

# Trabajo Final Integrador para obtener el Título de Especialista en Ingeniería de Sistemas

---

“Estudio del Estado del Arte y tendencias del  
uso de aplicaciones móviles para  
monitorización de variables fisiológicas  
aplicadas al diagnóstico clínico en el área de  
Telemedicina”

**Autor: Ing. Daniela de los Ángeles Coman**

**Director: Lic. Juan Carlos Perez, M.Sc**

## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	3
1. GENERALIDADES.....	4
1.1 Introducción.....	4
1.2 Objetivos.....	6
1.3 Fundamentación.....	6
2. VISIÓN GENERAL DE E-HEALTH.....	9
2.1 Concepto de e-Health.....	9
2.2 Ecosistema de e-Health.....	9
2.3 Servicios o Sistemas de e-Health.....	11
2.4 Obstáculos.....	14
2.5 Algunos problemas tecnológicos.....	15
3. SISTEMA DE SALUD E-health.....	17
3.1 Gestión de las enfermedades a través de la asistencia sanitaria a distancia.....	17
3.2 Componentes de e-Health.....	21
3.3 Una Arquitectura de Referencia.....	23
3.4 Limitaciones y problemas tecnológicos.....	32
4. REQUERIMIENTOS.....	34
4.1 Funcionalidad del Dispositivo Móvil de salud.....	34
4.2 Funcionalidad del Servicio de salud móvil.....	35
4.3 Seguridad.....	36
4.4 Requisitos de Autorización.....	37
4.5 Provisión de Servicios de salud móvil.....	37
4.6 Funcionalidad MNO.....	38
4.7 Interoperabilidad.....	38
5. TECNOLOGIAS DE APOYO A M-HEALTH.....	39
5.1 M2M, cloudcomputing e Internet de las Cosas.....	39
5.2 Detectores/sensores.....	45
5.3 Redes Inalámbricas.....	46
5.4 Dispositivos Móviles: SmartPhones.....	50

5.5	Big Data.....	55
5.6	Cloud Computing y Big Data.....	62
5.7	Inteligencia Artificial aplicada a la medicina.....	63
6.	CASOS DE MONITOREO MÓVIL EN EL MUNDO.....	65
6.1	Algunas aplicaciones novedosas.....	65
6.2	Algunos ejemplos de aplicaciones móviles orientadas a la monitorización en Telemedicina.....	66
6.3	Algunas arquitecturas y plataformas usadas.....	72
7.	CONCLUSION.....	89
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	92

## RESUMEN

La atención sanitaria ha ido variando, pasando de una asistencia enfocada a la enfermedad, a una atención dirigida al paciente, más global donde conceptos como: prevención, calidad, costos, equidad y continuidad cobran nuevos valores.

El nuevo enfoque no es sólo tratar cuando la enfermedad llega, sino crear y promover hábitos saludables de vida y prevención de la enfermedad, y por supuesto el tratamiento.

Actualmente, la práctica médica utilizando Telemedicina es una realidad, es hoy una herramienta de gran aplicabilidad en la gran mayoría de los campos y especialidades médicas.

La evolución de las comunicaciones inalámbricas, de la telefonía móvil y de las tecnologías de red permite el acceso a servicios médicos de manera remota desde una variedad de dispositivos móviles.

Este nuevo contexto técnico-sanitario se conoce como m-Health y, junto con otras tendencias de nueva aparición como el historial clínico electrónico (HCE), podría suponer una auténtica revolución en el sector de la salud y, más concretamente, en el tratamiento, prevención de enfermedades y seguimiento de aquellas que sean crónicas.

En este trabajo se exploran las posibilidades ofrecidas por e-Health para la gestión de enfermedades crónicas por parte del propio paciente desde un punto de vista técnico. Para ello, se describen tecnologías, arquitecturas, dispositivos y aplicaciones disponibles con capacidad para satisfacer los requisitos establecidos en la monitorización de una enfermedad crónica como por ejemplo, la diabetes. Se propone una arquitectura de referencia para la monitorización de variables fisiológicas basada en las oportunidades de las nuevas tecnologías.

# 1. GENERALIDADES

## 1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la asistencia sanitaria se enfrenta a varios problemas de importancia en todos los niveles, desde los cuidados primarios a los servicios de emergencia, pasando por la gestión de los datos médicos, la prevención y la atención de enfermedades crónicas.

Desde un punto de vista estrictamente sanitario, todos los servicios se centran alrededor de las instalaciones médicas, donde el paciente debe acudir en caso de enfermedad o para recibir tratamiento o asesoramiento de su médico. Esta situación es especialmente incómoda para aquellos que sufren de enfermedades crónicas, de larga duración o viven en lugares alejados.

Como consecuencia de esta situación con el fin de superar estos obstáculos, nuevos modelos de cuidado de la salud parecen ser necesarios. En este sentido, los principales avances tecnológicos que se están produciendo pueden ser de especial interés para el sector de la salud. Uno de ellos es la mejora de las redes de sensores inalámbricos (WSN) que junto con las nuevas tecnologías inalámbricas de corto alcance, como Bluetooth o ZigBee, posibilitan la integración de WSN en algunos tratamientos médicos o diagnóstico remoto y la atención de seguimiento.

La expansión mundial de las redes móviles y la continua evolución de los dispositivos móviles pueden provocar otro avance en los sistemas de prestación de salud. Estas tecnologías capacitan a distancia, conectan prácticamente en cualquier momento y en cualquier lugar, aumentan el alcance y la flexibilidad del servicio de salud típico.

Los dispositivos electrónicos como un teléfono inteligente o Smartphone forman parte de la vida cotidiana. Estos dispositivos utilizan software y/o aplicaciones diseñados para facilitar al usuario la utilización del mismo para una acción o fin determinado. La aplicación es diseñada y optimizada para un propósito específico

como respuesta ante una necesidad del usuario, permitiéndole la interacción entre este y la máquina.

Es por esto que los dispositivos móviles a través de aplicaciones para el diagnóstico, prevención y monitoreo de pacientes con enfermedades específicas y/o crónicas conjuntamente con las redes de comunicaciones, seguridad, gestión de los datos y el conocimiento pueden ser una ventaja para el diagnóstico oportuno y el tratamiento.

Otros nuevos conceptos que van surgiendo y posiblemente tendrán un papel importante en los modelos de servicios de salud son: M2M, cloudcomputing, Big Data y el Internet de las cosas.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar las oportunidades que surgen de la convergencia de estas nuevas tecnologías en el sector de la salud para el caso específico de la monitorización de variables fisiológicas aplicadas al diagnóstico clínico y seguimiento de enfermedades crónicas.

Para ello el texto se organiza en varias secciones, cada una de ellas contiene los siguientes temas: La sección 2 presenta una visión general del ecosistema e-Health, posibilidades y obstáculos para la implementación. La Sección 3 se centra en los componentes de e-Health, principales características en relación con las cuestiones de salud, introduciendo el concepto de distancia y movilidad en el cuidado de la salud y una arquitectura de referencia. A continuación, la sección 4 presenta los requerimientos necesarios en los que se basa el desarrollo de la arquitectura mencionada, la sección 5 presenta los aspectos tecnológicos y las arquitecturas de comunicación que dan soporte a e-Health. En la sección 6 se muestran algunos desarrollos en telemedicina, diagnóstico remoto, vigilancia remota, acceso móvil a la información entre otros. Finalmente se concluye con algunas recomendaciones y trabajos futuros.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Elaborar el estado del arte del uso de dispositivos móviles y aplicaciones para el cuidado de la salud mediante la monitorización de variables fisiológicas aplicadas al diagnóstico clínico en el área de la telemedicina.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Delimitar los conceptos de e-Health, telemedicina, m-Health, redes de comunicación, aplicaciones para dispositivos móviles.
- Revisar el estado del arte y estudios actuales acerca de uso de aplicaciones de dispositivos móviles en telemedicina para el cuidado de la salud mediante la monitorización, exponiendo además una taxonomía de los diferentes modelos de servicios y plataformas relacionados con tecnologías de soporte de e-Health
- Revisar los escenarios de desarrollo que actualmente se tiene en arquitecturas de comunicación y aplicaciones móviles para la monitorización de variables fisiológicas para dar soporte a los servicios clínicos y hospitalarios que se tienen hoy en día y no son cubiertos.-

## **1.3 Fundamentación**

En las últimas décadas la atención sanitaria ha ido variando, pasando a una atención centrada en el paciente, donde el nuevo enfoque es crear y promover hábitos saludables, prevenir la enfermedad, y por supuesto el tratamiento.

Se pretende además, tener más respaldo científico en la toma de decisiones, disminuir la variabilidad clínica, tener en cuenta las expectativas de los pacientes y profesionales; que la población tenga las mismas oportunidades de atención

independientemente del lugar geográfico en el que se encuentre y que la calidad asistencial sea similar en cualquier eslabón de la cadena de atención médica.

En la actualidad las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación, dispositivos y aplicaciones se han combinado para dar lugar a un nuevo concepto **e-Health** (E-Salud) a fin de brindar asistencia médica a quien la requiera en sitios distantes y en un amplio rango de aspectos que afectan al cuidado de la salud, desde el diagnóstico hasta el seguimiento de los pacientes, prevención de enfermedades, pasando por la gestión de las organizaciones implicadas en las actividades.

E-Salud no es un nuevo modo alternativo o adicional de atención sanitaria como consecuencia de la aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), sino formas diferentes de prestar servicios ordinarios; por un lado, de forma más eficiente y efectiva, y por otro, de forma más equitativa, con el fin de mejorar: la accesibilidad, rapidez en la atención, reducción de los tiempos de respuesta, implantación de alertas, ahorro de costos, precocidad en el diagnóstico, efectividad diagnóstica o terapéutica, calidad del servicio.

Corresponde a E-Health una amplia variedad de servicios, tales como Base de Datos Electrónica, Medicina Basada en evidencias, Difusión de Información orientada al ciudadano, Difusión de Información orientada al especialista, Equipos virtuales de cuidados sanitarios, Telemedicina.

La Telemedicina incluye la educación para la salud, salud pública y comunitaria, el desarrollo de programas de salud y de prevención, diagnóstico, tratamiento y seguimiento de pacientes, interconsultas entre profesionales, estudios epidemiológicos, entre otros. Está dirigida a usuarios de diversas áreas temáticas y actores de la sociedad: universidad, facultad, hospital, centro de atención primaria, clínica privada, médicos, enfermeros, paramédicos, pacientes, público general, escuelas, hogares, otros.

En cuanto a la tecnología móvil y las aplicaciones desarrolladas para el diagnóstico, prevención y monitoreo de pacientes, estas favorecen el diagnóstico oportuno y el tratamiento a través de la Telemedicina.

Los dispositivos móviles (Smartphone, tablets, PDA's entre otros) y las aplicaciones desarrolladas para ellos, han avanzado de modo que brindan capacidades similares o incluso mayores que los antiguos computadores de escritorio (PC's). Cada vez más en la vida cotidiana se tiene un poder de procesamiento en los bolsillos que además posee conexión a redes; todo este poder de procesamiento móvil ha permitido abrir una amplia gama de nuevas posibilidades en telemedicina.

Es allí donde se observa un área susceptible de investigación, el estado actual de los sistemas e-Health, arquitecturas de desarrollo, tecnologías de soporte, dispositivos móviles (Smartphone) y el uso de aplicaciones en el monitoreo remoto.

El impacto social es uno de los más interesantes, las aplicaciones miden o verifican el estado del cuerpo, característica que es prioritaria para personas que necesitan de un constante monitoreo.

## 2. VISIÓN GENERAL DE E-HEALTH

### 2.1. Concepto de e-Health

E-Salud se puede definir como la práctica de la salud apoyada en procesos electrónicos y la aplicación de las tecnologías de información y comunicación (TIC).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), **e-health** consiste *"en el apoyo que la utilización costo-eficaz y segura de las tecnologías de la información y las comunicaciones ofrece a la salud y a los ámbitos relacionados con ella, con inclusión de los servicios de atención de salud, la vigilancia y la documentación sanitarias, así como la educación, los conocimientos y las investigaciones en materia de salud"*. (Concepto extraído del documento del 51° Consejo Directivo de la Organización Panamericana de la Salud.)

### 2.2 Ecosistema de e-Health

Cualquier iniciativa de e-salud para tener éxito, debe ser considerada como un ecosistema con diversas partes interconectadas, en lugar de sólo una infraestructura de tecnología. De acuerdo con esto se pueden agrupar en las siguientes categorías: gobierno, stakeholders, financiación, tecnología y servicios.

La tecnología utilizada para la implementación de un sistema de e-Salud es una decisión crítica. Se determinará el tipo de datos y la comunicación, con el apoyo y la infraestructura necesaria. Una mala elección en esta parte supondría graves problemas para la viabilidad del proyecto.

Los servicios de salud electrónica deben utilizar la infraestructura de la tecnología disponible o prevista con el fin de satisfacer las necesidades de los pacientes, las cuales pueden variar según el sitio donde se implemente. Algunos ejemplos son: Registros de Salud Electrónicos Nacionales, Sistemas de Gestión de la Enfermedad, Servicios Ambientales, Vigilancia de Enfermedades Integrado.

Las cinco dimensiones del ecosistema están profundamente conectadas. Por ejemplo, la tecnología necesita ser desplegada antes de que los servicios se puedan ofrecer, el financiamiento apoya el despliegue de la tecnología necesaria y este financiamiento sostenible no es posible sin las prácticas reguladoras apropiadas. La Figura 1 muestra el ecosistema y sus relaciones.

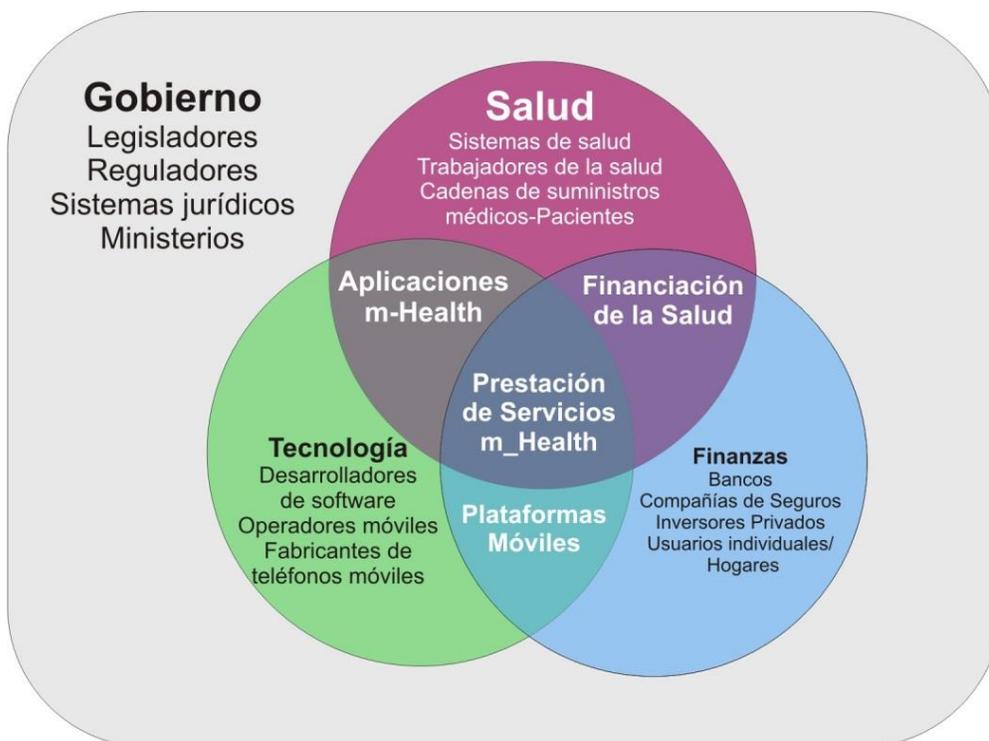


Figura 1. Ecosistema E-health y sus componentes relacionados

Cualquier proyecto de e-Salud que se pretenda llevar adelante se debe diseñar sobre la base de los problemas y las condiciones específicas de acuerdo a la legislación vigente y la tecnología disponible del sitio donde se vaya a desarrollar.

En este sentido para que cualquier iniciativa resulte exitosa se debe acercarse de manera sistemática al uso de las cinco partes que conforman el ecosistema mencionado, las TIC destacan el papel de la comunicación unificada y la integración de los entornos de las telecomunicaciones con el fin de proporcionar una solución que se adapte a las necesidades especificadas.

## 2.3 Servicios o Sistemas de e-Health

E-Salud puede abarcar una amplia gama de servicios o sistemas incluyendo entre otros, por ejemplo (véase la Figura 2):

- **Registro de salud electrónico (EHR):** es el registro electrónico de los datos personales y médicos de un paciente, que permite la comunicación de estos datos entre diferentes profesionales de la salud (médicos generales, especialistas, etc.). A través de estos registros se pueden, por ejemplo, gestionar los datos de los pacientes y ofrecer alertas sobre alergias a medicamentos personales y efectos secundarios de los medicamentos.

- **Medicina basada en la evidencia:** también llamada “medicina basada en pruebas” y se podría definir como el uso consciente, explícito y juicioso de las mejores y más actuales evidencias o pruebas en la toma de decisiones sobre el cuidado de los pacientes.

- **Telemedicina:** es el tratamiento a distancia. Según la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y la OMS (Organización Mundial de la Salud) Telemedicina es: *“el suministro de servicios de atención sanitaria, en los que la distancia constituye un factor crítico, por profesionales que apelan a las tecnologías de la información y la comunicación con el objeto de intercambiar datos para hacer diagnóstico, preconizar tratamientos y prevenir enfermedades y heridas, así como para la formación permanente de los profesionales de atención de salud y actividades de investigación y evaluación, con el fin de mejorar la salud de las personas y de las comunidades en que viven. [1,4,9,10, 34].*

Las contribuciones de Telemedicina se pueden enmarcar dentro de un conjunto de servicios, entre los que se encuentran: la *Teleformación, Teleasistencia, Telemonitoreo, Teleconsulta, Telepresencia, Telecirugía, Teleradiología, Teledermatología, Teleoftalmología, Telecardiología y Telerehabilitación.*[34]

El Telemonitoreo es la supervisión de pacientes. La tecnología hace posible conocer y realizar un seguimiento a distancia de la situación de un paciente y de sus parámetros vitales, y de esta manera permite la provisión de asistencia y

cuidados de salud en su entorno habitual (sanatorio, hospital, domicilio, ambulancia, urgencias). Toda la información recopilada es dirigida a un centro de monitoreo donde se encuentra personal atento para cualquier eventualidad. El sistema capta las señales biológicas del paciente (tensión arterial, trazado electrocardiográfico, oxígeno sanguíneo, glucemia, etc.) y las transmite en formato digital [2, 3, 9]. En general, este tipo de seguimiento clínico se complementa con otros sistemas de monitorización, tales como telealarmas, detectores de inundación, sensores de medición, presencia, agua, gas, etc.[34].

- **m-Salud:** incluye el uso de dispositivos móviles en la recogida de datos sobre la salud del paciente, la entrega de esta información a los médicos, investigadores y pacientes en sí mismos, el seguimiento de pacientes en tiempo real y la asistencia o atención remota a través de la telemedicina móvil. M-salud se basa en el uso de dispositivos móviles y redes de comunicaciones, especialmente las inalámbricas, pues estas superan algunas limitaciones de las redes cableadas tales como la geografía del terreno, longitud de cable requerido, entre otras. Se abre una gran posibilidad en el sector **m-Health** o sistemas de salud basados en recursos tecnológicos de movilidad; los smartphone y las aplicaciones móviles son el sector que más avanza en la integración de servicios y abre las puertas a proyectos m-Health tales como el apoyo a diagnósticos basados en la tecnología, el diagnóstico a distancia y la telemedicina móvil, navegación web, navegación GPS, acceso a la información de pacientes basado en la web, sistemas descentralizados de gestión de información sanitaria, prevención de enfermedades y/o epidemias. Dentro de m-health la monitorización espera uno de los mayores crecimientos, ya que la asistencia y remota está aportando soluciones antes no imaginables en áreas de subdesarrollo y en la prestación tradicional de salud. [11,12,13,30].

- **Monitorización Remota de pacientes (RPM):** permite medir los signos vitales en el domicilio del paciente, por ejemplo. Se los puede mencionar como Sistemas Ambientales.

- **Monitorización Móvil de pacientes (MPN):** podría ser visto como la combinación de RPM y m-Salud. MPN emplea la informática móvil,

comunicaciones inalámbricas y redes tecnológicas para controlar a los pacientes fuera de los centros médicos y fuera del domicilio.

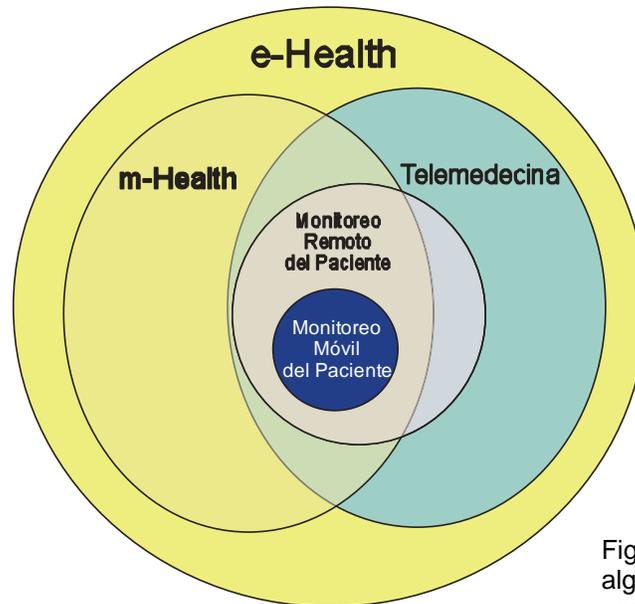


Figura 2: Relación entre algunos de los paradigmas de e-Health

Hoy en día, los pacientes tienen que ir a una clínica o un hospital para recibir atención médica. Los que viven en zonas rurales o en regiones con servicios de salud inadecuados tienen que viajar largas distancias para ser atendidos por un especialista o bien aceptar servicios médicos de menor calidad. Los datos del paciente almacenados en los archivos de un médico de atención primaria no suelen ser fácilmente accesible por especialistas, farmacias, hospitales o laboratorios. La aceptación y respuesta al tratamiento de una enfermedad en particular por lo general no es registrado. La prevención de enfermedades, pandemias y/o epidemias no pueden ser previstas y combatidas con rapidez por falta de conocimiento. Estas son algunas de las barreras a recibir una atención óptima de salud. E-Salud puede ser la solución para superar estos problemas.

El Sector de Salud va evolucionando hacia la medicina individualizada, más preventiva independiente del tiempo y lugar, mediante el desarrollo y exitoso de la salud electrónica.

Los pacientes pueden ser capaces de informar a sus médicos desde prácticamente cualquier lugar en cualquier momento y los profesionales pueden ofrecer atención individualizada de forma remota. Por lo tanto, la salud electrónica mejorará el 'estilo de vida' y los profesionales, el trabajo y la productividad.

Por otra parte, se espera que la salud electrónica pueda reducir los costos médicos mediante el desarrollo de un tratamiento preventivo en lugar de tratamientos reactivos existentes, así como también por la reducción de errores.

Aunque sería deseable aprovechar todos estos beneficios, e-Salud es un gran desafío, ya que implica cambios importantes en el sector de la salud.

## 2.4. Obstáculos

E-Salud enfrenta diversos obstáculos que afectan la adopción de iniciativas de salud electrónica. Algunos de ellos se explican por los aspectos financieros relacionados con la inversión y el beneficio. Otros se derivan de la falta de regulación o la disponibilidad de la tecnología necesaria. Aún se requiere un poco de reeducación para los profesionales de la salud y los pacientes. Los obstáculos más comunes que se pueden observar son: económicos, legales, tecnológicos y educativos.

Desde el punto de vista tecnológico, el desarrollo y crecimiento de la e-Salud se basa principalmente en la disponibilidad de las tecnologías adecuadas para cada aplicación. Estas tecnologías se encuentran en diferentes etapas, a saber:

- **Tecnologías disponibles:** disponibles actualmente o las que están en la fase de I + D o bien aún no han sido evaluadas para el sector de la salud.
- **Tecnologías probadas:** Estas tecnologías están en el mercado, ya sea como sistemas completos o como componentes.

Estas tecnologías son la piedra angular sobre la que descansa el éxito de e-Salud.

## **2.5.- Algunos Problemas tecnológicos**

Los problemas técnicos asociados a la naturaleza especial de los datos gestionados en el sector de la salud, así como las características de las tecnologías necesarias también podrían afectar a la expansión de e-Salud. Desde el punto de vista de la tecnología y la gestión de datos, los principales problemas son los siguientes:

### **Interoperabilidad**

La interoperabilidad significa que cualquier sistema de e-Salud debe proveer los datos en un formato compatible con el resto de los componentes del sistema y con otros sistemas que requieren estos datos, independientemente de los protocolos de comunicación o los fabricantes. Esta compatibilidad permite que las aplicaciones o servicios puedan comunicar y transferir datos, lo que garantiza la seguridad y el rendimiento adecuado.

Por ejemplo, un sistema que utiliza dispositivos de radio debe ser capaz de operar de la misma manera independientemente del país en el que se despliegue y sus restricciones. Se necesita entonces Normalización para obtener interoperabilidad. Sin embargo, este es un campo que requiere muchos esfuerzos, todavía hay fabricantes en desarrollo y venta de productos de diferentes protocolos propietarios y no compatible con otras soluciones.

### **Seguridad**

La seguridad es un tema muy sensible especialmente en el sector de la salud. Tanto los dispositivos como las comunicaciones deben ser seguros con el fin de proteger los datos personales de los pacientes.

Por el lado de los dispositivos, deben ser inmunes a algunos ataques y al mismo tiempo no representar una amenaza para el usuario o el sistema en general. Por

ejemplo es el caso de las bombas de insulina, que aunque es una tecnología lo suficientemente madura, aún es necesario mejorar su fiabilidad. Los principales fallos que se pueden producir son: obstrucciones de infusión, fugas, retardos tanto en la actuación como en la medición, pérdida de potencia de la insulina, o mal funcionamiento de la bomba. A pesar de que las bombas actuales poseen alarmas de oclusión, no es el caso para las fugas, es uno de los retos en el control y seguridad del paciente puesto que la detección de fugas o la absorción anormal de insulina puede conducir a una hiperglucemia o hipoglucemia.

Otro problema es hacer frente a la variabilidad de la sensibilidad insulínica que no solo se da de manera significativa entre pacientes sino en un mismo paciente. Otro de los desafíos es la precisión del sensor, existe una gran dispersión encontrando errores (fallos en la medida) que pueden llevar a una sobre actuación al no distinguir entre mediciones correctas e incorrectas. Para mejorar la fiabilidad, se deben integrar en los SMCGs capacidades de auto-monitorización que les permitan detectar sus propios fallos y no pongan en peligro al paciente. [45] [46] [47]

Por otra parte, la seguridad en la comunicación es de suma importancia debido a la naturaleza de los datos transmitidos. Esta se obtiene a través de la comprobación de los atributos, tales como: Autenticidad, Autoridad, Integridad, Confidencialidad.

### **Intimidad**

Privacidad y protección de la intimidad, es más que un problema de seguridad. Se hace notar que la mayoría de las amenazas a la privacidad dependen de factores tales como el grado de confianza en la relación entre paciente y médico, mientras que son menos las que corresponden a la parte tecnológica del sistema e-Salud.

### 3. SISTEMA DE SALUD E-Health

La creciente cobertura de las redes móviles, junto con el hecho de que casi todo el mundo está conectado a través de la telefonía celular, son algunas de las razones por las que E- Salud ha ido creciendo y teniendo muchas posibilidades.

m-Health que es la salud electrónica inalámbrica, es un avance o extensión de e-Health, que combinada con la telemedicina y gracias a la tecnología móvil la presencia de ésta se expande en lugares donde la tecnología tradicional tenía difícil acceso. Se presta especial atención a la red de sensores alrededor del cuerpo del paciente y el funcionamiento junto con el teléfono inteligente, que actuará como elemento clave. m-Health se destaca por la prestación de servicios relacionados con la salud mediante el uso de tecnologías de comunicación móvil.

El objetivo del m-Health es conectar y coordinar a todos los participantes de los procesos relacionados a la salud para mejorar la atención médica, incluidos los pacientes, profesionales de la salud, farmacéuticos, proveedores, entre otros.

Este crecimiento proporciona cobertura a los sistemas de salud con nuevas posibilidades para mejorar la prestación de la asistencia sanitaria tradicional.

#### 3.1. Gestión de las enfermedades a través de la asistencia sanitaria a distancia

La gestión de enfermedades crónicas a través de la monitorización remota y dispositivos móviles es uno de los propósitos de m-Salud, pero no el único. m-Salud también permite la atención remota clínica y el



Figura 3. Gestión de Enfermedades a distancia

diagnóstico, el acceso, gestión y análisis móvil de la información de salud para una solución completa para una enfermedad específica [20], como se indica en la figura. Como se ha mencionado esto es posible gracias a la combinación de Telemedicina, con la atención y asistencia del paciente a distancia a través del uso de las TIC.

Se pueden distinguir diversos servicios dentro de la telemedicina móvil y se describen brevemente a continuación:

### **3.1.1 Monitorización de pacientes a distancia**

La Monitorización de pacientes a distancia (RPM) es una práctica donde los pacientes son monitorizados remotamente mediante el uso de un conjunto de sensores y dispositivos (por ejemplo, en casa). Las grabaciones de estos dispositivos se transmiten al proveedor de cuidados de la salud a través de la infraestructura de TIC.

Las tecnologías actuales apoyan la gestión en tiempo real y permiten la incorporación de tales dispositivos de monitoreo remoto en teléfonos inteligentes o tabletas, tanto el hardware (modelos especiales) como el software (aplicaciones). Y dada la creciente expansión de este tipo de dispositivos, es una oportunidad difícil de obviar.

En el caso de un diabético se requiere el control de múltiples parámetros: presión arterial, el peso y la glucosa en sangre. La entrega en tiempo real de las lecturas de glucosa en sangre y presión arterial permite alertas inmediatas para los proveedores de cuidado de la salud de los pacientes e intervenir cuando sea necesario.

#### **3.1.1.1 Monitorización de pacientes móvil**

La Monitorización de pacientes móvil (MPM) es parte de RPM y extiende el alcance al permitir que los pacientes reciban la atención cuando están lejos de casa, en cualquier lugar y cualquier momento. MPM utiliza dispositivos inalámbricos portátiles para proporcionar este tipo de servicios, sobre todo los

teléfonos móviles o Smartphone en los países en desarrollo y desarrollados, respectivamente.

### **3.1.1.2 Limitaciones**

La Monitorización de pacientes a distancia es todavía una práctica costosa y necesita amplias TIC inalámbricas por lo que no se ha extendido todavía.

Los retos para el m-Health son bastantes y se incluyen también las limitaciones para acceder a equipos de última generación, la necesidad de desarrollar programas de auto gestión y mantenimiento de los equipos y la infraestructura de comunicaciones y acceso a Internet. [12]

De hecho, RPM supondría una profunda renovación de los equipos médicos. Además, dependiendo de la enfermedad crónica en seguimiento, pueden aparecer diferentes combinaciones lo que implica una selección diversa de dispositivos en la aplicación para cada paciente.

Por otra parte, el éxito de estas iniciativas depende en gran medida de la motivación del paciente para ser activo en la gestión de su salud y de los médicos que también tendrán que aprender a usar RPM.

El flujo continuo de datos de los pacientes requiere un equipo dedicado de profesionales de la salud para manejar la información, lo que puede, de hecho, aumentar la carga de trabajo e implicar el uso de nuevas tecnologías como las soluciones Big Data. Además, se requieren estándares para el intercambio de datos e interoperabilidad entre múltiples componentes.

Finalmente, puesto que RPM implica la transmisión de datos de pacientes sensibles a través de redes de telecomunicaciones, seguridad de la información es también un punto importante a tener en cuenta.

### **3.1.2. Acceso remoto a la información médica**

Está íntimamente relacionado con el Historial Clínico Electrónico (HCE), todos los datos recogidos a través de la monitorización remota o móvil se pueden agregar a la HCE y ser accesibles a los pacientes y médicos permitiendo comprobar periódicamente historias médicas, por ejemplo.

### **3.1.3. Atención y diagnóstico clínico a distancia**

Los médicos pueden tener la posibilidad de diagnosticar, tratar y dar soluciones de forma remota mediante la evaluación de la condición de los pacientes a través de la inspección de su EHR y el uso de las TIC inalámbricas necesarias para la enfermedad concreta bajo vigilancia.

Por ejemplo la Universidad de Pensilvania ha comenzado a utilizar la tecnología de teléfonos celulares como una forma de aumentar el acceso a la atención médica en las zonas rurales y poco atendidas en Botswana.[10]

### **3.1.4. Gestión y Análisis de Información Médica**

Los médicos, proveedores de servicios de salud necesitan no solo gestionar los datos recogidos de un paciente en particular y la población en general, sino también poder extraer valor de los mismos, basado en las evidencias clínicas recogidas, por ejemplo prevenir futuras enfermedades de un paciente en particular. En este sector se pueden encontrar Sistemas de Analítica sobre los datos, Sistemas Inteligentes de detección de enfermedades, Sistemas de Alertas, entre otros.

La Tecnología de Big Data supone una capa de inteligencia con la que se puede ir más allá de la medicina basada en el conocimiento. La investigación sanitaria se basa en el concepto de la evidencia médica. Tecnologías Big Data, con herramientas analíticas, cruzará la información de todos los pacientes registrados para analizar todas las evidencias médicas de tantísimos pacientes y sus circunstancias y obtener un estudio de investigación más completo y una conclusión más acertada; con Big Data no se hace una selección de pacientes,

sino que se consideran todos los enfermos y sus particularidades. Con una gran base de datos de evidencias clínicas, los médicos pueden contrastar su prescripción con la recomendación “prescrita” por Big Data, que incluye las mejores decisiones de colegas expertos. El profesional de la salud podrá verificar cuál ha sido el tratamiento que mejor resultado ha dado en enfermos con el mismo perfil, además realizará el seguimiento sobre el paciente y registrará la eficacia del tratamiento. Así, cada caso particular será una nueva evidencia sobre dicha enfermedad. En prevención, los análisis en tiempo real de la información con Big Data pueden arrojar información de cómo se expande geográficamente una pandemia para aplicar las vacunas a la población en riesgo de la forma más eficaz. A nivel más personalizado, se podrá determinar las personas que por su perfil corren riesgo de sufrir ciertas enfermedades tras el análisis preventivo de la información sobre ciertos parámetros físicos, psíquicos, sociales tales como la actividad habitual, perfil de consumo, genómica, etc. Big Data supone la herramienta ideal para pronosticar tanto de forma colectiva, como individual.

### 3.2 Componentes y entidades de un Sistemas M-Salud

El Sistema de Salud que se describe a continuación, comprende los componentes y las funciones de los mismos, como muestra la figura 4:

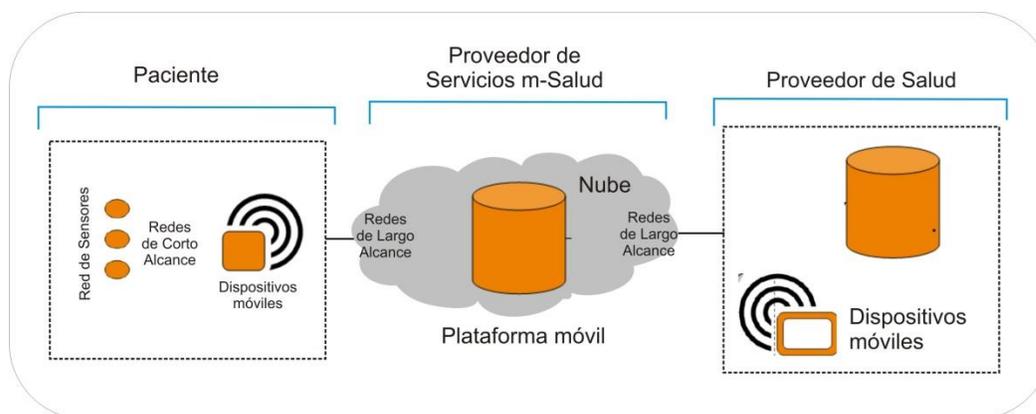


Figura 4. Ecosistema m-health y sus componentes relacionados

El sistema de la salud móvil gira en torno al paciente. El paciente es una persona con algún tipo de problema de salud.

El Clínico es un profesional de la salud que está tratando o ayudando al paciente con el problema de salud. El Clínico podría ser una enfermera, un paramédico, un médico general o un médico especializado.

El Proveedor de Salud es la organización donde trabaja el clínico. El Proveedor de salud utiliza el servicio de salud móvil en el monitoreo, consulta, diagnóstico y tratamiento del paciente.

El servicio de salud móvil es el que conecta al paciente con el Clínico; mide, transporta, entrega, almacena y gestiona los datos generados por el paciente y probablemente, proporciona un valor añadido adicional a través de servicios de gestión y análisis de los datos obtenidos.

Las redes de comunicación o red móvil son el medio físico a través del cual se conecta al paciente con los servicios de salud, dentro de las mismas se pueden identificar las redes de corto y largo alcance.

El proveedor de servicios de salud móvil es la entidad que presta el servicio de salud a través de la Plataforma Móvil de Salud. La plataforma móvil de salud es el sistema informático conectado a la red móvil para proporcionar la funcionalidad necesaria.

El dispositivo móvil de salud es un dispositivo necesario para utilizar el servicio de salud móvil y para conectarse a la Plataforma móvil de salud.

La aplicación móvil de salud está integrada en el sensor de salud móvil o se ejecuta en el móvil en la puerta de enlace o en el teléfono inteligente.

Los Sensores/detectores en el área corporal del paciente serán los encargados de recoger los datos y valores, enviarlos a través de la red móvil al dispositivo móvil, por ejemplo medición del nivel de glucosa en sangre.

El dispositivo médico de salud móvil (MHCD) es el dispositivo donde ejecuta el Clínico la Aplicación de salud móvil y suele ser un teléfono inteligente u otro dispositivo móvil conectado.

La aplicación móvil de salud para médicos puede proporcionar una visión general de los datos de todos los pacientes de ese Clínico y proporcionar una funcionalidad específica.

El paciente es el usuario del servicio de salud móvil.

### **3.3. Arquitectura de Referencia**

En esta sección se identifican las funciones de los componentes que son susceptibles de ser requeridos para soluciones de salud móvil. Se basa en los detalles de las arquitecturas técnicas en uso, propone un conjunto de elementos comunes a todas las arquitecturas móviles de salud.

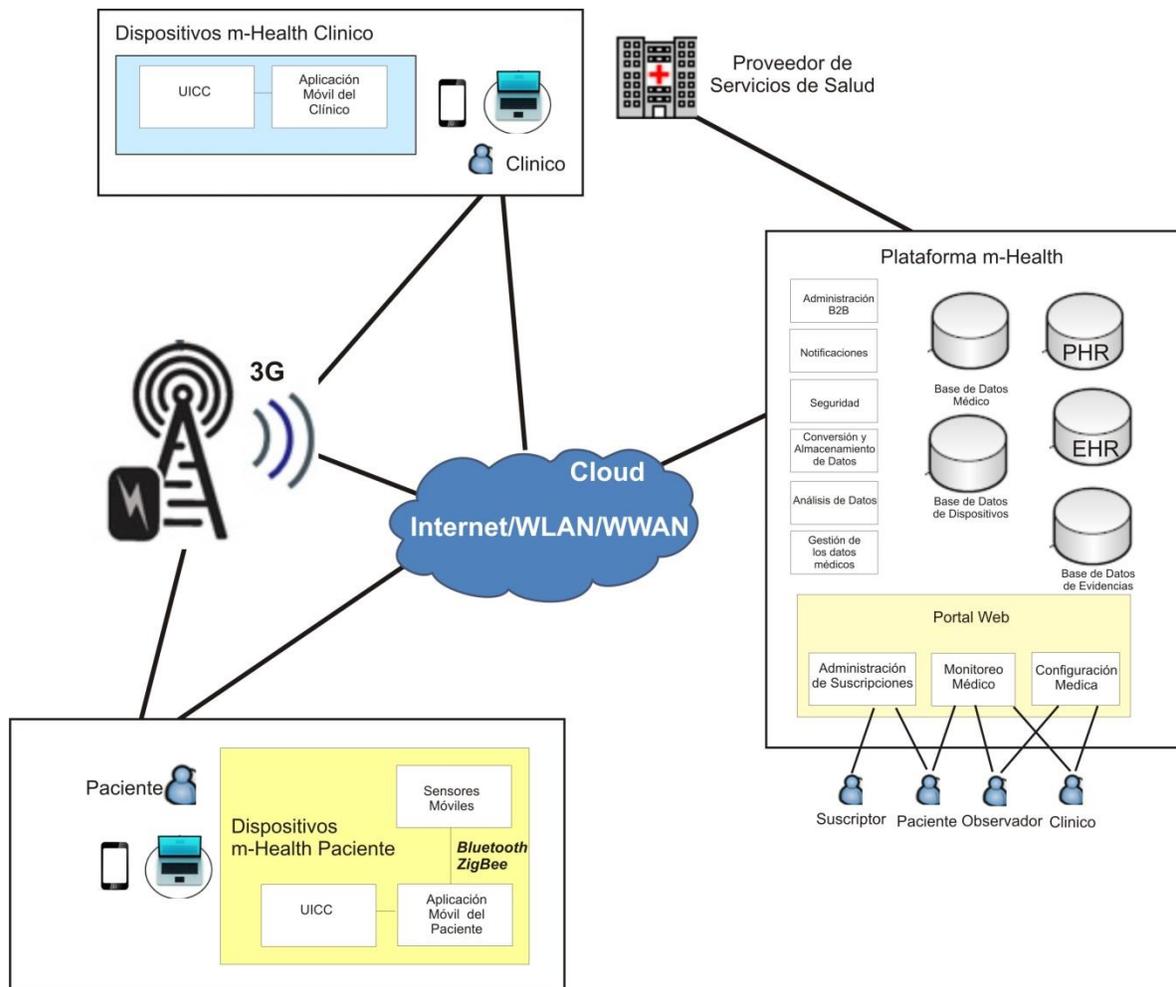
En este sentido, los principales avances tecnológicos que se están produciendo pueden ser de especial interés para el sector de la salud.

Uno de ellos es la mejora de las redes de sensores inalámbricos (WSN). Una nueva generación de sensores inalámbricos de bajo consumo de energía, larga duración, con una mejor captura y capacidades de procesamiento, entre otras características, que junto con las nuevas versiones de las tecnologías inalámbricas de corto alcance, como Bluetooth o ZigBee, permiten la integración de WSN en algunos tratamientos médicos para propósitos de diagnóstico remoto, monitorización y seguimiento.

La expansión de las redes móviles a nivel mundial y la continua evolución de los dispositivos móviles pueden provocar otro gran avance en los sistemas de prestación de salud. Otros conceptos en tecnología de las comunicaciones como M2M que permite la comunicación máquina a máquina, Cloud computing, Big Data o Internet de las cosas que propone la interconexión de objetos de la vida cotidiana, se integran y probablemente tendrán un papel importante en los nuevos modelos de Servicios de Salud.

Se agrupan los componentes de la arquitectura en cuatro grandes grupos, *el dispositivo móvil de salud del paciente y el dispositivo móvil de salud del médico*, principales activos del *Proveedor de Servicios de Salud Móvil (MNO)* y *plataforma*

móvil de salud. Finalmente dos elementos claves del sistema de Salud, el Registro Personal de Salud (PHR) y la (EHR) aplicación o sistema de registro electrónico de salud.



Sus principales elementos se describen brevemente a continuación. Debe tenerse en cuenta que esto es sólo una arquitectura de referencia representativa que muestra los componentes y sus capacidades, y que puede apoyar a una solución de salud móvil.

### 3.3.1 Dispositivo móvil de salud del paciente

El dispositivo móvil se puede definir como aquellos micro-ordenadores que son lo suficientemente ligeros como para ser transportados por una persona, y que

disponen de la capacidad de batería suficiente como para poder funcionar de forma autónoma. Normalmente, son versiones limitadas en prestaciones, y por tanto en funcionalidades, a comparación con los ordenadores portátiles o de sobremesa.

El tipo de dispositivo que se utilice dependerá en gran medida del producto o servicio. Los tipos de dispositivos que se pueden considerar son:

- **Sensor integrado:** dispositivo médico con un módulo celular incorporado que se ajusta a una interfaz estándar de radio 3GPP y 3GPP2
- **Dispositivo de puerta de enlace:** dispositivo médico de monitoreo que consta de uno o varios sensores que se conectan a través de una tecnología de corto alcance a un router, por ejemplo, y que luego transmite la información.
- **Smartphone con la aplicación:** dispositivo diseñado con uno o más sensores, se conectan a través de una tecnología de corto alcance (por ejemplo Bluetooth, Zigbee) a un Smartphone, tableta o portátil.

Una de las herramientas claves de la red móvil es la tarjeta SIM que se instala en todos los dispositivos móviles.

La tarjeta SIM ha estado en el centro de la industria móvil ayudando a hacer a la familia de tecnologías GSM, el sistema de comunicaciones más seguras, omnipresentes, y exitoso en el mundo. La tarjeta SIM es el custodio de la identidad del suscriptor. Se asegura de que se mantenga la confianza entre el cliente y la red de telecomunicaciones móvil. Se va a instalar la tarjeta SIM dentro de dispositivos de los pacientes y de los clínicos.

Para mejorar la seguridad de la aplicación móvil de salud se podría utilizar la UICC con la aplicación SIM para activar la seguridad de extremo a extremo. La UICC es el único elemento proporcionado por el operador de telefonía móvil dentro de un dispositivo móvil de salud.

Hay un número diferente de interfaces que se podrían utilizar en el dispositivo para comunicarse con la plataforma móvil de salud.

La aplicación médica móvil para un dispositivo móvil es una aplicación móvil que transforma este dispositivo en un producto sanitario.

Al elegir una aplicación médica para una enfermedad específica, la usabilidad de la aplicación, se define por su facilidad de uso y el aprendizaje, lo cual juega un papel importante en la decisión del usuario.

Esta aplicación está integrada en el sensor de salud móvil o se ejecuta en la puerta de enlace o bien en el teléfono inteligente.

Se pueden definir aplicaciones orientadas al proveedor de servicios de salud, a los profesionales, a los pacientes y a usuarios no pacientes.

En el caso de las **aplicaciones orientadas al proveedor de servicios de salud** se trata de llegar a la comunidad de manera fácil y clara mediante el sondeo de encuestas y estadísticas que permiten a las entidades públicas y gubernamentales tomar decisiones, rediseñar estrategias o métodos que se aplican a la planeación y prevención.

**Las aplicaciones orientadas a los profesionales** tienden a apoyar; brindan un fácil acceso, inmediato y cómodo, facilitando funciones específicas como el monitoreo remoto, emisión de alertas, reduciendo tiempos de consultas, accediendo a información médica específica, expedientes de pacientes y exámenes de laboratorio, lo cual aumenta su eficiencia.

**Las aplicaciones orientadas a los pacientes** apuntan al diagnóstico, prevención, monitoreo y tratamiento de enfermedades crónicas o de mejoras en la comunicación entre paciente y especialistas, optimizando la continuidad de las medicaciones y/o recomendaciones hechas por el profesional. **Una aplicación de monitoreo**, por ejemplo (desarrollada para cualquier Smartphone, esto significa un desarrollo por cada SO), es la que se encargará de procesar y traducir los datos brutos enviados por los diferentes sensores que miden ciertos signos vitales de interés, a menudo sin la intervención del paciente. También se advierte tanto al paciente como al médico en caso de niveles de glucosa anómalos, y permite la portabilidad desde el dispositivo móvil a la nube grabando estos niveles,

probablemente para ser accesible por las personas autorizadas como el propio paciente, el médico a cargo o algunos familiares.

A través de las **aplicaciones orientadas al usuario no paciente**, el control y prevención es la finalidad, desarrollando métodos para que se prevengan y se mejore el estilo de vida, por ejemplo para la mejora de la nutrición o por el contrario el Índice de Masa Corporal (IMC), la presión sanguínea y en general el bienestar físico y mental.

Es deseable que las aplicaciones de salud puedan permitir la portabilidad desde el smartphone al ordenador y/o servidor con el fin de contrarrestar las limitaciones de memoria y tamaño de pantalla. Además, serviría como una copia de seguridad en caso de pérdida o daño de los teléfonos inteligentes.

Las tecnologías móviles tienen algunas características especiales que los hacen más adecuados para ciertas actividades relacionadas con la salud [8], las cuales se describen en el capítulo siguiente en la sección 4.5.

Las principales características de aplicaciones móviles médicas tanto para el paciente como para el clínico, al igual que las características de las tecnologías de redes de corto alcance que conectan los sensores con el dispositivo móvil se describen en el próximo capítulo.

### **3.3.2 Dispositivo Móvil de salud Clínico**

El dispositivo médico de salud móvil permitiría al clínico ver los datos que están siendo generados por el dispositivo móvil de salud del lado del paciente y que se supone que es probable que sea un teléfono inteligente o una tableta basada en las tendencias actuales del mercado. Debido a la naturaleza y la sensibilidad de los datos médicos habrá necesidad de un nivel significativo de seguridad en el dispositivo. Usando las capacidades de la red móvil en la misma forma que para el dispositivo del paciente, será posible satisfacer esta necesidad.

### 3.3.3 Red Móvil

La red móvil actúa entre los dispositivos móviles de salud, el proveedor de Servicios de Salud y la plataforma móvil de salud. Esta red se utiliza para conectar dispositivos y datos de transporte que hacen posible el uso de los servicios móviles de salud en gran medida independiente de la ubicación. Los distintos tipos de tecnologías de redes que sirven de apoyo a la salud móvil y las características de las mismas se describen en el capítulo 4

Algunos activos involucrados en las redes móviles son:

- **El Registro de Localización Base (HLR):** se utiliza para identificar un dispositivo de usuario (paciente, medico) a través de la UICC por la Identidad de Abonado Móvil Internacional (IMSI). El HLR permite el acceso a la red basándose en la IMSI del abonado y los perfiles de acceso que están contenidos en el HLR.
- **Identificadores únicos** que se pueden utilizar en el diseño de una solución de salud móvil. El más ampliamente implementado de estos son el IMSI e IMEI.
- **Administración y Facturación de suscripciones:** El operador de telefonía móvil tiene la responsabilidad de gestionar las suscripciones de sus clientes correctamente, por lo que el cliente recibe todos los servicios a los que tiene derecho y no recibe (y como resultado, no se cobra) servicios a los que no se ha suscripto. La facturación es la funcionalidad que permite realizar un seguimiento de los ingresos de facturas generadas por el uso de servicios móviles de salud prestados.
- **Las Redes móviles** tienen la capacidad de detectar la ubicación de los dispositivos en su red móvil a través del Centro de Ubicación Gateway (GMLC) y utilizarlo en los servicios que se proporcionan. Esta capacidad permitirá a la plataforma móvil de salud identificar la ubicación de un paciente o el médico utilizando el servicio.

- **El Centro SMS (SMSC)** de un operador es una pieza importante de la funcionalidad que podría ser utilizado para la comunicación textual entre el paciente y el clínico, así como la comunicación entre la plataforma móvil de salud y el dispositivo móvil de salud. Se podría utilizar para proporcionar información al paciente o para permitir a un paciente enviar mensajes de texto al clínico. SMS también podría ser utilizado como un portador de datos alternativa para la transmisión de datos de medición a la Plataforma móvil de salud.

### 3.3.4 Plataforma móvil de salud

En esencia, la Plataforma de salud móvil es una plataforma informática que utiliza los datos generados y transportados por la red móvil para ofrecer un servicio de atención médica mejorada frente a las ofertas tradicionales.

La Plataforma de Salud Móvil se puede implementar haciendo uso de un nuevo concepto que se encuentra en auge como lo es Cloud Computing, el cual se presenta en este documento como una alternativa viable para la provisión de servicios de salud móvil y se describe en la sección 4.1 del capítulo 4

A continuación se describen varios de los pilares en la construcción de la plataforma móvil de salud.

Los principales bloques de construcción son:

- **Seguridad:** sobre la conexión entre el dispositivo móvil de salud y la Plataforma móvil de salud a causa de que la conexión es única para cualquier servicio de salud móvil. También se analizarán Control de acceso y almacenamiento de datos. Algunas soluciones que cumplan con los requisitos de la atención se centra en las que utilizan un identificador único del operador móvil para proporcionar la seguridad. Tres soluciones generales
  1. cifrado de datos estándar de 3G, 2.pueden ser, las mismas están fuera del alcance de este documento:5G y radio 2G

2. Transport Layer Security (TLS) con GBA (Generic Bootstrapping Architecture)

3. Aplicación móvil de salud en la UICC / SIM.

- **Conversión y Almacenamiento de Datos Médicos:** Esta capacidad recibe los datos de los dispositivos móviles de salud, convierte estos datos cuando sea necesario (por ejemplo, hacia y desde IEEE 11073 y HL7) y almacena los datos en la base de datos de datos médicos para su posterior análisis y procesamiento. El Almacenamiento y procesamiento de datos también deben ser seguros para asegurar la privacidad. Es necesario que haya control de acceso en el almacenamiento de los datos del paciente (firewalls), y los datos también podrían ser almacenados en un formato codificado.

- **Base de Datos:** contiene las entidades que almacenan información útil de la plataforma: base de datos de histórico de eventos, base de datos de dispositivos, base de datos de historia clínica, base de datos de evidencias clínicas y base de datos de usuarios, tales como el PHR.

- **Intercambio de datos B2B Médico:** Esta capacidad se encarga del intercambio automatizado de información entre la plataforma móvil de salud y las bases de datos de los proveedores de atención médica. Podría, por ejemplo, sincronizar los datos a intervalos regulares sobre la base de las políticas de intercambio de datos. Esta entidad tiene la capacidad de ampliar los sistemas de un servicio autónomo de salud móvil a una solución de atención médica totalmente integrada, permitiendo la conectividad con los sistemas de salud de las TIC.

- **Portal web:** Esta capacidad proporciona la interfaz de portal web para el suscriptor, Paciente, Observador y clínico.

- El suscriptor es la entidad pagando por el servicio.

- El paciente es la persona que está utilizando el servicio de salud móvil.

- El Clínico es profesional del cuidado de la salud que prescribe y controla el servicio de salud móvil.

- Un Observador es un profesional de la salud o por ejemplo un familiar del paciente al que se le permite revisar los datos de seguimiento, así cada una de

estas funciones tiene un perfil diferente y obtiene acceso a un conjunto diferente de funcionalidad a través del portal web.

El portal web expone todas las funcionalidades de gestión de servicios, como la gestión de suscripciones (puesta a punto, la gestión continua y final del servicio de salud móvil), la supervisión médica, y la configuración médica.

- **Notificaciones o Sistemas de Alarma:** Esta capacidad envía notificaciones a los pacientes, observadores, médicos y emergencias cada vez que se cumplen los umbrales preestablecidos u otras normas. El análisis proporciona la entrada para la notificación. El tipo de notificaciones se puede configurar y el motor de notificaciones está conectado, por ejemplo, con el centro de SMS del operador móvil puesto que como SMS es una buena manera de notificar a los usuarios y grupos de usuarios individuales (por ejemplo, acerca de la disponibilidad de una actualización de la aplicación móvil de salud), como así también a través de las aplicaciones móviles de salud que pueden enviar notificaciones a los mismos Smartphone.
- **Analítica de Datos Médicos:** aplicaciones para análisis mediante Big Data (que se describe en la sección 5.6), se puede inferir conocimiento desde datos de la historia clínica electrónica, predecir el flujo asistencial, el volumen de urgencias o analizar la frecuentación a las consultas médicas, estratificar el grupo de pacientes crónicos, predecir reingresos en el hospital, prevenir futuras enfermedades y epidemias, etc.
- **Gestión de la Información Médica:** los datos recogidos y almacenados en las Bases de Datos, por ejemplo EHR, se deben poder acceder, recuperar, presentar y gestionar por el proveedor de servicios de la salud y los profesionales. Esto es posible mediante sistemas y aplicaciones de gestión que les permita consultar, intercambiar y compartir información médica, extraer estadísticas, enviar informes y sugerencias, determinar tratamientos preventivos y reactivos, entre otros.

### **3.4 Limitaciones y problemas tecnológicos**

Cuando se trata de elegir una tecnología de red u otra para un sistema de m-Health, es importante evaluar el rango de frecuencias en el que operan para garantizar la interoperabilidad y la menor cantidad de interferencia posible con otras soluciones existentes en el entorno. Además, dado un problema concreto debe haber un equilibrio entre las soluciones estandarizadas y de propiedad. No hay que olvidar la naturaleza no fiable de canales inalámbricos, debido a las fluctuaciones y ruidos constantes; este problema puede agravarse en el interior.

#### **3.4.1.- Soluciones estandarizadas y de propiedad**

Soluciones estandarizadas promueven la interoperabilidad entre componentes de diferentes fabricantes en un solo sistema, mientras que esto no ocurre normalmente con los propietarios. Así, el diseñador de un sistema de m-Salud estandarizada puede elegir estos componentes de acuerdo a diversos criterios, como económico, por ejemplo. Sin embargo, los sistemas patentados permiten un mayor grado de personalización pudiendo adaptarse a las nuevas necesidades, pero por lo general a un costo mayor.

#### **3.4.2 Interferencias**

Existen varias tecnologías inalámbricas, principalmente las destinadas a operar en distancias cortas y con bajo consumo de energía, donde el uso de las frecuencias asignadas en las bandas de radio industriales, científicas y médicas están reservados a nivel internacional para el uso de energía de radiofrecuencia para aplicaciones industriales, científicas y médicas en lugar de para las comunicaciones.

Hoy en día, los dispositivos de comunicación que utilizan las bandas de radio deben tolerar cualquier interferencia de los equipos, así como de otros sistemas de comunicación en la misma banda de frecuencia. Por ejemplo, las tecnologías

inalámbricas en la banda ISM de 2,4 GHz son ZigBee, Bluetooth y algunas versiones de Wi-Fi lo que significa una gran cantidad de posibles interferencias entre los diferentes sistemas de comunicación.

## 4. REQUERIMIENTOS

En esta sección se define un conjunto de requisitos o requerimientos para un servicio de salud móvil. Estos se han organizado y se presentan a continuación en grupos.

Estos requisitos han sido utilizados como base para el desarrollo de la arquitectura de referencia que se ha mencionado en la sección anterior (3)

### 4.1 Funcionalidad del dispositivo móvil de salud

El dispositivo móvil de salud puede tener una de las siguientes configuraciones:

- I. El dispositivo móvil de salud es un sensor de la salud móvil con conectividad GSM incorporado
- II. El dispositivo móvil de salud consta de uno o más sensores de salud móviles que se conectan a una puerta de enlace de salud móvil con conectividad GSM
- III. El dispositivo móvil de salud consta de uno o más sensores de salud móviles que se conectan a un Smartphone con conectividad GSM

#### **Requisitos:**

El dispositivo móvil de salud debe ser:

- Fácil de usar satisfaciendo las capacidades del grupo destinatario de pacientes.
- Tener un identificador único.
- Tener conectividad GSM que cumpla con la condición de la licencia del mercado que se está vendiendo.
- Ser seguro proporcionando confidencialidad e integridad de los datos mientras son procesados o almacenados en el dispositivo móvil de salud,
- Tener de un extremo a otro de conexión seguridad para la Plataforma de salud móvil como se describe a continuación: un sensor móvil de salud de una pasarela de salud móvil puede tener la capacidad de hacer la

autenticación y un dispositivo móvil de salud con un Smartphone debe tener una capacidad de hacer la autenticación

- Enviar los datos medidos a intervalos fijos, tan pronto como sea posible o a un usuario iniciado.
- Debe almacenar temporalmente los datos del paciente hasta que pueda ser enviada con éxito al proveedor de servicios de salud móvil. En caso de una puerta de enlace o un teléfono inteligente, el sensor debe temporalmente almacenar de forma segura los datos del paciente hasta que se pueden enviar con éxito a la puerta de enlace o Smartphone
- NO interferir con cualquier otra aplicación y viceversa en el Smartphone o entrada de salud móvil
- Enviar los datos medidos para el proveedor de servicios de salud móvil tan pronto como sea posible después de que se ha completado la autenticación del servicio.

#### **4.2 Funcionalidad del servicio de salud móvil**

- El paciente, el suscriptor y clínico debe estar respaldada por un servicio de asistencia técnica que deberá ser capaz de gestionar de forma remota el aprovisionamiento, la configuración de la red y autenticación de usuarios.
- El médico y el paciente debe ser capaz de acceder a los datos de los pacientes a través de un portal web seguro.
- El médico debe ser capaz de establecer los parámetros (por ejemplo, los valores de umbral) del Servicio móvil de salud para que coincida con los objetivos de la terapia y / o características específicas del paciente.
- El proveedor de servicios de salud móvil deberá enviar la notificación para el clínico y el paciente, si los parámetros establecidos no se cumplen por los datos del paciente.
- Además de proporcionar los datos de los pacientes para el médico del servicio de salud móvil también puede proporcionar comunicación segura desde el clínico al paciente o desde las dos vías

### 4.3 Seguridad

- El proveedor de servicios de salud móvil debe Proporcionar la seguridad de extremo a extremo mediante el uso de un activo único del MNO (posiblemente el UICC) de extremo a extremo entre el Dispositivo móvil de salud y de la Plataforma de salud móvil; entre el Dispositivo móvil Clínico salud y la Plataforma de salud móvil; entre el Plataforma móvil de salud y el sistema de Salud de TI (EHR); entre el Plataforma móvil de salud y el portal web (para el servicio y la revisión de los datos).
- El Suscriptor, paciente o médico debe autenticarse en el proveedor de servicios de salud móvil utilizando las medidas adecuadas en relación con la evaluación del riesgo tal como se describe a continuación: la autenticación puede ser necesaria sólo en el primer uso, por sesión, en cada interacción.
- El dispositivo móvil de salud deben estar registrados para el proveedor de atención médica que ofrece a un Paciente (para la facturación).
- El paciente tiene que registrar una cuenta en el proveedor de servicios de salud móvil para acceder a un portal web con sus datos personales.
- El paciente puede autenticarse en el dispositivo móvil de salud utilizando un método de autenticación adecuada (en medio adecuado encajan las capacidades del paciente y el accesorio con el nivel requerido de la seguridad. Para el código PIN ejemplo, biométrica o mediante NFC)
- El paciente debe autenticarse en el servidor de la salud móvil antes que una medición puede ser enviado. El paciente también puede autenticarse en el dispositivo móvil de salud antes de que una medida puede ser enviado.
- El proveedor de servicios de salud móvil debe tener la posibilidad de configurar la UICC para dar acceso a la red GSM sólo para la transferencia de datos por el dispositivo móvil de salud.
- El paciente puede autenticarse en la aplicación móvil de salud en el Smartphone (o puerta de entrada de la salud móvil) del paciente. Si la funcionalidad está disponible el paciente puede autenticar la aplicación móvil de salud en un sensor de la salud móvil integrada.

- El médico debe autenticarse en la aplicación móvil de salud en el Smartphone de la Clínico.
- La aplicación móvil de salud en el dispositivo móvil de salud DEBE autenticarse proveedor de servicios de salud móvil antes de los datos se pueden enviar.
- El proveedor de servicios de salud móvil debe ser capaz de bloquear el dispositivo móvil de salud y en caso de mal uso reportarlo.
- El sistema de Salud debe autenticarse en la plataforma móvil de salud para recibir datos.

#### **4.4 Requisitos de autorización**

- El suscriptor o el médico, con el consentimiento del paciente, puede proporcionar acceso, en el portal web a través a ver los datos del paciente.
- Los observadores deben tener una cuenta en el servicio de salud móvil para tener acceso a los datos del paciente

#### **4.5 Provisión del Servicio de Salud Móvil**

La Provisión del servicio de salud móvil dependerá del modelo de negocio. Todo el aprovisionamiento se realiza por el proveedor de servicios de salud móvil. Parte del proceso podría ser transferida a otros roles pero todo se llevará a cabo bajo el control del proveedor de servicios de salud móvil.

- El proveedor de servicios de salud móvil debe:
  - Registrar el dispositivo móvil de salud y el suscriptor a una cuenta accesible a través de Internet (portal web).
  - Ser capaz de proporcionar una factura detallada al suscriptor.
  - Ser capaces de asignar un registro del servicio móvil de salud a un paciente individual.
  - Ser capaz de asignar varios pacientes a un dispositivo móvil de salud, aplicación o servicio.
  - Enviar los datos agregados del paciente al proveedor de atención médica

- El suscriptor deberá ser capaz de cancelar una cuenta.

#### **4.6 Funcionalidad MNO (proveedor de servicios de salud móvil)**

El proveedor de servicios de salud móvil debe:

- Ser capaz de verificar de forma remota el estado, configurar, actualizar o gestionar el dispositivo móvil de salud.
- Ser capaz de proporcionar la configuración remota de la aplicación móvil de salud, pero sólo con el consentimiento del paciente o del suscriptor.
- Ser capaz de proporcionar la configuración remota del Smartphone del paciente (o una puerta de enlace de salud móvil), pero sólo con el consentimiento de la paciente.

#### **4.7 Interoperabilidad**

- Los datos agregados deben estar en un formato que el sistema del proveedor de TI sanitaria puede gestionar y preferiblemente en el formato de un estándar de la industria ampliamente utilizado.
- La aplicación móvil de salud deberá ser capaz de comunicarse con el Sistema de Salud de TI del proveedor de asistencia sanitaria y el Registro Personal de Salud del Paciente para el intercambio de datos de pacientes.
- El sensor de la salud móvil se conecta con el teléfono inteligente del paciente (o la puerta de enlace la salud móvil) ya sea a través de Bluetooth o Zigbee o una conexión por cable USB.
- El servicio de salud móvil puede ser capaz de intercambiar datos de los pacientes con un **Registro Personal de Salud del Paciente** o con los estándares EHR de la industria del proveedor de atención médica utilizando (perfiles HL7 e IHE PCD) para el intercambio de datos de pacientes.
- Los Sensores de salud móvil deben utilizar IEEE 11073 semántica de datos (u otro estándar de datos sanitarios Semántica) y cumplir con los perfiles IHE PCD para comunicarse con la aplicación móvil de salud en el Smartphone del paciente (o de salud móvil de puerta de enlace).

## 5. TECNOLOGÍAS DE APOYO A E-HEALTH

Algunas tecnologías especialmente adecuadas convergen para dar soporte a los propósitos de E-health y se describen en esta sección.

### 5.1.- M2M, cloudcomputing e Internet de las Cosas

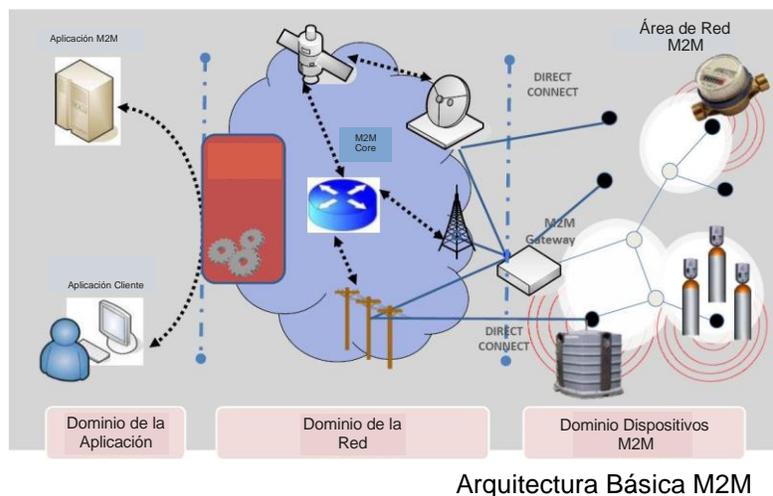
La introducción gradual del espacio de direcciones IPv6, junto con los últimos avances en el campo de M2M y cloud computing parece acercar a lo que se denomina Internet de las Cosas. Estos conceptos se describen brevemente a continuación.

#### 5.1.1.- M2M

Máquina a máquina (M2M) se refiere a las tecnologías que permiten a los sistemas inalámbricos y con cable comunicarse con otros dispositivos de la misma capacidad. Estas comunicaciones están destinadas a utilizar el equipo caracterizado por una baja energía y costo, pequeño tamaño y capaz de operar con poca intervención humana durante largos periodos de tiempo [42].

M2M consta de tres fases [43]: recopilación de datos, transmisión de datos y procesamiento de datos. En la primera fase, un evento de interés es capturado por dispositivos tales como sensores o medidores. Entonces, durante la segunda, este evento es transmitido por una puerta de enlace a través de una red a una aplicación, lo que se traduce en información significativa en la última etapa.

Los dispositivos M2M se despliegan dentro de una red de área de M2M, que se basa en tecnologías inalámbricas de corto alcance. Esto se llama dominio de dispositivos y proporciona conectividad entre los diferentes



dispositivos M2M y la puerta de enlace de M2M. De la misma manera, la red (dominio de red) que transporta los datos de las puertas de enlace M2M a las aplicaciones M2M se basará en tecnologías inalámbricas de largo alcance que se detallan en la siguiente sección.

En el uso en el ámbito de vigilancia de la salud a distancia, por lo general, varios sensores se utilizan para capturar los signos vitales del paciente, algunos que luego se envían a un centro médico en intervalos regulares [11]. Por supuesto, cada enfermedad tiene su propio tratamiento y el rendimiento de las aplicaciones M2M debe ser adaptado a esta situación.

### **5.1.2.- Computación en la nube**

Cloud Computing, computación en la nube es un paradigma que permite ofrecer servicios de computación a través de Internet.

Se define como "un modelo para permitir el acceso ubicuo bajo demanda a través de la red a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que se pueden aprovisionar y liberar con un esfuerzo mínimo de gestión o un proveedor de servicios de interacción.

En otras palabras, la computación en la nube puede permitir que el sistema m-salud administre los datos recogidos por los dispositivos M2M y acceder a la carta de los médicos, los pacientes y otros actores médicos de cualquier lugar. La computación en nube es de suma importancia para el éxito de iniciativas como EHR y m-salud, para proporcionar una solución completa para la gestión de enfermedades.

Por otra parte, hoy en día, la comunicación M2M y computación en la nube juntos han mejorado las comunicaciones entre máquinas remotas mediante la disminución de la cantidad necesaria de energía y tiempo, y eliminando el proceso manual de recopilación de información.

Además con el almacenamiento de los datos en la nube no es necesario contar con un servidor físico de base de datos, sino que los datos pueden encontrarse en un servidor remoto que puede ser accedido mediante la web. Esto permite a los sistemas ganar escalabilidad y un mayor grado de independencia respecto de los servidores físicos, los cuales a menudo sufren distintos tipos de daños que concluyen con la pérdida de los datos.

La infraestructura del cloud computing hace del servidor, un elemento innovador en cuanto a tecnologías de información y comunicación (TICs). Funciona como una plataforma virtualizada, cuyos recursos de espacio en disco, ancho de banda, memoria RAM y uso del procesador se encuentran distribuidos dentro de una nube de servidores de alto rendimiento.

La computación en la nube son servidores desde Internet encargados de atender las peticiones en cualquier momento. Se puede tener acceso a su información o servicio, mediante una conexión a internet desde cualquier dispositivo móvil o fijo ubicado en cualquier lugar. Sirven a sus usuarios desde varios proveedores de alojamiento repartidos frecuentemente por todo el mundo.

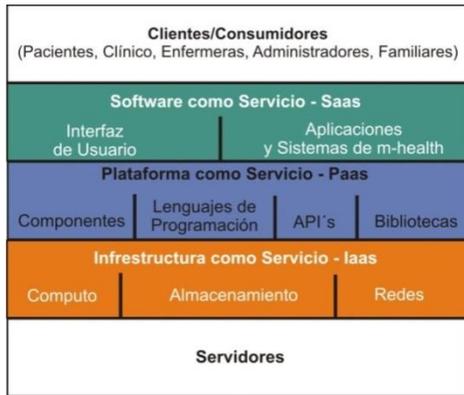
"Cloud computing" es un nuevo modelo de prestación de servicios de negocio y tecnología, que permite al usuario acceder a un catálogo de servicios estandarizados y responder con ellos a las necesidades de negocio, de forma flexible y adaptativa, en caso de demandas no previsibles o de picos de trabajo.

El cambio que ofrece la computación desde la nube es que permite aumentar el número de servicios basados en la red. Esto genera beneficios tanto para los proveedores, que pueden ofrecer, de forma más rápida y eficiente, un mayor número de servicios, como para los usuarios que tienen la posibilidad de acceder a ellos.

Computación en la nube consigue aportar estas ventajas, apoyándose sobre una infraestructura tecnológica dinámica que se caracteriza, entre otros factores, por un alto grado de automatización, una rápida movilización de los recursos,

capacidad de adaptación para atender a una demanda variable, así como virtualización avanzada.

Actualmente se habla de diferentes modelos o niveles de servicios distribuidos en las tres capas siguientes (ver imagen) [37]:



- Software como servicio (SaaS)
- Plataforma como servicio (PaaS)
- Infraestructura como servicio (IaaS)

Pila de Cloud Computing

**5.1.2.1 Software como servicio:** no solo se ofrece la infraestructura de hardware y los entornos de ejecución necesarios, sino también los productos software o aplicaciones que interactúan con el usuario desde un determinado portal o interfaz a través de Internet y son accesibles desde diversos dispositivos cliente (PCs-notebooks, teléfonos móviles, iPhones, etc.) Por ejemplo Gestor de Acceso, Historia Clínica Electrónica, Registro Médico Electrónico, Gestor de Variables Fisiológicas, Gestor de Datos del Contexto, Sistemas de Consultas, Sistema de Toma de decisiones, Sistema de Visualización de Informes, Sistemas Inteligentes basados en regla, Aplicaciones específicas para análisis de Big Data pueden ser proporcionados como SaaS.[36,37]

**5.1.2.2. Plataforma como Servicio:** incluye todo lo necesario para construir nuevas aplicaciones y servicios, esta capa puede dar servicio a todas las fases del ciclo de desarrollo, prueba del software y puesta en funcionamiento de las aplicaciones. Se puede considerar como la encapsulación de un ambiente de desarrollo y el empaquetamiento de módulos o complementos que proveen, normalmente, una funcionalidad. De esta forma, una plataforma como servicio puede consistir en un entorno conteniendo una pila básica de sistemas,

componentes, lenguajes de programación, bibliotecas, motores de Base de Datos(SQL, NoSQL) o Apis preconfiguradas, listas para integrarse sobre una tecnología concreta de desarrollo (por ejemplo, un sistema Linux, un servidor web como Apache, un Framework como Hadoop).

Este nivel está orientado a los equipos de desarrollo, les permite reducir el tiempo de desarrollo e implementación de las aplicaciones, puesto que no es necesario instalar herramientas de software de apoyo (evita problemas de versiones o licencias), y facilita a la vez la compartición e interacción de las aplicaciones.



Hay varios ejemplos de plataforma como servicio, entre los que se pueden mencionar AZURE de Microsoft, pero el más popular y tal vez al alcance es probablemente Google App Engine, que ofrece servicios para crear aplicaciones dentro de toda la infraestructura de Google.

El cliente no gestiona, ni controla la infraestructura de la nube, red, servidores, sistemas operativos o almacenamiento pero puede desarrollar aplicaciones y tener el control sobre las mismas y posiblemente las configuraciones del entorno de hospedaje de la aplicación.[36, 37]

**5.1.2.3. Infraestructura como servicio:** se corresponde con la capa inferior y comprende almacenamiento básico, capacidades de cómputo, servicios estandarizados de red. Servidores (Familia de procesador Intel XeonE5-2600), sistemas de almacenamiento (por ejemplo Discos de Estado Sólido), conexiones (Adaptadores de Red Convergente Intel Ethernet de 10 gigabits), enrutadores, y otros sistemas se concentran, por ejemplo a través de la tecnología de virtualización, para manejar distintos tipos de cargas de trabajo desde procesamiento en lotes hasta el aumento de servidor/almacenamiento durante las cargas picos. El consumidor alquila los recursos de hardware en vez de comprarlos e instalarlos como propios, lo que le permite ir variando el consumo de los recursos en función de sus necesidades, lo que se conoce como elasticidad de

la infraestructura. Un ejemplo para ilustrar este tipo de servicio es el de Amazon Web Service (AWS), con su *elasticcloudcomputing*(EC2). Además de proporcionar la flexibilidad necesaria para escoger fácilmente el número, medida y configuración de las instancias de servidores que necesita el usuario para su aplicación, Amazon EC2 proporciona a los clientes diferentes modelos que les permiten tener la flexibilidad necesaria para optimizar los costos.[36, 37]

Los principales modelos de despliegue son:

**Nube privada:** La infraestructura de cloud sólo opera para una organización. Puede gestionarla la propia organización o una tercera, puede existir en el local o fuera, son propietarios del servidor, disco y red, y pueden decidir que usuarios están autorizados a utilizar la infraestructura; tienen la ventaja de una alta protección de los datos.

**Nube pública:** La infraestructura de nube se hace disponible al público en general o a un grupo industrial y es propiedad de una organización que vende los servicios de cloudcomputing. Es mantenida y gestionada por terceras personas que no están vinculadas con la organización

**Nube híbrida:** Es una composición de dos o más nubes (privada o pública) únicas para las entidades pero se limitan por medio de tecnología propietaria o estandarizada que permite la portabilidad de datos y aplicaciones. La organización es propietaria de algunas partes y comparte otras.

### 5.1.3.- Internet de las Cosas

Aunque el Internet de las Cosas no tiene una definición clara, se la ve comúnmente como la interconexión en red de cualquier tipo de dispositivos, identificable de forma única, utilizando algún protocolo de Internet para comunicarse. La idea es interconectar objetos cotidianos (llamados "cosas") a través de Internet, no sólo las computadoras, los teléfonos inteligentes sino

también dispositivos como los aparatos electrodomésticos, relojes y dispositivos médicos, por ejemplo.

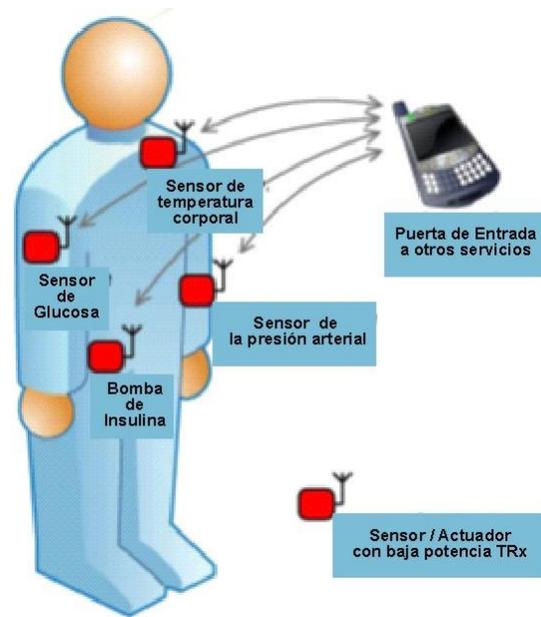
M2M y cloudcomputing son dos de los pilares del paradigma de Internet de las cosas.

## 5.2.- Detectores/ Sensores

La mejora de las redes de sensores inalámbricos está creciendo y sigue siendo materia de investigación, existen una nueva generación de sensores inalámbricos de bajo consumo de energía, larga duración, con mejor captura y capacidades de procesamiento, entre otras características.

El paciente a ser supervisado tiene una serie de sensores invasivos o no invasivos adheridos a su cuerpo o instalados en su vestimenta, las soluciones de m-health consideran la implementación de vigilancia fisiológica empleando una Red de Sensores Inalámbricos (WSN).

Hoy en día, hay dos tipos de sensores utilizados en una WSN: portátiles e implantables [15]. Los sensores que pertenecen a la primera clase, situado en las cercanías del cuerpo, están diseñados para proporcionar vigilancia de la salud, mientras que los que pertenecen a la segunda puesto en los tejidos del cuerpo humano, por lo general tienen más funciones, como la entrega automática de



drogas. Por esta razón, los sensores implantables parecen ser bastante interesantes, una opción para hacer frente a las enfermedades crónicas.

Ambos tipos de sensor se desean por ser pequeños, de peso ligero y barato. En este sentido, sensores portátiles son más baratos que implantable. También se

requiere la detección precisa, un cierto nivel de procesamiento de la señal, así como algunas de las características inalámbricas, y larga vida útil.

### 5.3 Redes inalámbricas

En esta parte se describen brevemente las redes de soluciones de m-Salud más comúnmente utilizados, se clasifican de menor a mayor área de influencia como muestra la imagen 11].



A continuación, las principales tecnologías inalámbricas asociadas a estas redes se describen.

#### 5.3.1- Red de Área Corporal Wireless (WBAN)

El área de influencia de un WBAN se centra en las proximidades del cuerpo humano y el alcance está a unos pocos metros. A los efectos de este trabajo un WBAN consiste en una red de sensores inalámbricos (WSN) y un punto de acceso o puerta de enlace.

Dos tipos de comunicaciones se llevan a cabo en WBAN: comunicaciones intra-WBAN e inter-WBAN.

- **Intra-WBAN:** se refiere a las comunicaciones entre los sensores / actuadores desplegados en el cuerpo humano.

- **Inter-WBAN:** se refiere a las comunicaciones entre WSN y el medio que conecta al BAN con otro tipo de red.

### **Tecnologías inalámbricas BAN**

Tecnologías apropiadas para adaptarse a los requisitos de WBAN son las siguientes:

- **Bluetooth** es una tecnología inalámbrica que permite a los dispositivos comunicarse, o transmitir datos o voz, de forma inalámbrica a una distancia corta. Bluetooth es una tecnología de comunicaciones de corto alcance destinado a sustituir los cables que conectan los dispositivos portátiles y / o fijos, manteniendo altos niveles de seguridad. Operando en el espectro de 2,4 GHz, Bluetooth fue pensado como un reemplazo inalámbrico para los cables.

Bluetooth versión 4.0 incluye: bajo consumo de energía, bajo costo, interoperabilidad de múltiples proveedores.

- **Zigbee** es un estándar que utiliza 802.15.4. Funciona en la banda de 2,4 GHz, aunque algunas empresas están explorando el diseño de 915MHz para resolver la gama y la cuestión de interferencia a la que se enfrentaron los productos Zigbee 2.4GHz. A diferencia de IEEE 802.15.4, ZigBee permite la red de malla completa.

Nuestro interés se centra en la salud y WSN, por lo que la necesidad de reemplazar o recargar las baterías no es deseable para los sensores.

### **5.3.2 Red de área personal inalámbrica (WPAN)**

La Tecnología PAN permite las comunicaciones entre los dispositivos de salud electrónica hasta 10 o 20 metros, aumentando ligeramente el alcance de aquellos en WBAN. Sin embargo, la cobertura de ZigBee y Bluetooth hace que sean adecuadas para operar en WPAN. Además los protocolos 802.11 reúnen las condiciones para trabajar en WPAN.

La operación WPAN se descompone en dos tipos de comunicación intra e inter-PAN. La utilidad de WPAN puede estar en la integración de la salud en WSN y otros sistemas para proporcionar servicios Ambientales de Vida Asistida (AAL) para personas de edad avanzada o pacientes que sufren de enfermedades crónicas.

### **5.3.3 Redes de área local inalámbricas (WLAN)**

Redes de área local se refieren a las comunicaciones entre las subredes (por ejemplo WBAN y WPAN en este trabajo) y la red externa.

#### **Tecnologías inalámbricas LAN**

Principalmente, las tecnologías inalámbricas en redes LAN pertenecen a la familia de protocolos IEEE 802.11. Primera norma, sólo se admite un ancho de banda máximo de 2 Mbps - demasiado lento para la mayoría de aplicaciones.

Normas sucesivas en orden de aparición en el mercado son:

- **802.11b**: utiliza la frecuencia de radio de señalización no reglamentada (2.4 GHz) y es compatible con el ancho de banda de hasta 11 Mbps, comparables a Ethernet tradicional.
- **802.11a**: Soporta ancho de banda de hasta 54 Mbps y señales en un espectro de frecuencia regulada alrededor de 5 GHz. Esta frecuencia más alta acorta el rango de las redes 802.11a, y también significa que las señales 802.11a tienen más dificultades para penetrar paredes y otras obstrucciones. Debido a que 802.11a y 802.11b utilizan diferentes frecuencias, las dos tecnologías son incompatibles entre sí.
- **802.11g**: intenta combinar lo mejor de las dos normas anteriores ya que soporta ancho de banda de hasta 54 Mbps, y utiliza la frecuencia de 2.4 GHz para un mayor alcance. Por otra parte, 802.11g es compatible hacia atrás con 802.11b, lo

que significa que los puntos de acceso 802.11g trabajarán con adaptadores de red inalámbrica 802.11b, y viceversa.

- **802.11n:** fue diseñado para mejorar el 802.11g en la cantidad de ancho de banda con el apoyo de la utilización de múltiples señales y antenas inalámbricas (llamada tecnología MIMO) en lugar de uno. Conexiones 802.11n pueden soportar velocidades de datos de más de 100 Mbps y un mejor rango que los anteriores estándares Wi-Fi debido a su aumento de la intensidad de la señal. Será compatible con 802.11g.

### 5.3.4 Redes de área amplia inalámbrica (WWAN)

Una red de área amplia (WAN) es una red de telecomunicaciones que cubre una zona amplia, en el rango de varios kilómetros. Es decir, puede contener algunas de las redes de área anteriores mencionadas.

#### Tecnologías inalámbricas WAN

En esta sección describimos brevemente las principales tecnologías inalámbricas que se utilizan en WWAN, a saber, GSM (2G), UMTS (3G), LTE y WiMAX. [16] y el sitio web 3GPPP (<http://www.3gpp.org/>).

- **GSM (2G)**, que opera principalmente en 900 MHz o 1800 MHz, es el estándar más popular para los teléfonos móviles en el mundo, hoy en día. Inicialmente diseñado para comunicación de voz (conmutación de circuitos), ofrece velocidades de transferencia de datos lenta (hasta 9,6 kbps).

La última evolución de GSM, GSM / EDGE (2.75G) permite 1,3 Mbps en el enlace descendente y 653 kbps en el enlace ascendente.

- **UMTS (3G)** se basa en el estándar GSM, aunque requiere nuevas estaciones base y nueva asignación de frecuencia (5 MHz). Sin embargo, los terminales UMTS son generalmente de modo dual para soportar GSM, la itinerancia entre las dos redes es típicamente transparente. HighSpeedPacket Access (HSPA) se

refiere a las diversas actualizaciones de software para alcanzar velocidades más altas.

- **LTE** es un estándar para la comunicación inalámbrica de datos de alta velocidad para los teléfonos móviles, basado en las redes GSM / EDGE y tecnologías de redes UMTS / HSPA y diseñado para apoyar el acceso a Internet a través de teléfonos celulares. LTE puede soportar teóricamente descargas a 300 Mbps y subidas a los 17 Mbps. Sin embargo, el servicio LTE sólo está disponible en áreas geográficas limitadas, pero los proveedores de telecomunicaciones han estado expandiendo activamente los servicios LTE.

- **WiMAX** es un estándar para redes de largo alcance inalámbrico que puede funcionar a una distancia de varios kilómetros con velocidades de datos que alcanzan hasta 75 Mbps, utilizando la gama de frecuencias entre 2 GHz a 66 GHz. Su costo mucho más alto hace que WiMAX no sea un sustituto de las redes domésticas de Wi-Fi o tecnologías hotspot WI-FI.

Algunos se refieren a LTE y WiMAX como tecnologías 4G, debido a las mejoras significativas con respecto a los estándares de comunicación celular de mayor edad en términos de velocidad y alcance, pero que no cumplen todas las condiciones para ser verdaderamente llamadas 4G.

Típicamente, las redes celulares cubren más del 90% de un país, mientras que la cobertura de WiMAX es generalmente menos extensa, por lo que para el caso del celular, la red 3G es preferible sobre el resto de las redes dada la velocidad de la misma y la cobertura de área geográfica.

#### **5.4.- Dispositivos Móviles Inteligentes: Smartphone**

La mayoría de los dispositivos móviles comparten las siguientes características:

- Incluyen la capacidad inalámbrica de comunicación celular (por ejemplo, SMS, MMS y llamadas telefónicas) y acceso a Internet.
- Reducidas dimensiones y peso ligero, así como baterías recargables.

- Los modelos actuales tienen capacidades computacionales suficientes para apoyar las aplicaciones de software.

Dado el auge que han tenido los teléfonos celulares, son quizás los más reconocidos como dispositivo móvil, estudios demuestran que han tenido un crecimiento incluso mayor que el de los computadores de mesa o portátiles.[5]

Existen diferentes tipos de dispositivos móviles, que se van a definir:

• **Teléfonos [10]:** Son los más pequeños, ligeros, transportables, siendo categorizados a su vez en diferentes gamas, donde los de gama alta se consideran miniordenadores dado que contemplan sistemas operativos que manejan tareas mucho más complicadas, tareas que incluso en tiempos pasados se consideraban exclusivas de computadores de mesa. Dichos celulares son también llamados Smartphone y están divididos en los siguientes sistemas operativos, que son los más conocidos:

- **Palm OS:** Diseñado por la hoy conocida Access Systems Americas para las agendas electrónicas o PDAs. Las aplicaciones de este sistema operativo móvil incluyen libreta de direcciones, calculadora, calendario, gastos, libreta de notas, tareas y notas. Conectividad para infrarrojos y bluetooth.

- **Symbian:** Fue fabricado luego de la alianza de varias empresas del sector como Nokia, Samsung, Sony Ericsson, LG, Motorola, Lenovo, entre otras. Actualmente, su incidencia en el mercado es del 30% aproximadamente.

- **Windows Phone:** Desarrollado por Microsoft, el cual ha desarrollado 8 versiones. El más reciente es el Windows Phone 8.

- **IOS:** este S.O móvil es de Apple el cual inicialmente fue diseñado para el iPhone, pero posteriormente fue aplicado también para los demás dispositivos móviles de la compañía. Su interfaz de usuario se distingue por usar pantalla multitouch, elementos deslizadores, interruptores y botones. En el mercado tiene una penetración del 16%.

- **Android.** Sistema Operativo móvil desarrollado por Google para Smartphone, tabletas, portátiles, netbooks, Google TV, relojes de pulseras, auriculares y demás dispositivos.

- **BlackBerry OS:** Su sistema permite la realización de multitareas, servicio de mensajería instantánea a través del sistema de PIN. Este sistema operativo móvil está orientado para el desarrollo de tareas profesionales que permite sincronizar el dispositivo con agenda, correos electrónicos, calendario y contactos.
- **PDA's:** Organizadores electrónicos u ordenadores de mano. La funcionalidad principal es servir como organizadores, con agenda, calendario, gestión de contactos, y que posteriormente ha ido creciendo de forma que actualmente sirven tanto como aparatos en los que se puede leer un libro como en los que se puede encontrar en un mapa. La línea que los separa de los teléfonos es cada vez más difusa.
- **Consolas:** En realidad esta categoría debería llamarse “dispositivos orientados a jugar”, porque son más que simples consolas. Los dos ejemplos actualmente en el mercado son la Sony PlayStation Portable (PSP) y la Nintendo DS, que no sólo sirven para jugar, sino que integran algunas de las funcionalidades típicas de una PDA, como reproducción de archivos multimedia, integración con agenda y calendario, o navegador de Internet.
- **Tablets:** Las tablets se han abierto camino entre el auge de los Smartphone y los computadores portátiles, dado que ofrece un híbrido entre las funcionalidades que ambos dispositivos ofrecen, con la ventaja que, es el tamaño de la pantalla y la comodidad que ofrece su delgado diseño; estos dispositivos entran a ser parte de los dispositivos móviles ya que son más portables que los computadores portátiles y poseen una autonomía de batería. Este tipo de dispositivo comparte los sistemas operativos descritos anteriormente, pues las empresas comercializadoras de estos últimos, poseen sus propias versiones de Tablet, Playbook de BlackBerry, iPad de Apple GalaxyTab de Samsung etc.

El dispositivo móvil más ampliamente utilizado capaz de soportar las tecnologías expuestas y también actuar como conector o puerta de enlace entre las TIC y los distintos posibles involucrados en el sistema m-Salud es el teléfono inteligente.

## **Concepto “Smartphone” o teléfonos inteligentes [8, 44]**

Un “Smartphone” es un dispositivo electrónico que funciona como un teléfono móvil con características similares a las de un ordenador personal. Es un elemento a medio camino entre un teléfono móvil clásico y una PDA ya que permite hacer llamadas y enviar mensajes de texto como un móvil convencional pero además incluye características cercanas a las de un ordenador personal. Una característica importante de casi todos los teléfonos inteligentes es la capacidad de permitir la instalación de programas adicionales para incrementar el procesamiento de datos y la conectividad.

Los teléfonos inteligentes se distinguen por muchas características, entre las que se destacan las pantallas táctiles, un sistema operativo así como la conectividad a Internet y el acceso al correo electrónico.

Otras aplicaciones que suelen estar presentes son las cámaras integradas, la administración de contactos, el software multimedia, lista de contactos.

Hoy en día además los teléfonos inteligentes están equipados con comunicaciones Bluetooth y WiFi.

No obstante, los teléfonos inteligentes tienen restricciones sobre el impacto de su actuación como un dispositivo móvil médico, a saber: la memoria limitada y tamaño de la pantalla.

A pesar de que cada nuevo modelo de smartphone lanzado aumenta la memoria utilizable, algunas aplicaciones médicas pueden necesitar más. En lo que respecta a esta limitación, el terminal móvil puede comportarse como un cliente y almacenar sólo una parte de la aplicación, que está alojado en un servidor.

Este trabajo se centra fundamentalmente en los teléfonos móviles denominados Smartphone, por ser los tipos de dispositivos más utilizados y conocidos en la actualidad, los que ofrecen mayor variedad de aplicaciones y los que más posibilidades de evolución presentan en este sentido y desde la perspectiva de las aplicaciones que tienen incidencia en la salud.

### 5.4.1.- Aplicaciones Móviles

Una aplicación móvil es una aplicación de software diseñada para funcionar en los teléfonos inteligentes, tabletas y otros dispositivos móviles.

La arquitectura de la *m-Health* se construye sobre las Apps, que según la definición de la FDA son “*programas de software que funcionan en smartphones o en otro tipo de dispositivos móviles de comunicación. También pueden ser accesorios para utilizar conjuntamente con el smartphone u otros dispositivos móviles de comunicación o combinaciones de accesorios y software*”.

Hay dos tipos generales de aplicaciones móviles:

- Aplicaciones nativas que se pueden descargar desde el sitio del market asociado al sistema operativo y se ejecuta en un dispositivo móvil.
- Aplicaciones no nativas, basadas en la web, es decir, que se ejecutan en el servidor. Estas aplicaciones no necesitan ser instaladas en el dispositivo móvil, se accede a través del navegador web apropiado u otro interfaz habilitada.

### 5.4.2.- Accesorios

Los accesorios médicos para smartphones parecen ser la tendencia en la actualidad. Este tipo de accesorios permiten a los usuarios convertir sus smartphones en dispositivos médicos portátiles. Periféricos como glucómetros de sangre o monitores de presión arterial están disponibles en el mercado.



Medidor de Presión Arterial



Glucómetro de sangre

## **5.5. Big Data**

Se vive un mundo con una gran abundancia de datos y la mayoría son en formato digital. Estos datos vienen de diferentes fuentes: vídeos, imágenes, redes sociales, transacciones de comercio electrónico, búsquedas en internet, comunicaciones 3G, 4G y GPS, sensores del internet de las cosas, chips, móviles y otros dispositivos conectados a internet; estos han disparado la cantidad de información disponible hoy en el mundo.

Al mismo tiempo el dato es cada vez más valioso. Hoy en día el interés pasa por saber que datos almacenar y que se puede hacer con esos datos.

### **5.5.1 Conceptos Básicos**

#### **¿Qué es Big Data?**

Big Data se refiere a un conjunto de datos de gran tamaño de órdenes de magnitud mayor (volumen); más diversa, incluyendo datos semiestructurados, no estructurados y estructurados (Variedad); y que llegan más rápido (velocidad) que antes. Esta avalancha de datos es generada por dispositivos conectados a PCs y teléfonos inteligentes para sensores tales como lectores RFID. Además, es heterogénea y viene en distintos formatos, incluyendo texto, documento, imagen, vídeo y otros.

El valor real de los datos es grande en el sentido que produce patrones, significado derivado, indicadores de decisiones, y en última instancia la capacidad de responder al mundo con mayor rapidez e inteligencia.

Análisis de Big Data es un conjunto de tecnologías avanzadas, diseñadas para trabajar con grandes volúmenes de datos heterogéneos. Utiliza métodos cuantitativos sofisticados tales como el aprendizaje automático, redes neuronales, robótica, matemática computacional, e inteligencia artificial para explorar los datos y descubrir relaciones y patrones.[36]

Otro concepto dice que se trata de un conjunto de herramientas, que se sirven de complejos algoritmos y estadística, incorporados en el software de análisis de

datos para hacer predicciones. "Big Data" se ha visto impulsado en los últimos tiempos por la proliferación de teléfonos móviles, sensores y chips conectados a internet. El llamado "Internet de las cosas", ya mencionado, está disparando las cantidades de información accesibles. El análisis de tantos datos requiere procesos mucho más complejos que los tradicionales, con la combinación de numerosas variables que pueden dar nuevas claves en la interpretación de la realidad.

Otra definición dice que Big Data es un término que describe la acumulación de nuevos datos a partir de diferentes fuentes tales como la actividad personal en línea, comercial, transacciones y redes de sensores que se caracterizan por alto volumen, alta variedad y alta velocidad de información.[35]

Una manera de caracterizar estos datos es recurriendo a lo que dicen las 4 V en referencia a volumen, variedad, velocidad y veracidad [37][39]

- **Volumen:** el universo digital sigue expandiendo sus fronteras y se estima que ya ha superado la barrera del zettabyte, el volumen de datos globales en general está aumentando exponencialmente.

Muchas compañías (no todas enfocadas al cuidado de la salud) están trabajando para seguir avanzando en las plataformas de gestión de datos y marcos. Esto incluye proveedores de TI tradicionales como IBM, Cisco y Oracle Corporation; compañías de plataforma como Google Inc. y Amazon.com. Inc., grupos de código abierto como Apache Software Foundation (Hadoop), la Fundación Linux, Mozilla Foundation, además de un sin número de organizaciones más pequeñas y desarrolladores individuales.

- **Velocidad:** la velocidad a la que se generan los datos es muy elevada. Además, los datos en tráfico –datos de vida efímera, pero con un alto valor para el negocio– crecen más de prisa que el resto del universo digital. Así como el volumen y la variedad de los datos que se recogen y almacenan han cambiado, también lo ha

hecho la velocidad a la que se generan y la velocidad necesaria para recuperar, analizar, comparar y tomar decisiones utilizando la salida.

- **Variedad:** los datos no solo crecen sino que también cambian su patrón de crecimiento, a la vez que aumenta el contenido desestructurado. La enorme variedad de datos estructurados, no estructurados y semi-estructurados es una dimensión que hace que los datos de salud sean a la vez interesantes y desafiantes.

- **Veracidad:** calidad de los datos, pertinencia, valor predictivo y significación. La calidad de datos son una preocupación en la asistencia sanitaria, por dos razones: 1. la vida o la muerte dependen de tener la información correcta para tomar las decisiones 2. La calidad de los datos sanitarios, especialmente los datos no estructurados, es muy variable y con demasiada frecuencia incorrecta. Recetas manuscritas ilegibles son quizás el ejemplo.

Cuestiones como cuál es el paciente correcto, hospital, pagador; otras cuestiones de veracidad son únicas a la atención sanitaria, como por ejemplo diagnóstico, tratamientos, medicamentos, procedimientos, resultados capturados correctamente.

Mejorar la coordinación de la atención, evitando errores y reduciendo costos depende de datos de alta calidad, así como los avances en la seguridad de los medicamentos y la eficacia, la precisión diagnóstica y la focalización más precisa de los tratamientos. Sin embargo, gran variedad y velocidad obstaculizan la capacidad de limpiar los datos antes de analizarla y tomar decisiones, se plantea entonces cuestiones de datos de "confianza". Una preocupación más profunda es el valor predictivo de las herramientas de análisis, que no se hará realidad si los conjuntos de datos que se analizan son de baja calidad o representan medidas irrelevantes.

En Tecnologías de la Información "Big Data" se define como un conjunto de datos de gran volumen y complejidad. Estas características dificultan el proceso de manejar, almacenar y extraer información de valor a partir de ellos. Los desafíos

actuales incluyen resolver problemas de captura, transformación, almacenamiento, búsqueda, visualización y análisis de estos datos. Big Data consiste entonces, en convertir esos datos en información procesable.

Big Data no es una nueva tecnología, es una nueva filosofía. No es que los datos son de pronto disponibles, la demanda que se tiene es la de combinar todos estos datos y la expectativa de que esto sea posible, es la clave.

### **¿Cómo ha afectado la capacidad tecnológica para comprender cualquier dato de forma automatizada?**

El software permite ya la interpretación de datos inicialmente no estructurados (como los procedentes de sensores, fotografías, vídeos, voz e incluso emociones), que es una de las claves del "Big Data". Al combinarlos con los tradicionales en soportes fáciles de analizar y jerarquizarlos se estudian de forma conjunta y automática para sacar conclusiones en tiempo real y vaticinar predicciones y tendencias. Sólo una cuarta parte de la información disponible actualmente está estructurada, es decir, en un formato apto para ser analizado directamente por sistemas informáticos.

### **¿A qué fuentes recurre el Big Data?**

La analítica "inteligente" de datos se sirve de información complementaria a la tradicional y navega asimismo en datos procedentes de sistemas de geolocalización (de móviles), redes sociales, información sobre salud del usuario de dispositivos "ponibles" (pulseras "inteligentes", relojes, etc) e Internet de las Cosas que suministra información de sensores sin intervención humana.

#### **5.5.2 Que requisitos son necesarios para su desarrollo?**

Entre otras cosas, se requiere un entorno regulatorio propicio que, sin embargo, no violente las libertades personales, un mercado útil para dichos datos, un ecosistema innovador de empresas que desarrollen algoritmos y sus aplicaciones, sin olvidar una infraestructura de investigación bien organizada y con financiación.

**Nuevas tecnologías de almacenamiento [37]:** la investigación conocida como *storageclassmemory*, trata de diseñar un sistema de almacenamiento de capacidad y economía similar al de los HDD, pero con prestaciones de rendimiento equivalentes a las de la memoria. Actualmente, es una de las áreas de investigación más activas que tendrá un impacto muy importante en big data, lo que permitirá acelerar la ejecución de las aplicaciones intensivas en datos.

**Nuevas bases de datos [37]:** en Big Data aparece el problema de que las bases de datos relacionales no pueden manejar el tamaño, ni la complejidad de los formatos, ni la velocidad de entrega de los datos que requieren algunas de las aplicaciones, por ejemplo, aplicaciones en línea con miles de usuarios concurrentes y millones de consultas al día. Por eso han surgido nuevas variedades de bases de datos (llamadas NoSQL) que permiten resolver los problemas de escalabilidad y rendimiento que big data presenta. NoSQL agrupa las diferentes soluciones de bases de datos centradas al ser no relacionales, distribuidas y escalables de forma horizontal

**Nuevos modelos de programación [37]:** procesar grandes cantidades de datos almacenados de manera distribuida y poco estructurada, es un gran reto; y tampoco en este caso sirven los métodos tradicionales de procesado. Google creó **MapReduce**, motor que está actualmente detrás de los procesamientos de datos de Google, con el objetivo de procesar grandes conjuntos de datos. Sin embargo el desarrollo de **Hadoop-MapReduce**, por parte de Yahoo, ha sido lo que ha propiciado un ecosistema de herramientas *open source* de procesamiento de grandes volúmenes de datos.

La innovación clave de MapReduce es la capacidad de hacer una consulta, dividiéndola y ejecutándola en paralelo a la vez, a través de muchos servidores sobre un conjunto de datos inmenso.

El problema que presenta MapReduce y el almacenamiento con sistemas NoSQL es que no sigue la manera de procesar y almacenar que desde hace años se está empleando y enseñando. Ante esto han surgido proyectos como **Hive**, que se podría decir que es un sistema *datawarehouse* basado en Hadoop que fue

desarrollado por Facebook y ahora es un proyecto *open source* dentro del ecosistema de Hadoop. **Hive** ofrece la posibilidad de que los usuarios escriban consultas en SQL, que después se convierten en MapReduce de manera transparente para el programador. Por otro lado, **PigLatin** es un paquete también en el ecosistema Hadoop desarrollado originalmente por Yahoo, que ofrece un lenguaje de alto nivel para describir y ejecutar trabajos de MapReduce, para lo que proporciona dos interfaces, una interactiva y otra para poder usarla desde Java.

**Transformar la información en conocimiento [37]:** Es fundamental la habilidad para transformar los datos en información, y la información en conocimiento, de modo que con dicho conocimiento se puedan optimizar los procesos en los negocios. Por eso, los métodos de análisis existentes hasta ahora todavía se tienen que adaptar, en general, al tamaño y la complejidad de los formatos del *big data*, lo mismo que las bases de datos que, al ser mayoritariamente relacionales, no permiten almacenar estas cantidades de datos.

**Nueva era del Data 2.0[37]:** El tamaño, la complejidad y variedad de los formatos y la velocidad de entrega superan las capacidades de las tecnologías tradicionales de gestión de datos. Por eso se requiere el uso de nuevas tecnologías que permitan la gestión de grandes volúmenes de datos. Surgirán así nuevas tecnologías, como por ejemplo las de gestores de bases de datos *inmemory* para atender los nuevos requerimientos de datos.

En este sentido, el futuro seguramente será híbrido, pues no contará con solo una tecnología de almacenamiento, sino que será una mezcla de todas ellas. Se está entrando en una nueva era para los datos, la **Data2.0**, gracias a una nueva generación de tecnologías y arquitecturas, diseñadas para extraer valor a un gran número de datos de diversos tipos y en algunos casos en tiempo real.

### 5.5.3 Tecnologías de Big Data [36][40]

Un ecosistema de soluciones ha sido diseñado para derivar el máximo valor de Big Data. En la figura que sigue se presentan algunas de las posibles tecnologías que están al alcance.

Uno de esos componentes es Hadoop, software de código abierto escrito en Java y basado en MapReduce de Google y sistema de archivo distribuido. Está construido para soportar aplicaciones distribuidas analizando grandes volúmenes de datos utilizando clusters de servidores, transformándolos para que sean más usables por estas aplicaciones.



Otro componente clave son las bases de datos NoSQL (“No sólo SQL”), que se presentan como alternativa (o complemento) a los sistemas de administración de bases de datos relacionales basadas en tablas (RDBMSs). A diferencia de las RDBMSs, las bases de datos NoSQL no están basadas principalmente en tablas. Esa característica las hace menos eficientes que las RDBMSs por la funcionalidad que depende de las relaciones entre elementos de datos, pero más ágiles para manejar grandes cantidad de datos donde esas relaciones no tengan una importancia central. Los datos estructurados pueden almacenarse en bases de datos NoSQL, estos sistemas son especialmente aptos para manejar datos no estructurados y, en particular, para proporcionar escalabilidad y desempeño para recuperar y anexar esos datos en grandes cantidades.

Las bases de datos de perfil NoSQL en el ecosistema Hadoop incluyen Apache Cassandra, HBase, y MongoDB. Además de Hadoop, otros ejemplos de tecnologías de Big Data comprenden por ejemplo Disco Project, que es fácil de usar y de código abierto para la cual los desarrolladores escriben trabajos usando el scripting Python.

## 5.6 Cloud Computing y Big Data

Las tecnologías de Big Data y la nube convergen para ofrecer un modelo de prestación de servicios de análisis de Big Data basada en la nube.

Análisis de Big Data ofrece la promesa de proporcionar valiosas ideas de cómo derivar analíticas significativas que responden a las necesidades reales de negocio, que pueden crear una ventaja competitiva: cloudcomputing como modelo de servicios de TI tiene el potencial para mejorar la agilidad del negocio y la productividad al tiempo que permite mayor eficiencia y reducción de costos.

Tiene sentido, entonces, que se considera cloudcomputing como la estructura para soportar proyectos de Big Data. Estos entornos requieren clusters de servidores para soportar las herramientas que procesan grandes volúmenes, de alta velocidad y variados formatos; y Cloud ya ha desplegado servidores, almacenamiento y recursos de redes que pueden escalar hacia arriba o hacia abajo según sea necesario.

Con el potencial de tantos datos que se tiene en la actualidad para obtener puntos de vista que pueden impulsar la competitividad, se debe encontrar nuevos enfoques para procesar, administrar y analizar sus datos, ya sea datos estructurados que se encuentran típicamente en los tradicionales sistemas de gestión de base de datos (RDBMS) relacionales o los más variados formatos no estructurados y semi estructurados.

Dependiendo de los requisitos y el escenario de uso se puede centrar la analítica como un servicio (AAAS) en una nube privada interna, una nube pública, o un modelo híbrido.

Modelos de cloudcomputing pueden ayudar a acelerar el potencial para soluciones de análisis escalables. La Nube ofrece flexibilidad y eficiencia para acceder a los datos, la entrega de conocimientos, y la obtención de valor.

Se puede tener varias opciones en la utilización de la infraestructura de la nube para proporcionar AAAS. Por factores de carga de trabajo, costo, seguridad e

interoperabilidad de datos, se puede optar por utilizar la nube privada para mitigar el riesgo y mantener el control; usar la infraestructura de nube pública, servicios de plataforma o de análisis para mejorar aún más la escalabilidad; o implementar un modelo híbrido que combina los recursos y servicios en la nube privada y pública.

No importa el modelo de prestación, la nube puede liberar el potencial de Big Data.

### **5.7 Inteligencia Artificial aplicada a la medicina**

En el ámbito de la Inteligencia Artificial (IA) aplicada a la medicina y en el aspecto práctico de la misma, una de las meta es el diseño e implementación de agentes inteligentes con herramientas de búsqueda, representación del conocimiento, aprendizaje, adaptación y aplicación a la solución de problemas médicos y de salud, la planificación, el análisis y la adquisición de conocimientos.

Se han experimentado avances en este sentido: historias clínicas electrónicas con insospechadas posibilidades en el futuro, sistemas para tratamientos estadísticos capaz de ofrecer información gerencial para la toma de decisiones, procedimientos de aprendizaje basado en IA, agentes inteligentes para el diagnóstico de trastornos ginecológicos; bombas de insulina, Sistemas de Control continuo de Glucosa, páncreas artificial para pacientes diabéticos así como otras interesantes utilidades.

La computación evolutiva permite construir modelos de controladores difusos que logren el comportamiento más próximo al deseado; de esta manera se muestra que es posible obtener conocimiento de tipo lingüístico a partir de datos de tipo numérico. Los algoritmos genéticos constituyen una técnica apropiada para la búsqueda de soluciones óptimas y robustas en sistemas de control difuso [45]. Los sistemas expertos o basados en el conocimiento, típicos del campo de la IA, son programas para computadoras que simulan las cadenas de razonamiento que realiza un experto para resolver un problema de su dominio, por ejemplo, el médico que realiza un diagnóstico o el control y seguimiento de enfermedades crónicas. Para conseguirlo, se dota al sistema de un conjunto de principios o

reglas que infieren nuevas evidencias a partir de la información previamente conocida.

Es así como distintas ramas de la Inteligencia Artificial se pueden emplear de forma combinada para encontrar soluciones a diversos problemas en el ámbito de la salud.

## 6. DESARROLLOS EN MONITOREO MÓVIL

En las zonas más desoladas, los dispositivos móviles permiten el acceso a la información sanitaria y facilitan el diagnóstico a distancia y/o presencial de una gran variedad de patologías. Asimismo, facilitan la atención remota, la Telemedicina y la intervención en casos de emergencias. Es decir, funcionan tanto si el médico se ha podido desplazar a la zona, apoyando su labor, como si se trata de una intervención especializada a distancia.

Un ejemplo es el caso de África en donde el crecimiento de los dispositivos y conexiones móviles con 3G y la creciente cobertura, incluso en la región subsahariana, están posibilitando la transmisión de imágenes de alta calidad desde las comunidades aisladas hasta los especialistas médicos en centros médicos con mayor potencial de análisis.

Los desafíos que enfrentan hoy en día los sistemas de salud con la ayuda de las nuevas iniciativas y tendencias en innovación, es que es posible acceder a programas de prevención, promoción y control de salud a través de un teléfono inteligente o “Smartphone”, gracias a la amplia cobertura de la red de celulares.

Existe una amplia gama de aplicaciones que permiten monitorear, hacer seguimiento a variables fisiológicas, y hasta crear un plan de ejercicios y alimentación.

### 6.1 Algunas de las aplicaciones novedosas [10]

- **Wiscale:** Balanza que permite seguir el peso de cerca para quienes están a dieta.
- **El BloodPressure Monitor:** Medidor de presión sanguínea que permite llevar un control sobre los valores.
- **GlucoseBuddy:** Ayuda a las personas que sufren de diabetes a archivar, comprender las mediciones de la glucosa en sangre y conocer los efectos que tendrán ciertos alimentos si los ingieren.

- **Medimath Medical Calcular:** Incluye 135 de las principales mediciones de salud, como el test Apgar, gasto energético, BMI (índice de peso saludable), calculador de mortalidad según hemorragia intercranial, presión arterial, dosis pediátricas, índice de severidad de neumonía, etapas del embarazo, déficit de agua, déficit de sodio, entre otras.
- **CardioxMD:** Esta calculadora cardiológica determina el riesgo cardiovascular y propone un tratamiento de lípidos, según la tabla de riesgo Framingham y Reynolds. Además, predice la mortalidad y el riesgo de diálisis, con una cirugía de corazón.
- **IPregnant:** Esta aplicación para embarazadas calcula la fecha probable de parto, permite anotaciones diarias y síntomas, informa los 1000 nombres más populares, resume en un gráfico el peso actual y el tiempo que queda hasta la fecha de parto.
- **EyeXam:** Permite determinar si se necesitan lentes y además incluye pruebas de percepción de colores, de astigmatismo, calcula el ojo dominante, entre otras.

## 6.2 Algunos ejemplos de aplicaciones móviles orientados a la monitorización en telemedicina son:

**TelCare:** El dispositivo Telcare funciona como un metro tradicional. Se inserta una



tira reactiva en una ranura en el metro, y luego pincha el dedo con un dispositivo de punción para obtener una gota de sangre, tocar la tira a la baja, y esperar a que la lectura aparezca.

La diferencia es que el medidor envía inmediatamente los resultados a su base de datos en línea, donde usted o su médico lo puede

Imagen 2 Medidor de Glucosa TelCare

encontrar en el sitio web protegido por contraseña o aplicación para el iPhone. Esta transmisión se realiza a través de un módem celular integrado, lo que no implica ningún teléfono móvil, contrato de soporte o cuota.

Esa conexión celular se utiliza para enviar mensajes acerca de sus lecturas, si es necesario. En esta primera versión, el paciente no puede responder a los mensajes de los médicos del medidor, pero que está planeado para el futuro. [10]

### ***TalkooHealth Cloud Services***

Es la plataforma que permite a un paciente tomar sus constantes con un dispositivo de telemedicina y enviarlas automáticamente a través de móvil, Smartphone o iPhone, sin interactuar con la tecnología.

A su vez, sus constantes son enviadas a la Plataforma Cloud de Servicios e-Health que compara con los datos predefinidos del paciente, en tiempo real. Cuando están fuera de rango envía una alarma al médico o profesional de servicios asistenciales asignado, para su consideración. Éste podrá establecer una video llamada con la televisión del paciente [10]



Imagen 3: *TalkooHealthCloudServices*

***MIGRAapp*** es una aplicación creada por la Asociación Española de Pacientes con Cefalea AEPAC y la Fundación Vodafone España para ayudar a las personas que sufren de migrañas. MIGRAapp ha sido desarrollada para controlar la frecuencia y la intensidad de los dolores de cabeza. Gracias a ella tanto el paciente como el médico disponen de información sobre el momento exacto de las crisis, así como de todos los condicionantes externos que pueden influir en ellas.[17]

***Aplicación gratuita para Smartphone*** pensada para ayudar al usuario a detectar los *síntomas de la meningitis* y para indicar, mediante tecnología GPS, el hospital más cercano y la ruta más directa de acceso al mismo. El objetivo de la aplicación es ayudar a la identificación temprana de los síntomas de la enfermedad y así poder tratarla con urgencia y se encuentra disponible tanto en Google Play como en la Apple Store.[17]

***“Xpression”*** que tiene el potencial de identificar cambios en el estado de ánimo mediante el reconocimiento de la voz. La aplicación desarrollada para teléfonos inteligentes por MattDobson y Duncan Barcaly, logra identificar si la persona se está calmada, alegre, triste, enojada o ansiosa. El artículo señala que para lograr la identificación de estas emociones la aplicación tiene que mantenerse encendida todo el tiempo. La misma registra la voz de la persona mientras realiza actividades con individuos a su alrededor o mientras habla por su celular. Considerando asuntos de seguridad y privacidad de la información que se recolecta la aplicación graba solamente el tono de voz de la persona. Como se ha visto en trabajos anteriores, la aplicación envía la información a un sistema computarizado de inteligencia artificial que permite estimar el estado emocional luego de considerar variables, tales como: cambios en volumen y tono de voz.[18]

***AirStripCardiology:*** Esta aplicación médica es la primera de la lista. Destinada a médicos, su función es dar acceso remoto al historial de electrocardiogramas de un paciente, dando múltiples opciones de lectura, comparación de ECGs, lecturas de hasta 10 segundos, mejorando todo lo relacionado con su atención, pues el personal en clínica corre el EKG y automáticamente va al iPhone o iPad el médico.[10]

***Glucomidlet:*** *Aplicación Móvil Accesible De Telemedicina Para Personas Con Discapacidad Visual:* Sistema de Telemedicina de Roche Emminens Conecta sistema por el cual un paciente diabético emplea el medidor de glucosa de Roche Accu-Check Compact Plus, el cual se conecta vía infrarrojos con una aplicación instalada en un teléfono móvil para posteriormente enviarlo a un servidor web utilizando tecnología sms. Como se puede ver, esta aplicación de telemedicina comparte objetivos con el prototipo desarrollado en este proyecto, aunque el objetivo principal no es el de tener una aplicación móvil accesible, sino el de tener una aplicación de telemedicina que ayude a reducir los tiempos de espera en la consulta médica con soluciones propietarias. [19]

***Teleconsulta Neumológica:*** sistema de teleconsulta que incorpora dos pruebas respiratorias: la radiografía de torax y la espirometría forzada. Esta aplicación se lleva a cabo en el Servicio de Neumología del Hospital San Pedro de Alcantara, Caceres.[20]

***Telemonitorización de insuficiencias cardíacas:*** sistema por el cual una persona que sufre pequeños paros cardiacos recibe descargas automáticamente gracias a un dispositivo instalado en su cuerpo. Este dispositivo cuenta con un registro de sucesos que se puede descargar a un PC mediante comunicación inalámbrica con un aparato que se ubica sobre el paciente y recibe los datos. Esta aplicación se emplea en el HospitalTxagorritxu de Vitoria-Gasteiz.[21]

***Sistema Cardiosmart,*** permite el monitoreo cardiológico inteligente y continuo de pacientes usando redes GPS/GPRS, incluyendo procesamiento avanzado de las señales para el reconocimiento automático de patologías cardíacas mediante redes neuronales, compresión usando wavelets, encriptación de datos y GPS para localización del paciente en casos de desvanecimiento [10]

***Aplicación de Telemedicina para la mejora de los sistemas de emergencias y diagnósticos clínicos:*** las señales biomédicas serán obtenidas a partir de un

brazalete, similar a un reloj, el cual enviará los datos constantemente a las aplicaciones que residen en el celular o en el PC del paciente. Esta aplicación se encargará de la transmisión a través de internet, o de la red 3G, dependiendo de la aplicación. Una vez enviada la información, un servidor se encarga de recibirla e inmediatamente pasarla al servidor de alarmas. Dicho servidor se encargará de verificar cualquier anomalía, y en caso de que esta suceda se activa una alarma que notifica al sistema de emergencias, ésta enviará de inmediato un móvil a la dirección en donde se encuentre el paciente. De esta manera, se evita la necesidad del paciente de comunicarse con su emergencia móvil y ésta puede apreciar cualquier problema con él de forma automática.[26]

***Sistema Telemétrico De Monitoreo Cardíaco y Variables Hombre-Maquina aplicado Al Ciclismo:*** sistema de monitorización mediante telemetría del ritmo cardíaco y variables hombre máquina empleadas en el entrenamiento de ciclistas tanto en ruta como en pista. Este sistema consta de una unidad remota móvil (URM) acoplada a la bicicleta que digitaliza, registra, procesa y envía la información por un medio inalámbrico, a una unidad base móvil (UBM) la cual se conecta a un computador donde se visualizan en tiempo real las variables monitoreadas en el deportista. Además el equipo tiene la capacidad de operar con uno u ocho ciclistas al mismo tiempo, almacenar, visualizar, graficar e imprimir la información adquirida.[33]

***ICarees*** un sistema que propone mejorar el cuidado de la salud a través del monitoreo remoto intermitente de signos vitales del usuario, la recolección de datos de contexto y datos clínicos. Permite generar también cálculos de probabilidad de riesgo de enfermedad cardiovascular, generar un análisis estadístico básico sobre el signo fisiológico monitoreado y tomar decisiones para generar y transmitir alarmas. [23]

***Sistema De Monitoreo Biomédico:*** en este sistema el paciente a ser supervisado tiene una serie de sensores adheridos a su cuerpo o instalados en su vestimenta. Estos sensores implementan una red de área personal basada en una

comunicación ZigBee. De esta manera, la red inalámbrica de sensores podrá enviar los valores biomédicos obtenidos a un dispositivo móvil de comunicación con características no distintas a los actuales teléfonos celulares. Este dispositivo de comunicación móvil concentra y posiblemente procesa parcialmente los datos recibidos. Una vez que se encuentran concentrados los datos biomédicos en el dispositivo móvil, este utiliza sus capacidades de comunicación a través de redes de acceso como WiFi, GPRS, HSPA o incluso LTE para enviar esta información hacia un servidor regional conectado a Internet y en el cual se mantendrá la información de los diversos pacientes en la zona. [22]

***Prototipo De Telemedicina Móvil Para Asistencia Médica Domiciliaria Y Remota:*** prototipo de sistema de información en telemedicina con tecnologías móviles para la asistencia médica domiciliaria y remota **DoC**, éste consistente en dos aplicaciones, un sistema web que hace las veces de servidor y un cliente móvil desarrollado en Java ME.

**El sistema Web DoCWeb** contiene una interfaz administrativa en la cual se pueden administrar las diferentes entidades relacionadas en el área de la salud, se pueden hacer relaciones entre las entidades y asignar personal encargado para cada una de ellas; modificar la información de estos usuarios, asignarles nuevos roles e incluso removerlos del sistema. El desarrollo con Django facilito bastante el trabajo de codificación ya que el Framework viene con algunas plantillas y códigos de ejemplo, además de algunos módulos que ayudan a desarrollar las páginas de manera más sencilla y ágil. DoCWeb también contiene afiliación de pacientes al sistema y contratación de personal médico por parte de las IPS, toda esta información se almacena en una base de datos para luego ser consultada por el mismo aplicativo o el cliente móvil. El portal ha sido montado en un dominio gratuito bajo un servidor propio con sistema operativo Ubuntu 8.04, y un servidor de aplicaciones Apache 2.2.8 (Ubuntu). Ha sido probado sin complicaciones en navegadores Internet Explorer 7, Mozilla Firefox 3.0.8 y Opera 9.62. (Silanza una advertencia de confianza basta con aceptar el certificado del sitio para desplegarlo).

**DoCMobile** es el cliente que consiste en una aplicación para teléfonos con soporte Java ME, específicamente MIDP 2.0 que es el perfil mínimo usado actualmente por los fabricantes de dispositivos móviles. Gracias al uso de herramientas como Perstyfroggy se logró implementar persistencia y manejo de registros muy extensos con un uso similar a un motor de base de datos convencional, con estas ventajas fue posible implementar tres estándares distintos en la medicina nacional comentados en este artículo (POS, CUPS y CIE10) que cuentan con datos de más de mil registro cada uno. Cada uno de estos estándares es usado en diferentes funcionalidades dentro de la aplicación. [27]

**¿Cirugía A Través Del Anteojo?:**"Este tipo de herramientas puede ser valioso, pero existen cuestiones de privacidad como la disposición de los pacientes a compartir información con sus doctores, así como determinar cuán precisos son esos datos", señala Mary Hamilton, directora de asesorías de los laboratorios Accenture'sTechnology.

Recientemente, Accenture y Philips realizaron una demostración de una prueba de concepto en la cual un cirujano utilizó un anteojo de Google que le permitía monitorear simultáneamente los signos vitales del paciente y reaccionar a los acontecimientos de la intervención sin tener que quitarle la vista.

Hamilton explica que este tipo de dispositivos también se puede utilizar para obtener instantáneamente los datos del paciente cuando el doctor está haciendo la ronda en el hospital.[29]

## **6.3 Algunas arquitecturas y plataformas usadas**

### **6.3.1 HealthKit**

La empresa estadounidense Apple presentó HealthKit, una aplicación para la salud. HealthKit estará incluida en el nuevo sistema operativo y podrá recoger y analizar algunos datos de salud, como historial médico, presión sanguínea, peso, y nivel de azúcar y colesterol en sangre. Además, estará preparada para hacer un seguimiento de los signos vitales y posibilitará que los usuarios creen una tarjeta

digital con información indispensable en caso de urgencias, ya sea tipo de sangre o predisposición a alergias.

Para ultimar las funcionalidades de la aplicación, Apple trabajará en conjunto con la Clínica Mayo y con Nike Inc.

### **6.3.2 GlucoWise, Vive una vida más sana [41]**

GlucoWise es nuevo monitor de glucosa no invasivo que ayuda a tomar el control de tu vida

#### **Sensor sin dolor**



Este dispositivo no invasivo, inalámbrico puede tomar una lectura precisa de la glucosa en sangre cada pocos segundos—tan frecuentemente como el usuario requiere. Se coloca pellizcar suavemente la piel entre el pulgar y el dedo índice o el lóbulo de la oreja para medir los niveles de glucosa en sangre. Entonces, el dispositivo muestra la lectura entiempos real en la pantalla.

#### **Aplicación Móvil**

Todo en una herramienta de apoyo para ayudarle a controlar sus niveles de glucosa en el día a día. La información recogida por el sensor se puede cargar de forma inalámbrica a la aplicación móvil, que permite realizar un seguimiento de sus lecturas a través del tiempo y de combinarlo con los otros datos que afectan sus niveles de glucosa en la sangre. El GlucoWise v Analytics Inteligentes Software envía recomendaciones personalizadas a la aplicación móvil basada en la respuesta de su cuerpo a una variedad de factores, que se actualizan constantemente. Puede integrar una serie de medidas tales como el ejercicio, la dieta, el índice de masa corporal, medicamentos, enfermedad, etc.

## Nube Inteligente

Nuestro sistema de gestión de datos basado en la nube le permite almacenar datos históricos Gluowise y consolidar con otras fuentes de datos. Si no tiene la aplicación móvil Gluowise, la información puede todavía ser cargado directamente a la nube inteligente a través de cualquier puerto USB de la computadora, ya sea por el paciente mismo o un profesional de la salud.

### 6.3.3 Monitoreo de Condiciones de Salud mediante una Red de Dispositivos Móviles [22]

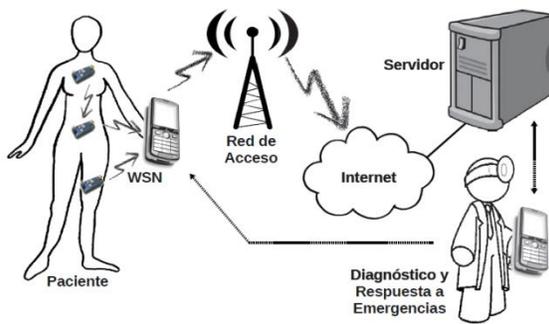


Imagen 4: Visión General del Sistema de Monitoreo Biomédico

En la imagen 4 se muestra un diagrama general del sistema de monitoreo propuesto. Como puede observarse, el paciente a ser supervisado tiene una serie de sensores adheridos a su cuerpo o instalados en su vestimenta. Estos sensores implementan una red de área personal basada en una comunicación ZigBee. De esta manera, la red inalámbrica de sensores podrá enviar los valores biomédicos obtenidos a un dispositivo móvil de comunicación con características no distintas a los actuales teléfonos celulares. Este dispositivo de comunicación móvil concentra y posiblemente procesa parcialmente los datos recibidos.

#### 6.3.4 iCare: sistema ubicuo de monitoreo y cuidado personal [23]

La tecnología que da soporte al sistema iCare está dividida en tres capas:

a) *Sensores*. Conformado por un acelerómetro y un dispositivo portátil de monitoreo de frecuencia cardíaca. El acelerómetro sirve para inferir el tipo de actividad física que está realizando el usuario y el dispositivo portátil se encarga de muestrear su frecuencia cardíaca.

b) *Dispositivo móvil inteligente*: Encargado de la recepción y recolección de los datos provenientes de los sensores, de su análisis y del almacenamiento temporal de la información generada.

c) *Servidor web*: Encargado de la administración del almacenamiento y presentación de los datos recolectados por el dispositivo móvil inteligente. El acceso y visualización de la información del usuario puede ser realizada por los usuarios autorizados desde cualquier dispositivo con acceso a Internet.

Para materializar la propuesta, se realizó la aplicación para dispositivos móviles inteligentes con sistema operativo Android. La aplicación tiene cuatro opciones iniciales: monitorización, configuración de perfil del usuario, respaldo de datos y configuración de la aplicación, junto con el tipo de estilo de vida, la actividad realizada recientemente y el resultado del estatus de la frecuencia cardíaca, implementar un árbol de decisiones para determinar si una alarma debe ser disparada.

Por ejemplo, si la frecuencia cardíaca es anormal, se estima que la actividad física que está realizando es de reposo, su estilo de vida es sedentario y posee un riesgo cardiovascular alto, entonces será disparada una alarma.

La imagen 5 muestra del diagrama del sistema ICare y la interacción de los componentes antes descritos.



Imagen 5: Diagrama Conceptual de ICare

### **6.3.5 GLUCOMIDLET, Aplicación Móvil Accesible De Telemedicina para Personas Con Discapacidad Visual [24]**

Ofrece la posibilidad de hacerse una medición de glucosa con un “glucómetro” y posteriormente almacenar dicha medición en su teléfono móvil transmitiendo los datos vía bluetooth desde un PC, haciendo uso de la aplicación servidora, para posteriormente y desde el teléfono móvil, enviarlos vía HTTP a un servidor web encargado de almacenarlos y mostrarlos. El prototipo se basa en tres aplicaciones: aplicación móvil, aplicación servidora y aplicación web.

La aplicación móvil está basada en el perfil MIDP 2.0 de la configuración CLDC 1.1 de Java ME, mientras que para desarrollar las aplicaciones servidora y web se ha empleado el JDK 1.6.

El empleo como soporte de una aplicación servidora ejecutada en un PC se debe a que esta hace de puente entre los datos transferidos desde el medidor de glucosa al PC, y su posterior envío al teléfono móvil vía bluetooth. Cabe destacar que esta aplicación servidora, desarrollada para su ejecución en un PC, tiene como fin su implantación en un medidor de glucosa para que este se pueda comunicar con el teléfono móvil sin necesidad de más dispositivos intermediarios.

Por tanto, el usuario se hará una medición de glucosa con su “glucometro”, transferirá los datos al PC con las herramientas propias del medidor, y finalmente las enviará por bluetooth a su teléfono móvil ejecutando la aplicación servidora. Una vez se han recibido los datos en el teléfono móvil, el usuario podrá introducir un comentario asociado a dicha medición antes de almacenarlo. La aplicación móvil es una agenda de controles los cuales pueden ser consultados por día, mes, o todos los que estén almacenados. En el caso de que el usuario lo decida, existe una opción para enviar los datos vía HTTP a un servidor al que accederá su endocrino y podrá ver los controles de su paciente.

La accesibilidad es un asunto transversal en el desarrollo de todo el prototipo de manera que se tiene una aplicación íntegramente accesible para personas ciegas

o con discapacidad visual. Las personas ciegas o con los mismos requisitos que estas, emplean un lector de pantalla para interactuar con las diferentes funcionalidades que un teléfono móvil o un ordenador tiene. En este caso, el lector de pantalla empleado en el teléfono móvil es el *Mobile Speak de Codefactory* y en el PC el *JAWS de FreedomScientific*.

Gracias a la implementación de la aplicación móvil, el usuario ciego o deficiente visual puede acceder a todas las características y opciones de la misma. [22]

### **6.3.6 Plataformas telemédicas de bajo costo y alto impacto basadas en telefonía móvil [25]**

Se desarrollaron soluciones basadas en SMS, todas dentro de una misma arquitectura general mostrada en la Imagen 6

Las soluciones generadas consisten en un Sistema de Gestión de Turnos (SGT) y un Sistema de Control domiciliario de Pacientes (SCP) que se subdivide a su vez, en cuatro aplicaciones autónomas: control de pacientes diabéticos (SCD), de pacientes hipertensos (SCH), supervisión de embarazos (SSE) y control de pacientes obesos (SCO).

En una PC host, un software controla la emisión y recepción de mensajes (SMS Server) mediante un módem también se encarga de la validación de los mismos, el control de errores y el almacenamiento de los datos.

El sistema reside sobre una arquitectura cliente/servidor corriendo sobre un sistema operativo Windows XP Server, utilizando bases de datos, un motor de base de datos ADO (Microsoft Jet OLEDB.4.0) y posee una interface web escrita en lenguaje ASP v.2, altamente personalizable, conformada por dos partes: una interface de usuario y otra de administrador.

La interface de administrador permite el alta, la baja y la manipulación de los usuarios; configurar las mediciones que se desean recibir de un paciente,

establecer un rango de normalidad para cada paciente y los límites para las alertas. La interface de usuario permite a cada uno de ellos observar la evolución de sus parámetros y revisar el detalle de los mensajes intercambiados con el servidor.

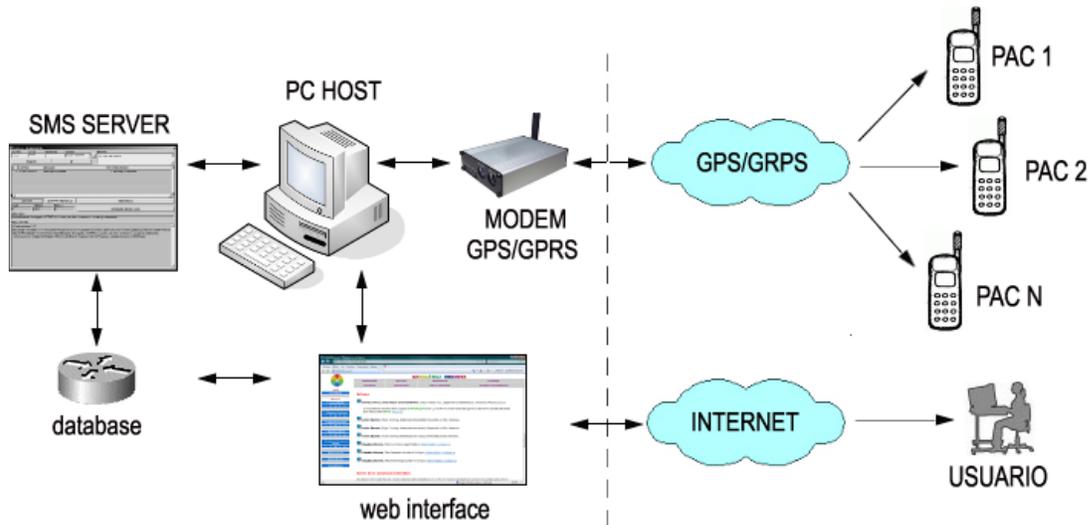


Imagen 6: Arquitectura General de la Plataforma

### ***Funcionalidad del sistema***

Tanto para el control domiciliario de enfermedades como para el sistema de gestión de turnos, es necesario validar a los usuarios del sistema. El paciente puede acceder al sistema desde su dispositivo móvil enviando un SMS con su usuario y contraseña, el sistema lo valida y, vía SMS, le presenta un menú de opciones personalizado según la aplicación para que ingrese los valores de las mediciones disponibles o bien para que proceda a solicitar, reprogramar o anular turnos.

Además de enviar mediciones diarias pueden enviar consultas que el especialista responderá en forma asíncrona, utilizando la interface de administrador. Antes de agregar los datos a la base de datos, el sistema chequea su correcto formato mediante un algoritmo de rechazo de errores. Además, sólo se permite el envío de las mediciones correspondientes al día en curso, cualquier intento de ingresar mediciones correspondientes a días previos es denegado.

### ***Inteligencia basada en reglas***

En la interface de administración del sistema se implementó un sistema de respuesta SMS inteligente basado en reglas que permite enviar mensajes ante la detección de un evento particular, por ejemplo alguna alarma en cualquiera de las variables de control programadas para un paciente o el recordatorio de un turno ante la proximidad de la fecha. Los mensajes también son utilizados como medio de información para el usuario de la normalidad o anormalidad de sus parámetros así como también de la necesidad de una consulta presencial periódica con un especialista.

Mientras el sistema no recibe mensajes nuevos, se mantiene en Stand By revisando periódicamente el puerto serie donde se halla conectado y funcionando el módem para detectar la llegada de un mensaje.

### **6.3.7 Aplicación de Telemedicina para la mejora de los sistemas de emergencias y diagnósticos clínicos.[26]**

En la Imagen 7 se puede observar la arquitectura global del sistema propuesto. En el mismo se puede ver cómo se dará la interacción entre médico y paciente. Mediante un usuario y una contraseña el médico y el paciente se conectan a un servidor web que establece la comunicación entre ambos. El horario de la consulta podrá ser pactado vía web en la página de la que disponga la institución médica para tales fines. En caso de ser una consulta personal, ésta puede ser pactada vía e-mail.

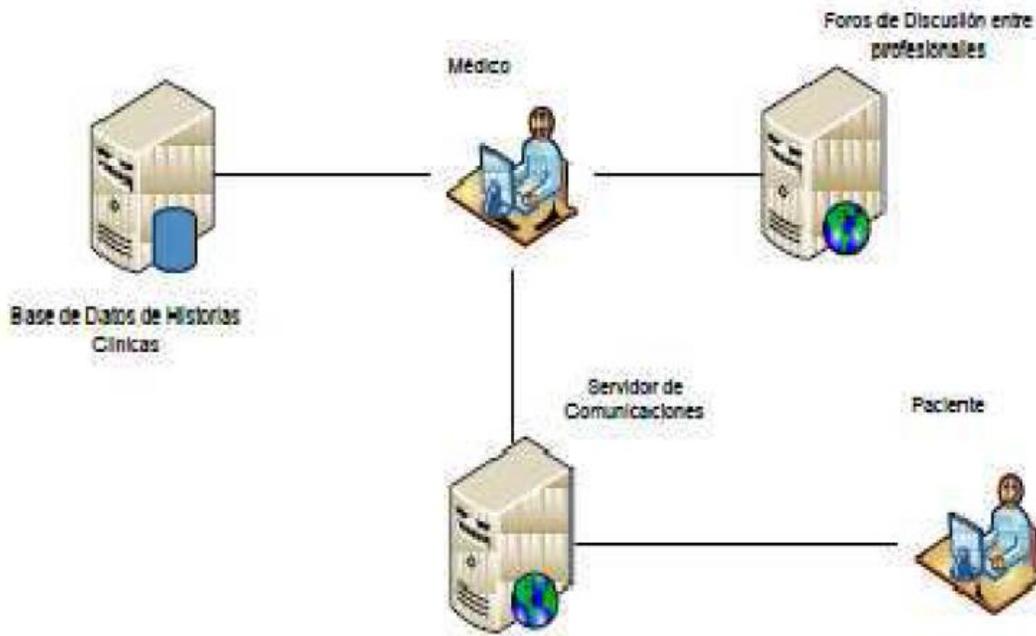


Imagen 7: Arquitectura para realizar consultas a distancia

Una vez establecida la comunicación el médico puede conectarse a una base de datos remota, en la cual reside toda la información que necesita de su paciente, incluyendo los últimos exámenes que éste se haya realizado.

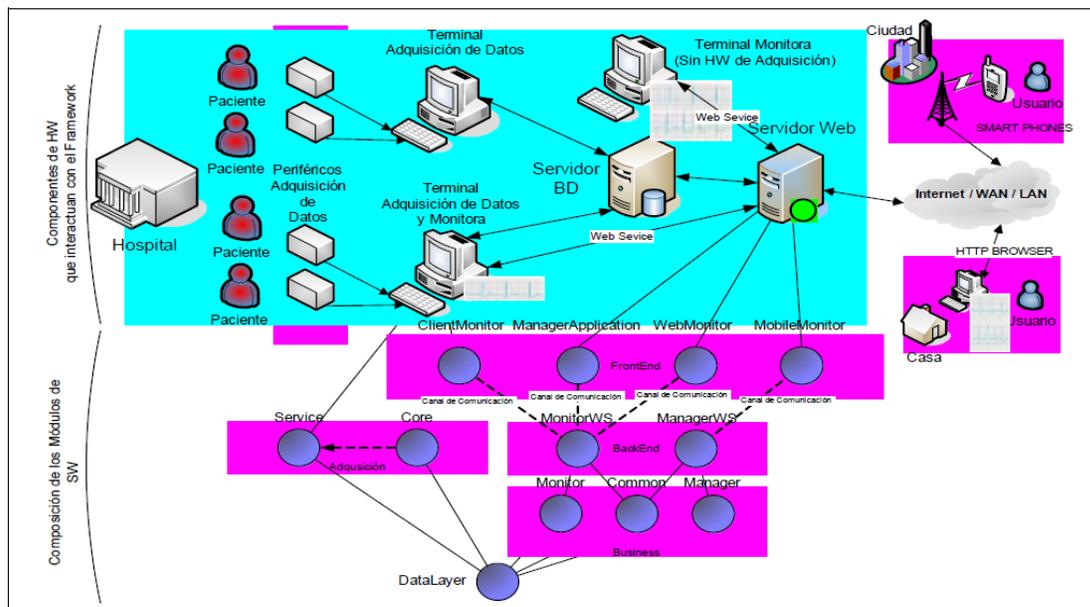
Mediante la interfaz de comunicación, paciente y médico pueden compartir imágenes (por ejemplo de radiografías), textos con referencia a las patologías del usuario y en todas ellas deben poder interactuar.

Por último, en caso de un diagnóstico difícil el médico podrá consultar con otros profesionales para que lo ayuden y de esta forma dar un diagnóstico más acertado. Se puede apreciar en todo lo anterior la utilidad de los sistemas de videoconferencia, así como la necesidad de orientar y capacitar a los pacientes para que los puedan utilizar.

### **6.3.8 Sistema de Asistencia Ventricular Izquierda: Arquitectura y Sistema para el Monitoreo a Distancia de la Unidad Electroneumática.[28]**

En la Imagen 8 se observa la distribución de los distintos módulos de software con respecto a los componentes que integran la arquitectura de hardware. Todos aquellos dispositivos englobados bajo el nombre de “Periféricos de Adquisición de

Datos” (PAD), tienen como tarea la obtención de señales de datos analógicas desde los pacientes, y luego la transformación a señales digitales para poder interactuar con las “Terminales de Adquisición de Datos” (TAD). Las TAD, cumplen el propósito de transformar la información digital, proveniente de los PAD, a registros de datos para guardarlos dentro del Servidor de Base de Datos. El Servidor Web contiene aquellas Aplicaciones que brinda el Framework, ya sean de Administración, Monitoreo, y Web Services. Mediante los Web Services, se permite la adquisición de datos almacenada en el servidor de Base de Datos, y la interacción con diferentes plataformas que deseen comunicarse con nuestro Framework. Las “Terminales Monitoras” (TM), tienen como propósito poder exhibir la información que se encuentra dentro de la base de datos, acorde a los parámetros indicados por el usuario previamente. En cuanto a las tareas que realizan cada uno de los módulos de Software, se detallan en la siguiente sección. El desarrollo de la arquitectura de monitoreo en este caso para ECG se basa en la utilización de tecnología Microsoft para todos los elementos que componen al sistema. El sistema operativo de base para los servidores de Adquisición, Servidores Web es Windows Server 2003 debido a su alto grado de confiabilidad y estabilidad. Como motor de Base de Datos utilizaremos SQL Server 2005.



### 6.3.9 Electrocardiógrafo para aplicaciones en Telemedicina [42]

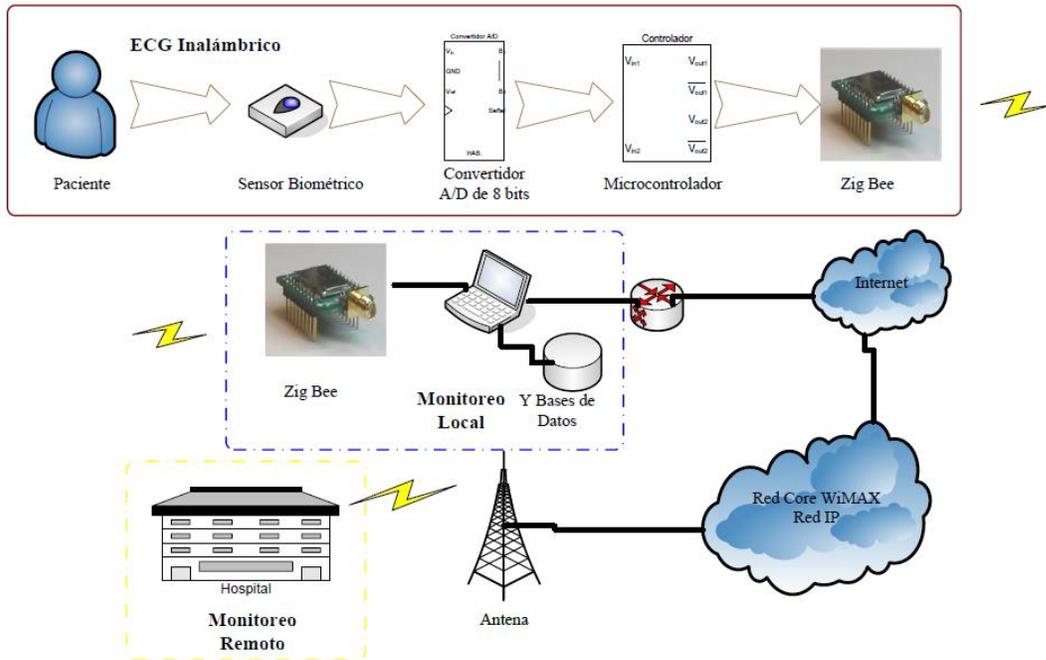


Imagen 9: Diagrama de bloques del Sistema

La Arquitectura del sistema, tal como lo muestra la imagen 9 consta de tres módulos, organizados de siguiente manera:

- ECG Inalámbrico
- Monitoreo local
- Monitoreo remoto

En la estructura que se muestra en la imagen 9, el paciente que es el usuario del dispositivo portátil (Sensor Biométrico) está siendo monitoreado por un PDA dentro de una Red Inalámbrica de Área Corporal (WBAN) en un área no mayor a dos metros, posteriormente la PDA envía la información que recibe de los sensores dentro de una Red de Área Personal cubriendo un área no superior a los diez metros.

Finalmente el registro de las señales biométricas son enviadas por una Red Inalámbrica de Área Local (WLAN) hacia cualquier lugar dentro de un área de cobertura no mayor a los 100 metros, enlazándose con otra de mayor cobertura

haciendo uso de una dirección IP fija y la infraestructura de una red WiMAX y/o IP. A partir del sensor biométrico son monitoreadas las señales que miocardio del paciente.

A mismo las señales pueden ser enviadas a un equipo portátil como una computadora o un PDA en donde, después de ser mostradas (monitoreo local), podrán ser transmitidas a cualquier otro punto remoto (Hospital o Ambulancia) dentro de una red de mayor cobertura. Con la intención de que el experto (cardiólogo) pueda observar y tomar decisiones sobre el estado de salud del paciente.

### 6.3.10 Arquitectura Para El Desarrollo de Servicios Ubicuos Orientados A Salud[31]

#### 6.3.10.1 Arquitectura lógica

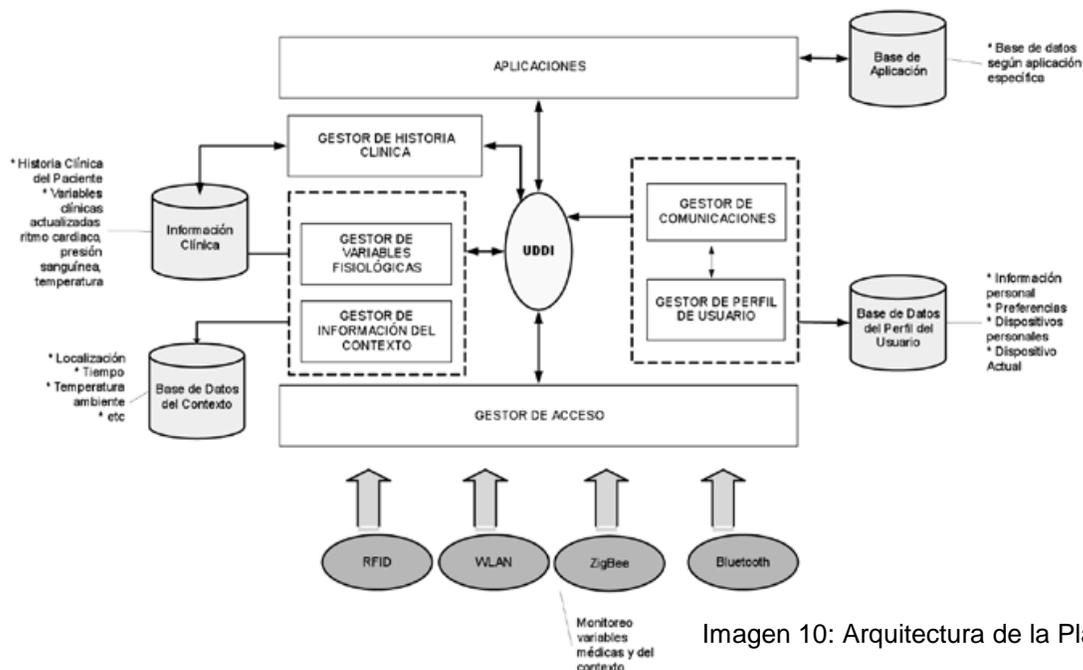


Imagen 10: Arquitectura de la Plataforma

La arquitectura propuesta ofrece componentes básicos reutilizables para la gestión del contexto de los usuarios, la gestión de variables fisiológicas, gestión de

acceso a sensores, la gestión de comunicaciones y la gestión de la historia clínica digital, como se muestra en la Imagen 10 .

En el nivel superior de la arquitectura se brindan los mecanismos para la composición de servicios a través de la orquestación de los componentes, lo que permitirá la utilización de estos para configurar aplicaciones avanzadas.

Las funcionalidades de cada uno de estos componentes son:

- **Gestor de acceso:** sirve como interfaz entre los diferentes sensores que monitorean las variables fisiológicas ó de contexto y los componentes que usan dicha información para desarrollar sus funciones.
- **Gestor de variables fisiológicas:** encargado de recibir actualizaciones de estado de las variables fisiológicas del paciente y alimentar la base de conocimiento para tomar decisiones tales como notificar al médico de dichos cambios o alertar al paciente sobre alguna anormalidad. Las variables consideradas son: respiración, ECG y temperatura.
- **Gestor de información del contexto:** encargado de recibir las variables del contexto tales como localización, temperatura ambiente, humedad, aceleración, entre otras. Dicha información permitirá a una aplicación basada en la arquitectura propuesta, tomar decisiones oportunas. Un ejemplo es el envío de una ambulancia desde el centro hospitalario más cercano a la ubicación del paciente. Las variables consideradas son: localización, tiempo, temperatura y humedad.
- **Gestor del perfil del usuario:** utilizado para administrar la información del usuario, tal como datos personales y preferencias. Esta información junto con la del contexto permitirá a las aplicaciones personalizar la forma en que interactúan con el usuario del sistema.
- **Gestor de comunicaciones:** dado que en un sistema ubicuo el usuario puede acceder en cualquier momento y desde cualquier dispositivo a sus servicios, este

gestor permite enviar la información de la manera más adecuada, dependiendo del dispositivo actual que esté utilizando el usuario.

- **Gestor de historia clínica:** permite el acceso a la historia clínica actualizada del paciente desde cualquier dispositivo, siguiendo los estándares definidos por HL7 (Biron, 2006). La historia clínica sólo podrá ser visualizada / modificada por personal autorizado.

### 6.3.10.2. Arquitectura de despliegue

Se propone una arquitectura de despliegue consistente de los siguientes módulos: red de sensores, coordinador PAN, teléfono, móvil, cliente web(PC/Laptop), servidor web, servidor de aplicaciones, bases de datos, otros servicios web. Imagen 11.

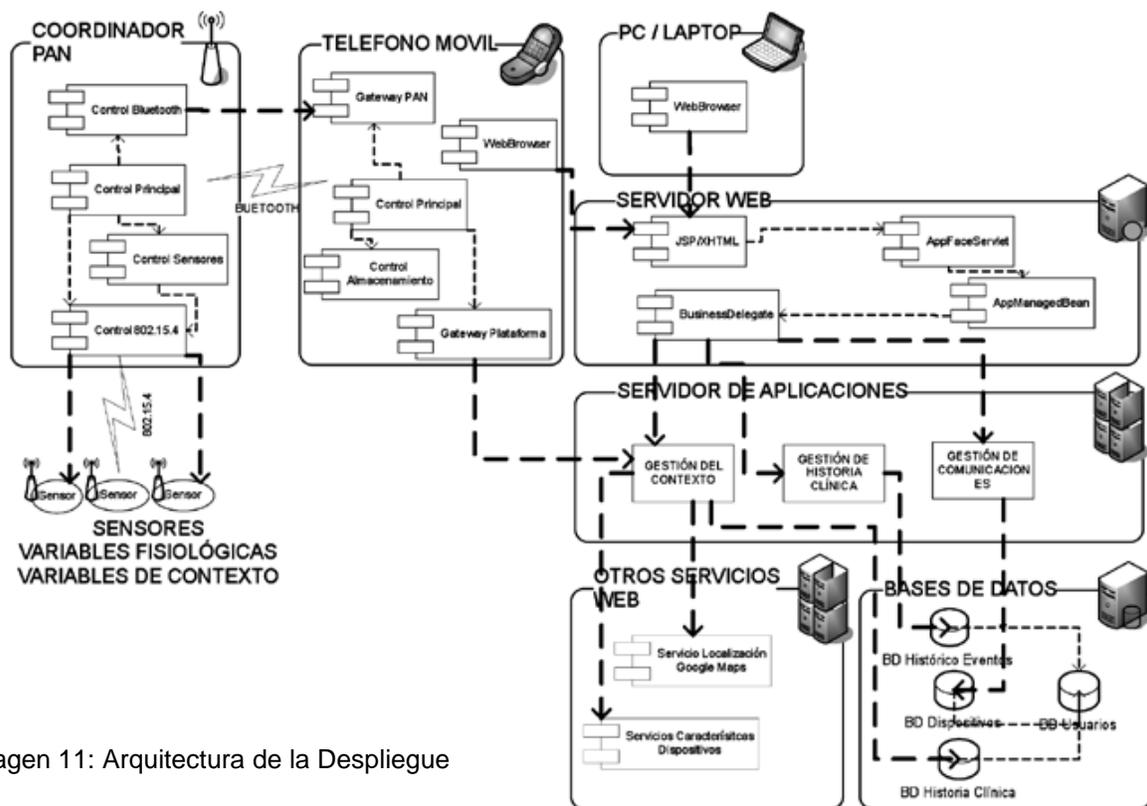


Imagen 11: Arquitectura de la Despliegue

**Red de Sensores:** conformada por los sensores que hacen mediciones de las variables fisiológicas y de contexto del paciente y las reportan al coordinador de la red de área personal (Coordinador PAN).

- **Coordinador PAN:** módulo que sirve de puente entre la red de sensores y el teléfono móvil. Consta de los siguientes submódulos: Control 802.15.4: encargado de la comunicación con los sensores (transmisión y recepción de información) a través del protocolo 802.15.4. Control Sensores: encargado del envío de comandos hacia los sensores y de la recepción de eventos generados por ellos. Control Principal: módulo encargado de coordinar todas las funciones realizadas por el coordinador. Control Bluetooth: módulo interfaz hacia el dispositivo móvil a través del protocolo 802.15.1.

- **Teléfono móvil:** dispositivo móvil del usuario que interactúa con el coordinador PAN para recibir notificaciones de eventos desde los sensores y enviar comandos hacia ellos. Consta de los siguientes submódulos: Gateway PAN: interfaz hacia el coordinador de la red de área personal a través de bluetooth. Control de almacenamiento: brinda los mecanismos de almacenamiento de datos relevantes del sistema en caso de pérdida de conectividad hacia la red de sensores. Gateway plataforma: interfaz hacia el servidor de aplicaciones a través de una red inalámbrica ya sea de área local ó extensa. Web browser: interfaz hacia el servidor web.

- **PC/Laptop:** provee un cliente web para el acceso a los servicios y la realización de operaciones de gestión de la información.

- **Servidor Web:** provee la capa de presentación del sistema hacia los clientes web y la conectividad hacia el servidor de aplicaciones para consumir los servicios web que éste ofrece. Se implementa aquí el framework de JSF (Java Server Faces) y los siguientes patrones de diseño: Front controller: este patrón es implementado por un componente web, Java Servlet, el cual es el único punto de entrada para todas las solicitudes HTTP (HyperText Transfer Protocol) que

realizan los clientes web de los módulos dispositivo móvil y PC/Laptop. Dado que se está utilizando JSF como framework para construcción de la capa de presentación, el FrontController estaría representado por un FaceServlet el cual delega el procesamiento de solicitudes a un ManagedBean, quien a su vez realiza los llamados a los servicios de negocio a través de un BusinessDelegate, el cual abstrae la complejidad de la localización de componentes y manejo de excepciones remota. Sirve para ejecutar los servicios de negocios expuestos por los componentes de fachada en el servidor de aplicaciones. Existe una correspondencia uno a uno entre los métodos definidos en la interfaz remota de la fachada con los del Business delegate.

- **Vista:** ofrece una interfaz gráfica que permite la interacción con los servicios de la plataforma a través de los ManagedBeans encargados de recibir las acciones ejecutadas por los usuarios. A este nivel no se implementa lógica de negocio.
- **Servidor de aplicaciones:** es el núcleo de la plataforma. Contiene la lógica del negocio de los servicios que serán ofrecidos para que se construyan aplicaciones a partir de estos. Aloja los gestores del contexto, comunicaciones y de historia clínica.

### **6.3.11 Sistema de telemonitorización en vehículos de emergencias médicas sobre UMTS [32]**

El sistema de telemonitorización desarrollado se ubica dentro de un entorno de emergencias médicas como el presentado en la Imagen 12. En este entorno, una ambulancia equipada de forma adecuada puede conectarse a una red hospitalaria a través de una red móvil UMTS. En los hospitales, uno o varios médicos participan en una sesión multipunto con la ambulancia dentro de un entorno multicolaborativo, recibiendo información acerca del paciente y de su estado. De esta forma pueden emitir un diagnóstico en el menor tiempo posible.

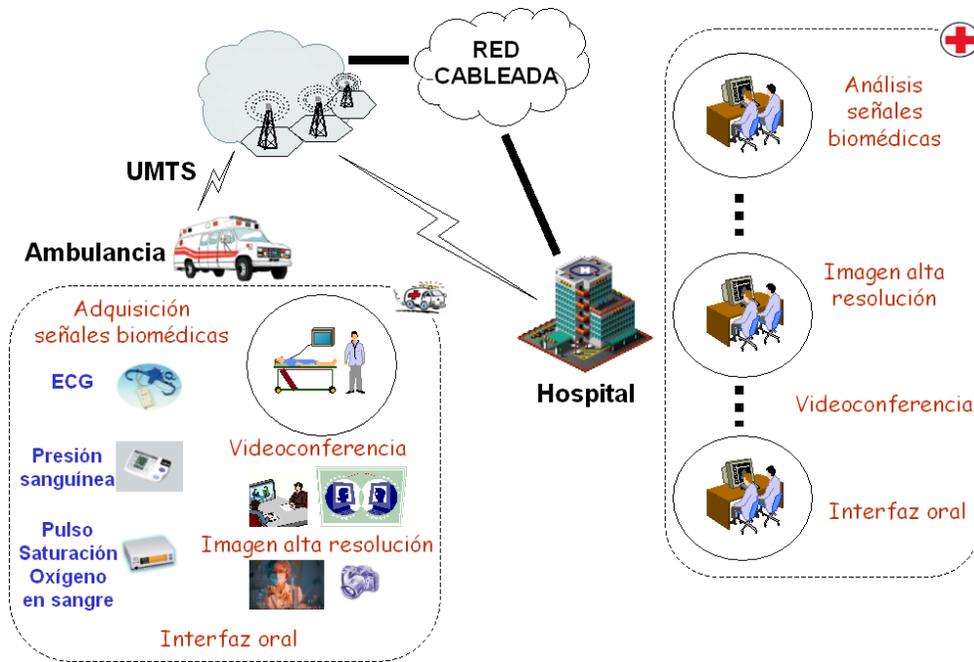


Imagen 12: Entorno de emergencias médicas

## 7. CONCLUSIÓN

La evolución de las Tecnologías de la comunicación y la información, de los dispositivos móviles y electrónicos sumados a la aparición de nuevos sensores y accesorios propician una revolución en la forma de realizar las consultas médicas, la prevención, el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de las enfermedades.

Las plataformas telemédicas inteligentes, basadas en tecnologías de uso masivo y bajo costo, constituyen una excelente solución, permitiendo descongestionar los servicios, evitar el traslado innecesario de los pacientes hasta el centro de salud, agilizar la gestión, reducir costos y mejorar la calidad de la atención.

Por otro lado, la tecnología actual permite hacer frente a los retos propuestos por los nuevos modelos de gestión de la enfermedad crónica. Permite la monitorización en tiempo real, el contacto directo entre el médico y el paciente sin tener que visitar el centro médico o el acceso a los registros médicos desde cualquier dispositivo con conexión a Internet en cualquier lugar y en cualquier momento de manera simple y fácil de usar.

Los servicios sanitarios se moverán hacia un enfoque centrado en el paciente y una dependencia de la autogestión. La opción viable para proporcionar este nivel de acceso es a través de sistemas e-Health apoyados en tecnología móvil.

Este documento proporciona una arquitectura de referencia de alto nivel de la plataforma móvil de salud, redes de comunicación, dispositivos para el paciente y el clínico, que muestra que estos pueden jugar un papel importante en la salud móvil.

Las redes de Sensores Inalámbricas están evolucionando y van surgiendo una nueva generación de sensores portables, confiables, con alguna función de procesamiento de señales, estables, de bajo consumo de energía y compatibles con las comunicaciones M2M y capaces de utilizar una tecnología de corto alcance para conectar con la puerta de entrada, en este caso, el teléfono

inteligente. Estos sensores proporcionan una manera de realizar el monitoreo, registro y análisis de variables fisiológicas.

Las redes de comunicación de acuerdo a su área de cobertura y alcance serán utilizadas en distintos momentos y circunstancias. Es claro que en cuanto a redes de área corporal, las redes ZigBee y Bluetooth se pueden considerar las más apropiadas por su bajo consumo de energía y por estar disponibles en la gran mayoría de los dispositivos móviles. En cuanto a las redes de largo alcance (WWAN) las 3G se prefieren por su extensa área de cobertura, las redes celulares cubren por lo general más del 90% de un territorio, mientras que la cobertura de WiMAX es generalmente menos extensa.

En referencia a los teléfonos inteligentes; por un lado, ofrece autonomía y autogestión, debido a su tamaño y peso, y sus capacidades de computación, respectivamente. Proporcionan movilidad que se puede aprovechar junto con esta serie de capacidades para ofrecer dispositivos móviles seguros que pueden ayudar a establecer relaciones más estrechas enfermo-médico. Por otro lado, tanto aplicaciones médicas como accesorios se pueden integrar con el teléfono inteligente, convirtiéndolo en un dispositivo médico.

Con respecto a las herramientas que pueden favorecer a m-salud existen un conjunto que responden a las tecnologías actualmente disponibles. Se considera el empleo de la comunicación M2M (máquina-a-máquina) para procesos cliente-servidor con un servidor médico en la nube (Computación en la Nube) y un dispositivo móvil inteligente del cliente en el extremo del paciente o el médico. Esto lleva a vigilancia omnipresente o ubicua, sistemas con mayor cobertura, mayor eficacia en la comunicación y disponibilidad de información del paciente en la medida que las redes y plataformas de comunicaciones de área extendida lo permitan, aplicaciones de analítica de Big Data que satisfagan necesidades concretas nutriéndose de los datos y que se pueden utilizar especialmente en la prevención, detección de enfermedades, tratamientos específicos para cada

paciente mediante el análisis de los datos recogidos por la red de sensores inalámbricos y transmitidos a través del dispositivo móvil a la nube de servicios.

En cuanto a seguridad, será fundamental para el éxito de los productos y servicios de salud móvil. Si los datos se están comunicando a través de la red móvil o almacenando dentro de la plataforma móvil de salud, tendrá que ser implementado de manera que cumpla con los requisitos de los usuarios y con sistemas robustos.

La estandarización proporcionará una oportunidad para simplificar la implementación de soluciones móviles por parte de proveedores de servicios y desarrolladores. El objetivo es el desarrollo de protocolos comunes y APIs, seguridad, aspectos de privacidad y carga, y capacidades de interoperabilidad.

Ya se está implementando la salud móvil, y siguen las investigaciones centrándose en la labor de normalización, sensores, activos de red, nuevas herramientas tecnológicas que se pueden considerar claves para el éxito.

m-Health, como una extensión de e-Health, es una industria muy joven, parece tener un futuro prometedor en el monitoreo y tratamiento móvil de enfermedades crónicas, pero no exento de dificultades. Hay cuestiones a resolver más allá de la construcción y prueba de prototipos que demuestren la viabilidad técnica. Queda aún mucho trabajo a realizar en el camino hacia el desarrollo e integración de los sistemas de información, el uso efectivo de comunicaciones inalámbricas para conectar dispositivos y sistemas de información, desarrollo de una nueva generación de sensores no invasivos (sin dolor), desarrollo de aplicaciones específicas tales como Historia Clínica Electrónica, App Móvil de Registro y Monitoreo de variables fisiológicas, Sistema Inteligente de Alertas ante valores anómalos, Sistema de Análisis de datos para la prevención de enfermedades, entre otros.

En definitiva, es necesario avanzar en nuevos modelos de prestación, organización y sostenimiento de los servicios; integración en la práctica del sistema sanitario y nuevos entornos de trabajo para los profesionales.

## 8. BIBLIOGRAFIA

[1] José María Vergeles-Blanca, Médico de Familia. Centro de Salud San Fernando. Unidad Docente de Medicina de Familia y Comunitaria. Badajoz. “La telemedicina. Desarrollo, ventajas y dudas”

[2] Carlos Ruiz Ibáñez, Ángela Zuluaga De Cadena, Andrés Trujillo Zea. Rev CES Med 2007. “TELEMEDICINA: Introducción, aplicación y principios de desarrollo”.

[3] J. L. Monteagudo, L. Serrano, C. Hernández Salvador, ANALES. “La telemedicina: ¿ciencia o ficción?”

[4] Juan Jorge González Armengol Y Carlos Mingorance- Servicio de Urgencias. Coordinación de Telemedicina, Francisco Carricondo - Fundación para la Investigación Biomédica, Hospital Clínico San Carlos de Madrid. España, Pablo Gil-Loyzaga- Departamento de Oftalmología y Otorrinolaringología, Facultad de Medicina, Universidad Complutense de Madrid y Cátedra Extraordinaria Innovación y Salud. Universidad Complutense de Madrid, España. “Telemedicina aplicada a la atención sanitaria urgente: aspectos metodológicos y prácticos”.

[5] “Teléfonos inteligentes serán más vendidos que computadores portátiles en 2009”. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-6505767>

[6] “InfoTIC. Sistemas operativos móviles”. 2012. Disponible en: <http://www.colombiadigital.net/entorno-tic/especial-del-mes/dispositivos-moviles/item/1341-sistemas-operativos-moviles.html>.

[7] Ivanov, I.E.Gueorguiev, V.Bodurski, V.Trifonov, V. Telemedicine and Smart Phones as Medical Peripheral Devices (Computational Approaches), 2010.Disponible en:

<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F5629471%2F5629955%2F05633701.pdf%3Farnumber%3D5633701&authDecision=-203>

[8] Baz, Alonso. Ferreira, Irene. (2010) Dispositivos móviles. Disponible en:<http://156.35.151.9/~smi/5tm/09trabajos-sistemas/1/Memoria.pdf>

9. Martínez. Carlos (2009). Telemedicina. Aspectos Generales. Disponible en: <http://www.revistareduca.es/index.php/reduca/article/viewFile/7/4>

[10] David Alejandro Burgos Rodas, Héctor Jaime Echeverry Aguirre - Universidad Tecnológica De Pereira Facultad De Ingenierías, Programa De Ingeniería De Sistemas Y Computación (2012). Tesis “Estado Del Arte Del Uso De Aplicaciones En Dispositivos Móviles En El Área De La Telemedicina”.

[11] Vicente Traver, Carlos Fernández, Juan Carlos Naranjo, Eduardo Montón, Sergio Guillen - Grupo de Bioingeniería, Electrónica y Telemedicina. Instituto ITACA. Universidad Politécnica de Valencia; Bernardo Valdivieso - Unidad de Hospitalización a Domicilio. Hospital Universitario La Fe de Valencia. “Sistemas m-Health: la solución para las necesidades de una Unidad de Hospitalización a Domicilio”

[12] mHealth: la revolucionaria adopción de las comunicaciones móviles en la salud. Consultado en <http://guiacirugiaestetica.com/mhealth-la-revolucionaria-adopcion-de-las-comunicaciones-moviles-en-la-salud/>

[13] Reporte de investigación sobre “Salud Móvil”, monitorización, aplicaciones y oportunidades. Consultado en <http://guiacirugiaestetica.com/reporte-de-investigacion-sobre-salud-movil-monitorizacion-aplicaciones/>

[14]mHealth: La Salud Móvil, disponible en: <http://www.movihealth.com/mhealth.html>

[15] Estudio sobre el futuro de las Aplicaciones Móviles en la industria médica y de la salud, disponible en <http://guiacirugiaestetica.com/estudio-sobre-el-impacto-de-las-aplicaciones-moviles-en-la-industria-medica-y-de-la-salud/>

[16] Explosión de Aplicaciones Médicas Móviles: Ya hay más De 17.000, disponible en <http://www.enter.co/cultura-digital/salud-digital/explosion-de-aplicaciones-medicas-moviles-ya-hay-mas-de-17-000/>

[17]Aplicaciones mHealth: la tecnología al servicio de la salud, disponible en: <http://devs.ticbeat.com/aplicaciones-mhealth-la-tecnologia-al-servicio-de-la-salud/>

[18]Teléfono inteligente de detección de estado de ánimo le dice a su psiquiatra cómo se siente, disponible: <http://www.newscientist.com/article/mg21729056.600-moodsensing-smartphone-tells-your-shrink-how-you-feel.html#.U7Cm0ZR5PZg>

[19] Aplicación de Telemedicina de Roche.(2010).  
<http://mundoasistencial.com/la-telemedicina-aporta-una-mejora-asistencial-en-elaboradaje-de-la-diabetes-gestacional-segun-un-estudio%E2%80%8F/>

[20] Teleconsulta Neumológica.(2010).  
<http://www.revistaesalud.com/index.php/revistaesalud/article/viewArticle/81/292>

[21] Telemedicina Cardiovascular. (2010).  
<http://www.blogseitb.com/masquepalabras/2010/02/18/telemedicina-el-futuro-hechopresente/>

[22] Pamela Morales - Departamento de Ingeniería de Sistemas Universidad San Francisco de Quito, Enrique V. Carrera - Departamento de Eléctrica y Electrónica Universidad de las Fuerzas Armadas.“Monitoreo de Condiciones de Salud mediante una Red de Dispositivos móviles”.

[23] VianneyTamponero, Rolando Menchaca-Mendez, José G.Guzmán, Luis P. Sánchez y Anabel Pineda. Artículos de divulgación “Komputer Sapiens”, Año V, Vol. I.Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial ISSN 2007-0691(2013). “iCare: sistema ubicuo de monitoreo y cuidado personal”.

[24] Autor: Javier Rodriguez - Tutora: Dra. Celeste Campo Vazquez. Trabajo fin de Carrera. "GLUCOMIDLET: Aplicación Móvil Accesible De Telemedicina Para Personas Con Discapacidad Visual".

[25] Pedro P. Escobar - Grupo INTELYMEC, Dpto. Electrónica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro, Olavarría, Argentina. Mariana Del Fresno - PLADEMA-ISISTAN, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Centro, Tandil, Argentina. "Plataformastelemédicas de bajo costo y alto impacto basadas en telefonía móvil".

[26] Rodrigo Alvez, Memoria de trabajos de difusión científica y técnica, núm. 9, ISSN 1510-7450, (2011). "Aplicación de Telemedicina para la mejora de los sistemas de emergencias y diagnósticos clínicos".

[27] David Andres Roncancio Joya - Jair Giovanni Beltran Vera - Wilmar Yamit Cardenas Mahecha - Carlos Enrique Montenegro Marin - Paulo Alonso Gaona Garcia, Universidad Distrital, Bogotá, Cundinamarca, Colombia., Eighth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2010) "Innovation and Development for the Americas", 2010, Arequipa, Perú. "Prototipo De Telemedicina Móvil Para Asistencia Médica Domiciliaria y Remota".

[28] XIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Cervino, Claudio y Víctor Nasini - Instituto de Investigaciones Básicas y Clínicas en Enfermedades Cardiovasculares. Facultad de Medicina, Universidad de Morón. Jorge Ierache - Instituto de Sistemas Inteligentes y Enseñanza Experimental de la Robótica ISIER - Facultad de Informática, Ciencias de la Comunicación y Técnicas Especiales. Universidad de Morón. "Sistema de Asistencia Ventricular Izquierda: Arquitectura y Sistema para el Monitoreo a Distancia de la Unidad Electroneumática".

[29] [Jane Wakefield](#) | [BBC Mundo](#) – LA NACION Viernes 27 de diciembre de 2013.  
”¿Cómo será la consulta médica del futuro?”.

[30] Fernando Mora, PhD MBA en Gerencia en Salud, St. George’s University, Grenada y Grupo de Bioingeniería y Biofísica Aplicada, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. ”La formación de recursos humanos en informática en salud y los desafíos de la m-Salud”.

[31] Oscar Hernán Mondragón Martínez, Zeida María Solarte Astaíza - Docentes Universidad Autónoma de Occidente Grupo de Investigación en Telemática e Informática Aplicada, Facultad de Ingeniería. Publicado en “Entre Ciencia e Ingeniería”, ISSN 1909-8367 Año 5. No. 10 (2011). “Arquitectura para la Creación de Servicios Ubicuos Orientados a Salud”.

[32] E. Viruete, C. Hernández, J. Ruiz, J. Fernández, A. Alesanco, E. Lleida, A. Ortega, A. Hernández, A. Valdovinos, J. García. Grupo de Tecnologías de las Comunicaciones (GTC) – Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) Universidad de Zaragoza, España. “Sistema de telemonitorización en vehículos de emergencias médicas sobre UMTS”.

[33] VI Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería Habana. J. Rubiano, N. Aguilar, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Electrónica, Universidad Central (2005). Sistema Telemétrico De Monitoreo Cardíaco y Variables Hombre-Máquina Aplicado Al Ciclismo

[34] Sociedad Andaluza para el Desarrollo de las Telecomunicaciones, S.A. (2011). “Estado del arte: e-salud & e-inclusión, estudio de las tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a la salud y a la inclusión”.

[35] Meredith A. Barrett, Olivier Humblet, Robert A. Hiatt, and Nancy E. Adler (Septiembre 2013). BIG DATA AND DISEASE PREVENTION: From Quantified Self to Quantified Communities.

[36] INTEL IT CENTER (Septiembre 2014). Solution Brief, Big Data in the Cloud: Converging Technologies: How to Create Competitive Advantage Using Cloud-Based Big Data Analytics.

[37] Jordi Torres i Viñals PID\_00194204, (Septiembre de 2012). Del cloudcomputingalbig data: Visión introductoria para jóvenes emprendedores.

[38] Teresa Bau, editora de Mobile Health Global, (Abril 2015). BIG DATA Y SALUD, LA TENDENCIA INEVITABLE. Disponible en <http://www.mobilehealthglobal.com/in-the-news/noticias/152/big-data-y-salud-la-tendencia-inevitable>

[39] Bonnie Feldman - Ellen M. Martin - Tobi Skotnes, (Octubre 2012). Big Data in Healthcare Hype and Hope.

[40] Intel Corporation, Copyright © 2013. Tecnologías de Big Data para resultados en tiempo casi real.

[41] MediWise, la Bio Empresas Centro de Innovación Queen Mary en el campus de la investigación de Barts y The London School de Medicina y Odontología en Londres, (2014). “GlucoWise, Vive una vida más sana” Disponible en <http://www.gluco-wise.com/>

[42] Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencia de la Ingeniería de las Telecomunicaciones, Autor: Jaime Hugo Puebla Lonas, Director: M en C. Miguel Sánchez Meraz, Instituto Politécnico Nacional – Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. “Electrocardiógrafo para aplicaciones en Telemedicina”.

[42] Cha I., Shah Y., Schmidt A. U., Leicher A. and Meyerstein M. V., (2009) Trust in M2M communication, IEEE Vehicular Technology Magazine, Volume 4, Issue 3, pp. 69-75

[43] Zhang Y., Yu R., Xie S., Yao W., Xiao Y. and Guizani M., (2011) Home M2M Networks: Architectures, Standards, and QoS Improvement, IEEE Communication Magazine, Volume 49, Issue 4, pp. 44-52.

[44] AUTOR: Narcís Gironès Sancho, DIRECTOR: Juan López Rubio, CO-DIRECTOR: Alberto Carlos Toro Sánchez, (2013). Trabajo Final de Carrero “aaaTrack. Aplicaciones Móviles para e-Health”.

[45] AUTOR: Ing. Wilmer Mayurel Ozal López TUTOR: Lic. Belkis López de Lameda, (2005). Proyecto de Trabajo de Grado para optar al grado de Magíster Scientiarum en Ciencias de la Computación Mención Inteligencia Artificial “MODELADO CON LÓGICA DIFUSA Y ALGORITMOS GENÉTICOS DE UN MECANISMO REGULADOR DE LA GLUCEMIA “

[46] Yenny Leal, Luis Gonzalez-Abril, Magda Ruiz, Carol Lorencio, Jorge Bondia, Josep Vehi - JORNADAS DE ARCA, Sistemas Cualitativos y sus Aplicaciones en Diagnosis, Robótica e Inteligencia Ambiental. 25-27 junio de 2012. “Un nuevo enfoque para detectar mediciones de glucosa erróneas en los Sistemas de Monitorización Continuos de Glucosa”. XIV

[47] J. Bondia. J. vehí, C.C. Palerm, P. Herrero - Revista Iberoamérica de Informática Industrial (RIAI). (2010). “Páncreas Artificial: Control automático de infusión de insulina en Diabetes Mellitus Tipo 1”