



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS

ANÁLISIS DE LOS DISPOSITIVOS VESTIBLES UTILIZADOS  
EN REDES WBAN

AUTOR

Darwin David Suárez Jurado

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ANÁLISIS DE LOS DISPOSITIVOS VESTIBLES UTILIZADOS EN REDES  
WBAN

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Información.

Profesor Guía

MSc. Luis Santiago Criollo Caizaguano

Autor

Darwin David Suárez Jurado

Año

2019

## DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA.

“Declaro haber dirigido el trabajo, Análisis de los dispositivos vestibles utilizados en redes WBAN, a través de reuniones periódicas con el estudiante Darwin David Suárez Jurado, en el semestre 201920, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Luis Santiago Criollo Caizaguano  
Máster en Redes de Comunicaciones  
CI: 1717112955

## DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR.

“Declaro haber revisado este trabajo, Análisis de los dispositivos vestibles utilizados en redes WBAN, del estudiante Darwin David Suárez Jurado, en el semestre 201920, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Ángel Gabriel Jaramillo Alcázar  
Magister en Gerencia de Sistemas y en  
Tecnologías de la Información  
CI: 1717112955

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE.

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

---

Darwin David Suárez Jurado

CI:1722782172

## AGRADECIMIENTOS

La vida regala cosas magnificas, una de esas cosas que me regaló, fue poder tener una familia en la que puedo contar incondicionalmente. Agradezco a mi madre que, con su amor, me enseñó los valores de la vida misma. A mi hermano que, con su apoyo, hace posible que se cumplan mis metas y, por último, agradezco a mis grandiosos amigos que lograron hacerme entender que la amistad incondicional existe. Agradezco a Dios por poder existir.

## DEDICATORIA

El resultado del esfuerzo y entrega que he aplicado a lo largo de mi carrera profesional principalmente es gracias a la familia que tengo en mi vida. Sin ellos, todo esto no sería posible, es por esta razón, que la dedicatoria de la tesis realizada va dirigida hacia mi madre, hermano y mi familia en general.

## RESUMEN

La tecnología vestible es tema de análisis e investigación poco explorado por los investigadores, sin embargo, con el alza de dispositivos existentes en la actualidad, es necesario entender que se debe evolucionar junto a ellos tal y como sucedió con los teléfonos inteligentes. El propósito de este trabajo de titulación pretende comparar distintos parámetros de análisis que los dispositivos poseen, todo esto con el fin de elegir el más conveniente acorde con los requerimientos de una persona natural o giro de negocio de una entidad.

Los dispositivos vestibles están en la primera generación de su desarrollo, es por esta razón, que los parámetros de análisis escogidos en este trabajo de titulación fueron encontrados minuciosamente por artículos científicos y fuentes confiables de la web, en los que autores destacan su importante valía en el uso además de redes WBAN. Los parámetros escogidos en total fueron siete, enumerados a continuación: 1) Conectividad, 2) Duración Batería, 3) Aplicación, 4) Precio, 5) Seguridad, 6) Tamaño y 7) Tipo de dispositivo.

La forma de visualizar el análisis comparativo de los distintos dispositivos vestibles con sus parámetros específicos muestra tablas en las que se detalla con símbolos gráficos que parámetros son los que poseen de acuerdo con escalas de valoración respectivos. No obstante, la intuición de la persona o entidad que ejecuta el acto de elección de un dispositivo juega un papel importante.

Finalmente, el trabajo de titulación presentado aquí muestra hasta cierto punto, una vía alternativa de poder coexistir con los dispositivos vestibles usados en redes WBAN, que quiere decir, los dispositivos que conforman una red sensores colocados en el cuerpo humano y que interactúan incluso cuando el usuario este activo.



## ABSTRACT

Wearable technology is a subject of analysis and research little explored by researchers, however, with the rise of existing devices today, it is necessary to understand that we must evolve together with them as it happened with smartphones. The purpose of this titling work is to compare different parameters of analysis that the devices have, all in order to choose the most suitable according to the requirements of a natural person or business of an entity.

The wearable devices are in the first generation of their development, for this reason, that the parameters of analysis chosen in this work of titration were meticulously by scientific articles and reliable sources of the web, in which authors highlight its important value in the use in addition to WBAN networks. The parameters chosen in total were seven, listed below: 1) Connectivity, 2) Battery life, 3) Application, 4) Price, 5) Security, 6) Size and 7) Type of device.

The way to visualize the comparative analysis of the different wearable devices with their specific parameters shows tables in which it is detailed with graphical symbols which parameters are those that they have according to respective valuation scales. However, the intuition of the person or entity that executes the act of choosing a device plays an important role.

Finally, the degree work presented here shows, to some extent, an alternative way of coexisting with wearable devices used in WBAN networks, which means the devices that make up a sensor network placed in the human body and that interact even when the user is active.

# ÍNDICE

1.	CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Objetivo General .....	2
1.1	Objetivos específicos .....	2
1.2	Alcance .....	2
1.3	Justificación.....	3
2.	CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1	Dispositivo vestible .....	3
2.1.1	Características.....	4
2.1.2	Ventajas y Desventajas .....	4
2.1.2.1	Ventajas .....	4
2.1.2.2	Desventajas .....	5
2.1.3	Clasificación de los dispositivos vestibles .....	6
2.1.3.1	Formas de productos .....	7
2.1.3.2	Funciones del producto .....	7
2.1.3.3	Accesorios, E-Textiles y E-Patches.....	7
2.1.4	Dispositivos vestibles existentes .....	9
2.1.4.1	Accesorios.....	10
2.1.4.2	Textiles electrónicos (E-Textiles).....	20
2.1.4.3	Parches electrónicos (E-Patches) .....	22
2.1.5	Aplicaciones.....	25
2.1.5.1	Salud y Medicina .....	25
2.1.5.2	Fitness y Bienestar .....	25
2.1.5.3	Militar .....	26
2.1.5.4	Industrial.....	26
2.1.5.5	Infoentretenimiento.....	27
2.1.5.6	Turismo .....	27
2.2	Redes WBAN.....	28
2.2.1	Definición.....	28

2.2.2	Usabilidad.....	28
2.2.2.1	Servicio local .....	28
2.2.2.2	Servicio remoto .....	29
2.3	Eficiencia Energética.....	30
2.3.1	Progreso de las baterías .....	30
2.3.2	Eficiencia energética relacionada a sensores .....	31
2.3.2.1	Selección de sensores .....	31
2.3.2.2	Muestreo Adaptativo .....	32
2.3.3	Reabastecimiento de energía recolectada .....	32
2.3.3.1	Reabastecimiento de energía solar recolectada .....	33
2.3.3.2	Reabastecimiento de energía cinética recolectada.....	33
2.3.3.3	Reabastecimiento de energía termoeléctrica recolectada .....	34
2.4	Seguridad .....	34
2.4.1	Confidencialidad .....	35
2.4.1.1	Ataques de escucha .....	35
2.4.1.2	Ataques analizando el tráfico .....	35
2.4.2	Integridad.....	35
2.4.2.1	Ataques de modificación .....	36
2.4.2.2	Ataques de repetición.....	36
2.4.2.3	Ataques con clones falsos .....	37
2.4.3	Disponibilidad .....	37
2.4.4	Mitigaciones.....	37
2.4.4.1	Mitigación en confidencialidad e integridad .....	38
2.4.4.2	Mitigación en disponibilidad.....	39
2.5	Protocolos.....	39
2.5.1	BLE ( <i>Bluetooth Low Energy</i> ) .....	40
2.5.2	NFC ( <i>Near Field Communication</i> ) .....	40
2.5.3	Protocolo SCP ( <i>Self-Calibrating Protocol</i> ) .....	40
2.5.4	Protocolo BindTrackerUser .....	41
3.	<b>CAPÍTULO III. DESARROLLO</b> .....	41
3.1	Metodología .....	41

3.2	Parámetros para analizar .....	42
3.2.1	Tipo de conectividad .....	43
3.2.2	Duración de la batería.....	44
3.2.2.1	Escalas de valoración .....	45
3.2.3	Aplicación .....	46
3.2.4	Precio .....	46
3.2.4.1	Escalas de valoración .....	47
3.2.5	Seguridad .....	49
3.2.6	Tamaño .....	50
3.2.7	Tipo de dispositivo vestible .....	51
4.	<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS COMPARATIVO</b> .....	51
4.1	Dispositivos vestibles en la India.....	51
4.2	Dispositivos vestibles en IoT .....	53
4.2.1	Arquitectura dispositivo vestible en IoT.....	54
4.2.1.1	WBAS .....	55
4.2.1.2	Gateways conectados al Internet .....	55
4.2.1.3	Cloud y Big Data .....	56
4.3	Tablas comparativas .....	57
4.3.1	Tabla comparativa accesorios – relojes inteligentes .....	58
4.3.2	Tabla comparativa accesorios – pulseras inteligentes .....	59
4.3.3	Tabla comparativa accesorios – gafas inteligentes .....	60
4.3.4	Tabla comparativa accesorios – auriculares inteligentes .....	61
4.3.5	Tabla comparativa accesorios – joyería inteligente.....	62
4.3.6	Tabla comparativa accesorios – correas inteligentes.....	63
4.3.7	Tabla comparativa e-textiles – ropa inteligente .....	64
4.3.8	Tabla comparativa e-textiles – zapatos, guantes y medias inteligentes.....	65
4.3.9	Tabla comparativa e-patches – parches de sensores .....	66
4.3.10	Matriz comparativa de tecnologías.....	68
5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	73

5.1 Conclusiones .....	73
5.2 Recomendaciones.....	74
REFERENCIAS .....	75
ANEXOS.....	84

## 1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la tecnología no solo está ligada a poseer un aparato o dispositivo electrónico relativamente cerca de nosotros, como por ejemplo un teléfono móvil, una computadora, un microondas inteligente, una Smart TV o una consola de video juegos, sino que va mucho más allá. WT (*Wearable Technology*), consiste en el tipo de tecnología, que describe la utilización de dispositivos conectados al Internet, pero usándolos a manera de atuendo, es decir, usar accesorios o indumentaria de uso diario, como, por ejemplo: relojes inteligentes, lentes inteligentes, pantalones, zapatos, camisetas, en fin, dispositivos inteligentes capaces de llevar puestos en el cuerpo. *Wearables Devices*, término inglés que quiere decir “que se puede llevar puesto”, cuya traducción más cercana en español es dispositivos vestibles.

La razón principal por la que la tecnología está en auge en estos momentos es que se los puede usar para propósitos estrictamente definidos si se los estudia y categoriza a profundidad. En 1966, un profesor del instituto de *Massachusetts*, invento un par de zapatos que podían usarse para hacer trampa en la ruleta, este par, fue el primer dispositivo vestible en el mundo (He Jiang, 2015).

En comparación con los teléfonos inteligentes y las computadoras portátiles, los dispositivos vestibles ofrecen a los consumidores una mayor comodidad. Esta conveniencia se puede atribuir a su peso ligero, accesibilidad, posibilidad de uso mientras el usuario está en movimiento, posibilidad de usar comandos que no son del teclado, como voz y gestos con las manos, y le proporciona control al usuario. (Kalantari, 2017).

Esta idea sobre los dispositivos vestibles o wearables, nos dan un enfoque de que en un futuro no muy lejano nuestra vida estará literalmente conectada al Internet, no quiere decir que esto vaya a violar nuestra privacidad, pero si habrá que incluir mucha más seguridad en la información que se despliega a través de nuestros dispositivos wearables. La industria y el comercio agilizarán sus

procesos, dando así, una mejor calidad de vida a las personas y aumentando la economía masivamente.

### 1.1 Objetivo General

Analizar los diferentes dispositivos vestibles utilizados en redes WBAN.

### 1.1 Objetivos específicos

- Realizar una investigación para la recopilación de información de cada uno de los distintos dispositivos vestibles.
- Clasificar cada dispositivo dependiendo del área de aplicación, la necesidad y los requerimientos.
- Realizar un análisis comparativo tomando en cuenta la aplicación de dichos dispositivos.

### 1.2 Alcance

El presente anteproyecto de titulación tiene como alcance realizar una investigación profunda a través de la recopilación de información en documentos científicos y fabricantes de tecnología, acerca de los diferentes dispositivos vestibles (*weareables devices*) usados en redes WBAN (*Wireless Body Area Network*).

Se recopilarán los datos y características más importantes de los dispositivos investigados. Además, se desarrollará un análisis comparativo tomando en cuenta las necesidades, los requerimientos, los recursos y la aplicación de cada uno de los dispositivos.

### 1.3 Justificación

Al usar la tecnología de dispositivo vestible correcta de acuerdo con el problema que las personas posean, se agilizaría la calidad en la toma de decisiones de cada persona y las actividades relacionadas a su vida diaria estarían más centradas, así mismo, el agilizar procesos en la industria, dando una idea de que dispositivo vestible encajaría mejor su proceso o giro de negocio.

Al haber tal cantidad de dispositivos vestibles hoy en día, una forma más rápida de clasificarlos de acuerdo con su categoría y características automatizaría la manera de consumir el producto correcto pensando en la calidad de vida de las personas.

## 2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrollará una conceptualización de los diferentes términos usados en el tema, características de dispositivos vestibles y redes WBAN, clasificación, los diferentes dispositivos vestibles existentes en la actualidad, eficiencia energética, temas de seguridad, protocolos, computación portátil y, además conceptos y funcionalidades de las redes WBAN.

### 2.1 Dispositivo vestible

Definición:

Existen muchas definiciones válidas para definir un dispositivo vestible (wearable), sin embargo, se puede decir que los dispositivos vestibles son aquellos dispositivos tecnológicos que están adheridos en el cuerpo humano y, por ende, cumplen características específicas como la portabilidad, la disponibilidad y la accesibilidad (Jiang, Chen, Shuwei Zhang, Xin Zhang, Kong, & Tao Zhang, 2017). Si bien es cierto que, los teléfonos móviles cumplen en cierta forma con algunas de estas características, un dispositivo vestible va más allá de eso.



### 2.1.1 Características

Investigadores de la Universidad de Tecnología Dalian, en China, indican que lo que hace a un dispositivo vestible diferente de un teléfono portátil, son las siguientes características (Jiang, Chen, Shuwei Zhang, Xin Zhang, Kong, & Tao Zhang, 2017):

- El usuario puede hacer uso del dispositivo mientras esta o no en movimiento.
- El dispositivo es capaz de ser utilizado, aunque las manos del usuario estén libres u ocupadas con algo.
- El dispositivo debe tener la capacidad de formar parte total de la ropa de la persona y no simplemente que este adherido al cuerpo.
- Se considera un dispositivo vestible, siempre y cuando el usuario pueda tener el control sobre él.
- Disponibilidad completa del dispositivo para con el usuario.

### 2.1.2 Ventajas y Desventajas

Los dispositivos vestibles, al ser tendencia en un futuro próximo, pueden ser tachados únicamente como ventajosos, sin embargo, a medida que un producto o tendencia tecnológica aparece, nuevas formas de evadir la seguridad informática y ataques también aparecen. Por esta razón, se debe nombrar ventajas y desventajas de los dispositivos vestibles. (Jhajharia, S.K. Pal, Verma, 2014).

#### 2.1.2.1 Ventajas

Multitarea: capacidad de realizar funciones cuando el usuario no está activamente interactuando con el dispositivo vestible, si no, involucrado en otras

actividades del entorno que lo rodea. Esto lo hace ideal para monitorear los hábitos diarios de una persona. Por ejemplo, el reloj inteligente *Apple Watch*.

Consistente: se refiere a la capacidad de interacción entre humano – dispositivo, lo que evita el estar encendiéndolo o apagándolo. Por ejemplo, la ropa inteligente Athos.

No restrictivo: Se lo puede usar aun haciendo otras actividades. Por ejemplo, la pulsera inteligente Empática E4.

Sin distracciones: A diferencia de un juego virtual o similares a estos, los dispositivos vestibles no desconectan al usuario de la realidad. Por ejemplo, los relojes, pulseras, ropa y auriculares inteligentes.

Atención aplicada: Los dispositivos vestibles están capacitados para aprender experiencias e información tomada del usuario, y así poder dar consejos o indicaciones al tiempo del usuario, ya que son contextualmente consientes. Por ejemplo, las gafas inteligentes Google Glass.

Difícil de perder: Al encontrarse prácticamente adheridos al cuerpo humano, en ropa o accesorios de vestimenta, es muy poco probable que se pierdan. Por ejemplo, el dispositivo inteligente de joyería *Bellabeat Leaf*.

Comunicación: El enfoque de dispositivos comunicativo va más allá de lo que los teléfonos móviles nos presentan. Un dispositivo vestible es comunicativo, porque tiene la capacidad de no suspender la rutina de trabajo, al tiempo que te da información de los sistemas de información empresariales. Por ejemplo, la correa inteligente *AMPY Move*.

Movilidad: Indica la capacidad de poder funcionar y operar en cualquier lugar, literalmente hablando, yendo siempre a donde el usuario va, sin restricciones de disponibilidad. Por ejemplo, la pulsera inteligente *FitBit Flex 2*.

#### 2.1.2.2 Desventajas

Seguridad: Al momento, la seguridad, se convierte en una desventaja, porque no existen soluciones sólidas para solventarlo. Los dispositivos vestibles están hechos para comunicarse fácilmente con los servidores de la compañía, y las personas del otro lado, ya sea que se encuentren en el campo o en la ciudad,

sin mayores impedimentos de flujo de información. Esto hace a los dispositivos bastante vulnerables, porque las fuentes externas podrían usar este robo de información personal o empresarial para sus propios beneficios. Por ejemplo, el reloj inteligente *Pebble Time*.

Costo: Al estar en auge, los dispositivos vestibles cada vez mejoran más sus funciones y características, perfeccionándolas, sin embargo, esto conlleva grandes costos de construcción y mantenimiento de computación portátil. Lo que hace que el dispositivo final que sale al mercado sea costoso. Por ejemplo, las gafas inteligentes Microsoft HoloLens 2.

Incomodidad: Pueden resultar incómodos para el usuario, principalmente en estaciones cálidas y húmedas en donde existe calor, esto debido a que los dispositivos vestibles emiten calor, al igual que los teléfonos móviles. Además, pueden ocasionar mareos y dolores de cabeza. Por ejemplo, las gafas inteligentes Microsoft HoloLens.

Peso: Los dispositivos vestibles necesitan bastantes componentes tecnológicos que resultan ser pesados, al igual que una computadora, los dispositivos poseen una unidad central de procesamiento CPU, periféricos, batería, pantalla o monitor que muestre datos y el material del que están hechos puede incluso aún ponerlos más pesados. Por ejemplo, el casco inteligente LifeBEAM.

### 2.1.3 Clasificación de los dispositivos vestibles

Distintos autores clasifican a los dispositivos vestibles de acuerdo con una serie de elementos o parámetros alineados al uso o aplicación para los que pueden ser utilizados. Las normas para clasificarlos, básicamente, van en contraste con la forma que tienen, funcionalidades y en qué parte del cuerpo se los va a utilizar.

Los dispositivos vestibles, dicho por Mahdokht Kalantari, pueden clasificarse en dos grandes grupos, 1) Formas de productos y 2) Funciones del producto, a continuación, se los describirá (Kalantari, 2017):

### 2.1.3.1 Formas de productos

Esta clasificación se refiere a los dispositivos que pueden ser utilizados de forma manual (manos, anillos), en la cabeza (casco, lentes, gafas), los pies (zapatos, medias), muñecas, y vestimenta corporal (pantalones, sacos, ropa interior). (Jiang, Chen, Shuwei Zhang, Xin Zhang, Kong, & Tao Zhang, 2017). La clasificación de formas de productos, dan una idea al usuario o empresa de que dispositivo es el más acorde con lo que se desea realizar.

### 2.1.3.2 Funciones del producto

Corresponde a las funciones que los distintos dispositivos poseen, como los que participan en temas de salud (pulsera inteligente, pulsera deportiva), consulta de información (*Smart glasses*, reloj inteligente), y con relación al sistema somatosensorial cuyo ejemplo sería un dispositivo que controla el sistema somatosensorial (somatosensory controller). (Jiang, Chen, Shuwei Zhang, Xin Zhang, Kong, & Tao Zhang, 2017). Las funciones del producto, en pocas palabras, administra todos los temas en los que se puede usar dispositivos vestibles, calificándolos por su utilización.

### 2.1.3.3 Accesorios, E-Textiles y E-Patches

No obstante, existen quienes profundizan más en el tema, y clasifican a los dispositivos de acuerdo con el uso, como: Medicina, Infoentretenimiento, estilo de vida, información y juegos. (Kalantari, 2017). Además, Mesut Cicek, destaca que existen posibilidades de clasificar a estos dispositivos vestibles, por tipos: Dispositivos vestibles para la salud, Dispositivos vestibles para textiles y Dispositivos vestibles para electrónica (Cicek, 2015). Así como también, investigadores y científicos de la Universidad de Sídney, Australia, basan su clasificación en tres categorías que son (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017):

## **Accesorios**

Corresponden al subgrupo de los dispositivos que se pueden colocar como accesorios en el cuerpo, como ya se lo ha dicho previamente, tales como, relojes inteligentes, auriculares inteligentes, muñequeras, gafas inteligentes, auriculares y joyería inteligentes. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

## **E-Textiles (Textiles electrónicos)**

Los E-Textiles son los dispositivos vestibles que corresponden al subgrupo de las prendas de vestir inteligentes, tales como, ropa y zapatos inteligentes. Se los usa principalmente para detectar problemas fisiológicos en las personas en aplicaciones como deportes y salud. Además, son utilizados en aplicaciones terapéuticas y para entornos militares en ambientes peligrosos. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

## **E-Patches (Parches electrónicos)**

Es el grupo de clasificación para los dispositivos vestibles cuya característica principal radica en parches que se pueden adherir o tatuar en la piel, ya que poseen sensores electrónicos pequeños similares a la piel. Diseñados principalmente para aplicaciones de monitorización fisiológicas y con fines hápticos. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

La figura 1, muestra claramente la forma en que los autores los clasifican:

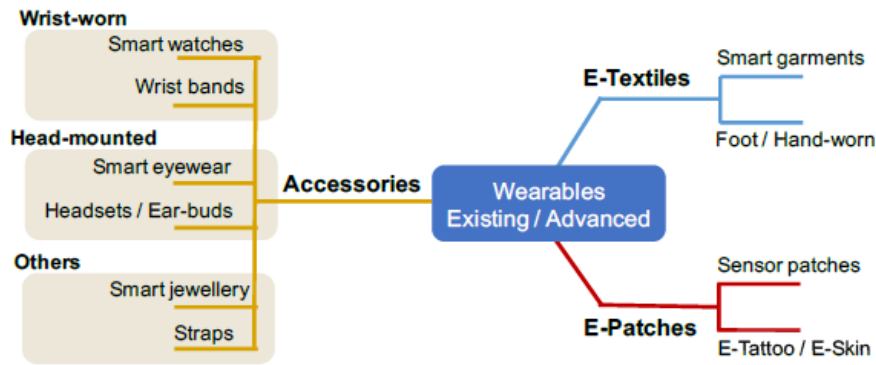


Figura 1. Clasificación de Dispositivos vestibles.

Tomado de (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

#### 2.1.4 Dispositivos vestibles existentes

Para nombrar los dispositivos inteligentes existentes en la actualidad se tomará como referencia la clasificación enfocada desde un punto de vista material, como son los grupos de dispositivos vestibles clasificados como: Accesorios, E-Textiles y E-Patches.

La figura 2, muestra algunos de los dispositivos vestibles existentes.



Figura 2. Variedad de dispositivos vestibles existentes.

Tomado de (Jiang, Chen, Shuwei Zhang, Xin Zhang, Kong, & Tao Zhang, 2017)

#### 2.1.4.1 Accesorios

Este grupo se basa en la aplicación que tienen los dispositivos vestibles como accesorios en: muñecas, montados en la cabeza y otros accesorios.

##### **Uso en muñequeras (*Wrist-Worn*)**

###### Relojes inteligentes (*Smart watches*)

Los *smart watches*, son los dispositivos más populares hoy en día, principalmente por las características que ofrecen al usuario. Básicamente la funcionalidad de los *smart watches* es doble, es decir, en primer lugar, posee la funcionalidad de proveer información tanto en comunicación y notificación, sirviendo como una herramienta adicional a los teléfonos móviles, enviando SMS, correos electrónicos, control de la voz, llamadas telefónicas y actualizaciones de clima. En segundo lugar, los *smart watches* pueden detectar movimientos fisiológicos en el cuerpo, como, por ejemplo, registrar la actividad física, contar pasos diarios dados, monitorear el ritmo cardiaco del usuario, calorías quemadas; Los datos son almacenados y se transfieren al dispositivo móvil o a un servidor en la nube, para que el usuario o cualquier empresa que analiza esos datos y que además pueda ofrecer servicios asociados al análisis de los datos obtenidos. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

Un ejemplo de *smart watch*, es el Moto 360, creador por *Motorola Mobility* y lanzado al mercado en el 2014. Moto 360 funciona con el sistema operativo *Android Wear*, lo que lo hace poder trabajar y tener la capacidad de conectarse a teléfonos móviles Android, tanto vía Bluetooth, por medio de Bluetooth LE (*Bluetooth Low Energy*), y por medio de red WiFi, siempre y cuando el *Smart watch* y el teléfono estén conectados a la misma red WiFi. Además, posee la característica de conectarse independientemente al Internet, tal y como lo hacen los celulares, vía red celular. Moto 360 trabaja juntamente con la aplicación Google Fit, la cual tiene la capacidad de registrar y dar un seguimiento a los usuarios sobre la actividad física diaria, tales como, correr, caminar o andar en

bicicleta. Los *smart watches*, generalmente tienen los sensores necesarios para resalir estas acciones, como son: sensores hápticos con motores de vibración, sensores ópticos para el ritmo cardiaco, micrófono, giroscopios y acelerómetros. La figura 3 muestra el reloj inteligente Moto 360.



Figura 3. Moto 360.

Tomado de (Motorola, 2019).

En cuanto a los datos técnicos, Moto 360, posee una CPU de cuatro núcleos a 12 GHz, memoria interna de 4GB y 512MB de RAM. La pantalla de Moto 360, es tipo *LCD backlit*, parecida a las actuales pantallas *AMOLED*, la batería, *Li-Poly battery*, de 300 a 400 miliamperios, tiene la capacidad de durar de un día y medio, a dos días, sin carga. (Seneviratne, hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017). Algunos otros ejemplos de Smart watches son:

- Apple iWatch
- Samsung Gear S2

#### Pulseras (Wristbands)

Similares a los *smart watches*, las muñequeras inteligentes, se enfocan más en el estado de salud y ejercicio físico de una persona, al componerse de sensores de bio impedancia que capturan la frecuencia cardiaca, monitoreo de sueño,



movimientos y, temperatura corporal del usuario. Monitorea información cuando el usuario corre, camina o duerme.

Como ejemplo, la UP4 by Jawbone, es una muñequera inteligente, cuyos sensores, ubicados en el lado que está justo sobre la piel, pueden ser capaces de registrar datos como la frecuencia cardiaca. Al no tener una pantalla para mostrar datos, utiliza una aplicación tanto para iOS como para Android, en donde se puede visualizarlos, además de una característica plus, en la que se puede realizar pagos usando NFC (*Near Field Communication*). Sin embargo, no todo es bueno, ya que la frecuencia cardiaca que mide esta muñequera es solo la frecuencia cardiaca en reposo y la pasiva, cuya diferencia, radica en que la frecuencia cardiaca en reposo es la frecuencia que se mide justo después de levantarse de la cama y la frecuencia cardiaca pasiva es la que se mide en intervalos de tiempo aleatorios diarios, justo cuando el usuario está quieto. Si bien es cierto que se puede dar un diagnóstico bastante acertado sobre la condición de salud del usuario, no es suficiente, se necesita también como dato la frecuencia cardiaca en movimiento, durante la actividad física. La figura 4 muestra la muñequera inteligente Up4 by Jawbone.



*Figura 4.* UP4 by Jawbone.

Tomado de (Xakata, 2019).

Generalmente, las muñequeras inteligentes, están más enfocadas en el monitoreo de la salud y la fisiología humana y biomecánica, pero existe una

pulsera inteligente, que se enfoca más en el monitoreo de estados de ánimo de las personas, Empática E4, es la pulsera que contiene sensores diferentes al acelerómetro o giroscopio, en su lugar, posee sensores EEG de electroencefalograma y pulso de volumen sanguíneo BVP, además de sensores EDA, sensor de actividad electrodérmica, que permite medir las emociones y las señales de estrés que pueden surgir en el transcurso del día a día de un usuario. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017). La figura 5 muestra la muñequera inteligente Empática E4.



*Figura 5.* Empática E4.

Tomado de (Empatica, 2019).

Algunos otros ejemplos de muñequeras inteligentes son:

- Fitbit Flex
- MOOV NOW
- Nymi Band

#### 2.1.4.1.2 Montados en la cabeza (Head-mounted)

##### **Gafas Inteligentes (Smart eyewear)**

Las gafas inteligentes, son dispositivos vestibles que están más enfocados a realizar tareas o acciones que tienen que ver con gestos del rostro humano, poseen también, características como, la realidad virtual o aumentada en un entorno físico real.

Como ejemplo se tiene las HoloLens de Microsoft, que funcionan con el sistema operativo Windows 10 de 32 bits. Estas gafas inteligentes, permiten manipular

hologramas 3D desplegados en un entorno físico, al poseer cuatro cámaras que comprimen el entorno. Además, tienen una matriz de micrófonos con los cuales, el usuario puede dar instrucciones de ciertas acciones que están programadas previamente en el sistema de las HoloLens. Los juegos que incluyen las gafas permiten al usuario poder construir diseños de hogar interiores, junto con comandos de navegación por medio de voz. Las aplicaciones pueden ser abiertas o manipuladas simplemente haciendo gestos.

Las HoloLens, han sido utilizadas en investigaciones relacionadas al sistema de información geográfica 3D, por sus siglas en inglés, GIS 3D, en donde propusieron una arquitectura capaz de crear 3 procesos vitales para que los usuarios experimenten lo que en verdad es el mundo 3D, ya que actualmente solo se usa portadoras de 2D en espacios de entornos físicos 3D, confundiendo al usuario. Los tres procesos fueron: 1) Desarrollar una aplicación llamada Holo3D GIS, 2) 3Dasset y 3) Crear un compilador. (Wang, Wu, Chen, Zeqiang Chen, 2018).

HoloLens, corre en el sistema operativo Windows 10 de 32 bits, contiene una GPU para procesar holográficamente el entorno, la CPU es de 1GHz, memoria interna flash de 64GB y 2GB de RAM. Sin embargo, la vida útil de la batería es de aproximadamente de 4 a 5 horas, lo que es un problema para los usuarios que mantengan actividades mucho más largas. No obstante, las HoloLens 2, lanzadas en febrero del 2019, prometen ser más cómodas, con hologramas aparentemente reales y un posicionamiento en el mercado más aceptable, ya que el costo por obtenerlas es 3500 dólares estadounidenses, y solo estarán disponibles para ciertos países. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017). La figura 6 muestra las gafas inteligentes Microsoft HoloLens 2.



*Figura 6.* Microsoft HoloLens 2.

Tomado de (Microsoft, 2019).

Algunos otros ejemplos de gafas inteligentes son:

- FUNIKI Ambient Glasses
- Recon Jet

### **Auriculares inteligentes (*Headsets and Ear-buds*)**

El mundo portátil de los auriculares y/o audífonos, empieza con la llegada de los auriculares Bluetooth. Básicamente, sirven para hacer tareas simples como, realizar llamadas con manos libres.

Sony Xperia Ear, además de ofrecer las tareas básicas que los auriculares Bluetooth realizan, este dispositivo vestible, es capaz de reconocer comandos mediante voz, configurar simples cosas en el dispositivo móvil, con algún asistente instalado en el teléfono previamente, vía Bluetooth o NFC. Posee también sensores giroscopio y acelerómetro, capaces de detectar si el dispositivo está siendo usado por alguien o no, detecta movimientos de cabeza simples como las respuestas “Si” o “No”, y permitir responder o no la llamada entrante. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

Sony Xperia Ear, estima que el tiempo de duración de la batería, totalmente cargada, sea de aproximadamente 4 horas, ya que posee una batería que soporta 65 miliamperios. Sin embargo, al poseer una unidad de carga de 300 miliamperios, se estima que el dispositivo pueda durar 16 horas activamente, con un tiempo de espera de carga de 80 horas. La figura 7 muestra los auriculares inteligentes Sony Xperia Ear.



*Figura 7.* Sony Xperia Ear.  
Tomado de (Sony, 2019).

Para acotar otro ejemplo, y nombrar algunas de sus características funcionales y técnicas, *Bragi Dash Pro*, es capaz de monitorear frecuencia cardiaca con sensores incorporados, saber cuándo el usuario está realizando actividad física como, correr, andar en bicicleta, caminar e incluso nadar. *Bragi Dash Pro*, contiene dentro una batería Li-Poly de 100 miliamperios, lo que permite al dispositivo estar activamente de 4 a 6 horas, o como lo dicen sus desarrolladores, hasta 30 horas de duración en movimiento (bragi.com, 2017). Una memoria interna de 4GB, hace que sea posible almacenar información sobre condición de salud del usuario además de canciones, haciendo que se evite el tener que llevar celular a la hora de la actividad física. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017). El sistema operativo se hace llamar Bragi OS y es compatible con las plataformas Android, iOS y Windows, también controla llamadas mediante gestos como lo hacen otros dispositivos similares. (bragi.com, 2017). La figura 8 muestra los auriculares inteligentes Bragi Dash Pro.



Figura 8. Bragi Dash Pro.

Tomado de (Bragi, 2019).

Algunos otros ejemplos de auriculares inteligentes son:

- Apple AirPods

#### 2.1.4.1.3 Otros accesorios

##### Joyería inteligente (*Smart Jewellery*)

La joyería inteligente, al ser accesorios pequeños, poseen características específicas, que no están al alcance como lo son otros dispositivos vestibles mucho más grandes. A su vez, el mercado aun no acoge mucho estas innovaciones, por lo que no se enfocan demasiado en el diseño. Existen estudios relacionados con la joyería AR (*Augmented Reality*), que se refieren a dar una percepción al usuario sobre la ayuda que estos proporcionarían en conjunto con la realidad aumentada, y no así, únicamente en el diseño físico que puede presentarse. Se basa básicamente, en dos principales objetivos: 1) Primeros estudios de la joyería AR en usuarios y 2) Desarrollo de dos collares AR prototipos, con aplicación para el contenido AR, con el fin de abordar y juntar la tecnología con temas de estética y vínculos personales. (Rantala, Colley, Hakkila, 2018). Generalmente, la joyería inteligente, basa sus aplicaciones y funcionalidades, en tareas relativamente simples, como, por ejemplo, advertencia de notificaciones de sus teléfonos móviles, monitoreo de señales fisiológicas humanas y realizar pagos.

*Bellabeat Leaf*, es un buen ejemplo de joyería inteligente vestible, su diseño bien construido, permite al usuario usarlo como collar, pulsera y hasta incluso como un clip. Su uso está excluido únicamente para mujeres. Las funcionalidades que este dispositivo vestible ejecuta so: controlar el sueño, las respiraciones, actividades diarias y también los ciclos menstruales, enviando la información obtenida de los sensores a la aplicación *Bellabeat* instalada en un dispositivo móvil por medio de Bluetooth. *Bellabeat Leaf*, se estima podría durar hasta seis meses sin carga, utilizando la batería en forma de célula o moneda hecha de dióxido de litio y manganeso de 225 miliamperios. Sin embargo, no incluye en su diseño, sensores básicos de uso diario como la geolocalización GPS y el monitoreo de la frecuencia cardiaca, que la mayoría de los dispositivos vestibles goza. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

Nombrando algunos ejemplos más, *Oura ring*, posee una característica que lo hace completamente único, detectando simplemente las arterias de los dedos, con sus sensores de monitoreo de sueño permanentes, puede generar reportes al usuario en una aplicación compatible, de la vida activa y pasiva que lleva, por medio de información REM (rapid eye movement), cantidad y frecuencia de entrenamiento, dándole mejores estrategias de bienestar y salud. La figura 9 muestra el collar inteligente *Bellabeat Leaf*.



*Figura 9.* Bellabeat Leaf.

Tomado de (Bellabeat, 2019).

Algunos ejemplos más de joyería inteligente son:

- Kerv ring
- Smarty ring
- CliMate

### Correas (Straps)

Este conjunto de dispositivos vestibles, se clasifican en cualquier cosa que tenga que ver con, bandas para rodillas, bandas para brazos, cinturones para el pecho, etc. Con frecuencia usadas en temas de salud, monitoreando señales fisiológicas humanas, así como también, sensores que aportan a aplicaciones con fines hápticos.

Las correas inteligentes, están en una etapa temprana de desarrollo e investigación, sin embargo, es posible nombrar alguno que otro ejemplo existente. Uno de las más comunes es, *Zephyr Bioharness*, un cinturón que se ajusta al pecho dependiendo de la contextura de la persona. Sirve para monitorear señales fisiológicas humanas inalámbricamente, transmitiendo los datos vía Bluetooth. Capaz de medir frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, esta última, a través de las contracciones y expansiones del tórax al momento de exhalar e inhalar. Controla también, la postura y temperatura de la piel. La figura 10 muestra la correa inteligente *Zephyr Bioharness*.



Figura 10. Zephyr Bioharness.

Tomado de (Zephyr, 2019)



Algunos ejemplos de correas o cinturones inteligentes son:

- MYO armband
- Active Protect Wear
- WELT

#### 2.1.4.2 Textiles electrónicos (E-Textiles)

Este grupo de dispositivos vestibles, están orientados a solventar problemas en temas de deporte y salud física, monitoreando señales fisiológicas humanas y biomecánicas, usados también para ambientes hostiles militares y aplicaciones hápticas como los masajes terapéuticos. Normalmente, están contruidos con materiales electrónicos flexibles y fibras conductoras, o simplemente, los sensores, están por encima de prendas comunes. la ropa que se puede poner en pies y manos puede ser utilizada de igual forma para monitorear señales fisiológicas humanas y biomecánicas, en las arterias que tocan los sensores tales partes del cuerpo humano.

#### **Ropa inteligente (*Smart garments*)**

Existen variedad de dispositivos vestibles de este tipo, se nombrará algunos como ejemplos. Athos posee una serie de productos que se enfocan en la eficiencia deportiva, sus productos tales como, pantalonetas, pantalones hasta media pantorrilla y camisetas, ofrecen un control total sobre el entrenamiento diario, con sensores de EMG (Electromyography), de frecuencia cardiaca y de respiración. Los datos son almacenados en una aplicación para poder visualizar como el entrenamiento evolucionó, en términos de activación y esfuerzo muscular, comparando datos ([www.liveathos.com](http://www.liveathos.com), 2013). Otro ejemplo, es el pijama para bebés llamada, Exmobaby, la cual contiene sensores que monitorean el ECG (Electrocardiogram) del bebé, también posee sensores de movimiento externos y contiene un termómetro para monitorear la temperatura del bebé. Estos datos son enviados a una estación y pasan a través de ondas

FM (Frecuencia Modulada), y son recibidos después por medio de 3G o una red WiFi. Otras funcionalidades que presenta esta serie de dispositivos vestibles, es la dada por *Hug Shirt*, que puede dar abrazos a larga distancia, sintiendo el tacto, la frecuencia cardíaca y el calor que emite el remitente. Tjacket, un producto similar a Hug Shirt, elaborado específicamente para niños con autismo. Las prendas inteligentes son usadas también, en aplicaciones y servicios de emergencia pública, como bomberos, Viking Life y Ohmatex, cuyos trajes poseen sensores de detección de calor próximo y crítico. Asimismo, existen trajes para pescadores como, Safe@Sea, que emite una alerta de auxilio cuando un pescador cae al agua. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017). La figura 11 muestra la indumentaria superior inteligente de Athos.



*Figura 11.* Athos.

Tomado de (Athos, 2019).

Algunos ejemplos más de prendas inteligentes son:

- Solar Shirt
- Spinovo
- B Maternity
- iTbra

**Zapatos/Medias/Guantes inteligentes (*Foot / Hand-worn*)**

*Owlet Smart Sock*, es un dispositivo vestible para bebés, que se ajusta a las necesidades de los padres, ya que es capaz de alertar signos vitales raros, incapacidad de respirar o caídas que pueden sufrir los bebés, al poseer un oxímetro de pulso de 4 sensores. Este dispositivo vestible es completamente *indoor*, ya que funciona por medio de una aplicación móvil, a través de Bluetooth o Wifi. La media posee una batería en forma de moneda recargable. *Sensoria*, es otro ejemplo de dispositivo vestible usado en pies., que sirve específicamente para evitar lesiones en atletas al momento de correr, saltar o aterrizar al momento de ejercitarse. Los sensores de presión están ubicados en el área de la planta del pie, permitiendo así, monitorear los datos de lesiones o movimientos fisiológicos similares para posteriormente enviarlos vía Bluetooth a la aplicación móvil. La figura 12 muestra los calcetines inteligentes *Owlet Smart Sock*.



*Figura 12.* Owlet Smart Sock.

Tomado de (Owlet, 2019).

Similares ejemplos de prendas inteligentes en pies y manos son:

- Fujitsu Gesture-control Gloves
- Lechal
- Edema

#### 2.1.4.3 Parches electrónicos (E-Patches)

Este grupo de dispositivos vestibles, por lo general, basan su estructura en redes de sensores diminutos parecidos a la piel humana y que pueden ser adheridos

a la piel fácilmente, incluso sin incomodidad. Principalmente, se los usa para monitorear señales fisiológicas humanas, pero también para solventar temas hápticos en la piel. Divididos en dos grupos se los nombrará como:

### **Parches de sensores (Sensor patches)**

Los parches de sensores diseñados para monitorear señales fisiológicas humanas y biomecánica generalmente consisten en módulos de sensores reutilizables con parches desechables y adhesivos. Un ejemplo, e+ *Emergency Patch*, está diseñado específicamente para situaciones en las que no se puede acceder a la atención médica, es decir, durante un vuelo. Este dispositivo incluye un sensor de ECG, una banda respiratoria y un sensor de oximetría de pulso. El parche se acopla al tórax y el sensor de oximetría de pulso se coloca en la punta del dedo. La figura 13 muestra el parche inteligente de sensores HealthPatch MD.



*Figura 13.* HealthPatch MD.

Tomado de (Vitalconnect, 2019)

Ejemplos similares son los siguientes:

- Thync
- UPRIGHT
- Proteus Health Patch
- Chrono Therapeutics

### **Parches tipo tatuajes y tipo piel (E-Tattoo / E-Skin)**

Los parches electrónicos también pueden venir en forma de tatuajes temporales o piel electrónica. Estos tatuajes utilizan circuitos electrónicos flexibles y

elásticos para realizar la detección y la transmisión inalámbrica de datos. Las funciones tales como el monitoreo de señales fisiológicas humanas y la biomecánica, la comunicación y la notificación al usuario, y la realización de pagos sin contacto, se pueden encontrar en diferentes productos existentes.

Como ejemplo, el tatuaje electrónico de Motorola, llamado Motorola e-tatto, integra diminutos sensores ECG, EMG, medidor de tensión, sensores de temperatura y un micrófono. Las señales de audio pueden recogerse del tatuaje y convertirse a formato digital. La señal de voz se puede utilizar para desbloquear el dispositivo móvil del usuario. Además, el parche electrónico L'Oreal's My UV Patch, es un tatuaje hecho de electrónica elástica que puede medir la cantidad de exposición UV del usuario. La plataforma de parches interactivos vestibles es otra entidad que se encarga de crearlos. Finos como un tatuaje, están diseñados por MC10 y PCH, que, junto con un dispositivo habilitado para NFC, el parche inteligente permite a los usuarios realizar pagos NFC sin tarjeta, acceder a una habitación de hotel o transmitir información de salud. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017). La figura 14 muestra el parche inteligente tipo piel L'Oreal's My UV Patch.



*Figura 14.* L'Oreal's My UV Patch.

Tomado de (Roche-Posay, 2019)

Similares ejemplos de parches tipo tatuajes y piel electrónica son:

- Wearable Interactive Stamp Platform
- Motorola e-tatto

### 2.1.5 Aplicaciones

Las aplicaciones que tienen los dispositivos vestibles son de vital importancia para saber cómo poder utilizarlos en un futuro, se puede profundizar más en el tema, si se sabe que dispositivo vestible se acoge más a las necesidades del usuario o entidad que haga uso de estos. Por esta razón, se describen las áreas en que las que mayoritariamente se utilizan los dispositivos vestibles.

#### 2.1.5.1 Salud y Medicina

Los dispositivos vestibles, aparecen en todas las áreas y campos de trabajo, sin embargo, el campo de la salud y medicina es el que abarca mayoritariamente los dispositivos vestibles. Las funcionalidades de los dispositivos vestibles en este campo son muchas. (Jhajharia, S. K. Pal, Verma, 2014). El mercado demanda formas de productos adaptables rápidamente a la forma del cuerpo humano, básicamente, la gama de Bodymedia, basados en brazaletes, que sirven para detectar temperatura de la piel y síntomas galvánicos en la misma, movimientos y corriente de calor. La salud y medicina, admite invenciones en las que se pueda actuar rápido ante situaciones de vida o muerte, es por eso que el sistema de monitoreo remoto RMS, por sus siglas en inglés, ayuda a revisar pacientes con problemas cardiacos y electroencefalográficos. (Personal Digital Assitant). (Awan, Memon, Bhutto, Ahmed Memon, Shah, & Khan, 2017), (Jhajharia, S. K. Pal, Verma, 2014).

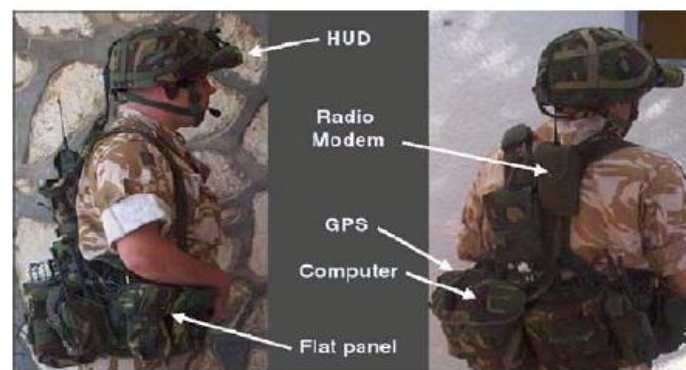
#### 2.1.5.2 Fitness y Bienestar

Este campo de aplicación engloba a varios de los dispositivos vestibles creados hasta el momento. Principalmente, están enfocados para ayudar a los atletas a rendir mejor en sus actividades físicas, evitar lesiones, y brindar un reporte diario de mejora. El consumo de calorías, y detección de frecuencia cardio respiratoria, así como también, sensores que almacenan información de cuanta distancia se

ha recorrido en el día. El mercado va en aumento y se estima que seguirá creciendo a tasa de medida exponencial.

#### 2.1.5.3 Militar

El campo militar, fue reconocido rápidamente por agencias jurídicas y gubernamentales, como apto para el uso de dispositivos vestibles. Soldados y ejércitos capaces de enviar y recibir información de lo que están viendo por video en tiempo real, dentro de una misma red, acceso a tácticas aliadas o enemigas, y poder diferenciar territorios hostiles y peligrosos de los que no lo son, con visión térmica incorporada. Los trajes tendrían que ser más robustos y fuertes para poder soportar los estragos de una guerra. (Jhajharia, S. K. Pal, Verma, 2014). No existe demasiada información relacionada al trabajo que se realiza a través de este campo con los dispositivos vestibles, aunque hay ciertas entidades que se encargan de brindar información al respecto. La figura 15 muestra los componentes de la tecnología vestible militar.



*Figura 15.* Tecnología vestible militar.

Tomado de (Jhajharia, S. K. Pal, Verma, 2014).

#### 2.1.5.4 Industrial

En el campo de la industria, los dispositivos vestibles incrementarán su apogeo a una tasa de elevación alta. Ahora mismo, se los usa en empresas cuyas

operaciones funcionan con o sin tecnología. Usualmente, los trabajadores en cualquier área tienden a usar las dos manos a la vez que tratan de salvaguardar sus vidas en el campo de la construcción o petroleras alejadas. Las necesidades de supervivencia, confort y seguridad son vitales. Mercedes Benz, tiene conciencia sobre esto, y ha fabricado un reloj inteligente llamado Mercedes Benz pebble smart watch, capaz de alertar, en tiempo real, peligros inminentes a los usuarios cuando se encuentran conduciendo, verificar la ubicación en tiempo real del vehículo y saber si la puerta está bloqueada. (Jhajharia, S. K. Pal, Verma, 2014).

#### 2.1.5.5 Infoentretenimiento

Campo en el que se aborda temas de dispositivos vestibles para distracción del usuario, es decir, facilitar e interactuar más con las aplicaciones que ofrece el dispositivo vestible, como son; Los auriculares Bluetooth, las gafas inteligentes, capaces de crear un mundo 3D totalmente virtual en un entorno físico, llamada realidad aumentada. Los relojes inteligentes se insertan en esta lista, ya que poseen las características de infoentretenimiento que el usuario final espera del producto.

#### 2.1.5.6 Turismo

Algunas de las funcionalidades existentes para el campo del turismo son las siguientes; 1) Resumen video, es una cámara que se sitúa en el medio del pecho o donde el usuario desee y, que registra fotos cada 2 minutos de los momentos y lugares que el turista visite durante su experiencia. 2) El diario del turista básicamente realiza lo mismo que el resumen video, con la única diferencia que trabaja con el usuario en interacción multimodal, permitiendo, decidir cuándo tomar fotos y cuando filmar un video, posterior a esto, el usuario tiene la opción de crear un archivo HTML, en donde quedará almacenada toda su experiencia en forma cronológica. Por último, 3) el cinturón de viaje Triposo, posee la



capacidad de sugerir al turista destinos rápidamente, sin tener que sacar su celular, proporciona información de mapas actualizados y recomendaciones inteligentes. (Jhajharia, S. K. Pal, Verma, 2014).

## 2.2 Redes WBAN

### 2.2.1 Definición

Una red WBAN, mencionada por expertos en el tema, se basa en una red de mini sensores ligados literalmente al cuerpo humano, creando una red de área corporal inalámbrica, capaz de monitorear y proporcionar: información médica, salud y bienestar, fitness y juegos, que los sensores reciben del paciente. (Awan, Memon, Bhutto, Ahmed Memon, Shah, & Khan, 2017).

Otra definición que proponen los autores (Beng & Mosley, 2015), para una red WBAN es la red que consiste en dispositivos vestibles que vinculan y controlan el entorno inmediato del usuario. Los dispositivos cargan comandos y datos clave en la nube que luego son utilizados por las aplicaciones personales del usuario.

### 2.2.2 Usabilidad

Una de las principales usabilidades que ofrece la tecnología WBAN, en conjunto con WT (*Wearable Technology*), son los temas que tienen que ver con la salud. (Awan, Memon, Bhutto, Ahmed Memon, Shah, & Khan, 2017), Clasifican los servicios en dos grupos: locales y Remotos.

#### 2.2.2.1 Servicio local

El servicio local para atención médica WBAN, consta básicamente de dispositivos vestibles que son administrados y supervisados por otros usuarios en redes tales como, PAN (*Personal Area Network*) y HAN (*Home Area Network*). El dispositivo vestible o también llamado nodo, efectúa un código que es

fácilmente descargable de una red WLAN, proporcionando así, información al PDA (*Personal Digital Assitant*). (Awan, Memon, Bhutto, Ahmed Memon, Shah, & Khan, 2017). La figura 16 muestra la arquitectura del servicio local en redes WBAN.

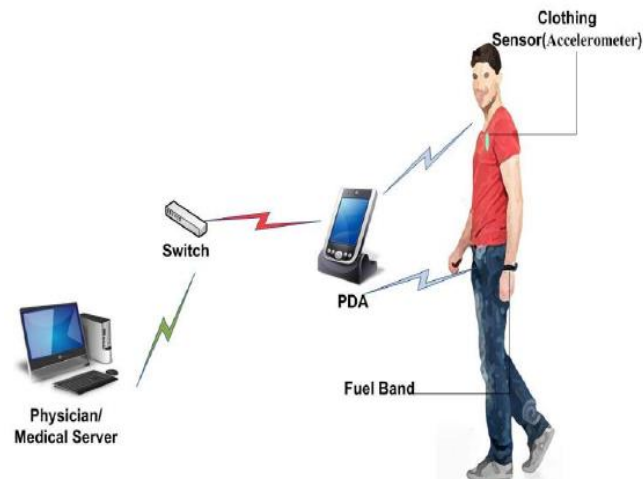


Figura 16. Topología Servicio Local para asistencia de salud.

Tomado de (Awan, Memon, Bhutto, Ahmed Memon, Shah, & Khan, 2017).

#### 2.2.2.2 Servicio remoto

El servicio remoto para atención médica WBAN, a diferencia del servicio local, que esta administrado y supervisado por una persona en redes PAN y HAN, esta administrado y supervisado por un proveedor de servicios ubicado en servidores remotos, que contienen la información que lanza el dispositivo vestible y es transferida por red WAN. (Awan, Memon, Bhutto, Ahmed Memon, Shah, & Khan, 2017). La figura 17 muestra la arquitectura del servicio remoto en redes WBAN.



*Figura 17.* Topología Servicio Remoto para asistencia de salud.

Tomado de (Awan, Memon, Bhutto, Ahmed Memon, Shah, & Khan, 2017).

### 2.3 Eficiencia Energética

La eficiencia energética es un punto crítico al momento de hablar o relacionarse con los dispositivos vestibles, la mayoría de estos tienen una duración relativamente corta de actividad, y no es muy conveniente que los usuarios tengan que cargar sus dispositivos en lapsos cortos de tiempo, conectándolos al toma corriente, no obstante, la carga inalámbrica, minimizaría esta posible acción, pero el tiempo que toma en cargar un dispositivo vestible inalámbricamente es muy demoroso. Recientes investigaciones, apuntan a tendencias que lograrían minimizar este problema, aumentando así la tendencia de los dispositivos en cuestión.

#### 2.3.1 Progreso de las baterías

Como principio fundamental, se debe tener en cuenta que las baterías deben ser duraderas, compactas y eficientes, al momento la tecnología y material que más se adapta a su construcción, son las baterías de litio, ya que su peso es considerablemente menor con respecto a otros metales, trabaja con bajas intensidades y no son recargables, sin embargo, poseen resistencia interna alta. Se usan en relojes, audífonos, pulseras, parches electrónicos, etc. En la

actualidad, las baterías de iones de litio (Li-ion) y las baterías de polímero de litio (Li-Poly) son las más usadas en los dispositivos vestibles, al ser baterías que son recargables, poco pesadas y poseen una alta densidad de potencia. Si se comparan, la batería de polímero de litio (Li-Poly) es mucho más segura, pero posee una menor densidad de energía que las baterías de iones de litio (Li-ion), estas últimas son más baratas, pero sufren mucho más envejecimiento aun sin estar en uso constante. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

Como alternativa a estos inconvenientes, se están desarrollando tecnologías de baterías con materiales de grafeno, que, según investigadores, prometen ser mucho más eficientes a la hora de almacenar energía por mucho más tiempo, además de ser más flexibles y adaptables en la construcción de dispositivos, pero aún se encuentran en desarrollo. La evolución de las baterías no ha ido a la par de la evolución de hardware y software de los dispositivos vestibles, pero se está tomando en cuenta cómo hacer que consuman menos energía.

### 2.3.2 Eficiencia energética relacionada a sensores

Todos los dispositivos vestibles, sin excepción, tienen dentro una red de sensores, estos sensores consumen energía y, dependiendo del tipo de sensor, consumen más o menos energía, por ejemplo, un sensor WiFi o GPS, consume mucha más energía que los sensores inerciales, tales como, el acelerómetro y giroscopio.

#### 2.3.2.1 Selección de sensores

Por esta razón, se pretende minimizar el consumo de energía apagando sensores que no se estén usando en ese momento, o que simplemente muestren datos menores en comparación a datos que no sirvan demasiado al momento de la ejecución de la acción. Esta estrategia puede ocasionar que el rendimiento total del dispositivo se vea afectado significativamente, factor a tomar en cuenta

en la implementación. Para lograr la meta de reducir el consumo de energía de sensores y no afectar al sistema total, Abdesslem et al, desarrollo un sistema en el cual se puede usar el sensor GPS. El sensor GPS es el que consume mucha más energía y con menos frecuencia, en comparación con el sensor acelerómetro, que es el sensor que consume menos energía y usándolo con más frecuencia. Prácticamente se basó en que si un usuario no se mueve no habría porque usar el sensor GPS, simplemente el sensor acelerómetro alertaría al sensor GPS de que el usuario esta estático y lo apagaría. Con este estudio Abdesslem ahorro un 58 % de consumo de energía. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

#### 2.3.2.2 Muestreo Adaptativo

Es un método que se usa bastante para mitigar el consumo excesivo de energía en una batería, se basa en principios de estrategias en algoritmos, que usan únicamente los muestreos requeridos para realizar una acción. Investigadores detectaron que existe un umbral por el cual la precisión de los sensores no decae drásticamente, más bien, si se apunta el muestreo en el umbral, el ahorro de energía aumenta significativamente. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017). Estos métodos sirven de mucho, para hacer que una batería consuma lo menos posible energía y así mejorar la duración del dispositivo, pero no evitan en algún punto tener que volver a cargar el dispositivo o cambiar la batería. Se propone el punto 2.3.3, como una ayuda a este inconveniente.

#### 2.3.3 Reabastecimiento de energía recolectada

El reabastecimiento de energía recolectada puede ser una de las soluciones para que los dispositivos vestibles estén en nuestro entorno con mucha más frecuencia, evitando los problemas que conlleva el estar cargando los dispositivos durante largos periodos de tiempo. Esta solución, basa su investigación en hacer que los dispositivos vestibles se abastezcan de energía

que engloba las fuerzas de la física, y energías existentes en el medio ambiente. La propuesta indica que se pueden usar fuentes de energía como, la solar, la cinética, y la termoeléctrica, esta última, hace referencia al calor.

#### 2.3.3.1 Reabastecimiento de energía solar recolectada

La captación de energía solar, para alimentar los dispositivos vestibles, aportaría una cantidad de energía significativa. Se ha llegado a demostrar en sensores inalámbricos que cuando reciben energía solar, alcanzarían una densidad de potencia de hasta  $100 \text{ mW} / \text{cm}^2$  bajo luz solar en el exterior y  $100 \text{ W} / \text{cm}^2$  en ambientes *indoor*, que es suficiente para alimentar a muchos dispositivos vestibles. SEIKO es el reloj que utiliza una celda solar para recolectar energía de la luz ambiental para alimentar a una batería recargable. Basta con un minuto de recolección rápida de la luz solar, para permitir una hora de funcionamiento regular del reloj. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017). La energía solar puede ser recolectada, usando paneles fotovoltaicos, que están hechos de material semiconductor especializado, que están expuestos a la luz. Los satélites, las casas, pero también las centrales comerciales, implementan esta tecnología para convertir la energía de la luz ambiental en un voltaje eléctrico. (Jokic, Magno, 2017).

#### 2.3.3.2 Reabastecimiento de energía cinética recolectada

El estudio de este método por conseguir energía eléctrica, a través de energía cinética que proporciona el movimiento humano, ha avanzado conforme el tiempo avanza. Los dispositivos vestibles que más se adaptan a esta idea, por el momento, son los zapatos inteligentes para deportistas. Los estudios de Duffy et al, indican, que la fuerza que existe, al momento de que un corredor asienta el pie y lo despega del piso, junto con una pieza eléctrica en el dispositivo, trabajando con un generador electromagnético, es la que produce la mayor cantidad de energía cinética y, por lo tanto, puede generar hasta 500mV de

voltaje RMS y a una frecuencia de 5Hz. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017). Así como esta investigación, existe la de otro autor, Yang et al, que aportó que el tejido que se encuentra en las articulaciones de codos y dedos puede generar un voltaje de 0.21mV.

### 2.3.3.3 Reabastecimiento de energía termoeléctrica recolectada

La conversión de las diferentes temperaturas que existen entre el cuerpo humano y el medio ambiente, en energía eléctrica, se conoce como energía termoeléctrica. Los dispositivos más usados para este estudio fueron los relojes inteligentes, que producen energía eléctrica, con el principio de la energía termoeléctrica, usando la temperatura de la muñeca que el reloj registraba en la parte posterior, con la temperatura externa del medio ambiente que registraba desde la parte superior del reloj. Leonov et al, (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017), construyó un prototipo generador de energía termoeléctrica de muñeca, que proporcionaba hasta 250 W de potencia en el transcurso de todo el día, suficiente para alimentar un oxímetro, por ejemplo, que consume nada más que 62 W.

## 2.4 Seguridad

Las cuestiones de seguridad y privacidad podrían ser las principales razones que pueden conducir a una pérdida grave de violación, si la vulnerabilidad de seguridad no se maneja correctamente. La pérdida podría ser tanto en activos estáticos, como archivos, documentos o activos dinámicos, como números de tarjetas de crédito. Al final, causará pérdida financiera, además, la confianza del usuario hacia los dispositivos vestibles disminuye y desalienta a las personas a tener su propio dispositivo. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

El tema de seguridad en un principio, para los dispositivos vestibles, se enfoca en las mismas cuestiones que cualquier otro tema informático engloba. El tema siguiente, aborda las tres principales formas de amenazas que surgen al ser dispositivos vestibles, la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad. Al hablar de la confidencialidad, se refiere a los ataques que irrumpen datos a los que ciertos usuarios tienen acceso. La amenaza a la integridad es la que manipula y desordena datos e información y por último la disponibilidad, es la amenaza que niega el servicio a los usuarios que están autorizados a usarlos.

#### 2.4.1 Confidencialidad

##### 2.4.1.1 Ataques de escucha

Factor importante en los dispositivos vestibles, se ha reportado casos, en los que los ataques de confidencialidad que sufren los dispositivos vestibles son a través de los “ataques de escucha”. Estos ataques son la interceptación en tiempo real no autorizada de una comunicación privada, pueden exponer la Información personal a un atacante. Además, pueden terminar siendo puntos de entrada para otras formas de ataque. Los dispositivos que sufren más este ataque son los que usan el protocolo BLE (*Bluetooth Low Energy*). (Ching & Singh, 2016).

##### 2.4.1.2 Ataques analizando el tráfico

Los ataques de análisis de tráfico son los procesos de monitorización del tráfico intercambiado entre dispositivos vestibles y su servidor, haciendo inferencias a partir de patrones de la comunicación. Das et al, descubrió pérdidas de privacidad en relación con la comunicación Bluetooth LE entre el rastreador de ejercicios y el teléfono inteligente, incluyendo el seguimiento de usuarios, y la detección de actividad del usuario y la identificación de la persona.

#### 2.4.2 Integridad

Es un requisito de seguridad importante para sistemas de información, especialmente para dispositivos vestibles. Donde los datos recopilados suelen



ser confidenciales y privados. Es importante asegurarse de que los datos no se alteren al transportarlos y recibirlos. Tanto en emisores como en receptores.

#### 2.4.2.1 Ataques de modificación

Como la transmisión de datos entre dispositivos vestibles, es normalmente inalámbrico, los datos son propensos a ser modificados o alterados. En este tipo de ataques, los adversarios, después de interceptar el intercambio de tráfico de dispositivos portátiles o de obtener acceso a la información, pueden modificar el contenido del intercambio de paquetes o cambiar la marca de tiempo de los paquetes de datos. Específicamente, la información intercambiada entre los dispositivos y su base de datos se modifica, es decir, la información de las capacidades de entrada / salida en el intercambio de paquetes de emparejamiento se cambia a "*No input No output*", para que los dispositivos vestibles de la víctima elijan utilizar el modo de emparejamiento de *Just Works*, lo que le permite al atacante interceptar y modificar los datos intercambiados entre dos dispositivos de la víctima. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

#### 2.4.2.2 Ataques de repetición

Los atacantes obtienen una copia del paquete de datos válido cargado por el dispositivo vestible en el servidor y la reproducen con el objetivo de realizar la suplantación o la corrupción de datos. (Li, 2011), por medio de un estudio que relacionaba datos de pacientes con insulina, averiguo que los atacantes pueden determinar el formato del paquete y aprender el tipo de dispositivo que, así como su PIN, la terapia o el nivel de glucosa, a medida que se transmiten en texto plano. Además, mediante el uso del método de fuerza bruta es posible averiguar los parámetros de control redundante cíclico utilizados en el sistema de administración de insulina. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

#### 2.4.2.3 Ataques con clones falsos

Los atacantes personifican o clonan, un dispositivo autenticado para actuar como el nodo legítimo para poder robar datos o inyectar información falsa al sistema. Por ejemplo, una aplicación con permiso Bluetooth que se ejecute en el teléfono Android puede comunicarse con el dispositivo externo que está emparejado con el teléfono, cabe recalcar que la conexión no es segura. El atacante clona el dispositivo legítimo y coloca el clon, en la proximidad de este dispositivo. Es posible inyectar datos falsos en la aplicación oficial del dispositivo o en la cuenta en línea del usuario cuando el usuario está cerca del dispositivo Bluetooth del clon y la aplicación maliciosa desconecta el teléfono del dispositivo original y lo empareja con el clon.

#### 2.4.3 Disponibilidad

El principal tipo de ataque contra la disponibilidad es la denegación de servicio (DoS) que intentan interrumpir las comunicaciones de los dispositivos vestibles y su base de datos con el servidor, inyectando enormes cantidades de información inútil para inundar la capacidad de almacenamiento del dispositivo vestible. Los ataques que niegan el servicio son posibles debido a que los fabricantes no implementan soluciones adecuadas hasta el momento. Se resolverá en la próxima generación de productos. Sin embargo, Es esencial buscar continuamente tales vulnerabilidades en dispositivos vestibles, especialmente los productos relacionados con la salud, como, por ejemplo, las bombas de insulina que no pueden soportar tiempos de inactividad y deben estar cien por ciento disponibles. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

#### 2.4.4 Mitigaciones

Si bien es cierto que los dispositivos vestibles están todavía en una etapa de desarrollo totalmente inmadura (Jiang, Chen, Shuwei Zhang, Xin Zhang, Kong,

& Tao Zhang, 2017), (Kalantari, 2017), (Cicek, 2015), la seguridad viene siendo uno de los temas principales por los que enfocarse. Nombrando algunos de los tipos de ataques anteriormente, es importante decir, que se han implementado métodos para mitigar los ataques, tanto en la confidencialidad, integridad y la disponibilidad.

#### 2.4.4.1 Mitigación en confidencialidad e integridad

Las dos amenazas pueden ser analizadas en conjunto, ya que ambas abarcan temas de información modificada o alterada, que deben ser planteadas por igual. La disponibilidad no abarca el tema porque más bien, esta trata de evitar que se siga usando los datos, mientras que las otras dos, se enfoca en hacer que se usen los datos que al atacante le convenga.

### **Cifrado**

El cifrado es el método principal para garantizar la confidencialidad y la integridad en la comunicación a través de una red. Todos los protocolos inalámbricos de uso común en dispositivos vestibles ofrecen algún tipo de cifrado de capa MAC. No obstante, el cifrado MAC no es suficiente, por lo que se piensa que ascender de capas para poder cifrar datos desde ahí, pero existe un inconveniente, los dispositivos vestibles, al ser de CPU, baterías y en sí de recursos bajos, no permiten el cifrado óptimo. El cifrado de claves largas, en dispositivos vestibles, no es posible, debido a la potencia limitada de la batería.

También el tamaño de carga útil limitada en algunos protocolos como Bluetooth LE, no permite transferir las claves más largas en un solo mensaje. y así el intercambio de claves puede ser interrumpido significativamente bajo condiciones de canales poco fiables. Por ejemplo, Snader et al, propuso un protocolo de cifrado CryptoCop para dispositivos móviles vestibles. La idea principal de CryptoCop es utilizar la carga tiempos de los dispositivos vestibles (por ejemplo, a través de un cable USB conectando a una computadora portátil)

para cargar la información clave en comparación con una Intercambio de claves convencionales que ocurren a través del canal inalámbrico. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

#### 2.4.4.2 Mitigación en disponibilidad

M. Rahman, B. Carbunar, and M. Banik et al, apuntan a una solución, llamada, FitLock que no solo protege a Fitbit (pulsera inteligente) en captura e inyección de datos, sino que también repele el DoS y ataques de batería. Como todas las comunicaciones entre el rastreador y el servidor web están cifradas con su clave compartida y cada sesión de comunicación es un ID de sesión que aumenta monótonamente, FitLock, evita que los atacantes obtengan datos al cargar los datos o reproduzcan las solicitudes. El rastreador simplemente elimina las solicitudes no válidas o las solicitudes con identificadores de sesión anteriores, que vienen a ser contadores. Como resultado, no consume recursos para procesar esas solicitudes. (Ching & Singh, 2016).

## 2.5 Protocolos

Los protocolos de autenticación permiten transferir de forma segura los datos autenticados entre dos entidades. Dichos protocolos son esenciales ya que el cifrado por sí solo no garantiza necesariamente la integridad en la comunicación donde los nodos infectados, pueden hacerse pasar por servidores y retransmitir información de dispositivos vestibles para obtener acceso no autorizado a los datos. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

Al poseer una comunicación relativamente sencilla, los dispositivos vestibles, aún no tiene un estándar de protocolos en su estructura, es por esta razón, que los hace vulnerables ante ataques, ya que simplemente se comunican por medio de Bluetooth, BLE (*Bluetooth Low Energy*), WiFi y NFC, sin embargo en los

puntos 2.5.3 y 2.5.4, se aborda protocolos en los que se usa más seguridad en temas particulares y que podrían llegar a usarse en un futuro.

#### 2.5.1 BLE (*Bluetooth Low Energy*)

Esta comunicación es la más sencilla de todas, la mayoría de los dispositivos vestibles usa este tipo de comunicación como un protocolo porque permite el paso rápido de comunicación y, al ser Bluetooth de baja energía, los dispositivos vestibles pueden durar lapsos de tiempo largos encendidos y operativos. BLE, posee seguridad mínima si no es nula.

#### 2.5.2 NFC (*Near Field Communication*)

NFC es un protocolo que al igual que BLE, es usado por gran cantidad de dispositivos vestibles, con funciones para realizar pagos, permite la lectura y escritura rápida en la comunicación en distancias poco lejanas, generalmente a 10cm, lo cual implica que, al estar conectados a un celular, deberían casi pegarse para recibir y emitir señales de conexión.

#### 2.5.3 Protocolo SCP (*Self-Calibrating Protocol*)

Este protocolo es usado para temas particulares que tienen que ver con las respuestas de las ondas cerebrales, para tratar trastornos clínicos. SCP, trabaja con 5 algoritmos estándares de machine learning para clasificar los estados cerebrales correspondientes con experiencia de “dolor” o sin “dolor”. El proceso que realiza SCP es el siguiente: 1) El bluetooth conecta la banda de sujeción con el dispositivo, la entrada del acelerómetro se usa para filtrar datos falsos. 2) Dos escenarios de casos de uso habilitados de forma única por SCP: 1) el proceso que termina en una plataforma de aplicación NFB (Neurofeedback) personalizada capacita al usuario para reingresar a cualquier proceso de estado cerebral deseable 2) que termina en una aplicación de predicción del estado

cerebral advierte al usuario tan pronto como sea posible que su cerebro está a punto de entrar en un estado indeseable. (Karydis, Mershin, Aguiar, & Foster, 2015).

#### 2.5.4 Protocolo BindTrackerUser

Basado en el sistema FitLock, creado para proteger la comunicación que existe en el dispositivo vestible Fitbit y el servidor, implementa un procedimiento de enlace que permite al usuario vincular su nuevo rastreador a su cuenta de red social, y un procedimiento de carga que garantiza la seguridad del protocolo de comunicación Fitbit. BindUserTrack, es el protocolo que se encuentra entre el usuario, el rastreador y el servidor web de Fitbit (WS), que toma el ID de la cuenta del usuario, el identificador del rastreador, la clave de cifrado simétrica secreta compartida entre el rastreador y el Servidor Web, y la estructura de mapa de la base de datos del Servidor Web como argumentos de entrada. (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017).

### 3. CAPÍTULO III. DESARROLLO

En el presente capítulo, se desarrollará la explicación del porque usar la metodología planteada en el punto 3.1, además, se plantearán parámetros de análisis que servirán en el proceso del documento que tiene como fin, sugerir el mejor dispositivo vestible de acuerdo con la aplicación o servicio que pueda presentarse, ya sea en una empresa, persona natural, o cualquier otro tipo de requerimiento.

#### 3.1 Metodología

Se usará la metodología: deductiva y exploratoria. Deductiva, ya que se basa en una investigación exhaustiva que va desde lo general a lo particular, al conocer bien el tema desde un punto de vista general, se lo codificara en pequeñas partes para saber que tecnología se encaja mejor en la industria o problemática de las

personas. Al ser el tema de investigación un tema sobre el que no se tiene demasiado conocimiento, y que sobre todo el objetivo se centrará básicamente en otorgar la posibilidad de aumentar investigaciones más completas sobre el contexto en particular se realizará la investigación exploratoria.

### 3.2 Parámetros para analizar

Los parámetros que se analizarán vendrían a ser la raíz del análisis que se desarrollará en el siguiente capítulo, por ende, es importante explicar correctamente dichos parámetros, mostrando cuales son los que mejor se adaptan de acuerdo con el giro de negocio de una empresa, persona, problemática o requerimiento.

De acuerdo con los siguientes autores, (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017), al colocar parámetros en tablas comparativas finales, tales como: el tipo de conectividad, duración de la batería, memoria, la aplicación y el precio, se puede decir que son de suma importancia. Por otro lado, el autor, (Ching & Singh, 2016), proporciona información acerca de que uno de los parámetros más importantes es la seguridad. En sus estudios presentó vulnerabilidades acerca de algunos dispositivos al momento de comunicarse, por ende, se lo debe añadir, a la lista de parámetros.

Existen otros estudios como el de (Khakurel, Poysa & Porras, 2017), que indican que los parámetros que influyen, para que un dispositivo vestible sea adquirido o no, dependen del tamaño y la duración de la batería, ya que ciertas empresas y usuarios normales, presentan quejas al respecto. Estos parámetros siguen en investigaciones para optimizarlos en un futuro.

Así como también los investigadores (Haghi, Thurow & Stoll, 2017), destacan que los factores más importantes y críticos al momento de elegir o analizar los dispositivos vestibles son de igual manera el tamaño y la duración de la batería,

sin embargo, añaden otros como el peso, la capacidad de agregar sensores, conectividad, software y la compatibilidad del firmware.

Un dispositivo vestible puede tener lo mejor de cada parámetro a analizar, sin embargo, existe un factor que puede alterar la decisión al momento de elegir uno, y es el tipo de dispositivo. Además, al entrar en el capítulo 4, se separará por tipo cada dispositivo vestible para agilizar la búsqueda y la decisión.

Finalmente, se definirán los siguientes parámetros con la finalidad de optimizar el uso de un dispositivo vestible de acuerdo con la necesidad:

- Tipo de conectividad
- Duración de la batería
- Aplicación
- Precio
- Seguridad
- Tamaño
- Tipo de dispositivo vestible

A continuación, se describirá a cada uno de ellos junto con la justificación del por qué son importantes a la hora de tomar una decisión de elección de un dispositivo vestibles versus las necesidades particulares de los mismos.

### 3.2.1 Tipo de conectividad

Este parámetro es uno de los más importantes al momento de analizar los dispositivos vestibles ya que se debe tener en cuenta la forma en que se conectan a la red, ya sea por medio de Bluetooth 4.0 y 4.1, *Bluetooth Low Energy* (BLE), *Near Field Communication*, Wifi o CDMA (para el caso de algunas pulseras inteligentes). Además, la conectividad, abarca temas como seguridad en transmisión de datos, velocidad de transmisión de datos y procesamiento de estos.



Cuando se habla de conectividad existen connotaciones sobre la capacidad de recibir e intercambiar información en un determinado tiempo, los niveles de velocidad de envío y recepción de información en un dispositivo vestible, cuyo objetivo principal es preservar la salud del usuario, pueden resultar en consecuencias negativas si el intercambio de data, entre el usuario y el sistema de monitoreo local o remoto, es demasiado lento.

Se seleccionó como tipo de conectividad a las distintas tecnologías a continuación:

- BLE (*Bluetooth Low Energy*)
- BT (4.0, 4.1)
- Wifi
- *Near Field Communication* (NFC)
- CDMA (1.9 GHz PCS y 800 MHz)

### 3.2.2 Duración de la batería

Para la mayoría de los dispositivos vestibles este es un parámetro que se cumple, pero con limitaciones. Existen diferentes tipos de baterías de las cuales están contruidos los dispositivos, no obstante, el objetivo de analizarlo no se basa en el tipo de baterías que se deben usar, sino en el tiempo que duran en funcionamiento activo y pasivo.

La duración de la batería también podría hacer que un usuario escoja un dispositivo u otro, ya que cargar constantemente un dispositivo por un tiempo prolongado, se vuelve una acción totalmente tediosa. Por esta razón, la duración de la batería en la actualidad tiene que ser tomado en cuenta como un punto a analizar antes de realizar una elección. Se dividirá el parámetro tomando en cuenta el tipo de dispositivo, ya que usan baterías con potencias y características diferentes. Además, se obtuvo un promedio de tiempo de duración entre los

distintos tiempos que autores como, (Seneviratne, Hu, Nguyen, Lan, Khalifa, Thilakarathna, Hassan, & Aruna Seneviratne, 2017), colocaron para cada uno de los dispositivos respetando su respectivo tipo:

### 3.2.2.1 Escalas de valoración

Duración de la batería en tipo muñequeras:

- Corta (1 - 3 días)
- Media (5 - 9 días)
- Larga (10 - n días)

Duración de la batería en tipo montados en la cabeza:

- Corta (2 - 4 horas)
- Media (5 - 10 horas)
- Larga (11 - n horas)

Duración de la batería en otro tipo de accesorios:

- Corta (4 horas – 1 días)
- Media (3 - 5 días)
- Larga (6 días - 6 meses)

Duración de la batería en E-Textiles:

- Corta (8 horas - 2 días)
- Media (3 días - 10 días)
- Larga (11 - 15 días)

Duración de la batería en E-Patches:

- Corta (9 horas - 3 días)
- Media (4 – 7 días)

- Larga (8 – n semanas)

### 3.2.3 Aplicación

El parámetro de análisis llamado aplicación, indica el lugar propicio en que mejor se desempeña un dispositivo vestible. La capacidad de un dispositivo de trabajar en un área determinada sin afectar la totalidad de sus funciones. Los dispositivos vestibles realizan diversas funciones y conllevan a estar dentro de ciertas áreas de trabajo. Sin embargo, la mayoría de los dispositivos vestibles ejercen sus funciones en el campo de la salud, al monitorear señales vitales y cuestiones hápticas. No obstante, las aplicaciones son varias y se los usa en la industria, temas militares, turismo e infoentretenimiento y comunicación, tal como se describió en el capítulo 2 subcapítulo 2.1.5. Se realizará la clasificación de las aplicaciones tomando como consideración el campo general en el que se desempeñan (Jhajharia, S. K. Pal, Verma, 2014):

- Salud y medicina
- Industrial
- Militar
- Turismo
- Infoentretenimiento y comunicación

### 3.2.4 Precio

En toda investigación el factor precio, es uno de los más influyentes y, cuando se trata de tecnología, estos generalmente son elevados. Este factor se ve influenciado mayoritariamente por los materiales de los que están hechos los dispositivos vestibles, la mayoría de las veces materiales y circuitos diminutos como es el caso de los E-Patches.

Al estar en la primera generación de su era, solo personas con mucho dinero pueden adquirirlos. Se pretende analizar este parámetro de una forma en el que

el precio esté relacionado proporcionalmente con lo que el dispositivo vestible puede ofrecerle al usuario.

El precio de los dispositivos vestibles dependerá de la región en la que se esté, no obstante, se analizará precios que los autores de distintos artículos colocan para cada uno de los dispositivos vestibles, sacando una media de los costos que tiene cada dispositivo. Además, se los dividirá por tipo para así observar que precio vendría a ser barato, medio o caro. Los precios tomados son precios de E.E.U.U y analizados con la economía de Ecuador (Guzmán, 2018):

#### 3.2.4.1 Escalas de valoración

Precio en tipo muñequeras (*Smart watches*):

- Barato (150 – 230 dólares)
- Medianamente caro (231 – 300 dólares)
- Caro (300 – 350 dólares)
- Muy caro (351 – n dólares)

Precio en tipo muñequeras (*Wristbands*):

- Barato (23 – 50 dólares)
- Medianamente caro (51 – 99 dólares)
- Caro (100 – 300 dólares)
- Muy caro (301 – n dólares)

Precio en tipo montados en la cabeza (*Smart eyewear*):

- Barato (100 – 250 dólares)
- Medianamente caro (251 – 450 dólares)
- Caro (451 – 700 dólares)
- Muy caro (700 – n dólares)

Precio en tipo montados en la cabeza (*Smart headsets*):

- Barato (88 – 100 dólares)
- Medianamente caro (101 – 200 dólares)
- Caro (250 – 300 dólares)
- Muy caro (301 – n dólares)

Precio en otro tipo de accesorios (Joyería inteligente):

- Barato (20 – 80 dólares)
- Medianamente caro (81 – 130 dólares)
- Caro (131 – 190 dólares)
- Muy caro (191 – n dólares)

Precio en otro tipo de accesorios (Correas inteligentes):

- Barato (75 – 150 dólares)
- Medianamente caro (151 – 250 dólares)
- Caro (251 – 529 dólares)
- Muy caro (530 – n dólares)

Precio en E-Textiles (Prendas inteligentes):

- Barato (70 – 200 dólares)
- Medianamente caro (201 – 350 dólares)
- Caro (351 – 500 dólares)
- Muy caro (501 – n dólares)

Precio en E-Textiles (Zapatos/Calcetines/Guantes inteligentes):

- Barato (75 – 150 dólares)
- Medianamente caro (151 – 285 dólares)
- Caro (286 – 350 dólares)
- Muy caro (351 – n dólares)

Precio en E-Patches:

Precio (debido a la escasa información de precios acerca de parches electrónicos, se ha decidido colocar únicamente la referencia de precios conocidos para los dispositivos Valedo Back Therapy y Thync.

### 3.2.5 Seguridad

La tecnología en conceptos simples y técnicos tiene y debe cumplir el objetivo de hacer más fácil la vida a los usuarios que la usan directamente y a los que están indirectamente relacionados. Al tener que cumplir este objetivo, las distintas tecnologías se han visto obligadas a incrementar niveles de seguridad continuamente, ya que, al estar intercambiando información de un lado al otro en tiempo real, es posible que personas o sistemas mal intencionados quieran acceder a los datos privados de quienes los usan.

El parámetro seguridad descrito en el capítulo 2 subcapítulo 2.4, abarcó grandes vulnerabilidades que los dispositivos vestibles poseen al momento de enviar y recibir información de servidores tanto como de los dispositivos. Debido a que la seguridad será analizada de acuerdo con las características de las diferentes vulnerabilidades que posee cada uno de los dispositivos, ya sea en cuestiones de confidencialidad, integridad y disponibilidad. Baja, si tiene características de baja seguridad, como la autenticación, media, si los valores son más avanzados y óptimos, como la encriptación, encriptación y al menos una forma de mitigación de ataques, y alta, si la seguridad del dispositivo vestible en términos de comunicación fluye a través de servidores o compañías independientes que garantizan el servicio de seguridad. Además, se revisó en fuentes confiables características como el poner contraseña de ingreso al dispositivo, contraseñas, y eliminación de cuentas, geolocalización, así como también la capacidad de

mantener información encriptada y notificaciones seguras. Entonces, la seguridad se simplificará como:

- Baja
- Media
- Alta

### 3.2.6 Tamaño

El tamaño es considerado un aspecto relativo en la sociedad. Las dimensiones que los dispositivos vestibles poseen de acuerdo con su forma y funcionalidad deben ser tomadas como parte del análisis posterior. Existen dispositivos de todos los tamaños según la forma y las funcionalidades, no obstante, el tamaño está relacionado en requerir dimensiones como: largo, ancho y altura o grosor, básicamente los tres ejes que rigen nuestra realidad.

Cabe recalcar que los circuitos de los que están hechos los dispositivos vestibles son muy pequeños, como es el caso de la joyería inteligente, por esta razón, no se puede esperar funcionalidades demasiado complejas, ya que el tamaño de la memoria, batería y procesadores impiden que tengan un rendimiento extremadamente complejo.

Si algún usuario está dispuesto a escoger un dispositivo vestible cuyas características y funcionalidades sean múltiples, profundas y complejas, pues tendría que hacerse de un dispositivo vestible con dimensiones grandes. Se tomará en cuenta el tamaño de un parche electrónico tipo curita como pequeño, el tamaño mediano tomaría en cuenta las dimensiones físicas de los relojes y muñequeras inteligentes, y el tamaño grande tomaría las dimensiones físicas de la ropa, cascos y correas inteligentes. El tamaño tomará todo tipo de dispositivos vestibles sin restricciones y se dividirá en:

- Pequeño
- Mediano

- Grande

### 3.2.7 Tipo de dispositivo vestible

Todos los parámetros antes descritos, no tendrían valía si se comparará cada uno, con los diferentes tipos de dispositivos vestibles que existen, es decir, resultaría dificultoso comparar, a la ropa inteligente con relojes inteligentes, simplemente no tendría mucho sentido. Podría haber características completamente distintas entre ambos.

Como ya se ha visto en el capítulo 2, los grupos en los que se puede clasificar a los dispositivos vestibles según investigadores son: Tipo accesorios, tipo E-Textiles y, tipo E-Patches. Cabe mencionar, que entre cada uno de los grupos, existen subgrupos correspondientes a cada uno y, también se procederá a colocarlos (para más información ver capítulo 2 subcapítulo 2.1.3.3). Por consiguiente, el tipo de dispositivo vestible se clasificará como:

- Accesorios (relojes, pulseras, auriculares, gafas, correas y joyería)
- E-Textiles (prendas y zapatos/calzetines/guantes)
- E-Patches (Parches de sensores y parches tipo tatuajes/piel)

## 4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS COMPARATIVO

### 4.1 Dispositivos vestibles en la India

Antes de proporcionar el objetivo principal de este documento, que tiene como fin mostrar las distintas tablas comparativas de los dispositivos vestibles, se añadirá como cuestiones interesantes, ciertos datos particulares y específicos de la forma en la que países como la India toman en consideración al momento de hacer la elección de un dispositivo vestible. Al ser un país con diversas características sociales, económicas, políticas y ambientales, presenta en su lecho de investigación una amplia variedad de aspectos a tomar en cuenta.



Principalmente, en la India se puede encontrar aldeas con un gran número de personas que no tienen acceso a la educación, los dispositivos vestibles podrían ayudar a hacer que personas accedan a la información relevante en el momento justo en que se solicita y así poder usarlos en las instituciones educativas (Jhajharia, S. K. Pal, Verma, 2014). Además, los dispositivos vestibles ayudarían a los agricultores a llevar control de sus cultivos y la tierra, disminuyendo el tiempo y esfuerzo por parte de los agricultores y aumentando así el rendimiento. En cuanto a temas de salud, en la India, existen lugares remotos sin acceso pronto a hospitales o doctores. Los dispositivos vestibles podrían ayudar a controlar signos vitales de pacientes remotamente por doctores, esto mejoraría la calidad de atención, reduciría costos importantes de transporte, y disminuiría de esta manera la tasa de reingresos para mejorar los resultados del paciente.

En la India, la inseguridad abarca grandes preocupaciones al gobierno y la mala noticia es que va en aumento. Al poseer soluciones de GPS incorporados, los dispositivos vestibles dan información completa de donde se encuentra exactamente el portador del dispositivo, monitoreándolo remotamente, esto sería útil, y más en países como la India, en donde las tasas de violaciones y secuestro es alta. Las mujeres atacadas podrían enviar una señal de auxilio a personas cercanas al sentirse en peligro y por lo tanto pedir ayuda inmediata. También serviría para poder monitorear a hijos que se encuentran en guarderías y, asimismo, monitorear ubicaciones de animales en conjunto con dispositivos de salud para dar información del estado en que están los animales independientemente de las condiciones.

En la India debido a falta de instalaciones deportivas, los deportes no son practicados con frecuencia. Tomando en consideración esto, investigadores explican que los dispositivos vestibles podrían ayudar a crear light gears (equipos de indumentaria deportiva) ligeros y elegantes para usar, para que sirvan como incentivo al momento de crear instalaciones deportivas. Otra aportación que llegarían a tener los dispositivos vestibles en la India incorporaría con la función

de poder de monitorear actividades de recuperación a atletas profesionales desde el hogar o lugar donde se encuentren rehabilitando.

Aspectos importantes en temas de Industria serían relevantes en la India con la utilización de dispositivos vestibles. Siendo capaces de mejorar la capacidad de procesamiento en fabricación de materiales para ropa inteligente y así poder usarlos para detectar gases o ubicaciones de usuarios. La logística en la industria usaría los dispositivos vestibles usados en muñequeras para mejorar procesos de comunicación y producción.

#### 4.2 Dispositivos vestibles en IoT

Los dispositivos vestibles enfocan sus funcionalidades para determinar problemas que el mundo en la actualidad conlleva, esto hace que ciertas empresas en la industria piensen en adquirirlos y trabajar con ellos. Los dispositivos vestibles trabajan en conjunto con teléfonos inteligentes, sin embargo, la pregunta que se puede hacer es la siguiente, ¿Serán los dispositivos vestibles un periférico más de los teléfonos inteligentes, o conformarán un papel más importante en el mundo del Internet de las Cosas? Al estar en constante evolución con el apareamiento del IoT, sería de mucha importancia poder conectar estos dispositivos al Internet de forma independiente.

Como ya se mencionó a lo largo del documento, la mayoría de las funcionalidades que los dispositivos vestibles realizan, las ejecutan por medio de la interfaz gráfica del teléfono móvil al que estén conectados. He aquí la formulación de la siguiente pregunta ¿Es realmente la funcionalidad más adecuada que los dispositivos vestibles deberían proporcionar para su óptimo rendimiento? Si tan solo los dispositivos vestibles estarían conectados directamente al Internet, las velocidades de procesamiento de información consumirían mucho menos recursos, por lo tanto, mejoraría la eficiencia significativamente. Principalmente, el enfoque que el teléfono inteligente tendría, serían las de realizar las configuraciones iniciales de tareas preprogramadas a

través de su interfaz gráfica, es decir, el usuario podría conectar su dispositivo vestible con objetos electrónicos conectados al Internet en su hogar, prender la televisión, mover cortinas, apagar luces y configurar tonos de luz en casa, podrían ser funciones que un hogar inteligente llegaría a tener.

Tener un mundo en donde todos los dispositivos vestibles estén conectados con otros en la multitud, atraerá grandes beneficios a la humanidad. Por lo pronto, al existir un gran número de dispositivos electrónicos conectados en el mundo, la privacidad de las personas se verá afectada de cierta manera. La seguridad y privacidad de la información es un factor que alerta a los investigadores a diseñar planos y metas tecnológicas para evitar estas particularidades. Por ejemplo, un dispositivo vestible podría conectarse automáticamente con otro de otro usuario y poder averiguar si esta persona posee fiebre alta o algún otro virus. Probablemente el usuario sano querrá saber esta información, pero no así el usuario con la enfermedad, estas cuestiones podrían resolverse incluyendo filtros de seguridad en teléfonos inteligentes conectados a los dispositivos. No es de mucha importancia en qué sentido vayan a evolucionar los dispositivos vestibles, sin embargo, la aceptación de la población será aprobada con mayor rapidez si estos se integran a la tecnología IoT, solo así ofrecerán las funcionalidades que la mayoría de las personas esperan.

#### 4.2.1 Arquitectura dispositivo vestible en IoT

Ya no es suficiente diseñar dispositivos portátiles independientes, no obstante, se vuelve vital crear un ecosistema de WIoT (*Wearable IoT*) en el que los sensores llevados en el cuerpo sincronicen los datos a los servicios en la nube a través de la infraestructura de IoT. Un nuevo proyecto integrador para WIoT se está construyendo actualmente sobre la arquitectura de IoT. A continuación, se describen todos los componentes de la arquitectura WIoT y sus interconexiones, un sistema que beneficiaría a la industria de la salud de varias maneras.

#### 4.2.1.1 WBAS

WBAS (*Wearable body area sensors*), básicamente, representa la fase 1 de comunicación y son componentes frontales de WIoT y envuelven discretamente el cuerpo para capturar datos centrados en la salud. Las WBAS son las principales responsables de recopilar los datos directamente desde el cuerpo a través de sensores de contacto o desde sensores periféricos que brindan información indirecta del cuerpo y sus comportamientos y preparar los datos para su análisis detallado. Una vez capturado los datos se toma decisiones y se brinda soporte. (Hiremath, Yang & Mankodiya, 2014).

Independientemente de sus aplicaciones de usuario final, se requiere que WBAS cumpla con los estándares de calidad global para garantizar su operación a largo plazo con supervisión y administración mínimas. La necesidad de sensores portátiles ha llevado a la miniaturización del hardware y al desarrollo de formas eficientes para reducir el consumo de energía mientras se opera en estándares clínicamente aceptables. La gestión de datos para sensores portátiles sigue siendo un desafío para los investigadores, ya que dichos datos deben ser anotados como información del tiempo, la actividad y la ubicación.

#### 4.2.1.2 Gateways conectados al Internet

Los gateways conectados al Internet, corresponden a la fase 2 de comunicación. No son otra cosa que teléfonos inteligentes que se hacen llamar los dispositivos complementarios, los cuales se utilizan como dispositivos de puerta de enlace, lo que representa una clase importante de WIoT. Estos dispositivos permiten que la información fluya desde los sensores a la nube o centros de servidores para su almacenamiento y posterior análisis (Hiremath, Yang & Mankodiya, 2014). Los dispositivos gateway se componen de tecnología de comunicación de corto alcance, como Bluetooth, que se usa para intercambiar datos con sensores portátiles, y de redes heterogéneas, como WIFI y GSM, que se usan para enviar los datos a la nube. Algunos dispositivos Gateway tienen la capacidad de

almacenar datos, ejecutar algunos algoritmos de preprocesamiento que evalúan si los datos son clínicamente relevantes y enviarlos de forma intermitente a servidores remotos.

#### 4.2.1.3 Cloud y Big Data

Se refiere a la fase 3 de comunicación, una infraestructura de computación en la nube puede facilitar la gestión de datos portátiles y puede admitir funcionalidades avanzadas de minería de datos, aprendizaje automático y análisis de grandes datos médicos. WIoT puede recibir beneficios significativos de CaBAS (*Cloud-assisted BAS*), como los protocolos de enrutamiento eficientes energéticamente que pueden conectar a la red teléfonos inteligentes y sensores portátiles para el intercambio de handshaking y la transferencia de datos sin problemas (Hiremath, Yang & Mankodiya, 2014). La figura 18 muestra el esquema de Cloud y la red WBAS.

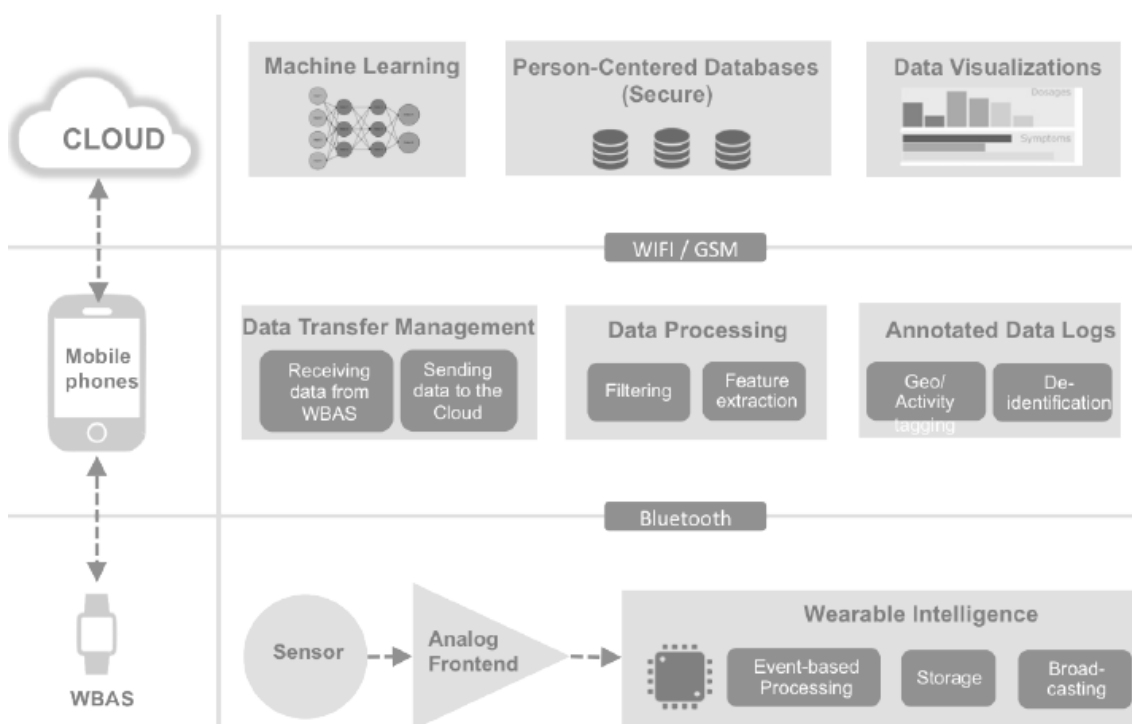


Figura 18. Esquema básico de funcional de Cloud y red WBAS.

Tomado de (Hiremath, Yang & Mankodiya, 2014)

### 4.3 Tablas comparativas

Tomando en consideración lo realizado en el capítulo 2 en donde se levantó la información teórica y, en el capítulo 3, en donde se desarrolló dicha información para proporcionar los principales parámetros de análisis para los dispositivos vestibles, se procederá a crear tablas comparativas para otorgar al lector una manera mucho más sencilla y rápida de seleccionar el mejor dispositivo vestible que se adapte a las necesidades o requerimientos de cualquier persona o entidad, para agilizar los procesos de industria o cotidianidad de la vida diaria.

Al existir dispositivos vestibles de todo tipo, con características, funcionalidades, tamaños y precios distintos, se ha realizado la creación de tablas básicamente separadas por el tipo, es decir, se comparará los siete parámetros de análisis con el mismo tipo de dispositivo vestible. De esta manera, se mostrará entonces un total de 10 tablas fáciles de leer e interpretar.

Cada una de las tablas presenta una equis (X) la característica que posee cada dispositivo vestible en relación con cada parámetro de análisis. Se colocó (N/A) si la característica No Aplica para el dispositivo vestible en relación con el parámetro de análisis. Por último, se colocó el símbolo (-) si la información no es proporcionada por el proveedor en páginas oficiales, o si no se logró encontrar dicha información en fuentes confiables. A continuación, se muestran las tablas comparativas mencionadas.

## 4.3.1 Tabla comparativa accesorios – relojes inteligentes

Tabla 1.

*Relojes inteligentes*

TIPO / SUBTIPO		ACCESORIOS / RELOJES INTELIGENTES					
DISPOSITIVO		Apple Watch	Motorola Moto 360	Samsung Gear S2	Huawei Watch	FitBit Surge	Pebble Time
CONECTIVIDAD	BLE						
	BT	X	X	X	X	X	X
	Wifi	X	X	X	X	X	X
	NFC	X	X	X	X	X	X
DURACIÓN BATERÍA	Corta	X	X	X	X		
	Media					X	
	Larga						X
APLICACIÓN	Salud y Medicina	X	X	X	X	X	X
	Industrial	X					
	Militar						
	Turismo		X				
	Infoentretenimiento y comunicación	X	X	X	X		X
PRECIO	Barato				X		X
	Medianamente caro			X	X	X	
	Caro	X	X	X	X		
	Muy caro						
SEGURIDAD	Baja		X	X	-	-	X
	Media	X			-	X	
	Alta				-	-	
TAMAÑO	Pequeño					X	
	Mediano	X	X	X	X		X
	Grande						

## 4.3.2 Tabla comparativa accesorios – pulseras inteligentes

Tabla 2.

*Pulseras inteligentes*

TIPO / SUBTIPO		ACCESORIOS / PULSERAS INTELIGENTES						
DISPOSITIVO		Sony Smartband 2	Mi Band 2	LG Gizmopal 2	FitBit Flex 2	Empatica E4 Wristband	NYMI Data	MOOV NOW
CONECTIVIDAD	BLE		X		X		X	
	BT	X	X			X	X	X
	Wifi							
	NFC						X	
	CDMA			X				
DURACIÓN BATERÍA	Corta	X		X		X		
	Media	X		X	X		X	
	Larga		X					X
APLICACIÓN	Salud y Medicina	X	X	X	X	X		X
	Industrial	X				X		
	Militar							
	Turismo							
	Infoentretenimiento y comunicación	X	X		X	X	X	
PRECIO	Barato		X					X
	Medianamente caro	X		X				X
	Caro				X		X	
	Muy caro					X		
SEGURIDAD	Baja	-						-
	Media	-	X	X	X			-
	Alta	-				X	X	-
TAMAÑO	Pequeño		X	X	X			X
	Mediano	X				X	X	
	Grande							



## 4.3.3 Tabla comparativa accesorios – gafas inteligentes

Tabla 3.

*Gafas inteligentes*

TIPO / SUBTIPO		ACCESORIOS / GAFAS INTELIGENTES			
DISPOSITIVO		Microsoft HoloLens	FUNKI Ambient Glasses	Recon Jet	Google glass
CONECTIVIDAD	BLE		X		
	BT		X	X	X
	Wifi	X		X	X
	NFC				
DURACIÓN BATERÍA	Corta	X	N/A	X	N/A
	Media		N/A	X	N/A
	Larga		N/A		N/A
APLICACIÓN	Salud y Medicina		X		
	Industrial				
	Militar				
	Turismo				
	Infoentretenimiento y comunicación	X	X	X	X
PRECIO	Barato		X		
	Medianamente caro				
	Caro			X	
	Muy caro	X			X
SEGURIDAD	Baja		-	-	
	Media	X	-	-	
	Alta		-	-	X
TAMAÑO	Pequeño				
	Mediano		X	X	X
	Grande	X			

## 4.3.4 Tabla comparativa accesorios – auriculares inteligentes

Tabla 4.

*Auriculares y Cascos inteligentes*

TIPO / SUBTIPO		ACCESORIOS / AURICULARES y CASCOS INTELIGENTES							
DISPOSITIVO		Sony Xperia Ear	Apple AirPods	Samsung Gear IconX	Jabra Elite Sport	Bragi Dash Pro	LifeBEAM Smart Helmet	Muse headband	Joule Earring Backing
CONECTIVIDAD	BLE						X		
	BT	X	X	X	X	X		X	X
	Wifi								
	NFC	X							
DURACIÓN BATERÍA	Corta			X	X				
	Media					X		X	
	Larga	X	X				X		X
APLICACIÓN	Salud y Medicina			X	X	X	X	X	X
	Industrial								
	Militar								
	Turismo								
	Infoentretenimiento y comunicación	X	X	X	X	X	X		
PRECIO	Barato								X
	Medianamente caro	X	X	X			X		
	Caro				X			X	
	Muy caro					X			
SEGURIDAD	Baja	X	X	X	X	X	X	X	X
	Media								
	Alta								
TAMAÑO	Pequeño	X	X	X	X	X			X
	Mediano								
	Grande						X	X	

## 4.3.5 Tabla comparativa accesorios – joyería inteligente

Tabla 5.

*Joyería inteligente*

TIPO / SUBTIPO		ACCESORIOS / JOYERÍA INTELIGENTE					
DISPOSITIVO		NFC Ring	Smarty Ring	Nod	Motiv Ring	Bellabeat Leaf	CliMat e Clip-on
CONECTIVIDAD	BLE						-
	BT		X	X	X	X	-
	Wifi						-
	NFC	X					-
DURACIÓN BATERÍA	Corta	-	X	X			
	Media	-			X		
	Larga	-				X	X
APLICACIÓN	Salud y Medicina				X	X	X
	Industrial			X			
	Militar						
	Turismo						
	Infoentretenimiento y comunicación	X	X	X			X
PRECIO	Barato	X	-	-			-
	Medianamente caro		-	-		X	-
	Caro		-	-		X	-
	Muy caro		-	-	X	X	-
SEGURIDAD	Baja	X	X	X	X	X	-
	Media						-
	Alta						-
TAMAÑO	Pequeño	X	X		X	X	X
	Mediano			X			
	Grande						

## 4.3.6 Tabla comparativa accesorios – correas inteligentes

Tabla 6.

*Correas inteligentes*

TIPO / SUBTIPO		ACCESORIOS / CORREAS INTELIGENTES					
DISPOSITIVO		Zephyr BioHarness	Quell Relief	Wahoo Tickr X	Qardio Core	AMPY Move	MYO armband
CONECTIVIDAD	BLE						
	BT	X	X	X	X	X	X
	Wifi						
	NFC						
DURACIÓN BATERÍA	Corta		X			-	X
	Media					-	
	Larga	X		X	X	-	
APLICACIÓN	Salud y Medicina	X	X	X	X		
	Industrial					X	
	Militar						
	Turismo						
	Infoentretenimiento y comunicación						X
PRECIO	Barato			X		X	
	Medianamente caro		X				X
	Caro						
	Muy caro	X			X		
SEGURIDAD	Baja	-	-	-	-	-	-
	Media	-	-	-	-	-	-
	Alta	-	-	-	-	-	-
TAMAÑO	Pequeño						
	Mediano					X	
	Grande	X	X	X	X		X

## 4.3.7 Tabla comparativa e-textiles – ropa inteligente

Tabla 7.

*Ropa inteligente*

TIPO / SUBTIPO		E-TEXTILES / ROPA INTELIGENTE							
DISPOSITIVO		Hu g Shir t	T Jacket	Solar Shirt	Hovding	Athos	OmSignal	Physic lo	MY ON TEC
CONECTIVIDAD	BLE			N/A	N/A			N/A	
	BT	X	X	N/A	N/A	X	X	N/A	X
	Wifi			N/A	N/A			N/A	
	NFC			N/A	N/A			N/A	
DURACIÓN BATERÍA	Corta	-	X	N/A	X	X	X	N/A	-
	Media	-		N/A		X		N/A	-
	Larga	-		N/A		X		N/A	-
APLICACIÓN	Salud y Medicina	X	X			X	X	X	X
	Industrial			X	X				
	Militar								
	Turismo								
	Infoentretenim iento y comunicación					X			
PRECIO	Barato	-		-			X	X	
	Medianamente caro	-		-	X	X			
	Caro	-	X	-					
	Muy caro	-	X	-					X
SEGURIDAD	Baja	-	-	N/A	N/A		N/A	N/A	
	Media	-	-	N/A	N/A	X	N/A	N/A	X
	Alta	-	-	N/A	N/A		N/A	N/A	
TAMAÑO	Pequeño		X	X			X	X	X
	Mediano		X	X		X	X	X	X
	Grande	X		X	X	X	X	X	X

## 4.3.8 Tabla comparativa e-textiles – zapatos, guantes y medias inteligentes

Tabla 8.

*Zapatos, guantes y medias inteligentes*

TIPO / SUBTIPO		E-TEXTILES / ZAPATOS, GUANTES y MEDIAS INTELIGENTES					
DISPOSITIVO		ProGlove	GPS Smartsole	Sensoria	Owlet Smart Sock	Samsung IOFIT	Lechal
CONECTIVIDAD	BLE						
	BT			X	X	X	X
	Wifi	X			X		
	NFC						
	GPS		X				
DURACIÓN BATERÍA	Corta	X	X	X			
	Media					X	
	Larga				X		X
APLICACIÓN	Salud y Medicina			X	X	X	X
	Industrial	X					
	Militar						
	Turismo						
	Infoentretenimiento y comunicación		X				
PRECIO	Barato	-		X			
	Medianamente caro	-		X		X	X
	Caro	-	X	X	X		
	Muy caro	-		X			
SEGURIDAD	Baja			-	-	-	-
	Media		X	-	-	-	-
	Alta	X		-	-	-	-
TAMAÑO	Pequeño	X	X	X	X	X	X
	Mediano	X	X	X	X	X	X
	Grande	X	X	X	X	X	X

## 4.3.9 Tabla comparativa e-patches – parches de sensores

Tabla 9.

*Parches de sensores*

TIPO / SUBTIPO		E-PATCHES / PARCHES DE SENSORES					
DISPOSITIVO		Chrono Therapeutic s	Proteus Health Patch	HealthPatch MD	Thync	Valedo Back Therapy	OmniPod Insulin Managem ent System
CONECTIVIDAD	BLE	-	-		X		
	BT	-	-			X	
	Wifi	-	-	X			X
	NFC	-	-				
DURACIÓN BATERÍA	Corta			X	X	X	
	Media		X				
	Larga	X					X
APLICACIÓN	Salud y Medicina	X	X	X	X	X	X
	Industrial						
	Militar						
	Turismo						
	Infoentretenimiento y comunicación						
PRECIO	Barato	-	-	-			-
	Medianamente caro	-	-	-			-
	Caro	-	-	-			-
	Muy caro	-	-	-	X	X	-
SEGURIDAD	Baja	-		-	-	-	
	Media	-		-	-	-	X
	Alta	-	X	-	-	-	
TAMAÑO	Pequeño	X					X
	Mediano		X	X	X	X	
	Grande						

Tabla 10.

## Matriz Comparativa de tecnologías

CATEGORÍA		ACCESORIOS / RELOJES INTELIGENTES	ACCESORIOS / PULSERAS INTELIGENTES	ACCESORIOS / GAFAS INTELIGENTES	ACCESORIOS / AURICULARES y CASCOS INTELIGENTES	ACCESORIOS / JOYERÍA INTELIGENTE	ACCESORIOS / CORREAS INTELIGENTES	E-TEXTILES / ROPA INTELIGENTES	E-TEXTILES / ZAPATOS, GUANTES y MEDIAS INTELIGENTES	E-PATCHES / PARCHES DE SENSORES	RESULTADOS
CONECTIVIDAD	BLE	0	3	1	1	0	0	0	0	1	6
	BT	6	5	3	7	4	6	5	4	1	41
	Wifi	6	0	3	0	0	0	0	2	2	13
	NFC	6	1	0	1	1	0	0	0	0	9
	CDMA	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2
DURACIÓN BATERÍA	Corta	4	3	2	2	2	2	4	3	3	25
	Media	1	4	1	2	1	0	1	1	1	12
	Larga	1	2	0	4	2	3	1	2	2	17
APLICACIÓN	Salud y Medicina	6	6	1	6	3	4	6	4	6	42
	Industrial	1	2	0	0	1	1	2	1	0	8
	Militar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Turismo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Infoentretimiento y comunicación	5	5	4	6	4	1	1	1	0	27
PRECIO	Barato	2	2	1	1	1	2	2	1	0	12
	Medianamente caro	3	3	0	4	1	2	2	3	0	18
	Caro	4	2	1	2	1	0	1	3	0	14
	Muy caro	0	1	2	1	2	2	1	1	2	12
SEGURIDAD	Baja	3	0	0	8	5	0	0	0	0	16
	Media	2	3	1	0	0	0	2	1	1	10
	Alta	0	2	1	0	0	0	0	1	1	5
TAMAÑO	Pequeño	1	4	0	6	5	0	5	6	2	29
	Mediano	5	3	3	0	1	1	6	6	4	29
	Grande	0	0	1	2	0	5	7	6	0	21

Las tablas expuestas anteriormente, presentan de una forma gráfica las especificaciones de cada parámetro a analizar con respecto a cada dispositivo vestible, esto ayudará a escoger de forma más eficiente el dispositivo vestible



acorde a los requerimientos que se presenten a una persona natural o entidad empresarial. Los dispositivos vestibles tienen características innumerables, sin embargo, características técnicas como: procesadores, memoria, sistema operativo, compatibilidad y tipo de batería, entran en una gama de análisis mucho más profunda, lo que se trata de mostrar en las tablas anteriores, es la de tener una visión amplia y funcional conforme a la capacidad de elección de un dispositivo vestible. Los dispositivos vestibles acercarán y cambiarán la forma en la que se ve las cosas, el mundo se adaptará y brindará mejores soluciones si se escoge el dispositivo adecuado de acuerdo con los requerimientos que se presenten.

#### 4.3.10 Matriz comparativa de tecnologías

Tomando en consideración las tablas expuestas anteriormente se procederá a construir una tabla comparativa de tecnologías. Con esta tabla se presentará al lector información cuantitativa del parámetro de análisis versus la categoría del dispositivo vestible. A continuación, la tabla en mención:

La tabla anterior da una idea de análisis completa acerca de todos los parámetros que se deben tomar en cuenta al momento de realizar la elección de un dispositivo. Con esta tabla se puede visualizar de manera clara la cantidad de dispositivos vestibles que existen en relación con cada parámetro de análisis.

Así podemos decir que la tendencia tecnológica que se usa para conectar los dispositivos vestibles con celulares o redes es BT (Bluetooth) con 41 dispositivos analizados en este documento. Seguido de 13 dispositivos que usan Wifi. Las demás conectividades (BLE, NFC, CDMA) no se usan demasiado. La figura 19, muestra gráficamente el tipo de conectividad más usado:

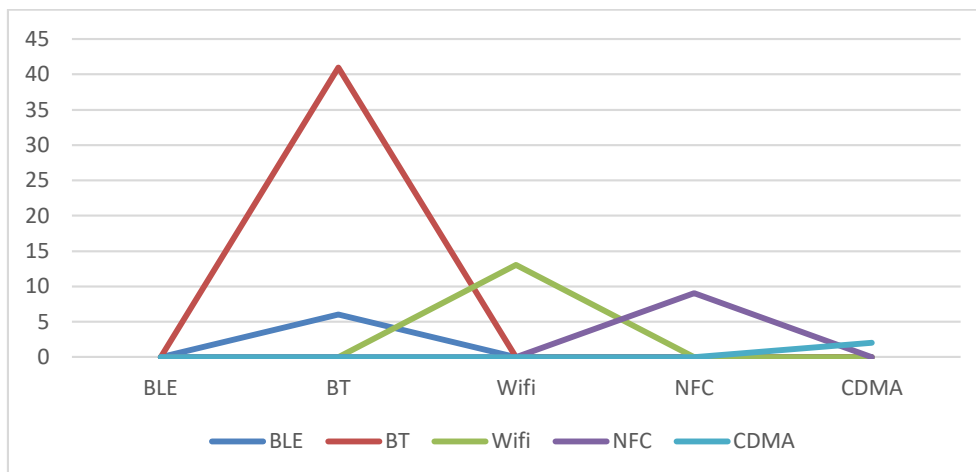


Figura 19. Estadísticas del parámetro del tipo de conectividad.

Por otro lado, la mayoría de los dispositivos vestibles poseen duración de batería corta, con un total de 25 dispositivos analizados en este documento. Seguido de 17 con duración de batería larga y 12 con duración de batería media. Esto se debe a que el parámetro de duración de batería no está del todo desarrollado, por ello, investigadores apresuran estudios. La Figura 20 indica el número de dispositivos que usan duraciones de batería cortas, medias y largas respectivamente:

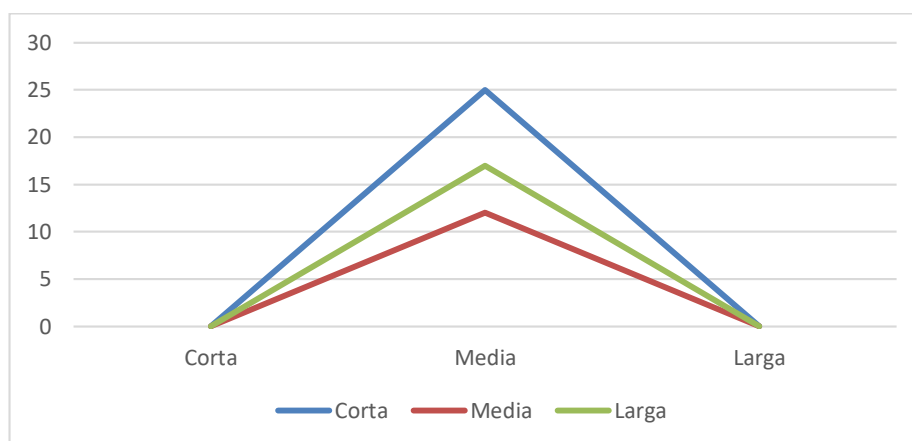
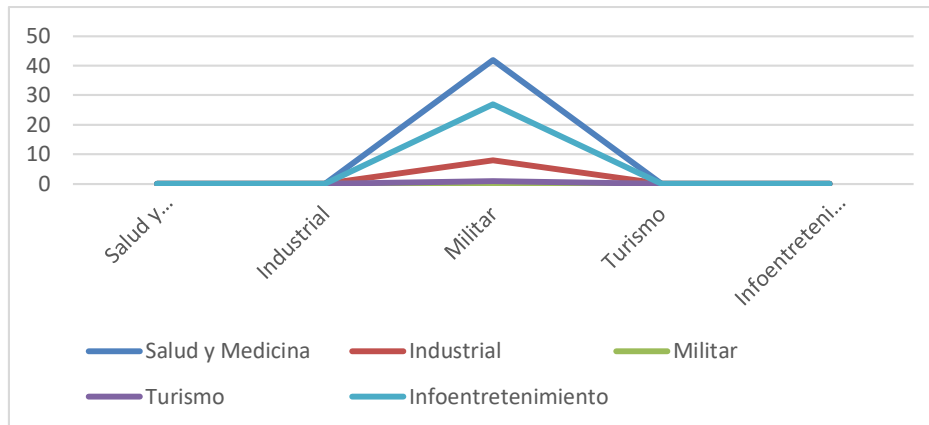


Figura 20. Estadísticas del parámetro duración de la batería.

Las aplicaciones en donde más se usan los dispositivos vestibles son la medicina y el infoentretenimiento, dando un total de 42 y 27 dispositivos respectivamente. Sin embargo, en un tercer lugar del estudio de este documento, se encuentra la

aplicación en la industria con un total de 8 dispositivos analizados. En la figura 21 se puede apreciar la cantidad de dispositivos que se usan específicamente para cada aplicación:



*Figura 21.* Estadísticas del parámetro uso en aplicaciones.

El parámetro precio es muy parejo ya que, para la economía existente en el Ecuador, la mayoría de los dispositivos vestibles son medianamente caros con un total de 18 dispositivos. 14 dispositivos son considerados como caros y los que restan están divididos en partes iguales como baratos y muy caros. Esto haría pensar que la mejor elección de un dispositivo vestible en cuanto al precio estaría más bien relacionada a los pros y los contras de sus funcionalidades, es decir no enfocarse mucho en el precio. En la figura 22 se puede apreciar la cantidad de dispositivos vestibles baratos, medianamente caros, caros y muy caros que hemos analizado en este documento:

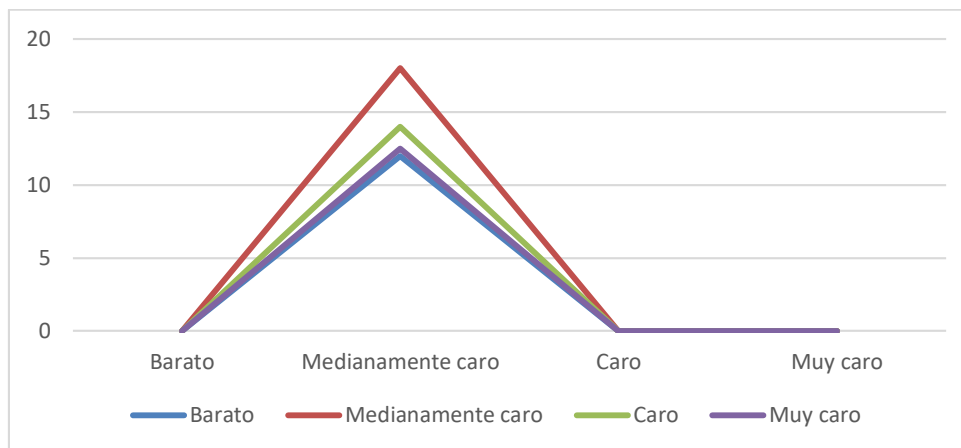


Figura 22. Estadísticas del parámetro precio.

El tamaño es un parámetro de análisis importante, con esta tabla se puede observar que una gran cantidad de dispositivos vestibles en la actualidad son considerados por este documento como pequeños y medianos. Los restantes son considerados como grandes. Esto se debe a que la mayoría ejerce sus funcionalidades como accesorios y ropa de vestir y no como instrumentos demasiado grandes difíciles de manipular. La figura 22 muestra la cantidad de dispositivos vestibles que se consideran grandes, medianos y pequeños:

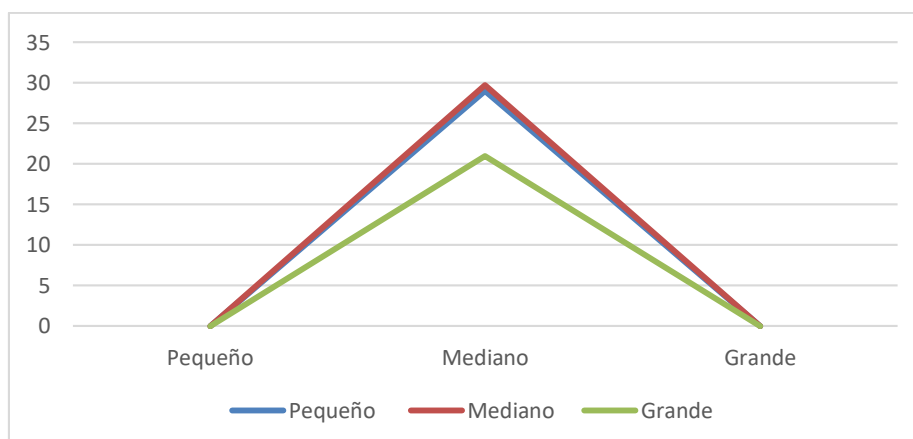


Figura 23. Estadísticas del parámetro del tamaño.

Finalmente, se aprecia que, en cuanto a la seguridad, la información de la mayoría de los dispositivos es nula o no existe aún. Sin embargo, de la información rescatada, una gran número de dispositivos posee seguridad considerada como baja, es decir, únicamente colocar contraseña para uso

interno del wearable. Este parámetro es altamente crítico por lo que los investigadores se encuentran desarrollando continuamente innovaciones al respecto. Un total de 16 dispositivos con seguridad baja, 10 con seguridad media y 5 con seguridad alta. La figura 24 indica cual es la seguridad actual en el que la mayoría de los dispositivos vestibles se encuentra:

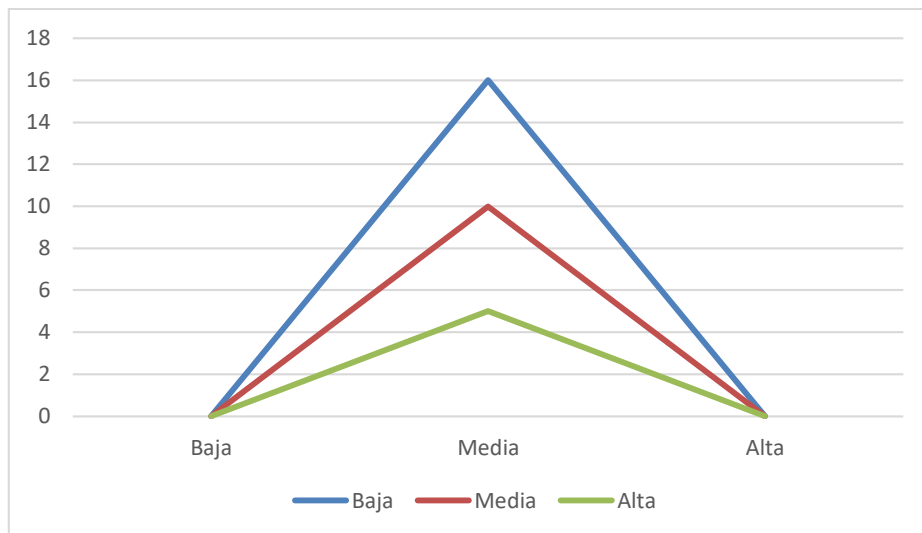


Figura 24. Estadísticas del parámetro seguridad.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Debido a la complejidad que conlleva efectuar la construcción de dispositivos vestibles que sean capaces de durar tiempos prolongados en estado activo, la aceptación por parte de las personas se ve afectada. Los dispositivos vestibles no tienen una aceptación positiva actualmente, si bien es cierto que están en la primera generación de su era, se espera que los tiempos de duración de la batería crezcan en un futuro como así estudios lo han explicado.

Los dispositivos vestibles presentan diferentes aplicaciones en los que se pueden usar, existe una gran variedad de dispositivos usados en temas en centros de trabajo. La salud y la seguridad que proporcionan algunos dispositivos ha hecho que personas tomen más confianza al usarlos específicamente en lugares de trabajo, sin embargo, se considera un área que todavía esta investigación, en donde cuestiones como el precio, precisión en la entrega de información y la facilidad de uso aún están por resolverse.

El auge que se espera obtener de parte de esta tecnología portátil o vestible es simplemente prometedora, sin embargo, los expertos indican que, debido a la complejidad inherente en su construcción, reparación, análisis y estudios, la corriente caudalosa en el mercado de esta tecnología podría durar décadas en surgir a partir de hoy. Los indicadores de análisis de los dispositivos vestibles podrían avanzar en conjunto con la inteligencia artificial y todo lo que esto conlleva, los dispositivos vestibles podrían aprender por sí solos, añadiendo la oportunidad de interactuar uno a uno con el cuerpo.

El fin del documento aquí presentado, tiene como objetivo principal, elegir el dispositivo que más se acerca a las necesidades y requerimientos que pueden surgir para personas naturales, grupos de trabajo, entidades y demás. Se han construido tablas comparativas que indican los principales parámetros de

análisis que la mayoría de los investigadores destacan como principales a la hora de adquirir uno. No obstante, es importante mencionar, que algunas características específicas para ciertos dispositivos vestibles no se lograron encontrar en fuentes confiables ni en páginas oficiales del proveedor. Se espera ayudar con esto a futuras investigaciones relacionadas al tema.

## 5.2 Recomendaciones

Los parámetros de análisis descritos en el documento no necesariamente deben considerarse como único y exclusivos. Si bien es cierto que, son los parámetros que la mayoría de los investigadores y científicos describen como principales, el lector debe tener la capacidad de interpretarlos y analizarlos a su manera, sin embargo, son los que se acercan a la realidad.

Teniendo en cuenta que los parámetros en un futuro podrían alterarse, el presente documento da una sugerencia de elección específicamente en el tiempo actual en el que el mundo se encuentra. Los dispositivos vestibles se encuentran en la primera era de su generación, y van en aumento.

Es importante entender y saber que la tecnología vestible tiene ciertas complejidades en la forma de usarlos, es por ello, que se recomienda leer al pie de la letra, los manuales de información e indicaciones que se adjuntan en las páginas web principales de los dispositivos vestibles.

La adaptación de los dispositivos vestibles en nuestra vida diaria no depende solamente de cuan beneficios estos sean para la humanidad, si bien es cierto que es un factor netamente importante, el factor de costumbre y cultura que la gente debe adoptar ante los cambios, disminuiría considerablemente el tiempo de espera en el mercado. Por esto, se recomienda a las personas entender y adoptar las generalidades de aspectos que traen consigo los cambios.

## REFERENCIAS

- Agostini, V., Knaflitz, M., Antenucci, L., Lisco, G., Gastaldi, L., & Tadano, S. (2015). *Wearable sensors for gait analysis. 2015 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications, MeMeA 2015 - Proceedings*, (September 2016), 146–150. <https://doi.org/10.1109/MeMeA.2015.7145189>
- Apple. (2019). *Apple Watch*. Recuperado el 10 de mayo de 2019 de: <https://www.apple.com/la/watch/>
- Arefin, M. T., Ali, M. H., & Haque, A. K. M. F. (2017). *Wireless Body Area Network: An Overview and Various Applications. Journal of Computer and Communications*, 05(07), 53–64. <https://doi.org/10.4236/jcc.2017.57006>
- Athos. (2019). *Core Charging and Battery Life*. Recuperado el 14 de mayo de 2019 de: <https://help.liveathos.com/garments-and-gear/core-charging-and-battery-life>
- Bellabeat. (2019). *Bellabeat Leaf*. Recuperado el 14 de mayo de 2019 de: <https://www.bellabeat.com/collections/shop>
- Bhosale, T., Kudale, H., Kumthekar, V., Garude, S., & Dhupal, P. (2016). *Gait analysis using wearable sensors. International Conference on Energy Systems and Applications, ICESA 2015*, (December), 267–269. <https://doi.org/10.1109/ICESA.2015.7503353>
- Bragi. (2019). *Bragi Tha Dash Pro*. Recuperado el 14 de mayo de 2019 de: <https://bragi.com/products/thedashpro>
- Chang, H. S., Lee, S. C., & Ji, Y. G. (2016). *Wearable device adoption model with TAM and TTF. International Journal of Mobile Communications*, 14(5), 518. <https://doi.org/10.1504/ijmc.2016.078726>
- Ching, K. W., & Singh, M. M. (2016). *Wearable Technology Devices Security and Privacy Vulnerability Analysis. International Journal of Network Security & Its Applications*, 8(3), 19–30. <https://doi.org/10.5121/ijnsa.2016.8302>
- Çiçek, M. (2015). *Wearable Technologies and Its Future Applications. ISER Science Plus International Conference*, Recuperado el 21 de mayo de 2019 de:



<https://pdfs.semanticscholar.org/8abe/db7aa445a1ddb3b5759ae9e987c9b755b848.pdf>

Empatica. (2019). Empatica E4. Recuperado el 20 de mayo de 2019 de: <https://www.empatica.com/en-eu/research/e4/>

Fitbit. (2019). *Fitbit Surge*. Recuperado el 21 de mayo de 2019 de: <https://www.fitbit.com/ec/home>

Fitbit. (2019). *Fitbit Flex 2*. Recuperado el 21 de mayo de 2019 de: <https://www.fitbit.com/es/charge2>

Fitbit. (2019). *Fitbit Flex 2*. Recuperado el 21 de mayo de 2019 de: [https://staticcs.fitbit.com/content/assets/help/manuals/manual\\_flex\\_2\\_es.pdf](https://staticcs.fitbit.com/content/assets/help/manuals/manual_flex_2_es.pdf)

FUNKI. (2019). *FUNKI Ambient glasses*. Recuperado el 21 de mayo de 2019 de: [http://fun-iki.com/index\\_en.html](http://fun-iki.com/index_en.html)

Google. (2019). *Google Glasses*. Recuperado el 21 de junio de 2019 de: <https://x.company/glass/faq/>

Haghi, Thurow, & Stoll. (31 de Enero de 2017). *Wearable Devices in Medical Internet of Things: Scientific Research and Commercially Available Devices*. Recuperado de *Wearable Devices in Medical Internet of Things: Scientific Research and Commercially Available Devices*: <https://synapse.koreamed.org/search.php?where=aview&id=10.4258/hir.2017.23.1.4&code=1088HIR&vmode=FULL#T1>

Huawei. (2019). *Huawei Watch*. Recuperado el 21 de junio de 2019 de: <https://consumer.huawei.com/latin/wearables/watch2/>

- HugShirt. (2019). *Hug Shirt*. Recuperado el 14 de mayo de 2019 de: <http://cutecircuit.com/the-hug-shirt/>
- Hussain, J., Ahmed, S., Ahmed, N., Shah, R., Bhutto, Z., & Ali, R. (2017). *Conceptual Model for WWBAN (Wearable Wireless Body Area Network)*. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8(1). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2017.080147>
- Hovding. (2019). *Hovding*. Recuperado el 14 de mayo de 2019 de: <https://hovding.com/how-hovding-works/>
- J, R., & Z, G. (2017). *Extraction and Forensic Analysis of Artifacts on Wearables*. *International Journal of Forensic Science & Pathology*, (September), 312–318. <https://doi.org/10.19070/2332-287x-1700070>
- Jabra. (2018). *Jabra Elite Sport*. Recuperado el 21 de junio de 2019 de: <https://www.jabra.es/sports-headphones/jabra-elite-sport>
- Jiang, H., Chen, X., Zhang, S., Zhang, X., Kong, W., & Zhang, T. (2015). *Software for wearable devices: Challenges and opportunities*. *Proceedings - International Computer Software and Applications Conference*, 3(July), 592–597. <https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2015.269>
- Jokic, P., & Magno, M. (2017). *Powering smart wearable systems with flexible solar energy harvesting*. *Proceedings - IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, (November), Recuperado el 21 de junio de 2019 de: <https://doi.org/10.1109/ISCAS.2017.8050615>
- Joule. (2019). *Joule*. Recuperado el 2 de junio de 2019 de: <https://shopjoule.com/>
- Ring, N. (2019). *NFC Ring*. Recuperado el 21 de junio de 2019 de: <https://store.nfcring.com/pages/developers>
- SmartyRing. (2019). *Smarty Ring*. Recuperado el 2 de junio de 2019 de: <http://www.dispositivoswearables.net/dispositivos/anillos/smarty-ring/>
- Kalantari, M. (2017). *Consumers adoption of wearable technologies: literature review, synthesis, and future research agenda*. *International Journal of Technology Marketing*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.1504/ijtmkt.2017.10008634>

- Karydis, T., Aguiar, F., Foster, S. L., & Mershin, A. (2016). *Self-calibrating protocols enhance wearable EEG diagnostics and consumer applications*, (September 2017), 1–2. <https://doi.org/10.1145/2769493.2769581>
- Khalifa, S., Lan, G., Hassan, M., Seneviratne, A., & Das, S. K. (2018). HARKE: *Human Activity Recognition from Kinetic Energy Harvesting Data in Wearable Devices*. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 17(6), 1353–1368. <https://doi.org/10.1109/TMC.2017.2761744>
- Lechal. (2019). *Lechal Shoes*. Recuperado el 2 de junio de 2019 de: <http://www.lechal.com/#Home>
- LifeBEAM. (2019). *LifeBEAM Smart Helmet*. Recuperado el 8 de abril de 2019 de: <https://www.lazersport.com/lifebeam>
- Manit, J., & Youngkong, P. (2013). TailGait: *A light-weight wearable gait analysis system*. *Proceedings of the International Conference on Sensing Technology, ICST*, (July 2015), 540–544. <https://doi.org/10.1109/ICSensT.2013.6727711>
- Manual, R. J. (2019). *Recon Jet*. Recuperado el 2 de junio de 2019 de: [https://www.intel.com/content/dam/support/us/en/documents/emerging-technologies/wearable-devices/Recon\\_Jet\\_Pro\\_User\\_Manual\\_120116.pdf](https://www.intel.com/content/dam/support/us/en/documents/emerging-technologies/wearable-devices/Recon_Jet_Pro_User_Manual_120116.pdf)
- MediBioSense. (2019). *Health Patch MD*. Recuperado el 4 de abril de 2019 de: <https://www.medibiosense.com/healthpatch/>
- Mehta, V., Bandara, A. K., Price, B. A., & Nuseibeh, B. (2016). *Wearables for physical privacy*, (September 2016), 942–945. <https://doi.org/10.1145/2968219.2979138>
- Microsoft. (2019). *Microsoft HoloLens 2*. Recuperado el 4 de abril de 2019 de: <https://www.microsoft.com/es-es/hololens>
- Montoya, M., Muñoz, J., & Henao, O. (2015). *Surface EMG based muscle fatigue detection using a low-cost wearable sensor and amplitude-frequency analysis*. *Actas de Ingeniería*, 1(November), 29–33. Recuperado el 21 de mayo de 2019 de: <http://fundacioniai.org/actas>

- MOOV. (2019). *MOOV NOW*. Recuperado el 4 de abril de 2019 de: <https://welcome.moov.cc/moovnow/specs>
- Motorola. (2019). *Moto 360*. Recuperado el 8 de abril de 2019 de: <https://www.motorola.es/products/moto-360>
- MouserElectronics. (2019). *Wearable Devices and the Internet of Things*. Recuperado el 4 de abril de 2019 de: <https://www.mouser.in/applications/article-iot-wearable-devices/>
- Muse. (2019). *Muse headband*. Recuperado el 8 de abril de 2019 de: <https://choosemuse.com/es/>
- MyMotiv. (2019). *Motiv Ring*. Recuperado el 8 de abril de 2019 de: <https://mymotiv.com/fitness-tracking/>
- MYO. (2019). *MYO armband*. Recuperado el 8 de abril de 2019 de: <https://support.getmyo.com/hc/en-us>
- MYONTEC. (2019). *MYONTEC*. Recuperado el 21 de marzo de 2019 de: <http://www.myontec.com/products/>
- Nod. (2019). *Nod*. Recuperado el 4 de abril de 2019 de: <https://nod.com/products/>
- NYMI. (2019). *NYMI Data*. Recuperado el 28 de marzo de 2019 de: <https://nymi.com/>
- Omnipod. (2019). *Omnipod*. Recuperado el 7 de marzo de 2019 de: <https://www.myomnipod.com/safety>
- OmSignal. (2019). *OmSignal*. Recuperado el 8 de marzo de 2019 de: <https://www.wearable.com/smart-clothing/omsignal-smartbra-unveiled-ces-2104>

- Owlet. (2019). *Owlet Smart Sock*. Recuperado el 28 de marzo de 2019 de: <https://owletcare.com/products/owlet-smart-sock>
- Paper, C., Khakurel, J., & Porras, J. (2018). *Smart Objects and Technologies for Social Good*, 233(October). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-76111-4>
- Physiclo. (2019). Physiclo. Recuperado de Physiclo: <https://physiclo.com/>
- ProGlove. (2019). *ProGlove*. Recuperado el 18 de marzo de 2019 de: <https://www.proglove.com/applications/>
- Proteus. (2019). *Proteus*. Recuperado el 28 de marzo de 2019 de: [https://www.proteus.com/wp-content/uploads/2015/05/LBL-0111\\_Rev3-Global-CMD-RP4-IFU.pdf](https://www.proteus.com/wp-content/uploads/2015/05/LBL-0111_Rev3-Global-CMD-RP4-IFU.pdf)
- Proteus. (2019). *Proteus*. Recuperado el 15 de abril de 2019 de: <https://www.proteus.com/privacy/>
- QardioCore. (2019). *Qardio Core*. Recuperado el 15 de abril de 2019 de: <https://www.getqardio.com/qardiocore-wearable-ecg-ekg-monitor-iphone/>
- QuellRelief. (s.f.). *Quell Relief*. Recuperado el 15 de abril de 2019 de: <http://www.quellrelief.com/the-quell-system/>
- Rantala, I., Colley, A., & Häkkinen, J. (2018). *Smart Jewelry*, (June), 1–8. <https://doi.org/10.1145/3205873.3205891>
- Report, T., & Kirby, B. P. (2015). *The Architecture of Wearable Technology The Architecture of Wearable Technology Public Release*, (July). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1480.7205>
- Samsung. (2019). *Samsung Gear IconX*. Recuperado el 15 de abril de 2019 de: <https://www.samsung.com/es/wearables/gear-iconx-sm-r140/SM-R140NZKAPHE/>

- Samsung. (2019). *Samsung IOFIT Shoes*. Recuperado el 15 de abril de 2019 de: <http://iofitshoes.com/iofit-golf-solution/>
- Samsung. (2019). *Samsung Gear 2*. Recuperado el 15 de abril de 2019 de: <https://www.samsung.com/es/wearables/gear-s2/features/>
- Seneviratne, S., Hu, Y., Nguyen, T., Lan, G., Khalifa, S., Thilakarathna, K., ... Seneviratne, A. (2017). *A Survey of Wearable Devices and Challenges*. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 19(4), 2573–2620. <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2731979>
- Sensoria. (2019). *Sensoria*. Recuperado el 25 de abril de 2019 de: <http://www.sensoriafitness.com/technology/>
- Schegg, R., & Stangl, B. (2017). *Erratum to: Information and Communication Technologies in Tourism 2017*. *Information and Communication Technologies in Tourism 2017*, Recuperado el 21 de mayo de 2019 de: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-51168-9\\_57](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51168-9_57)
- Shehab, A., Ismail, A., Osman, L., & Elhoseny, M. (2019). *Proceedings of the International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics 2018*, 845. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99010-1>
- SmartSole. (2019). *GPS SmartSole*. Recuperado el 25 de abril de 2019 de: <https://mysmartactivate.com/product/gps-smartsole-wearable-insoles-with-gps-tracking-system/>
- Smita Jhajharia, S. K. Pal, & Seema Verma. (2014). *Wearable Computing and its Application*. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, Vol. 5(4), 1–6. Retrieved from <http://ijcsit.com/docs/Volume5/vol5issue04/ijcsit20140504190.pdf>
- SolarShirt. (2018). *Solar Shirt*. Recuperado el 8 de abril de 2019 de: <http://www.paulinevandongen.nl/wearable-solar-shirt/>
- Sony. (2019). *Sony Smartband 2*. Recuperado el 8 de abril de 2019 de: <https://www.sonymobile.com/global-es/products/smart-products/smartband-2/#gref>

- Sony. (2019). *Sony Xperia Ear*. Recuperado el 8 de abril de 2019 de: <https://www.sonymobile.com/global-es/products/smart-products/xperia-ear/#gref>
- Sony. (2019). *Sony Smartband 2*. Recuperado el 8 de abril de 2019 de: <https://www.sonymobile.com/global-es/products/smart-products/smartband-2/#gref>
- TJacket. (2019). *T Jacket*. Recuperado el 4 de abril de 2019 de: <https://www.mytjacket.com/how-is-it-used.html>
- Thync. (2019). *Thync*. Recuperado el 4 de abril de 2019 de: <https://www.thync.com/>
- Valedo. (2019). *Valedo Therapy*. Recuperado el 4 de abril de 2019 de: [www.valedotherapy.com/de\\_en/product.html](http://www.valedotherapy.com/de_en/product.html)
- Verizonwireless. (s.f.). *LG GizmoPal 2*. Recuperado el 4 de abril de 2019 de: <https://es.verizonwireless.com/support/knowledge-base-201033/>
- Verizonwireless. (2019). *LG Glzmopal 2*. Recuperado el 4 de abril de 2019 de: [https://es.verizonwireless.com/img/verizonwireless/ES\\_1824989.pdf](https://es.verizonwireless.com/img/verizonwireless/ES_1824989.pdf)
- Vitalconnect. (2019). *Health Patch MD*. Recuperado el 4 de abril de 2019 de: <https://vitalconnect.com/solutions/vitalpatch/>
- Wahoo. (2019). *Wahoo Tickr X*. Recuperado el 4 de abril de 2019 de: <https://es-eu.wahoofitness.com/instructions/tickrx#product-information>
- Wang, C., Guo, X., Chen, Y., Wang, Y., & Liu, B. (2018). *Personal PIN Leakage from Wearable Devices*. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 17(3), 646–660. <https://doi.org/10.1109/TMC.2017.2737533>
- Wang, W., Wu, X., Chen, G., & Chen, Z. (2018). *Holo3DGIS: Leveraging Microsoft HoloLens in 3D Geographic Information*. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(2), 60. <https://doi.org/10.3390/ijgi7020060>

- Watch, P. (2019). *Pebble Watch security assessment*. Recuperado el 4 de abril de 2019 de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7494138>
- Yan, I. R. F., Poon, C. C. Y., & Zhang, Y. T. (2008). *Selection of a parameter to evaluate wearable cuff-less blood pressure measuring devices. Proc. 5th Int. Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, BSN2008, in Conjunction with the 5th Int. Summer School and Symp. on Medical Devices and Biosensors, ISSS-MDBS 2008*, Recuperado el 21 de mayo de 2019 de: <https://doi.org/10.1109/ISSMDBS.2008.4575064>
- Zephyr. (2019). *Zephyr BioHarness*. Recuperado el 1 de junio de 2019 de: <https://www.zephyranywhere.com/media/download/bioharness3-user-manual.pdf>
- Zephyr. (2019). *Zephyr BioHarness*. Recuperado el 1 de junio de 2019 de: <https://www.zephyranywhere.com/system/omnisense-software>



## ANEXOS

## **Glosario de términos**

**Wearable:** Es la tecnología que hace referencia a la capacidad de llevar aparatos electrónicos literalmente pegados al cuerpo humano y que interactúan con otros aparatos electrónicos para brindar información al usuario.

**Tizen:** Sistema operativo creado por Samsung, basado en Linux, usado principalmente en algunos relojes inteligentes de Samsung.

**NFC:** *Near Field Communication*, conectividad que permite a dos dispositivos electrónicos comunicarse simplemente pegándolos uno al otro, los dispositivos vestibles la usan para realizar pagos ágiles.

**Quantified Self:** Término asociado a la capacidad que un dispositivo vestible posee al medir temas fisiológicos relacionados principalmente con la actividad deportiva, vida y salud.

**BLE:** *Bluetooth Low Energy*, el tipo de conectividad más común entre dispositivos vestibles y smartphones.

**KEH:** *Kinetic Energy Harvesting*, energía eléctrica creada a partir del movimiento humano.

**TEH:** *Thermoelectric Energy Harvesting*, energía eléctrica creada a partir de la termoeléctrica

**SEH:** *Solar Energy Harvesting*, energía eléctrica creada a partir de la luz solar.

**SCP:** *Self-Calibrating Protocol*, es un protocolo usado específicamente para temas particulares que tienen que ver con las respuestas de las ondas cerebrales, y que es usado para revisar trastornos psicológicos.

WBAN: *Wireless Body Area Network*, es toda aquella red que incorpore entre sus aplicaciones y funciones a uno o varios dispositivos vestibles alrededor de un cuerpo humano.

ICWC: *International Conference on Wearable Computing*, conferencia realizada en 1998, y que dio lugar a la explicación de Steve Mann sobre la forma en que se deben clasificar los dispositivos vestibles.

IMU: *International Measurement Unit*, es la unidad de medida inercial, usada en sensores como el acelerómetro y el giroscopio que generalmente usan los dispositivos vestibles.

PDA: *Personal Digital Assistant*, es una computadora portátil y es usada como tal, ya que posee ciertas características como: Procesador XScale de 480 MHz, usa el protocolo de conexión IEEE 802.15.6, 128 Mb de RAM y un puerto serial.

RMS: *Remote Monitoring System*, sistema de monitoreo remoto, fue desarrollado por Mayo Clinic y se lo utiliza para dar apoyo remoto a pacientes con problemas cardíacos.

HDM: *Head-mounted display*, termino referente a los dispositivos vestibles utilizados en la cabeza que tienen un display óptico en la parte del frente para aplicaciones en ingeniería, entretenimiento, aviación y medicina.

E-Textiles: Textiles electrónicos usados como prendas de vestir.

E-Patches: Parches electrónicos que van adheridos al cuerpo humano para diversas aplicaciones.

