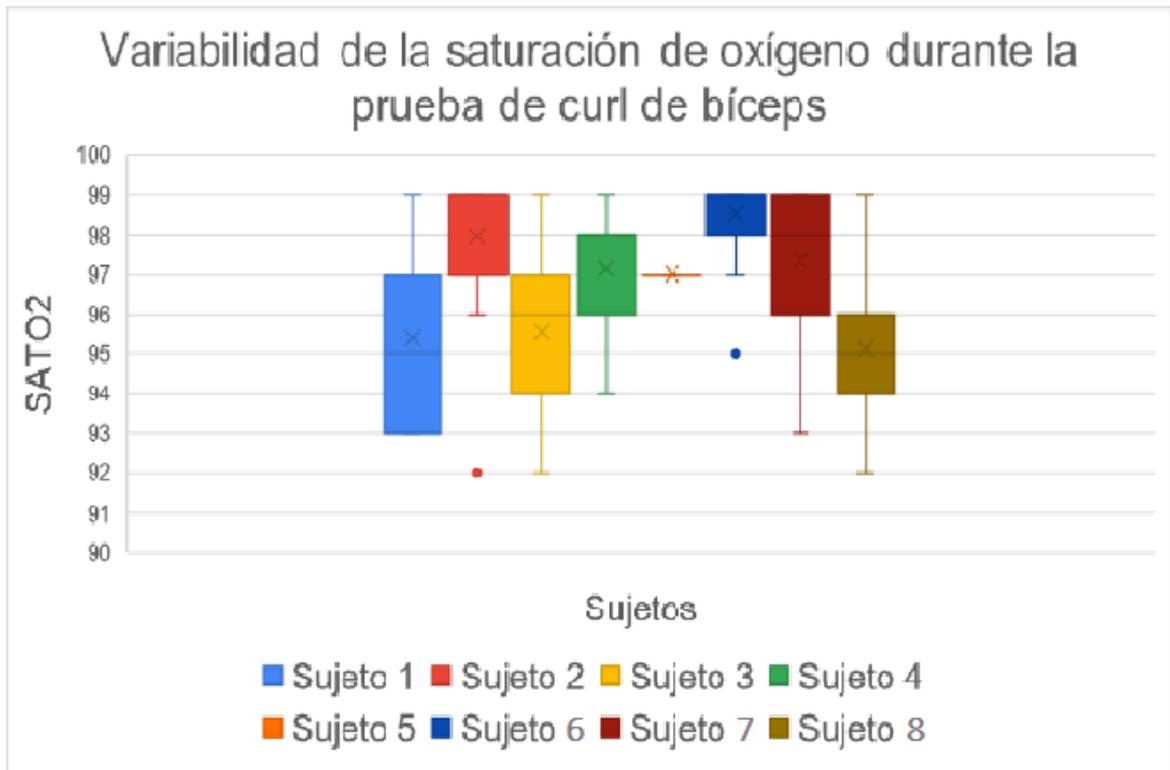
\*SATO2: Saturación de oxígeno.

**5.5.5.2 Ilustración 26: Gráfico de variabilidad de la saturación de oxígeno durante la prueba de velocidad de 3 metros, segundo intento.**



**\*SATO2: Saturación de oxígeno.**

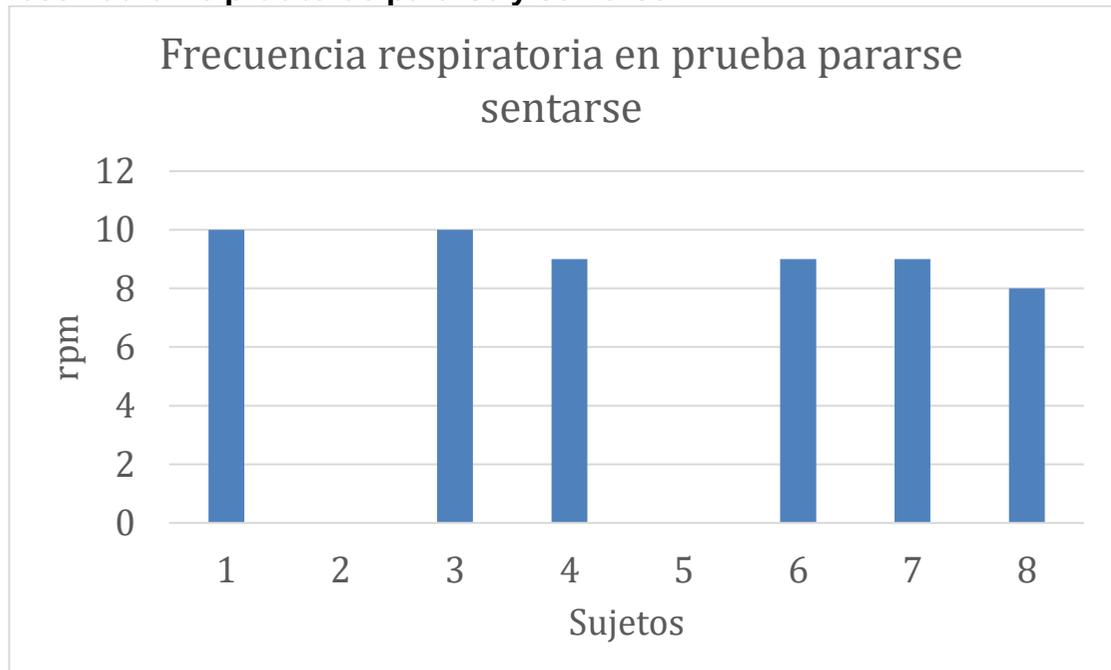
**5.5.6 Ilustración 27:** Gráfica de variabilidad de la saturación de oxígeno tomada con Smart Mesck durante prueba de curl de bíceps.



**\*SATO2: Saturación de oxígeno.**

En el gráfico se puede ver el comportamiento de la saturación de oxígeno tomada con Smart Mesck durante la prueba de curl de bíceps en 8 participantes, apreciándose que existe una menor fluctuación de los datos si se compara con los resultados obtenidos en la prueba de pararse y sentarse.

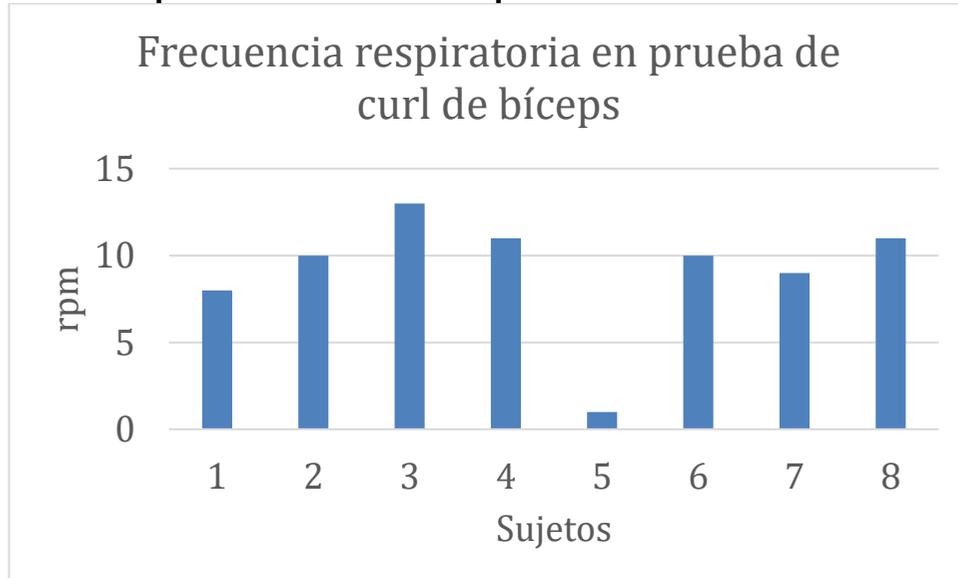
**5.5.7 Ilustración 28: Gráfica de frecuencia respiratoria tomada con Smart Mesck durante prueba de pararse y sentarse.**



**\*rpm: Respiraciones por minuto.**

En el gráfico se puede ver el comportamiento de la frecuencia respiratoria tomada con Smart Mesck durante la prueba de pararse y sentarse en 8 participantes, y se evidencia que hubo error de medición técnica de Smart Mesck para 2 participantes, es decir, que el dispositivo dejó de transmitir datos.

**5.5.8 Ilustración 29: Gráfica de frecuencia respiratoria tomada con Smart Mesck durante prueba de curl de bíceps.**



**\*rpm: Respiraciones por minuto.**

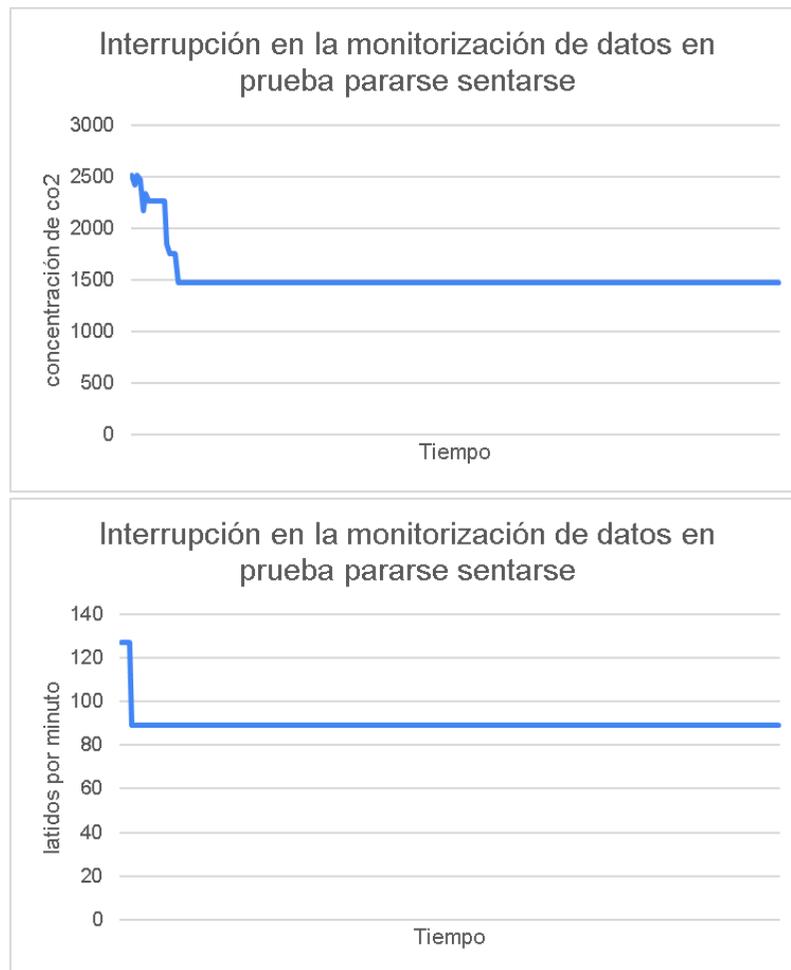
En el gráfico se puede ver el comportamiento de la frecuencia respiratoria tomada con Smart Mesck durante la prueba de curl de bíceps en 8 participantes; se evidencia que hubo error de medición técnica de Smart Mesck para el sujeto participante 5, es decir que el dispositivo dejó de transmitir datos.

**5.6 Errores en la medición**

La monitorización nos otorga datos de manera continua, pero no siempre los datos que entrega el dispositivo nos indican el valor real de la variable medida. A continuación, se exponen y describen los problemas en la toma de datos:

5.6.1 Iteración de datos en pérdida de señal por batería: Al disminuir la energía que posee la batería de Smart Mesck, el sensor pierde la capacidad de emitir luz. Esto genera que mantenga el último dato recabado de frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno, provocando un sesgo de información.

**5.6.2 Ilustración 30: Gráficas con interrupción en la monitorización de datos en prueba de pararse y sentarse.**



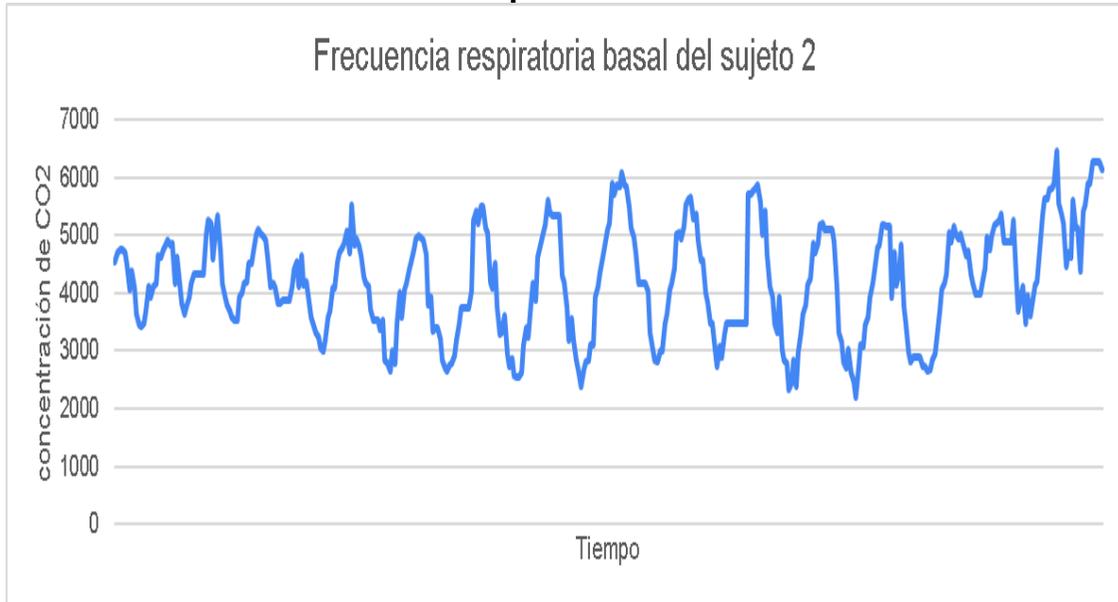
En la gráfica se logra ver la mantención de la concentración de CO2 y latidos por el tiempo en que se realiza la prueba pararse sentarse en el sujeto 2, si lo

consideramos como dato se obtendrían datos erróneos durante la prueba, por lo tanto, se opta por dejar el intento como inválido.

5.6.3 Mediciones por debajo de lo esperado: Ya sea por movimiento o por calibración de los algoritmos, existen datos que no se relacionan con los parámetros basales de los sujetos y no coinciden con la sintomatología del sujeto evaluado. En la imagen 6.5.5 donde se realizó la prueba de curl de bíceps, el sujeto 8 presentó de 1 medición de 26 lpm. Considerando que su frecuencia cardíaca basal era en promedio de 50, podemos decir que el dispositivo estaba infraestimando su frecuencia cardíaca. Este suceso de sensor bajo lo estimado también está presente en otros casos de la variable de frecuencia cardíaca como en saturación de oxígeno durante cada medición (ver tabla 6); además, se puede identificar esta variación en datos muy bajos al visualizar los rangos del menor y mayor valor para cada variable (ver tabla 6).

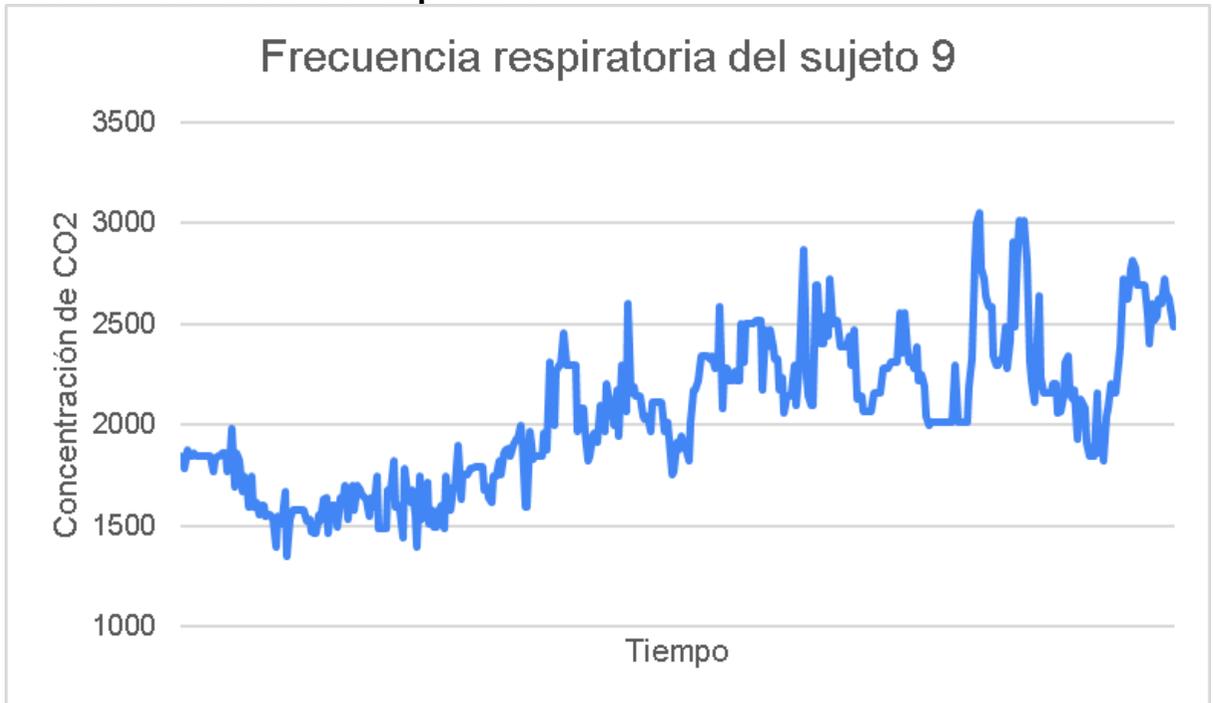
5.6.4 Falta de criterios para determinar frecuencia respiratoria: Al determinar la frecuencia respiratoria mediante los cambios en las concentraciones de CO<sub>2</sub>, existen casos especiales en donde no se logra apreciar claramente los ciclos inspiratorios y espiratorios, lo que dificulta obtener un dato objetivo de esta variable. Ver ilustración 32.

**5.6.4.1 Ilustración 31: Ciclos respiratorios con curvaturas esperables para un buen conteo de frecuencia respiratoria.**



**CO2: Dióxido de carbono.**

**5.6.4.2 Ilustración 32: Gráficas no óptimas de concentración de CO2 para medición de frecuencia respiratoria.**



**CO2: Dióxido de carbono.**

**5.6.5 Tabla 6: Rangos para las variables en las 4 condiciones medidas.**

Rangos	PPS	TM3m	ACT	Basal
FC	27 -143	38 – 116	0 – 118	23 - 113
SAT02	92 - 99	92 – 99	92 – 99	91 - 99
FR	8 -10	X	8 – 13	7 - 16

**\*FC: Frecuencia Cardíaca; SAT02: Saturación de Oxígeno; FR:Frecuencia Respiratoria; PPS:Prueba pararse sentars; TM3m: Test de marcha de 3 metros; ACT:Arm Curl Test.**

En esta tabla se pueden visualizar el dato menor y mayor para cada variable en las 4 condiciones medidas con Smart Mesck, sin embargo, no se considera para el análisis la variable FR en la situación de Test de marcha de 3 metros, puesto que, el periodo de tiempo medido para esta prueba es menor a 5 segundos por lo que no se considera óptimo para generar mayores conclusiones.

5.6.6 Resultados cualitativos: La retroalimentación usuaria nos brinda información relevante en términos cualitativos que se describen a continuación:

5.6.6.1 Diseño del dispositivo: existe una falta de adaptabilidad a diferentes formas faciales, lo que provoca incomodidad. También, el peso de la caja posterior del cuello de Smart Mesck genera una tracción constante hacia posterior, que sumado a sus características rígidas, rozan constantemente con zonas sensibles del cuello que llevaron a una crisis en un sujeto de estudio.

En relación al sistema de cableado, este limita el manejo del dispositivo en la instalación y retiro. También existe una sensación molesta de presión en los dedos por el adaptador del sensor de saturación en la mayoría de los sujetos.

5.6.6.2 Indicador de Batería: actualmente Smart Mesck no cuenta con indicador de batería y tiempo de uso, que es esencial para evitar pérdida de datos por mal funcionamiento del sistema y la gestión del tiempo en una atención de salud.

## Capítulo 6: DISCUSIÓN

La escala SUS se ha demostrado como un cuestionario de alta validez psicométrica para medir la facilidad de uso percibida en sistemas. Cuantificar la usabilidad significa tomar mejores decisiones sobre los datos; cuantificando la reducción de problemas, los aumentos en la eficiencia y la satisfacción conducirán en última instancia a mejores decisiones (Sauro, 2010).

Los resultados obtenidos se deben interpretar como la combinación de las 10 preguntas en conjunto y no por separado. Para interpretar el valor de todas las preguntas se hace el cálculo del puntaje total obtenido de la aplicación de cada encuesta y de esto se obtiene un promedio; los puntajes finales de la SUS van de 0 a 100, pero John Brooke, su creador, no entrega un método de análisis de los puntajes obtenidos, por lo que se recurre a distintos autores que proponen distintas escalas para categorizar según los puntajes; dentro de los autores más citados se encuentra Sauro, (2010), que considera 68 el puntaje promedio y límite en el que se estima aceptable el resultado obtenido.

Lewis y Sauro en 2009 proponen que la media se encuentra entre 58.3 y 65.9 con un 99.9 % de confianza; por otra parte, Bangor, Kortum, y Miller (2008)

lograron determinar que la media se encuentra entre 68.7 y 71.5 puntos con un 99.9 % de confianza.

A pesar de este intervalo, entre 58.3 a 71.5 puntos en los que distintos autores sugieren parte la aceptabilidad de los valores promedios obtenidos de la escala SUS, por lo que se puede determinar para Smart Mesck, cuyo puntaje promedio es de 74.72 que la tecnología es aceptable y supera el promedio general de otras tecnologías a las que se ha aplicado esta escala.

El buen recibimiento por parte de los encuestados significa que consideran que el dispositivo permite alcanzar la meta con respecto a efectividad, eficiencia y satisfacción de uso en el contexto aplicado.

Independientemente de los resultados obtenidos, hay que tener en cuenta que la SUS no es un "instrumento de diagnóstico", lo que significa que "no puede contribuir a comprender las razones subyacentes que explican las percepciones de los participantes sobre la calidad de la experiencia del usuario". (Katsanos et al., 2012). Una solución a esto descrita por Sauro (2010) propone que antes de aplicar la prueba, se evalúe el sistema o tecnología ante una revisión de expertos, para poder determinar si los problemas encontrados en esta revisión son realmente encontrados por cualquier usuario al aplicarles la SUS.

De acuerdo a que el último paso de evaluación durante el presente estudio fue la aplicación y análisis de la SUS se considera necesario identificar de forma global la etapa de verificación o evaluación alcanzada por parte del equipo desarrollador de Smart Mesck, por lo que se describen los tipos de evaluaciones aplicables a dispositivos médicos de monitoreo y control como lo es Smart Mesck según Guerrero (2016), que indica protocolos de validación estableciendo que las pruebas, verificaciones y evaluaciones que se pueden aplicar a los dispositivos son de tipo documental, técnico y funcional (ver ilustración 33).

Las evaluaciones de tipo documental se realizan para verificar que el diseño y fabricación del dispositivo pasen por un proceso de calidad específico y se pueda demostrar que se tuvieron en cuenta aspectos normativos para la elaboración del producto; las pruebas técnicas se usan para ver la calidad del dispositivo y su confiabilidad bajo funcionamiento normal durante su vida útil. Las pruebas funcionales están desarrolladas para establecer una relación entre el diseño inicial, necesidades a suplir y el producto final (Guerrero, 2016).

A partir de esto se determina que el diseño del presente estudio cumplió con realizar evaluaciones funcionales con el fin de establecer el desempeño de Smart Mesck durante actividades físicas que permitan distinguir y esclarecer las necesidades actuales del prototipo a suplir, además de aportar con potenciales mejorar en el ámbito documental y técnico como:

- La limitación en el manejo del dispositivo por su diseño o sistema de cableado, que hace necesario tener personas capacitadas o protocolos para el retiro eficaz del sistema ante casos especiales.
- En cuanto a la calibración y sus resultados, es necesario un método más eficiente de medir la FR, además de corregir la pérdida de datos, la desconexión durante el monitoreo y limitar las variaciones que se alejan de forma extrema de la norma, ya que esto empeora la experiencia usuaria y análisis robustos de resultados.
- La satisfacción del usuario se pudo ver afectada por el uso de los dispositivos convencionales y la sensación que estos brindan al sujeto.

Por esto es necesario aplicar las correcciones, modificar los protocolos de prueba y validar el siguiente prototipo para poder reevaluar este punto.

A modo de ejemplificación del proceso global en la ilustración 33 se grafican en verde las pruebas técnicas estipuladas según normativa, en azul las revisiones documentales y evaluación de riesgos y por último en rojo las pruebas funcionales o de validación del dispositivo.

**6.1 Ilustración 33: Pruebas aplicables a dispositivos médicos de monitoreo y control (Guerrero, 2016).**



## Capítulo 7: CONCLUSIÓN

Tanto para el desarrollo del proceso de medición como para el posterior análisis de los datos obtenidos es necesario considerar diversos puntos o limitaciones presentes en la actual condición de diseño y funcionamiento del dispositivo Smart Mesck, y la expertiz del equipo evaluador a cargo del presente proyecto; para lo cual se describe un análisis segmentado de los procesos realizados, describiendo tanto las limitaciones actuales, como aquellas sugerencias aplicables a Smart Mesck, las cuales considerarán los siguientes temas:

**7.1 Diseño del dispositivo:** Dentro de las características que se consideran modificables por parte del equipo y de los participantes se generan o definen diferentes subdivisiones que se analizan a continuación.

7.1.1 Mascarilla Smart Mesck: Se describe una sensación de incomodidad e irritación facial asociada a la presión ejercida por la capa externa (Smart Mesck) sobre la mascarilla clínica (capa interna en contacto con la piel de los usuarios) que los participantes asocian a la poca adaptabilidad frente a los diferentes tipos de rostros, ya que el dispositivo no permite modificar el largo de los tirantes que aseguran la mascarilla a las orejas, generando una presión sobre el rostro que

no es posible adaptar; el punto semiflexible ubicado sobre el tabique nasal no logra una fijación o contacto completo con el rostro de los participantes.

Otro punto en consideración dentro del diseño fue la sensación de calor focalizado en la mejilla bajo el sensor de frecuencia respiratoria, la cual se describe como potencialmente molesta en condiciones o ambientes de uso con temperatura superior a los 20 ° C utilizados durante el testeo.

7.1.2 Cuello Smart Mesck: La pieza impresa en filamento 3D que une y fija los sensores inerciales con el circuito central del dispositivo fue uno de los puntos más comentados como incómodos por los participantes, esto debido a sus características rígidas que permiten bordes afilados que se encuentran en constante roce con zonas altamente sensibles, como la zona anterior del cuello, clavícula y la prominencia de C7 por posterior.

El dispositivo es unitalla y genera como punto de anclaje no fijo el borde superior de las clavículas o tráquea, el cual es constantemente traccionado hacia posterior por la diferencia de pesos dado por la caja que contiene el circuito del dispositivo, lo que genera una presión descrita mayormente como molesta dependiendo de la morfología de cada usuario.

Un punto relevante a considerar del cuello del dispositivo tiene relación con esta potencial sensación de compresión asociada a la zona de contacto del sensor anterior, la cual potenciada con la mascarilla y el uso de la banda cardíaca (polar) fueron gatillantes de una crisis ansiosa de parte de uno de los participantes, destacando la necesidad de en casos puntuales tener compañía capacitada o instruida en el eficaz retiro del sistema para asegurar una experiencia de uso segura por parte de los futuros usuarios del dispositivo.

7.1.3 Sistema de cableado: Debido al proceso actual de diseño y testeo del dispositivo, factores como el largo, ubicación y fijación de los cables que conectan los sensores con la caja del circuito central limitan o entorpecen procesos como la instalación o retiro del dispositivo debido a la necesidad de evitar desconexiones durante las mediciones. Esto limita principalmente el rango de movimiento de cabeza y brazo, asociado al largo del cableado utilizado para conectar los sensores con el sistema central.

Estas limitaciones generan alteraciones en el patrón de movimiento de los participantes, evidenciados en el desempeño de las actividades físicas solicitadas y generando una necesidad de modificación para un futuro permitir una mayor libertad de movimiento de parte de los usuarios.

7.1.4 Sensor de saturación de oxígeno Smart Mesck: Con relación a este punto, se considera principalmente la sensación molesta asociada a la presión ejercida por el aparato que porta el sensor y que permite su uso en el dedo, el cual es unitalla y no permite variar o ajustar la presión ejercida sobre él. De forma excepcional se consideró la sensación de molestia o incomodidad al realizar la prueba del *Arm Curl Test* (ACT), lo cual a posterior puede generar limitación en el tipo de actividades físicas o deportivas en las cuales se utilice el dispositivo.

## **7.2 Calibración y resultados del dispositivo**

Durante el proceso de medición de las pruebas físicas y del periodo de reposo, se logran percibir variaciones en los resultados obtenidos con Smart Mesck asociadas a la sensibilidad, cantidad de datos por segundo registradas, tiempo de estabilización y calibración de los sensores del dispositivo, entorpeciendo el proceso de análisis de los resultados, puesto que, corresponden a datos que se alejan tanto de las variables fisiológicas compatibles o esperadas de un sujeto sano, como con la valoración clínica realizada por los evaluadores. Dichas variaciones resultan lo suficientemente alejadas de la norma como para alterar los análisis del comportamiento de las variables cardiorrespiratorias.

Esta alta variabilidad en los resultados produce un primer sesgo en el análisis estadístico y cualitativo, al impedir llegar a valores más acotados o cercanos a

los obtenidos con los métodos convencionales, generando “ruido” en gran parte de los gráficos de la variable de curva de CO<sub>2</sub> haciendo altamente subjetiva la lectura de ellos al tener características poco óptimas; dichas características se ven acentuadas durante actividades de mayor intensidad o que impliquen un mayor desplazamiento y/o lejanía del dispositivo celular al que se encuentra conectado a Smart Mesck, limitando aún más la lectura y posterior análisis de las variables de estudio.

Como punto relevante a considerar durante la medición y análisis de la concentración de CO<sub>2</sub> para definir la frecuencia respiratoria de los sujetos evaluados, es necesario contemplar aquellas variaciones clínicas del patrón respiratorio como lo son hablar, generar apneas y alterar la profundidad de la inspiración, entre otras, ya que, estas modificaciones entorpecen en mayor manera la interpretación de las curvas de CO<sub>2</sub>, que consiste en el conteo de los valores pick obtenidos durante las mediciones.

Teniendo en consideración lo anterior se vuelve notoria la necesidad de idear una forma más eficiente de calcular la FR con Smart Mesck, debido a que el mecanismo actual no entrega realmente un mayor beneficio al método convencional de análisis y conteo visual.

Sumado a esto, además se debe considerar que el proceso de calibración, medición y obtención de datos está relacionado a la constante pérdida de datos por falla o desconexión de alguno de los sensores, lo cual solo se corrige posterior a varios reinicios del dispositivo completo, perdiendo continuidad de la información y del desarrollo de la actividad física desarrollada en el momento; considerando que la única forma de percatarse de este error del sistema es mediante el bloqueo o congelamiento de los últimos datos censados y recolectados por la aplicación en el teléfono celular, lo que implica que de utilizarse el dispositivo de forma independiente existe una alta probabilidad a no percatarse de este error. Este tipo de consideraciones son relevantes al momento de integrar las posibles mejoras del dispositivo y al introducir a los futuros usuarios al uso de la tecnología Smart Mesck.

### **7.3 Tiempo de uso**

Se debe considerar que al momento de las mediciones el dispositivo no cuenta con un indicador de nivel de carga que permita identificar niveles de batería bajos, que, durante la práctica interfieren en el funcionamiento de sensores (principalmente el de saturación de O<sub>2</sub>) generando fallos, discontinuidad en el senseo, recepción y envío de datos a la aplicación de forma intermitente y sin ningún tipo de señal perceptible tanto por el usuario como por el equipo evaluador, lo cual sumado a la vida útil estimada de la batería de un aproximado

de tres horas sin fallos, la carga lenta y el difícil acceso al componente que protege la batería, generan una evidente limitación en el periodo de uso del dispositivo.

Otro punto relevante asociado al tiempo de uso se asocia a la tolerancia de los participantes al uso continuo del dispositivo, considerando que el periodo de ejercicio efectivo realizado durante las pruebas fue de un aproximado de dos minutos, seguido de dos minutos de vuelta a la calma, en los cuales presentaron sensaciones de incomodidad, picazón, leve sensación de falta de aire, calor al contacto con el dispositivo entre otras. Dichas sensaciones descritas por los usuarios nos llevan a cuestionar la efectividad y la tolerancia por parte de los futuros usuarios frente a entrenamientos más prolongados y/o intensos que impliquen el uso y monitoreo constante del dispositivo.

#### **7.4 Satisfacción usuaria**

De acuerdo a las características analizadas anteriormente se considera un punto de debate la sensación global de satisfacción usuaria con el prototipo actual, la cual puede estar influenciada por el uso en conjunto de los dispositivos convencionales, potenciando sensaciones incómodas propias del uso de dichos aparatos, lo cual crea una experiencia de uso de Smart Mesck poco favorecedora; por consiguiente, se considera necesario generar modificaciones,

correcciones o alternativas al diseño actual del dispositivo Smart Mesck, además de modificaciones al protocolo de prueba y validación del siguiente prototipo para favorecer el uso y competencia con los dispositivos ya existentes utilizados en el senseo de signos vitales.

### **7.5 Etapa de desarrollo TRL 4**

De acuerdo a las descripciones de las etapas de TRL planteadas previamente en el marco teórico, resultados, observaciones y limitaciones obtenidas durante el proceso de medición, podemos afirmar que la etapa en la que se encuentra Smart Mesck corresponde a un nivel TRL 4, debido a ser un prototipo previo que ha sido validado dentro del laboratorio, sin embargo, no se puede considerar TRL 5 debido a todas las posibles mejoras o soluciones aplicables respecto a cada uno de los puntos o limitaciones mencionadas previamente.

### **7.6 Conclusión global**

Respecto a la apreciación general del funcionamiento y desempeño del dispositivo durante las diversas aplicaciones realizadas, podemos concluir primeramente que Smart Mesck como dispositivo de *mHealth* en etapa de desarrollo funciona de forma efectiva como herramienta clínica de monitoreo.

En la actualidad aún presenta limitaciones que no permiten su aplicabilidad en telerehabilitación y telemonitoreo a una población objetivo definida, como fue diseñado originalmente. Empero, el presente estudio cumplió con los objetivos asociados a determinar su usabilidad, aceptabilidad y permitió establecer el comportamiento de Smart Mesck en comparación con los dispositivos más usados en el ámbito extrahospitalario, por lo que a pesar de las limitaciones actuales presentes en el dispositivo se recomienda continuar con el desarrollo y mejora de este hasta lograr su aplicabilidad en la población.

## ix. GLOSARIO

30 SCST: 30 *second chair stand test* o Prueba de pararse y sentarse de la silla en 30 segundos.

3D: Tres dimensiones.

AM: adultos mayores.

ACT: *Arm curl test*.

Arm Curl Test: Prueba de flexión de codo.

C7: séptima vértebra cervical.

CENSO: Lista oficial de los habitantes de una población o de un estado, con indicación de sus condiciones sociales, económicas, etc.

CoM: Centro de masa corporal.

CoP: Centro de presión corporal.

Covid-19: Enfermedad por coronavirus causada por el virus SARS-CoV-2.

CTTN: Centro tecnológico de Telerehabilitación y neurociencias en el movimiento humano.

CXN: Concentración.

ECG: Electrocardiograma.

ESP32: Chip con tecnología *Wi-Fi* y *Bluetooth* de modo dual integrada.

FC: Frecuencia cardiaca.

FR: Frecuencia respiratoria.

GPower: Programa estadístico.

H0: Hipótesis nula.

H1: Hipótesis alternativa.

Health-ITUES: *Health Information Technology Usability Evaluation Scale* o

Escala de Evaluación de la Usabilidad de la Tecnología de la Información en Salud.

ICC: Insuficiencia cardíaca congestiva.

IF: Inactividad física.

IMC: Índice de masa corporal.

INE: Instituto nacional de estadísticas.

KN: Grupo de profesionales y futuros kinesiólogos.

LCD: *liquid-crystal display* o pantalla de cristal líquido que se utiliza para ver imágenes fijas y en movimiento.

Lpm: Latidos por minuto.

MAST: *Model for Assessment of telemedicine* o Modelo comprensivo en Telerehabilitación de 5 etapas de Fateh.

mHealth: *Mobile health* o salud asistida por uso de dispositivos móviles en la práctica de servicios médicos y sanitarios.

OMS: Organización mundial de la salud.

Pág: Página.

PM: Personas mayores.

RAM: *Random access memory* o memoria de acceso aleatorio.

SAT O2: Saturación de oxígeno.

SENAMA: Servicio Nacional del Adulto Mayor.

Single-ranked: Memoria RAM con un solo bus de datos.

Smart Mesck: Dispositivo de *mHealth* desarrollado para sensar signos vitales en movimiento.

Smartphone: Teléfono móvil o celular que funciona con un sistema operativo móvil.

SUS: *System Usability Scale* o Escala de usabilidad del sistema.

TRL: *Technology Readiness Levels* o niveles de preparación tecnológica.

TSQ: *Telemedicine Satisfaction Questionnaire* o Cuestionario de Satisfacción de Telemedicina.

TUQ: *Telehealth Usability Questionnaire* o Cuestionario de usabilidad de telesalud.

Wearable: Tecnología móvil, usable y/o vestible.

ZigBee: Conjunto de protocolos de comunicación inalámbrica que permite la creación de redes de área personal.

## x. BIBLIOGRAFÍA

Abadía, F. (2022). *TRL (Technology Readiness Levels)*. CPI - Compra Pública de Innovación en Salud - Aragón. <https://cpi.aragon.es/trl-technology-readiness-levels/>

Aiyegbusi, O.L. Key methodological considerations for usability testing of electronic patient-reported outcome (ePRO) systems. *Qual Life Res* 29, 325–333 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11136-019-02329-z>

Bangor, A., Kortum, P., y Miller, J. (2008). An empirical evaluation of the system usability scale. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 24(6), 574-594. <https://doi.org/10.1080/10447310802205776>

Bangor, A., Kortum, P., y Miller, J. (2009) Determining what individual sus scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of Usability Studies*, 4(3), 114-123.

Bell, K., Allmen, M., Devries, M., Phillips, S. (2016). Muscle Disuse as a Pivotal Problem in Sarcopenia-related Muscle Loss and Dysfunction. *J Frailty Aging*, 5, PP. 33-41. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26980367/>

Chaabene, H., Prieske, O., Herz, M., Moran, J., Höhne, J., Kliegl, R., Ramirez-Campillo, R., Behm, D., Hortobágyi, T., Granacher, U. (2021) Home-based exercise programmes improve physical fitness of healthy older adults: A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis with relevance for COVID-19. *Ageing Research Reviews*, 67, 1568-1637. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2021.101265>.

Chevance, G., Golaszewski, N. M., Tipton, E., Hekler, E. B., Buman, M., Welk, G. J., Patrick, K., & Godino, J. G. (2022). Accuracy and Precision of Energy Expenditure, Heart Rate, and Steps Measured by Combined-Sensing Fitbits

Against Reference Measures: Systematic Review and Meta-analysis. *JMIR mHealth and uHealth*, 10(4), e35626. <https://doi.org/10.2196/35626>

Chile. Instituto Nacional de Estadística. (2019) Estimaciones y proyecciones de la población de Chile 2002 - 2035 totales, regionales, población urbana y rural. Recuperado de [https://www.ine.cl/docs/default-source/proyecciones-de-poblacion/publicaciones-y-anuarios/base-2017/ine\\_estimaciones-y-proyecciones-2002-2035\\_base-2017\\_reg\\_%C3%A1rea\\_s%C3%ADntesis.pdf?sfvrsn=aaeb88e7\\_5](https://www.ine.cl/docs/default-source/proyecciones-de-poblacion/publicaciones-y-anuarios/base-2017/ine_estimaciones-y-proyecciones-2002-2035_base-2017_reg_%C3%A1rea_s%C3%ADntesis.pdf?sfvrsn=aaeb88e7_5)

Cobo, D., Daza, P. (2011) Signos vitales en pediatría. *Revista Gastrohnp*, Volumen 13 Número 1(1): S58-S70. Link recuperado a partir de: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/5810/15%20signos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Concha, Y. (2020) Valoración geriátrica integral: Condición física y riesgo de caídas (Diapositiva). Linares, Chile: Mauleduc.  
Jones, J., & Rikli, R. (March - April 2002) Fitness of older adults. *Measuring functional.* 24 - 30. <https://www.dnbnm.univr.it/documenti/OccorrenzaIns/matdid/matdid182478.pdf>

Cunningham, C., O'Sullivan, R., Caserotti, P., Tully, M. (2020) Consequences of physical inactivity in older adults: A systematic review of reviews and meta-analyses. *Scand J Med Sci Sports.* 2020; 00:1–12. <https://doi.org/10.1111/sms.13616>

De la Cruz, E., Pino, J. (2009) Condición física y salud (archivo PDF) Recuperado de: <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/6621/1/CONDICI%C3%93N%20F%C3%8DSICA%20Y%20SALUD.pdf>

Dix, A. (2009). Human-Computer Interaction. In: LIU, L., ÖZSU, M.T. (eds) *Encyclopedia of Database Systems.* Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-39940-9\\_192](https://doi.org/10.1007/978-0-387-39940-9_192)

Eysenbach, G. (2001). What is e-health? *Journal of Medical Internet Research*, 3(2), e20. <https://doi.org/10.2196/jmir.3.2.e20>

Free, C., Phillips, G., Felix, L., Galli, L., Patel, V., & Edwards, P. (2010). The effectiveness of M-health technologies for improving health and health services: a systematic review protocol. *BMC research notes*, 3, 250. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-3-250>

Gutiérrez, C. (2016) Sistema de Monitoreo Continuo de Signos Vitales con Sensores no Invasivos y Transmisión Inalámbrica de Datos [ Memoria de título, Universidad de Concepción] [http://repositorio.udec.cl/xmlui/bitstream/handle/11594/1945/Tesis\\_Sistema\\_de\\_Monitoreo\\_Continuo\\_de\\_Signos\\_Vitales\\_con\\_Sensores.Image.Marked.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.udec.cl/xmlui/bitstream/handle/11594/1945/Tesis_Sistema_de_Monitoreo_Continuo_de_Signos_Vitales_con_Sensores.Image.Marked.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Guerrero, J. (2016) Diseño e implementación de protocolos de validación para equipos médico/quirúrgicos de monitoreo y control. [Tesis de Maestría]. Universidad de Antioquía. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/5745/1/GuerreroJuan\\_2016\\_DisenolImplementacionProtocolos.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/5745/1/GuerreroJuan_2016_DisenolImplementacionProtocolos.pdf)

Hajesmaeel-Gohari, S., & Bahaadinbeigy, K. (2021). The most used questionnaires for evaluating telemedicine services. *BMC medical informatics and decision making*, 21(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01407-y>

Hilario, R. (2020) Efectividad del uso del termómetro digital versus el termómetro infrarrojo en el paciente pediátrico. Universidad Privada Norbert Wiener. Facultad de Ciencias de la Salud. Link recuperado a partir de: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/3692>

Jansen-Kosterink, S., Broekhuis, M., & van Velsen, L. (2022). Time to act mature-Gearing eHealth evaluations towards technology readiness levels. *Digital health*, 8, 20552076221113396. <https://doi.org/10.1177/20552076221113396>

Jurado, F., Escobar, E., Basurto, M. & Sánchez, A. (2020) Desarrollo de un prototipo para medición de signos vitales de adultos mayores que utilizan prótesis de miembro inferior. *RISTI: Número E25*, 201-212. Recuperado a partir de:

<https://www.proquest.com/openview/315b0c751c2d04cf322ecdd3c3de2efd/1?p-q-origsite=gscholar&cbl=1006393>

Katsanos, C., Tselios, N., & Xenos, M. (2012). Perceived usability evaluation of learning management systems: A first step towards standardization of the system usability scale in Greek. Proceedings of the 2012 16th Panhellenic Conference on Informatics.

Lewis, J., y Sauro, J. (2009). The factor structure of the system usability scale. En Human centered design. hci 2009 (Vol. 5619, p. 94-103). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-02806-9\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02806-9_12)

Liang, J., Xian, D., Liu, X., Fu, J., Zhang, X., Tang, B. & Lei, J. (2018). Usability Study of Mainstream Wearable Fitness Devices: Feature Analysis and System Usability Scale Evaluation. *JMIR mHealth and uHealth*, 6(11), e11066. <https://doi.org/10.2196/11066>

Maramba, I., Chatterjee, A., & Newman, C. (2019). Methods of usability testing in the development of eHealth applications: A scoping review. *International journal of medical informatics*, 126, 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.03.018>

Marañón, F. (2018). Desarrollo y evaluación de sistema para monitorear la experiencia de usuario de información de servicio público [Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería]. Repositorio institucional - Pontificia Universidad Católica de Chile. Disponible en: [https://repositorio.uc.cl/xmlui/bitstream/handle/11534/22242/mara%C3%B1%C3%B3n\\_faustino.pdf](https://repositorio.uc.cl/xmlui/bitstream/handle/11534/22242/mara%C3%B1%C3%B3n_faustino.pdf)

Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (2020). Dispone medidas sanitarias que indica por brote de COVID - 19. Diario Oficial de la República de Chile, 1-7. Minsalud, (2016). Uso e interpretación de la oximetría de pulso. *MINSALUD*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENT/uso-interprtn-oximetria-pulso.pdf>

Monasterio, A. (2018) Test 30-S chair stand (Mensaje de blog) Recuperado de <https://www.blogdefisioterapia.com/test-30-s-chair-stand/>

Nielsen, J., y Landauer, T. (1993). A mathematical model of the finding of usability problems. En In proceedings of the interact'93 and chi'93 conference on human factors in computing systems (p. 206-213). ACM. <https://doi.org/10.1145/169059.169166>

Organización Panamericana de la Salud & OMS. (2020) Aspectos técnicos y regulatorios sobre el uso de oxímetros de pulso en el monitoreo de pacientes con COVID-19. Recuperado en: [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52551/OPSHSSMTCOVID-19200029\\_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52551/OPSHSSMTCOVID-19200029_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Peyman Azad-Khaneghah, Noelannah Neubauer, Antonio Miguel Cruz & Lili Liu (2020): Mobile health app usability and quality rating scales: a systematic review, Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, DOI: 10.1080/17483107.2019.1701103

Pino, O., Bastida, A., Oliva, L., Rojas, D., Reche, P. Gómez, C. (2019) Comparación de dos métodos de detección para el registro de la frecuencia cardíaca. FEADef: Número 36, 469-473. Recuperado a partir de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7260942>

Ramírez, L., Marín A. & Cifuentes Y. (2015). Aplicación de la biotelemedicina para tres signos vitales. Ciencia y Poder Aéreo, 10 (1), 179-186. Doi: <http://dx.doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.428>

Roschel et al. (2020). Risk of Increased Physical Inactivity During COVID-19 Outbreak in Older People: A Call for Actions. Journal of the American Geriatrics Society, 68, 1126-1128. <https://agsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jgs.16550>

Sauro, J. (2010). A practical guide to the System Usability Scale: Background, benchmarks, & best practices. Denver, CO: Measuring Usability LLC.

SENAMA. (2020). V Encuesta nacional de calidad de vida en la vejez muestra un deterioro en la satisfacción económica de las personas mayores. mayo 12,

2021, de SENAMA Sitio web: <http://www.senama.gob.cl/noticias/v-encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-en-la-vejez-muestra-un-deterioro-en-la-satisfaccion-economica>

Sevilla-Gonzalez, MDR., Moreno Loaeza, L., Lazaro-Carrera, LS., Bourguet Ramirez, B., Vázquez Rodríguez, A., Peralta-Pedrero, ML., Almeda-Valdes, P. (2020) Spanish Version of the System Usability Scale for the Assessment of Electronic Tools: Development and Validation. *JMIR Hum Factors*; 7(4):e21161.

Stratton, R., Levy, W., Cerqueira, M., Schwartz, R., Abrass, I. (1994) Cardiovascular Responses to Exercise Effects of Aging and Exercise Training in Healthy Men. *Circulation*, 89(4): pp 1648-1655

Vagetti, G., Barbosa Filho, V., Moreira, N., Oliveira, V., Mazzardo, O., & Campos, W. de. (2014). Association between physical activity and quality of life in the elderly: A systematic review, 2000-2012. *Revista Brasileira De Psiquiatria*, 36(1), 76–88. <https://doi.org/10.1590/1516-4446-2012-0895>

Valle. (2018). *Frecuencia cardiaca*. Fundación Española del Corazón. Recuperado 25 de noviembre de 2022, de <https://fundaciondelcorazon.com/prevencion/riesgo-cardiovascular/frecuencia-cardiaca.html>

Villegas González, J., Villegas Arenas, OA, & Villegas González, V. (2012). Semiología de los signos vitales: Una mirada novedosa a un problema vigente. *Archivos de Medicina (Col)*, 12 (2), 221-240

Tor-Carroggio, I., Segura, D. & Soler-Vilageliu, O. (2019). Usability as a premise of quality: First steps towards the validation of the System Usability Scale (SUS) into Spanish. *Journal of Audiovisual Translation*, 2(2), 57–71.

Tullis, T., & Stetson, J. (2004). A comparison of questionnaires for assessing website usability. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.396.3677&rep=rep1&type=pdf>

Zárate. G (2018). Diseño y construcción de un prototipo biomédico para la adquisición vía remota de signos vitales utilizando tecnologías del internet de las cosas (IoT). *Memorias del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*, 5 (1).

WHO (2018). Use of appropriate digital technologies for public health, SEVENTY-FIRST WORLD HEALTH ASSEMBLY. WHO. [https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/WHA71/A71\\_20-en.pdf](https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA71/A71_20-en.pdf)

WHO Global Observatory for eHealth. (2011). mHealth: new horizons for health through mobile technologies: second global survey on eHealth. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44607>

## **Xi ANEXOS**

### **10.1 Anexo N°1: *System usability scale (SUS)*, (Zarate, 2018). Traducida por Sevilla-González et al., 2020.**

Por favor seleccione de cada uno de los enunciados la opción que mejor describa su experiencia con el cuello-mascarilla. Un puntaje de 1 significa que usted se encuentra totalmente en desacuerdo con el enunciado, mientras que un puntaje en 5 significa que está totalmente de acuerdo y un puntaje de 3 significa que usted se encuentra neutral con el enunciado.

Nº	Pregunta	Escala				
		Totalmente en desacuerdo				Totalmente de acuerdo
1	Me gustaría usar esta herramienta frecuentemente.	1	2	3	4	5
2	Considero que esta herramienta es innecesariamente compleja.	1	2	3	4	5
3	Considero que la herramienta es fácil de usar.	1	2	3	4	5
4	Considero necesario el apoyo de personal experto para poder utilizar esta herramienta.	1	2	3	4	5
5	Considero que las funciones de la herramienta están bien integradas.	1	2	3	4	5
6	Considero que la herramienta presenta muchas contradicciones.	1	2	3	4	5
7	Imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar esta herramienta rápidamente.	1	2	3	4	5
8	Considero que el uso de esta herramienta es tedioso.	1	2	3	4	5
9	Me sentí muy confiado al usar esta herramienta.	1	2	3	4	5
10	Necesité saber bastantes cosas antes de poder empezar a usar esta herramienta.	1	2	3	4	5

**Puntuación:** Cada ítem puede obtener un puntaje de 1 a 4 y en puntaje total varía de 0 a 100.

- I. En los ítems 1,3,5,7,9 en la posición en la escala se le resta 1.
- II. En los ítems 2,4,6,8 y 10 a la cantidad de 5 se le resta la posición elegida.

A la sumatoria total se le debe multiplicar 2.5 para obtener el valor total.

## 10.2 Anexo N° 2: Ficha de registro de participantes.



Nombre						
Edad		Celular			Correo	
Peso		Talla		IMC		
Deambulaci3n independiente				Patolog3a neurol3gica		
Puntaje minimal						
Nombre evaluador						

### 30 Seconds Chair Stand Test

Tiempo	basal	Recuperaci3n					
Variable		1'	2'	3'	4'	5'	6'
FC							
FR							
Tª							
SatO2							
Repeticiones		Tiempo					

### Arm Curl Test

Tiempo	basal	Recuperaci3n					
Variable		1'	2'	3'	4'	5'	6'
FC							
FR							
Tª							
SatO2							
Repeticiones		Tiempo					

### Test velocidad de marcha

Tiempo	basal	Recuperaci3n					
Variable		1'	2'	3'	4'	5'	6'
FC							
FR							
Tª							
SatO2							
Tiempo		Velocidad					

Puntaje Total SUS

Firma Evaluador

**10.3 Anexo N° 3: Rangos de referencia para 30 *seconds chair stand test* (Jonesi, 2002).**

Edad	Promedio de repeticiones en hombres.	Promedio de repeticiones en mujeres.
60 - 64	14 - 19	12 – 17
65 - 69	12 - 18	11 – 16
70 - 74	12 - 17	10 – 15
75 - 79	11 -17	10 – 15
80 - 84	10 -15	9 – 14
85 - 89	8 - 14	8 – 13
90 - 94	7 - 12	4 – 11

**10.4 Anexo N° 4: Datos de referencia *Arm Curl Test*.**

Grupos de edad (años) - Hombres							
Prueba funcional	60 - 64	65 - 69	70 - 74	75 - 79	80 - 84	85 - 89	90 - 94
Arm Curl Test (repeticiones)	16 - 22 19	15 - 21 18	14 - 21 17	13 - 19 16	13 - 19 15	11 - 17 13	10 - 14 11

Grupos de edad (años) - Mujeres							
Prueba funcional	60 - 64	65 - 69	70 - 74	75 - 79	80 - 84	85 - 89	90 - 94
Arm Curl Test (repeticiones)	13 - 19 17	12 - 18 17	12 - 17 16	11 - 17 15	10 - 16 14	10 - 15 13	8 - 13 11

**10.5 Anexo N° 5: Puntuación de la prueba de velocidad de la marcha según distancia recorrida.**

<i>Marcha de 3 metros</i>	
<i>Tiempo segundos</i>	<i>en Puntos</i>
<i>&lt; 3,625</i>	<i>4</i>
<i>3,62 - 4,65</i>	<i>3</i>
<i>4,66 - 6,52</i>	<i>2</i>
<i>&gt; 6,52</i>	<i>1</i>
<i>incapaz</i>	<i>0</i>

## 10.6 Anexo N° 6: Respuestas de los participantes a la encuesta SUS.

Participante	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10
P1	4	1	2	2	4	1	5	1	5	2
P2	5	4	4	3	5	2	5	1	5	1
P3	4	1	5	1	5	1	5	1	5	1
P4	2	2	5	1	2	2	5	4	3	1
P5	5	1	5	2	5	1	5	1	5	1
P6	5	1	5	5	5	1	5	1	5	1
P7	1	3	5	3	2	4	4	4	1	1
P8	2	3	3	5	2	4	4	4	2	3
P9	3	2	5	4	5	1	5	4	5	2