



Universidad de Valparaíso
Escuela de Kinesiología
Facultad de Medicina

**ESTUDIO DE VALIDACIÓN DE UN ALGORITMO BASADO EN SISTEMA IOS
PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRUEBA DE CAMINATA DE 6 MINUTOS.**

**SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA.**

AUTORES: CAMILA LÓPEZ LEIVA
VALERIA ROJAS GONZÁLEZ

PROFESOR GUÍA: JUAN CRISTIAN ROJAS MONTERO
Klgo, MSc, MDU

CO-TUTOR: FRANCISCO FLEMING NIETO
Klgo, MSc.

Escuela de Kinesiología
Facultad de Medicina
Universidad de Valparaíso

Valparaíso-Chile

2018



Universidad de Valparaíso
Escuela de Kinesiología
Facultad de Medicina

**ESTUDIO DE VALIDACIÓN DE UN ALGORITMO BASADO EN SISTEMA IOS
PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRUEBA DE CAMINATA DE 6 MINUTOS.**

**SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA.**

AUTORES: CAMILA LÓPEZ LEIVA
VALERIA ROJAS GONZÁLEZ

PROFESOR GUÍA: JUAN CRISTIAN ROJAS MONTERO
Klgo, MSc, MDU.

CO-TUTOR: FRANCISCO FLEMING NUETO
Klgo, MSc.

Escuela de Kinesiología
Facultad de Medicina
Universidad de Valparaíso

Valparaíso-Chile

2018

A nuestras familias.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las personas que aportaron en nuestra experiencia académica en estos años, dándonos entrega y apoyo lo cual nos permitió sacar adelante esta investigación.

Queremos agradecer a nuestras familias y amigos quienes fueron una parte fundamental para que esta tesis tuviera éxito, así como también, a nuestros profesores por su tiempo y dedicación.

Por último queremos agradecer nuestro profesor guía Francisco Fleming por darnos la oportunidad de participar en este interesante estudio, que nos entregó conocimientos relevantes para nuestra formación.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Movement Continuum	6
2.1.1. Sedentarismo.....	7
2.1.2. Actividad Física	9
2.2. Función Cardiorrespiratoria	10
2.2.1. Factores de riesgos y Patologías asociadas	13
2.2.2. Prueba de caminata de 6 minutos (PC6M)	14
2.3. Tecnologías aplicadas en Salud.....	16
2.3.1. <i>eHealth</i>	19
2.3.2. <i>mHealth</i>	20
2.3.3. <i>Health Cloud</i>	21
2.4. Teléfonos móviles inteligentes.....	23
2.4.1. Sistemas operativos	24
2.4.1.1. Sistemas operativos para dispositivos móviles	25

2.4.1.2.	Sistemas operativos móviles más populares	25
2.4.1.2.1.	<i>Android</i>	25
2.4.1.2.2.	<i>iOS</i>	26
2.4.1.3.	Diferencia entre SO <i>Android</i> e <i>iOS</i>	27
2.4.1.3.1.	Modelo de Negocio	27
2.4.1.3.2.	Seguridad	28
2.4.1.3.3.	Gestión de datos personales	29
2.4.2.	<i>iPhone</i>	30
2.4.3.	Sensores embebidos	35
2.4.3.1.	Acelerómetro.....	36
2.4.3.2.	Giroscopio.....	38
2.4.3.3.	<i>GPS (Global Positioning System)</i>	38
2.4.3.4.	Desarrollo de aplicaciones móviles	41
3.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	44
4.	HIPÓTESIS	45
5.	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	46
5.1.	Objetivo General	46
5.2.	Objetivos Específicos.....	46
6.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	48

6.1. Diseño de investigación	48
6.2. Población de estudio	48
6.2.1. Selección de la muestra	49
6.2.2. Criterios de Inclusión y Exclusión	50
6.2.3. Consideraciones éticas	51
6.3. Procedimientos metodológicos	52
6.4. Materiales	53
6.5. Análisis estadístico	¡Error! Marcador no definido.
7. RESULTADOS	58
7.1. Características demográficas de los sujetos participantes	58
7.1.1. Edad	59
7.1.2. Peso, talla e índice de masa corporal (IMC)	59
7.1.3. Distancia Recorrida y Estimada	62
7.1.4. Confiabilidad de la aplicación móvil	65
8. DISCUSIÓN	68
9. CONCLUSIÓN	72
10. REFERENCIAS	73
11. ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Índice de tablas

Tabla 1: Caracterización de la muestra total y según género

Tabla 2: Valores Estadísticos

Índice de figuras

Gráfico 1: IMC Mujeres.

Gráfico 2: IMC Hombres.

Gráfico 3: IMC Total.

Gráfico 4: Rango de Normalidad Mujeres.

Gráfico 5: Rango de Normalidad Hombres.

Gráfico 6: Rango de Normalidad Total.

DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y/O SIGLAS

Android: sistema operativo que se emplea en dispositivos móviles, por lo general con pantalla táctil.

ATS: American Thorax Society

APS: Atención primaria en salud

CO₂: Dióxido de carbono

DE: Desviación estándar

EPOC: Enfermedad pulmonar obstructiva crónica

FC: Frecuencia cardíaca

FR: Frecuencia respiratoria

GC: Gasto cardíaco

GLUT: Proteína transportadora de glucosa muscular

GPS: Sistema de posicionamiento por geolocalización

Hardware: Conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático.

HD: High Definition/ Alta definición

HDL: Lipoproteína de alta densidad

HTA: Hipertensión arterial

IAM: Infarto agudo al miocardio

ICC: Coeficiente correlación intraclase

IMC: Índice de masa corporal

iOS: sistema operativo móvil de la multinacional Apple Inc. Originalmente desarrollado para el *iPhone*, después se ha usado en dispositivos como el iPod *touch* y el *iPad*.

iPad: dispositivo electrónico, tipo *tablet*, esto quiere decir que asume la modalidad de computadora portátil.

iPhone: teléfono móvil con herramientas multimedia, desarrollado por la empresa estadounidense *Apple Inc.*

iPod: reproductor de música portátil y de pequeño tamaño creado por *Apple Computer*.

Lpm: Latidos por minuto

LPL: Lipoproteína lipasa

MAE: Error absoluto promedio

O₂: Oxígeno

OMS: Organización mundial de la salud

PA: Presión Arterial

PC6M: Prueba de caminata 6 minutos

PDF: Formato de documento portátil.

PIB: Producto interno bruto

Podcast: Emisión de radio o de televisión que un usuario puede descargar de internet y escucharla tanto en una computadora como en un reproductor portátil.

SatO₂ %: Saturación de oxígeno

SER: Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias

Smartphone: Teléfono celular con pantalla táctil, que permite al usuario conectarse a internet, gestionar cuentas de correo electrónico e instalar otras aplicaciones y recursos a modo de pequeño computador.

SO: Sistema operativo

Software: Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

Tablet: dispositivo electrónico que tiene un tamaño intermedio entre el ordenador y el móvil.

TIC: Tecnologías de Información y Comunicación

VC: Volumen corriente

VO₂: Volumen de oxígeno

V/Q: Relación ventilación perfusión

Wii: videoconsola producida por Nintendo

ABSTRACT

Background: The 6-minute walk test (PC6M) is a simple and inexpensive test that reflects the limitations in the activities of people's daily life (ADL). It is generally used as an outcome measure in several conditions as chronic obstructive pulmonary disease (COPD), congestive heart failure (CHF), among others. For the professional in charge of performing the test it could become a complicated task, due to the parameters to be measured at same time that the safety of the patients must be ensured. For this reason, the aim of this study is to validate a 6MWT mobile application in an iOS operating system in order to facilitate this process and improve the quality of the service provided to the population.

Objective: To validate an algorithm based on the iOS system to perform the 6MWT.

Hypothesis: The algorithm developed on the iOS system to perform the 6MWT is valid on the measures assessed.

Sample: 96 participants from the Faculty of Medicine of the University of Valparaiso in their first university year in 2018 were enrolled

Research design: A new algorithm to calculate the total distance traveled during the 6MWAT was developed for a smart phone. The data collected through the accelerometer, the gyroscope and the GPS were used to inform the outcome. This study corresponds to a cross-sectional, non-experimental validation study with a comparative design between groups. The application was carried out through an iPhone 7 positioned at the sternal level.

Results: The difference between the standardized test and the smartphone was $19,484 \pm 0,074$, obtaining a percentage of the mean absolute error (% MAE) of 3,1%, which means the application underestimates the distance walked in 19 meters. In addition, an ICC value of 0.83 with a 95% confidence interval, which represents a good reliability.

Conclusions: These data indicate that although there is a good correlation between the data, there exist significant differences between the standardized test and the algorithmic measurement, which could be translated in significant differences in the 6MWT outcome.

Keywords: 6 minutes' walk test (6MWT), mobile applications, smartphone, iOS algorithm, iPhone.

RESUMEN

Antecedentes: La prueba de caminata de 6 minutos (PC6M) es una prueba sencilla y económica que refleja las limitaciones en las actividades de la vida diaria de las personas (AVD). Generalmente usada para paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), insuficiencia cardíaca congestiva (ICC), entre otras. Para el profesional encargado de realizar la prueba puede ser una tarea complicada debido a los parámetros que debe a medir al mismo tiempo en que debe prestar atención a la seguridad de los pacientes. Por ende, el presente estudio busca validar una aplicación móvil basado en el sistema operativo *iOS* con el fin de facilitar dicho proceso y mejorar la calidad de atención a la población.

Objetivo: Evaluar la validación de un algoritmo basado en el sistema *iOS* para la realización de la PC6M.

Hipótesis: Los resultados obtenidos a través de un algoritmo basado en el sistema *iOS* para la realización de la PC6M son válidos al ser comparados con la normativa estándar.

Muestra: 96 sujetos participantes sanos de Primer año de la Facultad de medicina de la Universidad de Valparaíso del año 2018.

Diseño de investigación: Se desarrolló un nuevo algoritmo para una aplicación de teléfono inteligente de la PC6M, el cual utiliza datos del acelerómetro, el giroscopio y el GPS para informar la distancia total recorrida. El presente estudio corresponde a un estudio de validación no experimental de corte transversal con diseño comparativo entre grupos. La aplicación se llevó a cabo a través de un iPhone 7 posicionado a nivel esternal.

Resultados: La diferencia entre la prueba estandarizada y el *Smartphone* fue de $19,484 \pm 0,074$, obteniendo una tasa de error promedio (%MAE) de 3,1%, es decir, la aplicación subestima la distancia caminada en 19 metros. Además de un valor *ICC* de 0,83 con un intervalo de confianza del 95%, representando una buena confiabilidad.

Conclusiones: Estos datos indican que a pesar de existir una buena correlación entre los datos, existen diferencias significativas entre la medición manual y la medición del teléfono, lo que al mismo tiempo plasma diferencias clínicamente significativas en la PC6M.

Palabras clave: Prueba de caminata 6 minutos (PC6M), aplicaciones móviles, teléfono inteligente, algoritmo *iOS*, *iPhone*.

1. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos antiguos la naturaleza del ser humano siempre destacó en la reflexión asociada al pensamiento e inteligencia, la cuales han sido usadas continuamente a través del tiempo en la investigación, realización y creación de objetos que puedan disminuir alguna dificultad en particular. Lo anterior, ha permitido facilitar sus actividades de la vida diaria en cualquier aspecto, ya sean por asuntos laborales, sociales, culturales, etc. A pesar de los años, este sentimiento por resolver problemáticas de la vida fue creciendo aún más, y así, en la actualidad ha surgido una necesidad universal de facilitar la vida de las personas, especialmente en aquellas que presentan patologías que ponen en riesgo la calidad de vida de la población. Recientemente, gracias a la educación e información disponible y sobre todo de carácter accesible, el ser humano ha velado por su autonomía en el ámbito de la salud, por lo que se ha convertido en uno de los principales pilares que el gobierno debe sustentar. De hecho, se ha comprobado que la economía de la salud mundial está creciendo a un ritmo mayor que el producto interno bruto (PIB), pues la proporción que representa del PIB mundial pasó de un 8% a un 8,6% entre 2000 y 2005. Esto supone un crecimiento del gasto mundial en salud del 35% en un periodo de cinco años (Organización mundial de la salud (OMS), 2008).

Debido a la necesidad casi angustiante por adquirir una adecuada salud, se ha investigado sobre posibles soluciones reales que puedan compensar de alguna manera la exigencia por parte de los usuarios. Uno de los elementos vitales que ha promovido el desarrollo de minimizar problemáticas del diario vivir, ha sido el avance tecnológico, el cual ha tenido una significativa repercusión como se ha visto hasta ahora. Si bien ha tenido un rol importante dentro de la sociedad, es indispensable destacar que ha tenido un papel protagonista en la medicina, usando el término *mHealth*, el cual se define como la unión de la computación móvil, sensores médicos y tecnologías de comunicación, para el cuidado de la salud (Istepanian, Jovanov & Zhang, 2004). Un ejemplo concreto de ello es el uso de la aplicación gratuita *Alerhta*, la cual se usa para el seguimiento y control de la hipertensión arterial, permitiendo anotar datos personales, y además esta información puede ser enviada a su médico tratante (Trevignani, 2014), esto sin duda alguna disminuye considerablemente el tiempo de atención y en mayor medida previene una posible emergencia, mejorando así la atención entregada.

Quizás este auge del desarrollo tecnológico ha sido un completo éxito en tareas administrativas de los establecimientos de salud, aunque aún se encuentra deficitaria en ciertas áreas que engloban la funcionalidad del paciente, tanto en sus actividades diarias como laborales, y específicamente en

el pronóstico de la condición cardiorrespiratoria que debe tener el paciente para realizar dichas actividades.

Efectivamente, existen diversas pruebas que miden la capacidad cardiorrespiratoria del paciente. Una de las más utilizadas en Chile es la prueba de caminata de 6 minutos (PC6M), la cual es considerada de muy bajo costo debido al uso de materiales básicos que están al alcance del profesional de la salud en el mismo consultorio o establecimiento (Gutierrez-Clavería, *et al.*, 2009).

A pesar de los múltiples beneficios que caracterizan a esta prueba, posee grandes aristas que dificultan su realización; en primer lugar es necesario disponer un espacio físico amplio para asegurar la efectividad de la prueba (American Thorax Society (ATS), 2002), lo que imposibilita a ciertos consultorios debido a la infraestructura interna del edificio, en segundo lugar debido a la necesidad de medir diversas variables al comienzo, en el desarrollo, al final y minutos luego de la finalización de la prueba (Gochicoa-Rangel, *et al.*, 2015) se pierde la oportunidad de orientar al paciente a la adecuada realización de esta, además de asistirlo en cualquier momento potencialmente de riesgo que pueda presentar. En tercer lugar, ya que la cantidad de variables a medir no es menor y además se obtienen de manera completamente manual (Gutierrez-Clavería, *et al.*, 2009) puede ser una tarea complicada para el

terapeuta obtener una adecuada medición, ocasionando de esta manera, errores los cuales crean falsos positivos o que simplemente no sean válidos para la prueba. Por último, debido a las razones ya nombradas, la consecuencia directa es que no existe una atención de calidad para el paciente, ya que el kinesiólogo está ocupado escribiendo la información obtenida, por lo que el individuo puede sentirse inseguro y desconfiado, elementos limitantes que pueden generar el fracaso en todo proceso de rehabilitación física.

Dicho esto, no cabe duda alguna que es de suma importancia usar las herramientas que nos entrega la tecnología para crear aplicaciones que sean válidas para medir la capacidad cardiorrespiratoria.

Estos avances tecnológicos mejor conocidos como Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) han tenido una conexión directa con la salud, ya que en sí ha estado acompañada históricamente por el progreso de la electrónica, la computación y la informática, por lo que se ha nutrido constantemente de su avance y, a la par de ser beneficiaria, ha sido un impulso para esta (Llanusa, Rojo, Caraballosa, Capote & Pérez, 2005).

Dentro de los mejores candidatos de las TIC están los *Smartphones* o teléfonos inteligentes, los cuales son considerados como uno de los equipos más aptos, y cuya aceptación se debe a su gran capacidad de comunicación,

procesamiento y almacenamiento, al manejo de contenidos multimedia y a la facilidad para integrarse a redes inalámbricas comparado con un teléfono móvil convencional. Esto, ha despertado el interés de investigadores a nivel internacional por explorar el potencial de tales dispositivos (Organista-Sandoval, McAnally-Salas, & Lavigne, 2013). En este sentido, al integrar diferentes tipos de sensores como son el acelerómetro, el giroscopio y un sistema de posicionamiento por geolocalización (*GPS*), se han vuelto una herramienta potencialmente útil para facilitar la realización de pruebas clínicas (Madhushri, Dzhagaryan, Jovanov & Milenkovic, 2016).

Aunque existe variada información en la literatura que aprueba la utilización de los *Smartphones* como herramienta complementaria, no se ha obtenido evidencia necesaria que demuestre la validez de que está telefonía móvil realmente pueda medir las variables de manera eficaz. Es por esta razón, que se precisa crear algoritmos asociados a los sistemas operativos de cada dispositivo móvil con el fin de validar al *Smartphone* como pieza fundamental para la realización de pruebas funcionales, y de esta manera ahorrar tiempo y recurso a los profesionales, además de facilitar y brindar una atención de calidad a los pacientes.

De esta forma, el presente estudio tiene por objetivo general validar un algoritmo basado en el sistema *iOS* para la realización de la PC6M.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Movement Continuum

El movimiento es un elemento esencial para la vida humana, se caracteriza por ser un proceso continuo influenciado por factores físicos, psicológicos, sociales y ambientales. Es importante destacar que no ocurre de forma aislada, sino que su relación es dinámica, pues depende de los cambios que surgen en el tiempo y en la medida en que uno se mueve. El ser humano es capaz de desarrollar la máxima capacidad de movimiento, sin embargo, funcionan a un nivel que es cómodo para satisfacer sus necesidades básicas diarias. Debido a esto, es que el enfoque de la terapia física es minimizar las diferencias entre el movimiento actual del paciente frente a las que éste desee realizar (Cott, *et al.*, 1995).

2.1.1. Sedentarismo

En la antigüedad, las formas de vida nómades requerían un mayor gasto energético en las actividades diarias para satisfacer las necesidades individuales y del grupo social. Esto, sin duda, fue uno de los pilares que mantuvieron con vida a los seres humanos que debieron adaptarse a las condiciones que se les presentaba para poder subsistir. Sin embargo, con el paso de tiempo y la astucia del hombre, ocurrió una significativa transición de la forma de vida nómade hacia la sedentaria, la cual se acentuó aún más con la revolución industrial. El progresivo desarrollo de la sociedad industrial reforzó las características de la sociedad sedentaria reduciendo las oportunidades de gasto energético en la vida diaria (Romero, 2009).

El comportamiento sedentario se define como comportamientos con bajo gasto energético, incluyendo el tiempo prolongado de descanso en el trabajo, en casa y en el tiempo libre. Evidencia reciente sugiere que el comportamiento sedentario tiene una influencia directa sobre el metabolismo, el contenido mineral óseo y la salud vascular (Tremblay, Colley, Saunders, Healy, & Owen, 2010).

En primer lugar, el comportamiento sedentario tiene influencia sobre el metabolismo, el cual está mediado por cambios en la actividad de la lipoproteína lipasa (LPL), la cual es una enzima que facilita la captación de ácidos grasos libres en el músculo esquelético y el tejido adiposo (Hamilton, Hamilton, & Zderic, 2007). Los bajos niveles de LPL se asocian con un aumento en los niveles de triglicéridos circulantes, disminución del colesterol HDL, un aumento del riesgo de enfermedad cardiovascular (Hamilton, *et al.*, 2007) y una disminución de la sensibilidad a la insulina (Tremblay, *et al.*, 2010). También se ve afectado el metabolismo de los carbohidratos a través de cambios en la proteína transportadora de glucosa muscular (GLUT). Estas son una familia de proteínas esenciales que ayudan al transporte de glucosa a través de las membranas a los diferentes tejidos del organismo (Kumar, Abbas, Fausto, & Aster, 2010).

En segundo lugar, se piensa que la relación entre el comportamiento sedentario y la reducción de la masa ósea está mediada por cambios en el equilibrio entre la resorción ósea y la deposición de los marcadores de reabsorción ósea (Tremblay, *et al.*, 2010). Estos estudios sugieren que el comportamiento sedentario conduce a un aumento rápido de la reabsorción ósea sin cambios concomitantes en la formación ósea, resultando eventualmente en un menor contenido mineral óseo y un mayor riesgo de osteoporosis.

Por último, el sedentarismo y el reposo prolongado influyen directamente en el volumen de sangre y la distribución del flujo, por lo que existe un aumento significativo de la presión arterial y una disminución en diámetro de la arteria braquial (Schrage, 2008). Además, conlleva a una disminución de la vasodilatación dependiente del endotelio y el aumento de daño celular endotelial. Debido a estas causas, existe una mayor probabilidad de tener patologías cardiovasculares (Tremblay, *et al.*, 2010).

2.1.2. Actividad Física

La actividad física se define como toda actividad que tenga como consecuencia el gasto de energía y que tenga repercusiones positivas a nivel corporal, psíquico y emocional en la persona (López & Fernández, 2006). El estilo de vida activo promueve una mejor calidad de vida de la población, provocando no sólo una menor incidencia de aparición de enfermedades, sino que, además, un menor costo económico para el país (Pérez & Devis, 2003). Así, la actividad física ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, pasando de una orientación tradicional vinculada al rendimiento deportivo hacia una

orientación mucho más relacionada con la salud, es decir, a la función cardiorrespiratoria.

2.2. Función Cardiorrespiratoria

Este término, es definido como la capacidad de llevar a cabo las tareas diarias sin excesiva fatiga y con suficiente energía para afrontar emergencias (Aránguiz, *et al.*, 2010). Expresa una estrecha relación en la cual, el nivel de condición física está afectado por la cantidad y tipo de actividad física realizada habitualmente. Para su valoración, se considera la participación de componentes asociados a las dimensiones morfológicas, funcional-motoras y fisiológicas (Gómez-Campos, *et al.*, 2014).

La función cardiorrespiratoria depende de múltiples factores, entre ellos se encuentra; la frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), presión arterial (PA), volumen corriente (VC), saturación de oxígeno (SatO₂%) y consumo de oxígeno (VO₂), siendo este último el principal parámetro utilizado para la valoración de la capacidad funcional (Serra-Grima, *et al.*, 2011).

El sistema cardiovascular es quien se encarga de transportar por medio de la sangre elementos necesarios para que las células puedan satisfacer sus necesidades de energía. Dicho proceso requiere oxígeno, por tanto, el aporte constante de sangre oxigenada es fundamental para el funcionamiento del corazón (Kumar, *et al.*, 2010).

Mientras que la función más global del sistema respiratorio es mantener un intercambio gaseoso entre el aire alveolar y la sangre capilar, para así asegurar el aporte de oxígeno a los tejidos y la remoción del CO₂ producido por el metabolismo celular (Cruz & Moreno, 1999).

Para la correcta relación ventilación – perfusión (V/Q) es imprescindible la indemnidad de los sistemas descritos anteriormente, a pesar de que sean procesos discontinuos, ya que la primera depende de la intermitencia de los movimientos respiratorios y la segunda de las variaciones entre sístole y diástole. Sin embargo, cabe destacar que las relaciones locales V/Q son las que realmente determinan las presiones alveolares y sanguíneas de O₂ y CO₂ (West, 2008).

Gracias a los procesos mencionados anteriormente, es que el músculo dispone de oxígeno y nutrientes para realizar actividades de la vida diaria, especialmente cuando se realiza ejercicio físico, ya que de esta manera hay un

proceso de adaptación y desarrollo de las fibras musculares las cuales se moldean según los cambios en su metabolismo, fundamentalmente en las mitocondrias. Siendo así un proceso bastante complejo, que implica vías de sobreexpresión genética, reprogramación metabólica mitocondrial y la síntesis de miosinas desde el propio tejido muscular (Cordero, Masiá, & Galve, 2014).

En palabras simples, la función cardiorrespiratoria es la relación del aporte de oxígeno y nutrientes provistos por el sistema cardiovascular y respiratorio para otorgar al músculo la capacidad de utilizar dicho aporte con el fin de garantizar la realización de actividad física prolongada (Rodríguez & Díaz, 2012).

Por ende, gracias a una vida saludable y actividad física se mejora la función cardiorrespiratoria ya que ocurren adaptaciones cardiovasculares como son: aumento del volumen sistólico; incremento del volumen de las cavidades cardíacas y los grosores parietales; disminución de la frecuencia cardíaca tanto en reposo como en ejercicio de intensidad submáxima, y mejora de la perfusión miocárdica (Cordero, *et al.*, 2014).

2.2.1. Factores de riesgos y Patologías asociadas

Si bien como mencionamos anteriormente, la función cardiorrespiratoria está compuesta por diversos principios que tienen como objetivo mantener la condición física del paciente, existen múltiples componentes que pueden alterar su correcto funcionamiento y, por ende, limitar de manera directamente proporcional la capacidad funcional del paciente en la realización de sus actividades de la vida diaria y laboral.

Los factores implicados son muy variados, dentro de los principales están; el sedentarismo, el índice de masa corporal (IMC), la dislipidemia, la hipertensión arterial y en mayor medida las patologías que afecten directamente los sistemas ejes de la función cardiorrespiratoria, es decir, las patologías cardíacas, respiratorias tanto obstructivas como restrictivas y músculo esqueléticas. Todas éstas provocan una alteración del rendimiento físico y baja capacidad de ejercicio dinámico, caracterizado por menores niveles de consumo de oxígeno (VO_2), gasto cardíaco y ventilación durante el ejercicio submáximo, así como también, menores *peaks* de rendimiento durante las pruebas de ejercicio máximo (Rodríguez, *et al.*, 2013).

En síntesis, el ser humano es capaz de regular su función cardiorrespiratoria a través del ejercicio físico para así suplir las cargas a los que se ve sometido diariamente y es por ello, que la atención primaria en salud tiene como objetivo trabajar sobre acciones de promoción, prevención, tratamiento y rehabilitación al individuo, su familia, la comunidad y medio ambiente con el fin de poder ofrecer soluciones a los problemas de salud (Díaz, 2014). Es por ello que se ha invertido en investigaciones para desarrollar distintas estrategias que puedan realizar un pronóstico de la capacidad funcional del individuo, además de poder clasificar en qué etapa o estadio se halla y de esta manera, realizar toma de decisiones en conjunto con el equipo multidisciplinario para efectuar el tratamiento y seguimiento acorde a las capacidades de dicho individuo, con el fin de evitar el deterioro progresivo de la capacidad física y cardiorrespiratoria del usuario.

2.2.2. Prueba de caminata de 6 minutos (PC6M)

Existen diversas pruebas disponibles en la atención primaria en salud (APS) para valorar la función cardiorrespiratoria del paciente, dentro de éstas, una de las principales y más usadas dentro del territorio nacional es la prueba de caminata de 6 minutos (PC6M).

La PC6M es una herramienta cada vez más utilizada en la práctica clínica que evalúa la capacidad para realizar ejercicio físico de un sujeto, midiendo la distancia máxima que puede caminar durante 6 min. Se considera una prueba submáxima, debido a que provoca un estrés fisiológico en los sistemas cardiorrespiratorio y muscular en condiciones de demanda aeróbica, por tanto, es un buen indicador de la capacidad para realizar ejercicio (Gatica, *et al.*, 2012). También está validado como indicador de capacidad física en múltiples patologías y a distintas edades. En adultos está indicado en comparaciones pre y postratamiento (ej. trasplante pulmonar, cirugía de reducción de volumen, rehabilitación pulmonar), valoración del estado funcional (ej. enfermedad pulmonar obstructiva crónica, fibrosis quística, hipertensión pulmonar, insuficiencia cardíaca) y como predictor de morbilidad y mortalidad (Zenteno, *et al.*, 2008).

En dicha prueba, se evalúa la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, presión arterial, saturación de oxígeno (SatO₂%) y la presencia de disnea/fatiga, al inicio e inmediatamente al final de la prueba, así como también a los 2 y 5 minutos luego de terminada la prueba. Para obtener un resultado más global del paciente y con menos riesgo para éste, se solicitan variables que proporcionen seguridad al individuo. La oximetría de pulso debe ser incluida para evitar exponer a los pacientes a hipoxemia, la frecuencia de pulso arterial

permite controlar aspectos acerca de los cambios fisiológicos que se asocian a la mejoría en la tolerancia al ejercicio, y los síntomas de disnea y fatiga en las piernas permiten obtener información útil para la interpretación de los mecanismos fisiológicos que acompañan a los cambios del rendimiento en la prueba después de una intervención (Gutiérrez-Clavería, *et al.*, 2009).

Es una prueba sencilla, bien tolerada y representativa de las actividades de la vida diaria y que no requiere de equipo sofisticado para su realización (Gatica, *et al.*, 2012). También, gracias a su bajo costo, fácil realización, alta reproducibilidad, aplicabilidad y validación en diversas patologías es considerada como uno de los métodos de evaluación más ampliamente empleados para la cuantificación de la tolerancia al ejercicio (Rodríguez, Henríquez, Vásquez, & Zenteno, 2014).

2.3. Tecnologías aplicadas en Salud

Tecnologías de información y comunicaciones (TIC) es un término que contempla toda forma de tecnología usada para crear, almacenar, intercambiar y procesar información en sus varias formas, tales como datos, conversaciones de voz, imágenes fijas o en movimiento, presentaciones multimedia y otras

formas. En particular, las TIC están íntimamente relacionadas con computadoras, *software* y telecomunicaciones. Su objetivo principal es la mejora y el soporte a los procesos de operación y negocios para incrementar la competitividad y productividad de las personas y organizaciones en el tratamiento de cualquier tipo de información (Tello, 2007).

En la actualidad las TIC tienen inmensas repercusiones en prácticamente todos los aspectos de nuestras vidas, ya sea en la forma de trabajar, socializar, divertirse y hasta aprender. El gran y veloz progreso de estas tecnologías ofrece oportunidades sin precedentes para alcanzar niveles más elevados de desarrollo. La capacidad de las TIC para reducir obstáculos, fundamentalmente en el tiempo y la distancia, posibilitan, por primera vez en la historia, el uso del potencial de estas tecnologías en beneficio de millones de personas en todo el mundo (Echeverría, 2008).

Si bien las TIC se han convertido en una herramienta de gran importancia en todos los campos de las distintas áreas del conocimiento, también han estado presentes en el cuidado y el seguimiento de la salud de la población. Específicamente, en el ámbito de las ciencias de la salud donde se han visto considerables beneficios en distintos aspectos, transcurriendo por un sinnúmero de herramientas que facilitan el ejercicio de la aplicación, investigación y enseñanza de estas ciencias (Viloria, 2009).

Así, las TIC en salud se definen como las herramientas que facilitan la comunicación y el proceso de transmisión de información por medios electrónicos, con el propósito de mejorar el bienestar de los individuos. Esta definición alude al amplio rango de estas tecnologías que abarcan desde la radio y la televisión hasta la telefonía, computadoras y el uso de Internet (García, Navarro, López, & Rodríguez, 2014). Es necesario aclarar que al mencionar las TIC no se refiere al análisis de los nuevos aparatos o herramientas que puedan surgir, sino cómo esos aparatos modifican las acciones humanas y, en particular, qué nuevas acciones posibles surgen (Echeverría, 2008).

La fortaleza que ofrece el progreso tecnológico en este sector a nivel mundial presenta experiencias positivas; a pesar de ello se debe trabajar en la erradicación de las dificultades que se presentan para alcanzar su verdadero potencial. Las proyecciones más optimistas en este sentido sugieren que un mundo computarizado e interconectado no sólo asegura un crecimiento en el número de empleos y la productividad, sino que también garantiza mejoras en el acceso a facilidades que potencian la calidad de vida (García, *et al.*, 2014).

2.3.1. eHealth

En los últimos años, el número de usuarios de Internet ha aumentado considerablemente y el Internet está siendo utilizado para diversos fines de salud. Tanto los profesionales de la salud, como para las organizaciones de pacientes y la industria farmacéutica están utilizando Internet como medio para comunicar información de salud (Kummervold, *et al.*, 2008).

Existe un interés internacional considerable en explotar el potencial de las soluciones digitales de atención de la salud, a menudo denominadas *eHealth*, la cual se define como la capacidad de buscar, encontrar, comprender y evaluar la información de salud a partir de fuentes electrónicas y aplicar los conocimientos adquiridos para abordar o resolver un problema de salud con el fin de mejorar la calidad y la seguridad de la atención de la salud (Norman & Skinner, 2006). Son considerados los registros de salud electrónicos, sistemas de archivado y comunicación de imágenes, sistemas computarizados de entrada de órdenes de proveedores automatizados y sistemas computarizados de apoyo a decisiones. Éstos son medios eficientes y rentables para mejorar la atención de la salud (Black, *et al.*, 2011).

Así, la implementación de tecnologías de *eHealth* se ha convertido en una prioridad principal para muchos países. Por ejemplo, Inglaterra ha invertido por lo menos £ 12.800 millones en un Programa Nacional de Tecnología de la Información para el Servicio Nacional de Salud, mientras que la administración de Obama en los Estados Unidos ha comprometido 38.000 millones de dólares en inversión en salud para *eHealth* (Black, *et al.*, 2011).

2.3.2. *mHealth*

El concepto *mhealth* se define como la práctica médica y de salud pública apoyado por los dispositivos móviles para mejorar el punto de servicio de recolección de datos, el cuidado de entrega, y comunicación con el paciente para el soporte de monitorización de medicación y la adhesión en tiempo real (Tomlinson, Rotheram-Borus, Swartz, & Tsai, 2013). Estos dispositivos portátiles tienen la capacidad de crear, almacenar, recuperar y transferir datos en tiempo real entre los usuarios finales con el propósito de mejorar la seguridad del paciente y la calidad de la atención (Akter & Ray, 2010).

Las tecnologías de *mHealth* apoyan nuevos métodos para recolectar datos biológicos, conductuales o ambientales y los resultados de las

intervenciones. Estos incluyen sensores que controlan fenómenos con mayor precisión, frecuencia de muestreo, menos datos faltantes, mayor comodidad y, en algunos casos, menor costo que las medidas tradicionales (Kumar, *et al.*, 2013).

Hoy en día, empresas, universidades, asociaciones, centros de salud, entre otras, se encuentran desarrollando diversas tecnologías para transportar los datos de información de diagnóstico, tales como electrocardiogramas, radiografías, entre otras más a través de la red celular con el fin de recibir la información de manera confiable y ocupando la menor cantidad de espacio posible (Núñez & Uribe, 2014).

En general, se cree que *mHealth* y *eHealth* están estrechamente vinculados, sus tecnologías trabajan en conjunto, y ambos pueden mejorar los resultados de salud global de una manera coordinada (Akter & Ray, 2010).

2.3.3. Health Cloud

La computación *Cloud* se refiere a una infraestructura de Internet de autoservicio en demanda que permite al usuario acceder a los recursos de

computación en cualquier momento desde cualquier lugar (Kuo, 2011). El término *Cloud* alude a la colección de tecnologías que permiten almacenar o procesar datos mediante el uso de *hardware/ software* distribuido y Red virtualizada (Pino & Di Salvo, 2013). Desde el punto de vista del servicio, computación *Cloud* incluye 3 modelos arquetípicos: el *software*, la plataforma y la infraestructura (Kuo, 2011).

Actualmente es un modelo comercial emergente que permite a los clientes aumentar las capacidades de su sistema existente sin invertir en nuevos componentes de infraestructura de *hardware*, *software* y redes de alto costo (AbuKhoussa, Mohamed, & Al-Jaroodi, 2012).

En el ámbito de la salud, las aplicaciones móviles de asistencia sanitaria, que están soportadas por dispositivos móviles para la prestación de servicios médicos (*mHealth*), se benefician de la descarga de la operación computacional *Cloud* (Wu, 2015). Esto representa una oportunidad esencial para desarrollar aplicaciones que aseguren el procesamiento de datos de alto rendimiento y la fácil administración de las diferentes herramientas en el entorno médico, garantizando una capacidad de almacenamiento consistente (Pino & Di Salvo, 2013). Se ha propuesto el uso de ello como medio para mantener registros de salud, monitorear pacientes, manejar enfermedades y cuidados de manera más eficiente y eficaz (Pino & Di Salvo, 2013). De este modo, los propietarios de

Health Cloud mantienen instalaciones informáticas, almacenamiento de datos y *software* que facilitan las rutinas diarias y los procedimientos de las operaciones de atención médica, eliminando la carga operativa de los hombros de los profesionales de la salud, además de reducir significativamente los costos de operación y mantenimiento (AbuKhoua, *et al.*, 2012).

2.4. Teléfonos móviles inteligentes

Definimos el teléfono móvil inteligente como un dispositivo de mano que proporciona una conexión constante a Internet a través de correo electrónico, mensajería de texto, videoconferencia y *software* de redes sociales, a menudo integrado con funciones adicionales como una cámara. Los dispositivos también se pueden utilizar para acceder a contenido multimedia como *podcasts* y video (Wallace, Clark, & White, 2012). Una característica específica es que permiten la instalación de programas para cualquier procesamiento de datos o conectividad (Molina & Gallardo, 2017). Tienen un teclado QWERTY incorporado, cámara fotográfica de alta resolución, lector/reproductor de archivos (pueden ser *PDF*, *Word*, *Excel*, *PowerPoint*, imágenes, mp3, videos, etc.), por lo regular tienen una pantalla táctil, y requieren de un sistema operativo específico para su funcionamiento (Molina & Gallardo, 2017).

Los modernos teléfonos móviles de gama alta combinan la funcionalidad de un dispositivo de comunicación de bolsillo con capacidades similares a las de un computador dando como resultado lo que generalmente se conoce como teléfonos inteligentes (Carroll & Heiser, 2010). Gracias a su fácil transporte es considerado más íntimo que una computadora; a pesar que el tamaño de la pantalla es una limitación, las resoluciones cada vez son más sobresalientes, teniendo así mejores gráficas, además el reconocimiento de voz facilita la comunicación con el dispositivo, disminuyendo el tiempo de escritura (PC Magazine, 2010).

El éxito de los *smartphones* está conectado a algunas de las características que comparte con los teléfonos móviles (como la portabilidad, la ubicuidad o la utilización personal) pero también está relacionada con las capacidades propias de estos mismos modelos, como la multimedia, la hipertextualidad y la interactividad facilitada por los altos niveles de usabilidad (Canavilhas, 2013).

2.4.1. Sistemas operativos

2.4.1.1. Sistemas operativos para dispositivos móviles

Para que todo dispositivo informático fijo o móvil funcione, necesita de un sistema operativo (SO). De estos sistemas, los móviles son más simples y están orientados a la conectividad inalámbrica y a los formatos multimedia. Actualmente es común que un sistema operativo para dispositivos móviles como el *iOS* de *Apple*, también funcione en *iPhone*, *iPad*, *iPod Touch* o similares, o que el sistema *Android* de *Google* funcione tanto para *Smartphone* como para *Tablets* (Molina & Gallardo, 2017).

2.4.1.2. Sistemas operativos móviles más populares

2.4.1.2.1. *Android*

Basado en *Linux* y *Java*, desarrollado por *Android Inc.* y comprado por *Google* en 2005. Es actualmente el SO móvil líder con mayor cuota de mercado desde enero de 2011 (Molina & Gallardo, 2017). Tiene apoyo por parte del *Open Handset Alliance*, una asociación de 48 empresas distribuidas por todo el

mundo con intereses en la telefonía móvil y un compromiso de comercializar dispositivos móviles con este sistema operativo. Entre las compañías encontramos empresas de *software* (*Ebay, LivingImage*), operadores (*Telefónica, Vodafone, T-Mobile*), fabricantes de móviles (*Motorola, Samsung, acer, LG, HTC*) y fabricantes de *Hardware* (*nVidia, Intel o Texas Instruments*) (Blanco, Camarero, Fumero, Werterski, & Rodríguez, 2009).

El éxito de este SO se debe en gran parte a su plataforma, ya que es de desarrollo gratuito, flexible, económico en el desarrollo de aplicaciones y simple, diferenciado de los estándares que ofrecen *Microsoft* o *Symbian* (Baz, Ferreira, Álvarez, & García, 2009). Además, es abierto por lo que puede ser adoptado por más de un fabricante, lo que fomenta a desarrolladores de la industria a seguir generando aplicaciones, y gracias a ello el teléfono móvil puede transformarse en una consola de videojuegos, un recetario, o una revista (Molina & Gallardo, 2017).

2.4.1.2.2. iOS

Anteriormente denominado *iPhone OS*, es un sistema operativo móvil de *Apple* desarrollado originalmente para el *iPhone* desde enero de 2007, siendo

después usado en el *iPod Touch* e *iPad*. Es un derivado del sistema operativo de escritorio *Mac OS X*. Este sistema no soporta *Adobe Flash*, ni *Java*, aunque soporta el protocolo estándar *HTML5*. Es compatible con el exitoso modelo de negocio de su tienda en línea *App Store*. Su arquitectura es cerrada, pero se alienta a desarrolladores con las *Apps* generadas en dicho sistema (Molina & Gallardo, 2017). Es un sistema operativo muy fácil de usar en todos los dispositivos ya que sus opciones de accesibilidad son muy amplias. En la actualidad es el dispositivo más utilizado por personas discapacitadas. La única limitación es que es un dispositivo costoso comparado con los demás dispositivos móviles, aunque también es considerado como uno de los que poseen mejor calidad (Rios, *et al.*, 2012).

2.4.1.3. Diferencia entre SO *Android* e *iOS*

2.4.1.3.1. Modelo de Negocio

Android ofrece servicios gratuitos y vende anuncios en dichos servicios. En el manejo de aplicaciones, cualquier persona puede desarrollar y distribuir aplicaciones de *Android*. Aunque existe la tienda oficial de *Google Play*, las

aplicaciones también pueden ser distribuidas desde cualquier otro lugar (Benenson, Gassmann, & Reinfelder, 2013).

Apple tiene el modelo integrado, donde *iOS* (*software*) está integrado con el *iPhone* (*hardware*). En el manejo de aplicaciones, éstas son desarrolladas por los suscriptores del Programa para desarrolladores de *iOS* y sólo pueden ser distribuidas través de la *App Store* oficial. Como excepción, las organizaciones que participan en el Programa *iOS Developer Enterprise* pueden desarrollar y distribuir aplicaciones internas únicamente a sus empleados (Benenson, *et al.*, 2013).

2.4.1.3.2. Seguridad

Malware es la abreviatura de “*Malicious software*”, término que engloba a todo tipo de programa o código informático malicioso cuya función es dañar un sistema o causar un mal funcionamiento (INFOSPYWARE, 2016).

En *Android* es bastante numeroso, ya que cualquier persona puede desarrollar y distribuir aplicaciones de *Android*. Aunque el escaneo de las aplicaciones por parte de *Google Play* comenzó en 2012, se encontró que no

era muy eficaz. Además de esto, nada impide que los usuarios descarguen aplicaciones maliciosas de otros lugares (Benenson, *et al.*, 2013).

Por otro lado, la existencia de *Malwares* en *iOS* es bastante extraña, ya que todas las aplicaciones de la *App Store* se someten a un proceso de revisión para garantizar que las aplicaciones funcionen según su descripción. Esto también significa que las aplicaciones no deben tener funcionalidad malintencionada (Benenson, *et al.*, 2013).

2.4.1.3.3. Gestión de datos personales

Los permisos de *Android* son avisos que se generan automáticamente desde el código de la aplicación si es que la aplicación accede o manipula determinados datos, como contactos, mensajes y configuraciones del sistema. Las advertencias se presentan a los usuarios durante el proceso de instalación y tienen que estar de acuerdo con todas las solicitudes de permiso para instalar la aplicación. Así, los usuarios sólo tienen la opción del "todo o nada" (Benenson, *et al.*, 2013).

Desde 2012 *iOS 6* cambia radicalmente el manejo de los datos personales. Actualmente los usuarios deben dar el consentimiento de tiempo de ejecución para muchos más tipos de datos, como contactos, calendario, fotos, cuenta de *Twitter* o *Facebook*. Los usuarios también tienen la opción de personalizar sus políticas de divulgación de datos utilizando un amplio conjunto de configuraciones de privacidad (Benenson, *et al.*, 2013).

2.4.2. *iPhone*

La palabra *iPhone* es de origen inglés. Está conformada por la vocal *i* y por la palabra *phone* que significa teléfono. En cuanto a la vocal *i* fue elegida por la firma *Apple* para ser colocada delante de todos sus productos como *iPod*, *iPad*, *iCloud*, *iTunes* como representación de internet (Diccionario Actual, 2014).

Los últimos teléfonos inteligentes ofrecen mayores capacidades multimedia, sensores (acelerómetros), comunicación (*Bluetooth*, *Wifi*, *GPRS/UMT S*), ubicación (*GPS*) y facilidad de programación por lo cual son actualmente los mejores candidatos para servir de interfaz entre las personas y su entorno (Vázquez, de Silva, & Ramírez, 2016).

Cronológicamente, los modelos de *iPhone* lanzados al mercado son:

- En el año 2007 se lanza al mercado *iPhone*, un producto innovador debido a su pantalla multitáctil de gran medida, siendo el responsable de revolucionar completamente la competencia (APPLESFERA, 2015).
- En el año 2008 se lanza el modelo *iPhone 3G*, permitiendo un gran avance en la velocidad de datos y su rápida navegación de internet. Uno de sus principales atractivos fue la incorporación de *App Store* (APPLESFERA, 2015).
- En el año 2009 lanzan el modelo *iPhone 3GS*, donde la letra *s* da referencia a *speed*, por lo que posee el doble de velocidad que su antecesor. Además, mejora la calidad de cámara de video (APPLESFERA, 2015).
- En el año 2010 se lanza el *iPhone 4*, con su novedoso diseño compuesto de cristal y metal, pantalla retina, e incorpora la primera cámara frontal para realizar llamadas por *facetime* (APPLESFERA, 2015).
- En el año 2011 se lanza el *iPhone 4s*, que sigue el ciclo *s* que significa aun mayor velocidad, y además se incorpora *Siri*, siendo éste un asistente virtual de *Apple* (APPLESFERA, 2015).

- En el año 2012 se lanza el *iPhone 5*, primer modelo que integra la red 4G, además de incrementar su tamaño (APPLESFERA, 2015).
- En el año 2013 se lanza el *iPhone 5c*, el cual continúa con las mismas características que su antecesor, aunque con un mejor diseño de su cubierta. En el mismo año, se lanza el *iPhone 5s*, siendo el primer modelo en estrenar el *touch ID*, y un *chip* de 64 bits. Además, incorpora el modo ráfaga en la cámara (APPLESFERA, 2015).
- En el año 2014 se lanza el *iPhone 6*, el modelo aumentó de tamaño a 4,7 pulgadas, estrenó nuevos diseños y posee mayor duración de batería. También se integra la función *Apple Pay*. En el mismo año se lanza el *iPhone 6 plus*, con las mismas características y capacidades que el *iPhone 6*, con la diferencia de que el aparato es más grande, con mayor duración de batería y mejor cámara (APPLESFERA, 2015).
- El año 2015 se lanza el *iPhone 6s*, con cámara de 12 megapíxeles y la opción de *Live Photos*. Integra capacidad doble de memoria RAM, además de la introducción de *3D Touch*. En el mismo año se lanza el *iPhone 6 plus*, con las mismas características que el *iPhone 6s*, pero con las ventajas de mayor tamaño, mejor calidad de cámara y mayor duración de batería (APPLESFERA, 2015).
- El año 2016 se lanza el *iPhone SE*, el teléfono de 4 pulgadas más poderoso de todos. Creado sobre la base de un popular diseño (como el *iPhone 5*), pero reinventado por dentro y por fuera. Está equipado con el

chip A9, el mismo del *iPhone 6s*, una cámara de 12 megapíxeles para sus fotos y videos 4K, y *Live Photos*, que da vida a las imágenes (Apple Inc., 2016). El mismo año se lanza el *iPhone 7*, con mejor *chip A10*, batería con mayor tiempo de duración y la nueva incorporación de pantalla retina *HD*. La gran innovación de este modelo es su resistencia a salpicaduras al agua y al polvo. Y además se lanza el *iPhone 7 plus*, este modelo posee las mismas características que el *iPhone 7*, aunque mantiene el tamaño del *iPhone 6s plus* (Apple Inc., 2017).

- En el año 2017 se anuncian tres modelos de *iPhone*; el *iPhone 8*, *iPhone 8 Plus* y el *iPhone X*. El *iPhone 8* cuenta con cámara de 12 MP y video 4K, pantalla retina *HD* de 4,7 pulgadas con *True Tone*, además de ser resistente al agua y polvo. También posee *Chip A11* y *Touch ID* para una autenticación segura. El *iPhone 8 Plus* posee las mismas características que el *iPhone 8*, aunque goza de un tamaño mayor debido a su pantalla retina *HD* de 5,5 pulgadas con *True Tone*. Por último, el *iPhone X*, equipado con cámara de 12 MP y video 4K, pantalla *super retina HD* de 5,8 pulgadas con modo retrato e iluminación de retrato, con *Chip A11* y su diseño es de acero inoxidable resistente al agua y polvo. Además, cuenta con un sistema de *Face ID* para una autenticación de mayor seguridad que los modelos anteriores (Apple Inc., 2018).

- En el año 2018 se lanzaron los modelos *iPhone Xs*, *iPhone Xs Max* e *iPhone Xr*. El *iPhone Xs* cuenta con cámara dual de 12 MP y video de 4K, con modo retrato e iluminación de retrato. También cámara frontal de 7 MP con modo retrato e iluminación de retrato. Está equipado con pantalla *Super retina HD* de 5,8 pulgadas con *True Tone*, con *Chip A12 Bionic* de última generación y *Face ID*. Su diseño es de vidrio y acero inoxidable resistente al agua y al polvo. Su precursor el *iPhone Xs Max* posee las mismas características, solo difiere al tener una pantalla *Super retina HD* de 6,5 pulgadas con *True Tone*. El último modelo es el *iPhone Xr*, el cual no posee grandes diferencias a sus 2 antecesores, solo difiere en su pantalla *Liquid retina HD* de 6,1 pulgadas con *True Tone* y en su diseño de vidrio y aluminio resistente al agua y polvo (Apple Inc., 2018).

Es necesario destacar que desde el *iPhone 5s* en adelante se implementa uno de los cambios más innovadores que revoluciona la productividad de estos dispositivos móviles, incorporando un nuevo coprocesador de movimiento M7, que recopila los datos del acelerómetro, el giroscopio y la brújula para descargar la información desde el *chip A7* para mejorar la eficiencia energética. Además, los desarrolladores pueden acceder a nuevas *Application Programming Interface CoreMotion* que se benefician de la capacidad del M7, por lo que pueden crear aún mejores aplicaciones de *fitness* y actividad que van mucho más allá de lo que ofrecen otros dispositivos

móviles. El coprocesador de movimiento M7 mide de forma continua los datos de movimiento del usuario, incluso cuando el dispositivo está en reposo. Reserva una parte de la batería para el podómetro u otras *apps* de *fitness* que utilizan el acelerómetro durante todo el día (Apple Inc., 2013).

2.4.3. Sensores embebidos

Los sistemas embebidos se encuentran alrededor de nuestras vidas, en forma de teléfonos móviles, equipos médicos, sistemas de navegación aérea, reproductores MP3, impresoras, automóviles, etc (Pérez, 2009).

Un sistema embebido es un sistema cuya función principal no es computacional, pero es controlado por un computador integrado. Este computador puede ser un microprocesador. La palabra embebido implica que se encuentra dentro del sistema general, oculto a la vista, y forma parte de un todo de mayores dimensiones (Pérez, 2009).

Este sistema posee tres componentes principales: un *Hardware*, un *software* primario que lleva a cabo una tarea en particular, y un sistema

operativo que permite supervisar la(s) aplicación(es), además de proveer los mecanismos para la ejecución de procesos (Pérez, 2009).

Las claves de esta estructura son la capacidad de realizar procesamientos gracias al microprocesador, la capacidad de almacenar información en la memoria incorporada y la incorporación de un módulo de transmisión inalámbrica de los datos que permite captar la energía de la señal recibida para alimentar al sensor (Morillo, Pérez, & Jorquera, 2013).

Estos sensores son excelentes candidatos para tal fin, ya que pueden ser incorporados en diferentes materiales para aplicaciones de estructuras inteligentes. Se combinan muchas ventajas sobre las configuraciones de sensores eléctricos convencionales, como por ejemplo su pequeño tamaño, su inmunidad a las interferencias electromagnéticas, sus capacidades de multiplexación y la capacidad de autorreferencia (Sonnenfeld, *et al.*, 2011).

2.4.3.1. Acelerómetro

Los acelerómetros son pequeños dispositivos electrónicos que permiten obtener datos detallados sobre el volumen y la intensidad de la mayoría de los

movimientos que se descargan en un ordenador para su análisis posterior (Troiano, *et al.*, 2008). Estos sistemas de medición emplean un sensor sensible a la aceleración, capaz de convertir esta magnitud en una magnitud eléctrica, como resultado del cambio en las condiciones de equilibrio del sensor (Rodríguez, Folgueras, & Díaz, 2014). Posee un eje de máxima sensibilidad y detectará sólo la componente de la aceleración coincidente con él. Por tanto, el valor de voltaje en la salida del sensor será proporcional a esta componente y se tendrá un resultado nulo si el sensor se mueve perpendicularmente a este eje (Rodríguez, *et al.*, 2014).

Este dispositivo se puede utilizar para describir no sólo la cantidad de movimiento que un individuo ha realizado, sino también la intensidad, duración, frecuencia y patrones de este movimiento (Troiano, *et al.*, 2008).

Uno de los dispositivos más utilizados para este propósito es el mando de la *Wii* que tiene la capacidad de detectar la aceleración a lo largo de los 3 ejes mediante la utilización de un acelerómetro (Casanova, 2014).

En la actualidad existen distintos sistemas operativos en los teléfonos inteligentes que poseen dicho sensor de aceleración, sin embargo, en *Android*, a diferencia de *iOS*, no se puede definir una frecuencia fija de muestreo del acelerómetro (Casanova, 2014).

2.4.3.2. Giroscopio

El giroscopio es un dispositivo mecánico formado esencialmente por un cuerpo con simetría de rotación que gira alrededor de su eje (Vela, 2016). Cuando es sometido a una rotación, éste mide la deformación de un prisma generando un voltaje de salida que es proporcional a esta velocidad angular de rotación. Nos proporciona información cuantitativa de velocidad, posición y aceleración angular en un determinado momento, sin necesidad de alguna referencia externa (Rocon, *et al.*, 2003).

Estos sensores son usados en aplicaciones como estabilización, pilotos automáticos, navegación, plataformas de vuelo, etc. (Vela, 2016).

2.4.3.3. GPS (*Global Positioning System*)

Tanto en el análisis de la variación de aceleración como en el cálculo simultáneo del paso, el módulo *GPS* del teléfono inteligente obtiene la ubicación

del usuario en tiempo real. Para esto requiere un número suficiente de puntos de acceso para lograr una exactitud efectiva de la estimación de posición y se necesitan aún más puntos de acceso para mejorar el rendimiento de la estimación de posición (Zeng, Zhou, Jing, Kim, & Kim, 2015).

Puesto que la tierra es aproximada esférica, la distancia superficial esférica entre dos puntos se calcula usando latitudes y longitudes. El *GPS* posee latitudes y longitudes de las ubicaciones con una precisión de más de diez dígitos decimales para obtener un cálculo más preciso para así encontrar la distancia superficial esférica. Esto se calcula mediante la ecuación de *Haversine*, la cual obtiene la distancia total, es decir, la suma de todas las muestras de cada distancia de segmento de cada muestra *GPS* (Bai, Yu, & Wu, 2014).

Podómetro

El podómetro es un dispositivo popular usado para supervisar el número de pasos durante la caminata. Se utiliza para estimar la ruta incluyendo la distancia a pie, dirección de rumbo e incluso el cambio de altura (Jahan, Masud, Bubby, & Khatun, 2013).

La aplicación del *pedometer* está incluida dentro del teléfono inteligente, la cual utiliza el sensor de acelerómetro integrado de tres ejes para registrar tanto el número de pasos como los cambios en el centro de gravedad cuando las personas están caminando o corriendo (Bai, *et al.*, 2014).

La posición del teléfono inteligente tiene un impacto diferente en las aceleraciones, lo que también contribuye al análisis de datos del acelerómetro de tres ejes. La función del sensor es detectar los cambios de aceleración en el eje X (AX), el eje Y (AY) y el eje Z (AZ) por los efectos de la situación de gravedad (Bai, *et al.*, 2014). El sensor toma la parte inferior izquierda como origen, y el eje X se deja a la derecha a lo largo de la pantalla, el eje Y es hacia abajo a lo largo de la pantalla y el eje Z siempre es perpendicular a la pantalla del teléfono móvil desde abajo hasta arriba. La definición de aceleración de los valores absolutos son los siguientes: $G_a = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$ (Jahan, *et al.*, 2013). Esto activa el programa para calcular los pasos de marcha (Bai, *et al.*, 2014).

2.4.3.4. Desarrollo de aplicaciones móviles

Una aplicación es un programa informático creado para facilitar una tarea en un dispositivo informático. Las aplicaciones nacen de alguna necesidad concreta de los usuarios, y se usan para facilitar o permitir la ejecución de ciertas tareas en las que un programador ha detectado una cierta necesidad. Según su finalidad, pueden ser de entretenimiento, de negocios, empresariales, de sonido, gráficas, de edición, *web*, didácticas, entre otras.

Una aplicación móvil es un programa que los usuarios pueden descargar en el momento que deseen, y al que pueden acceder directamente desde su teléfono o desde algún otro aparato móvil (Navarro & Luty, 2014).

El desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles requiere tener en cuenta las limitaciones de estos dispositivos. Deben considerar la gran variedad de tamaños de pantalla, los datos específicos de *software* y de las configuraciones internas. Además, requiere el uso de entorno de desarrollo integrado (Navarro & Luty, 2014). Así, un enfoque multiplataforma permite a los desarrolladores implementar sus aplicaciones en un solo paso para una variedad de plataformas, evitando así la repetición y aumentando la productividad considerablemente (Heitkötter, Hanschke, & Majchrzak, 2012).

Para la creación de una aplicación móvil se deben tener tres componentes fundamentales; el valor del contenido ofrecido, la usabilidad de la aplicación móvil y el diseño gráfico. Para esto es necesario contar con cinco etapas: conceptualización, definición, diseño, desarrollo y publicación (Navarro & Luty, 2014).

En la primera etapa se genera la idea de aplicación, donde se obtienen y clasifican los requerimientos y se personaliza el servicio (Mantilla, Ariza, & Delgado, 2014). Responde a una investigación preliminar y a la posterior comprobación de la viabilidad del concepto. Se tiene en cuenta las necesidades y problemas de los usuarios (Navarro & Luty, 2014).

En la segunda, se define el escenario tecnológico y se estructura la solución por medio de algún diagrama, integrando tiempos y recursos (Mantilla, *et al.*, 2014). Se describe con detalle a los usuarios para quienes se diseñará la aplicación. También aquí se sientan las bases de la funcionalidad, lo cual determinará el alcance del proyecto y la complejidad de diseño y programación de la *app* (Navarro & Luty, 2014).

En la tercera, se implementa el diseño en un producto de *software* (Mantilla, *et al.*, 2014). Permite crear los primeros prototipos para ser probados

con usuarios, para luego obtener un diseño visual acabado que será provisto al desarrollador para la programación del código (Navarro & Luty, 2014).

En la cuarta, el programador emula y simula la estructura del producto sobre la cual se apoyará el funcionamiento de la aplicación (Navarro & Luty, 2014). Se instala en equipos reales y se evalúa el rendimiento y el potencial de éxito para asegurar el correcto desempeño de la *app* (Mantilla, *et al.*, 2014).

En la etapa final, la aplicación es puesta a disposición de los usuarios en las tiendas. Posteriormente se realiza un seguimiento a través de analíticas, estadísticas y comentarios para evaluar el comportamiento y desempeño de la *app*, realizar mejoras y actualizarla en futuras versiones (Navarro & Luty, 2014).

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Se pueden obtener resultados válidos a través de un algoritmo basado en el sistema *iOS* para la realización de la PC6M al ser comparados con la normativa estándar?

4. HIPÓTESIS

H1: Los resultados obtenidos a través de un algoritmo basado en el sistema *iOS* para la realización de la PC6M son válidos al ser comparados con la normativa estándar.

5. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

5.1. Objetivo General

Evaluar la validez de un algoritmo basado en el sistema iOS para la realización de la PC6M tras ser comparado con la normativa estándar

5.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características antropométricas de los sujetos participantes.
- Determinar la distancia recorrida, la distancia estimada y el porcentaje de la distancia esperada en la PC6M realizada de acuerdo al procedimiento estandarizado.
- Determinar la distancia recorrida, en la PC6M con la utilización del algoritmo utilizando el *smartphone* situado a nivel esternal.

- Comparar la distancia recorrida obtenida en la prueba estandarizada, con el algoritmo utilizando el *smartphone* situado a nivel esternal para determinar la validez del algoritmo.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Diseño de investigación

El presente es un estudio de validación, lo que corresponde a una investigación no experimental de corte transversal con un diseño comparativo entre grupos. De esta manera, se busca determinar la validez, es decir, el grado en que una variable proporciona resultados que se corresponden con los resultados reales.

6.2. Población de estudio

La población de estudio seleccionada fueron estudiantes de primer año de las escuelas de Educación Parvularia, Fonoaudiología, Kinesiología y Obstetricia y Puericultura de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valparaíso que se encontraban matriculados en el año 2018 en el Campus Reñaca. La cantidad total de estudiantes de las escuelas mencionadas fue de

96, los cuales se distribuían del siguiente modo: Escuela de Educación Parvularia (N: 4, 4,2%), Escuela de Fonoaudiología (N: 5, 5,1%), Kinesiología (N: 81, 84,4%) y Escuela de Obstetricia y Puericultura (N: 6, 6,3%). Esta cifra fue obtenida mediante la oficina de Administrativa del Campus de la Salud de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valparaíso.

6.2.1. Selección de la muestra

Se utilizó como fórmula para el cálculo del tamaño muestral “n” aquella para poblaciones finitas con N, tamaño de la población conocida, con una confiabilidad del 95% y un margen de error del 5%.

$$n = N \times Z^2 \times p \times (1 - p) / (N - 1) \times e^2 + Z^2 \times p \times (1 - p)$$

El resultado es N=184, con un tamaño de muestra igual a n=125, que corresponde a un 67,93% de la población. Luego, se desarrolló un muestreo de tipo no probabilístico, por cuotas. Es decir, comenzando del valor obtenido en la fórmula para el cálculo del tamaño muestral, se aceptaron estudiantes de las distintas carreras que cumplían con los criterios de inclusión y exclusión y que

estuvieran dispuestos a participar del estudio. Esto, hasta que fueran enrolados todos los sujetos necesarios para cumplir con la cuota establecida.

6.2.2. Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión

Ser estudiante de primer año matriculado del año 2018 en la carrera de Educación Parvularia, Fonoaudiología, Kinesiología y Obstetricia y Puericultura del Campus Reñaca de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valparaíso.

Criterios de Exclusión

Basados y modificados de acuerdo a la normativa chilena para la realización de la PC6M (Gutiérrez-Clavería *et al.*, 2009):

- Presentar cualquier tipo de patología Cardiovascular (ejemplo: IAM reciente).
- Presentar cualquier tipo de patología respiratoria (ejemplo: Asma).
- Imposibilidad de caminar por un evento músculo-esquelético agudo (ejemplo: esguince de tobillo, herida en el pie, fractura de pierna, etc).

Antes de comenzar la PC6M:

- Frecuencia cardiaca mayor a 100 lpm en reposo.
- Presión arterial mayor a 130/85 mmHg en reposo.
- Saturación arterial de oxígeno menor a 97% en reposo.

6.2.3. Consideraciones éticas

La presente investigación fue revisada y aprobada por el Comité de Bioética de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valparaíso, cumpliendo con la normativa vigente para estudios de investigación en seres humanos.

6.3. Procedimientos metodológicos

Los estudiantes fueron invitados a participar del estudio a través de afiches publicitarios (Anexo 1) publicados en las dependencias del campus de la salud en Reñaca y enviados a sus respectivos centros de estudiantes para ser difundidos mediante redes sociales y cuentas de correo electrónico. Asimismo, se realizaron charlas en las respectivas escuelas para invitar a los estudiantes a participar del estudio. A los individuos que participaron se les explicó en qué consistía la investigación y su participación, se les sometió a los criterios de inclusión y exclusión y, posteriormente, se les presentó el consentimiento informado, permitiéndoles leerlo previamente a la firma de este. Los sujetos que cumplían con dichos criterios y que firmaron el consentimiento informado, fueron enrolados en el estudio y se les asignó una hora de evaluación.

El día de la prueba los sujetos fueron medidos y pesados para luego realizar la PC6M estandarizada por la normativa chilena de acuerdo con el procedimiento propuesto por la SER Chile (Anexo 2). Es fundamental destacar que la normativa para la realización de la prueba exige la medición de la Saturación de Oxígeno (SatO₂%), la frecuencia cardiaca (FC), la presión arterial (PA), la disnea y la sensación de fatiga antes de comenzar la prueba, al

finalizar la prueba y tras 5 minutos de recuperación (Anexo 3). Además, los estímulos verbales que se realizaron durante la ejecución de la PC6M se encuentran estandarizados (Anexo 4).

Esta práctica fue supervisada por un kinesiólogo y apoyado por las estudiantes tesistas y se llevó a cabo en las dependencias de la Facultad de Medicina de Universidad de Valparaíso, Campus Reñaca, en un espacio especialmente habilitado para ello. El registro de los datos se adjuntó en una plantilla confeccionada para esta investigación (Anexo 5), lo que garantizó la confidencialidad de los datos de acuerdo a la política expuesta ante el comité de ética.

El principal dato obtenido y empleado para su posterior análisis fue la distancia caminada. Este dato fue calculado de forma manual y a través del *Smartphone*.

6.4. Materiales

En cuanto al equipamiento, se requirió de;

- Cronómetro (Marca *Gympro*).

- Conos de color.
- Sillas.
- Planilla de registros.
- Oxímetro de pulso (Marca Pulse Oximeter).
- Esfigmomanómetro (Marca ALPK2).
- Estetoscopio (Marca *Littmann Classic III*).
- Escala de Borg modificada plastificada.
- Cinta adhesiva (Marca *SCOTCH*) para marcar el lugar de detención del paciente a los 6 minutos.
- Teléfono (Marca *iPhone 7*).
- Silla de ruedas (Marca RUBIX).
- Cinta Polar (*Wearlink Coded*).

Instrucciones para el paciente

Fueron entregadas por escrito previamente:

- Vestir ropa cómoda, usar zapatos apropiados para caminata, no suspender los medicamentos que usa habitualmente., comer liviano antes del examen, no realizar ejercicio 2 horas antes de la realización del examen.

- Explicación sobre la prueba. Las instrucciones deben ser precisas para que el paciente se sienta cómodo y no atemorizado por el examen.
- Instrucción al paciente. “Usted caminará rápido de ida y vuelta en este pasillo por un periodo de seis minutos, de modo que se va a tener que esforzar. Probablemente se va a sentir muy cansado o con sensación de falta de aire, por lo que puede ir más lento, detenerse y descansar sólo si es necesario. Deberá volver a caminar tan pronto como le sea posible”.
- Demostración sobre cómo dar la vuelta alrededor del cono.
- Durante el examen no está permitido conversar, para no alterar la concentración y rendimiento del paciente.
- Demostración sobre cómo se efectúa la marcha.

Instrucciones para la realización del examen

- Se realiza cuestionario al paciente para asegurarse que no tenga contraindicaciones.
- El paciente debe estar en reposo sentado por 10 minutos.
- En la hoja para registro se anotan los datos personales y se agregan las variables a medir.

Realización de la prueba

- Se inicia la caminata con el cronómetro programado para 6 minutos, sin detenerlo hasta terminar el examen.
- Se anota cada vuelta en su hoja de registro.
- Se estimula verbalmente al paciente cada 1 minuto según lo indicado.

6.5. Análisis estadístico

Para determinar la normalidad de los grupos de datos se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Mientras que para determinar la existencia de diferencias entre las medias de los grupos de datos fue utilizada la prueba de Wilcoxon para los datos que no se distribuían de forma normal y la prueba T de Student para los datos con distribución normal.

Para determinar la confiabilidad de la aplicación móvil, se realizó un análisis de Correlación Intra-clase (*ICC* por sus siglas en inglés, *Intra-Class Correlation*) del tipo dos-vías, modelo mixto con acuerdo total. Los resultados

fueron clasificados de acuerdo a la escala de 4 puntos de Trippollini, Dijkstra, Geertzen & Reneman (2015) donde un $ICC \geq 0,90$ es excelente; $0,75 \leq ICC \leq 0,90$ es bueno; $0,50 \leq ICC \leq 0,75$ es moderado; y un $ICC \leq 0,50$ es malo.

Por otro lado, para determinar la precisión del algoritmo, se utilizó el error medio absoluto (*MAE* por sus siglas en inglés, *Mean Absolute Error*) de acuerdo a la formula (1) y el error medio absoluto porcentual (*%MAE* por sus siglas en inglés, *Mean Absolute Percentage Error*) de acuerdo a la formula (2)

$$(1) \quad MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - x_i|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n}.$$

$$(2) \quad M = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|$$

7. RESULTADOS

7.1. Características demográficas de los sujetos participantes

El grupo evaluado estuvo constituido por 96 sujetos, 36 hombres y 60 mujeres, todos estudiantes de primer año matriculados en el año 2018 en las escuelas de Kinesiología, Educación Parvularia, Fonoaudiología y Obstetricia y Puericultura de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valparaíso, Campus de Reñaca. Las características generales de los sujetos, se presentan en la Tabla 1.

	Mujeres (n=60)	Hombres (n=36)	Total (n=96)
Edad (años)	20,6 ± 3,02	20,14 ± 2,232	20,4 ± 2,75
Talla (cm)	161,4 ± 6,406	171,69 ± 4,824	165,1 ± 7,611
Peso (Kg)	61 ± 9,62	70,228 ± 10,262	64,47 ± 10,789
IMC (Kg/m ²)	23,36 ± 2,839	23,78 ± 2,991	23,51 ± 2,888
Distancia Recorrida Manual (m)	680,834 ± 38,221	733,838 ± 64,426	700,710 ± 55,695

Tabla 1. Caracterización de la muestra total y según género. Los valores de edad, peso, talla, Índice de masa corporal y distancia manual recorrida son expresados como promedio +/-desviación estándar. cm= centímetros. Kg= Kilogramos. Kg/m²= Kilogramos/ metros al cuadrado. m= metros. n= tamaño de la muestra.

7.1.1. Edad

Con respecto a la caracterización general del grupo de estudio, las mujeres y hombres presentaron en promedio $20,6 \pm 3,02$ años y $20,14 \pm 2,232$ años, respectivamente. El promedio de edad del total de la muestra fue de $20,4 \pm 2,75$ años.

7.1.2. Peso, talla e índice de masa corporal (IMC)

El peso y la talla del grupo de sexo femenino fue de $61 \pm 9,62$ kg y $161,4 \pm 6,406$ cm, lo cual les otorga un valor de IMC de $23,36 \pm 2,839$ kg/m². 42 participantes que corresponden al 70% de la población presentaron rangos normales de IMC (OMS, 2018). Del resto de la población, 14 participantes presentaron sobrepeso, correspondiendo al 23,3%. Mientras que 2 participantes presentaron obesidad tipo 1, correspondiendo al 3,3%, y 2 participantes presentaron bajo peso, correspondiendo al 3,3% (Gráfico 1).

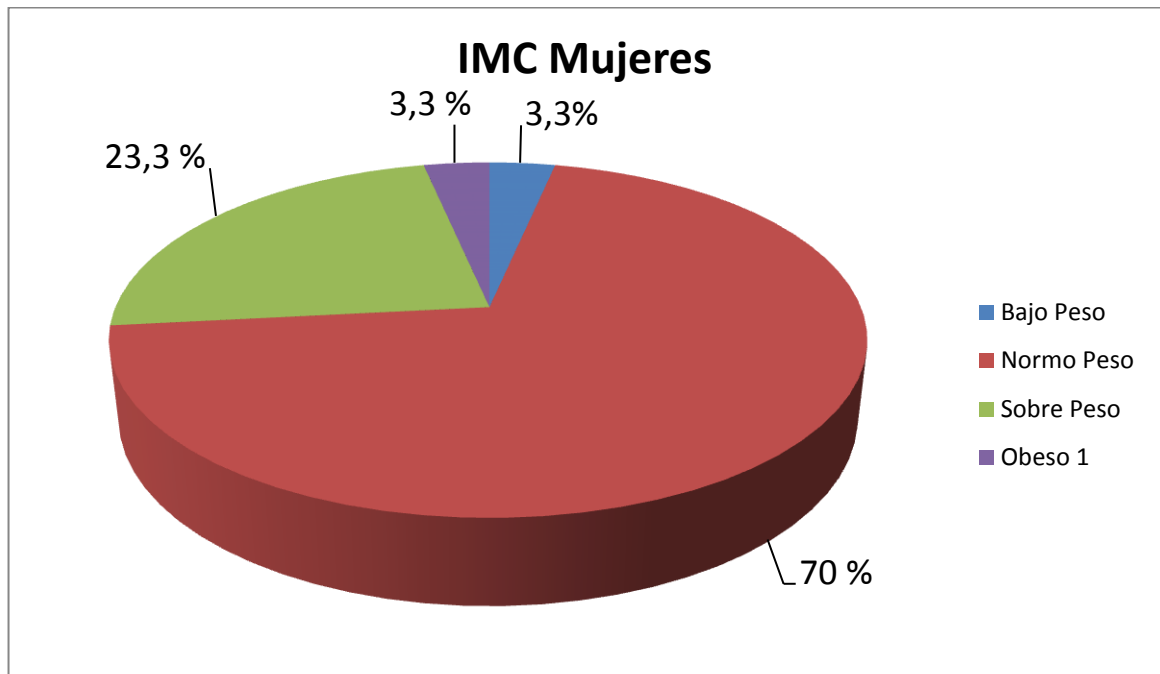


Gráfico 1: Distribución porcentual de los niveles de IMC de los sujetos participantes de sexo femenino.

En el caso del sexo masculino, el peso y la talla fueron de $70,228 \pm 10,262$ kg y $171,69 \pm 4,824$ cm, y el IMC fue de $23,78 \pm 2,991$ kg/m². 25 participantes que corresponde al 69,4% estuvo dentro de los rangos normales de IMC (OMS, 2018). Del resto de la población, 9 participantes presentaron sobrepeso, correspondiendo al 25%. Mientras que 1 participante presentó obesidad tipo 1, correspondiendo al 2,7% y 1 participante presentó bajo peso, correspondiendo al 2,7% (Gráfico 2).

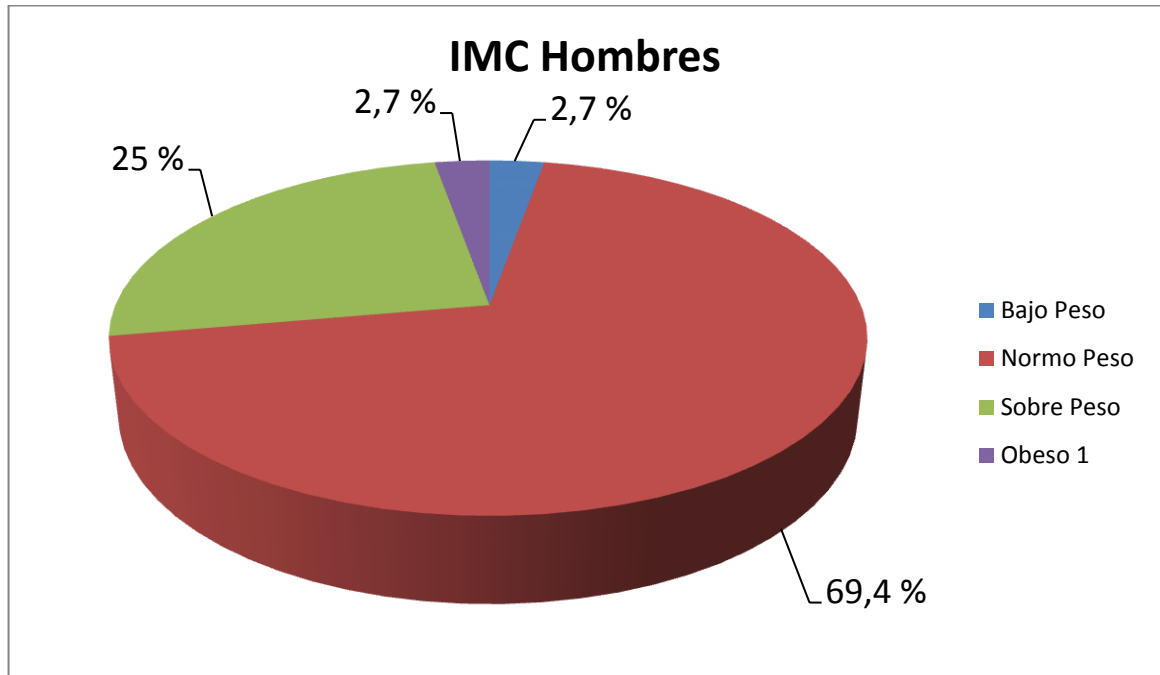


Gráfico 2: Distribución porcentual de los niveles de IMC de los sujetos participantes de sexo masculino.

El total del grupo según talla y peso obtuvo $165,1 \pm 7,611$ m y $64,47 \pm 10,789$ Kg, respectivamente. Con un IMC de $23,51 \pm 2,888$. 67 participantes están dentro del rango normal de IMC, correspondiente al 69,7%, 23 participantes están dentro del rango de sobrepeso, correspondiendo al 23,9%, 3 participantes presentan obesidad tipo 1, correspondiendo al 3,1%. Y por último, 3 participantes están en bajo peso, correspondiendo al 3,1% (Gráfico 3).

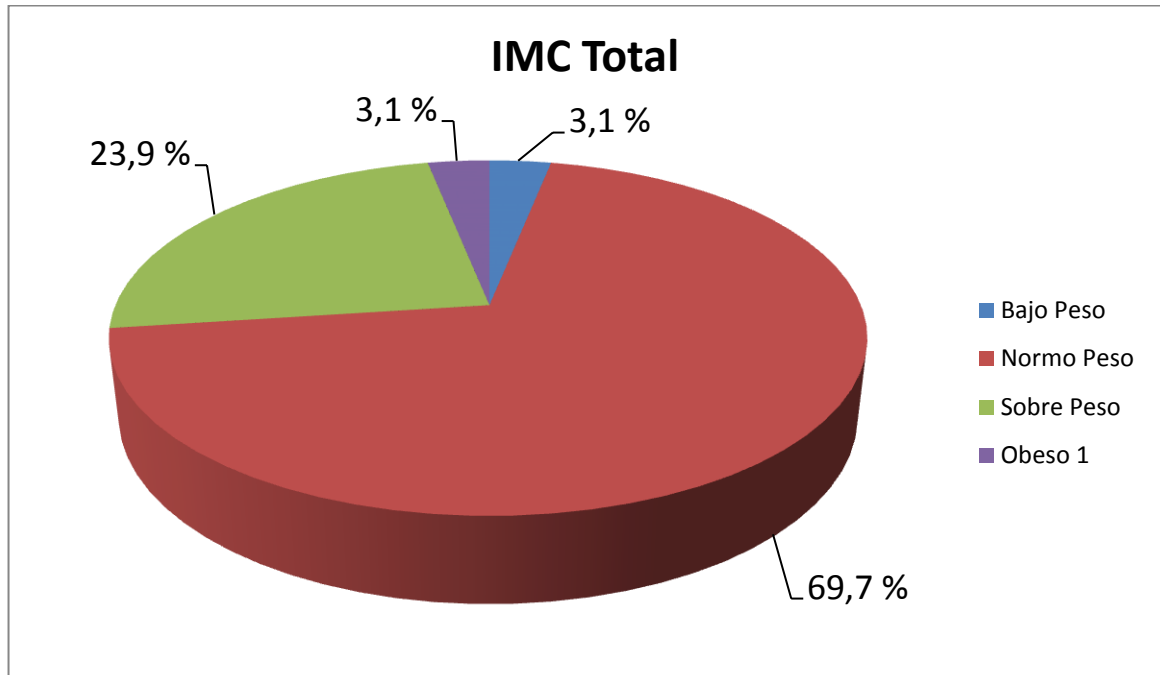


Gráfico 3: Distribución porcentual de los niveles de IMC de los sujetos participantes de sexo femenino y masculino.

7.1.3. Distancia Recorrida y Estimada

La distancia recorrida manual del grupo de mujeres fue de $680,834 \pm 38,221$ metros. Dentro de este parámetro la distancia estimada se calculó a través de la fórmula de Osses (Osses, *et al.*, 2010). Se obtuvo 45 participantes que según los metros recorridos lograron un rango de normalidad, correspondiendo al 75%. Mientras que 15 participantes se encontraban debajo del rango de normalidad, correspondiendo al 25%. No hubo participantes que superan el rango de normalidad (Gráfico 4).

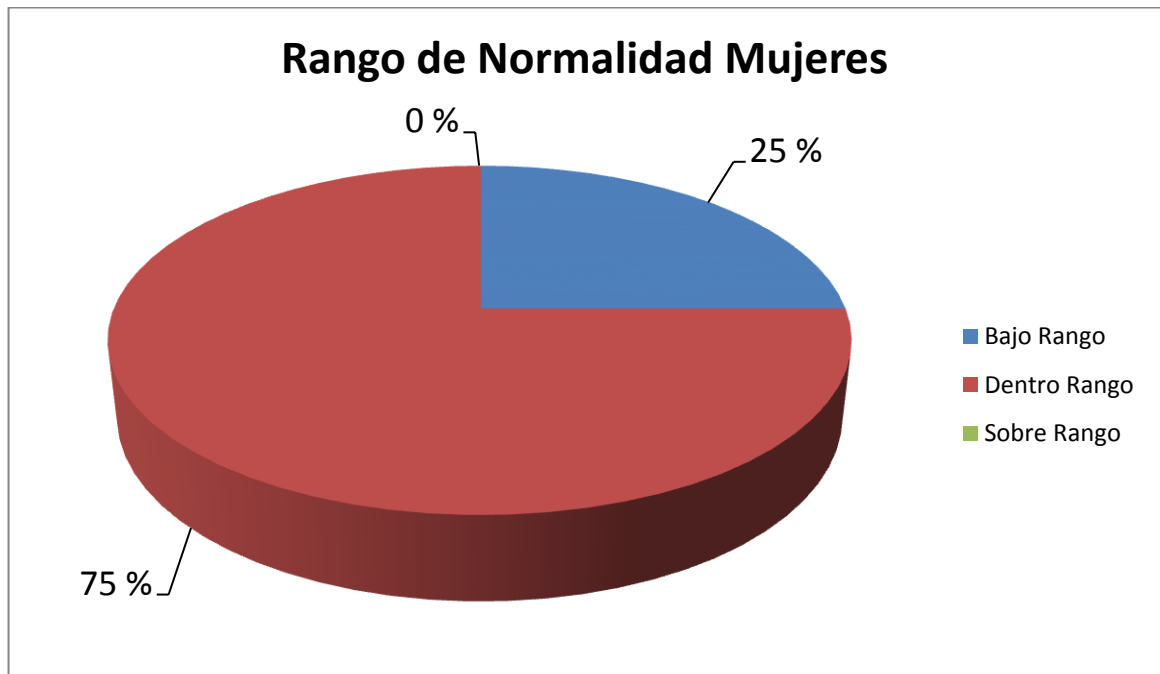


Gráfico 4: Distribución porcentual de los niveles de rango de normalidad de distancia recorrida respecto a la fórmula de Osses en los sujetos de sexo femenino.

La distancia recorrida manual del grupo de hombres fue de $733,838 \pm 64,426$ metros. 25 participantes lograron el rango de normalidad, correspondiendo al 69,4%, 8 participantes se encontraban debajo del rango de normalidad, correspondiendo al 22,2%, 3 participantes se sitúan por sobre el rango de normalidad, correspondiendo al 8,3% (Gráfico 5).

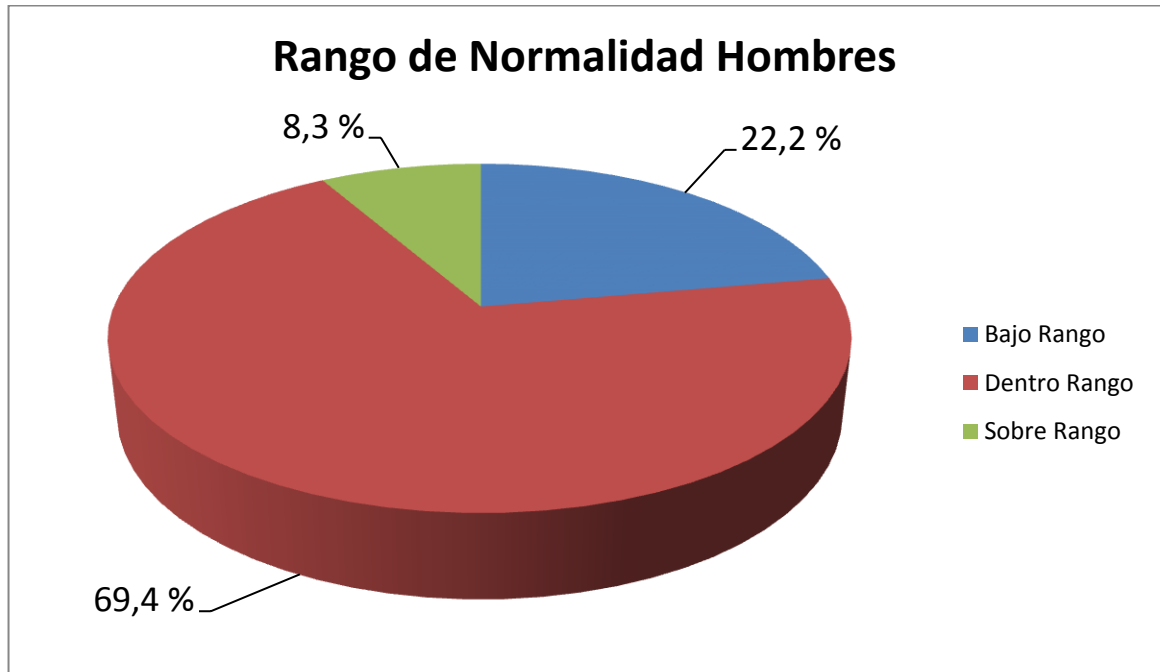


Gráfico 5: Distribución porcentual de los niveles de rango de normalidad de distancia recorrida respecto a la fórmula de Osses en los sujetos de sexo masculino.

El total del grupo presentó $700,710 \pm 55,695$ metros. 70 participantes lograron el rango de normalidad, correspondiendo al 73%, 23 participantes se encuentran debajo del rango de normalidad, correspondiendo al 24%, 3 participantes lograron superar el rango de normalidad, correspondiendo al 3% (Gráfico 6).

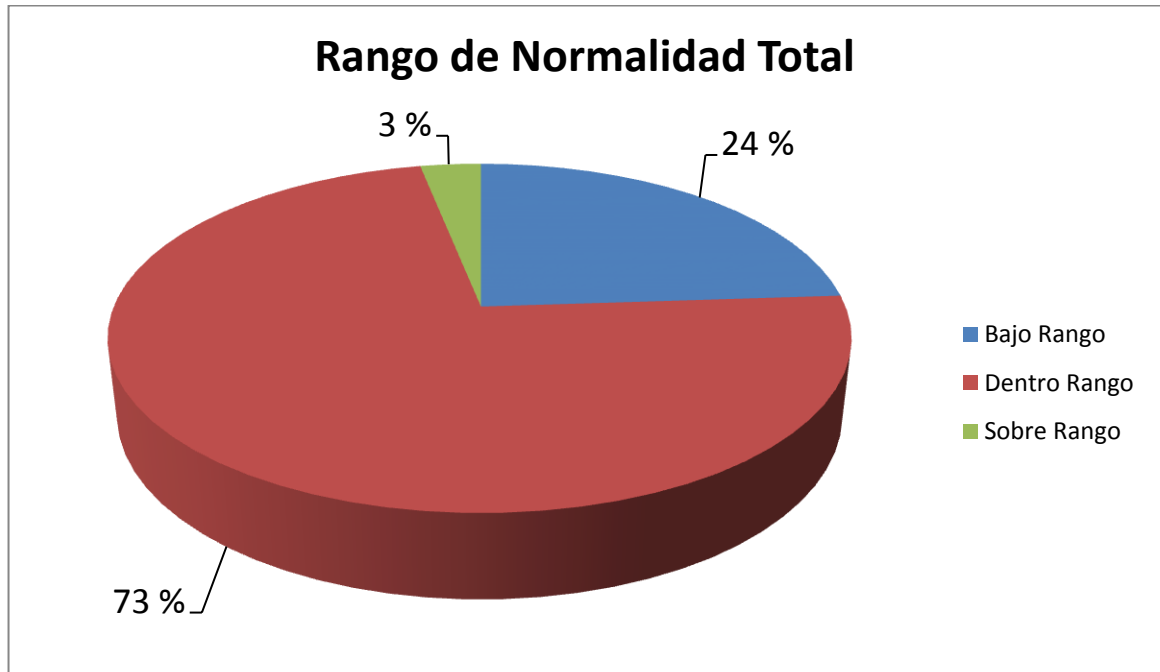


Gráfico 6: Distribución porcentual de los niveles de rango de normalidad de distancia recorrida respecto a la fórmula de Osses en los sujetos de sexo femenino y masculino.

7.1.4. Validez de la aplicación móvil

La distancia manual de *iPhone* se midió a través de un algoritmo aplicado a un sistema *iOS* en un *iPhone 7*, salido del mercado el año 2016, usando la aplicación desarrollada para la prueba de caminata 6 minutos.

En cambio la distancia manual recorrida, se calculó a través de los protocolos estandarizados según la *ATS*. Se implementó según la norma dictada por la *SER* el año 2010, la cual se ajusta a las características

demográficas de la población chilena.

La distancia recorrida manual del total de los sujetos participantes fue de 700,710 ± 55,695 metros. Esta se midió según la norma estandarizada por la ATS.

La distancia recorrida del *iPhone* para el total de los sujetos fue de 681,226 ± 55,621.

La diferencia entre la distancia recorrida manual y el *iPhone* fue de 19,484 ± 0,074

El *ICC* indica 0,83 que corresponde a un 3,1% menor de lo real calculado por la prueba estandarizada.

El *MAE* indica 21,9 que corresponde a un 3,10% del %*MAE*.

	Valor
Distancia Manual (m)	700,710 ± - 55,695
Distancia <i>iPhone</i> (m)	681,226 ± - 55,621
Diferencia entre manual e <i>iPhone</i> (m)	19,484 ± 0,074
<i>ICC</i>	0,83
Correlación	0,73
Valor p	<0,001
<i>MAE</i>	21,9
<i>%MAE</i>	3,10%

Tabla 2. Valores Estadísticos. Los valores de distancia manual, distancia *iPhone* y diferencia entre manual e *iPhone* son expresados como promedio +/- desviación estándar. La distancia manual se mide por el observador humano según el estándar establecido, y luego se compara con la distancia predicha mediante el uso de software de cálculo del *iPhone*. *ICC*: coeficiente de correlación intraclase. *MAE*: error absoluto promedio. *%MAE*: porcentaje del error absoluto promedio. Valor p: probabilidad de que la magnitud del efecto observado sea debido al azar.

8. DISCUSIÓN

En el presente estudio se comparó la distancia recorrida manual de la PC6M, obtenida a través de la estandarización emitida por la *ATS*, y la distancia recorrida medida por un algoritmo creado para el sistema operativo de *Apple* (*iOS*) utilizado a través de un dispositivo *iPhone 7*. Los sujetos participantes fueron en total 96 alumnos de primer año de las carreras de Kinesiología, Fonoaudiología, Educación Parvularia y Obstetricia y Puericultura de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valparaíso del año 2018. Este estudio tuvo como objetivo primario comparar la distancia recorrida manualmente con el algoritmo *iOS* para validar una aplicación móvil desarrollada para asistir en la realización de la P6CM. Dentro de los resultados, se obtuvieron los siguientes valores; *ICC* de 0,83; promedio distancia recorrida +/- DE 700,710 ± - 55,695 para el manual y 681,226 ± - 55,621 para el algoritmo. La diferencia promedio entre estos dos valores fue de 19,484 DE ± 0,074.

En relación con la confiabilidad del algoritmo, un *ICC* de 0,83 es clasificado como una confiabilidad buena de acuerdo a Trippollini *et al.* (2015), el cual define que todo resultado entre 0,75 y 0,90 es bueno. Este resultado es

similar a la confiabilidad del algoritmo estudiado por Brooks *et al.* (2015) el cual demostró una confiabilidad de 0,84 (95% CI 0,74 – 0,94) cuando fue validado en un entorno clínico similar al utilizado en este estudio.

Por otro lado, en relación a la exactitud del algoritmo, se obtuvo un %*MAE* de 3,1%, lo que quiere decir que aplicación subestima la distancia caminada en 19 metros de lo real calculado por la prueba estandarizada. Un estudio realizado el año 2015 (Capela, Lemaire, & Baddour, 2015) intentó determinar la exactitud de un algoritmo creado para la PC6M obteniendo un %*MAE* de 0,12%, teniendo como resultado un cálculo de distancia más exacto que el algoritmo evaluado en el presente estudio.

Estos datos indican que a pesar de existir una buena correlación entre los datos, existen diferencias significativas entre la medición manual y la medición del teléfono, lo que al mismo tiempo plasma diferencias clínicamente significativas.

Lo descrito anteriormente debe ser sujeto a ciertas variables a analizar, una de las principales teorías sería que debido a que el teléfono es un dispositivo compartido, quiere decir, que cumple diversas tareas o programas de manera intermitente, la frecuencia de muestreo del sensor en bruto varía con el tiempo, dependiendo de la carga del procesador, lo cual tendría una gran

incidencia en la capacidad de teléfono en medir los metros recorridos (Juen, Cheng, Prieto-Centurion, Krishnan, & Schatz, 2014).

Otro fundamento importante es la velocidad del paciente, ya que existe una tendencia a disminuir al principio y al final de la vuelta (Juen, *et al.*, 2015) lo cual puede tener la facultad de disminuir la exactitud de los sensores embebidos.

Para esto se ha trabajado en un sofisticado sistema de captura de movimiento en un hospital de rehabilitación, el cual permitirá el registro exacto de la longitud de zancada cuando ocurra un paso, de modo que se puede desarrollar un modelo para predecir con exactitud la velocidad instantánea (Juen, *et al.*, 2015).

Dentro de esto es necesario investigar el tipo de algoritmo usado, ya que uno que implementa periodos de bloqueo y compara la similitud de cada *peaks* con los pasos anteriores, en lugar de un umbral, puede producir una detección exacta del impacto del pie en un teléfono inteligente (Capela, *et al.*, 2015).

Uno de los puntos fuertes de esta investigación es la gran cantidad de sujetos participantes (n=96), así como también que sean sanos, ya que

principalmente los dispositivos son calibrados para esta población (Juen, *et al.*, 2015). Esto puede verse como una ventaja o desventaja según el punto de vista. Por un lado puede que diversos algoritmos de clasificación de movimiento identifiquen incorrectamente los movimientos del paciente enfermo. O al mismo tiempo, puedan poseer mayor exactitud al tener menor exigencia por parte de los sujetos enfermos, por lo que sería más sencillo adaptarse a las características de los movimientos inusuales de estos pacientes. Cualquiera sea la premisa, los teléfonos móviles presentan procesadores integrados que tienen la capacidad de resolver estos problemas (Juen, *et al.*, 2015).

Otro de los puntos fuertes, son las características del tamaño de muestra, que posee un rango etario definido, lo que aumenta la exactitud del modelo (Juen, *et al.*, 2014). Por lo que esperamos que la información demográfica se pueda utilizar en trabajos futuros para generar algoritmos más exactos para la población.

9. CONCLUSIÓN

Se diseñó un algoritmo novedoso que utiliza un teléfono inteligente para ejecutar la PC6M en 96 sujetos participantes sanos de primer año de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valparaíso. Dicha aplicación mostró un error promedio absoluto de 3,1%, indicando una subestimación de tan solo 19 metros. Sin embargo, este valor no permite que la aplicación sea considerada como exacta.

A pesar de lo descrito, es importante que la tecnología este íntimamente relacionada con la facilitación del diagnóstico, tratamiento y seguimiento de la población, por lo que los monitores continuos del estado de salud mediante la evaluación y análisis de la marcha con teléfonos móviles puede resultar de gran beneficios para los sistema de salud.

Por ende, se necesitará evaluar la efectividad y eficacia de los sensores embebidos así como de las variables que puedan afectar el correcto funcionamiento del *iPhone* para que de esta manera en un futuro cercano se pueda proporcionar medidas de resultado clínicamente relevantes para los pacientes y la PC6M.

10.REFERENCIAS

1. AbuKhoua, E., Mohamed, N., & Al-Jaroodi, J. (2012). e-Health cloud: opportunities and challenges. *Future Internet*, 4(3), 621-645.
2. Akter, S., & Ray, P. (2010). mHealth-an ultimate platform to serve the unserved. *Yearb Med Inform*, 2010, 94-100.
3. American Thorax Society (ATS) Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. (2002). ATS Statement: guidelines for the six minute walk test *Am J Respir Crit Care Med* 166: 111-117
4. Apple Inc., (2013). Apple presenta el iPhone 5s - el teléfono inteligente más avanzado del mundo. Disponible en: <https://www.apple.com/es/newsroom/2013/09/10Apple-Announces-iPhone-5s-The-Most-Forward-Thinking-Smartphone-in-the-World/>
5. Apple Inc., (2016). iPhone SE. Disponible en: <https://www.apple.com/cl/iphone-se/?&cid=wwa-cl-kwg-iphone&cp=iphonese>
6. Apple Inc., (2017). Compara los modelos de iPhone. Disponible en: <https://www.apple.com/cl/iphone/compare/>

7. Apple Inc., (2018). Compara los modelos de iPhone. Disponible en: <https://www.apple.com/cl/iphone/compare/>
8. APPLESFERA, (2015). La evolución del iPhone, del 2007 al 2015. Disponible en: <https://www.applesfera.com/iphone/la-evolucion-del-iphone-del-2007-a-2015>
9. Aránguiz, H., García, V., Rojas, S., Salas, C., Martínez, R., & Mac Millan, K. (2010). Estudio descriptivo, comparativo y correlacional del estado nutricional y condición cardiorrespiratoria en estudiantes universitarios de Chile. *Revista chilena de nutrición*, 37(1), 70-78.
10. Bai, Y. W., Yu, C. H., & Wu, S. C. (2014). Using a three-axis accelerometer and GPS module in a smart phone to measure walking steps and distance. In *Electrical and Computer Engineering (CCECE), 2014 IEEE 27th Canadian Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
11. Baz, A., Ferreira, I., Álvarez, M., & García, R. (2009). Dispositivos móviles. *EPSIG Ing. Telecomunicación Universidad de Oviedo*.
12. Benenson, Z., Gassmann, F., & Reinfelder, L. (2013). Android and iOS users' differences concerning security and privacy. In *CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 817-822). ACM.
13. Black, A. D., Car, J., Pagliari, C., Anandan, C., Cresswell, K., Bokun, T., McKinstry, B., Procter, R., Majeed, A., & Sheikh, A. (2011). The impact of eHealth on the quality and safety of health care: a systematic overview. *PLoS Med*, 8(1), e1000387.

14. Blanco, P., Camarero, J., Fumero, A., Warterski, A., & Rodríguez, P. (2009). Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles. Introducción al desarrollo con Android y el iPhone. *Dr. en Ing. Sist. Telemáticos*, 1-30.
15. Brooks, G. C., Vittinghoff, E., Iyer, S., Tandon, D., Kuhar, P., Madsen, K. A., & Olgin, J. E. (2015). Accuracy and Usability of a Self-Administered Six-Minute Walk Test Smartphone Application. *Circulation: Heart Failure*, CIRCHEARTFAILURE-115.
16. Canavilhas, J. (2013). Modelos informativos para aparatos móviles: información hipermultimediatca y Personalizada. *Hacia el Periodismo Móvil, Santiago de Chile, RMC/CI*, 20-32.
17. Capela, N. A., Lemaire, E. D., & Baddour, N. (2015). Novel algorithm for a smartphone-based 6-minute walk test application: algorithm, application development, and evaluation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 12(1), 19.
18. Carroll, A., & Heiser, G. (2010). An Analysis of Power Consumption in a Smartphone. In *USENIX annual technical conference* (Vol. 14, pp. 21-21).
19. Casanova, J. G. (2014). *Propuesta, implementación y evaluación de la biometría de firma en el aire como sistema de verificación en teléfonos móviles* (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid).

20. Cordero, A., Masiá, M. D., & Galve, E. (2014). Ejercicio físico y salud. *Revista Española de Cardiología*, 67(9), 748-753.
21. Cott, C., Finch, E., Gasner, D., Yoshida, K., Thomas, S., & Verrier, M. (1995). The movement continuum theory of physical therapy. *Physiotherapy Canada*, 47(2), 87-96.
22. Cruz, E., & Moreno, R., (1999). *Aparato respiratorio: fisiología y clínica*. Publicaciones Técnicas Mediterráneo.
23. Díaz, M. B. (2014). Atención Primaria de Salud. *Revista Electrónica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta*, 39(6).
24. Diccionario Actual, (2014). ¿Qué es iPhone?. Disponible en: <https://diccionarioactual.com/iphone/>
25. Echeverría, J. (2008). Apropiación social de las tecnologías de la información y la comunicación. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 4(10), 171-182.
26. García Garcés, H., Navarro Aguirre, L., López Pérez, M., & Rodríguez Orizondo, M. D. F. (2014). Tecnologías de la Información y la Comunicación en salud y educación médica. *Edumecentro*, 6(1), 253-265.
27. Gatica, D., Puppo, H., Villarroel, G., San Martín, I., Lagos, R., Montecino, J. J., Lara, C., & Zenteno, D. (2012). Valores de referencia del test de marcha de seis minutos en niños sanos. *Revista médica de Chile*, 140(8), 1014-1021.

28. Gochicoa-Rangel, L., Mora-Romero, U., Guerrero-Zúñiga, S., Silva-Cerón, M., Cid-Juárez, S., Velázquez-Uncal, M., Durán-Cuéllar, A., Salas-Escamilla, I., Mejía-Alfaro, R., & Torre-Bouscoulet, L. (2015). Prueba de caminata de 6 minutos: recomendaciones y procedimientos. *Neumología y cirugía de tórax*, 74(2), 127-136.
29. Gómez-Campos, R., Arruda, M., Almonacid-Fierro, A., Holbold, E., Amaral-Camargo, C., Gamero, D., & Cossio-Bolanos, M. A. (2014). Capacidad cardio-respiratoria de niños escolares que viven a moderada altitud. *Revista chilena de pediatría*, 85(2), 188-196.
30. Gutierrez-Clavería, C., Beroíza, T., Cartagena, C., Caviedes, I., Céspedes, J., Gutiérrez-Navas, M., Oyarzún, M., Palacios, S., & Schonfeldt, P. (2009). Prueba de caminata de seis minutos. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 25(1), 15-24.
31. Hamilton, M. T., Hamilton, D. G., & Zderic, T. W. (2007). Role of low energy expenditure and sitting in obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. *Diabetes*, 56(11), 2655-2667.
32. Heitkötter, H., Hanschke, S., & Majchrzak, T. A. (2012). Evaluating cross-platform development approaches for mobile applications. In *International Conference on Web Information Systems and Technologies* (pp. 120-138). Springer Berlin Heidelberg.
33. INFOSPYWARE, (2016). ¿QUÉ SON LOS MALWARES?. Disponible en: <https://www.infospyware.com/articulos/que-son-los-malwares/>

34. Istepanian, R. S., Jovanov, E., & Zhang, Y. T. (2004). Guest editorial introduction to the special section on m-health: Beyond seamless mobility and global wireless health-care connectivity. *IEEE Transactions on information technology in biomedicine*, 8(4), 405-414.
35. Jahan, N., Masud, M., Bubly, N. J., & Khatun, L. (2013). Walking steps counting and distance measurement on user smart phone. In 1st national conference on intelligent computing and information technology.
36. Juen, J., Cheng, Q., & Schatz, B. (2015). A natural walking monitor for pulmonary patients using mobile phones. *IEEE Journal of biomedical and health informatics*, 19(4), 1399-1405.
37. Juen, J., Cheng, Q., Prieto-Centurion, V., Krishnan, J. A., & Schatz, B. (2014). Health monitors for chronic disease by gait analysis with mobile phones. *Telemedicine and e-Health*, 20(11), 1035-1041.
38. Kumar, V., Abbas, A., Fausto, N., & Aster, J. (Ed). (2010). *Patología estructural y funcional*. Barcelona, España: Elsevier.
39. Kumar, S., Nilsen, W. J., Abernethy, A., Atienza, A., Patrick, K., Pavel, M., & Hedeker, D. (2013). Mobile health technology evaluation: the mHealth evidence workshop. *American journal of preventive medicine*, 45(2), 228-236.
40. Kummervold, P., Chronaki, C., Lausen, B., Prokosch, H. U., Rasmussen, J., Santana, S., Staniszewski, A., & Wangberg, S. (2008). eHealth trends

in Europe 2005-2007: a population-based survey. *Journal of medical Internet research*, 10(4), e42.

41. Kuo, M. H. (2011). Opportunities and challenges of cloud computing to improve health care services. *Journal of medical Internet research*, 13(3), e67.
42. Llanusa Ruiz, S. B., Rojo Pérez, N., Caraballosa Hernández, M., Capote Mir, R., & Pérez Piñero, J. (2005). Las tecnologías de información y comunicación y la gestión del conocimiento en el sector salud. *Revista Cubana de Salud Pública*, 31(3), 0-0.
43. López, J., & Fernández, A. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Ed. Médica Panamericana.
44. Madhushri P, Dzhagaryan A, Jovanov E, Milenkovic A. (2016) An mHealth tool suite for mobility assessment. *Information* 7(3): 47.
45. Mantilla, M. C. G., Ariza, L. L. C., & Delgado, B. M. (2014). Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. *Revista Tecnura*, 18(40), 20-35.
46. Molina, R., & Gallardo, J., (2017). Las tecnologías de información y comunicación: su evolución y aplicación en los negocios internacionales. *Revista de Investigación en Ciencias y Administración*, 7(12), 440-467.
47. Morillo, H. R., Pérez, F. M., & Jorquera, D. M. (2013). *Redes Inalámbricas de Sensores Inteligentes. Aplicación a la Monitorización de Variables Fisiológicas*.

48. Navarro, A., & Luty, R., (2014). Desarrollo de aplicaciones móviles (tesis de pregrado). *Universidad Nacional de la Amazonía Peruana*, Iquitos, Perú.
49. Norman, C. D., & Skinner, H. A. (2006). eHealth literacy: essential skills for consumer health in a networked world. *J Med Internet Res*, 8(2), e9.
50. Núñez, C. V., & Uribe, C. V. C. (2014). Avances y retos para implementar la telemedicina y otras tecnologías de la información (TICs). *Salud Uninorte*, 30(2), VI-VIII.
51. Organización Mundial de la Salud (2008), Informe sobre la salud en el mundo 2008: La atención primaria de salud, más necesaria que nunca. [en línea]. Ginebra 27, Suiza. Disponible en: http://www.who.int/whr/2008/08_report_es.pdf
52. Organización Mundial de la Salud (2018), Obesidad y Sobrepeso; Datos y cifras. [en línea]. Disponible en: <http://https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
53. Organista-Sandoval, J., McAnally-Salas, L., & Lavigne, G. (2013). El teléfono inteligente (smartphone) como herramienta pedagógica. *Apertura*, 5(1), 6-19.
54. Osses, R., Yañez, J., Barría, P., Palacios, S., Dreyse, J., Díaz, O., & Lisboa, C. (2010). Prueba de caminata en seis minutos en sujetos chilenos sanos de 20 a 80 años. *Revista médica de Chile*, 138(9), 1124-1130.

55. PC Magazine, (2010). Smartphone definition from PC Magazine Encyclopedia. Disponible en: <http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/51537/smartphone>
56. Pérez, D., (2009). Sistemas Embebidos y Sistemas Operativos Embebidos. *Lecturas en Ciencias de la Computación. Centro de Investigación en Comunicación y Redes (CICORE)*. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Computación, Caracas, Venezuela.
57. Pérez Samaniego, V., & Devis Devis, J. (2003). La promoción de la actividad física relacionada con la salud. La perspectiva de proceso y de resultado. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 3(10), 69-74.
58. Pino, C., & Di Salvo, R. (2013). A survey of cloud computing architecture and applications in health. In International Conference on Computer Science and Electronics Engineering.
59. Rios, R., Garcia, E., Garcia-Cabot, A., de-Marcos, L., Oton, S., Gutierrez-de-Mesa, R. B., & Bar-Magen, J. (2012). Accesibilidad en Smartphones para el acceso a contenidos e-learning. In *III Congreso Iberoamericano sobre Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual (CAFVIR 2012)*.
60. Rocon, E., Ruíz, A., Bueno, L., Ceres, R., Calderón, L., & Pons, J. L. (2003). Un nuevo sensor para medida del movimiento tembloroso basado en giroscopios. *Actas de las XXIV Jornadas de Automática (CEA-IFAC)*.

61. Rodríguez, I., Fuentes, C., Rivas, C., Molina, F., Sepúlveda, C., & Zenteno, D. (2013). Rehabilitación respiratoria en el paciente neuromuscular: efectos sobre la tolerancia al ejercicio y musculatura respiratoria. Resultado de una serie de casos. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 29(4), 196-203.
62. Rodríguez, I., Henríquez, S., Vásquez, P., & Zenteno, D. (2014). Test de caminata de seis minutos y función pulmonar en pacientes con bronquiolitis obliterante post infecciosa. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 30(2), 68-74.
63. Rodríguez Mutuberría, L., & Díaz Capote, R. (2012). Beneficios del ejercicio físico terapéutico en pacientes con secuelas por enfermedad cerebrovascular. *Revista Cubana de Medicina*, 51(3), 258-266.
64. Rodríguez, L., Folgueras, J., & Díaz, M. (2014). Medición digital de la aceleración del dedo pulgar: una aplicación médica. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 2(8).
65. Romero, T. (2009). Hacia una definición de Sedentarismo. *Revista chilena de cardiología*, 28(4), 409-413.
66. Schrage, W. G. (2008). Not a search in vein: novel stimulus for vascular dysfunction after simulated microgravity. *Journal of Applied Physiology*, 104(5), 1257-1258.
67. Serra-Grima, R., Doñate, M., Borrás, X., Rissech, M., Puig, T., Albert, D. C., Bartrons, J., Gran, F., Manso, B., Ferrer, Q., Girona, J., Casaldàliga,

- J., & Subirana, M. (2011). Prueba de esfuerzo con función cardiopulmonar en niños operados de cardiopatía congénita. Recomendaciones de ejercicio físico en el ámbito escolar. *Revista Española de Cardiología*, 64(9), 780-787.
68. Sonnenfeld, C., Sulejmani, S., Geernaert, T., Eve, S., Lammens, N., Luyckx, G., & Becker, M. (2011). Microstructured optical fiber sensors embedded in a laminate composite for smart material applications. *Sensors*, 11(3), 2566-2579.
69. Tello, E. (2007). Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) y la brecha digital: su impacto en la sociedad de México. *International Journal of Educational Technology in Higher Education (ETHE)*, 4(2).
70. Tomlinson, M., Rotheram-Borus, M. J., Swartz, L., & Tsai, A. C. (2013). Scaling up mHealth: where is the evidence?. *PLoS Med*, 10(2), e1001382.
71. Tremblay, M. S., Colley, R. C., Saunders, T. J., Healy, G. N., & Owen, N. (2010). Physiological and health implications of a sedentary lifestyle. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35(6), 725-740.
72. Trevignani, M. (2014). Salud móvil. Un estudio multidimensional de aplicaciones móviles (tesis de master). *Departamento de Comunicación y Psicología Social*. Universidad de Alicante, Alicante, España.

73. Trippolini M, Dijkstra P, Geertzen J, Reneman M. (2015) Measurement properties of the Spinal Function Sort in patients with sub-acute whiplash-associated disorders. *J Occup Rehabil.* 25(3):527-36.
74. Troiano, R. P., Berrigan, D., Dodd, K. W., Mâsse, L. C., Tilert, T., & McDowell, M. (2008). Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(1), 181.
75. Vázquez, C. A. F., de Silva, F. A. R., & Ramírez, K. A. T. (2016). Operación remota de un robot móvil usando un teléfono inteligente. *Ingenius: Revista de Ciencia y Tecnología*, (17), 29-35.
76. Vela Peña, R. (2016). Sistema de Detección de Movimientos Basado en Sensores Inerciales Integrados.
77. Vilorio Núñez, C. (2009). Tecnologías de la información para la educación, investigación y aplicación en el área de la salud. Bondades y retos. *Revista Salud Uninorte*, 25(2), 331-349.
78. Wallace, S., Clark, M., & White, J. (2012). 'It's on my iPhone': attitudes to the use of mobile computing devices in medical education, a mixed-methods study. *BMJ open*, 2(4), e001099.
79. West, J. (2008). Fisiología y fisiopatología pulmonar. Barcelona, España: Lippincott Williams & Wilkins.
80. Wu, H. (2015). Analysis of mHealth Systems with Multi-cloud Computing Offloading. In *Mobile Health* (pp. 589-608). Springer International Publishing.

81. Zeng, Q., Zhou, B., Jing, C., Kim, N., & Kim, Y. (2015). A Novel Step Counting Algorithm Based on Acceleration and Gravity Sensors of a Smart-Phone. *International Journal of Smart Home*, 9(4), 211-224.
82. Zenteno, D., Puppo, H., González, R., Pavón, D., Vera, R., Torres, R., Kuo, C., Pérez, M.A., & Girardi, G. (2008). Test de marcha de seis minutos en niños con bronquiolitis obliterante postviral: Correlación con espirometría. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 24(1), 15-19.

11. ANEXOS

Anexo 1: Afiche Publicitario

Universidad
de Valparaíso
CHILE

**!Descubre como
se encuentra tu
capacidad
respiratoria!**

**Alumnos de 1er año
Fono - EPA - OyP**

**Prueba de caminata
de 6 minutos**
Tesis de Kinesiología

+56944740392 +56976216123
tesis.pc6m@gmail.com

*Reserva tu hora
¡Te esperamos!*

Anexo 2: Normativa chilena estandarizada propuesta por la SER

PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR

1. INSTRUCCIONES AL PACIENTE

- a) En primer lugar explique al paciente en qué consiste la prueba y qué utilidad tiene: “Esta prueba permite evaluar en forma global la respuesta de su cuerpo al ejercicio”. “Refleja su nivel funcional para las actividades cotidianas”.
- b) Es muy importante que las instrucciones sean precisas y que el paciente se sienta cómodo y no atemorizado por el examen.
- c) Posteriormente instruya al paciente: “El objetivo de este examen es que camine la mayor distancia posible durante 6 minutos. Usted caminará rápido de ida y vuelta en este pasillo. Seis minutos es un tiempo largo para caminar, de modo que se va a tener que esforzar. Probablemente usted se va a sentir muy cansado o con sensación de falta de aire. Puede ir más lento, detenerse y descansar sólo si es necesario. Se puede afirmar en la pared, pero deberá volver a caminar tan pronto como le sea posible. Durante el examen no debe conversar, para no alterar su concentración y rendimiento”.
- d) Demuestre cómo se efectúa la marcha.

2. PROCEDIMIENTO

- a) Deje al paciente en reposo sentado por 10 minutos. Si el pasillo está muy alejado, se puede incorporar el uso de una silla de ruedas para el traslado al lugar de realización del examen.
- b) En la hoja para registro anote los datos personales y después agregue las variables que usted mida: presión arterial, SpO₂, la frecuencia respiratoria y el pulso.
- c) Realice cuestionario al paciente para asegurarse que no tenga contraindicaciones.
- d) Muéstrelle la Escala de Borg11 y pídale que indique su nivel de fatiga y disnea en la escala. Asegúrese de que el paciente haya comprendido cómo indicará la magnitud de su disnea.
- e) Mida la SpO₂.

3. TEST DE MARCHA DE 6 MINUTOS

- a) Inicie la caminata con el cronómetro programado para 6 minutos, sin detenerlo hasta terminar el examen.
- b) Anote cada vuelta en su hoja de registro.
- c) Estimule verbalmente al paciente cada 1 minuto según lo indicado, para que continúe caminando la máxima distancia que él pueda en 6 minutos.

4. FINALIZACIÓN DEL EXAMEN

- a) Al completar 6 minutos desde el inicio del examen.
- b) De inmediato mida la SpO2, la frecuencia respiratoria y la frecuencia cardíaca, anótelas, al mismo tiempo que el paciente indica en la escala de Borg cuál es la magnitud de su disnea y después cuál es la magnitud de su fatiga.
- c) Camine con el paciente hasta una silla para que descanse 10 minutos. Si en cualquier momento aparecen síntomas o signos de alarma, evalúe al paciente de inmediato, en reposo, y solicite la atención médica en caso de persistencia o mayor gravedad de sus síntomas o signos, según fue descrito en el protocolo de este examen.
- d) Mida la frecuencia respiratoria, el pulso, la presión arterial y la SpO2 a los 2 y 5 minutos de terminada la prueba, anótelos en su registro.
- e) Si después de descansar 10 min el paciente está en su condición basal, estable y sin síntomas ni signos de alarma, el examen está terminado.

Anexo 3: Planilla de Registro

PLANILLA DE REGISTRO

N°	Código	Forma Manual			Smartphone		
		Distancia caminada	Valor teórico esperado	Porcentaje del valor predicho	Distancia caminada	Valor teórico esperado	Porcentaje del valor predicho
01	105-JAHB- 01						
02							
03							
04							
05							

Anexo 4: Estímulos estandarizados por la SER

ESTANDARIZACIÓN DEL ESTÍMULO DURANTE EL EXÁMEN

El estímulo aumenta significativamente la distancia recorrida. Para lograr buena reproducibilidad del examen este estímulo debe estar estandarizado y debe ser realizado siempre igual.

PROCEDIMIENTO

- a) Al iniciar el examen se debe decir al paciente que lo está haciendo “muy bien”.
- b) Al completar 1 minuto se le debe decir: “lo está haciendo bien, le quedan 5 minutos”.
- c) Al completar 2 minutos se le debe decir: “siga haciéndolo bien, le quedan 4 minutos”.
- d) Al completar 3 minutos se le debe decir: “lo está haciendo bien, ha completado la mitad del tiempo”.
- e) Al completar 4 minutos se le debe decir: “siga haciéndolo bien, le quedan sólo 2 minutos”.
- f) Al completar 5 minutos se le debe decir: “lo está haciendo bien, le queda sólo 1 minuto”.
- g) Si el paciente se detiene durante el examen y necesita descansar, se le debe decir: “puede apoyarse contra la pared si lo desea; continúe caminando en cuanto se sienta capaz de hacerlo”.
- h) Cuando falten 15 segundos se le debe decir: “en un momento le voy a indicar que se detenga donde esté, yo iré hasta donde usted se detuvo”.
- i) Al finalizar el examen se debe registrar al igual que al inicio la magnitud de la disnea y de fatiga de extremidades inferiores según la escala de Borg, cuidando de no influenciar el resultado.
- j) Al finalizar la prueba es importante felicitar al paciente por su esfuerzo. No debe quedar con una mala experiencia después del examen.
- k) Mientras el paciente descansa sentado, mídale la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria, la SpO₂, la presión arterial, a los 2 y a los 5 min de terminada la caminata.

Anexo 5: Tabla de Registro

TABLA DE REGISTRO

PRUEBA DE CAMINATA 6 MINUTOS

Nombre:

RUT:

Diagnóstico:

Fecha:

Edad: años

Estatura: cm **Peso:** kg

Presión sanguínea: /mmHg

Medicamentos tomados antes del examen:

Oxígeno suplementario durante el examen: NO: SI: L/min.

Dimensión	Basal	Final	Recuperación 5 min
Tiempo (hora,min)			
Frecuencia Cardíaca (ciclos/min)			
Frecuencia Respiratoria (ciclos/min)			
Saturometría O2 (%)			
Disnea (Escala de Borg)			
Fatiga (Escala de Borg)			

¿Se detuvo antes de los 6 minutos? NO: SI: Razón:

Otros síntomas al finalizar el examen:

	% Teórico	Valor teórico	LIN*
Metros caminados en 6 minutos			

*Referencia de valor teórico utilizado. **LIN= Límite inferior de normalidad.