



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“DISEÑO DE UNA ARQUITECTURA GENÉRICA DE IoT  
APLICADA A CASOS DE EMERGENCIAS PARA  
DISPOSITIVOS MÉDICOS INALÁMBRICOS  
IMPLANTADOS”**

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERÍA EN TELEMÁTICA**

**JESSICA KATHERINE RODRIGUEZ ESPINOZA**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2016**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme estar con vida para el cumplimiento de unas de mis metas más anheladas.

A mi madre, por su dedicación hacia mí, por su apoyo incondicional en todo lo que hago y a la vez ser fuente de inspiración.

A mis familiares por sus consejos y cuidados, en especial a mi tía Janeth Espinoza.

A mis grandes amigos Guillermo Coello Beltrán y Vladimir Sánchez Padilla por brindarme su amistad sincera y ayuda motivacional en mi etapa universitaria.

Y por último y no por eso menos importante a mi estimado profesor Washington Velásquez por dirigirme en la realización del presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto se lo dedico a mi querida madre, Elizabeth Espinoza, quien con esfuerzo y dedicación me enseñó desde los primeros años de vida el amor al estudio.

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

.....  
Ing. Washington Velásquez, M.Sc.

PROFESOR EVALUADOR

.....  
Ing. Marjorie Chalén, MSIG.

PROFESOR EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

---

Jessica Rodríguez Espinoza

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo realizar una Arquitectura Genérica de IoT en la que un Sistema Médico de Salud pueda supervisar y monitorear el tratamiento de un paciente que deba recibir impulsos eléctricos en/sobre/alrededor del órgano a tratar.

El método utilizado para la realización de ésta investigación se basa en entender el funcionamiento genérico de los dispositivos implantados para así realizar un análisis de los requerimientos de los sensores como tasa de transmisión, ancho de banda, direccionamiento de datos y comparar tecnologías y protocolos existentes en IoT.

El uso de dispositivos médicos inalámbricos en el cuerpo humano tiene como beneficio a que personas que padecen arritmias cardíacas, problemas de insulina, fracturas en el pie, problemas gástricos, pérdida de audición y tratamiento neuroestimulador puedan recibir monitorización del personal médico independiente del lugar en donde se encuentre.

En la investigación se utilizó conceptos de Redes de Área Personal, comportamiento de los sensores existentes en el mercado, arquitecturas GSM y comunicaciones inalámbricas, con el fin de armar una arquitectura lógica en varias capas interrelacionadas entre sí, debido a los diminutos sensores colocados en el humano.

La arquitectura consta de telecomunicaciones bidireccionales entre una plataforma basada en la web utilizando protocolo CoAP y el dispositivo médico accedendo a través de un programador o dispositivo externo por medio de una comunicación inalámbrica de área local UWB. Con el uso del protocolo CoAP, se prevé inicio de sesión de control remoto no autorizado, almacenamiento de caché simple para lectura de datos ya realizado y con UWB se pretende reducir consumo de energía y maximizar la transferencia de datos. Como resultado se tiene un entorno de múltiples escenarios para movilidad del paciente, en donde la localización no es factor para que el paciente reciba su tratamiento.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN EXPRESA.....	iv
RESUMEN .....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
CAPÍTULO 1 .....	1
1. GENERALIDADES .....	1
1.1.Antecedentes .....	1
1.2.Justificación.....	3
1.3.Objetivo General .....	4
1.4.Objetivos Específicos .....	4
1.5.Alcance y Limitaciones .....	5
CAPÍTULO 2 .....	6
2. ESTADO DEL ARTE.....	6
2.1.Redes AD-HOC .....	6
2.2.Redes de sensores.....	7
2.2.1.Redes de sensores inalámbricos (WSN).....	8
2.2.2.Componentes de una WSN .....	9
2.2.3.Topologías WSN.....	11
2.3.Sensores .....	12
2.3.1.Características .....	13
2.3.2.Tipos de Sensores .....	14

2.4.Tecnologías de Comunicación Inalámbrica .....	21
2.4.1.Infrarrojo - IrDA .....	21
2.4.2.Bluetooth .....	21
2.4.3.Radio Frecuencia - RFID .....	22
2.4.4.Redes GSM.....	23
2.4.5.Redes 3G .....	25
2.4.6.Wi-Fi .....	26
2.4.7.WiMAX.....	26
2.4.8.Comunicación de campo cercano (NFC) .....	26
2.4.9.Zigbee.....	27
2.4.10.Universal Mobile Telecommunications System (UMTS).....	28
2.4.11.IPv6 sobre redes de área Personal inalámbrica de bajo consumo (6LowPAN) .....	31
2.4.12.Ultra Banda Ancha (UWB).....	33
2.5.Arquitecturas y Protocolos de Comunicación .....	34
2.5.1.Common Object Request Broker Architecture (CORBA).....	35
2.5.2.Simple Object Access Protocol (SOAP).....	36
2.5.3.Transferencia de Estado Representacional (REST) .....	37
2.5.4.Protocolo de Aplicación Restringido (CoAP).....	39
2.5.5.MQ Telemetry Transport (MQTT) .....	43
2.6.Internet de las Cosas (IoT) .....	45
2.6.1.Dominios de IoT .....	46
2.6.2.e-Salud .....	51
2.7.Arquitectura.....	53
2.7.1.Arquitectura de Componentes .....	54
2.7.2.Arquitectura de Referencia .....	55



2.7.3.Modelos de Arquitectura .....	55
2.7.4.Arquitecturas de IoT .....	55
2.8.Dispositivos médicos Inalámbricos Implantados .....	57
2.8.1.Aparato para la detección y tratamiento de la arritmia ventricular.....	57
2.8.2.Sistema inalámbrico en miniatura para la estimulación cerebral profunda .....	587
2.8.3.Casco de implante coclear integrada .....	61
2.8.4.Terapia de estimulación eléctrica para promover la distensión gástrica para la gestión de la obesidad .....	62
2.8.5.Dispositivo implantable de estimulación y método para tratamiento de la caída del pie y otros trastornos neurológicos .....	65
2.8.6.Sistema para la estimulación de páncreas y de medición de glucosa .	69
CAPÍTULO 3 .....	73
3. PROPUESTA DE ARQUITECTURA .....	73
3.1.Interacción del dispositivo con el cuerpo humano .....	73
3.2.Arquitecturas de Referencias .....	76
3.2.1.Arquitectura de una red comunitaria medica.....	76
3.2.2.Arquitectura para el Monitoreo Remoto de Funciones Vitales en Pacientes Ambulatorios .....	77
3.3.Modelo de Arquitectura.....	79
3.3.1.Introducción.....	79
3.3.2.Lo que se necesita en la arquitectura.....	80
3.3.3.Hardware .....	83
3.3.4.Software .....	84
3.3.5.Servicios .....	85
3.3.6.Middleware .....	86

3.3.7.Aplicación .....	88
3.3.8.Comunicación.....	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	92
BIBLIOGRAFÍA .....	93

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Antecedentes

El pilar fundamental del desarrollo de la sociedad se ve envuelto en la comunicación e información. En el siglo XVIII, la filosofía francesa señalaba a la comunicación como un vector del progreso y realización de la razón. Por otra parte, la teoría de la información muestra que la misma no debe ser intercambiada por valor monetario, más bien ser considerada un derecho de la humanidad [1].

Dado el interés de muchas civilizaciones, países e industrias de estar informado de manera permanente con el resto de personas alrededor del mundo surgen importantes avances en la telefonía analógica a digital, telefonía móvil, satelital y la manera de transmitir los datos por diferentes medios. El 21 de noviembre de 1969, se realizó la primera conexión entre universidades de Los Ángeles, California y el Instituto de Investigaciones de Stanford Emergency Medicine (StanfordEM), desde ese instante el número de personas conectadas a Internet se incrementó. Según cifras del Banco Mundial, entre los años 2001 - 2005 existían 69.7 personas conectados a Internet de una muestra de 100 personas y ya para los años 2011 - 2015 se contaba con 87.4 personas conectadas [2].

En el siglo XX el Internet se utilizaba solo para las comunicaciones entre computadoras, pero en el año 2009, Kevin Ashton presenta en "RFID Journal" el concepto de Internet de las Cosas ("Internet of the Things" - IoT). En el artículo explica que el concepto de IoT lo lleva desarrollando desde 1999 y la importancia de conectar los objetos y hacerlos inteligentes; este concepto surgió en una investigación de la identificación de radiofrecuencia (RFID) en la red y en las nuevas tecnologías de detección de sensores [3].

IoT no tiene un concepto formal, pero en general es cualquier objeto conectado a otros dispositivos para comunicarse entre ellos y que estos puedan tomar una decisión. Es decir, millones de millones de objetos podrían interconectarse entre sí para formar una red en la que se intercomunican y realizan acciones de manera inteligente. Uno de los grandes desafíos de IoT es migrar de IPv4 (Internet Protocol versión 4) a IPv6 (Internet Protocol versión 6) puesto que la implementación de la infraestructura y adquisición de nuevos equipos implica una fuerte inversión. El propósito de implementar IPv6 es porque ofrece 670 mil billones de direcciones/mm<sup>2</sup> de la superficie de la Tierra [4] proporcionando mayor seguridad a todos los usuarios.

Ashton consideraba que los seres humanos no interactuamos con información sino con el medio; aquello hizo pensar al creador del concepto de IoT que los datos deben transformarse en cosas activas. Actualmente algunas compañías utilizan gran cantidad de datos para procesar y valorar mediante modelos matemáticos la mejor opción. La revolución de los datos nace para que sean cuantificables, medibles y luego ser procesados e interpretados [5]. A manera de ejemplo, un invernadero tiene la necesidad de obtener la temperatura ambiente en tiempo real, los sensores tendrán información por milisegundos siendo luego analizada por un algoritmo que proporcione el mínimo margen de error para ser procesada por un sistema que tome una decisión sin la intervención del ser humano.

Con el propósito de ahondar en IoT es necesario conocer la clasificación de dominios y poder utilizarlos en una aplicación específica. Los dominios son: Industria, medio ambiente y sociedad. Estos dominios se combinan para cubrir una necesidad, por ejemplo, un informe presentado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) explica las alianzas con las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para la evolución de las redes sociales y la eSalud con el fin de involucrar a distintos sectores a los que hace 30 años era impensable acceder [6]. El conjunto de la eSalud lo forman la Telemedicina, m-Salud (m-Health en inglés), el informe clínico digital, dispositivos wearables (dispositivos y accesorios que se utilizan para monitorización) ayudando a llegar a territorios de difícil acceso y controlando al paciente en forma remota [7].

## 1.2. Justificación

El Internet de las cosas (IoT) o comunicación máquina a máquina (M2M), es un concepto muy versátil, debido a que sus aplicaciones prácticas trasciende a diferentes esferas de la realidad humana, tales como: sector agrícola, e-commerce, educación, e-Health, m-Salud, entre otras. Las aplicaciones múltiples representan un desafío para los ingenieros que buscan mejorar la calidad de vida a través de este concepto.

Actualmente, muchos componentes como sensores, actuadores y dispositivos a los que, en el lenguaje informático se denominan cosas, están conectados a una red exclusiva que permite el monitoreo, sistemas de control y adquisición de datos (usualmente Internet).

En el contexto de este estudio se propone una arquitectura de Internet de las cosas aplicada a dispositivos inalámbricos implantados en los pacientes a través de cirugía. La trascendencia social de este diseño radica en que se pondrán al servicio los conocimientos científicos computacionales para el mejoramiento de la calidad de vida de los pacientes, debido a que existirá una comunicación ininterrumpida del monitoreo entre el personal médico y el ciudadano.

Estos sistemas tienden a ser ubicuos y móviles. En un informe presentado por la Union Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T Union-Telecommunications) indica que el sector sanitario encamina a la atención hospitalaria más cercana al paciente, independientemente en donde viva, y se controle de manera remota [8].

Los avances de las comunicaciones en dispositivos inalámbricos hacen que esto sea posible, pero no solo es necesario los productos creados sino también una arquitectura que indique como estos componentes están intercomunicados.

El principal motivo de utilizar una arquitectura IoT en dispositivos inalámbricos médicos es porque brinda al paciente un ambiente en donde ellos pueden movilizarse en cualquier entorno incluso ofrecer terapias en su sistema

cardíaco, gástrico, neuroestimulador, implante coclear, fracturas en pierna y tratamiento insulínico.

En el mercado existen dispositivos médicos que utilizan el concepto de IoT. Existen dos categorías de corto alcance y de largo alcance para monitoreo de pacientes a la estación central. Los estándares encargados de regular los dispositivos médicos inalámbricos implantables son ISO 14708-1, 14708-2, 14708-3, 14708-4 [9]. Las industrias dedicadas a la producción de estos dispositivos son: ROCHE [10], Advanced Bionics [11], Medtronic [12], Finetech Medical [13].

Las empresas dedicadas a fabricar estos productos deben ofrecer conexiones de alta disponibilidad. Si falla la comunicación en un momento crítico, la vida de la persona que utiliza el dispositivo inalámbrico estaría en riesgo. Al existir una propuesta de arquitectura que garantice la disponibilidad de la red, se está asegurando el bienestar del paciente y el continuo monitoreo por parte del hospital.

### **1.3. Objetivo General**

Diseñar una arquitectura genérica de IoT mediante un estudio de equipos médicos inalámbricos implantados en pacientes que garantice la comunicación frente a casos de emergencias.

### **1.4. Objetivos Específicos**

Identificar las arquitecturas de IoT aplicadas a la medicina con el fin de establecer un esquema genérico que soporte casos de emergencias en los pacientes.

Análisis de operación de los dispositivos médicos inalámbricos implantados de clase III para proponer un esquema de comunicación de la Arquitectura IoT.

Diseñar una arquitectura de Internet de las cosas utilizando las tecnologías existentes que garantice las vías de comunicación de dispositivos médicos.

### **1.5. Alcance y Limitaciones**

La presente investigación tiene como alcance realizar una arquitectura de Internet de las Cosas mostrando capas lógicas y construyendo una infraestructura que muestre distintos escenarios para la movilidad del paciente.

Como limitación no se muestra arquitecturas de software para diseño de bases de datos UML, sin embargo, se referencia una arquitectura ya realizada por estudiantes de la Universidad de Morón.

## CAPÍTULO 2

### 2. ESTADO DEL ARTE

El uso de redes de sensores inalámbricas en el campo de la medicina tiene como objetivo que las personas estén monitoreadas en tiempo real sin la necesidad de salirse de sus actividades diarias para acudir a un hospital. El estudio de este capítulo tiene como fin reconocer que tecnologías inalámbricas son necesarias para el desarrollo de una arquitectura IoT aplicadas a las redes de sensores inalámbricos implantados en pacientes con enfermedades del corazón.

#### 2.1. Redes AD-HOC

Son redes flexibles en donde las estaciones ofrecen servicios de encaminamiento para permitir las comunicaciones en una conexión inalámbrica directa.

La principal característica de las redes móviles *ad-hoc* es que todos los dispositivos forman parte de la red, además de funcionar como terminales finales, realizan también funciones de retransmisión de paquetes típicamente asociadas a enrutadores. Esta cualidad permite encaminar a destinos sin cobertura directa a través de otros nodos intermedios que se encuentren en la red. De este modo se nos ofrece la posibilidad de incrementar de una manera extraordinaria la movilidad y el tamaño de una red de datos inalámbrica [14].

La funcionalidad principal de estas redes es la de crear de una manera rápida y eficaz una red temporal en lugares carentes de una infraestructura física. Las principales características de una red ad-hoc son:

- *Movilidad*: Este aspecto es la razón de ser de las redes ad-hoc. Los nodos se pueden repositionar o simplemente ser móviles, siempre que no salgan del alcance de radio. Además, se pueden desplegar rápidamente sin la necesidad de descubrir la zona o formar grupos, es decir, cada nodo es individual y solvente.



- *Multisalto (Multihopping)*: Una red multihopping es una red donde el camino de la fuente al destino atraviesa varios nodos intermedios.
- *Auto-organización*: La red de forma autónoma debe determinar sus propios parámetros de configuración: dirección, encaminamiento, clustering, indicador de posición, entre otros.
- *Conservación de la energía*: Los nodos móviles, tienen una batería limitada y a no ser que dispongan de algún mecanismo de carga (por ejemplo, un panel solar), no tienen capacidad de recarga. Es muy importante diseñar protocolos eficientes, con la finalidad de mejorar el rendimiento y prolongar la autonomía de las baterías.
- *Escalabilidad*: En algunos tipos de redes, el número de nodos puede crecer hasta llegar a varios miles. Como no existe un *access point* concreto, la incorporación y descarte de nodos es un proceso sencillo y transparente.
- *Seguridad*: Las redes inalámbricas son vulnerables a ataques, y las redes ad-hoc lo son especialmente. Pueden padecer tanto ataques activos como pasivos y el atacante puede emular a un nodo legítimo y capturar paquetes de datos y control, destruir tablas de encaminamiento, etc.

## **2.2. Redes de sensores**

Las redes de sensores son pequeños dispositivos conectados entre sí para controlar automáticamente eventos sin intervención del ser humano. Estos sensores están distribuidos en un determinado espacio de manera que puedan medir variables físicas, con el fin de monitorear lo que sucede en el entorno. Al conectarse a una red, cada uno de estos dispositivos forma un nodo convirtiéndose en una red ad-hoc. Debido a que estos dispositivos en cuanto a tamaño son pequeños, llegan a lugares donde antes era impensable llegar: observando, midiendo y enviando información en tiempo real. Actualmente, el estándar IEEE 802.15.4 [14] regula la comunicación entre dispositivos inalámbricos de área personal (Wireless Personal Area Network -WPAN), en la que especifica que como estos dispositivos son de baja transmisión de datos,

las baterías que suministran energía a los sensores tienen un largo tiempo de duración.

### **2.2.1. Redes de sensores inalámbricos (WSN)**

Las WSN (Wireless Sensor Network) o redes inalámbricas de sensores, se constituyen como una red de numerosos dispositivos distribuidos en el área geográfica para sensar varias condiciones ambientales. Estos dispositivos están compuestos de un microcontrolador, fuente de energía, un radiotransceptor (transmisor y receptor) y un elemento sensor. Es de bajo consumo y se auto organizan en redes ad-hoc, tiene la ventaja en que si un nodo de la red se avería esta encuentra una vía para encaminar los paquetes de datos. La desventaja de este modelo es el tiempo en recuperación del nuevo camino. Como solución emergente *WSN* se una a red cableada y utiliza equipos como routers y switchs para el uso de protocolos más sofisticados [15].

Hoy en día, es necesario tener información acerca de un equipo para realizar un soporte y mantenimiento; si el proceso de obtención de información se lo realiza de forma manual. Es decir, preguntando a cada persona encargada de un área específica del sistema, posiblemente se tome un largo tiempo para la recolección de los datos y con el peligro de transcribir mal la información. En algunos casos, empresas que poseen grandes sistemas puede resultar casi imposible obtener toda esta información, lo más conveniente para estas instituciones, es poder contar con una plataforma que cubra estas necesidades estando informado en tiempo real de las operaciones efectuadas.

Debido a la necesidad de obtener información en tiempo real, existen tres pasos para utilizar estos datos:

- Los datos recogidos deben ser convertidos en información a través de una recolección sistemática, una integración y una organización. Es imprescindible poder contar con una investigación que se ajuste al sistema, ya que estos datos se convertirán luego en información.

- A partir de la información recolectada se obtiene un conocimiento. El proceso de convertir la información a través de un análisis predictivo es definido como descubrimiento del conocimiento, que se conoce como la habilidad de generar conocimientos no triviales, no intuitivos y llenos de significados a partir de la información.
- Obtener una decisión a partir de un conocimiento. La información obtenida más el conocimiento adquirido se estudian en tiempo real y en conjunto. Todo el análisis ayudara al usuario a tomar una decisión estratégica operacional y táctica.

Estos tres pasos son necesarios dentro del contexto del dominio de la aplicación. Los sensores son capaces de interactuar con el sistema y con el ambiente físico, midiendo variables en tiempo real. A medida que va creciendo la empresa, industria o instituciones también aumenta el número de sensores. El problema de este crecimiento es la incorporación de nuevos sensores al sistema, el costo y tamaño de los mismos.

Las WSN (Wireless Sensor Network) o redes inalámbricas de sensores, resuelven este inconveniente, se constituyen como una red de numerosos dispositivos distribuidos en el área geográfica usados para censar varias condiciones ambientales. Estos sensores diminutos se deben gracias al estudio de la nanotecnología, que permite fabricar dispositivos cada vez más pequeños y potentes [16].

Las WSN se pueden integrar en cualquier campo industrial, teniendo especial atención en el campo de la medicina, en la que se espera poder contar con sensores con una larga duración de batería, y poder obtener una arquitectura de alta disponibilidad.

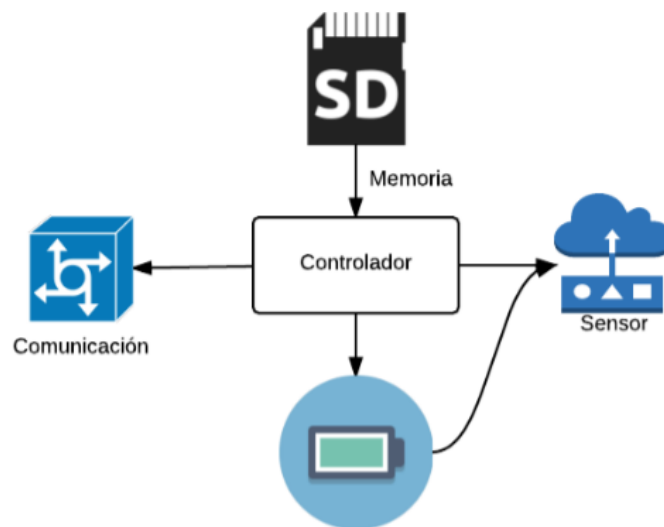
### **2.2.2. Componentes de una WSN**

Cada componente en una WSN tiene una especial revisión según su aplicación. Estos mecanismos ayudan al nodo a tener una comunicación con los demás, dependiendo de su tecnología. En la figura 2.1 está

diagramado los componentes dentro de una red de sensores inalámbricos.

Las WSN están compuestas por:

- *Microcontrolador*: Presenta varios estados, “Dormido”, “Suspenseo” y “Activo”.
- *Fuente de energía*: Varía dependiendo de la aplicación
- *Radiotransceptor (transmisor y receptor)*: Enviar y recibir datos en forma remota
- *Elemento sensor*: Medir una variable física
- *Memoria*: Obtención de datos Temporales



**Figura 2.1: Componentes dentro de una red de sensores inalámbricos que permite el uso de sensores para el manejo de señales analógicas en un ambiente controlado**

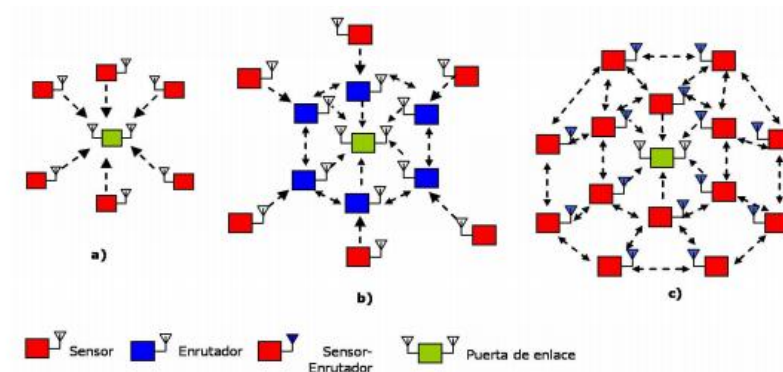
### 2.2.3. Topologías WSN

La topología de la red determina como son las conexiones entre los dispositivos. Los dispositivos de la WSN son diminutos nodos que sirven para encaminar los datos a la puerta de enlace

Las configuraciones típicas de las redes de sensores son:

- Estrella
- Malla
- Híbrida

Estas topologías explicadas en la figura 2.2, contienen diferentes elementos como enrutadores, sensores, coordinadores (sensor y actuador) y pasarela (Gateway) [17], Incluso cada nodo está conformado por los elementos de la WSN y en algunas aplicaciones incluye el sistema de posicionamiento Global (GPS).



**Figura 2.2: Topología de redes de sensores a) Tipo estrella b) Tipo híbrida c) Tipo de malla con jerarquía [15]**

#### Tipo estrella

La topología tipo estrella envía información dando un solo salto a la puerta de enlace utilizando menor cantidad de energía. Usualmente el sensor a la puerta de enlace tiene una distancia de 30 a 100 m. La desventaja de esta topología es que si en la transmisión de la información

a la puerta de enlace se pierde el paquete entonces no habrá otra oportunidad de poder retransmitirlo.

### **Tipo malla**

Es un sistema multipunto en donde los nodos son a la vez enrutadores conversan entre ellos hasta llegar a la puerta de enlace. Tiene la desventaja de que si en la red hay muchos nodos entonces el tiempo de transmisión de paquetes es alta.

### **Tipo híbrida (estrella-malla)**

Esta topología aprovecha la combinación del tipo estrella y malla con la finalidad de obtener las ventajas que ofrecen estas dos topologías. Este tipo hace que el consumo de energía sea menor y pueda reorganizarse el camino de comunicación entre los nodos en caso de falla.

## **2.3. Sensores**

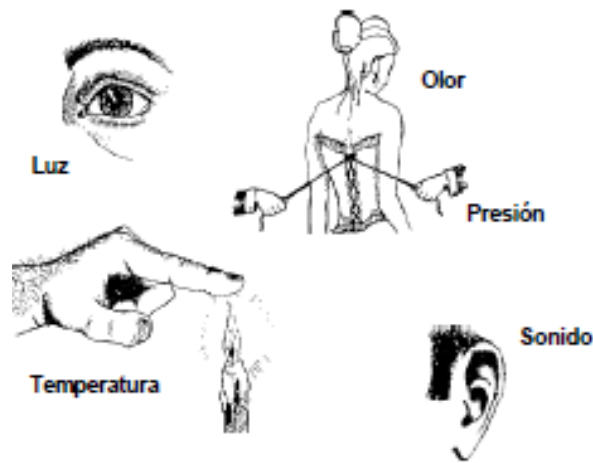
Es un dispositivo usualmente localizado al inicio de un sistema eléctrico, sirve para detectar magnitudes físicas o químicas a las cuales se denomina variables de instrumentación y transformarlas en variables eléctricas, por ejemplo: la intensidad lumínica, temperatura, distancia, aceleración, inclinación, presión, desplazamiento, fuerza, torsión, humedad, movimiento, entre otros.

Existen tipos de sensores de acuerdo a la energía estos son: Activos y pasivos.

- Sensor activo: Requiere una fuente externa de excitación como las RTD (resistance temperatura detector) o células de carga.
- Sensor pasivo: No requiere una fuente externa de excitación como los termopares o fotodiodos.

Los sensores generan una señal eléctrica después de recibir un estímulo. Un transductor permite cambiar un tipo de energía a otra. Al mismo tiempo, podemos decir que el ser humano presenta sensores en el cuerpo, estos vienen a ser: la vista, el gusto, el tacto, el olfato, y oído. Cada uno de estos sentidos que se encuentra descrito en la figura 2.3, mide los aspectos

cambiantes del ambiente, haciendo que el ser humano pueda interpretar las alteraciones como presión, temperatura, humedad, luz, posición, etc [19].



**Figura 2.3 Sensores del cuerpo humano [19]**

### 2.3.1. Características

- *Rango de medida*: valores en la cual puede tomar el sensor.
- *Precisión*: error de medida máximo esperado.
- *Offset o desviación de cero*: se establece cuando la variable de entrada es nula se obtiene un valor de salida.
- *Linealidad o correlación lineal*.
- *Sensibilidad de un sensor* : depende de la variación de los valores de entrada y salida
- *Resolución*: variaciones mínimas dado en la entrada y detectado en la salida.
- *Rapidez de respuesta*: depende del tiempo que se tome para medir las magnitudes.
- *Derivas*: son magnitudes en la cual afecta a las magnitudes de la salida.
- *Repetitividad*: error deseado cuando la misma medida se repite varias veces. [18]

### 2.3.2. Tipos de Sensores

Existen una gran variedad de sensores provistos por la industria. A continuación, se describen cada uno de ellos [19]:

#### **Electrónicos**

Los sensores electrónicos miden con mayor exactitud las magnitudes físicas con el objetivo de poder operar con dichas medidas. Miden voltaje, corriente, carga y conductividad.

#### **Temperatura**

La temperatura es el parámetro físico más utilizado en las mediciones de dispositivos electrónicos. Los sensores de temperatura se clasifican en:

- *Termopares*: Los termopares utilizan la tensión generada en la unión de dos metales en contacto térmico, debido a sus distintos comportamientos eléctricos.
- *Resistivos*: Lo constituyen las RTD (Resistance Temperature Detector) o PT100 basadas en la dependencia de la resistividad de un conductor con la temperatura, están caracterizadas por un coeficiente de resistividad positivo PTC (Positive Thermal Coefficient). También lo son las NTC (Negative Thermal Coefficient), que se llaman termistores y están caracterizados por un coeficiente de temperatura negativo.
- *Semiconductores*: Se basan en la variación de la conducción de una unión p-n polarizada directamente [19].

#### **Humedad**

Estos sensores se basan en que el agua no es un material aislante como el aire, sino que tiene una conductividad eléctrica; por esa razón el Reglamento de Baja Tensión prohíbe la presencia de tomas de corrientes próximas a la bañera. Podemos tener varios tipos de sensores que detectan la humedad, tales como: [20]

- *Sensores de Humedad Capacitivos*: El sensor lo forma un condensador de dos láminas de oro y un dieléctrico no conductor que



varía su constante dieléctrica, en función de la humedad relativa de la atmósfera ambiente. El valor de la capacidad se mide como humedad relativa.

- **Sensores de Humedad Resistivos:** Un electrodo polímero montado en tandem sensa la humedad en el material.

### **Presión**

Los sensores de presión o transductores de presión son elementos que transforman la magnitud física de presión o fuerza por unidad de superficie en otra magnitud eléctrica que será la que empleamos en los equipos de automatización o adquisición estándar [21].

- *Sensores de Presión Resistivos:* Una presión sobre una membrana hace variar el valor de las resistencias montadas en un puente de Wheatstone apareadas. Las Células de Carga y las Galgas Extensiométricas son elementos metálicos que cuando se someten a un esfuerzo sufren una deformación del material, y por lo tanto una variación de su resistencia interna.
- *Sensores de Presión Piezo-Cerámicos/Multicapa:* La combinación de la tecnología piezo-cerámica y multicapa se utiliza para producir una señal eléctrica, cuando se aplica una fuerza mecánica en el sensor.
- *Sensores de Presión con Semiconductores:* Una variación de presión sobre una membrana, hace actuar un único elemento piezo-resistivo semiconductor [19].

### **Posición**

Su función es medir o detectar la posición de un determinado objeto en el espacio [22]. Los sensores de posición pueden dar según su construcción o montaje, una posición lineal o angular. Entre estos se puede tener la siguiente clasificación:

- *Electromecánicos:* Se sitúan en puntos estratégicos a detectar, en sistemas industriales y máquinas en general. Conmutan directamente

cualquier señal eléctrica. Tienen una vida limitada, solo pueden detectar posiciones determinadas debido a su tamaño.

- *Magnéticos*: Lo forman los Detectores de Proximidad Magnéticos, que pueden ser los de Efecto Hall y los Resistivos, típicos en aplicaciones industriales.
- *Inductivos*: Lo forman los Detectores de Proximidad Inductivos, los Sincros y Resolvers, los RVDT (Rotary Variable Differential Transformer) y LVDT (Lineal Variable Differential Transformer).
- *Potenciométricos*: Lo forman los Potenciómetros lineales o circulares.
- *Ópticos*: Lo forman las Células fotoeléctricas y los Encoders [19].

### **Movimiento (Posición, Velocidad y Aceleración)**

Los sensores de movimiento permiten la *medida de la fuerza gravitatoria estática* (cambios de inclinación), la *medida de la aceleración dinámica* (aceleración, vibración y choques), y la *medida inercial de la velocidad y la posición* (la velocidad midiendo un eje y la posición midiendo los dos ejes). Estos sensores se pueden tener en el mercado de diferente composición, tales como:

- *Electromecánicos*: Una masa con un resorte y un amortiguador.
- *Piezo-eléctricos*: Una deformación física del material causa un cambio en la estructura cristalina y así cambian las características eléctricas.
- *Piezo-resistivos*: Una deformación física del material cambia el valor de las resistencias del puente [19].
- *Capacitivos*: El movimiento paralelo de una de las placas del condensador hace variar su capacidad.
- *Efecto Hall*: La corriente que fluye a través de un semiconductor depende de un campo magnético [19].

### **Caudal**

Existe una variedad de sistemas para la medición de caudal, dependiendo de los líquidos y de los caudales. Tales como:

- *Electromecánicos*: Por *pistones* (midiendo el volumen de cada pistonada), por *turbulencias* (mediante el paso del caudal a través de un cilindro donde gira un cuerpo magnético y al dar vueltas conmuta un interruptor magnético exterior y se cuentan los pulsos), por *turbina* (contando las vueltas), por *vibraciones* (un elemento mecánico vibra al paso del caudal y se mide la frecuencia).
- *Magnéticos*: Aplicando un campo magnético perpendicular al caudal.
- *Ultrasonidos*: Aplicando un emisor y un receptor de ultrasonidos.
- *Semiconductores*: Por *diferencia de presión* utilizan un sensor de presión diferencial entre dos puntos separados de medida en un tubo. *Motorola* fabrica sensores de Presión de medida diferencial, serie MPX [19].

### **Luz**

Conocido también como sensor fotoeléctrico es un sensor que responde al cambio de la intensidad de luz.

Dependiendo del modo de operación se los puede clasificar en:

- *Resistivos (LDR)*: Varían la resistencia interna en función de la intensidad luminosa recibida.
- *Opto electrónicos*: Un fotodiodo convierte la intensidad luminosa en corriente eléctrica [19].

### **Imagen**

El sensor de imagen es el elemento de una cámara electrónica, tanto de vídeo como de fotografía estática, utilizando un chip formado por millones de componentes sensibles a la luz (fotodiodos o fototransistores) que al ser expuestos capturan la luz proyectada de un objetivo, que componen la imagen [23].

### **Corriente Eléctrica**

Son sensores sensibles al paso de corriente. Dependiendo del modo de operación se los puede clasificar en:

- *Inductivos*: Transformadores de Corriente. El cable a medir pasa por medio de un núcleo magnético que tiene bobinado un secundario que proporciona una tensión proporcional a la corriente que circula por el cable.
- *Resistivos*: Una resistencia provoca una caída de tensión proporcional a la corriente que circula por dicha resistencia Shunt.
- *Magnéticos (Efecto Hall)*: El sensor mide el campo magnético de un núcleo, generado por la corriente que circula por el cable a medir, que bobina al núcleo.
- *Bobina Rogowsky*: Miden los cambios de campo magnético alrededor de un hilo que circula una corriente para producir una señal de voltaje que es proporcional a la derivada de la corriente ( $di/dt$ ) [19].

### **Conductividad**

La conductividad eléctrica, se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica [24]. La mayoría de las aplicaciones involucran el tratamiento de agua, abarcan desde la desalinización a la producción de agua de alta pureza en las industrias de semiconductores y de energía. Otras aplicaciones incluyen la detección de fugas en los intercambiadores de calor y detección de interfaces líquidas [19]

### **Acústicos**

Las ondas sonoras es el resultado de la transposición de ondas sonoras que han experimentado reflexiones múltiples, es producido por variaciones de presión y velocidad que ellas generan. Los micrófonos son los sensores más conocidos que facilitan la conversión de una señal acústica en eléctrica. Se pueden aplicar diversos principios a su realización como la combinación de fenómenos mecánico-acústicos y su conversión electromecánica [25]. Mediante una aplicación de medición de ruido se puede detectar fugas en las válvulas de alimentación de bombas de desplazamiento positivo como bombas de pistón [26]

### **Gases**

Un detector de gas es un elemento que sufre un cambio físico o químico, reversible, en presencia de un gas, para dar a una señal que es transmitida, mostrada o utilizada para operar alarmas y controles [27]

Se los puede clasificar de la siguiente manera:

- *Resistivos*: El sensor lo forma una resistencia NPC (Negative Pollution Coefficient), con coeficiente de polución negativo, que según sea más alta la concentración de gas en el aire más disminuye dicha resistencia. Los hay de diferentes tipos, sensibles al monóxido de carbono, amoníaco, alcohol y gasolina, o al propano y metano.
- *Semiconductores*: La absorción de Oxígeno en la superficie del substrato varía el flujo de electrones. CO y CH<sub>4</sub>.

### **Humo**

Este sensor detecta la presencia de humo que se encuentra en el aire. Varían dependiendo del tipo de detección:

- *Iónicos*: Los sensores de humo iónicos se basan en una cámara iónica, con material radioactivo, que cuando entra humo en dicha cámara se produce un cambio de ionización y se procesa la señal a través de un completo circuito integrado de *Motorola*, que envía una alarma y dispone de un driver led y un zumbador.
- *Fotoeléctricos*: Los sensores de humo fotoeléctricos se basan en una barrera de infrarrojos colocados en una cámara que cuando entra humo hay una interrupción del haz, que se procesa a través de un circuito de *Motorola* que envía una alarma y además dispone de un driver led y de un zumbador. Los diodos los suministra *Infineon* con el emisor SFH203 y el receptor SFH484. [19]

### **Aceleración**

Los acelerómetros o sensores de aceleración, están pensados para realizar una medida de aceleración o vibración, proporcionando una señal eléctrica según la variación física [28].

### **Inclinación**

Es un componente electrónico que permite transformar una magnitud física, como son los grados de inclinación a los que se ve sometido, permite averiguar el movimiento de un cuerpo en una o varias dimensiones [29]

### **Químicos**

Un sensor químico recibe la información química y la transforma a una señal analíticamente útil y es capaz de dar la concentración de un componente específico de una muestra [30].

- *Sensores basados en transductores ópticos:* son los dispositivos basados en fibras ópticas las cuales en algunas ocasiones presta mayor prestación que los sensores eléctricos.
- *Sensores basados en transductores piezoeléctricos:* son dispositivos basados en onda acústica de volumen y dispositivos basados en onda acústica superficial.
- *Sensores basados en transductores electroquímicos y eléctricos:* Los sensores electroquímicos se basan en la amperometría y en la potenciometría. En el caso de los sensores amperométricos, se debe aplicar un potencial externo que provoque la reacción en el electrodo, mientras que en los potenciométricos se provoca un equilibrio local en la superficie sensorial, sin ser necesario ninguna fuerza externa [19].

### **Inalámbricos**

Un nodo sensor, también conocido como mote, es un nodo en un sensor de red que es capaz de realizar algún procesamiento, reuniendo información sensible y comunicando con otros nodos conectados en la red.

### **Biométricos**

Los Sensores Biométricos se basan en sensores de imagen CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor), que posteriormente procesan la imagen obtenida con un DSP para identificar los puntos necesarios para usarlos como identificación. Entre las aplicaciones en los

sensores biométricos se encuentra el Sensor de la huella digital (Fingerprints), escáner de la Retina (Iris Scans), escáner de la mano (Hand Geometry) y reconocimiento facial (Facial recognition).

- *CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)*

Los sensores de imagen CMOS detectan la luz desde el punto vista de la detección. Permiten la integración de toda la circuitería de control en el propio chip. El consumo es menor en los dos modos: trabajo y espera. Utilizan un bajo voltaje de alimentación. El acceso aleatorio permite el “pan/zoom/windowing” electrónico [19].

## **2.4. Tecnologías de Comunicación Inalámbrica**

En los años 1971 en la Universidad de Hawai creó el primer sistema de paquetes por una red de comunicación de radio denominado ALOHA [31], es decir para esos años fue implementado sólo para transmitir voz. Con los avances tecnológicos es posible en esta época poder comunicarse por video, voz, mensajes instantáneos, etc.

A continuación, una breve explicación de las tecnologías inalámbricas existentes.

### **2.4.1. Infrarrojo - IrDA**

Esta tecnología está basada en rayos luminosos que se mueven en el espectro infrarrojo. Los estándares IrDA soportan una amplia gama de dispositivos eléctricos, informáticos y de comunicaciones; permiten la comunicación bidireccional entre dos extremos a velocidades que oscilan entre los 9600 bit/s y los 4 Mbit/s. Esta tecnología se encontraba en muchas computadoras portátiles y en teléfonos móviles de finales de los años 1990 y principios de los 2000, sobre todo en los dispositivos de fabricantes líderes de ese momento, como Nokia y Ericsson; fue gradualmente desplazada por tecnologías como Wi-Fi y Bluetooth [32].

### **2.4.2. Bluetooth**

Bluetooth pertenece al grupo de las Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN), en la que se transmite voz y datos entre diferentes

dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz. Esta caracterizado por:

- Dar facilidad a las comunicaciones entre equipos móviles.
- Posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y la sincronización de datos entre equipos personales.

### 2.4.3. Radio Frecuencia - RFID

Radio Frequency Identification (RFID) es una tecnología que tiene la capacidad de almacenar y capturar información electrónicamente, está compuesto de un circuito integrado colocado de manera geométrica que sirve como antena o etiqueta inteligente. Existen distintas clases de etiquetas RFID o también conocido como tags.

- *Tags activas*, tienen incorporado un propio suministro de energía, esta puede ser una batería, panel solar, etc., es el primero en enviar la señal de ubicación. Tiene rangos de fiabilidad de 10m aproximadamente y es operativo en un ambiente de agua y metal.
- *Tags pasivas*, absorben energía del campo electromagnético generado por el lector para transmitir datos que se encuentran en su memoria, por ende, es el primero en iniciar la comunicación. Posee un alcance entre 10mm a 6 m, pero es más barato en la fabricación y soporta condiciones extremas ambientales.
- *Tags semi-pasivas*, tienen batería para alimentar el circuito hasta comunicarse con el lector, a partir de ese momento utilizan el campo eléctrico para suministrar energía y envío de datos. Tiene fiabilidad comparable a los Tags activos y responden más rápido al envío de datos.

Otro tipo de clasificación de Tags es respecto a su memoria

- *Tags solo lectura*, normalmente el código de identificación se establece en fabrica es único y no se puede sobrescribir.



- *Tags múltiple lectura y única escritura*, es cuando sale de fábrica y el usuario del sistema RFID es quien escribe la información en el tag mediante un lector.
- *Tags múltiple lectura y múltiple escritura*, en este dispositivo se puede leer y escribir la información de forma indeterminada.

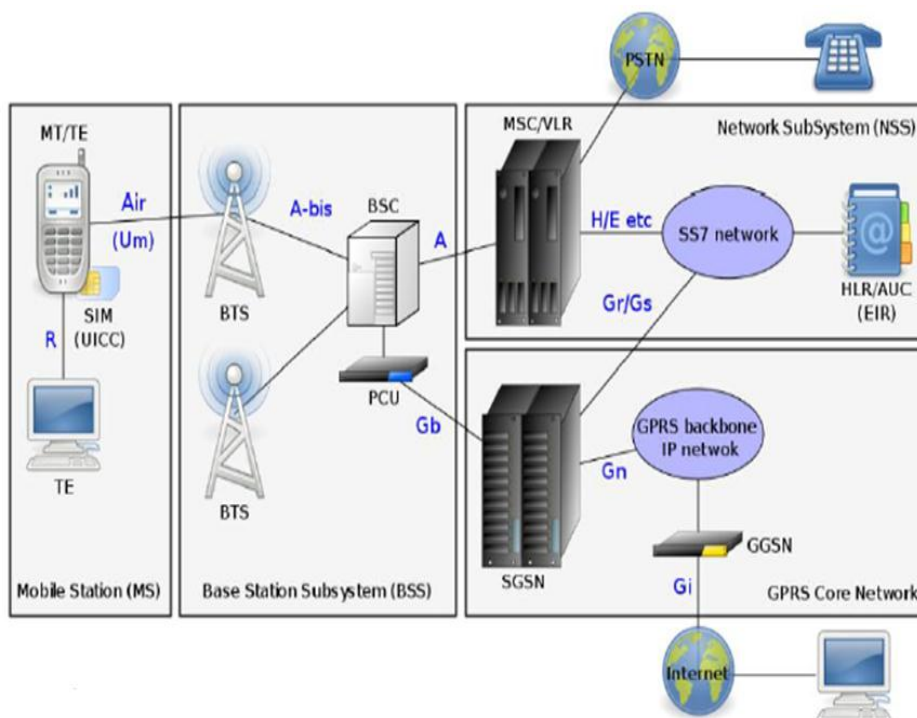
El lector del sistema RFID está conformado por varias antenas para establecer el campo electromagnético, capturar datos y dar energía a los *tags*. Los rangos de frecuencia se clasifican en baja (125 KHz y 134 KHz) no sirve para multi-lectura; alta (13.56 MHz) para un área de 2m ; ultrasónica (860 y 960 MHz) para Tags multi-lectura y mayor área y microondas (~2.45GHz) para distancias de 30m [33].

#### **2.4.4. Redes GSM**

Antes, con los sistemas de telefónica Celular como AMPS (Advanced Mobile Phone System) y TACS (Total Access Communication System) era bastante fácil para cualquier Phreaker, interceptar las conversaciones telefónicas celulares ya que esos sistemas analógicos utilizaban ESN (Electronic Serial Number) que transmitía la información sin cifrar facilitando un fraude telefónico. GSM utiliza un algoritmo de codificación de voz, modulación digital GSMK (Gaussian Minimum Shift Keying), lento salto de frecuencia y arquitectura de ranuras de tiempo TDMA (Time Division Multiple Access). [34].

#### **Arquitectura GSM**

La arquitectura GSM consta de varios Subsistemas:



**Figura 2.4 Componentes de la arquitectura de GSM [35]**

La figura 2.4 muestra la arquitectura GSM en la cual describe los componentes de la misma, las cuales son:

- MT / TE (*Mobile Terminal / Terminal Equipment*): terminal, se comunica con la red móvil a través del interfaz aire (Um).
- Tarjeta SIM (*Subscriber Identity Module*): tarjeta inteligente desmontable que almacena de forma segura la clave de servicio del suscriptor usada para identificarse ante la red.
- BTS (*Base Transceiver Station*): estación base, conjunto de la antena con su electrónica y su enlace con el resto de la red, que cubre una cierta área geográfica (celda).
- Radio de cobertura máximo de unos 35 Km, potencia 320 W.
- Cada celda tiene un identificador de celda (CellId).
- BSC (*Base Station Controler*): agrupa un conjunto de BTS.
- Elimina complejidad de la BTS y extrae de la MSC las funciones del control radio.

- MSC (*Mobile Switching Centre*): agrupa a un conjunto de BSC, cubriendo una amplia zona geográfica.
- Se encarga de iniciar, terminar y canalizar las llamadas a través del BSC y BTS correspondientes al abonado llamado.
- VLR (*Visitor Location Register*): proporciona un repositorio de datos de suscripción de los móviles operando en un área de localización (asociada a un MSC).
- Suele estar asociado a un MSC (par MSC/VLR). HLR (*Home Location Register*): proporciona un repositorio central de datos de suscripción.
- Cada red debe tener al menos un HLR.
- AuC (*Authentication Centre*): asociado al HLR, contiene las claves individuales de identificación del abonado. Clave secreta Ki (128 bits), nunca abandona el AuC ni el MS (SIM). El AuC genera un conjunto de claves SRES, Kc y RAND (tripleto de autenticación).
- EIR (*Equipment Identity Register*): repositorio que almacena los IMEI (*International Mobile Station Equipment Identity*) utilizados por el sistema GSM. Los MS tienen incluido de fábrica un único IMEI (15 dígitos), que es utilizado por el EIR para confeccionar distintas listas (blancas, negras) [34].

#### **2.4.5. Redes 3G**

La tercera generación móvil es de transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil mediante UMTS (Servicio Universal de Telecomunicaciones Móviles).

Los servicios a los que está asociado 3G proporciona la posibilidad de transferir tanto voz y datos como intercambio de correos electrónicos, descarga de programas y mensajería instantánea.

Aunque está orientada a la telefonía móvil, existen operadoras que ofrecen servicios exclusivos de conexión a Internet mediante módem USB en la que cualquier computadora puede disponer de acceso a Internet [37].

#### **2.4.6. Wi-Fi**

Wi-Fi es una marca de la Wi-Fi Alliance que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen con los estándares 802.11 relacionados a comunicaciones inalámbricas de área local.

Esta tecnología surgió por la necesidad de encontrar un mecanismo de conexión inalámbrica compatible entre distintos dispositivos. Buscando esa compatibilidad, en 1999 varias empresas como 3Com, Airones, Intersil, Lucent Technologies, Nokia y Symbol Technologies se unieron para crear la Wireless Ethernet Compatibility Alliance, actualmente llamada Wi-Fi Alliance. El objetivo de la misma fue crear una marca que permita fomentar fácilmente la tecnología inalámbrica y asegurar la compatibilidad de equipos [36]

#### **2.4.7. WiMAX**

Worldwide Interoperability for Microwave Access (Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas), es una norma de transmisión de datos que utiliza las frecuencias de 2,5 a 5,8 GHz para tener una cobertura de hasta 50 Km.

Es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El estándar que define esta tecnología es el IEEE 802.16MAN. Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas rurales donde el despliegue de cable o fibra se dificulta y el costo final para el usuario es muy elevado [37].

#### **2.4.8. Comunicación de campo cercano (NFC)**

Es una tecnología de comunicación inalámbrica, de corto alcance y alta frecuencia que permite el intercambio de datos entre dispositivos. Los estándares de NFC cubren protocolos de comunicación y formatos de intercambio de datos, están basados en el ISO 14443 (RFID, radio-frequency identification) y FeliCa. Los estándares incluyen ISO/IEC

18092 y los definidos por el NFC Forum, fundado en 2004 por Nokia, Philips y Sony [38].

#### **2.4.9. Zigbee**

ZigBee, también conocido como "*HomeRF Lite*", es una tecnología inalámbrica con velocidades comprendidas entre 20 kB/s y 250 kB/s y rangos de 10 a 75 m. Puede usar las bandas libres ISM de 2,4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EEUU).

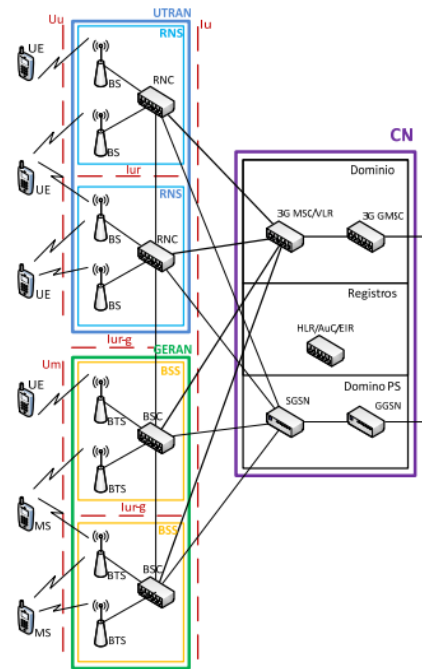
Una red ZigBee puede estar formada por hasta 255 nodos los cuales tienen la mayor parte del tiempo el transceiver ZigBee dormido con objeto de consumir menos que otras tecnologías inalámbricas. El objetivo es que un sensor pueda ser alimentado con dos pilas AA durante al menos 6 meses y hasta 2 años.

Como comparativa, la tecnología Bluetooth es capaz de llegar a 1 MB/s en distancias de hasta 10m operando en la misma banda de 2,4 GHz, sólo puede tener 8 nodos por celda y está diseñado para mantener sesiones de voz de forma continuada, aunque pueden construirse redes que cubran grandes superficies ya que cada ZigBee actúa de repetidor enviando la señal al siguiente.

Los productos ZigBee trabajan en una banda de frecuencias que incluye la 2.4 Ghz (mundial), de 902 a 928 Mhz (en Estados Unidos) y 866Mhz (en Europa). La transferencia de datos de hasta 250Kbps puede ser transmitido en la banda de 2.4Ghz (16 canales), hasta 40kbps en 915Mhz (10 canales) y a 20kbps en la de 868Mhz (un solo canal). La distancia de transmisión puede variar desde los 10 hasta los 75 metros, dependiendo de la potencia de transmisión y del entorno. Al igual que WiFi, ZigBee usa la DSSS (secuencia directa de espectro ensanchado) en la banda 2.4 Ghz. En las bandas de 868 y 900Mhz también se utiliza la secuencia directa de espectro ensanchado, pero con modulación de fase binaria [39].

### 2.4.10. Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)

Los cimientos de las redes UMTS están basados en la estructura de red GSM.

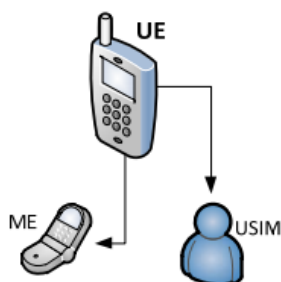


**Figura 2.5 Arquitectura de la red UMTS [35]**

La Figura 2.5 muestra la arquitectura de la red UMTS la cual se encuentra dividida en varios sistemas.

El terminal de usuario 3G se denomina como (UE) y se divide en:

- El equipo móvil (ME o MS dependiendo del sistema)
- El módulo de identificación de usuario para UMTS (USIM).

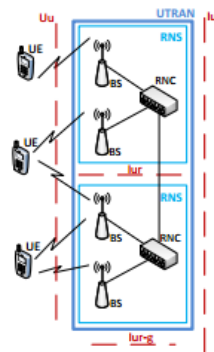


**Figura 2.6 División del terminal UE [35]**

La figura 2.6 muestra la división del terminal UE (User Equipment) la cual se compone de la terminal móvil y su módulo de identidad de servicios de usuario/suscriptor (USIM) o equivalente a la tarjeta SIM del teléfono móvil.

El subsistema que controla el acceso de radio en banda ancha recibe diferentes nombres según la tecnología de Acceso de Radio (RAN) utilizada:

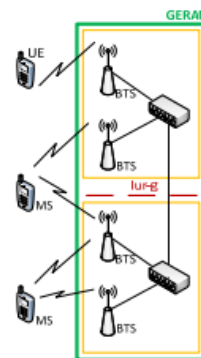
- UTRAN. - Acceso de radio WCDMA, se subdivide en subsistemas de Red Radioeléctrica (RNS). Estos RNS contienen sus elementos de radio (Nodo B o BS) y el elemento de control radioeléctrico (RNC). Los RNC se interconectan mutuamente a través de la interfaz de red interna de acceso (Iur). Entre UE y UTRAN está la Uu (se hace con WCDMA). Entre UTRAN y GERAN está la Um. Entre UTRAN/GERAN y la CN está la Iurg



**Figura 2.7 Subsistema UTRAN [35]**

La figura 2.7 muestra el subsistema UTRAN en la que se observa la comunicación entre los RNC, BS, y UE en las diferentes interfaces.

GERAN. -De igual manera contiene elementos similares con las siguientes denominaciones:



**Figura 2.8 Subsistema GERAN [35]**

La figura 2.8 muestra el subsistema GERAN la cual se comunica entre el Equipo de Usuario (UE), la estación móvil (MS) y la estación transceptora Base (BTS).

La red central (CN) engloba a todos los elementos de red necesarios para el control de las conmutaciones y registros de abonados. Agrupa los dominios de CS y PS [40]



#### **2.4.11. IPv6 sobre redes de área Personal inalámbrica de bajo consumo (6LoWPAN)**

Tras una década de desarrollo de IPv6 para redes de área personal inalámbricas de bajo consumo (6LoWPAN), se puede decir que se ha creado un protocolo aplicado a dispositivos simples, con limitado procesamiento y baja potencia para ser integrado en el Internet de las Cosas [41].

6LoWPAN, es una capa de adaptación que permite el uso de IPv6 a través de baja potencia inalámbrica. La compresión de la cabecera del protocolo de Internet (IP) permite a los paquetes 6LoWPAN ser compactos, por lo que es robusto y, ideal para redes de baja potencia y con pérdidas de paquetes.

Una de las características de 6LoWPAN es la compresión de cabecera sin estado (Stateless header compression) en la que comprime de los 42 bytes de tamaño de cabecera de una IPv6 normal a sólo 6 bytes en su mínima implementación.

Como es dedicado para dispositivos pequeños utiliza un mínimo de código y memoria en la que encajan fácilmente en partes 32K de memoria flash. Permite comunicación punto a punto con Internet y la adaptación a IPV6 a cualquier PAN compuesta con dispositivos de recursos limitados y bajo consumo energético

Los características de 6LoWPAN son:

- Estándares abiertos
- Integración transparente de Internet
- Escalabilidad
- Flujo de datos punto-a-punto
- Uso de la infraestructura de Internet

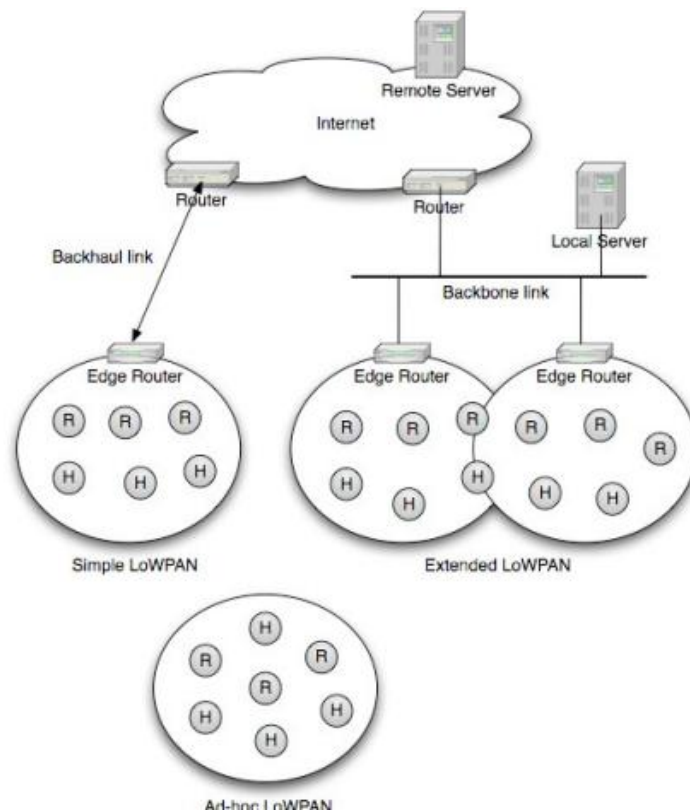
#### **Arquitectura 6LoWPAN**

Las 6LoWPANs son *stub networks* en la que no tienen conocimiento de otras redes, no se direcciona tráfico de otras redes a través de ellas y

para comunicarse con otras redes lo hacen con puntos de salida (*edge routers*) definidos, teniendo varios puentes de salida.

Los tipos de configuraciones de la figura 2.9 con 6LoWPAN son:

- Simple LoWPAN  
Un *Edge Router* (router de borde)
- Extended LoWPAN  
Varios *Edge Routers* compartiendo un enlace en común (backbone)
- Ad-hoc LoWPAN  
No hay routers en la LoWPAN [42]



**Figura 2.9: Arquitectura de 6LoWPAN en sus distintas configuraciones [43]**

#### **2.4.12. Ultra Banda Ancha (UWB)**

Ultra-Wideband o UWB es una tecnología emergente que provee comunicación inalámbrica. Antes de que se diera a conocer UWB en el mundo común, ésta tecnología ya se estaba aplicando en las fuerzas militares. Hoy en día, se realiza estudios para proponerlos en diferentes aplicaciones como en la medicina.

UWB tiene dos modos de modulación: Impulse Radio (IR) y Multibanda OFDM. OFDM se lo utiliza para comunicaciones de alta velocidad de pequeña gama. IR tiene baja potencia de pulsos ultracortos en intervalos de nanosegundos. Las aplicaciones de UWB son de acceso de altas velocidades de banda ancha de corto alcance, alta resolución de penetración radar en la medicina.

Los primeros pasos de UWB en la medicina fue en 1993 cuando fue monitoreado el cuerpo humano. En 1994 en USA fue presentada la solicitud de patente por Radar UWB médica. Ya en 1996, el uso biomédico de radares UWB se detecta imágenes y simples trazos, desde entonces radar UWB es una opción para la teledetección y la imagen. En comparación con los rayos X, las sondas de UWB utilizan ondas electromagnéticas no ionizantes, que son inofensivas para el cuerpo humano.

El pulso que genera UWB es en un tiempo muy corto y se encuentra por debajo del nivel del ruido, lo que genera velocidades Gbps mediante el uso del espectro 10 GHz.

La radiación electromagnética de UWB es baja debido al pulso de baja potencia de radio de -41,3dB. Esta baja radiación es seguro incluso a corta distancia para el cuerpo humano.

Uno de los campos aplicativos es en la imagen médica. Una de los primeros órganos detectados fue el corazón de la cual se desarrolló una patente de Ultra Wide Band como estetoscopio radar. El transmisor de

UWB emite pulsos directos al cuerpo humano y los pulsos reflejados llegan al receptor.

UWB tiene sus futuros estudios de investigación en el área médico en:

- Ecografía del corazón con trazados M-Mode
- Fonocardiograma y apexcardiograma para trazados externos
- Grabaciones de pulso de presión invasivas
- Grabaciones de electrocardiograma
- Mejor compresión y modelización de propagación de pulso de RF en los tejidos vivos [44].

Las comunicaciones UWB son seguras, puesto que es necesario conocer la secuencia de transmisión de los bits de información para poder escuchar las transmisiones. Además, la relación señal a ruido es tan baja que las transmisiones pueden ser confundidas con ruido ambiental o de fondo. Estas transmisiones pueden cifrarse sin ningún tipo de limitación y se pueden excluir de la escucha aquellos terminales que se hallen más alejados de una cierta distancia específica. Tampoco se tiene que sintonizar la transmisión, ya que no existe portadora [45]

## **2.5. Arquitecturas y Protocolos de Comunicación**

La arquitectura de una red inalámbrica es el primer paso para llegar a proporcionar redes con gran ancho de banda, de forma eficaz y dinámica sobre los costos en un área de cobertura específica. Las infraestructuras de una arquitectura de malla inalámbrica es en efecto un router de la red menos el cableado entre los nodos. Está construido por pares de dispositivos de radio que no tienen que estar cableados a un puerto como los puntos de acceso WLAN tradicionales (AP). La arquitectura de malla sostiene la intensidad de la señal mediante las largas rupturas a distancias, en una serie de saltos más cortos. Los nodos intermedios no sólo aumentan la señal, también hacen cooperativamente decisiones de envío sobre la base de su conocimiento de la red, es decir, realizan un enrutamiento. Tal arquitectura con un diseño

cuidadoso puede proporcionar un gran ancho de banda, eficiencia espectral y una ventaja económica sobre el área de cobertura.

Las redes de mallas inalámbricas tienen una topología relativamente estable a excepción a la falta ocasional de los ganglios o la adición de nuevos nodos. La ruta de acceso de tráfico, que se agrega a partir de un gran número de usuarios finales, no cambia con frecuencia. Prácticamente, todo el tráfico en una infraestructura de red de malla es transmitida hacia o desde una puerta de enlace, mientras que en las redes ad hoc o redes de malla cliente el tráfico fluye a través de unos pares de nodos arbitrarios [46]

### **2.5.1. Common Object Request Broker Architecture (CORBA)**

La arquitectura Common Object Request Broker Architecture (CORBA) está dirigida para diseñadores y desarrolladores de software que cumple con las especificaciones de Object Management Group (OMG). La OMG es una organización sin fines de lucro que promueve el uso de tecnología orientada a objetos mediante guías y especificaciones. Las características de CORBA son:

- Independencia en el lenguaje de programación y sistema operativo: CORBA fue diseñado para liberar a los ingenieros de las limitaciones en cuanto al diseño del software. Actualmente soporta Ada, C, C++, C++11, Lisp, Ruby, Smalltalk, Java, COBOL, PL/I y Python.
- Posibilidad de interacción entre diferentes tecnologías: uno de los principales beneficios de la utilización de CORBA es la posibilidad de normalizar las interfaces entre las diversas tecnologías y poder así combinarlas.
- Transparencia de distribución: ni cliente ni servidor necesitan saber si la aplicación está distribuida o centralizada, pues el sistema se ocupa de todo eso.
- Transparencia de localización: el cliente no necesita saber dónde ejecuta el servicio y el servicio no necesita saber dónde ejecuta el cliente.

- Integración de software existente: se amortiza la inversión previa reutilizando el software con el que se trabaja, incluso con sistemas heredados.
- Activación de objetos: los objetos remotos no tienen por qué estar en memoria permanentemente, y se hace de manera invisible para el cliente.
- Otras como: el tipado fuerte de datos, la alta capacidad de configuración, libertad de elección de los detalles de transferencia de datos, o la compresión de los datos [49].

### 2.5.2. Simple Object Access Protocol (SOAP)

SOAP (*Simple Object Access Protocol*) es una arquitectura de software de mensajería que define cómo dos objetos en diferentes procesos pueden comunicarse por medio de intercambio de datos XML. Es uno de los protocolos utilizados en los servicios Web. Puede formar y construir la capa base de una "pila de protocolos", ofreciendo un framework de mensajería básica en el cual los WebServices se pueden construir. Este protocolo está basado en XML y se conforma de tres partes:

- **Sobre** el cual define qué hay en el mensaje y cómo procesarlo
- **Conjunto de reglas de codificación** para expresar instancias de tipos de datos
- **La Convención** para representar llamadas a procedimientos y respuestas.

El protocolo SOAP tiene tres características principales:

- **Extensibilidad** (seguridad y WS-routing son extensiones aplicadas en el desarrollo).
- **Neutralidad** (SOAP puede ser utilizado sobre cualquier protocolo de transporte como HTTP, SMTP, TCP o JMS).

- **Independencia** (SOAP permite cualquier modelo de programación).

### **Modelo de procesado**

El modelo de procesado de SOAP se define como un sistema distribuido, en el que intervienen distintos nodos. En un escenario básico, los nodos SOAP se comunican, uno asumiendo el papel de transmisor **SOAP Sender** y otro como receptor denominado **SOAP Receiver**. Aun así, la especificación define otros tipos de nodos en función del rol que asumen en la transferencia del mensaje:

- *SOAP message path*: conjunto de nodos por los cuales debe pasar un mensaje SOAP.
- *Initial SOAP sender*: el transmisor que origina el mensaje y es el punto de inicio del camino que seguirá el mensaje.
- *SOAP intermediary*: el intermediario actúa como SOAP receiver y como SOAP sender, ya que primero recibe el mensaje para después reenviarlo al siguiente nodo en el camino.
- *Ultimate SOAP receiver*: destino final del mensaje SOAP, es el responsable de procesarlo.

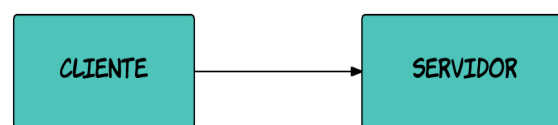
Un nodo SOAP puede usar uno o varios roles, cada uno de los cuales se encuentra definido mediante una URI conocida como el nombre de rol. Los roles asumidos por un nodo son invariantes durante el envío de un mensaje, teniendo en cuenta la especificación el procesado individual de mensajes. Una aplicación puede crear protocolos de comunicación más complejos como capas superiores sobre SOAP, pudiendo definir sus propios roles para poder cumplir con sus necesidades [47].

### **2.5.3. Transferencia de Estado Representacional (REST)**

Es una arquitectura de software para sistemas hipermedia distribuidos como la World Wide Web. REST afirma que la web ha disfrutado de

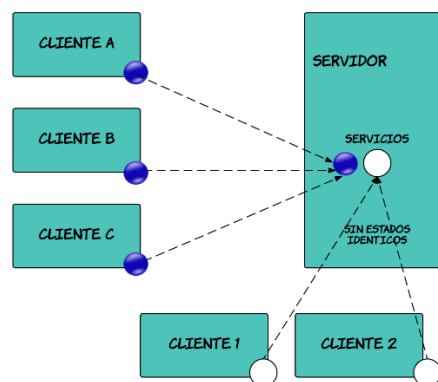
escalabilidad como resultado de una serie de diseños fundamentales clave:

**Cliente/Servidor.** Como servicios web son cliente servidor y definen una interface de comunicación entre ambos separando completamente las responsabilidades entre ambas partes como se muestra en la figura 2.10.



**Figura 2.10 Comunicación entre Cliente/Servidor de REST**

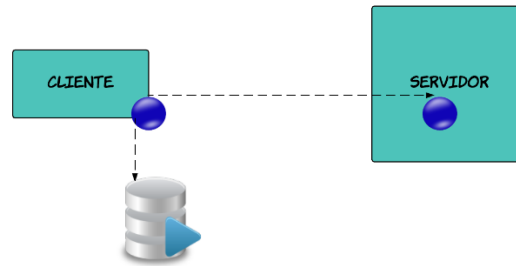
**Sin estado:** Son servicios web que no mantienen estado asociado al cliente. Cada petición que realiza distintos clientes a ellos es completamente independiente de la siguiente. Todas las llamadas al mismo servicio serán idénticas, como se muestra en la figura 2.11.



**Figura 2.11 Diagrama Cliente/Servidor sin estados**

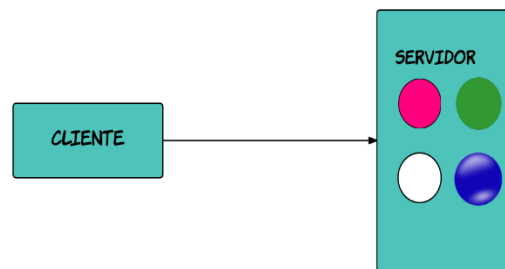
**Cache:** El contenido de los servicios web REST se puede cachear de tal forma que una vez realizada la primera petición al servicio el resto puedan apoyarse en la cache si fuera necesario. En la figura 2.12 muestra un diagrama de las peticiones guardadas por un servidor cache.





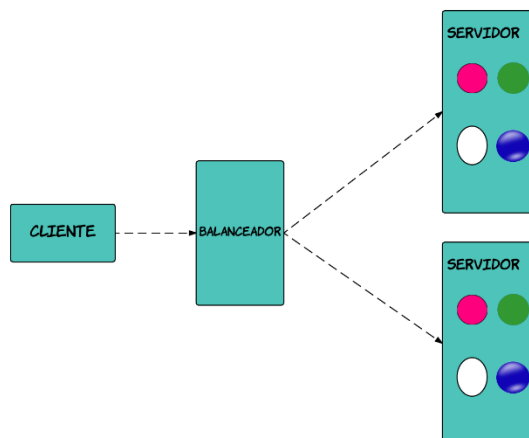
**Figura 2.12 Diagrama de peticiones cacheadas**

**Servicios Uniformes:** Todos los servicios REST compartirán una forma de invocación y métodos uniformes utilizando GET, POST, PUT, DELETE, tal como se muestra en la figura 2.13, en la que se pueden tener diferentes requerimientos, pero tienen una igual invocación.



**Figura 2.13 Diagrama de servicios Uniformes**

**Arquitectura en Capas:** Todos los servicios REST son escalables y un cliente REST no es capaz de distinguir entre sí está realizando una petición directamente al servidor, o se lo está devolviendo un sistema de caches intermedios o por ejemplo existe un balanceador que se encarga de redirigirlo a otro servidor. La figura 2.14 muestra un balanceador de carga entre cliente y servidor con el fin de no sobrecargar un solo servidor. [48]



**Figura 2.14 Diagrama de REST con Balanceador de Carga**

#### 2.5.4. Protocolo de Aplicación Restringido (CoAP)

COAP se especifica en las normas RFC. El RFC es una norma técnica de Internet generados por el IETF basado en un amplio proceso de revisión y control de calidad técnica. El protocolo de aplicación restringida (COAP) es un protocolo de transferencia de banda especializada para su uso con los nodos restringidos y redes con restricciones en la Internet de las cosas. El protocolo está diseñado para la máquina a máquina (M2M), tales como la energía inteligente y automatización de edificios.

#### **Constrained Application Protocol for Internet of Things**

Internet de las cosas necesita integrar varios sensores, informática y comunicación, que están usando diferentes protocolos de comunicación. Los protocolos inalámbricos se usan principalmente en tres capas, que son:

- Capa física
- Capa MAC, Red
- Capa de Comunicación y Aplicación

COAP es un protocolo para dispositivos inteligentes que deseen conectarse a Internet. Como existen muchos dispositivos como componentes en vehículos y edificios con recursos limitados, se lleva una gran cantidad de variación en el poder de computación, ancho de banda de comunicación, etc.

### **Características CoAP**

Como HTTP, CoAP es un protocolo de transferencia de documentos. A diferencia de HTTP, CoAP está diseñado para las necesidades de dispositivos con recursos restringidos.

Los paquetes CoAP son mucho más pequeños que los flujos TCP de HTTP. Campos de bits y mapeo de cadenas de caracteres a números enteros se utilizan ampliamente para ahorrar espacio. Los paquetes son fáciles de generar y se pueden analizar sin consumir memoria RAM adicional.

CoAP se ejecuta a través de UDP, no TCP. Los clientes y servidores se comunican a través de datagramas sin conexión. Los reenvíos y reordenamientos se implementan en la capa de aplicaciones. Eliminando la necesidad de TCP permite la integración a redes IP de pequeños microcontroladores.

CoAP permite el direccionamiento broadcast y multicast de UDP. CoAP sigue un modelo cliente/servidor. Los clientes hacen peticiones a los servidores, los servidores envían respuestas. Los clientes pueden utilizar los métodos GET, PUT, POST y DELETE de HTTP para acceder, crear y borrar recursos. CoAP está diseñado para interoperar con HTTP y la RESTful Web a través de simples proxys.

Debido a que CoAP se basa en comunicación mediante datagramas, puede ser utilizado por encima de SMS y otros protocolos de comunicación basados en paquetes.

Las características para servicios a dispositivos M2M son:

- Seguridad a los datos de la capa de transporte
- Intercambios de mensaje asíncrono
- Tiene bajo costo operativo y complejo análisis sintáctico
- Consta de un simple Proxy y de almacenamiento en caché
- Utiliza UDP con opción a confiabilidad unicast y solicitud multicast
- Realiza un mapeo de HTTP Stateless que permite suministrar proxies con acceso HTTP CoAP para trabajar interfaces HTTP sencillas sobre CoAP

### **Protocolo de Seguridad y Aplicación de CoAP**

COAP se está convirtiendo en el protocolo estándar para aplicaciones de IO. La seguridad es importante para proteger la comunicación entre los dispositivos. En la siguiente parte, se introduce una DTLS protocolo de seguridad.

Hay tres elementos principales a la hora de considerar la seguridad, a saber, la integridad, autenticación y confidencialidad. DTLS puede alcanzar todos ellos. IETF modifica DTLS para desarrollar otros DTLS protocolo. DTLS emplean TCP, que es demasiado complejo. DTLS resuelve dos problemas: la reordenación de paquetes perdidos. Se añade tres instrumentos:

1. paquete de retransmisión.
2. asignación de número de secuencia dentro del apretón de manos.
3. detección de reproducción.

A diferencia de los protocolos de seguridad de capa de red, DTLS en la capa de aplicación protegen la comunicación de extremo a extremo. DTLS también evita problemas generales criptográficos que se producen en los protocolos de seguridad de la capa inferior [49].

### 2.5.5. MQ Telemetry Transport (MQTT)

MQTT es un protocolo de mensajería del tipo publicación/suscripción para comunicaciones M2M (máquina a máquina), originalmente fue desarrollado por IBM y ahora es un estándar abierto.

La arquitectura MQTT tiene las siguientes características:

- MQTT tiene un modelo cliente/servidor, en el que cada sensor es un cliente y se conecta a un servidor, conocido como broker(negociador), a través de TCP.
- MQTT es orientado a mensajes. Cada mensaje es un conjunto discreto de datos binarios, sin significado para el broker.
- Cada mensaje se publica en una dirección, conocida como tema o topic. Los clientes pueden suscribirse a varios temas recibiendo todos los mensajes publicados en el tema.

En una red simple con tres clientes y un broker se abren conexiones TCP con el corredor. Los clientes inician las comunicaciones y el broker mantiene la conexión abierta. Uno de los clientes publica un valor en un tema y el broker reenvía el mensaje a todos los clientes suscritos.

El modelo publicación/suscripción permite a los clientes MQTT comunicarse:

- Uno-a-uno.
- Uno-a-muchos.
- Muchos-a-uno.

MQTT soporta tres niveles de calidad de servicio de los cuales se puede optar al publicar un mensaje.

- 0 – “dispara y olvida”
- 1 – “entregada al menos una vez”

- 2 – “entregada exactamente una vez”

En MQTT, los clientes pueden registrar un mensaje “testamento” personalizado, que será enviado por el broker en caso que el cliente se desconecte. Estos mensajes pueden ser usados para notificar a los suscriptores cuando un dispositivo se ha desconectado.

MQTT tiene soporte para mensajes persistentes almacenados en el broker. Al publicar mensajes, los clientes pueden solicitar que el broker almacene el mensaje. Sólo el mensaje persistente más reciente se almacena. Cuando un cliente se suscribe a un tema, si existe un mensaje persistente para el tema, este le será enviado.

A diferencia de una cola de mensajes, los brokers MQTT no guardan copias de seguridad de los mensajes persistentes dentro del servidor. Cuando el broker se reinicia los mensajes persistentes se pierden.

En cuanto a la seguridad, los brokers MQTT pueden solicitar que los clientes se identifiquen mediante un nombre de usuario y contraseña antes de conectarlos. Para asegurar la privacidad, la conexión TCP puede ser encriptada con SSL/TLS.

A pesar de que MQTT está diseñado para ser liviano, tiene dos inconvenientes para dispositivos muy limitados.

- Cada cliente MQTT debe ser compatible con TCP y normalmente mantener una conexión abierta con el broker en todo momento. Para entornos en los que la tasa de pérdida de paquetes es alta y los recursos son escasos, esto es un problema.
- Los nombres de los temas son a menudo largas cadenas de caracteres que lo hacen poco práctico para 802.15.4.

Ambas deficiencias se solucionan en el protocolo MQTT-SN, que define un mapeo de MQTT al UDP y añade soporte para nombres de temas por índice [49].

## 2.6. Internet de las Cosas (IoT)

Kevin Ashton presenta en RFID Journal el concepto de Internet de las cosas (en inglés Internet of the Things IoT). En el artículo explica el concepto de IoT lo lleva desarrollando desde 1999 y la importancia de utilizar estos datos para llevarlo a los objetos. Este concepto empezó a surgir en una investigación de la identificación de radiofrecuencia (RFID) en la red y en las nuevas tecnologías de detección de sensores. [3]

Internet de los objetos se basa en las aplicaciones de Smart Cities, Smart Car, movilidad, Smart House, industrias inteligentes, seguridad pública, y protección del medio ambiente.

IoT se considera un área de innovación y crecimiento, puesto que el mayor potencial se estima en una combinación de enfoques relacionados con la tecnología y conceptos como Cloud Computing, Internet del Futuro, Big Data, robótica, y la tecnología semántica.

- **Cloud Computing:** Es un paradigma que permite ofrecer servicios de computación a través de una red, que usualmente es Internet.
- **Internet del Futuro:** Internet del Futuro es un término general para las actividades de investigación sobre nuevas arquitecturas para la Internet.
- **Big Data:** Es un concepto que hace referencia al almacenamiento de grandes cantidades de datos y a los procedimientos usados para encontrar patrones repetitivos dentro de esos datos
- **Tecnología Semántica:** Codifica significados aparte de los datos y los archivos de contenido, y separada del código de la aplicación.

IoT como ya se explicó no es un concepto nuevo, sino que más bien se ha hecho evidente por la sinergia entre estas tecnologías, conceptos y paradigmas. El avance de la tecnología en Europa demuestra que para el año 2020 habrá

más despliegues de productos para la implementación de ecosistemas inteligentes.

### 2.6.1. Dominios de IoT

Con el propósito de ahondar en IoT es necesario conocer la clasificación de dominios para ser utilizados en una aplicación específica. Los dominios son: Industria, medio ambiente y sociedad. El dominio de la industria se encarga de las transacciones comerciales entre empresas, organizaciones y otras entidades, por ejemplo, la fabricación, logística, sector de servicios, banca. Las actividades en el dominio del Medio Ambiente están relacionadas con la supervisión de los recursos naturales como servicios de gestión ambiental, energía y agua. Y el dominio de la sociedad se encarga de los servicios gubernamentales como por ejemplo la inclusión de personas [50]

#### **Industrial**

El Internet de las Cosas transforma a empresas y países con el fin de que sean más competitivas, siendo necesario tener alta productividad calidad y seguridad.

#### **Seguridad y Emergencia**

- **Perímetro de control de acceso:** Control de acceso a las áreas restringidas y la detección de las personas en áreas no autorizadas.
- **Presencia de líquido:** La detección de líquido en los centros de datos, almacenes y sensibles la construcción de terrenos para prevenir averías y corrosión.
- **Niveles de radiación:** La medición de los niveles de radiación distribuida en nuclear centrales eléctricas entorno para generar alertas de fuga.
- **Gases explosivos y peligrosos:** La detección de los niveles de gas y fugas en ambientes industriales, el entorno de las fábricas químicas y las minas en el interior.



- **Al por menor**
  - **Control de la cadena de suministro:** El monitoreo de las condiciones de almacenamiento a lo largo de la oferta cadena y seguimiento de productos con fines de trazabilidad.
  - **NFC de pago:** Procesamiento de pagos basados en la localización o actividad de duración transportes públicos, gimnasios, parques temáticos, etc.
  - **Solicitudes de compra inteligentes:** Obtención de asesoramiento en el punto de venta de acuerdo a los hábitos de los clientes, las preferencias, presencia de componentes para ellos alérgicas o que expiraron fechas.
  - **Gestión de Productos inteligente:** Control de la rotación de los productos en los estantes y almacenes para automatizar los procesos de reposición de existencias.
- **Logística**
  - **Calidad de Condiciones de envío:** El monitoreo de vibraciones, golpes, envase aberturas o mantenimiento de la cadena de frío para el seguro.
  - **Localización del artículo:** La búsqueda de elementos individuales en grandes superficies como almacenes o puertos.
  - **Detección de almacenamiento Incompatibilidad: Advertencia** de emisiones en el almacenamiento de contenedores bienes inflamables cerrados que contienen material explosivo.
  - **Seguimiento de la flota:** control de las rutas seguidas por los bienes delicados como médica drogas, joyas o mercancías peligrosas.
- **Control industrial**
  - **Aplicaciones M2M:** Máquina auto-diagnóstico y control de activos.
  - **Calidad del aire interior:** Control de los niveles de gases tóxicos y oxígeno en el interior químicos plantas para garantizar que los trabajadores y los bienes de seguridad.

- **Monitorización de temperatura:** Control de la temperatura en el interior industrial y médico neveras con mercancía sensible.
- **Presencia de ozono:** El monitoreo de los niveles de ozono durante el proceso de secado de la carne en fábricas de alimentos.
- **Cubierta Ubicación:** Localización de activos en interiores mediante el uso de (ZigBee, UWB) y tags pasivos (RFID / NFC).
- **Vehículo de auto-diagnóstico:** Recogida de información del bus CAN para enviar bienes alarmas en tiempo a las situaciones de emergencia o proporcionar asesoramiento a los conductores.

### **Sociedad**

La idea es la de interconectar millones de islas de redes inteligentes que permitan el acceso a la información no sólo “en cualquier momento” y “en cualquier lugar”, sino también el uso de “cualquier cosa” e idealmente a través de cualquier “camino”.

- **Ciudades**
  - **Smart Parking:** Control de las plazas de aparcamiento disponibilidad en la ciudad.
  - **Salud Estructural:** Monitoreo de vibraciones y condiciones materiales en los edificios, puentes y monumentos históricos
  - **Mapas de ruidos urbanos:** Monitorización de sonido en zonas de bar y zonas céntricas en bienes hora.
  - **Congestión del tráfico:** Monitoreo de vehículos y peatones para optimizar los niveles conducción y rutas para caminar.
  - **Smart Lightning:** Iluminación inteligente y adaptable tiempo en luces de la calle.
  - **Administración de basura:** La detección de los niveles de basura en contenedores para optimizar las rutas de recolección de basura.

- **Sistema Inteligente de Transportación:** Carreteras y Autopistas inteligentes con mensajes de advertencia y desvíos de acuerdo con las condiciones climáticas y eventos inesperados como accidentes o atascos de tráfico.
- **Domótica**
  - **El uso de energía y agua:** la energía y el suministro de agua de control del consumo para obtener consejos sobre cómo ahorrar costes y recursos.
  - **Electrodomésticos mando a distancia:** el encendido y apagado de forma remota a los aparatos evitar accidentes y ahorrar energía,
  - **Sistemas de detección de intrusos:** Detección de aberturas de puertas y ventanas y violaciones para evitar que los intrusos.
  - **Arte y Artículos de Conservación:** Monitoreo de las condiciones en el interior de los museos y almacenes de arte.

### **Medio Ambiente**

IOT Simple ofrece una solución tecnológica integral para aquellos actores privados o públicos que tienen la necesidad de medir o controlar una o múltiples variables del medio ambiente.

- **Ambiente**
  - **Detección de incendios de bosques:** Monitoreo de gases de combustión y el fuego preventivo condiciones para definir zonas de alerta.
  - **Deslizamientos de tierra y la Prevención de avalancha:** Monitoreo de la humedad del suelo, vibraciones y la densidad de la tierra para detectar patrones peligrosos en condiciones de la tierra.
  - **Detección temprana de terremotos:** Control distribuido en lugares específicos de temblores.
- **Agua**

- **Calidad del agua:** Estudio de Análisis de agua en los ríos y el mar para la fauna y la elegibilidad para el uso potable.
- **Fugas de agua:** La detección de la presencia de líquido fuera de los tanques y la presión de variaciones a lo largo de las tuberías
- **Inundaciones de río:** El seguimiento de las variaciones del nivel del agua en ríos y embalses.
- **Nivel del tanque:** El monitoreo de los niveles de agua, petróleo y gas en los tanques de almacenamiento y cisternas.
- **Flujo de agua:** Medición de la presión del agua en los sistemas de transporte de agua.
- **Energía**
  - **Smart Grid:** Energía seguimiento y la gestión del consumo.
  - **Instalaciones fotovoltaicas:** Seguimiento y optimización del rendimiento en plantas de energía solar.
  - **Silos de cálculo:** Medición del nivel de vacío y el peso de los bienes.
- **Agricultura**
  - **Calidad de Mejora del Vino:** Monitoreo de la humedad del suelo y el diámetro del tronco en los viñedos para controlar la cantidad de azúcar en las uvas y la vid salud.
  - **Casas verdes:** Control de las condiciones de microclima para maximizar la producción de frutas y verduras y su calidad.
  - **Campos de golf:** riego selectivo en las zonas secas de reducir los recursos hídricos requeridos en el verde.
  - **Red Meteorológica de la estación:** Estudio de las condiciones meteorológicas en los campos a formación de hielo, lluvia, sequía, nieve o viento predecir cambios.
  - **Compost:** El control de los niveles de humedad y temperatura en la alfalfa, heno, paja para prevenir hongos y otros contaminantes microbianos
  - **Agricultura Animal**

- **Offspring Cuidado:** El control de condiciones de crecimiento de las crías de las animales granjas para asegurar su supervivencia y la salud.
- **Rastreo de animales:** Localización e identificación de los animales de pastoreo en abiertos pastos o la ubicación de grandes establos.
- **Niveles de gases tóxicos:** Estudio de la ventilación y calidad del aire en las granjas y la detección de gases nocivos de los excrementos.

### 2.6.2. e-Salud

Los dominios de IoT se pueden combinar para cubrir una necesidad, por ejemplo, un informe presentado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) explica las alianzas con las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para la evolución de las redes sociales y la eSalud con el fin de involucrar a distintos sectores que hace 30 años eran impensables de acceder [51]

El término de e-Salud (*eHealth* en inglés) es el conjunto de las TIC's (Tecnología de Información y comunicación) que a modo de herramienta se emplea en el entorno sanitario para dar diagnóstico, tratamiento, prevención y seguimiento en la Salud, ahorrando costos al sistema hospitalario. [50]Este concepto puede ser aplicado a:

- **Detección de caídas:** Asistencia para las personas mayores o discapacitadas que viven independiente.
- **Neveras médicas:** Control de las condiciones en el interior de los congeladores de almacenamiento de vacunas, medicamentos y elementos orgánicos.
- **Deportistas Atención:** Los signos vitales supervisión en los centros de alto rendimiento y campos.
- **Vigilancia a los pacientes:** Vigilancia de las condiciones de los pacientes dentro de los hospitales y en una residencia de ancianos.

- **Radiación Ultravioleta:** La medición de los rayos solares UV para advertir a la gente que no estar expuestos en ciertas horas

### **Telemedicina**

Significa “medicina a distancia” en la que existe una interacción médico-paciente en un entorno virtual. La telemedicina tuvo su desarrollo antes del internet, en el año 1959 en la Universidad de Nebraska, se lo transmitió por televisión en la que se daban terapias en grupo. En la actualidad, con los avances tecnológicos la telemedicina tiene mayor acercamiento; el medico puede interactuar con el paciente en tiempo real, el sistema de agendamiento de paciente es rápida, se puede dar mayor información a los pacientes del cuidado sanitario (virus, gripe, etc.), cambia el sistema de formación e información a médicos. Así como las ventajas mencionadas telemedicina tiene sus riesgos potenciales tales como la seguridad y confiabilidad de la información, continuidad de la asistencia tanto el medico como el paciente. Debido a estos peligros, previamente se debe establecer un modelo que elimine estas posibilidades [52].

### **M-Salud**

Es la unificación de las populares *apps* móviles enfocadas en dar formación e información a usuarios, pacientes, estudiantes y docentes. Gracias a estas aplicaciones un usuario común puede resolver sus dudas como peso, masa corporal, oxígeno para saber si su cuerpo está en condiciones favorables [7].

### **Cloud Computing**

Es un modelo que provee recursos TI y servicios de negocio, como ofimática, ofrece seguridad, escalabilidad y tolerancia a fallos. Aplicado a la e-Salud permite que los informes médicos digitalizados puedan ser accedidos por el doctor encargado del paciente en cualquier punto en que se encuentre [53].

### Dispositivos wearables

Son dispositivos de monitorización que se los utiliza como prenda de vestir, permiten desarrollar tratamientos preventivos a menor costo y eficaz. Estos dispositivos se comunican a través de un *Smartphone* para que sea un centro de almacenamiento y transmisión de datos sobre e-Salud [7].

### 2.7. Arquitectura

Una arquitectura es una ciencia y arte que comprende el diseño y construcción. La arquitectura de red trata de una estructura de alto nivel en la que indica cómo está relacionado los componentes de la red de extremo a extremo. En otras palabras, es la guía de diseño técnico de la red aplicando principios de diseño de alto nivel a los bloques de construcción. Se define al bloque de construcción de la red como funcional, y la descripción de la parte física es intuitiva. Es decir, el grupo de los principios de diseño de alto nivel que compone a la arquitectura de red indica cómo funciona y el modo de operación. Al diseñar una arquitectura se debe explorar las funciones básicas:

- **Direccionamiento /enrutamiento:** Determina la forma de usuario y la gestión de los flujos de tráfico se propagan por toda la red.
- **Gestión de red:** Describe los tipos de datos que se utilizan para supervisar y gestionar cada uno de los elementos en el sistema, los mecanismos para conectarse a dispositivos con el fin de acceder a los datos, y los flujos de datos de gestión a través de la red.
- **Rendimiento:** Proporciona los mecanismos para controlar los recursos de red asignados a los usuarios, las aplicaciones y dispositivos.
- **Seguridad:** Determina en qué la seguridad y el grado de privacidad serán implementadas en la red, en el que las áreas críticas necesitan ser asegurados y cómo impactan e interactuar con otros componentes arquitectónicos. [54]

### 2.7.1. Arquitectura de Componentes

Es la aplicación de funciones dentro de una red que está compuesta de mecanismos (hardware y software) en la que ocurre un conjunto de relaciones internas.

Las relaciones internas consisten en interacciones (compensaciones, dependencias y limitaciones), protocolos y mensajes entre los mecanismos, y se utilizan para optimizar cada función dentro de la red. Las compensaciones son puntos de decisión en el desarrollo de cada componente de la arquitectura. Se utilizan para priorizar y decidir qué mecanismos se han de aplicar. Las dependencias se producen cuando un proceso se basa en otro para su funcionamiento.

Estas características de la relación ayudan a describir los comportamientos de los mecanismos dentro de una arquitectura de componentes, así como el comportamiento general de la propia función.

El desarrollo de una arquitectura de componentes consiste en determinar los mecanismos que lo conforman, cómo funciona cada uno de ellos, así como la forma en que los componentes funcionan como un todo.

- Las interacciones dentro de un componente se basan en los mecanismos requeridos para comunicarse y trabajar con los demás.
- Las compensaciones son puntos de decisión en el desarrollo de cada componente, tomadas para priorizar y elegir entre las características y funciones de cada mecanismo y para optimizar la arquitectura de cada uno de ellos. A menudo hay varias compensaciones dentro de un componente, y gran parte de la refinación de la arquitectura de red ocurre aquí. Por ejemplo, una compensación común en la gestión de redes implica la elección entre centralización y distribución de las capacidades de gestión. Las compensaciones son fundamentales para la arquitectura de red como el diseño de redes. [54]



### 2.7.2. Arquitectura de Referencia

Una arquitectura de referencia es una descripción de la arquitectura de red completa y contiene todas las arquitecturas de componentes (funciones) considerados para esa red.

### 2.7.3. Modelos de Arquitectura

En un desarrollo del modelo Arquitectónico se pueden utilizar un modelo que sirva como base de construcción para otra o utilizar una que sea un punto de partida. [54]

Existen tres tipos de modelos arquitectónicos:

- *Modelos topológicos*: Se basan en una disposición geográfica y se utilizan a menudo como puntos de partida en el desarrollo de la arquitectura de red. Ejemplo: Modelos Redes WAN, MAN, LAN; WAN, LAN; Core, Distribución y Acceso
- *Modelos basados en el flujo*: Tienen especial ventaja de los flujos de tráfico a partir de la especificación de flujo. Ejemplo: Modelos Peer-to-Peer, Cliente-Servidor, Jerarquía Cliente-Servidor, Computación distribuida.
- *Modelos funcionales*: Se centran en una o más funciones o características previstas. Es probable que su arquitectura de referencia contendrá más de una arquitectura modelo. Se enfoca en funciones particulares de la red. Ejemplo Modelos de proveedores de servicios, intranet/extranet, rendimiento de uno o varios niveles, y modelo end-to-end.

### 2.7.4. Arquitecturas de IoT

Las Arquitecturas IoT se encuentran divididas en soluciones públicas, privadas y las que se encuentran en desarrollo. Entre las soluciones públicas se explica a continuación:

- *SENSEI*: Está diseñado para el campo de los negocios, se encarga principalmente de problemas de escalabilidad de un gran número

de dispositivos WS&AN. Proporciona servicios de red y gestiona información necesaria para permitir una recuperación fiable y precisa con interacción al mundo real.

- *CASAGRAS*: Esta arquitectura consiste en el estudio del uso del sistema RFID con el fin de recopilar, revisar y analizar la interacción con Internet de las Cosas.
- *SMARTSANTANDER*: Utiliza el concepto de la Smart Cities, en este caso propone una investigación experimental en una ciudad inteligente, propone una infraestructura de IoT a diferentes niveles como protocolos de comunicación, arquitecturas IoT, servicios a usuarios finales, etc.
- *BRIDGE*: Está relacionado con el área de las redes y aplicaciones de software y seguridad. Tiene dos interfaces que son: 1) Solicitud de Consulta y 2) Operaciones de captura
- *SMARTPRODUCTS*: Esta desarrollado para la construcción de “productos inteligentes”, en el que el producto contiene información de sus características, funciones, su entorno físico, sus preferencias y habilidades.
- *CUBIQ*: Ofrece una plataforma integrada para el acceso unificado de datos, procesamiento y servicio de federación.

Las soluciones comerciales más conocidas son:

- *ZigBee*: Es una tecnología inalámbrica basada en estándares como IEEE 802.15.4. Se basa en conectar las cosas con menor uso de las baterías y baja tasa de envío de datos.
- *WirelessHART* (Highway Addressable Remote Transducer): Es una extensión de la popular tecnología de comunicación HARD alámbrica hacia aplicaciones inalámbricas, basada en IEEE 802.15.4 Física y aspectos seleccionados de MAC (con diferentes enfoques). Posibilita comunicaciones robustas en tiempo real mediante una administración central de enrutamiento, de las ranuras TDM así como la creación de redes de malla. Permite

comunicaciones seguras a través de varios mecanismos de seguridad y debido a su filosofía de función única no permite interoperabilidad con otras tecnologías de comunicación.

- *Sensinode*: Es una solución comercial que provee software para red embebido y productos de hardware basados sobre la tecnología IP 6LoWPAN para las aplicaciones empresariales que son regularmente más exigentes.
- *SunSPOT* (Sun Small Programmable Object Technology): Es una plataforma de Sun Microsystems para el desarrollo de redes de sensores y sistemas integrados. Un punto importante es que utiliza Java para su desarrollo, así Sun ha desarrollado su propia máquina virtual Java Squawk-VM. [51]

## **2.8. Dispositivos médicos Inalámbricos Implantados**

En el mercado de la medicina existen compañías dedicadas al estudio y producción de dispositivos médicos implantados en el ser humano, en la que con una cirugía de pocos minutos se inserta un dispositivo con el fin de ayudar a la persona en un momento de riesgo o dar tratamiento de manera remota. A continuación, una explicación de diferentes dispositivos que existen en el mercado.

### **2.8.1. Aparato para la detección y tratamiento de la arritmia ventricular**

Este aparato es colocado por un médico cirujano para el seguimiento a largo plazo de las condiciones cardíacas como la arritmia. El dispositivo incluye un generador de impulsos para la detección de la arritmia, acoplado a un electrodo proporciona estimulación eléctrica a manera de tratamiento y desfibrilador.

Los elementos del dispositivo son:

- Microprocesador
- Memoria de sólo lectura (ROM)
- Memoria de acceso aleatorio (RAM)

- Un controlador digital, un circuito amplificador de entrada, dos circuitos de salida, y una unidad de telemetría / programación.

La memoria de sólo lectura almacena la memoria y / o firmware para el dispositivo, incluyendo el conjunto de instrucciones principales que define los cálculos realizados para obtener los distintos intervalos de tiempo empleados por el dispositivo. La memoria RAM generalmente sirve para almacenar los parámetros de control de variables, tales como velocidad programada de estimulación, cardioversión programada / intervalos de desfibrilación, anchos de pulso, amplitudes de pulso, y así sucesivamente, que estén programados en el dispositivo por el médico. La memoria de acceso aleatorio también almacena valores derivados, tales como los intervalos de tiempo que separan los pulsos almacenados taquiarritmia y el intervalo de estimulación de alta frecuencia correspondiente.

El controlador realiza todas las funciones de control y de temporización básicos del dispositivo, incluye al menos un contador de tiempo programable, que se utiliza para medir los intervalos de tiempo dentro del contexto de la actual invención. En vez del intervalo de estimulación de escape o en respuesta a una determinación de una cardioversión, desfibrilación, o la estimulación de pulso se va a entregar, el controlador activa el impulso de salida correspondiente de la etapa de salida de alto voltaje. En una realización, el controlador también puede controlar la amplitud de impulsos de estimulación, así como la energía asociada con desfibrilación y cardioversión choques. [55]

### **2.8.2. Sistema inalámbrico en miniatura para la estimulación cerebral profunda**

Un sistema implantable y un método para tratamientos de estimulación cerebral profunda (DBS), es un sistema pequeño y auto-contenido para permitir la implantación de todo el sistema dentro del cerebro. El sistema comprende un inductor en el que se induce una tensión cuando

se someten a un campo electromagnético, y que comprende un dispositivo de una carcasa, elementos en una superficie exterior de la carcasa, y la electrónica dentro de la misma y conectado eléctricamente a la bobina estimulante. La electrónica del cerebro produce una corriente estimulante de la tensión inducida en el inductor y luego entrega el cerebro corriente a los elementos estimulantes.

Los métodos de DBS se utilizan para estimular el cerebro con impulsos eléctricos para tratar una variedad de condiciones y enfermedades cerebrales, incluyendo, pero no limitado a la depresión, Parkinson, accidente cerebrovascular, la distonía, y el temblor debido a la esclerosis múltiple. DBS implica la implantación quirúrgica de electrodos en el cerebro y a continuación el funcionamiento de los electrodos para entregar impulsos eléctricos capaces de bloquear ciertas actividades en el cerebro, y la actividad particularmente anormal que causa condiciones y síntomas indeseables. La programación del tratamiento de estimulación cerebral profunda es fácil y sin dolor, y puede ofrecer a los pacientes alivio de temblores, rigidez, lentitud de movimientos y rigidez, y puede tratar los problemas de equilibrio asociados con sus condiciones. El nivel y la duración de la estimulación se pueden ajustar a medida que cambia de un paciente a través del tiempo.

Los dispositivos de DBS típicamente comprenden una capa muy fina de alambre de plomo aislado terminado con cuatro contactos de los electrodos. Este se enruta fuera del cráneo a través de una pequeña abertura y conectado a una vía subcutánea con un cable de extensión enrutado a lo largo de la cabeza, el cuello y el hombro, y un generador de impulsos u otro dispositivo neuroestimulador adecuado implantado bajo la piel, por ejemplo, en el área del pecho. Como tales, los procedimientos y dispositivos convencionales de DBS requieren dos procedimientos quirúrgicos: uno para implantar los electrodos dentro del cerebro, y un segundo con un dispositivo neuroestimulador en el pecho.

El éxito de DBS está directamente relacionado con la búsqueda de la zona específica en el cerebro para la estimulación. En consecuencia, durante la parte de la cirugía del cerebro, al paciente sólo se le aplica anestesia local para adormecer el área a ser operado, y permanece despierto y alerta para que el cirujano pueda hablar con él asegurando que las áreas propias del cerebro se identifican para la estimulación. Mientras que la cabeza del paciente se inmoviliza con un marco especial, dos agujeros son perforados en el cráneo y, guiada por técnicas de imagen, el cirujano implanta los electrodos a zonas seleccionadas precisamente en cada lado del cerebro. Un neurólogo y un neurocirujano suelen decidir si atacar una de las dos áreas comúnmente estimuladas por DBS: o bien el núcleo subtalámico (STN) o el globo pálido interno (GPI). Estas estructuras son profundamente dentro del cerebro e implicado en el control motor, y la estimulación de estas áreas parece bloquear las señales que causan los síntomas motores incapacitantes de la enfermedad.

Después de que los electrodos se han colocado adecuadamente, el segundo procedimiento quirúrgico se lleva a cabo mediante el cual el cirujano implanta el neuroestimulador en el pecho del paciente, y el cable de extensión se enruta por debajo de la piel del paciente y conectado a los cables de electrodo y el neuroestimulador. Dependiendo del tipo de neuroestimulador seleccionado, dos neuroestimuladores se pueden implantar para controlar los síntomas que afectan a ambos lados del cuerpo. La implantación del neuroestimulador se lleva a cabo por lo general mientras el paciente está bajo anestesia general. Pacientes de estimulación cerebral profunda a menudo están en el hospital durante varios días, y la estimulación se inicia generalmente por primera vez en unas pocas semanas después de la implantación. El neuroestimulador, que suele ser alimentado por batería, está programado desde fuera del cuerpo para entregar una dosis prescrita y por lo general continúa de impulsos eléctricos a medida para el individuo. [56]

### 2.8.3. Casco de implante coclear integrada

Un casco integral para un sistema de implante coclear incluye un micrófono para dar salida a una señal de audio; el procesador de la señal electrónica; y un transmisor. Todo el micrófono, la electrónica de procesamiento de señales, y el transmisor están dispuestos en una carcasa común de la pieza de cabeza integrada. La pieza de cabeza también puede ser una de un conjunto de piezas de cabeza que se puede utilizar, alternativamente, según sea necesario para satisfacer los requisitos de consumo de energía o las condiciones ambientales.

Las personas con pérdida de audición potencialmente pueden ser ayudadas por un número de diferentes dispositivos de ayuda auditiva. Estos dispositivos de asistencia son una prenda muy utilizada regularmente y durante un período significativo de cada día. En consecuencia, cualquier dispositivo de asistencia auditiva debe ser robusto y fiable. Además, el dispositivo debe ser visualmente discreto y no restringir indebidamente las actividades del usuario. Los usuarios de implantes cocleares normalmente deben llevar al menos dos unidades externas separadas, un procesador y un casco, que están conectados por un cable.

El procesador puede ser un procesador detrás de la oreja (BTE) o uno para usarlo en el cuerpo. Un procesador BTE normalmente utiliza un gancho que se fija sobre la parte superior de la oreja y mantiene el procesador BTE en su lugar detrás de la oreja del usuario. El procesador BTE contiene un micrófono, la batería y la electrónica. Un cable se conecta el procesador BTE de la pieza de cabeza y transmite señales de datos y de alimentación a la antena receptora. La pieza de cabeza se lleva a cabo típicamente en su lugar por fuerzas magnéticas generadas por un imán implantado quirúrgicamente que es una parte del implante coclear interna [57].

#### **2.8.4. Terapia de estimulación eléctrica para promover la distensión gástrica para la gestión de la obesidad**

La obesidad es un problema de salud grave para muchas personas. Los pacientes que tienen sobrepeso a menudo tienen problemas de movilidad, sueño, presión arterial alta y colesterol alto. Algunos otros riesgos graves también incluyen la diabetes, paro cardíaco, accidente cerebrovascular, insuficiencia renal y la mortalidad. Además, un paciente obeso puede experimentar problemas psicológicos asociados con problemas de salud, ansiedad social, y en general, mala calidad de vida.

Ciertas enfermedades o condiciones pueden contribuir al aumento de peso adicional en forma de grasa o tejido adiposo. Sin embargo, las personas sanas también pueden llegar a tener sobrepeso como un resultado neto de exceso de consumo de energía y el gasto de energía insuficiente. La reversión de la obesidad es posible, pero difícil. Una vez que el paciente consume más energía de la que consume, el cuerpo comenzará a utilizar la energía almacenada en el tejido adiposo. Este proceso eliminará lentamente el exceso de grasa del paciente y dará lugar a una mejor salud. Algunos pacientes requieren intervención para ayudarles a superar su obesidad. En estos casos graves, suplementos nutricionales, medicamentos recetados, o programas de dieta y ejercicio intenso pueden no ser eficaces.

La intervención quirúrgica es un tratamiento de último recurso para algunos pacientes obesos que son considerados obesos mórbidos. Una técnica quirúrgica común es el Roux-en-Y cirugía gástrica de derivación. En esta técnica, el cirujano grapa o suturas fuera una gran parte del estómago para dejar una pequeña bolsa que contiene los alimentos. A continuación, el cirujano corta el intestino delgado aproximadamente a media longitud y se une la sección distal del intestino delgado a la parte de la bolsa del estómago. Este procedimiento limita la cantidad de alimento que el paciente puede ingerir a unas pocas onzas, y limita la



cantidad de tiempo que la ingesta de alimentos puede ser absorbida a través de la longitud más corta del intestino delgado. Si bien esta técnica quirúrgica puede ser muy eficaz, presenta riesgos significativos de efectos secundarios no deseados, desnutrición y muerte.

La terapia de estimulación eléctrica es una alternativa a la intervención quirúrgica, y puede ser eficaz en el tratamiento de la obesidad ya sea solo o en combinación con dieta y ejercicio. Para la terapia de estimulación eléctrica, un paciente está equipado con un estimulador eléctrico implantado que envía pulsos de estimulación eléctrica para el estómago del paciente a través de electrodos llevados por una o más derivaciones. La terapia de estimulación eléctrica puede configurarse para inducir una sensación de plenitud o náuseas en el paciente, desalentando así la ingesta excesiva de alimentos. Además, en algunos casos, la terapia puede estar configurada para aumentar motilidad gástrica de manera que la absorción de calorías se reduce. Por lo tanto, la terapia de estimulación eléctrica puede ser eficaz en la causa de la pérdida de peso, al desalentar la ingestión de alimentos y / o reducir la absorción de calorías.

La terapia está configurada para provocar al menos distensión gástrica parcial, la cual tiende a inducir una sensación de saciedad y por lo tanto desalienta la excesiva ingesta de alimentos por el paciente. Esta puede suministrar al tracto gastrointestinal del paciente mediante electrodos desplegados por una o más derivaciones implantables acoplados a un estimulador eléctrico, que suministra impulsos de estimulación que tienen una anchura de pulso en un intervalo encontrado para ser eficaz en causar distensión gástrica.

El método del estimulador gástrico implantable comprende un generador de impulsos de estimulación eléctrica que genera impulsos con una anchura aproximada de 1 a 50 milisegundos, y uno o más electrodos, acoplado al generador de impulsos, que se aplican los pulsos de estimulación a un tracto gastrointestinal de un paciente para

causar distensión gástrica, en otros casos se puede configurar el ancho de los impulsos para promover la longevidad de la batería y evitar riesgos secundarios como náuseas, dolores y malestar abdominal.

El estimulador implantable puede estar construido con una carcasa biocompatible, tal como titanio, acero inoxidable, o un material polimérico, y se implanta quirúrgicamente dentro del paciente. El lugar de implantación puede ser una ubicación subcutánea en el lado de la parte inferior del abdomen o en el lado de la espalda inferior. El estimulador está alojado dentro de la carcasa, e incluye componentes adecuados para la generación de impulsos de estimulación eléctrica, puede ser sensible a un módulo externo que genera señales de control para ajustar los parámetros de estimulación. Aunque el estimulador puede estar implantado dentro del cuerpo humano, puede encontrarse externo acoplado a los cables percutáneos, ya sea para la estimulación de prueba o la estimulación crónica. El estimulador puede estar formado como un sistema de RF acoplada en la que un controlador externo proporciona señales de control y de fuente acoplado inductivamente a un generador de impulsos implantado.

Varios aspectos de estas técnicas pueden implementarse dentro de uno o más microprocesadores, procesadores de señales digitales (DSP), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), matrices de campo lógico programable (FPGA) o cualquier otro equivalente integrado o circuitería lógica discreta, así como cualquier combinación de tales componentes.

Cuando se implementa en software, la funcionalidad atribuida a los sistemas y dispositivos descritos se puede realizar como instrucciones sobre un medio legible por ordenador tales como memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de sólo lectura (ROM), de acceso aleatorio no volátil memoria (NVRAM), programable y borrable memoria de sólo lectura eléctricamente (EEPROM), memoria flash, medios magnéticos, medios ópticos o similares. Las instrucciones se ejecutan para soportar

uno o más aspectos de la funcionalidad descrita en esta descripción [58].

#### **2.8.5. Dispositivo implantable de estimulación y método para tratamiento de la caída del pie y otros trastornos neurológicos**

Un aparato para producir una dorsiflexión del pie de un paciente comprende un electrodo de detección y la estimulación combinada de dispositivos que tienen neurosensores y electrodos estimuladores capaces de detectar una señal nerviosa de un nervio periférico y la estimulación de las fibras nerviosas motoras periféricas. Los neurosensores y los electrodos estimuladores son implantables encima de la rodilla de un paciente. Un medio para recibir y procesar las señales nerviosas detectadas para identificar una señal indicativa del tiempo del dolor al elevar el talón del paciente y producir una señal de control en respuesta a ello.

Existen numerosas condiciones para el cuerpo humano en el que una enfermedad o mal funcionamiento corporal tienen su origen en el deterioro de la función del sistema neuromuscular, incluyendo deficiencias en base a la alteración sensorial, así como la actividad motora.

Muy a menudo las personas que sufren un accidente cerebrovascular recuperan una gran cantidad de funciones después de un período de tratamiento. Después de un 10 a 20% de los supervivientes del accidente cerebrovascular es Upper Motor Neurone- gota del pie (UMN-DF) que implica una incapacidad para la flexión dorsal del pie durante la fase de balanceo de la marcha, así como la pérdida de la cadera normal y flexión de la rodilla, y la incapacidad de empujar el pie, así como la espasticidad de los músculos de la pantorrilla.

Una característica importante de UMNLs es que la excitabilidad eléctrica de los nervios periféricos asociados permanece intacta, lo que facilita el uso de la estimulación eléctrica funcional (FES) para restaurar o mejorar la marcha para algunos de estos casos. En 1961, Liberson y sus

colaboradores propusieron aplicación de la estimulación eléctrica en el nervio peroneo común para corregir esta condición y usando un interruptor en el pie sincronizando la aplicación de ES a la fase de balanceo de la marcha, usando un dispositivo adelante se le denominará un estimulador peroneo (PS) o la gota del pie Estimulador (DFS)

El desarrollo de la sede en FES ha pasado por las siguientes etapas evolutivas:

- Estimulador en superficie de la pierna con cableado monocanal.
- Estimulador en superficie de la pierna con cableado multicanal.
- Estimulador implantado en la pierna con cableado monocanal.
- Estimulador implantado en la pierna con microprocesador exterior.
- Sensores alternativos como remplazo del intercambiador en la pierna: a) Sensores Artificiales, b) Sensores “naturales”.

La cirugía para la implantación de un electrodo de estimulación proximal a la rodilla (preferiblemente un electrodo de múltiples canales) sería aproximadamente de 5-10 cm del nervio peroneal común de la rodilla. Esta ubicación proporciona un número de ventajas: más espacio para la estimulación dispositivo, menos intervención quirúrgica y una mejor protección de los cables de estimulación que no tienen que cruzar la articulación de la rodilla.

El sistema comprende un estimulador implantable multicanal con una estimulación nerviosa multipolar implantable en el nervio peroneo. Además, tiene una unidad externa, que alimenta y controla el implante basado en un interruptor externo colocado bajo el talón del usuario. Durante la marcha, el talón-interruptor realiza la estimulación convertir una durante la fase de balanceo de la pierna afectada y se apaga durante la fase de apoyo, para hacer que los músculos dorsiflexores levantar activamente el pie por encima del suelo durante media vuelta y para relajar los músculos dorsiflexores durante la postura

El electrodo de estimulación puede ser de muchos diseños diferentes. La característica común es que debe tener varios contactos eléctricos colocados en el interior o en la proximidad inmediata del nervio a ser estimulado. Los contactos deben ser colocados de manera que, al pasar una corriente eléctrica a través de ellos, se activarán diferentes partes del nervio. En una realización preferida, el electrodo es una estructura aislante que comprende una serie de contactos de electrodos que proporcionan una interfaz eléctrica para el nervio. Los contactos deben ser colocados de manera que, al pasar una corriente eléctrica a través de ellos, se activarán diferentes partes del nervio.

En una primera realización, un estimulador multicanal se encuentra en una carcasa separada y conectado con el electrodo de estimulación por medio de un cable de múltiples conductores. El cable tiene un conector en línea que se puede montar durante la cirugía, para facilitar el paso de los cables bajo la piel. El estimulador puede ser analógico, en la se tiene canales separados que están cada uno de ellos alimentados y controlados con un enlace inductivo separado, funcionando a su propia frecuencia (en un sistema de dos canales esto podría ser 1,1 MHz y 4,4 MHz resp.). Este estimulador produce corriente fija, impulsos bifásicos que son de anchura de pulso modulada por el transmisor externo.

Otra implementación del estimulador podría ser por medio de la electrónica digital. Este método sería mucho a preferir, ya que hace posible el establecimiento de un canal de comunicación en serie a través del enlace inductivo y en este programa se podría configurar más parámetros para la estimulación. Además, será necesario sólo un único enlace inductivo para soportar cualquier número de canales.

Para evitar el uso de varios cables implantados se podría colocar una parte del estimulador directamente sobre el electrodo, entonces el cable solamente tiene que llevar la energía y la información en serie codificado desde el cuerpo principal al electrodo. En el electrodo, entonces se descodifica esta información y los pulsos de estimulación

se distribuyen a uno o más de los contactos. De esta manera el número de conductores en el cable se puede reducir a algún lugar entre dos y cuatro. Esta solución requiere parte del electrodo del circuito para ser extremadamente miniaturizado; de lo contrario, no cabe en el electrodo.

La transmisión de potencia e información de control para el implante puede ser colocado en la superficie de la piel. Las bobinas están conectadas a un dispositivo con las baterías, circuitos de control y un amplificador de potencia para alimentar el enlace inductivo.

Esta unidad puede estar diseñada de varias maneras. En una realización específica que se ha aplicado con un microcontrolador, que almacena un programa para la comunicación con el implante y que almacena los parámetros de la estimulación. La unidad tiene entradas para energía de una batería, la señal de un talón-interruptor y un canal de entrada de serie de parámetros de estimulación de programación en la unidad. Tiene, además, un conector para la descarga de un nuevo programa en la unidad.

Otra alternativa, es suministrar energía al estimulador por una batería recargable situada en el estimulador implantado. La batería recargable puede ser, por ejemplo, ser una batería de iones de litio que puede ser cargada por inducción un cargador externo.

Un receptor de radio es opcional, facilita la programación de los parámetros en el dispositivo de la unidad de programación. Un receptor está basado en uno de los circuitos del transceptor en miniatura. Proporciona una señal digital a la entrada de serie en la unidad de potencia y control de estímulos y se limita a sustituir un cable estándar RS-232.

Con el fin de configurar el sistema para un paciente específico, una unidad de programación es necesario. Esto puede ser o bien una unidad dedicada de mano o un PC con un programa adecuado. Si la unidad de potencia y control de estímulos está equipada con un receptor de radio, la unidad de programación debe tener un transmisor

correspondiente, para que sea posible la transferencia de los parámetros de estímulo sin cables a la unidad de potencia y control de estímulos. [59].

Esta unidad de programación permite configurar los siguientes parámetros para la estimulación:

- Umbral y la estimulación máxima para cada canal
- frecuencia de estimulación para cada canal
- El tiempo permitido para el aumento gradual de la estimulación cuando el talón se eleva desde el suelo para cada canal

#### **2.8.6. Sistema para la estimulación de páncreas y de medición de glucosa**

Se proporciona un sistema implantable y método para supervisar la actividad eléctrica de las células beta pancreáticas en un paciente con el fin de obtener una medida de la insulina en un paciente, nivel de demanda y la glucosa en sangre. Un generador de estímulos se controla para entregar pulsos a fin de sincronizar la despolarización de la célula beta pancreática, produciendo de este modo una señal eléctrica mejorada que es detectada y procesada. En una realización específica, se procesa la señal para determinar el inicio y el final de la despolarización de las células beta. Con el fin de reducir la interferencia cardíaca, cada pulso de estímulo está programado para ser compensado por la señal de QRS que puede interferir con la detección de páncreas. Además, las señales de las células beta son procesadas por un circuito de corrección, por ejemplo, un filtro adaptativo, para eliminar QRS, así como señales de otras fuentes, tales como la respiración. Obtenido la señal de insulina se utiliza ya sea para controlar el suministro de insulina a partir de un implante de bomba de insulina o para controlar la estimulación de páncreas en curso de una forma para mejorar producción de insulina.

El páncreas humano normalmente proporciona insulina para el control metabólico. Básicamente, la insulina actúa para promover el transporte de la glucosa en las células del cuerpo. El páncreas tiene una porción endocrina que, entre otras funciones, supervisa continuamente los valores de glucosa en sangre absoluta y responde por la producción de insulina, según sea necesario. La producción de las células que generen insulina son las células beta, que se organizan con otras células endocrinas en los islotes de Langerhans; más o menos 60 a 80% de las células en un islote son tales células beta. Los islotes de Langerhans, a su vez se distribuyen en el tejido pancreático, con islotes que varían en tamaño de sólo alrededor de 40 células a aproximadamente 5000 células.

Se ha observado que las células beta vecinas dentro de un islote se acoplan mediante uniones gap, que permiten el acoplamiento eléctrico y la comunicación entre las células beta vecinas. Las células beta dentro de los islotes someten a la despolarización periódica, que se manifiesta en picos eléctricos oscilatorios producidos por las células beta, esto se refiere a menudo como una ráfaga que lleva a cabo durante un número de segundos. La actividad eléctrica de las células beta se caracteriza por una alternancia de baja frecuencia que consiste en una fase despolarizada (la ráfaga) seguida de una fase repolarizada o hiperpolarizada que es eléctricamente silenciosa. El tiempo relativo de permanencia en la fase de despolarizada, durante el cual se activan los potenciales de acción de células beta de frecuencia relativamente más altas, tiene una relación sigmoide con la concentración de glucosa en sangre. La porción del ciclo de trabajo, o despolarización en comparación a la parte tranquila, es indicativo del nivel de glucosa, y por lo tanto de la demanda de la insulina.

Se proporciona un sistema para mejorar la detección de la actividad eléctrica de las células beta pancreáticas, a fin de determinar demanda de la insulina, es decir, el nivel de glucosa en sangre. El sistema incluye



un generador de estímulos para las células beta pancreáticas con estímulos de campo eléctrico a fin de proporcionar respuestas de ráfaga sincronizados que son relativamente libres de interferencia de la señal y que se puede programar con precisión.

El control del nivel de glucosa en la sangre puede llevar a cabo sustancialmente de manera continua por un sistema implantable, o el sistema puede ser programado para la medición y la respuesta periódica. El nivel de glucosa en la sangre puede ser controlado por otro sensor, tal como mediante el examen de las señales de EKG o señales nerviosas, y el sistema responde a la demanda de insulina mediante el control de la entrega de una bomba implantable o estimulando el páncreas células beta para aumentar la producción de insulina directamente por el páncreas.

Un dispositivo implantable contiene un generador de estímulos, y una bomba de insulina. Por supuesto, los dispositivos independientes se pueden usar, como una cuestión de elección de diseño.

Un comando externo se recibe, ya sea desde un programador que comunica con la telemetría o de un simple dispositivo tal como un imán de mano. Cuando se recibe una señal, la rutina de estimular la medida de insulina se inicia y lleva a cabo. Después de la terminación de esta rutina de medición, el dispositivo determina si hay indicación de respuesta de insulina. Si es así, la insulina se proporciona, ya sea por la entrega de una bomba implantada, o al estimular el páncreas para inducir mayor producción de insulina. Luego, los datos relativos al nivel de glucosa medido y la respuesta se almacenan y / o transmiten al programador externo, para la evaluación y diagnóstico.

Las formas de realización preferidas de la invención se han ilustrado en términos de estimular el páncreas. El generador de estímulos se puede conectar a entregar pulsos de estímulos, y recibir señales de

despolarización-repolarización de un trasplante de células beta (T), exclusivo del páncreas o junto con el páncreas. [60]

## CAPÍTULO 3

### 3. PROPUESTA DE ARQUITECTURA

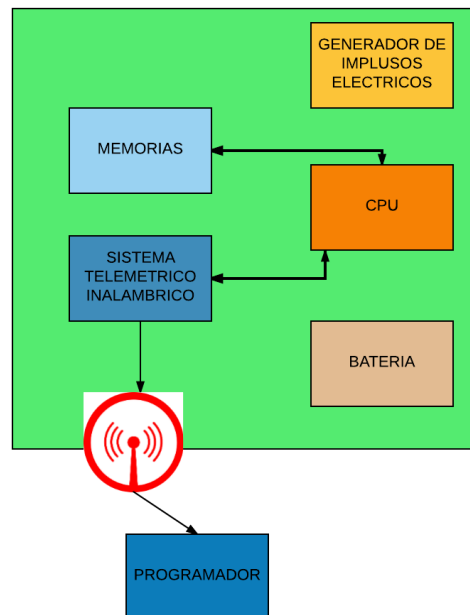
La arquitectura IoT propuesta para el uso de sensores médicos inalámbricos implantados en el cuerpo humano es una inclusión de los tipos de protocolos y tecnologías relatados del capítulo previo. En esta sección, se da a conocer los protocolos escogidos teniendo en cuenta la finalidad de que estos se acoplen para los dispositivos implantados en el ser humano.

Con el diseño de la arquitectura se pretende ganar adaptabilidad, portabilidad, fiabilidad, poder brindar un soporte al sistema y ahorro de recursos. Por otra parte, el estudio del uso de dispositivos inalámbricos implantados en el ser humano permite la supervisión por parte del personal médico al paciente. Los beneficios de la arquitectura IoT es que el paciente puede estar seguro que la información de la enfermedad a tratar está siendo supervisada por un médico.

#### 3.1. Interacción del dispositivo con el cuerpo humano

Los implantes inalámbricos van a tener como función general un sistema que permita guardar los datos y poder leerlos desde un escritorio remoto por el médico o enfermera, estableciendo niveles de alarma configurados por el doctor.

En general los dispositivos como el desfibrilador, neuroestimulador, distensión gástrica, caída de pie, medición de glucosa y el implante coclear envían choques eléctricos a diferente intensidad dependiendo del tratamiento. Es por esto que se puede realizar un diagrama de bloque para un módulo de comunicación genérico.



**Figura 3.1 Diagrama de módulo genérico para dispositivos inalámbricos implantados**

La figura 3.1 muestra un módulo genérico en el que consta de seis elementos que son:

- Generador de impulsos eléctricos
- CPU
- Batería
- Sistema telemétrico inalámbrico
- Programador

El programador se encuentra en la parte exterior del cuerpo y el sistema telemétrico implantado en el ser humano, estos módulos deberán tener una tecnología de capa física/MAC en la que no permita radiación ionizante al cuerpo y así no desencadenar otras enfermedades por el uso constante de los dispositivos.

Es importante conocer la medida de la potencia máxima en la que un campo electromagnético de radiofrecuencia incide en el tejido vivo, a esto se denomina SAR tasa de absorción específica. SAR tiene unidades de watts por

kilogramo (W/Kg) es decir la potencia que absorbe el cuerpo humano por cada Kg.

Las frecuencias a emplear en el cuerpo humano se encuentran entre 100 KHz y 100 GHz, este rango se conoce como radiación no ionizante. Las restricciones SAR cuando la exposición es ocupacional, es decir el tiempo en que el organismo se encuentra en contacto con determinado producto, pero en este caso el tiempo en que la frecuencia está siendo irradiada se encuentra divididas en tres, las cuales son:

SAR Promedio de todo el cuerpo (W/Kg) = 0.4

SAR Localizado (cabeza y tronco) (W/Kg) = 10

SAR Localizado (extremidades) (W/Kg) = 20 [61]

Los materiales para los dispositivos inalámbricos deben de tener características que el cuerpo humano acepte. Dentro del cuerpo existen fluidos que son altamente corrosivos para lo cual deben existir materiales resistentes y eliminar el efecto corrosión se efectuó después de varios años. Otra característica a considerar es que estos materiales deben ser estables a través del tiempo y de bajo costo para su masificación. En el cuerpo humano existen movimientos los cuales para los dispositivos serán llamados efectos mecánicos. Estos efectos hacen que el material a construir sea más resistente y pueda cumplir con el objetivo de generar impulsos eléctricos.

Elementos biocompatibles son realizados por aleaciones de metales como Titanio, Circonio, Tantalio o Molibdeno. Estos materiales son escogidas por proteger la electrónica de las radiaciones externas. Otros materiales que componen un dispositivo implantado son de material plástico biocompatible como el uretano termoplástico, conocido como Tecothane que se encuentra conteniendo las conexiones pasantes y los cables de los electrodos en el interior del dispositivo inalámbrico implantado [62].

## 3.2. Arquitecturas de Referencias

### 3.2.1. Arquitectura de una red comunitaria medica

Los estudiantes universitarios de la escuela de Ingeniería de la información y electrónica de Tianjin, China propusieron una arquitectura sobre la telefonía móvil GSM/3G sobre una red inalámbrica de sensores de área corporal que sirve para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades crónicas.

Los sensores ubicados en/sobre/alrededor del paciente utilizan protocolos de comunicación inalámbrica a corta distancia para luego ser conectados a la estación móvil con los datos ya procesados a los servidores del hospital.

Esta red comunitaria médica engloba toda la ciudad, la cual se encuentra dividida en varias comunidades. Esta arquitectura contiene elementos como: Red de sensores de área corporal, dispositivos móviles, redes de comunicaciones móviles, redes troncales y el hospital local de servidores.

La red de sensores de área corporal se compone de sensores médicos implantables o corporal utilizando la red Zigbee y Bluetooth, la cual debe adaptarse para conectarse a la infraestructura. Los dispositivos móviles se encuentran conectados con la red de sensores, ya que, el paciente debe movilizarse en su vida diaria.

En la red comunitaria existe un modelo de tráfico la cual se define de la siguiente manera:

Eventos orientados al tráfico: Se monitorea un estado anormal y por la Gateway se envía una señal de alerta con información necesaria para el hospital, médicos o familiares.

Tráfico de consulta: Cuando un médico, enfermera o familiar desea saber el estado del paciente, envían una consulta y ésta es respondida.

Trafico periódico: Existen datos que deben enviarse con periodicidad para el análisis médico del paciente.

En la arquitectura el modelo de negocios para la construcción de la red comunitaria medica intervienen los hospitales municipales, el gobierno y los operadores móviles de los cuales los dos primeros entes son responsables de la supervisión de la cobertura, el funcionamiento, el contenido, calidad de servicio y el coste de la red comunitaria médica mientras que los operadores móviles proporcionan la conexión a la red móvil. En resumen, la red escogida para la comunicación móvil es la WCDMA, mientras que para la red de comunicación de área corporal es la Zigbee [63].

### **3.2.2.Arquitectura para el Monitoreo Remoto de Funciones Vitales en Pacientes Ambulatorios**

Un grupo de trabajo del Instituto de Sistemas Inteligentes y de Enseñanza Experimental de las Robóticas de la Universidad de Morón propone desde el punto de vista de diseñar una arquitectura de sistema, de manera que, el sistema de telemedicina pueda monitorear ECG con acceso remoto, permitiendo el ingreso desde distintos tipos de aplicaciones del cliente con el uso de Framework de Microsoft .Net 2.0.

En esta arquitectura consiste de varios elementos como:

- *Periféricos de Adquisición de Datos:* Obtienen las señales de datos analógicas de los pacientes para luego transformarlas en digitales e interactuar con los Terminales de Adquisición de Datos (TAD).
- *Terminales de Adquisición de Datos:* Son las encargadas de tomar las señales digitales y convertir a registros de datos que serán guardados en el Servidor de Base de Datos.
- *Web Services:* Permite la adquisición de datos la cual esta almacenada en el servidor de base de datos y la interacción con diferentes plataformas que deseen comunicarse con el Framework.
- *Terminales Monitoras:* Exhibe la información que se encuentra en la base de datos.

En la arquitectura del sistema para el monitoreo de la ECG contiene módulos agrupados en diversos paquetes que constituye el Framework las cuales son:

- *Paquete de Adquisición:* Contiene todo lo concerniente a los equipos de ECG conectados al servidor y su correspondencia en la Base de Datos. A su vez se divide en Core y Service.
- *Sub paquete de Adquisición Core:* Se encuentran las clases que representan los conectores y los equipos de ECG.
- *Sub paquetes de Adquisición Service:* Es un Windows Service la cual se ejecutará en segundo plano obteniendo de la Base de Datos los equipos ECG que estén en funcionamiento y adquiriendo las propiedades.
- *Paquete de Data Layer:* Representa el acceso de datos la cual utiliza una herramienta llamado ORM NET optimizada para trabajar con Microsoft SQL Server.
- *Paquete de Business:* Se encuentra la lógica del negocio para el monitoreo y la administración de los equipos ECG. Contiene sub paquetes las cuales son:
  - *Sub paquete de Business Monitor:* Contiene clases para la lógica del negocio.
  - *Sub paquete de Business Manager:* Grupo de clases que proveen la lógica de negocios necesaria para la administración de equipos de ECG.
  - *Sub paquete de Business Common:* Provee la lógica del negocio común a los módulos Manager y Monitor en la cual favorece la reutilización de las prestaciones del paquete Business.
- *Paquete Backend:* Se encuentran las Web Services permitiendo escalabilidad en interoperabilidad con las aplicaciones Front end. Contiene Monitor WS que expone los métodos necesarios para comunicarse con la capa de negocios y Manager WS se comunica con la capa de negocios de Administración desde los Frontends.



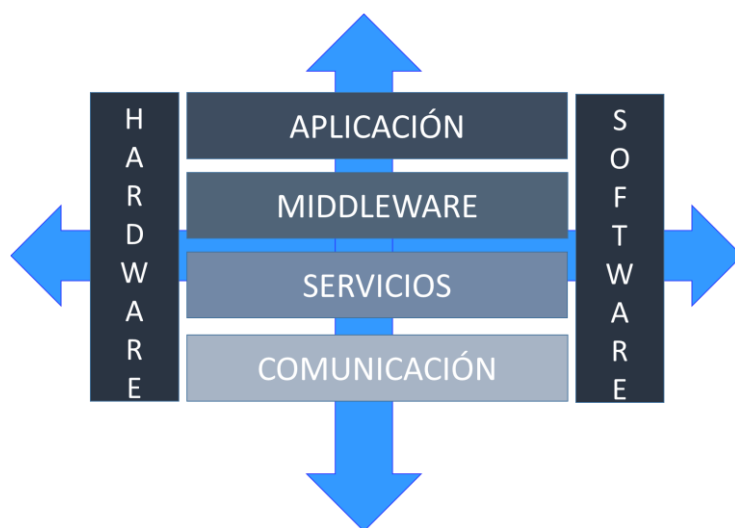
- *Paquete Frontend*: Abarca los proyectos que forma la capa de presentación del sistema tanto para el monitoreo como la administración [64].

### 3.3. Modelo de Arquitectura

#### 3.3.1. Introducción

Con el modelo de la arquitectura se busca obtener la salud resguardada del paciente sin interferir con las actividades cotidianas. Otro aspecto es distinguir que tecnologías son seguras para el paciente, ya que tiene que interactuar con ondas electromagnéticas de manera permanente.

El modelo de la arquitectura representada en la fig 3.2. Sugiere que las capas se relacionen unas con otras ya que estos forman una red de sensores inalámbricos los cuales tienen características de ahorrar energía de la batería. Estos dispositivos al ser de tamaño reducido, deben obtener información acerca de lo que ocurre con el hardware, software, comunicación y servicios, además deben tratar temas de mayor riesgo como es la salud humana.



**Figura 3.2 ARQUITECTURA GENERICA DE IoT APLICADA A CASOS DE EMERGENCIAS PARA DISPOSITIVOS MÉDICOS INALAMBRICOS IMPLANTADOS**

### 3.3.2. Lo que se necesita en la arquitectura

La arquitectura IoT de dispositivos médicos inalámbricos implantados interactúan varios elementos y usuarios. Cada escenario está previsto para que en caso que el paciente sufra algún evento emergente, el personal médico este en aviso. Aunque los dispositivos médicos implantados estén hechos para atender estas situaciones como un ataque cardiaco, el medico pueda supervisar estos eventos y consultar al paciente que causo dicho evento. En el caso del implante coclear la utilización de esta arquitectura es para saber que otro tipo de avances se puede realizar con los problemas de audición y a la reconfiguración de los parámetros para la sordera. En los tratamientos de neuroestimulador, glucosa, distinción gástrica, y fracturas de pie para el medico es deseable saber si el paciente está mejorando. Por ende, los escenarios a detallar se encuentran en un radio de cobertura que exista señal para la recepción de información al paciente y el dispositivo programador cerca de 10 metros alrededor de la persona.

El paciente situado en su hogar, lugar de trabajo y exteriores, haciendo uso del dispositivo programable el cual tiene como función conectarse a internet por medio de protocolos IoT.

El neuroestimulador es un dispositivo implantado que envía pulsos eléctricos al cerebro bloqueando señales anormales de la enfermedad, este dispositivo posee un sistema telemétrico UWB el cual envía información al dispositivo externo sobre el tratamiento realizado en el cerebro; en el dispositivo externo se programa el tratamiento y a la vez envía la información al médico.

El implante coclear sirve para personas que tienen pérdida de audición debido a que, no reciben estimulación eléctrica en las células ciliadas de la cóclea, por lo tanto, los pulsos eléctricos son dirigidas a éstas células generando la activación del sentido de la audición. El implante es instalado dentro del oído y fuera tiene el dispositivo programador que envía la energía al implante. Después de la cirugía y la recuperación, un

doctor realiza la configuración de los decibeles accedendo remotamente al dispositivo mediante una interfaz gráfica de manera tal que, la persona con el implante se sienta cómodo.

El desfibrilador sirve para tratar enfermedades como arritmias cardiacas. Cuando el corazón deja de generar señales eléctricas, no puede bombear sangre al resto del cuerpo y por lo tanto sufriría de muerte súbita. Este dispositivo implantado envía las pulsaciones al corazón como parte de un tratamiento o en caso que se presente la emergencia mencionada. Además, puede contener un sistema telemétrico que envía el monitoreo, y el tratamiento al dispositivo externo. Éste último actúa como puerta de enlace para que el médico pueda observar el tratamiento y los avances de la enfermedad.

El estimulador gástrico trata la obesidad para personas que no deseen una cirugía de manga gástrica, en la que el estómago es sometido a la reducción. La funcionalidad del dispositivo es dar saciedad al estómago para que el paciente deje de ingerir alimentos. Este tratamiento es regulable y debe tener supervisión médica. Por ende, el médico debe monitorear a la persona acerca de las señales fisiológicas y de que el mismo no sobrepase el tratamiento.

La medición de insulina es utilizada para pacientes con diabetes en la que ellos necesitan medir sus niveles glucémicos. Existen tratamientos intrusivos que generan heridas debido a la cantidad de mediciones realizadas, por ejemplo, después de ingerir alimentos ricos en azúcares. Hoy en día, existen dispositivos implantables que realizan esta medición además de estimular eléctricamente a las células betas pancreáticas que son encargadas de generar insulina al cuerpo. Este dispositivo también tiene un dispositivo externo como monitor y programador del tratamiento. Es médico debe recibir un reporte del avance de la enfermedad y los valores glucémicos para aumentar o disminuir el tratamiento.

Por último, se tiene un tratamiento para las extremidades inferiores en la que por causa de un accidente sufrieron una fractura. Se implantan

sensores en el nervio afectado para enviar señales del ángulo del pie pueden a ser tensados. Estos deben enviar la información para que el traumatólogo pueda realizar un tratamiento recibiendo una información rápida. Estos tratamientos pueden ser realizados desde la casa de la persona con fractura mientras el medico lo monitoriza remotamente.

En el hospital se encuentra la granja de servidores y el personal médico recibe alarmas programadas en la red de sensores inalámbricos los cuales son el dispositivo implantable y el sensor exterior o como en la Figura 3.1 se lo denominó programador. Estas alarmas pueden establecerse como correos, o utilizar herramientas de aplicación web que detecte dichas alarmas. El personal médico supervisa y recibe alarmas de lo que sucede al paciente y puede hacer uso de dispositivos móviles como tablets, PDA's, celulares, etc.

En el escenario en la que participa el personal médico, deben recibir alarmas de emergencia en su domicilio o en cualquier ubicación mientras posea señal el dispositivo y activado con plan de datos.



**Figura 3.3 Escenarios de la Arquitectura IoT para dispositivos médicos inalámbricos implantados en el cuerpo humano.**

### 3.3.3. Hardware

El hardware a utilizar en un dispositivo medico implantable como sugerencia es microprocesador Texas Instruments MSP430. Este chip lo utilizan comúnmente para sensores inalámbricos de tamaño pequeño con direccionamiento de memoria de 8 a 16 bits.

Se puede implementar una funcionalidad en la que un sensor indique tiempos STAND BY para ahorrar de energía de los dispositivos. El estado Stand By sirve para que los dispositivos inalámbricos usen 1% de la energía en modo ON. En la capa horizontal de software implementar un anexo en el protocolo CoAP de middleware que trate el envío de datos entre el dispositivo programador y el implantable.

Cabe recalcar que en primera forma de implementación se podrá hacer uso de tarjetas de desarrollo en la que se debe limitar el direccionamiento de memoria para su correcta replicación y análisis de datos.

El dispositivo externo o programador no tiene necesidad de estar sujeto a limitación de recursos, como el dispositivo implantado, pero no olvidando de que sigue siendo inalámbrico que depende de energía recargable. En la parte de Middleware se usa el protocolo CoAP conocido por usarse en dispositivos de recursos limitados. Por lo tanto, en el hardware se tendrá un servidor CoAP, éste se ubica como nodo.

Estos dos dispositivos mencionados son los que forman la WSN sin embargo los dispositivos de monitoreo se encuentran ubicados a distancias remotas. Para que estos dispositivos móviles puedan acceder es necesario implementar un servidor proxy la cual va a facilitar la comunicación accediendo a la información del dispositivo inalámbrico implantado en el paciente.

En la Tabla 1 se muestra un resumen de lo que necesita los sensores médicos comerciales en cuanto a la tasa de transmisión, ancho de banda y direccionamiento de memoria.

Dispositivos comerciales	Tasa de transmisión	Ancho de Banda	Direccionamiento de memoria
ECG	71kbps	100-500Hz	12 bits
EMG	320kbps	0-10000 Hz	12 bits
EEG	43 kbps	0-150Hz	16 bits
Monitor de Glucosa	1600 bps	0-50Hz	16 bits
Sensor de movimiento	35kbps	0-500Hz	12 bits
Implante coclear	100 kbps	No Aplica	No Aplica

**Tabla #1 Requisitos de los sensores implantados para una red WSN**

#### 3.3.4. Software

El software a utilizar para la arquitectura puede darse en varios lenguajes como C, Python, Java, sin embargo, existe una arquitectura de software indicado en la sección 3.2.2 en la que utilizan un Framework de Microsoft Net. Dicha arquitectura está separada por varios paquetes que administran y operan los dispositivos para un monitoreo de funciones vitales a pacientes ambulatorios, esta realización se puede aplicar tanto en el dispositivo periférico como en los servidores de aplicación.

El procesador que se encuentra en el dispositivo implantable puede utilizar lenguaje ensamblador o C a manera de ahorrar recursos de capacidad de datos y energía, sin embargo, se puede utilizar otras herramientas comerciales de interfaz programable como LabView.

Existe software que tendrá que ser implementado según sea el requerimiento, por ejemplo, un monitoreo necesita tener información actualizada. El protocolo CoAP, sugerido en esta arquitectura para tratar con dispositivos inalámbricos implantados, tiene recursos conocidos como observadores los cuales pueden ser programados para mantener la

información actualizada durante un tiempo específico. Este nuevo software se lo mantiene en el dispositivo exterior como un pequeño modulo del programador.

### **3.3.5.Servicios**

Es importante que los dispositivos médicos implantados en el ser humano puedan tener una conexión con el supervisor de manera constante y sin ningún tipo de itinerancias. Usar este servicio requiere una tecnología que se encuentre desarrollada en el mercado, de manera que, los datos puedan viajar sin ningún inconveniente a cualquier lado en donde se encuentre el paciente. Es por esto, se va a considerar a la red 3GMS o en su defecto a la 4G debido a la actualización de las operadoras a esta red con esto la arquitectura va a contar con los servicios que ofrece GSM los cuales son mensajes de texto y conexión a Internet.

El servicio de monitoreo de la WSN a los dispositivos médicos implantados, se establecen protocolos para optimizar recursos de red, realizando descubrimiento de nodo a solicitar. Esta red de sensores es relativamente pequeña por ende el Discovery resulta más eficiente por tiempos al encontrar el nodo solicitado.

El almacenamiento en cache es otro recurso en la que también se ahorra recursos en memoria y por lo tanto la obtención de información es más rápida.

Las alarmas enviadas a los médicos, son enviadas desde cualquier ubicación y recibidas mediante correo, o por medio de una página web. Con la ayuda del proxy, se enlista a clientes que accedan a la información del paciente, este caso son supervisores del paciente.

Los servicios de IoT son variados y con la arquitectura planteada se pueden especificar diversos requerimientos que sean indispensables para la salud del paciente.

### 3.3.6. Middleware

El protocolo web diseñado para la arquitectura de dispositivos médicos inalámbricos implantados se basa en CoAP, está diseñada para una arquitectura IoT en la que los dispositivos inteligentes de pocos recursos deseen conectarse a Internet. Una de las ventajas para usar CoAP es conectarse a sitios en donde se trabajó con HTTP o RESTFUL debido a estar basado en un modelo cliente servidor. Este protocolo provee al diseño adaptabilidad con los pequeños microcontroladores de direccionamiento de 8 a 16 bits porque envían pequeños paquetes que se transmiten a través de Internet evitando una sobrecarga para estos dispositivos y pérdidas de paquetes.

CoAP utiliza estructura Cliente/Servidor basado en el modelo Restful utilizando UDP. Aunque UDP es poco confiable ya que no entrega ACK acuses de recibo, en CoAP lo que se hace es tener cuatro distintos tipos de mensajes los cuales son Confirmable, No confirmable, Acknowledgement y Reset.

- CON significa que cuando se envíe este mensaje al transceptor externo la cual lo tiene el paciente es porque se requiere una confirmación del paquete enviado, como, por ejemplo, una solicitud de monitoreo por parte del médico, o cuando se establezca alguna alarma que desee recibir el hospital.
- Los mensajes tipo NON son no-confirmable y se lo requiere cuando los tipos de mensaje son por ejemplo lecturas de los sensores implantados.
- ACK son la respuesta de confirmación al tipo CON.
- Rst este tipo de mensaje se da cuando alguno de los dispositivos se reinicia y no puede enviar respuesta a los mensajes de tipo CON o NON.

Bajo estas condiciones CoAP es utilizado para sensores médicos en cual la emergencia esta de prioridad, aumentando el grado de fiabilidad.

CoAP contiene proxys y almacenamiento simple de cache. En el monitoreo o en las alarmas a establecer en los dispositivos médicos, el



proxy ayuda al intercambio de mensajes entre HTTP-CoAP y viceversa. Otro de las funcionalidades de un proxy es indicar una lista de clientes que deseen acceder a estas alarmas, notificaciones y monitoreo.

CoAP proporciona almacenamiento en cache, por lo tanto, si hay peticiones en que ya han sido solicitadas en los dispositivos médicos como por ejemplo reportes de ritmo cardiaco, estimulaciones eléctricas, etc. Y al final del día se desea tener un historial. Las solicitudes que han sido pedidas se almacenan en cache para que en la WSN no existan paquetes redundantes y con eso, evitar tráfico en la red.

Otro de los recursos de CoAP es Resource Discovery, la cual permite descubrir los recursos de la WSN de los dispositivos médicos y con poder dirigir su requerimiento a algún otro nodo en el cual se esté buscando dicho recurso.

Se puede realizar un anexo a este protocolo para usar intercambio de mensajes Stan By entre el dispositivo implantable y el programador

Protocolo	CoAP	MQTT
Transporte	UDP	TCP
Mensajería	Publish/Suscribe	Publish/Suscribe
2G,3G,4G	Excelente	Excelente
Redes de baja potencia para 1000 nodos	Excelente	Baja
Recursos de Computación	10 Ks RAM/Flash	10 Ks RAM/Flash
Áreas a emplear	Redes de Campo	Redes empresariales

**Tabla #2 Resumen de comparación entre protocolos IoT**

La Tabla 2 muestra comparaciones entre CoAP y MQTT en la cual la primera de ellas es sugerida para tratar en áreas de campo.

### **3.3.7. Aplicación**

Una de las ventajas al implementar la arquitectura es que se pueden realizar aplicaciones web compatible con el protocolo CoAP. Las aplicaciones sirven para que el personal médico este pendiente del estado de salud de su paciente y con este prevenir varios incidentes, tomar decisiones sobre el levantamiento y supervisión del tratamiento, configuraciones de los dispositivos, alarmas, avances de la enfermedad, historial ECG, picos de glucemia, el implante coclear.

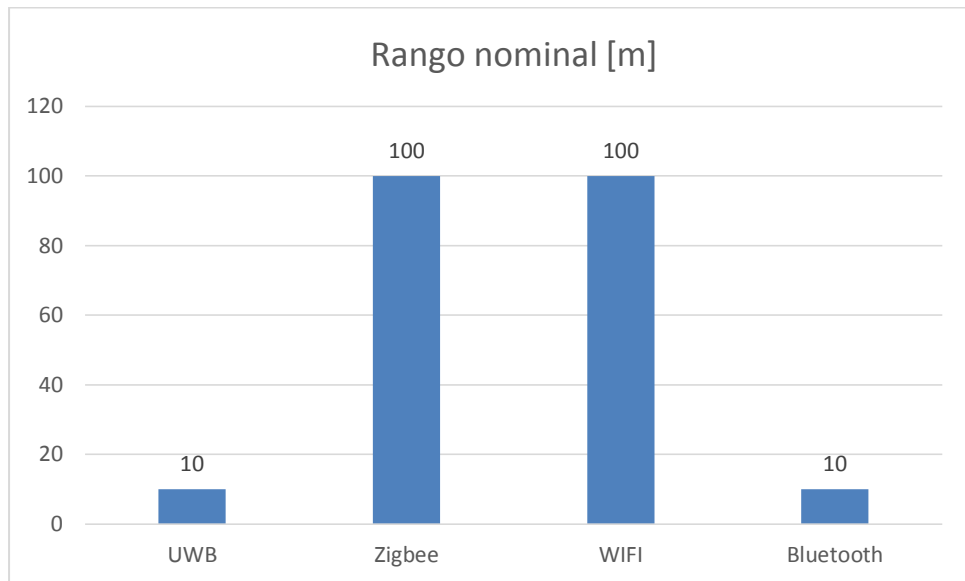
Es importante tener una aplicación integral pero también saber que aplicaciones realizar con el objetivo de no saturar a la red. Los lenguajes a utilizar son ya conocidos como Java, Python, C++, Visual .Net sobre la plataforma Android.

Esta capa se puede crear para recibir en los dispositivos móviles las emergencias que puedan suceder al paciente. Esta puede ser programado en Android en la cual se podría pedir un historial por ejemplo del ECG, o de los picos de glucemia que haya tenido el paciente, el implante coclear si ha sido utilizado correctamente y no haya sido reprogramado, y las veces en que el sensor de pie ha sido utilizado.

### **3.3.8. Comunicación**

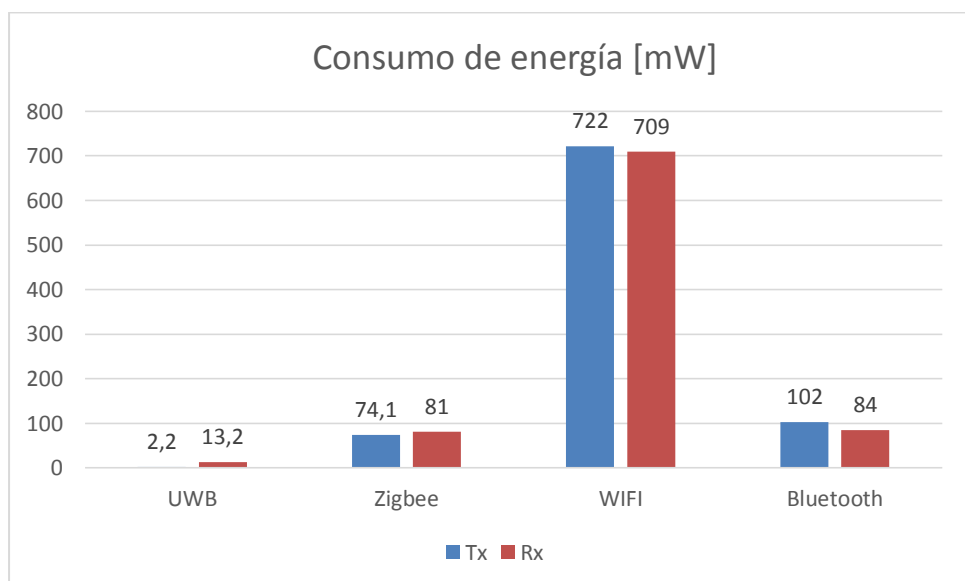
Para poder elegir una tecnología en la que se pueda cumplir con las características de la lectura de miles de pulsaciones por segundo, ahorrar energía debido a que los dispositivos inalámbricos implantados en el ser humano necesitan una batería para su funcionamiento.

En las comparaciones siguientes se van a citar cuatro tecnologías de redes de uso personal como Wifi, Zigbee, Bluetooth y Ultra WideBand.



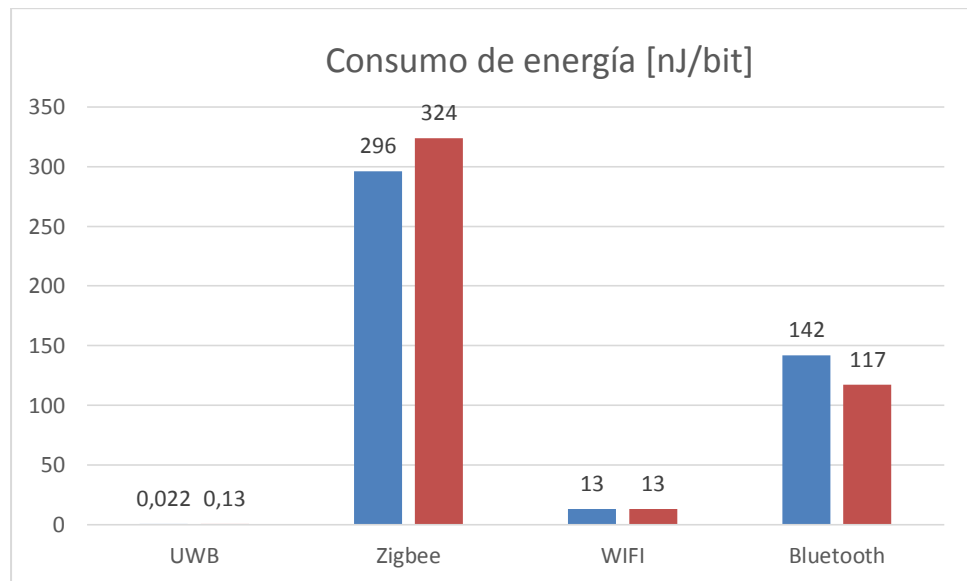
**Figura 3.4 Comparación de las distancias a la que pueden transmitir las diferentes tecnologías de Capa física/MAC**

En la figura 3.4 muestra el alcance en metros de protocolos de Capa física/MAC, en la que Zigbee y WiFi tienen mayor alcance (100 m) que UWB y Bluetooth. Si bien el alcance es una variable que a través del tiempo se ha querido aumentar, en el uso de dispositivos inalámbricos implantados en el cuerpo se puede usar un wearable que permita tener siempre esa conexión con el receptor.



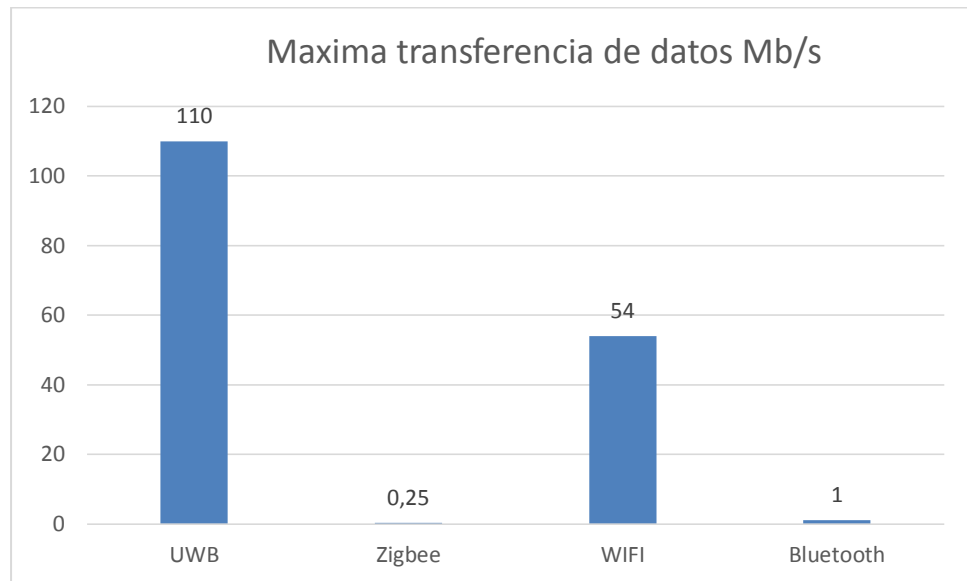
**Figura 3.5 Comparación del consumo de energía a la que pueden transmitir las diferentes tecnologías de Capa física/MAC**

En la figura 3.5 muestra una comparación del consumo de energía. Wifi es el que mayormente consume energía con 722mW en transmisor y 709 en receptor, después de estos, por muy debajo sigue Zigbee y Bluetooth y UWB con 2.2 mW en transmisión y 13.2 de recepción.



**Figura 3.6 Comparación del consumo de energía por bit de transmisión y recepción de las diferentes tecnologías de Capa física/MAC**

En la figura 3.6 muestra una comparación de la energía consumida en relación a los bits entregados y otra vez UWB tiene una relación menor en cuanto a las otras tecnologías.



**Figura 3.7 Comparación de la Máxima transferencia de Datos de las diferentes tecnologías de Capa física/MAC**

La máxima transferencia de datos es una relación a tomar en consideración debido a que, el cuerpo humano transmite miles de pulsaciones por minuto y esta se debe sensor en tiempo real sin margen de error. UWB alcanza una máxima transferencia de datos llegando a 110Mb/s.

Finalmente, se tiene que UWB es excelente para dispositivos médicos inalámbricos en la medicina ya que la potencia que incide sobre el ser humano es baja y no ionizante. En cuanto a los requisitos de una WSN tiene la máxima transferencia de datos y la energía que ocupa la tecnología es mínima en comparación con Wifi, Zigbee y Bluetooth.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Se logró diseñar una arquitectura IoT para el caso de emergencia de dispositivos médicos inalámbricos implantados en el ser humano, haciendo uso de diferentes protocolos y tecnologías se diseñó una arquitectura en la cual el personal médico pueda supervisar el tratamiento de los pacientes.

De las patentes de los dispositivos médicos inalámbricos se pudo obtener un modelo genérico del funcionamiento de los dichos sensores y poder sistematizar la arquitectura, de esto también se pudo deslumbrar aplicaciones futuras en cuanto al desarrollo de software para el protocolo CoAP como extensiones de librería para el campo médico.

Es posible que con el modelo de la arquitectura diseñado se puede replicar para otros dispositivos inalámbricos implantados no tratados en este documento.

### Recomendaciones

Si se desea diseñar una implementación con esta arquitectura es importante definir qué clase de eventos se desea supervisar ya que en el middleware posee un protocolo que ayuda a desarrollar diferentes aplicaciones.

En esta arquitectura para su implementación es necesario realizar un análisis del tráfico de la red cuando se vayan a enviar paquetes de datos simultáneos.

Se utilizó un proxy para enlistar los clientes que se encuentran dentro de la red, sin embargo, puede añadirse protocolos el cifrado de datos para proteger la información del usuario

Se debe realizar un análisis para la implementación de UWB en dispositivos médicos inalámbricos ya que esta tecnología está en desarrollo

Analizar algoritmos de búsqueda de nodos para la obtención rápida de descubrimiento de recursos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Mattelart y M. Mattelart, «Historia de las teorías de la comunicación,» Paidós Iberica, Barcelona, 1997.
- [2] Fundación Telefónica, «Smart Cities: un primer paso hacia la internet de las cosas,» Ariel, Madrid, 2011.
- [3] K. Ashton, «That 'Internet of the Things' Thing,» 22 Junio 2009. [En línea]. Available: <http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf>.
- [4] F. Velasteguí y J. Rivera, «Diseño e Implementación de IPv6,» *EIDOS*, vol. 5, nº ISSN: 1390-499, pp. 20-25, 2012.
- [5] J. J. Camargo-Vega, J. F. Camargo-Ortega y L. Joyanes-Aguilar, «Conociendo Big Data,» *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 24, nº 38, pp. 63-67, 2015.
- [6] Organización Panamericana de la Salud (OPS), «Conversaciones sobre eSalud,» ISBN 978-92-75-31828-7 (versión ebook), Washington, DC, 2014.
- [7] COM SALUD, Agencia de Comunicación, «laeSaludcom,» [En línea]. Available: <http://laesalud.com/>. [Último acceso: 20 Mayo 2016].
- [8] L. DeNardis, «E-health Standards and Interoperability,» 2012.
- [9] FISH & RICHARDSON, «NAVIGATING GOVERNMENT REGULATIONS IN THE NEW MEDICAL AGE,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.fr.com/files/Uploads/attachments/FinalRegulatoryWhitePaperWirelessMedicalTechnologies.pdf>. [Último acceso: 24 Junio 2016].
- [10] ROCHE, «FDA clears Accu-Chek Combo system,» 19 Julio 2012. [En línea]. Available: <http://www.roche.com/media/store/releases/med-cor-2012-07-19.htm>. [Último acceso: 26 mayo 2016].
- [11] «Advanced Bionics,» [En línea]. Available: <http://www.advancedbionics.com/com/es/home.html>. [Último acceso:

2016].

- [12] «Medtronic,» [En línea]. Available: [http://www.medtronic.com/us-en/index.html?cmpid=mdt\\_com\\_orcl\\_us\\_home\\_f52\\_plc\\_home&utm\\_source=mdt\\_com\\_orcl\\_us\\_home&utm\\_medium=f5\\_redirect&utm\\_campaign=PLC\\_Launch\\_2015](http://www.medtronic.com/us-en/index.html?cmpid=mdt_com_orcl_us_home_f52_plc_home&utm_source=mdt_com_orcl_us_home&utm_medium=f5_redirect&utm_campaign=PLC_Launch_2015). [Último acceso: 2016].
- [13] «Stimustep,» 2016. [En línea]. Available: <http://finetech-medical.co.uk/en-gb/products/stimustep%C2%AEdroppedfootsystem.aspx>.
- [14] R. Subiela Durá y A. León Fernández, «SIMULACIÓN DE PROTOCOLOS DE ENCAMINAMIENTO EN REDES MÓVILES AD HOC CON NS-2,» Universidad de Valencia, Valencia, 2011.
- [15] IEEE, «802.15.4,» Press Editorial Board, New York, 2003.
- [16] R. Martínez, J. Ordieres, F. Martínez, A. González, F. Alba, R. Lostado y A. Pernía, «Redes Inalámbricas de Sensores Teoría y Aplicación Práctica,» Universidad de La Rioja, Madrid, España, 2009.
- [17] H. Martin y O. Cairó, ¿Quo vadís, tecnología de la información y de las comunicaciones?, Colombia: Mayol Ediciones S.A., 2009.
- [18] A. Daboín, G. Verde, F. Torrealba y T. Gharbi , «MEDICIÓN DE RSSI, LQI Y PRUEBAS DE COBERTURA PARA DIFERENTES ESCENARIOS DE PROPAGACIÓN EN UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES,» REDIP. UNEXPO, Venezuela, 2012.
- [19] E. J. Carletti, «Robots pasión por la robótica en Argentina,» 2007,2015. [En línea]. Available: [http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_general.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_general.htm). [Último acceso: 20 Junio 2016].
- [20] J. Mayné, «Sensores Acondicionadores y Procesadores de señal,» 2003.
- [21] Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, «EducaLab,» Gobierno de España , [En línea]. Available: [http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena11/4quincena11\\_presenta\\_1a.htm](http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena11/4quincena11_presenta_1a.htm). [Último acceso: 29 Junio 2016].



- [22] SENSING, «Sensing,» [En línea]. Available: [http://www.sensing.es/Transductores\\_de\\_presion\\_Cm.htm](http://www.sensing.es/Transductores_de_presion_Cm.htm). [Último acceso: 30 Junio 2016].
- [23] J. L. Molina Marticorena, «Profesor Molina,» [En línea]. Available: [http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/que\\_es.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm). [Último acceso: 30 Junio 2016].
- [24] «Cambridge in COLOUR A Learning Community for photographers,» [En línea]. Available: <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-sensors.htm>. [Último acceso: 1 Julio 2016].
- [25] GUEMISA, «GM,» [En línea]. Available: <http://www.guemisa.com/ambien/docus/completo%20conductividad.pdf>. [Último acceso: 1 Julio 2016].
- [26] UCLM, «Departamento de Sistemas Informáticos,» [En línea]. Available: <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Componentes/SACUSTICOS.htm>. [Último acceso: 1 Julio 2016].
- [27] Siemens, «Siemens,» [En línea]. Available: <http://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems/es/instrumentacion-de-procesos/vigilancia-del-proceso/sensores-ac%C3%BAsticos/pages/sensores-ac%C3%BAsticos.aspx>. [Último acceso: 1 Julio 2016].
- [28] Y. Pantoja. [En línea]. Available: <http://es.slideshare.net/Dabyus/sensores-de-gases>. [Último acceso: 1 Julio 2016].
- [29] SENSING, «Acelerómetros - Sensores de aceleración,» [En línea]. Available: [http://www.sensores-de-medida.es/sensing\\_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES\\_35/Aceler%C3%B3metros---Sensores-de-aceleraci%C3%B3n\\_49/](http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Aceler%C3%B3metros---Sensores-de-aceleraci%C3%B3n_49/). [Último acceso: 1 Julio 2016].
- [30] B. Salvador Domínguez y A. Luque Estepa, «Biblioteca de Ingeniería Universidad de Sevilla,» [En línea]. Available: [http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70515/fichero/Sensor+de+Inclinaci%C3%B3n+Capacitivo+Microflu%C3%ADico\\_\\_Blas+Salvador+Dom%C3%ADnguez.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70515/fichero/Sensor+de+Inclinaci%C3%B3n+Capacitivo+Microflu%C3%ADico__Blas+Salvador+Dom%C3%ADnguez.pdf). [Último acceso: 2 Julio 2016].

- [31] M. I. Pivadori, «Química Bioanalítica,» Universidad Nacional del Litoral , Santa Fé, 2008.
- [32] Universidad Politécnica de Valencia, «Blog de la historia Informática,» [En línea]. Available: <http://histinf.blogs.upv.es/2010/12/02/historia-de-las-redes-inalambricas/>. [Último acceso: 3 Julio 2016].
- [33] Universidad de Castilla-La Mancha, «Telefonía Móvil,» [En línea]. Available: [http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Comunicacion/Telefonia\\_movil/index\\_archivos/Page2073.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Comunicacion/Telefonia_movil/index_archivos/Page2073.htm). [Último acceso: 3 Julio 2016].
- [34] IEEE, «RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION AND THE ELECTRONIC PRODUCTCODE,» IEEE, New York, 2001.
- [35] Universidad de Sevilla, «Biblioteca de Ingeniería Universidad de Sevilla,» [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11141/fichero/PFC%252F4+Red+GSM.pdf>. [Último acceso: 3 Julio 2016].
- [36] D. A. Heras Benavides y H. A. Carpio Pauta, *ESTUDIO DEL ARTE EN UMTS/3G CON EL SUBSISTEMA IMS*, Cuenca: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2011.
- [37] 3GPP, «3GPP A GLOBAL INIATIVE,» [En línea]. Available: <http://www.3gpp.org/>. [Último acceso: 25 JULIO 2016].
- [38] Wi-Fi Alliance, «Wi-Fi,» [En línea]. Available: <http://www.wi-fi.org/>. [Último acceso: 4 Julio 2016].
- [39] WiMAX, «WiMAX Forum,» [En línea]. Available: <http://wimaxforum.org/>. [Último acceso: 4 Julio 2016].
- [40] NFC, «NFC Forum,» [En línea]. Available: [http://members.nfc-forum.org/specs/spec\\_list/](http://members.nfc-forum.org/specs/spec_list/)). [Último acceso: 5 Julio 2016].
- [41] DomoDesk, «DomoDesk,» [En línea]. Available: <http://www.domodesk.com/a-fondo-zigbee>. [Último acceso: 5 Julio 2016].
- [42] R. Ávila, «Estudio del arte en Redes UMTS/3G con el subsistema IMS,» Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2011.

- [43] D. García, *6LoWPAN study for application to the Internet of Things*, La Laguna: Universidad de La Laguna, 2015.
- [44] A. Diedrichs, «6LoWPAN IPv6 for Wireless Sensor Network,» [En línea]. Available: <http://www.sase.com.ar/2013/files/2013/09/SASE2013-6LOWPAN-A-Diedrichs.pdf>.
- [45] I. A. Diedrichs, «FRN UTM,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.sase.com.ar/2013/files/2013/09/SASE2013-6LOWPAN-A-Diedrichs.pdf>. [Último acceso: 24 Junio 2016].
- [46] Jianli Pan, «Medical Applications of Ultra-WideBand (UWB),» Washington University, Washington, 2008.
- [47] R. J. Millán Tejedor, «CONSULTORÍA ESTRATÉGICA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/uwb.php>. [Último acceso: 5 Julio 2016].
- [48] Internet Archive WayBack Machine, [En línea]. Available: <http://web.archive.org/web/20090209195733/http://www.sensorsmag.com/articles/0203/38/main.shtml>. [Último acceso: 5 Julio 2016].
- [49] Object Management Group, «CORBA,» [En línea]. Available: <http://www.omg.org/gettingstarted/corbafaq.htm>. [Último acceso: 3 Agosto 2016].
- [50] World Wide Web Consortium (W3C) , «W3C,» 11 Julio 2016. [En línea]. Available: <https://www.w3.org/TR/2007/REC-soap12-part0-20070427/>.
- [51] C. Álvarez, «arquitecturajava,» 14 Junio 2013. [En línea]. Available: <http://www.arquitecturajava.com/servicios-rest/>. [Último acceso: 3 Julio 2016].
- [52] ECLIPSE ORG, «eclipse,» [En línea]. Available: [http://www.eclipse.org/community/eclipse\\_newsletter/2014/february/article2.php](http://www.eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/february/article2.php). [Último acceso: 8 Agosto 2016].
- [53] P. Friess y O. Vermesan, *Internet of Things Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*, River Publishers, 2013.

- [54] L. A. Jurado Pérez, W. A. Velásquez Vargas y N. F. Vinueza Escobar, «Estado del Arte de las Arquitecturas de Internet de las Cosas,» Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2014.
- [55] P. V. González Granda, M. P. Bandrés Sánchez, D. F. Torres Díaz, M. C. Murillo Macas y K. M. Cueva Ludeña, «Telesalud UTPL Tutupaly,» Ediloja Cía. Ltda., Loja, 2012.
- [56] F. L. Rossi y P. A. Lena, «Cloud Computing hacia el futuro de la ofimática,» Universidad de Palermo, Buenos Aires, 2013.
- [57] J. D. McCabe, Network Analysis, Architecture, and Design, USA: Elsevier, 2007.
- [58] K. A. Miesel y L. Stylos, «Non-invasive cardiac monitoring system and method with communications interface». Estados Unidos Patente 6162180A, 28 Diciembre 1998.
- [59] S. M.-A. N. Najafi, «Miniature wireless system for deep brain stimulation». Estados Unidos Patente 8412332B2, 2 Abril 2013.
- [60] S. A. Crawford, D. P. Lynch y C. M. Woods, «Integrated cochlear implant headpiece». Estados Unidos Patente 8811643B2, 19 Agosto 2014.
- [61] W. L. Starkebaum y J. Chen, «Electrical stimulation therapy to promote gastric distention for obesity management». Estados Unidos Patente US8185206B2, 22 Mayo 2012.
- [62] M. Haugland y T. Sinkjaer, «Methods and implantable systems for neural sensing and nerve stimulation». Estados Unidos Patente US20080234782A1, 25 Septiembre 2008.
- [63] R. P. Houben, A. C. M. Renirie y K. J. Weijand, «System for pancreatic stimulation and glucose measurement». Estados Unidos Patente US6093167A, 16 Junio 1997.
- [64] H. Kaschel, J. V. ALVARADO NEIRA y V. M. TORRES VALDERRAMA, «Redes de Area Corporal Inalámbricos: Requisitos, Desafíos e Interferencias,» Universidad Austral de Chile, Noviembre 2014.

