

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR



PROYECTO FIN DE CARRERA

**Integración de funciones de presentación y control
de datos médicos en tablet PC**

Eduardo Vicente Menéndez

Septiembre 2014

Integración de funciones de presentación y control de datos médicos en tablet PC

AUTOR: Eduardo Vicente Menéndez

TUTOR: Eduardo Boemo Scalvinoni

Digital System Laboratory

Dpto. de Tecnología Electrónica y de Comunicaciones

Escuela Politécnica Superior

Universidad Autónoma de Madrid

Septiembre de 2014

Agradecimientos

Seré breve...

Quiero dar gracias a mis padres, José Luis y Pilar, por educarme, apoyarme e inculcarme la idea de que las cosas se consiguen con trabajo. Posiblemente, sin esa forma de ver las cosas no hubiera sido capaz de terminar después de unos meses duros. Quiero también dar las gracias a mi hermano, José Luis, por enseñarme a disfrutar de todo lo que no tiene que ver con esto de la ingeniería.

Me gustaría dar gracias a mi compi, Andrés, por vivir esta experiencia conmigo y por todos los ratos que hemos pasado estudiando, haciendo prácticas y sobre todo, echando muchas risas.

Y, por supuesto, quiero dar las gracias a mis amig@s, que me han apoyado, han aguantado mis malos ratos, me han escuchado, me han hecho reír y me han ayudado en todo lo que ha estado en sus manos... en definitiva, han estado ahí siempre cuando lo he necesitado.

¡Gracias!

Resumen

El proyecto consiste en el desarrollo de una aplicación iOS para integrar las señales recibidas de distintos sensores de señales biológicas médicas a través de una tableta. Concretamente, el sistema debe ser capaz de recibir medidas desde una serie de sensores médicos de manera inalámbrica, procesar las medidas recibidas y mostrarlas en un interfaz de usuario que pueda ser leído por personas con visibilidad reducida.

El programa debe ser capaz de comunicarse con sensores médicos tales como monitores de tensión arterial, monitores de frecuencia cardíaca, básculas de peso corporal y monitores de pulsioximetría, mediante el protocolo Bluetooth.

Palabras clave

Bluetooth Low Energy

Dispositivos médicos

iOS

Apple

Aplicaciones móviles

Abstract

The project involves the development of an iOS application to integrate signals received from different medical sensors through a Tablet PC. Specifically, the system must be able to receive measurements from several medical sensors wirelessly, process and display the measurements received in a user interface that can be read by people with reduced visibility.

The program must be able to communicate with medical sensors such as blood pressure monitors, heart rate monitors, body weight scales and pulse oximetry monitors, using the Bluetooth protocol.

Keywords

Bluetooth Low Energy

Health Devices

iOS

Apple

Mobile Applications

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Motivación.....	1
1.2. Objetivos – Solución Propuesta.....	2
1.3. Organización de la memoria.....	3
2. ESTADO DEL ARTE	5
2.1. Introducción: Sistemas de Telemedicina	5
2.2. Sistemas de Telemedicina Actuales.....	8
2.3. Principales problemas encontrados.....	9
2.4. Principales Fabricantes y Modelos	11
2.4.1. Básculas.....	11
2.4.2. Monitores de Tensión Arterial.....	12
2.4.3. Monitores de saturación de oxígeno en sangre	12
2.4.4. Monitores de Electrocardiograma – ECG	13
2.4.5. Otros dispositivos de medida.....	14
2.4. Tendencias: Tecnología Bluetooth 4.0 – Low Energy	15
2.4.1. Características Principales de la Tecnología Bluetooth LE.....	16
3. TECNOLOGÍA BLUETOOTH: SENSORES MÉDICOS	19
3.1 Tecnología Bluetooth.....	19
3.2 Evolución tecnología Bluetooth	19
3.2.1. Historia Bluetooth.....	19
3.2.2. Bluetooth v1.2	20
3.2.3. Bluetooth v2.0 + EDR.....	21
3.2.4. Bluetooth v3.0 + HS.....	21
3.3. Bluetooth v4.1 + Low Energy	22
3.3.1. Arquitectura	23
3.3.2. Características y mejoras	23
3.3.3. Bluetooth Smart y Bluetooth Smart Ready.....	24
4. DISEÑO DEL SISTEMA	27
4.1. Diseño del Sistema Completo.....	27
4.2. Elección de la tableta	28
4.3. Elección de los dispositivos	30
4.3.1. Medidor de Tensión Arterial	31

4.3.2. Medidor de Peso Corporal.....	31
4.3.3. Medidor de Oxígeno en sangre.....	31
4.3.4. Medidor de frecuencia cardíaca.....	32
4.4. Diseño de la aplicación.....	32
4.4.1. Flujos de operación y funcionamiento:.....	32
4.5. Diseño interfaz de usuario.....	33
4.5.1. Login.....	34
4.5.2. Distribuidor.....	35
4.5.3. Medidas automáticas.....	36
4.5.4. Medidas manuales.....	37
4.5.5. Lista de medidas.....	38
4.6. Modelo de datos.....	39
5. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN.....	41
5.1 Comunicación con dispositivos.....	41
5.1.1 Comunicación dispositivos iHealth.....	41
5.1.2. Comunicación Dispositivo Polar (BT 4.0).....	45
5.2 Desarrollo del interfaz de usuario.....	47
5.2.1 Interfaz de usuario: Personal Sanitario.....	47
5.2.2. Interfaz de usuario: Personas con visibilidad reducida.....	51
5.3. Clases utilizadas.....	57
5.3 Almacenamiento de datos persistente.....	58
5.3.1 Core Data.....	59
5.4. Frameworks y SDK adicionales.....	63
5.4.1 AVSpeechSynthesizer (lectura textos).....	63
5.4.2. SDK iHealth.....	63
6. INTEGRACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS.....	65
6.1. Pruebas de comunicación.....	65
6.1.1. Pruebas de conexión automática.....	65
6.1.2. Pruebas de plausibilidad de la medida.....	66
6.2. Pruebas funcionales de la aplicación.....	67
6.3. Pruebas de usuarios reales.....	72
7. CONCLUSIONES.....	73
8. TRABAJO FUTURO.....	75
8.1. Mejoras en los sensores de medida.....	75
8.2. Mejoras en el interfaz de usuario.....	75

8.3 Mejoras en la exportación de datos.....	76
8.4. Mejoras en las funcionalidades de la aplicación.....	76
REFERENCIAS.....	78
GLOSARIO.....	79
ANEXOS.....	80
Anexo A – Características Técnicas Dispositivos Utilizados.....	80
Anexo B – Formato de Datos iHealth.....	83
Anexo C – Servicio Bluetooth Heart Rate 0x180D.....	84
Anexo D – Presupuestos.....	85
Anexo E – Pliego de condiciones.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Báscula UC-321PBT.....	11
Figura 2 - Báscula BF 206-BT	11
Figura 3 - Báscula HS3	11
Figura 4 - Tensiómetro UA-767 PBT.....	12
Figura 5 - Tensiómetro 708 BT	12
Figura 7 - Pulsioxímetro 3230.....	12
Figura 6 - Tensiómetro BP7.....	12
Figura 8 - Pulsioxímetro Spirodoc	13
Figura 9 - Pulsioxímetro PO3.....	13
Figura 10 - Monitor ECG 300BT.....	13
Figura 11 - Monitor ECG 3300BT.....	13
Figura 12 - Glucómetro BG5.....	14
Figura 13 - Podómetro HJ-721IT.....	14
Figura 14 - Arquitectura Bluetooth v1.2	20
Figura 15 - Arquitectura Bluetooth 2.0 + EDR.....	21
Figura 16 - Arquitectura v3.0 + HS.....	21
Figura 17 - Arquitectura Bluetooth v4.0 + LE	23
Figura 18 - Logo Bluetooth Smart Ready.....	24
Figura 19 - Logo Bluetooth Smart.....	25
Figura 20 - Esquema diseño sistema completo.....	27
Figura 21 - Flujograma de operación PS	32
Figura 22 - Flujograma de operación VR	33

Figura 23 - Esquema diseño vista Login.....	34
Figura 24 - Esquema diseño vista distribuidor	35
Figura 25 - Esquema diseño vista medida automática.....	36
Figura 26 - Esquema diseño vista medida manual	37
Figura 27 - Esquema diseño vista listado de medidas.....	38
Figura 28 - Entidades Modelo de datos	39
Figura 29 - Esquema OpenAPI iHealth.....	42
Figura 30 - Diagrama de conexión medidor de Tensión Arterial	43
Figura 31 - Diagrama de conexión báscula	44
Figura 32 - Diagrama de conexión medidor de frecuencia cardíaca	46
Figura 33 - Vista Login Nuevo Usuario	48
Figura 34 - Vista Configuración.....	49
Figura 35 - Mensaje de advertencia - Vista Configuración	50
Figura 36 - Vista Login Selección de usuario.....	51
Figura 37 - Vista Distribuidor Menú principal.....	52
Figura 38 - Vista Distribuidor Selección de medida	53
Figura 39 - Ejemplo Vista de medida.....	54
Figura 40 - Ejemplo Vista de Medida manual	55
Figura 41 - Vista Listado de medidas.....	56
Figura 42 - Arquitectura Core Data	60
Figura 43 - Arquitectura Fetch Request Core Data.....	61
Figura 44 - Medida real realizada	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Clases de dispositivos Bluetooth.....	19
Tabla 2 - Listado de dispositivos Bluetooth Smart Ready	24
Tabla 3 - Listado de dispositivos Bluetooth Smart	26
Tabla 4 - Características iPad 3rd Generación.....	29
Tabla 5 - Resumen Características Tensiómetro BP7.....	31
Tabla 6 - Resumen Características Báscula HS3	31
Tabla 7 - Resumen Características Pulsioxímetro PO3	31
Tabla 8 - Resumen Características Pulsímetro H6.....	32
Tabla 9 - Campos entidad Measure	39
Tabla 10 - Campos entidad RefValues.....	40
Tabla 11 - Pruebas Funcionales Vista Login.....	67
Tabla 12 - Pruebas Funcionales Vista Distribuidor	68
Tabla 13 - Pruebas Funcionales Vista Configuración.....	69
Tabla 14 - Pruebas Funcionales Vista Listado Medidas.....	70
Tabla 15 - Pruebas funcionales Vista Medida	71
Tabla 16 - Characteristics Heart Rate Service.....	84
Tabla 17 - Transport dependencies Heart Rate Service	84
Tabla 18 - GATT Requeriments Heart Rate Service.....	84

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación

En la actualidad, en el entorno hospitalario se utilizan multitud de dispositivos médicos de medida para monitorizar al gran número de pacientes ambulatorios y no ambulatorios que transitan diariamente por un hospital.

Esta monitorización se realiza a través de monitores multiparamétricos o dispositivos de medición conectados directamente al paciente mediante cables y sensores. Normalmente, cada uno de estos monitores suele tener capacidad para tomar una o dos tipos de medida (tensión arterial, saturación de oxígeno o nivel de glucosa en sangre, etc.). Además, en la mayoría de los casos lo hacen mediante sensores cableados. Por tanto, la labor de los profesionales sanitarios se ve dificultada por la necesidad de emplear, prácticamente, monitores distintos para cada tipo de medida, así como instrumentos que, en la mayoría de los casos, sólo pueden conectarse aquellos por medio de cableado.

Si bien en áreas críticas –i.e., Unidad de Cuidados Intensivos, quirófanos, urgencias, –la monitorización continua es imprescindible, en áreas como la hospitalización u hospital de día –en las que no es necesaria una medición continua– las ineficiencias antes referidas podrían revertirse mediante la utilización de nuevas tecnologías inalámbricas. Como se verá, su empleo puede contribuir a mejorar la eficiencia de la labor del personal de enfermería, facilitar su trabajo y ahorrar costes derivados de un mal uso de fungibles, tales como cables y sensores.

Por otro lado, gran cantidad de pacientes hospitalizados en áreas de hospitalización necesitan únicamente una monitorización de las funciones básicas como son la frecuencia cardíaca, la tensión arterial o la saturación de oxígeno en sangre... Para la toma de estas medidas, los pacientes se mantienen un tiempo hospitalizados o en consulta, en el caso de pacientes ambulatorios, que podría ser reducido mediante el uso de la telemedicina.

1.2. Objetivos – Solución Propuesta

El objetivo principal de este proyecto es el de crear un sistema que permita concentrar a través de un único dispositivo señales de los diferentes sensores médicos utilizados en la monitorización diaria de un centro hospitalario y gestionar estos datos de manera útil y eficiente. Por medio de este se podrían conectar diferentes dispositivos, incluso provenientes de distintos fabricantes, gracias al uso de la tecnología inalámbrica Bluetooth.

Se pretende implementar el Sistema por medio de una aplicación para tableta – que será, a su vez, el instrumento que actúe como concentrador de señales– a través de la que esta sea capaz de recibir señales de distintos tipos de sensores o dispositivos médicos, para después procesar los datos en el propio equipo o transmitirlos vía internet a cualquier otro sistema o dispositivo. En concreto, los Dispositivos Médicos son:

- Oxímetro (saturación de oxígeno en la sangre).
- Tensiómetro (presión arterial no invasiva).
- Pulsímetro (frecuencia cardíaca).
- Báscula (peso).

La posibilidad de que las medidas tomadas mediante distintos dispositivos puedan canalizarse a través de un único dispositivo (p.a., una tableta) sin necesidad de cableado conllevaría importantes beneficios para el ejercicio de la labor sanitaria referida en el apartado anterior. Así, por ejemplo, (i) mejoraría su eficiencia, pues se reduciría el tiempo a emplear por el personal de enfermería en cada paciente; (ii) facilitaría la labor del personal de enfermería, pues disminuiría el número de equipos a manejar; y (iii) incrementaría la seguridad del paciente, al no ser necesario el uso de cableado.

Otro objetivo importante es el ahorro de tiempo y costes de hospitalización mediante la telemedicina, es decir, la monitorización de pacientes fuera del entorno hospitalario. Hoy en día, el uso de tabletas y dispositivos móviles está altamente extendido entre la población. Un alto porcentaje de esta dispone de ellos y, además, tiene un dominio básico sobre los mismos. Mediante el uso del Sistema, se podría mantener monitorizado al paciente, sin necesidad de que este se encuentre físicamente en el hospital, de una manera ágil y sencilla. Sin duda, ello supondría el máximo exponente de los beneficios antes expuestos.

1.3. Organización de la memoria

La memoria se divide en los siguientes capítulos:

- Motivación y objetivos.
- Estado del arte.
- Tecnología Bluetooth: sensores médicos.
- Diseño del sistema.
- Desarrollo e implementación.
- Integración, pruebas y resultados.
- Conclusiones.
- Trabajo futuro.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Introducción: Sistemas de Telemedicina

Actualmente nadie duda de la necesidad y de los enormes beneficios de la Telemedicina, por una parte la implantación de Plataformas de Telemedicina permiten una importantísima reducción de costes sanitarios y además mejorar la calidad de vida de los paciente evitando desplazamientos y en algunos caso permitiendo un diagnóstico precoz o un seguimiento más controlado de la enfermedad.

En concreto la Telemedicina permite:

- Reducir ingresos y estancias hospitalarias.
- Reducir Citas Médicas de Atención Primaria.
- Reducir ingresos en Urgencias.
- Mejorar el seguimiento de enfermos crónicos.
- Diagnósticos precoces.
- Monitorización 24 x 7 de señales biomédicas en condiciones de vida normal para realizar un diagnóstico más preciso.
- Mejorar la calidad de vida de los pacientes.
- Evitar los desplazamientos innecesarios.
- Diagnosticar y actuar en tiempo real.

Cada vez aparecen en el mercado más iniciativas más plataformas que básicamente consisten en una infraestructura tecnológica que permite al paciente capturar de la forma más sencilla y automática posible, sus parámetros o señales biomédicas, transmitirlos a un Centro de Servicios y posteriormente actuar si fuera necesario.

Facilidad de Uso para el Paciente

La primera condición que debe cumplir un sistema de Telemedicina es que los sensores o dispositivos médicos que capturan las señales biomédicas: presión arterial, pulso, peso, glucosa, SpO2, etc. sean tremendamente sencillos de utilizar por el propio paciente o en su caso por alguien cercano que no tenga conocimientos específicos de medicina.

Idealmente los dispositivos deben ser inalámbricos de forma que puedan actuar en un entorno libre de movilidad, consiguiendo sus lecturas en un entorno natural, sin necesidad de que el paciente de “conecte” o tenga que realizar algún procedimiento para conectarse a su plataforma de Telemedicina. Los dispositivos inalámbricos pueden actuar de forma automática, es decir, si se está en el radio de alcance de una zona Bluetooth, cuando se captura una señal esta es enviada automáticamente a través de cualquier Gateway: Smartphone, Ordenador Personal, Tableta o dispositivo especial. Cada vez más dispositivos médicos utilizan conectividad inalámbrica para mantener la conexión a los sistemas de seguimiento e información.

Aplicaciones

Estos dispositivos inalámbricos pueden ser utilizados en múltiples sectores de aplicación, por ejemplo:

Sector Sanitario:

- Tratamiento de enfermedades crónicas.
 - CHF Insuficiencia Cardíaca.
 - Arritmias Cardíacas.
 - EPOC. Insuficiencia respiratoria.
 - Diabetes. Glucometría.
 - Sobrepeso.

- Diagnóstico preciso:
 - Detección de Arritmias.
 - Captura de información en condiciones de vida normales.

Sector Bienestar / Deporte (Wellness / Fitness)

- Control de peso (Índice de masa muscular).
- Control presión arterial.
- Control de arritmias.
- Control capacidad pulmonar.
- Prevención enfermedad cardiovascular.

Sector Farmacia

- Control de peso (Índice de masa muscular)
- Control presión arterial.
- Chequeo médico adaptado.
- Sector centro residencial.
- Control cardiaco.
- Monitorización de parámetros vitales.

Uso de dispositivos estándares o específicos

Uno de los condicionantes a la hora de diseñar una plataforma de telemedicina es la rigurosidad de las normativas sanitarias que obligan a fuertes controles y largos procesos de homologación. En cierto modo esto limita el uso de dispositivos “estándares” ya que cada cambio o mejora implica volver a pasar dicho proceso lo que retrasa el tiempo de disponibilidad en el mercado del dispositivo.

En cualquier caso se tiende a una mayor estandarización, la nueva especificación Bluetooth 4.0 está siendo asumida por la mayoría de los fabricantes de dispositivos

médicos inalámbricos y esto facilitará tremendamente la comunicación y el envío de los valores capturados mediante dichos dispositivos a los sistemas de seguimiento e información.

A priori, la gran ventaja de usar una tableta estándar como integrador de señales, es poder incrementar fácilmente la funcionalidad y la información al paciente utilizando “apps” aplicaciones que le permitan al paciente recibir información crítica, e incluso instrucciones, sin embargo la parte negativa es que dependiendo del perfil del paciente, el uso de la Tableta está prácticamente descartado y el proceso de homologación de una Tableta como dispositivo médico es mucho más complejo que el de un dispositivo diseñado única y exclusivamente para este fin.

2.2. Sistemas de Telemedicina Actuales

Actualmente existen en el mercado una amplia cantidad de dispositivos médicos capaces de capturar señales biomédicas y transmitirlos de forma inalámbrica utilizando tecnología Bluetooth.

La nueva tecnología Bluetooth 4.0 de bajo consumo aporta grandes beneficios al uso de las comunicaciones inalámbricas en los dispositivos médicos y los fabricantes están implementándola en sus productos. Sin embargo, todo lleva su tiempo y poco a poco los fabricantes están poniendo en el mercado nuevos dispositivos, modelos o versiones que soportan Bluetooth 4.0

Implantar la nueva tecnología implica cambiar la circuitería o “Chip set” del comunicador Bluetooth y eso complica el proceso productivo.

En cuanto a la complejidad de estos dispositivos, tenemos desde los que capturan y registran un valor numérico: peso, pulsaciones, índice de masa muscular, índice de glucosa, índice de SpO₂, etc. a los que son capaces de capturar un electrocardiograma con los datos numéricos suficientes como para producir el gráfico del ECG.

Si nos centramos en los dispositivos médicos inalámbricos que soportan Bluetooth tenemos desde los más básicos:

- Básculas de peso.
- Básculas de peso e Índice de Masa Muscular.
- Podómetros.
- Tensiómetros.
- Pulsioxímetros.
- Glucómetros.
- Hasta los más sofisticados:
 - Monitores de Electrocardiogramas.

Sin embargo, existen otros dispositivos médicos necesarios en las plataformas de Telemedicina y concretamente en tratamiento de enfermos crónicos que todavía no soportan tecnología Bluetooth aunque siempre puede introducirse el valor de forma manual o se utiliza una comunicación inalámbrica más primitiva como los infrarrojos.

Con toda seguridad esta información está sujeta a cambios constantes ya que los fabricantes entienden la necesidad de implementar tecnología Bluetooth 4.0.

2.3. Principales problemas encontrados

En un sector tan regulado como el Sanitario, en el que cualquier dispositivo médico debe pasar un complejo proceso de homologación, hay que tener en cuenta que el hecho de utilizar componentes estándares del mercado puede obligarnos a estar continuamente sometiendo el producto a dichos procesos de homologación. Intentamos aclarar este punto con un ejemplo.

Tenemos dos opciones para utilizar como dispositivo de integración o comunicación:

- Utilizar un dispositivo especializado para tal propósito.
- Utilizar un dispositivo estándar: PC, tableta o Smartphone.

A priori puede resultar más sencillo e incluso más potente la utilización de un dispositivo estándar, de hecho el objeto de este proyecto es utilizar una Tableta iPad.

Si el dispositivo está en contacto con el paciente, necesita ser utilizado por éste y su mala utilización puede traer consecuencias como podría ser que se enviaran datos erróneos a un Centro de Monitorización y Seguimiento, en estos casos las normativas reguladoras son exigentes y la homologación del dispositivo es más compleja.

Si usamos una Tableta y esta se certifica u homologa como dispositivo médico, una vez que cambiamos el modelo de la tableta (p.e. del iPad 2 al iPad 3) o una nueva versión del Sistema Operativo iOS, podría conllevar un nuevo proceso de homologación.

Uno de los aspectos que más se consideran para la homologación es la facilidad de uso por parte del paciente y para muchos perfiles, resulta mucho más sencillo manejar un dispositivo “cerrado” y diseñado para este fin, que un dispositivo convencional que puede resultar muy complicado para ciertos pacientes.

Por ejemplo Vitaphone, fabricante de dispositivos monitores de arritmias cardiacas que capturan señales para producir un electrocardiograma, tiene diseñado un dispositivo de comunicación específico denominado TCM (Tele Care Monitor) que actúa como una “Caja Negra”, recoge automáticamente señales vía Bluetooth y las enruta hacia el Servidor para su tratamiento. No requiere intervención manual puesto que sólo se utiliza para esto y además dispone de síntesis de voz para que el paciente pueda interactuar con facilidad.

De todo lo anterior, resulta imprescindible la automatización y facilidad de uso en la aplicación que se desarrolle para el iPad, pero conviene recordar que una tableta ofrece muchas más posibilidades y funcionalidades que pueden resultar de mucha utilizada para el paciente, por ejemplo:

- Información estadística del histórico del paciente.
- Información gráfica sobre la evolución y tendencias.
- Gestión de alarmas, avisos y recordatorios (toma de medicamentos).

- Localización física (GPS).
- Detección de caídas.
- Etc.

2.4. Principales Fabricantes y Modelos

2.4.1. Básculas

Báscula UC-321PBT

- Fabricante: A&D Medical.
- Bluetooth v2.1.
- Capacidad: 200 Kg.
- Resolución: 100 g.
- Dimensiones: 320 x 314 x 35 mm.



Figura 1 - Báscula UC-321PBT

Báscula BF 206-BT

- Fabricante: OMRON.
- Bluetooth v2.1 + EDR.
- Perfil: SSP/ HDP.
- Transmisión de datos: valores medidos, fecha y hora de medición, modelo, número de serie y objetivos personales.



Figura 2 - Báscula BF 206-BT

Báscula HS3

- Fabricante: iHealth Lab Inc.
- Bluetooth 3.0.
- Medida IMC.
- Capacidad: 150 Kg.



Figura 3 - Báscula HS3

2.4.2. Monitores de Tensión Arterial

Tensiómetro UA-767 PBT

- Fabricante: A&D Medical.
- Bluetooth v2.1 (WML-40AH).
- Modo de medida: Oscilométrico.
- Precisión: 2%.



Figura 4 - Tensiómetro UA-767 PBT

Tensiómetro 708 BT

- Fabricante: OMRON.
- Bluetooth v2.1 + EDR.
- Modo de medida: Oscilométrico.
- Memoria: Hasta 84 medidas/usuario



Figura 5 - Tensiómetro 708 BT

Tensiómetro BP7

- Fabricante: iHealth Lab Inc.
- Bluetooth v3.0.
- Modo de medida: Oscilométrico.
- Tipo de medida: muñeca.



Figura 7 - Tensiómetro BP7

2.4.3. Monitores de saturación de oxígeno en sangre

Pulsioxímetro 3230

- Fabricante NONIN.
- Bluetooth v4.0 Low Energy.
- Perfil: GATT Especifico NONIN.



Figura 6 - Pulsioxímetro 3230

Pulsioxímetro Spirodoc

- Fabricante: MIR.
- Bluetooth v2.1.
- Display: Pantalla táctil.
- Precisión: 2%.



Figura 8 - Pulsioxímetro Spirodoc

Pulsioxímetro PO3

- Fabricante: iHealth Lab Inc.
- Bluetooth v4.0 Low Energy.
- Pantalla: LED.
- Precisión: ARMS de la medida.



Figura 9 - Pulsioxímetro PO3

2.4.4. Monitores de Electrocardiograma – ECG

Monitor ECG 300BT

- Fabricante: Vitaphone.
- Bluetooth v3.0.
- Canales: 3.
- Memoria: 90 min.
- Muestreo: 200 Hz.



Figura 10 - Monitor ECG 300BT

Monitor ECG 3300BT

- Fabricante: Vitaphone.
- Bluetooth v3.0.
- Modo medición: Continua.
- Envío automático eventos.



Figura 11 - Monitor ECG 3300BT

2.4.5. Otros dispositivos de medida

Glucómetro BG5

- Fabricante: iHealth Lab Inc.
- Bluetooth v3.0.
- Modo de medida: Amperométrico.
- Modo de uso: Tiras iHealth.



Figura 12 - Glucómetro BG5

Podómetro HJ-721IT

- Fabricante: OMRON.
- Bluetooth v2.1 + EDR (Dock).
- Memoria: 41 días anteriores.
- Capacidad: 99.999 pasos.



Figura 13 - Podómetro HJ-721IT

2.4. Tendencias: Tecnología Bluetooth 4.0 – Low Energy

Uno de los temas más difíciles que se tienen que abordar y resolver con el uso de los dispositivos médicos portátiles, especialmente a medida que se abren camino desde el hospital a la casa, es el consumo de energía. Las conexiones inalámbricas requieren un consumo “alto” de energía lo que puede suponer una restricción en el uso de estos dispositivos.

Eso es todo a punto de cambiar con la introducción de la tecnología de baja energía Bluetooth especificada en Bluetooth v4.0 que ya están empezando a asumir los diseñadores y fabricantes de dispositivos capaces de comunicarse por Bluetooth. Los recientes anuncios por parte de Microsoft y Apple que apoyan esta nueva tecnología muestran su despliegue amplio en plataformas informáticas y de comunicaciones estándar.

Lo que hace única la nueva tecnología Bluetooth de bajo consumo es la combinación de tecnología estándar diseñada para las nuevas “ultra low power batteries” y un nuevo “framework” que permite recopilar datos procedentes de los sensores, lo que permite utilizar la tecnología Bluetooth de bajo consumo en la mayoría de los dispositivos médicos de mano, o portátiles.

La ventaja de esta tecnología no sólo se aplica al mundo de la Salud, también se implementará en otros sectores, como:

- Accesorios de telefonía móvil.
- Monitores y medidores de consumos energéticos.
- Automatización del hogar (Domótica).
- Asistencia sanitaria.
- Etiquetado de animales (Tagging).
- P2P sistemas de transporte inteligente.
- Automatización industrial.

Sin embargo las previsiones apuntan al sector de Salud, Bienestar, y Deporte como uno de los de mayor crecimiento con más de 10 billones de dispositivos en los próximos años.

2.4.1. Características Principales de la Tecnología Bluetooth LE

El bajo consumo energético es la característica principal de la nueva especificación 4.0 (Bluetooth v4.0) aunque se han heredado varias características técnicas de la tecnología Bluetooth Clásica para asegurar conexiones robustas y fiables.

Nuevas características de esta tecnología permiten la adquisición de datos en modo “event-driven”, por sensor de proximidad y por sincronización de tiempos, pero Bluetooth 4.0 es una tecnología inalámbrica muy nueva que fundamentalmente está diseñada para las transmisión de pequeñas cantidades de datos en lugar de conexiones continuas de datos periódicos que es la características principal de la tecnología Bluetooth Clásica. Por ejemplo en la nueva Bluetooth de bajo consumo no se contempla soporte de auriculares o dispositivos de audio streaming, sin embargo es muy eficiente en la detección y establecimiento automático de la conexión, en la transmisión de paquetes de datos cortos y diseño asimétrico para pequeños dispositivos.

El consumo de energía más bajo posible (10 veces menos que Bluetooth Clásica).

Todo, desde el diseño físico de los modelos de uso está diseñado para mantener el consumo de energía al mínimo. Con el fin de reducir el consumo de energía, un dispositivo de baja energía de Bluetooth se mantiene en modo de reposo durante la mayor parte del tiempo. Cuando se produce un evento, el dispositivo se activa y un mensaje corto se transfiere a una pasarela, un PC, una tableta o un teléfono inteligente. El consumo de energía activo se reduce a una décima parte del consumo de energía de la tecnología Bluetooth Classic. En aplicaciones de bajo ciclo de trabajo, una CR2032 pila de botón puede durar 5-10 años de funcionamiento.

Costo Eficiente y compatible

Con el fin de ofrecer compatibilidad con la tecnología Bluetooth Classic se ofrecen dos hay dos tipos de circuitos o “chipset”:

- “Dual Mode”: permite funcional con las dos tecnologías.
- “Stand-alone” optimizado para dispositivos que operan con baterías de bajo consumo.

Solidez, Seguridad y Confiabilidad

La tecnología Bluetooth de baja energía utiliza la misma tecnología (AFH) como la tecnología Bluetooth Classic con el fin de lograr una transmisión robusta en entornos de RF "ruidosos" que se encuentran en el hogar, aplicaciones industriales y médicas.

Sin embargo con el fin de minimizar el consumo y costo de energía, en esta nueva tecnología se han reducido el número de canales de 79 de 1MHz (Classic) a 40 de 2 MHz (Low Energy).

Convivencia con otras señales inalámbricas en el espectro del ISM

Las tecnologías inalámbricas Bluetooth, Wireless LAN, IEEE 802.15.4/ZigBee y varias radios propietarias utilizan la licencia libre de 2,4 GHz de Industrial Scientific Medical (ISM).

Con tantas tecnologías en el mismo espacio de radio, la interferencia puede disminuir el rendimiento inalámbrico (latencia y rendimiento) debido a la necesidad de corrección de errores y retransmisión. Tanto la tecnología Bluetooth clásico y tecnología de baja energía Bluetooth utilizan AFH, por lo que la transmisión Bluetooth sólida y fiable. AFH también minimiza la interferencia de la tecnología Bluetooth para otras tecnologías de radio de la banda ISM inalámbricos.

Alcance de conexión

Tecnología de baja energía Bluetooth tiene una modulación ligeramente diferente a la tecnología Bluetooth Classic. Esta diferenciación de modulación ofrece un alcance de hasta 300 metros, con un conjunto de chips de radio 10dBm (máximo Bluetooth de baja energía).

Facilidad de uso y la Integración

Una solución Bluetooth de bajo consumo se basa típicamente en un maestro conectado a un número de esclavos. Un dispositivo es maestro o esclavo, pero nunca las dos cosas. El maestro controla con qué frecuencia se les permite a los esclavos a comunicarse y el esclavo sólo se comunica por solicitud del maestro.

Una nueva característica de la nueva tecnología de bajo consumo Bluetooth 4.0 con la tecnología Bluetooth Classic es la funcionalidad "publicidad". Un dispositivo (que actúa como esclavo) puede de esta manera anunciar que tiene algo que transmitir al maestro. Un mensaje de "publicidad" puede incluir un "evento" o un "valor medido". Esta característica podría ser usada, por ejemplo para implementar un detector de caída, de manera que el dispositivo utilice su funcionalidad de "publicidad" para pedir ayuda mientras se transmite la posición o localización de la persona.

Conclusiones

Tecnología de baja energía Bluetooth es un potente activador de aplicaciones que va a cambiar la forma en que hoy experimentan las aplicaciones inalámbricas. Su bajo consumo y coste, así como su sólida tecnología de la comunicación, lo hacen ideal tanto para su utilización a nivel doméstico como a nivel profesional en un Centro Sanitario.

Como esta tecnología se están implementando como un "estándar de hecho" en cada día más dispositivos móviles existe la posibilidad de utilizar dichos dispositivos de forma sencilla u automatizada para diferentes usos.

Esta tecnología Bluetooth 4.0 de bajo consumo, está siendo asumida e implementada por los fabricantes de dispositivos móviles como un estándar de hecho, de manera que cada día tendremos más dispositivos capaces de integrarse automáticamente en sistemas que utilicen comunicación inalámbrica robusta, segura, fiable y de bajo consumo y bajo coste.

3. TECNOLOGÍA BLUETOOTH: SENSORES MÉDICOS

3.1 Tecnología Bluetooth

La tecnología Bluetooth es un estándar mundial para comunicaciones inalámbricas entre dispositivos a corta distancia (hasta unos 10 m). Es el estándar utilizado para implementar las redes inalámbricas de área personal (WPAN – Wireless Personal Area Network) definidas en el IEEE 802.15.1.

La principal característica de las redes WPAN es la simplicidad y el bajo coste, debido principalmente a que son redes Ad Hoc que no necesitan de infraestructura alguna para operar y debido a las bajas potencias con las que se emiten las ondas de radiofrecuencia.

Los dispositivos Bluetooth se clasifican en 3 clases en función de la potencia emitida y del alcance de la señal.

Clase	Potencia máxima permitida	Potencia máxima permitida	Alcance (aproximado)
Clase 1	100 mW	20 dBm	~30 metros
Clase 2	2.5 mW	4 dBm	~10-5 metros
Clase 3	1 mW	0 dBm	~1 metro

Tabla 1 - Clases de dispositivos Bluetooth

3.2 Evolución tecnología Bluetooth

3.2.1. Historia Bluetooth

- Creado por Ericsson en 1994, originariamente fue concebido como alternativa inalámbrica a la comunicación por cables de datos RS-232.
- En 1998, se crea el organismo Bluetooth Special Interest Group (SIG) formado por cinco compañías – Ericsson, Intel, Nokia, Toshiba e IBM, con el objetivo de promover desarrollar esta tecnología.
- En 1999, se produce el lanzamiento de la especificación Bluetooth 1.0.

- En el año 2000, se fabrica el primer chip que integra radiofrecuencia, banda base, y software de tecnología Bluetooth. Debido a este hecho, este mismo año sale al mercado el primer teléfono móvil con tecnología Bluetooth.
- En 2002, IEEE aprueba la especificación 802.15.1 que conforma la tecnología inalámbrica Bluetooth para redes WPAN.
- En el año 2004, el SIG realiza el lanzamiento de la versión 2.0, mientras que la tecnología Bluetooth alcanza una base instalada de 250 millones de dispositivos en todo el mundo.
- En 2006, la base instalada de equipos con tecnología Bluetooth alcanza el billón de dispositivos, existiendo dispositivos tales como teléfonos móviles, ordenadores, manos libres para coche, relojes, televisiones, etc....
- En el año 2009, el SIG lanza la especificación Bluetooth 3.0 High Speedy, convirtiendo el estándar Bluetooth en una tecnología de alta velocidad.
- En el año 2011, el SIG adopta el nuevo perfil para Bluetooth 4.0.

3.2.2. Bluetooth v1.2

Se trata de la primera versión ya estandarizada en el IEEE 802.15.1. Diseñada para operar en la banda libre ISM – 2.4 GHz – 2,48 GHz. La especificación Bluetooth cubre 4 niveles de la pila de protocolos (Figura 3.2.2-a) y utiliza

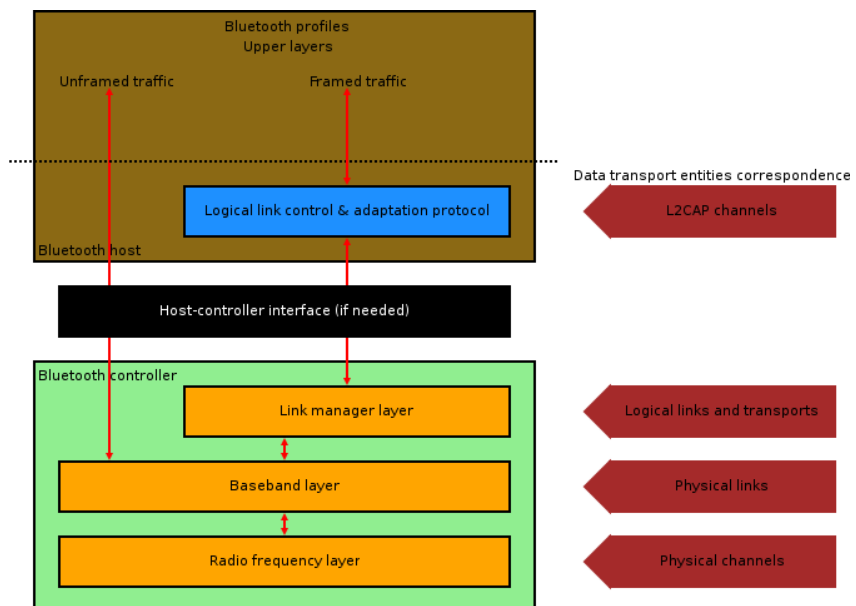


Figura 14 - Arquitectura Bluetooth v1.2

saltos de frecuencia y espectro ensanchado– “*Frequency Hopping Spread Spectrum*” – que se dividen en un total de 79 frecuencias con intervalos de 1 MHz, aportando seguridad y robustez al sistema ante posibles interferencias o Fading. Permite una

comunicación Full Duplex y es capaz de transmitir hasta una tasa binaria teórica de 1Mbit/s.

3.2.3. Bluetooth v2.0 + EDR

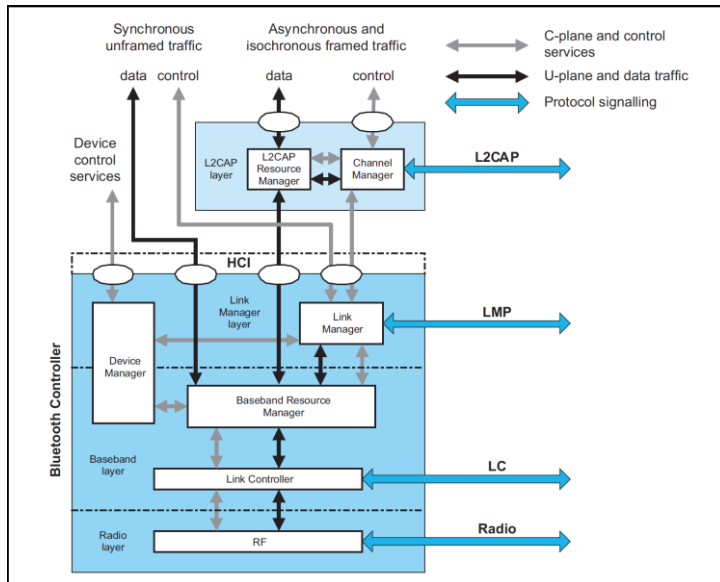


Figura 15 - Arquitectura Bluetooth 2.0 + EDR

Lanzada en 2004, la versión 2.0 del protocolo Bluetooth abarca todas las especificaciones de la versión anterior v1.2 e introduce, como principal ventaja frente a su predecesora, la velocidad de datos mejorada. La opción EDR –"Enhanced Data Rate" – ofrece una tasa binaria teórica de hasta 3Mbit/s,

triplicando así la tasa de la versión 1.2. Este aumento de la velocidad de transmisión es posible gracias a la combinación de dos tipos de modulación: GFSK y PSK, esta última con 2 variantes $\pi/4$ – DPSK y 8DPSK.

3.2.4. Bluetooth v3.0 + HS

La versión 3.0 de la especificación Bluetooth fue aprobada en 2009, engloba todas las características de la versión 2.0 + EDR e introduce un aumento significativo en la velocidad de transferencia de datos de hasta 24Mbit/s. Este aumento de la velocidad de transmisión no es posible utilizando el controlador Bluetooth utilizado en versiones

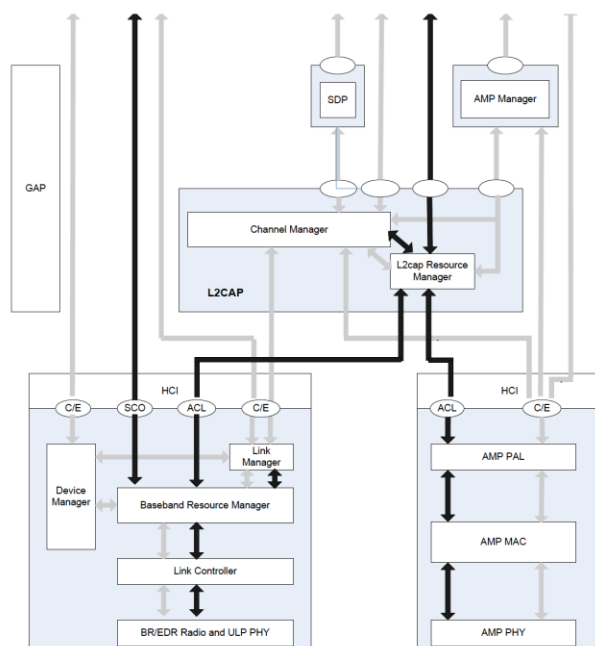


Figura 16 - Arquitectura v3.0 + HS

anteriores del protocolo. Como se puede apreciar en la Figura 3.2.4-a, se anexa un módulo controlador paralelo – Controlador AMP – que utiliza los 3 niveles más bajos de la pila de protocolos 802.11. De esta manera, se utiliza la arquitectura del controlador Bluetooth para realizar las labores de negociación y establecimiento de la conexión y, por otro lado, se utiliza el enlace 802.11 para realizar la transferencia de datos a mayor velocidad.

3.3. Bluetooth v4.1 + Low Energy

La versión de la especificación Bluetooth v4.1 concentra todas las características de las versiones anteriores y añade, como principal cambio en la arquitectura, un bloque controlador de bajo consumo – “Low Energy” – introducido en el propio controlador Bluetooth.

En la Figura 3.3.1-a se puede apreciar como la arquitectura de la versión 4.1 es igual a la de su predecesora con la salvedad de la introducción del controlador de bajo consumo. La velocidad de transmisión con respecto a las versiones anteriores se mantiene intacta, debido a que esta es proporcionada por el enlace 802.11.

Sin embargo, si bien el aumento de velocidad de transmisión de datos no es un beneficio de la versión 4.1 respecto a sus predecesoras, si cuenta con una serie de características obtenidas gracias al nuevo controlador de baja energía que hace de esta nueva versión de la especificación Bluetooth más usable e interoperable desde el punto de vista, tanto del desarrollador como del usuario final.

3.3.1. Arquitectura

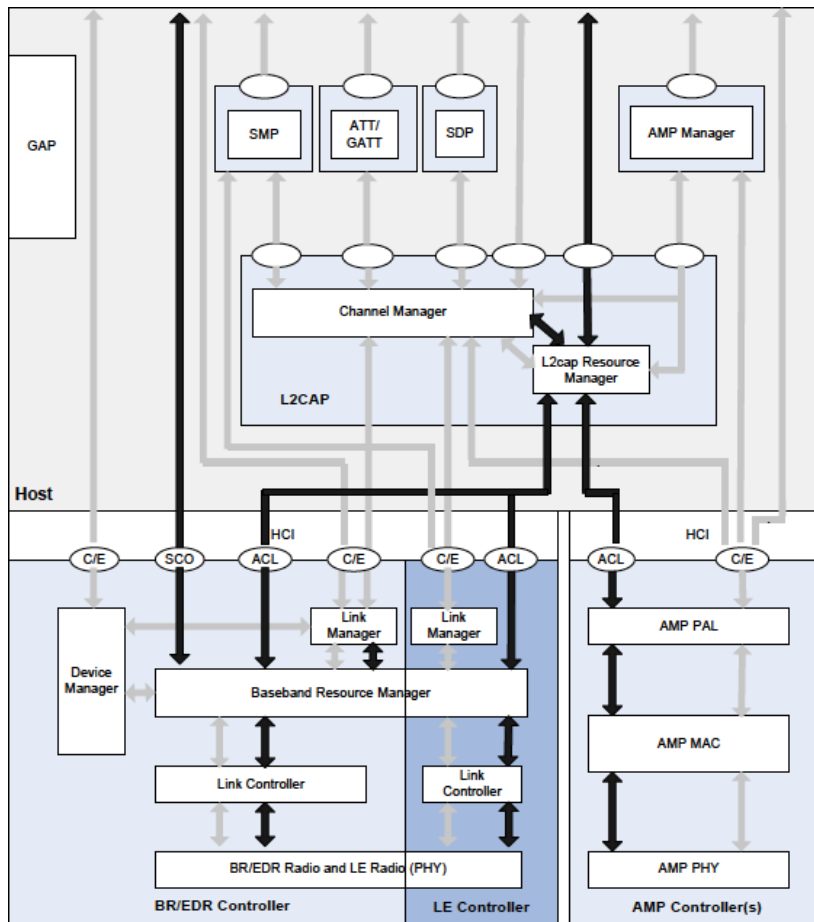


Figura 17 - Arquitectura Bluetooth v4.0 + LE

3.3.2. Características y mejoras

- **Coexistencia con las señales móviles LTE.** Diseñado para trabajar con las nuevas redes LTE.
- **Canales Orientados L2CAP.** Mayor eficiencia en el intercambio de datos
- **Topología Modo Dual.** Dispositivo puede actuar como periférico y como concentrador al mismo tiempo.
- **Bajo Consumo.** Dispositivos capaces de trabajar con una pila de botón durante años.

3.3.3. Bluetooth Smart y Bluetooth Smart Ready

Existen dos tipos de dispositivos capaces de trabajar con el estándar Bluetooth 4.0 o Low Energy. Por un lado, se encuentran los dispositivos Bluetooth Smart Ready, que son aquellos capaces de operar tanto con



Figura 18 - Logo Bluetooth Smart Ready

dispositivos Bluetooth de versiones anteriores a BLE como con dispositivos Bluetooth Smart. Estos dispositivos definidos como Bluetooth Smart Ready actúan generalmente como hub dentro de un sistema – p.e. Tablet, Smartphones o Laptops.

Fabricante	Modelo	Tipo de dispositivo
Apple	iPad (Air, Mini, 3 rd & 4 th gen)	Tablet
Apple	iPhone (5s, 5c, 5 & 4s)	Phone
Apple	iPod touch	Portable Media Player
Apple	MacBook Air, Pro	Laptop
Apple	Mac mini	Computer
Apple	Apple TV	Smart TV console
Google	Nexus 5, Nexus 4	Phone
Google	Nexus 7, Nexus 10	Tablet
BlackBerry	Q10, Z10	Phone
connectBlue	OBS421	Module
DISH	Hopper	DVR
Fujitsu	Arrows	Tablet
Fujitsu	Lifebook Series	Laptop Tablet
Fujitsu	Stylistic Series	Laptop Tablet
HTC	One, One Max	Phone
Huawei	Ascend P7	Phone
LG	Optimus Exceed 2	Phone
LG	F70, Volt, VU 3.0	Phone
LG	G Series	Phone, Tablet
Microsoft	Surface	Tablet
Motorola	Droid RAZR, Ultra, Maxx, Mini	Phone
Motorola	Moto G, X	Phone
NEC	LaVie Series, VersaPro Series	Laptop
Panasonic	CF-LX3	Laptop
Pantech	Vega Secret UP	Phone
Samsung	All-In-One PC 700A3D	Laptop
Samsung	Galaxy Series	Phone
Sony	VAIO S Series	Laptop
Sony	Xperia Series	Phone, Tablet

Tabla 2 - Listado de dispositivos Bluetooth Smart Ready



Figura 19 - Logo Bluetooth Smart

Por otro lado se encuentran los dispositivos Bluetooth Smart, que únicamente son capaces de operar con dispositivos Bluetooth Smart o

Smart Ready, esto significa que solo tienen implementado el controlador de baja energía Bluetooth. Este tipo de dispositivos solo pueden ser utilizados como sensores que actúen o repliquen a un dispositivo Smart Ready – p.e. dispositivos médicos, relojes, sensores temperatura, etc...

El Bluetooth Special Interest Group tiene un listado de los dispositivos registrados compatibles con la especificación Bluetooth LE, ya sean Smart Ready o Smart.

Fabricante	Modelo	Tipo de producto
Panasonic	GT-1830	Blood glucose monitor
BodyGauge	TMMB-1018B	Blood pressure monitor
Health&Life	Blood Pressure Monitor	Blood pressure monitor
HoMedics	BPW-360BT, BPW-360BTSV	Blood pressure monitor
IDT Technology Limited	BPU329	Blood pressure monitor
Prestigio	Smart Blood Pressure Monitor	Blood pressure monitor
Samico	SA-B58, SA-B59	Blood pressure monitor
Truly Healthcare	Arm Blood Pressure Monitor	Blood pressure monitor
Vitagoods	BP Monitor	Blood pressure monitor
Fook Tin	Scale Pro Series	Body scale
iHealth Lab	HS4	Body scale
Newgen Medicals	NC-5666	Body scale
Runtastic	Libra	Body scale
Samico	SA-B89	Body Scale
Transtek	VS-3200-W, LS101-B	Body Scale
WiTscale	Model S1	Body scale
Beurer GmbH	BF800	Body weight scale
Health-O-Meter	Lose It! Bluetooth Scale	Body weight scale
Prestigio	Smart Scale Series	Body weight scale
BAC Track	BT-M5	Breathalyzer
Nonin Medical Inc.	M3230	Finger pulse oximeter
Adidas	MiCoach HRM	Heart rate monitor
Alatech Technology	CS010, CS009	Heart rate monitor
Alutech Int'l Ltd.	W183	Heart rate monitor
BeetsBlu	BBHRM1	Heart rate monitor
Beurer GmbH	PM250	Heart rate monitor
BiiFit	HRM01	Heart rate monitor
Blue Leza	BLSFHR01	Heart rate monitor

Dayton	HRM	Heart rate monitor
EB Brands	Sportline SYNC 3015, 3016	Heart rate monitor
EB Brands	Sportline SYNC GPS 3010, 3011, 3012	Heart rate monitor
Echowell	BH20	Heart rate monitor
Geonaute	Geonaute	Heart rate monitor
Gpulse	BLE-HRM-100	Heart rate monitor
IDT Technology Limited	SZ999	Heart rate monitor
iSport	C001	Heart rate monitor
Latitude Limited	MapMyRun 3015	Heart rate monitor
Latitude Limited	Runtastic TD00290	Heart rate monitor
Mobile Action Technology	HRM-10	Heart rate monitor
Mobile Minds	Pebble	Heart rate monitor
Mobility Holdings, Ltd	BioLogic	Heart rate monitor
National Electronics	Bluetooth 4.0 Chest Strap	Heart rate monitor
Pafers Tech Co., Ltd.	HR-KIT	Heart rate monitor
Pear Sports	Pear Mobile	Heart rate monitor
Polar	H7	Heart rate monitor
Runtastic	Heart rate monitor chest strap	Heart rate monitor
Salutron	HRM Chest Strap	Heart rate monitor
Scosche	BLCS	Heart rate monitor
Sports Beat, Inc.	BodyFit	Heart rate monitor
Wahoo	Blue HR	Heart rate monitor
Weartech	Gow Trainer	Heart rate monitor
60beat	60beat BLUE	Heart rate monitor
Techsport Ltd.	SHR-01	Heart rate sensor
Ace Sensor Inc.	Pally Smart Health Scale	Weight scale
iHealth Lab	GB5L	Blood glucose monitor

Tabla 3 - Listado de dispositivos Bluetooth Smart

4. DISEÑO DEL SISTEMA

El sistema de telemedicina consiste en una tableta con sistema operativo iOS de Apple que recibe datos recogidos por diferentes sensores médicos a través de su interfaz de comunicación Bluetooth y almacena los datos recibidos en una base de datos local almacenada permanentemente en la tableta.

El sistema se ha diseñado para su utilización por dos tipos diferentes de usuarios:

- **Personal Sanitario:** creación de usuarios y establecimiento de límites.
- **Paciente:** toma y almacenamiento de medidas.

Adicionalmente, se ha realizado el diseño de sistema de manera que la toma y almacenamiento de medidas pueda ser realizado por personas de visibilidad reducida o nula.

4.1. Diseño del Sistema Completo

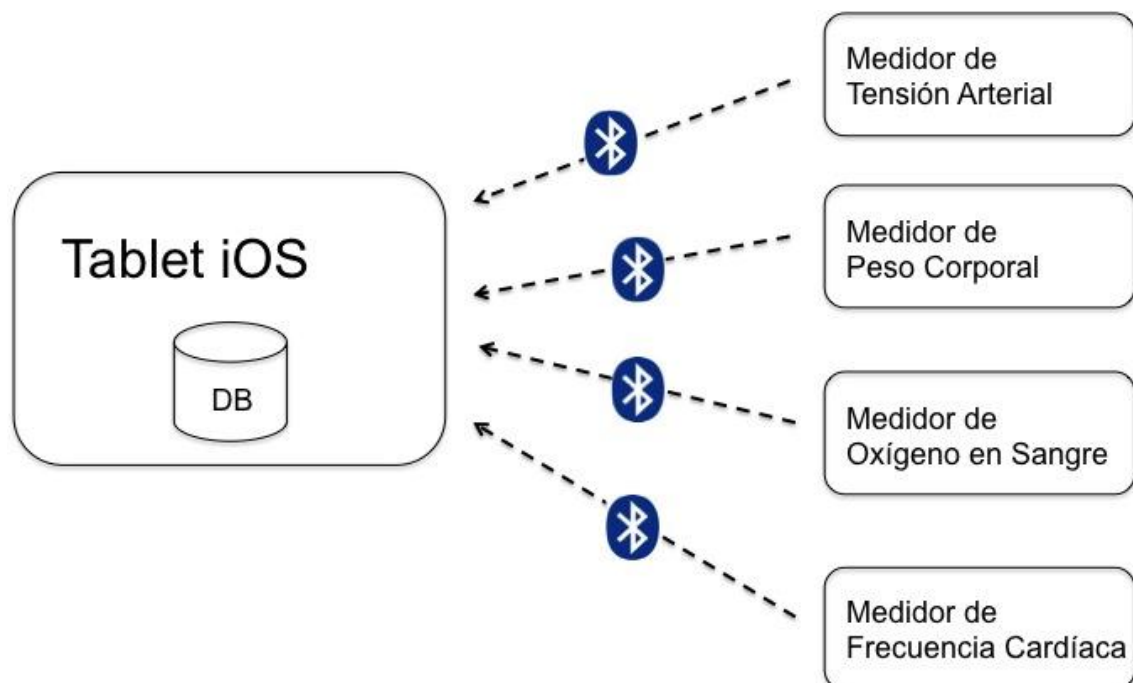


Figura 20 - Esquema diseño sistema completo

El sistema completo se compone de 4 dispositivos médicos con interfaz Bluetooth que se conectan a una tableta con sistema operativo iOS. Cada uno de estos dispositivos médicos está equipado con un sensor para la toma de medida de diferentes señales biomédicas como son:

- Tensión Arterial.
- Saturación de oxígeno en sangre.
- Peso corporal.
- Frecuencia cardíaca.

Estos dispositivos están alimentados mediante baterías internas, por lo que no requieren de fuente de alimentación externa para su funcionamiento. La tableta recibe las señales medidas a través del interfaz Bluetooth y almacena estas medidas en una base de datos local permanente que se encuentra en la memoria de la propia tableta. La gestión de la comunicación Bluetooth y de la representación y almacenamiento de datos se realiza desde la aplicación desarrollada.

4.2. Elección de la tableta

La tableta en la que se reciben y gestionan los diferentes valores medidos por los sensores médicos debe únicamente cumplir el requisito de contar con un sistema operativo iOS con una versión de Bluetooth 4.0. Por lo tanto, el cumplimiento de este requisito obliga a la elección de una tableta modelo iPad 2ª Generación o superior de Apple.

La elección de dicho sistema operativo se ha realizado en base a la compatibilidad con el protocolo de comunicación Bluetooth 4.0 y al extendido uso de dispositivos iPad de Apple.

Se ha seleccionado una tableta iPad 3ª Generación con sistema operativo iOS versión 7.1.2, aunque es posible utilizar cualquier otro modelo de tableta iPad 2ª Generación o superior que cuente con la versión de sistema operativo de acuerdo a los requisitos (7.0 o superior).

Característica	Valor
Modelo Tableta	iPad 3 ^a Generación
Redes Inalámbricas	Wi-Fi (802.11a/b/g/n) Tecnología Bluetooth 4.0
Batería y alimentación	Recargable integrada de polímeros de litio de 42,5 vatios/hora
Dimensiones	Alto: 24,12 cm
	Ancho: 18,57 cm
	Fondo: 0,94 cm
	Peso: 652 g
Capacidad	32 GB
Chip	Chip A5X dual-core de Apple con procesador de 4 núcleos
Entrada y Salida	Altavoz integrado
	Micrófono
Requisitos ambientales	Temp. de funcionamiento: entre 0 y 35 °C
	Humedad relativa: del 5 al 95% sin condensación
	Altitud máxima de funcionamiento: 3.000 m

Tabla 4 - Características iPad 3rd Generación

4.3. Elección de los dispositivos

La elección de los dispositivos de medida de señales médicas se ha realizado en base a dos criterios:

- Elección del tipo de medida.
- Elección del modelo del dispositivo.

Para la elección de los tipos de medida se ha tenido en cuenta la utilidad de cada tipo de medida para el control y diagnóstico de síntomas. Las medidas más comunes en el entorno hospitalario y que ayudan a mantener controlado al paciente son la *tensión arterial*, la *saturación de oxígeno en sangre*, la *frecuencia cardíaca* y el *peso corporal*. Existen otras medidas básicas como la temperatura corporal o el electrocardiograma que se han desestimado en el diseño de este sistema, pero cuya inclusión en el sistema se propondrá en el apartado ‘Trabajo Futuro’.

La elección de los modelos se ha realizado en base a dos aspectos fundamentales: disponibilidad de un kit de desarrollo de software (SDK) disponible y el precio asequible de los sensores.

Para los sensores de tensión arterial, saturación de oxígeno en sangre y peso corporal se ha optado por utilizar sensores del fabricante iHealth, debido a su bajo coste y a la disponibilidad de un SDK (Software Development Kit) para realizar el desarrollo de la aplicación de forma nativa.

4.3.1. Medidor de Tensión Arterial

Se trata de un monitor inalámbrico de presión arterial para la muñeca con las siguientes características:

Modelo	BP7
Fabricante	iHealth Lab Inc.
Comunicación Inalámbrica	Bluetooth V3.0 + EDR Clase 2
Método de medición	Oscilométrico, hinchado y medición automáticos

Tabla 5 - Resumen Características Tensiómetro BP7

4.3.2. Medidor de Peso Corporal

Se trata de una báscula inalámbrica con las siguientes características:

Modelo	BHS3
Fabricante	iHealth Lab Inc.
Comunicación Inalámbrica	Bluetooth V3.0 + EDR Clase 2
Método de medición	Medición Automática por indicador de tensión

Tabla 6 - Resumen Características Báscula HS3

4.3.3. Medidor de Oxígeno en sangre

Se trata de un pulsioxímetro inalámbrico con las siguientes características:

Modelo	P03
Fabricante	iHealth Lab Inc.
Comunicación Inalámbrica	Bluetooth Low Energy V4.0
Método de medición	Media cuadrática

Tabla 7 - Resumen Características Pulsioxímetro P03

4.3.4. Medidor de frecuencia cardíaca

Para el sensor de frecuencia cardíaca se ha utilizado un pulsímetro del fabricante Polar debido a que utiliza tecnología Bluetooth Low Energy. De esta forma se puede comprobar la facilidad del entorno de desarrollo del sistema operativo iOS 7.0 con la tecnología Bluetooth Smart o Low Energy.

Modelo	H6
Fabricante	Polar Electro Inc.
Comunicación Inalámbrica	Bluetooth Low Energy V4.0
Método de medición	Frecuencia cardíaca

Tabla 8 - Resumen Características Pulsímetro H6

4.4. Diseño de la aplicación

Para cumplir los requisitos de diseño del sistema completo se han establecido dos flujos principales de operación en función del tipo de usuario.

4.4.1. Flujos de operación y funcionamiento:

Usuario Tipo Personal Sanitario (Visibilidad Normal)

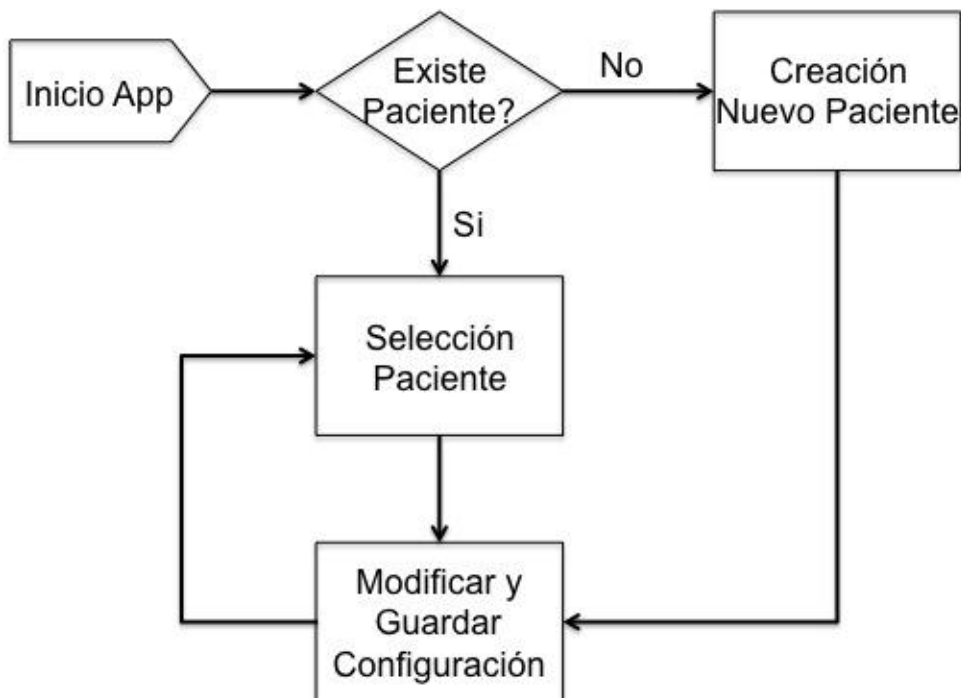


Figura 21 - Flujograma de operación PS

El personal sanitario debe ser capaz de crear un nuevo usuario (paciente) y registrar los valores de configuración óptimos según su propio criterio profesional. Además de la posibilidad de acceder al modo de funcionamiento del tipo de usuario con visibilidad reducida.

Usuario Tipo paciente (Visibilidad reducida o nula)

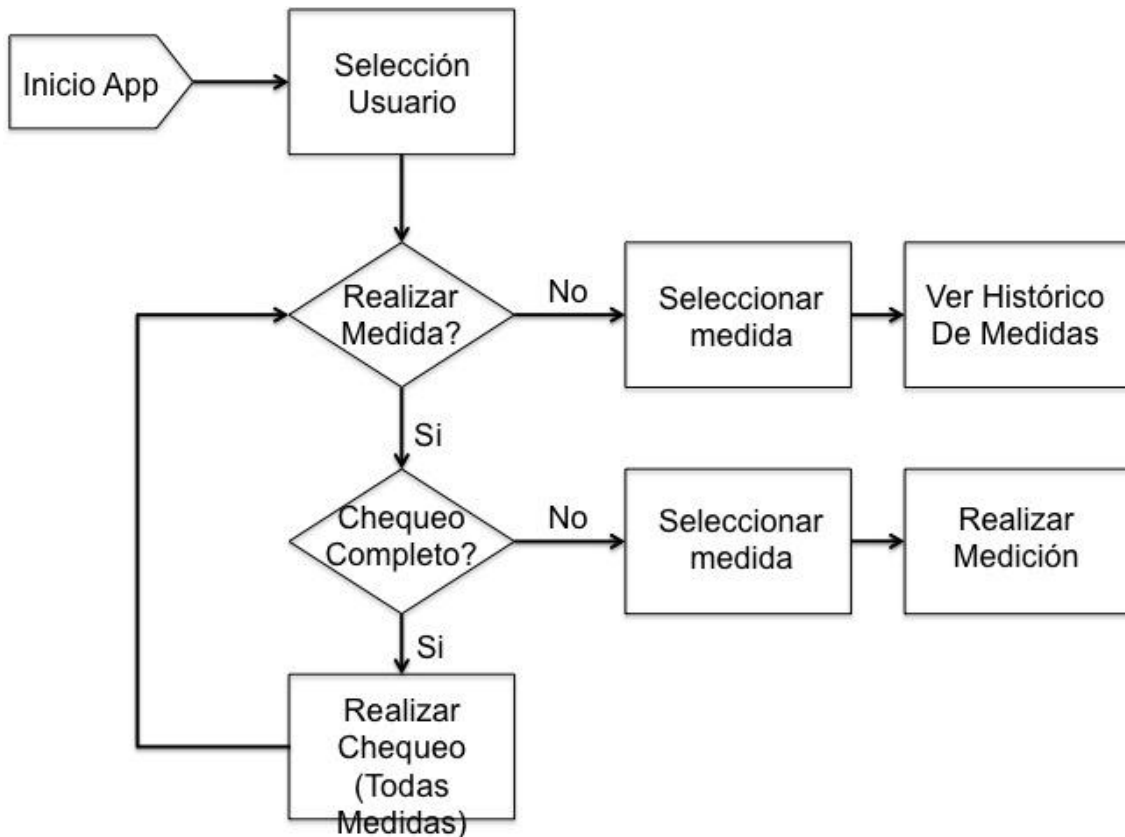


Figura 22 - Flujograma de operación VR

El tipo de usuario Paciente, con visibilidad reducida, debe ser capaz de realizar la toma de medidas de manera fácil e intuitiva y chequear los listados de las medidas tomadas por el mismo.

4.5. Diseño interfaz de usuario

Se han definido diferentes vistas para navegar por la aplicación. La mayoría de ellas están adaptadas para su uso por personas con visibilidad reducida. Estas

vistas cuentan con un diseño muy sencillo que facilita su uso a personas con visibilidad reducida.

La mecánica de funcionamiento del interfaz de usuario es constante para todas las vistas de la aplicación y se ha diseñado para que sea similar al lector de pantalla que trae integrado el propio iOS 7.0. Al hacer tap sobre un control, la aplicación debe leer el texto asignado a ese control, al hacer doble tap sobre el control es cuando se realiza la acción definida.

4.5.1. Login

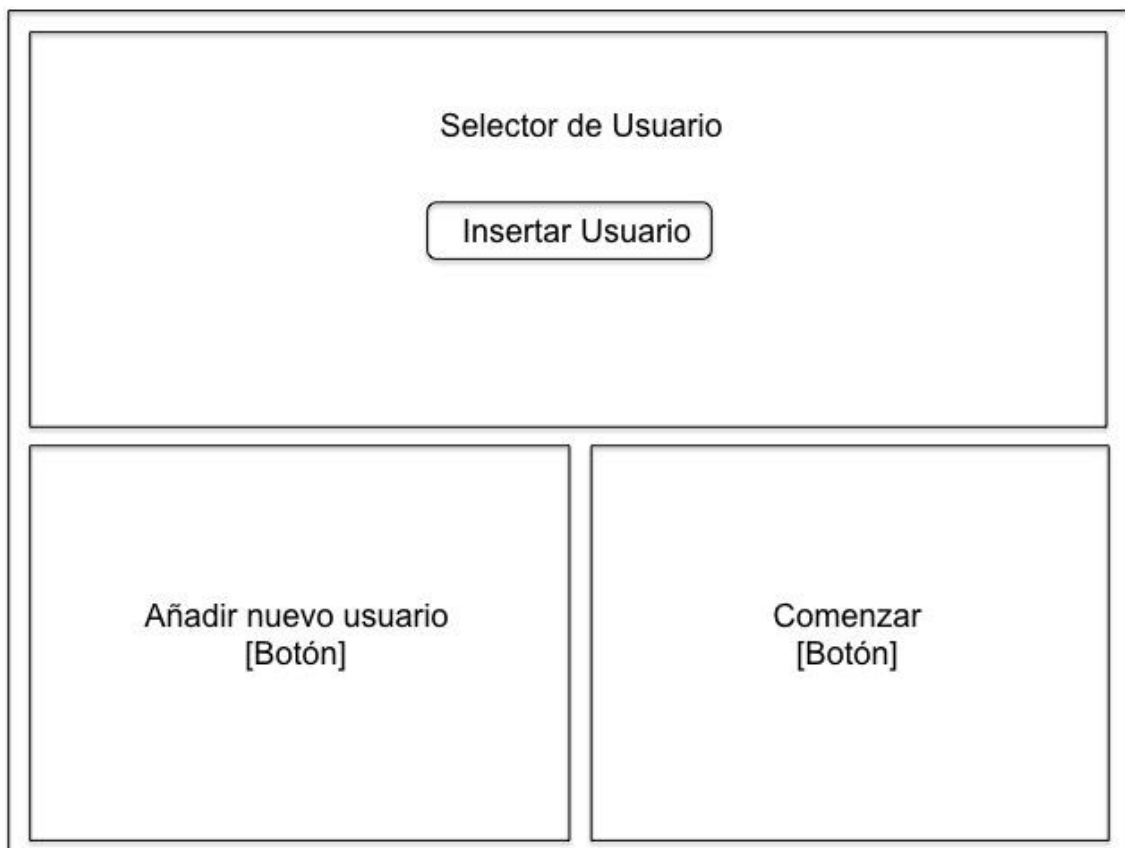


Figura 23 - Esquema diseño vista Login

La vista de selección de usuario de la aplicación se compone de 3 grandes bloques. El selector de un usuario existente, un botón para añadir un nuevo usuario, que en caso de ser pulsado mostrará un campo de solicitud de entrada de texto, y el botón para acceder a la siguiente vista en caso de haber seleccionado al usuario.

4.5.2. Distribuidor

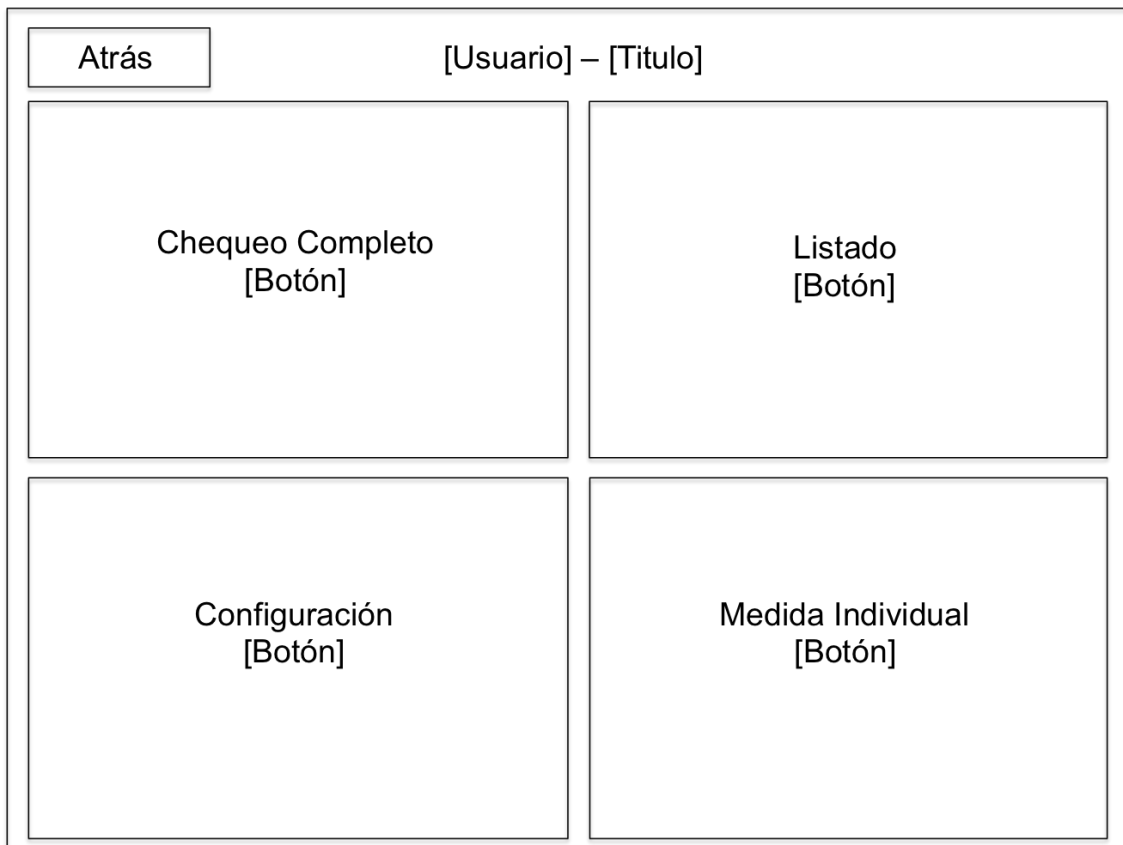


Figura 24 - Esquema diseño vista distribuidor

Esta vista se repite en varias ocasiones a lo largo del flujo de la aplicación. Se ha diseñado de esta forma para que pueda ser utilizada por personas de visibilidad reducida. Para ello se deben utilizar botones grandes, textos grandes y palabras o frases cortas y precisas.

Esta vista es el distribuidor principal de la aplicación, donde se navega hacia el modo de funcionamiento deseado. Se han diseñado cuatro modos de funcionamiento o vistas principales, definidas en el apartado anterior, sobre las que se puede seleccionar: chequeo completo, Configuración, Listado Medidas, Medida Individual.

Esta misma vista, también es utilizada para seleccionar el tipo de medida en los modos de medida individual y listado de medidas guardadas.

4.5.3. Medidas automáticas

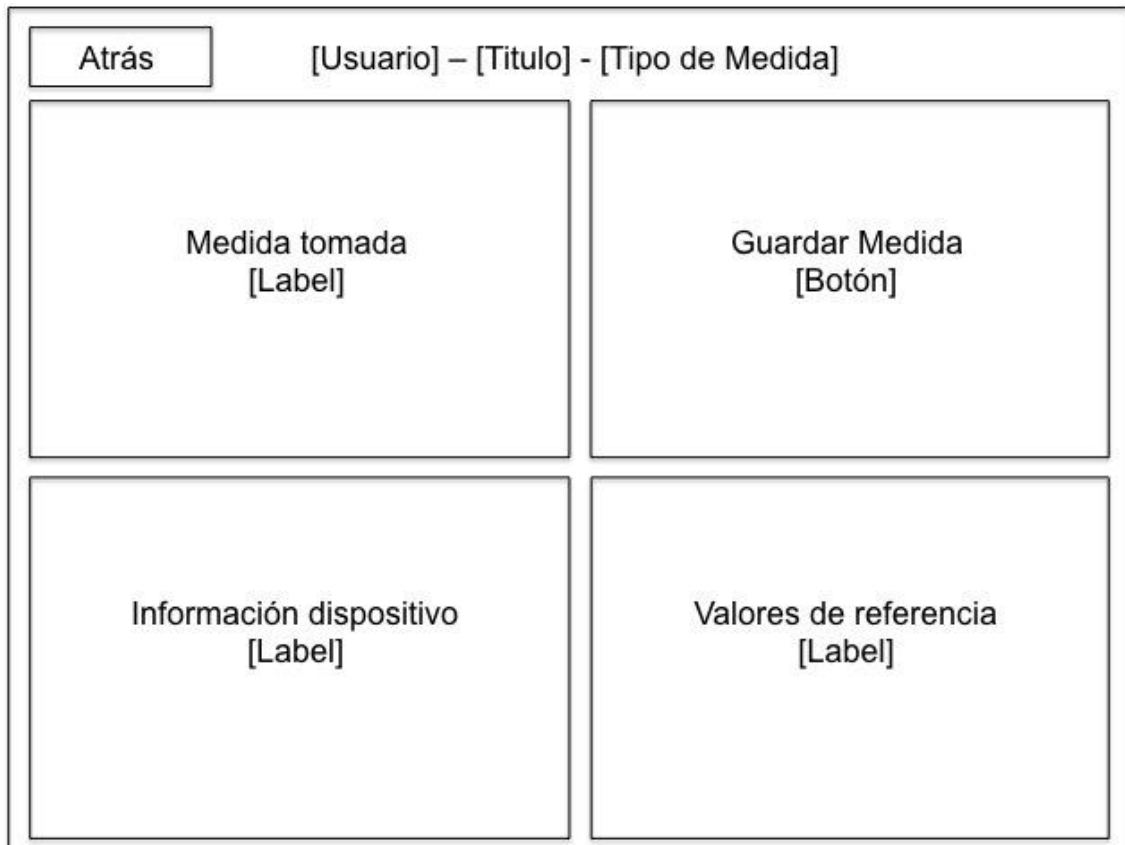


Figura 25 - Esquema diseño vista medida automática

Esta vista se corresponde con las medidas individuales que no requieren que se indique ninguna acción para que comiencen a mostrar valores en pantalla, como son la frecuencia cardíaca y el oxígeno en la sangre. El diseño de la vista es exactamente igual que el diseño del distribuidor, a diferencia que tres de los botones cambian por etiquetas para mostrar datos.

En el título de la vista se muestran tanto el nombre del usuario sobre el que se está midiendo, como el tipo de medida correspondiente.

4.5.4. Medidas manuales

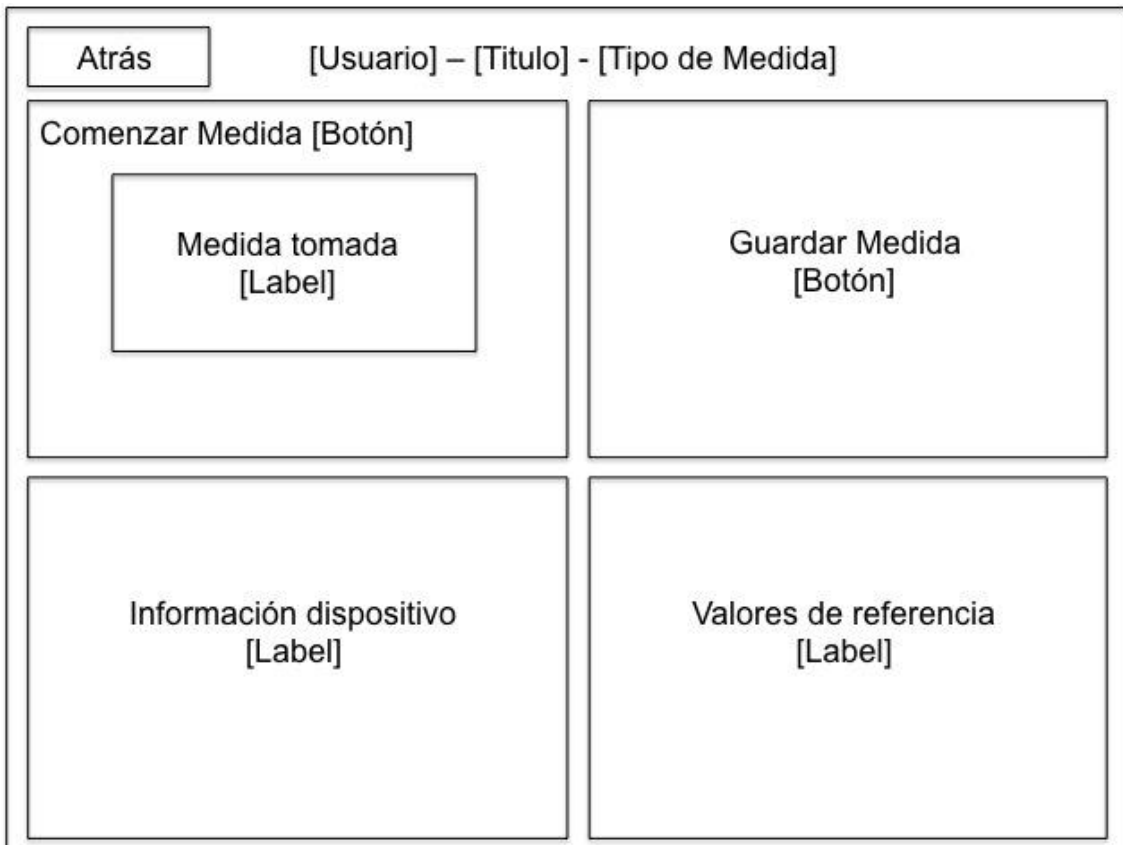


Figura 26 - Esquema diseño vista medida manual

Esta vista se corresponde con las medidas que necesitan que se indique el comienzo de la medida, como son el peso corporal y la tensión arterial. La vista es igual que la anterior, con la salvedad que existe un botón para comenzar la medida.

4.5.5. Lista de medidas

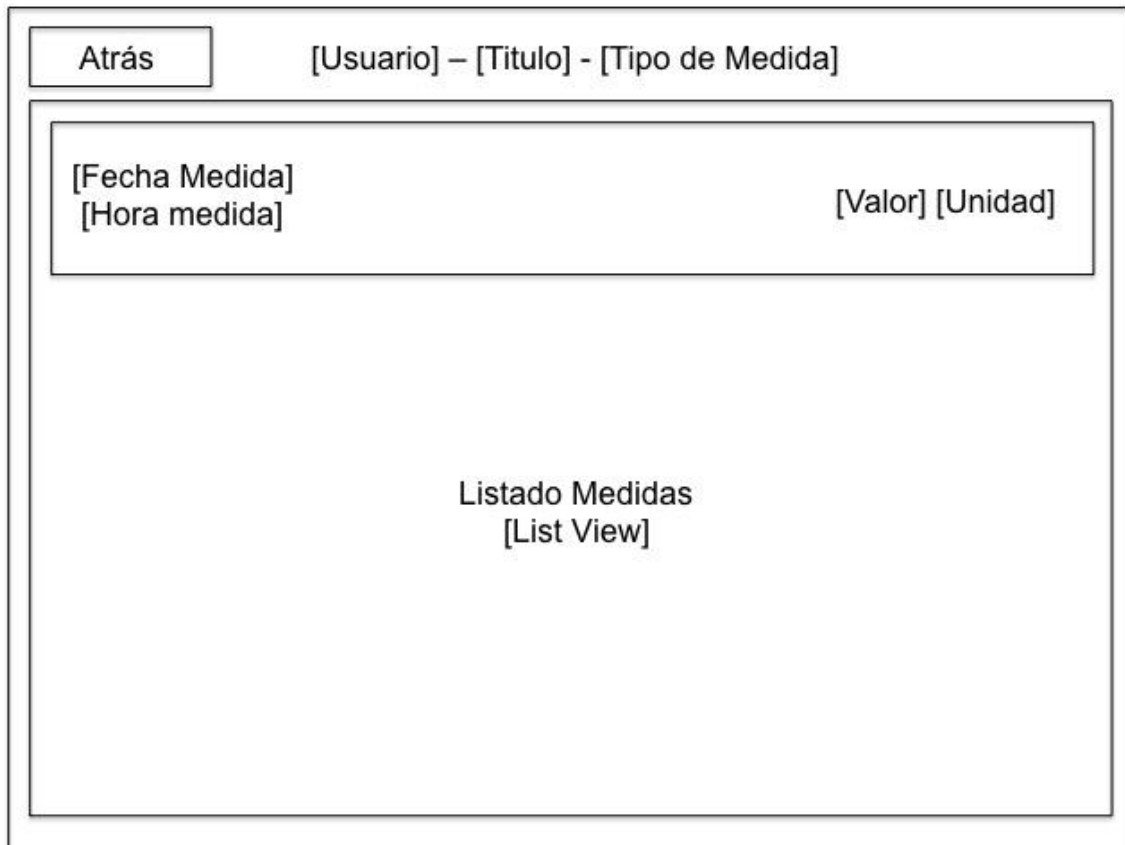


Figura 27 - Esquema diseño vista listado de medidas

Mediante esta vista se muestran los valores guardados de cada tipo de medida y usuario, ordenados por fecha y hora de la medición.

4.6. Modelo de datos

Se ha diseñado una base de datos sencilla para almacenar los las medidas registradas, así como los valores máximos y mínimos configurados para cada usuario. El modelo de datos consta de dos entidades que no están relacionadas entre sí. En la figura se muestra el diagrama Entidad-Relación correspondiente.

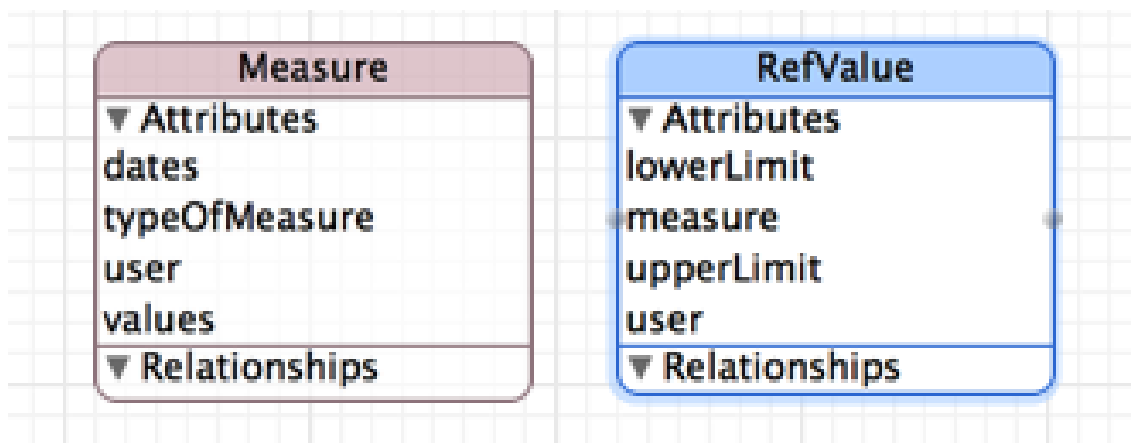


Figura 28 - Entidades Modelo de datos

Measure

Dates	Array
typeOfMeasure	String
User	String
Values	Array

Tabla 9 - Campos entidad Measure

La entidad Measure almacena por cada objeto el array de valores y fechas de un usuario y un tipo de medida. Se compone de los siguientes campos:

La entidad RefValues almacena los valores de referencia máximos y mínimos de la configuración para cada usuario y tipo de medida. Se compone de los siguientes campos:

RefValues

lowerLimit	Decimal
upperLimit	Decimal
User	String
Measure	String

Tabla 10 - Campos entidad RefValues

5. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

5.1 Comunicación con dispositivos

5.1.1 Comunicación dispositivos iHealth

Aunque existen servicios en la especificación Bluetooth para la conexión y comunicación de monitores de presión no invasiva y peso corporal, no es posible realizar la comunicación a través de servicios en el caso de los dispositivos iHealth debido a que no disponen de Bluetooth 4.0 y estos servicios concretos necesitan de esta versión de Bluetooth para conectar.

El caso del monitor de oxígeno en sangre es diferente. Aunque este dispositivo si opera con Bluetooth 4.0, este tipo de medida no dispone de un servicio de Bluetooth concreto por lo que no se puede utilizar esta forma de comunicación.

Debido a los inconvenientes citados anteriormente, la comunicación con los dispositivos iHealth, se ha realizado a través de un SDK distribuido para ser utilizado únicamente en este proyecto.

Normalmente, iHealth propone utilizar su modelo de comunicación, como el mostrado en la figura. En este modelo de comunicación, los datos recogidos por los diferentes dispositivos se suben a un servidor controlado por iHealth. Para la descarga de datos a aplicaciones de terceros, iHealth ofrece una API gratuita.

Para este proyecto se ha decidido no hacer uso del servidor de iHealth. EL principal motivo de esta decisión es que para usar este modelo de comunicación es necesario que la tableta disponga de acceso a internet, mientras que si los datos medidos viajan exclusivamente a la tableta y se muestran y almacenan en esta, la aplicación puede operar sin necesidad de estar conectado.

El principal inconveniente de utilizar este modelo de comunicación, es la persistencia de datos en caso de desinstalación de la aplicación o rotura de la tableta. En estos casos, la información guardada se perdería debido a que se almacena en la memoria de la propia tableta, mientras que subiendo los valores al servidor de iHealth se podrían recuperar los datos en cualquier momento.



Figura 29 - Esquema OpenAPI iHealth

Para poder utilizar el entorno de desarrollo y la API de iHealth, es necesario dar de alta en su sistema la aplicación a desarrollar. De este modo, iHealth provee a la aplicación de un id y una clave para realizar toda la comunicación con los dispositivos de forma segura.

A continuación, se detallan los diagramas de conexión y los datos recibidos para cada tipo de dispositivo.

5.1.1.1. Monitor de Tensión Arterial

En el diagrama se pueden observar los diferentes pasos que sigue el proceso de conexión y medida del monitor de tensión arterial. Primero se debe inicializar el controlador de la conexión y activar las notificaciones para recibirlas cuando se conecte el dispositivo a la tableta. Una vez recibida la notificación de conexión del dispositivo Bluetooth, se debe indicar al dispositivo que comience a realizar la medida.

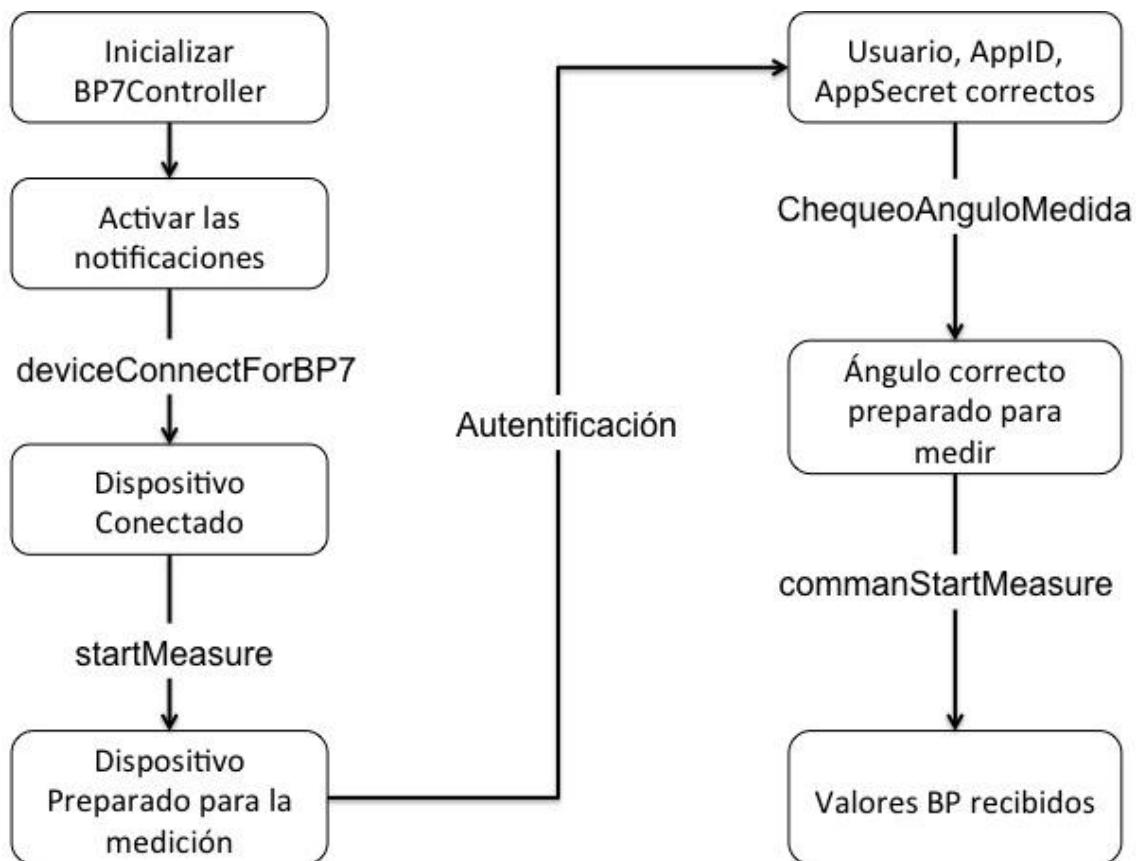


Figura 30 - Diagrama de conexión medidor de Tensión Arterial

Una vez enviada la orden al dispositivo para comenzar a medir, se realizan 2 comprobaciones más antes de proceder a la medición. En primer lugar, se comprueban los datos del usuario y de la aplicación que utiliza el SDK. Una vez son correctos los datos se comprueba el ángulo en el que se encuentra el brazo con respecto a la horizontal, esta comprobación se realiza para comprobar que el brazo está en un ángulo adecuado para no desvirtuar la medición.

Por último, una vez comprobado el ángulo se procede a realizar la medición. Cuando esta acaba, se reciben los valores e el formato mostrado en la tabla para su gestión y trámite.

5.1.1.2. Bascula de peso corporal

En el diagrama se pueden observar los diferentes pasos que sigue el proceso de conexión y medida del monitor de tensión arterial. Primero se debe inicializar el controlador de la conexión y activar las notificaciones para recibirlas cuando se conecte el dispositivo a la tableta. Una vez recibida la notificación de conexión del

dispositivo Bluetooth, se debe indicar al dispositivo que comience a realizar la medida.

Una vez enviada la orden al dispositivo para comenzar a medir, se comprueban los datos del usuario y de la aplicación que utiliza el SDK. Una vez son correctos los datos se recibe el valor de peso estabilizado medido por la báscula.

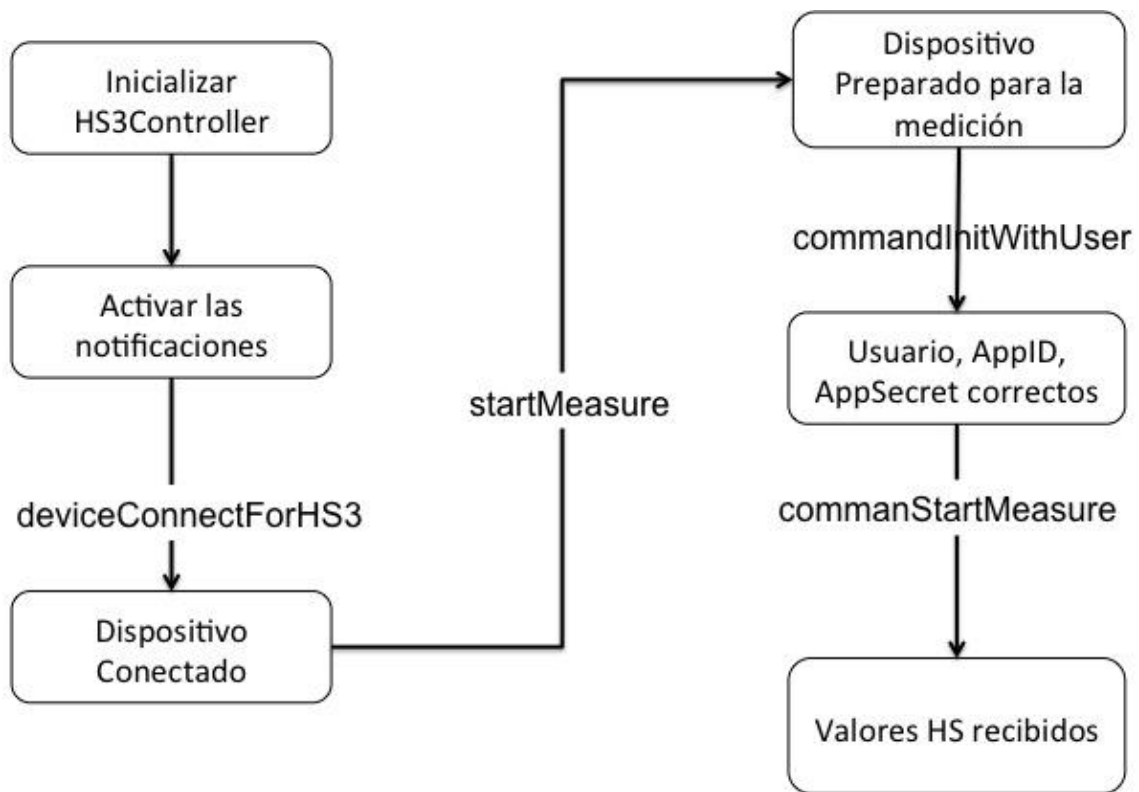


Figura 31 - Diagrama de conexión báscula

5.1.1.2. Medidor de saturación de oxígeno en sangre

El diagrama de conexión del medidor de oxígeno en sangre es prácticamente igual que el del figura 31. Cuando el programa detecta que se existe y una conexión con el pulsioxímetro, inicializa la conexión.

Una vez la conexión está inicializada, se comprueban los datos de usuario y aplicación por el SDK, y posteriormente se comienzan a recibir valores y para mostrarlos en pantalla.

5.1.2. Comunicación dispositivo Polar (BT 4.0)

La comunicación con el dispositivo medidor de frecuencia cardíaca H6 de Polar se ha realizado a través de las nuevas funciones implementadas en la librería CoreBluetooth con la que cuenta iOS7.

La comunicación con este dispositivo se ha realizado íntegramente desde una clase llamada PulseViewController, hija de la clase ViewController.

Para establecer las comunicaciones se han utilizado las clases CBCentralManager y CBPeripheralManager definidas en el framework CoreBluetooth. De esta manera, la aplicación actúa como manager y recibe notificaciones cuando se produce algún evento relacionado con el interfaz Bluetooth 4.0.

Una de las características principales del entorno del nuevo protocolo Bluetooth 4.0 es que la comunicación se realiza a través de servicios y características preestablecidas, cada uno de ellos está diferenciado por su propio UUID (Universally Unique Identifier). Esto facilita en gran medida la labor de integración entre dispositivos Bluetooth de diferentes fabricantes.

Para el caso de los monitores de frecuencia cardíaca, se ha utilizado el servicio de frecuencia cardíaca definido en la especificación Bluetooth.

Este servicio únicamente es operativo con el protocolo de transporte de Bluetooth Low Energy por lo que no es aplicable a versiones anteriores. Cada servicio cuenta con diferentes características, aunque en el caso del servicio de frecuencia cardíaca la única característica obligatoria de implementar es la medición de la frecuencia cardíaca.

- **Servicio:** Heart Rate.
 - **Característica:** Heart Rate Measurement (Mandatory).
 - **Propiedad:** Notify (Mandatory).

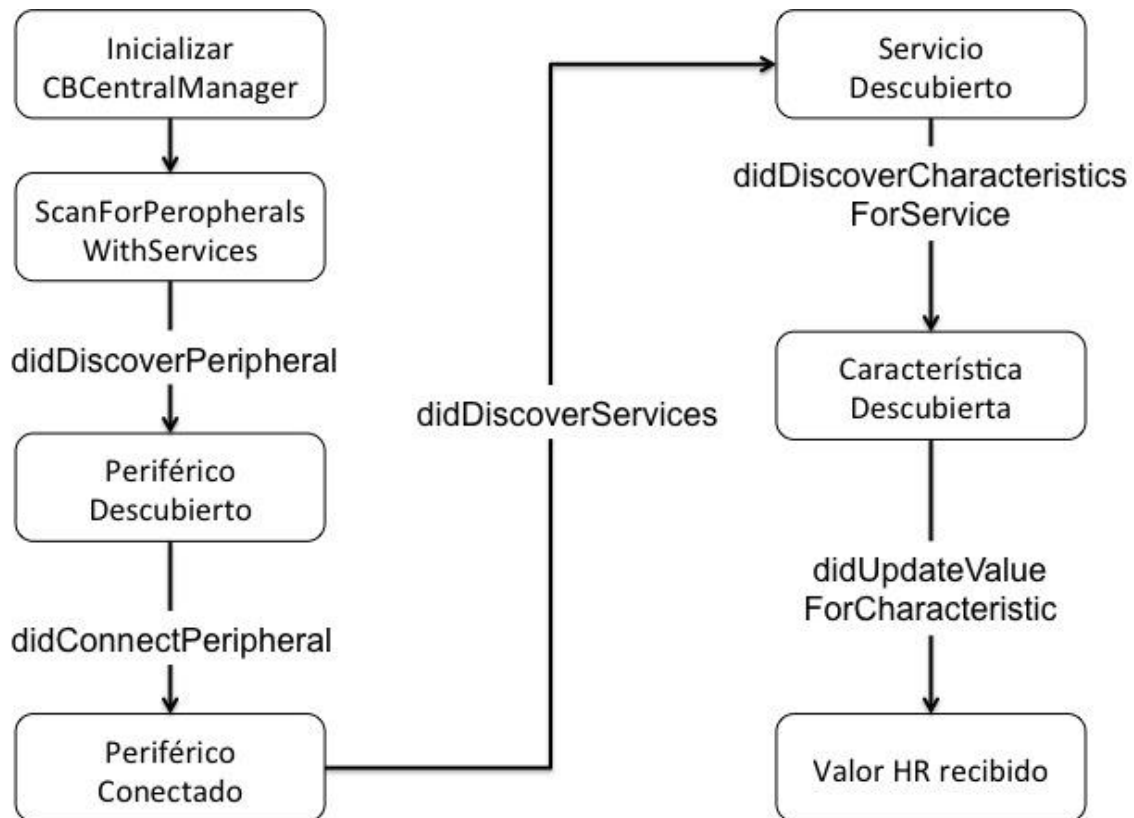


Figura 32 - Diagrama de conexión medidor de frecuencia cardíaca

En el diagrama de la figura se pueden observar los diferentes estados por los que pasa la comunicación con el periférico, monitor de frecuencia cardíaca en este caso. Este diagrama de estados sería aplicable para cualquier periférico que utilice un servicio definido dentro de las especificaciones Bluetooth.

Las transiciones entre estados son notificaciones recibidas por el interfaz Bluetooth. Después de inicializar el CBCentralManager, se procede a escanear el entorno Bluetooth en busca de periféricos que utilicen un determinado servicio. Una vez encontrado y conectado, se busca entre estos aquellos que utilicen una determinada característica del servicio. Una vez encontrada la característica, únicamente se debe esperar a que recibir valores para tratarlos y gestionarlos.

5.2 Desarrollo del interfaz de usuario

El desarrollo del interfaz de usuario se ha realizado teniendo en cuenta los dos tipos de usuarios que deberían utilizar la aplicación. En general, independientemente del tipo de usuario se ha diseñado y desarrollado un interfaz muy sencillo para facilitar el uso por personas de todas las edades y discapacidades físicas.

Como características comunes a todas las vistas de la aplicación cabe destacar:

- **Usabilidad y manejo:** Al pulsar cualquier botón o etiqueta de la aplicación, se leerá el texto escrito o un texto que identifique de manera unívoca el control. Para realizar la acción que acciona el control, si la tuviera, es necesario pulsar dos veces seguidas.
- **Distribución de la pantalla:** todas las vistas de la aplicación (exceptuando la pantalla de configuración) están divididas en 4 zonas de igual tamaño, para facilitar su uso tanto a personas con visibilidad reducida como con total visibilidad.

5.2.1 Interfaz de usuario: Personal Sanitario

El interfaz de usuario diseñado para su uso por el personal sanitario se reduce a dos vistas, aunque esto no excluye que este tipo de usuario pueda utilizar sin ningún problema el resto de vistas de la aplicación.

5.2.1.1. Vista Login – Introducción de Nuevo Usuario



Figura 33 - Vista Login Nuevo Usuario

Desde esta vista el personal sanitario o responsable del tratamiento puede introducir un nuevo nombre de usuario, que luego aparecerá en la lista de selección de usuarios.

5.2.1.2. Vista Configuración



Figura 34 - Vista Configuración

En esta vista se configuran los valores de referencia máximos y mínimos para contrastar con las medidas realizadas por los usuarios. El responsable del tratamiento o del control puede de esta forma adecuar estos parámetros a cada paciente.

Como se puede apreciar en la figura, en la esquina superior izquierda de la vista está indicado que esta vista no es apta para personas con visibilidad reducida debido a la dificultad y tamaño de algunos controles. Además, al abrir la vista se muestra un mensaje advirtiendo de este hecho.

Se ha dejado un bloque de espacio libre para tener la posibilidad de aumentar el número de parámetros de configuración en el futuro sin tener que cambiar el diseño de la vista.

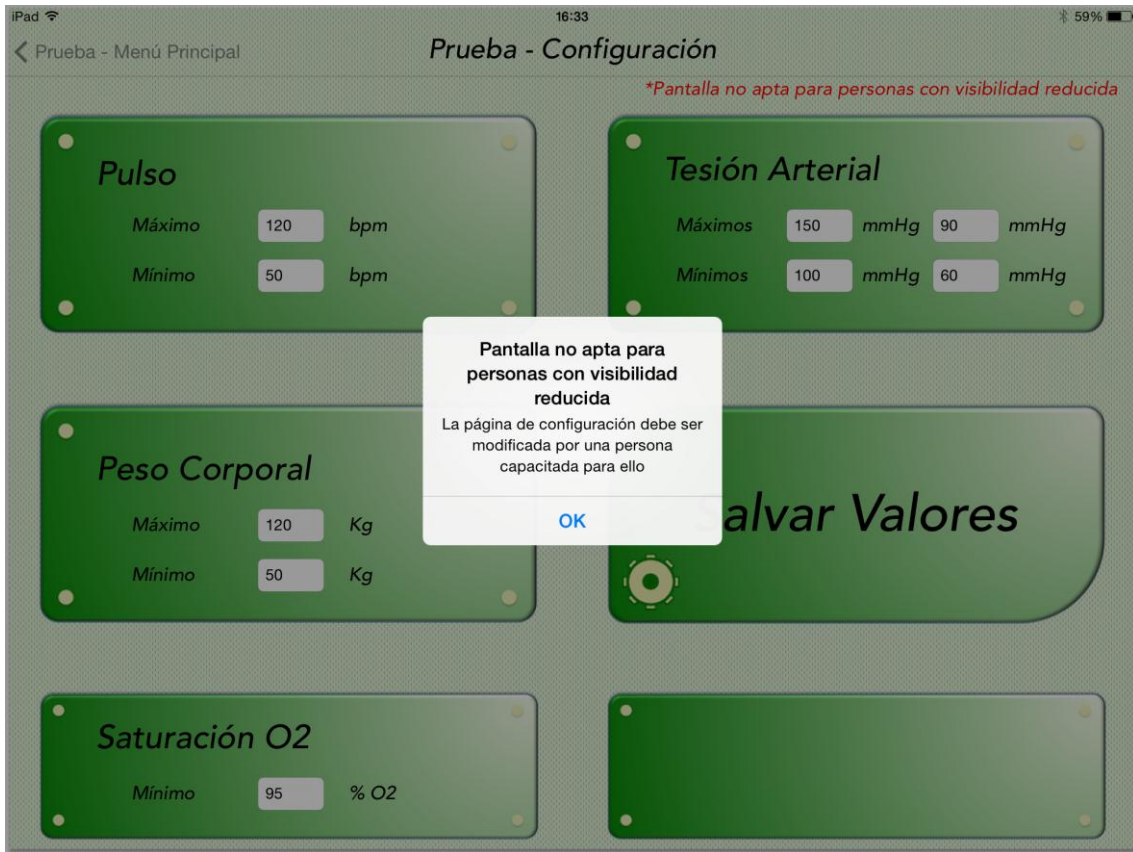


Figura 35 - Mensaje de advertencia - Vista Configuración

5.2.2. Interfaz de usuario: Personas con visibilidad reducida

Todas las vistas diseñadas para los usuarios con visibilidad reducida han sido desarrolladas de igual manera.

5.2.2.1. Vista Login – Selección de usuario



Figura 36 - Vista Login Selección de usuario

Esta vista se compone de los siguientes controles:

- UIPickerView: permite moverse por los distintos usuarios registrados en la aplicación deslizando el dedo por cualquier zona del control. Cuando un usuario es seleccionado la aplicación lee el nombre que es seleccionado.
- UIButton – Nuevo Usuario: botón que permite acceder a la creación de un nuevo usuario
- UIButton – Comenzar: botón que permite acceder al menú principal de la aplicación una vez se haya seleccionado un usuario.
- UINavigationController – Borrar: botón situado en la barra de navegación con el que se puede borrar el usuario seleccionado en ese momento.

5.2.2.2. Vista Distribuidor – Menú principal: Modos de funcionamiento



Figura 37 - Vista Distribuidor Menú principal

Esta vista se compone de los siguientes controles:

- UIButton – Chequeo Completo: accede al modo chequeo completo.
- UIButton – Listados: accede al modo listado de medidas. Pasa a la vista del selector de medidas.
- UIButton – Configuración: accede al modo configuración.
- UIButton – Medida Individual: accede al modo medida individual. Pasa a la vista del selector de medidas.

5.2.2.3. Vista Distribuidor – Selector de medida



Figura 38 - Vista Distribuidor Selección de medida

Esta vista se muestra para seleccionar la medida en los modos de medida individual y de listado de medidas, y se compone de los siguientes controles:

- UIButton – Pulso: accede a la vista de medida de frecuencia cardíaca
- UIButton – Peso Corporal: accede a la vista de medida de peso corporal
- UIButton – Oxígeno en Sangre: accede a la vista de medida de oxígeno
- UIButton – Tensión Arterial: accede a la vista de medida de tensión arterial.

5.2.2.4. Vista de medida



Figura 39 - Ejemplo Vista de medida

Esta vista se muestra para realizar una medida. Se ha seguido el mismo modelo para todas las medidas. La diferencia fundamental es en la forma de realizar la medida:

- **Automático:** El valor se muestra en la vista cuando se establece conexión con el dispositivo y se actualiza automáticamente. Esta forma de realizar las mediciones se utiliza en los medidores de frecuencia cardíaca y oxígeno en sangre.
- **Manual:** Una vez conectado el dispositivo. Es necesario pulsar un botón para iniciar la medida que, una vez realizada, se muestra en pantalla y no se actualiza automáticamente. Esta forma de realizar las mediciones se utiliza en los medidores de peso corporal y tensión arterial.

Se compone de los siguientes controles:

- UILabel – Valor Medido: muestra el valor medido
- UIButton – Comenzar Medida: comienza la medida en caso de medidas manuales.
- UIButton – Guardar Medida: permite guardar la medida mostrada.
- UIButton – Información: muestra información sobre el dispositivo y la conexión
- UIButton – Valores Referencia: Muestra los valores de referencia para el tipo de medida en cuestión configurados en el modo configuración.



Figura 40 - Ejemplo Vista de Medida manual

5.2.2.5. Vista Listado de medidas

Fecha: 1 - 9 - 2014 Hora: 16:35:12	86 bpm
Fecha: 1 - 9 - 2014 Hora: 16:35:24	129 bpm
Fecha: 1 - 9 - 2014 Hora: 16:35:25	129 bpm
Fecha: 1 - 9 - 2014 Hora: 16:35:44	75 bpm

Figura 41 - Vista Listado de medidas

Esta vista se muestra el listado de medidas realizadas para el tipo de medida y usuario seleccionados, y se compone de los siguientes controles

- UIButton – Borrar: Borra todas las líneas mostradas en el UITableView
- UITableView – Listado: Muestra el listado de medidas con las fechas.

5.3. Clases utilizadas

Para modelar los distintos funcionamientos y clarificar el código, se ha creado una clase hija de `UIViewController` para modelar los comportamientos de cada vista y establecer la comunicación con cada uno de los distintos dispositivos por separado. Por lo tanto, se han creado las siguientes clases:

- **LoginViewController:** controla la vista de login. Mediante esta clase se realiza una consulta a la base de datos para buscar usuarios dados de alta en el sistema
- **ViewController:** controla las vistas de distribuidor y su comportamiento. Para diferenciar entre comportamientos y segues de las diferentes vistas se han utilizado las etiquetas 'restorationID' y los 'segue Identifiers'.
- **ConfigViewController:** controla la vista del menú de configuración. Lee y guarda datos del modelo de datos y los muestra en pantalla
- **PulseViewController:** controla la vista de medida de la frecuencia cardíaca. Lee y guarda datos del modelo de datos y gestiona la comunicación con el dispositivo de frecuencia cardíaca.
- **BPViewController:** controla la vista de medida de la tensión arterial. Lee y guarda datos del modelo de datos y gestiona la comunicación con el dispositivo de tensión arterial.
- **HSViewController:** controla la vista de medida del peso corporal. Lee y guarda datos del modelo de datos y gestiona la comunicación con la báscula de peso corporal.

5.3 Almacenamiento de datos persistente

Se ha diseñado la aplicación para almacenar los datos medidos y de configuración de forma persistente en la memoria de la tableta, esto significa que no se produce pérdida de datos aunque:

- Se pare y se relance la aplicación.
- Se apague y se encienda la tableta.

Este modelo de almacenamiento tiene ventajas e inconvenientes. Estos son los principales inconvenientes:

- Pérdida de datos al borrar o desinstalar la aplicación de la tableta.
- No existe la posibilidad de visionar los datos en otros dispositivos.

Ambos serían solucionables mediante la exportación de los datos almacenados, pero esta solución se verá más adelante en el apartado de 'Trabajo futuro.

Como principal ventaja de almacenar los datos en la tableta únicamente es que no es necesaria una conexión a internet para trabajar con la aplicación y por lo tanto esta puede ser utilizada en cualquier sitio. Este es un aspecto muy importante, debido a que existe gran cantidad de potenciales usuarios de la aplicación como personas mayores o personas discapacitadas visualmente que no disponen de una conexión a internet.

Existen varios modos de almacenar datos de una aplicación de manera persistente citados a continuación:

- **Preferencias de Usuario:** definido en iOS para guardar datos de la aplicación. No se puede establecer el modelo de datos ni entidades.
- **Sistema de ficheros:** se guardan ficheros en un sistema de ficheros UNIX. Tampoco puede establecer modelos de datos. Útil para guardar diferentes archivos relacionados con la aplicación.
- **SQLite3:** iOS tiene soporte para crear una base de datos SQL. La base de datos está contenida en un solo fichero y permite definir entidades y relaciones como en cualquier otra base de datos SQL.

- **Core Data:** se trata de una aplicación para el diseño visual de los modelos de datos y su gestión. Almacena los datos en un solo fichero utilizando como núcleo SQLite. El almacén de datos es transparente al programador, debido a que no se almacenan directamente sino que se utiliza un contexto.

5.3.1 Core Data

Se ha utilizado esta aplicación para el almacén persistente de datos debido a que permite realizar modelos de datos propios y personalizados de manera sencilla y segura.

Como principales ventajas del uso de Core Data frente a otros modos de almacén persistente cabe destacar:

- Optimiza el uso de memoria
- Mejora el tiempo de respuesta
- Evita repetición de código
- Permite un diseño visual de los modelos de datos
- Incluye soporte para la migración de datos a nuevas versiones

5.3.1.1. Arquitectura

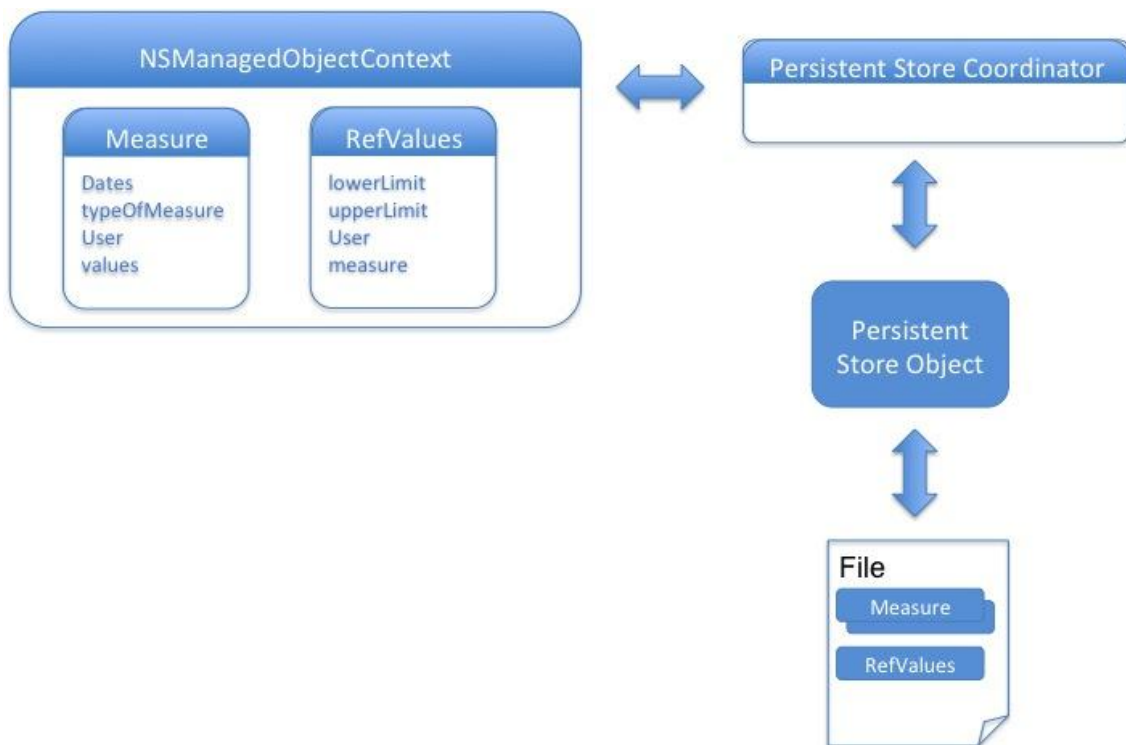


Figura 42 - Arquitectura Core Data

En la figura se puede observar la arquitectura de Core Data. Los diferentes elementos de los que se componen son:

- **Managed Object Model:** Es el modelo en el que se definen los objetos: atributos y relaciones. Los objetos guardados se llaman Entidades. En la aplicación, se han diseñado dos entidades: Measure y RefValues
- **Managed Object Context:** es el contexto que el framework utiliza para crear, borrar, modificar, obtener y salvar objetos de la aplicación para su almacenamiento en el store.
- **Persistent Store Coordinator:** coordina el acceso y comunicación entre el store y el contexto. Accede al store para almacenar y obtener los datos.
- **Persistent Object Store:** accede a la base de datos.

5.3.1.2. Entidades

Para el desarrollo de la aplicación se han creado dos entidades sin relación entre sí:

- **Measure:** almacena los datos de las medidas y las fechas en las que la medida ha sido tomada por usuario
- **RefValues:** almacena los datos de configuración por usuario

5.3.1.3. Consultas

Las consultas a la base de datos se realizar a través de un método definido en el framework Core Data denominado 'fetchRequest', cuya arquitectura se muestra en la figura.

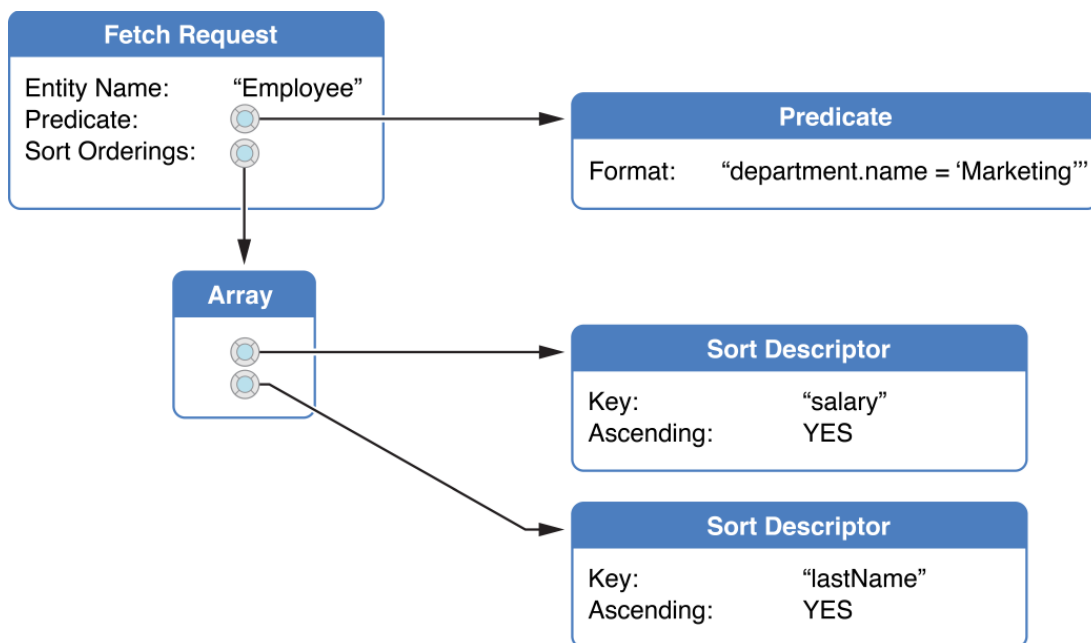


Figura 43 - Arquitectura Fetch Request Core Data

Para la realización de un `fetchRequest`, es necesario indicarle una serie de parámetros para que realice la consulta:

- **Entity Name:** nombre de la entidad. Equivalente a indicar el nombre de la tabla en SQL.
- **Predicate:** filtro de datos que se quieren recuperar. Equivalente a la cláusula `WHERE` en SQL
- **Sort Descriptor:** orden de los datos recuperados. Equivalente a la cláusula `ORDER BY` en SQL
- **Properties to Fetch:** atributos que se quieren recuperar. Equivalente a la cláusula `SELECT` en SQL.

5.4. Frameworks y SDK adicionales

5.4.1 AVSpeechSynthesizer (lectura textos)

Para realizar la lectura de textos y de pantalla se ha utilizado la clase AVSpeechSynthesizer incluida en el framework de iOS AVFoundation.

Mediante el método 'speakUtterance' se puede realizar la lectura de cualquier texto.

5.4.2. SDK iHealth

Se han utilizado los diferentes h SDKs proporcionados por iHealth para la conexión con sus dispositivos de medida. Concretamente, se han utilizado los SDK para conectar con:

- Monitor de Tensión Arterial.
- Báscula de peso corporal.
- Monitor de oxígeno en sangre.

Para la utilización estos SDKs se han incluido las diferentes librerías al contexto de la aplicación.

6. INTEGRACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS

Después de completar el desarrollo del sistema en su totalidad. Se ha procedido a realizar una serie de pruebas con el fin de verificar el correcto funcionamiento y encontrar posibles errores de comunicación, funcionamiento y usabilidad.

6.1. Pruebas de comunicación

Se han realizado diferentes pruebas para determinar que la comunicación de la tableta con los distintos dispositivos de medida es correcta.

6.1.1. Pruebas de conexión automática

Con esta prueba se pretende comprobar que, una vez se ha realizado un primer emparejamiento entre el dispositivo de medida y la tableta, estos se vinculan y reconocen de manera automática a partir de ese momento.

Como la comunicación con cada dispositivo se gestiona desde el controlador de vista correspondiente a cada medida, no existen problemas de compatibilidad si dos dispositivos quieren conectar a la tableta al mismo tiempo, por lo tanto no ha existido ningún problema en ese aspecto.

Se ha comprobado que la conexión y desconexión automática se realiza cada vez que se enciende un dispositivo o cada vez que el dispositivo de medida entra y sale del rango de alcance Bluetooth de la tableta.

Los resultados de esta prueba han sido satisfactorios. La comunicación se ha establecido de forma automática con unos retardos despreciables.

6.1.2. Pruebas de plausibilidad de la medida

Con esta prueba se pretende comprobar que los valores mostrados en la aplicación son plausibles y se corresponden con los medidos en el dispositivo.

En el caso de la báscula de peso corporal se ha podido comprobar que el valor enviado es exactamente el valor mostrado en el display de la báscula, como se puede apreciar en la figura.



Figura 44 - Medida real realizada

En el resto de dispositivos se ha comprobado que los valores son plausibles y llegan con un retardo casi nulo.

Mediante estas dos pruebas se puede determinar que la conexión de la tableta con los dispositivos de medida se realiza de forma satisfactoria y cumple con los requisitos establecidos en el diseño.

6.2. Pruebas funcionales de la aplicación

Con esta serie de pruebas se pretende comprobar que la funcionalidad de las pantallas y controles de la aplicación es correcta y cumple con los requisitos de diseño.

Se han realizado una serie de pruebas por cada vista de la aplicación comprobando el correcto funcionamiento de todos sus controles y acciones.

Vista Login			
Esta es la vista principal de la aplicación, en la que se puede insertar un nuevo usuario o seleccionar un usuario existente para después continuar a la siguiente pantalla.			
Pruebas funcionales			
Paso	Prueba	Resultado esperado	OK /NOK
1	Pulsar una vez sobre control	Lectura de texto asignado	OK
2	Deslizar el dedo sobre selector aplicaciones	Movimiento de la rueda y lectura del texto definitivo	OK
3	Doble tap sobre el botón nuevo usuario	Se esconde el selector, se muestra el textfield y aparece el teclado	OK
4	Doble tap sobre el botón selección usuarios	Se esconde el textfield y se muestra el selector	OK
5	Doble tap en el botón borrar	Se borra el usuario seleccionado	OK
6	Chequeo Usuario inexistente	Mensaje de error al pulsar siguiente si no existe usuario seleccionado	OK
7	Doble tap en botón siguiente	Pasa a la siguiente vista con parámetro: Usuario	OK

Tabla 11 - Pruebas Funcionales Vista Login

Vista Distribuidor – Menú Principal – Selector de Medida

Muestra el distribuidor del modo de funcionamiento y del selector de medida.

Pruebas funcionales

Paso	Prueba	Resultado esperado	OK /NOK
1	Pulsar una vez sobre control	Lectura de texto asignado	OK
2	Doble tap sobre botón Chequeo Completo	Cambia a la primera vista del chequeo completo	OK
3	Doble tap sobre botón Listados	Cambia a la vista del distribuidor del tipo de medida	OK
4	Doble tap sobre botón Configuración	Cambia a la vista de configuración	OK
5	Doble tap sobre botón Medida Individual	Cambia a la vista del distribuidor del tipo de medida	OK

Tabla 12 - Pruebas Funcionales Vista Distribuidor

Vista Configuración

Esta es la vista de configuración de los valores de referencia del usuario

Pruebas funcionales

Paso	Prueba	Resultado Esperado	OK /NOK
1	Pulsar una vez sobre control	Lectura de texto asignado	OK
2	Entrar en la vista	Aparición de mensaje de advertencia y lectura del texto	OK
3	Pulsar sobre cuadros de texto	Aparece el teclado y se borra el valor actual	OK
4	Comprobar valor valido	Si el valor no es válido muestra un mensaje en pantalla y lee el texto	OK
5	Doble tap Salvar Configuración	Se guarda la configuración y lectura de texto guardado	OK

Tabla 13 - Pruebas Funcionales Vista Configuración

Vista Listado de medidas

Muestra el listado de medidas con las fechas para un usuario y un tipo de medida

Pruebas funcionales

Paso	Prueba	Resultado esperado	OK /NOK
1	Pulsar una vez sobre control	Lectura de texto asignado	OK
2	Doble tap sobre botón Borrar	Se borran todas las medidas para el usuario y medida mostrados	OK
3	Comprobación valores con valores de referencia	Cambio de color del valor si sobrepasa los límites de los valores de referencia	OK

Tabla 14 - Pruebas Funcionales Vista Listado Medidas

Vista Medida – Pulso, Tensión Arterial, Peso Corporal y Oxígeno en Sangre

Muestra la realización de la medida y la gestión de los valores obtenidos

Pruebas funcionales

Paso	Prueba	Resultado Esperado	OK /NOK
1	Pulsar una vez sobre control	Lectura de texto asignado	OK
2	Conexión Dispositivo	Cambio del label info del dispositivo y lectura del texto	OK
3	Doble tap sobre botón Listados	Cambia a la vista del distribuidor del tipo de medida	OK
4	Doble tap sobre botón Guardar Medida	Guardado de a medida mostrada y lectura del texto Medida Guardada	OK
5	Doble tap sobre el botón Comenzar Medida	Se esconde el botón. Lectura del texto Midiendo	OK

Tabla 15 - Pruebas funcionales Vista Medida

Con estas pruebas se ha comprobado que el funcionamiento de la aplicación y de sus controles y vistas es correcto y cumple con los requisitos de diseño.

6.3. Pruebas de usuarios reales

El objetivo de estas pruebas es determinar si la usabilidad de la aplicación es la adecuada mediante pruebas con posibles usuarios reales de la aplicación. Para realizar esta prueba, se ha contado con la colaboración de dos tipos de posibles usuarios:

Usuario con visibilidad completa. Tipo: Personal Sanitario

Se ha realizado la prueba con una persona anónima de 28 años con conocimientos en el uso de aplicaciones móviles, previa explicación breve sobre el uso de la aplicación.

El usuario ha creado satisfactoriamente un nuevo usuario y ha configurado los valores de referencia sin ningún tipo de complicación. Se puede decir el modo de funcionamiento del personal sanitario se ha comprobado y cumple con los requisitos del diseño.

Usuario con visibilidad reducida. Tipo: Paciente

Se ha realizado la prueba con una persona anónima de 74 años de edad, sin prácticamente ningún conocimiento sobre el uso de tabletas o aplicaciones móviles y con visibilidad reducida, previa explicación breve sobre el uso de la aplicación.

El usuario ha navegado exitosamente por las vistas de la aplicación, ha realizado medidas y ha guardado los resultados correctamente. También ha accedido a la vista de visionado de datos y ha sido capaz de conocer los valores medidos con la fecha y la hora exacta de la medición

Una vez realizadas estas pruebas se puede determinar que la aplicación es usable por personas con visibilidad reducida y que no supone grandes problemas para su comprensión.

7. CONCLUSIONES

Una vez el sistema ha sido diseñado, desarrollado y probado se puede observar el resultado del proyecto. Las especificaciones iniciales se han cumplido satisfactoriamente ya que la aplicación es capaz de integrar señales de diferentes sensores médicos en una tableta. Incluso se ha desarrollado una ligera mejora/modificación como ha sido la de adaptar el interfaz de usuario a personas con visibilidad reducida.

La aplicación desarrollada es capaz de:

- Tener un registro de usuarios de la aplicación.
- Almacenar datos de configuración para cada usuario.
- Realizar mediciones mediante diferentes sensores médicos controlados por la aplicación.
- Mostrar las medidas realizadas en pantalla mediante un interfaz preparado para personas con visibilidad reducida.
- Permitir la gestión y el borrado de los datos de configuración y medidas almacenados.

Este proyecto se puede considerar una base para realizar futuros sistemas completos de telemedicina añadiendo funcionalidades que permitan el envío de los datos a fuentes externas. Aunque, en este proyecto se ha desarrollado la parte central de un sistema de telemedicina como es la integración de los sensores.

Desde el punto de vista académico, el aprendizaje ha sido muy satisfactorio y completo. Se han adquirido conocimientos de programación orientada a objetos y más concretamente en Objective-C. Se han adquirido conocimientos y herramientas sobre el uso de la tecnología Bluetooth y se ha conocido el estado de las tecnologías Bluetooth actuales y de los sistemas de telemedicina en desarrollo.

8. TRABAJO FUTURO

Este proyecto tiene muchas posibilidades de ampliación y mejora. A continuación se proponen algunas mejoras que serían útiles y mejorarían la calidad y prestaciones del sistema completo.

8.1. Mejoras en los sensores de medida

Posiblemente la principal mejora de la aplicación sea la de añadir la capacidad de gestionar un mayor número de sensores y una mayor variedad de tipos de medida como por ejemplo sensores de glucosa en sangre o de temperatura corporal.

En el mismo ámbito de ampliación, se podrían mejorar las prestaciones utilizando únicamente dispositivos que utilicen la versión del protocolo Bluetooth 4.0. Preparando la aplicación para preparar con dispositivos con Bluetooth 4.0 para todos los servicios relacionados con la medicina y utilizando estos sensores se podría utilizar cualquier sensor de cualquier fabricante indistintamente siempre que utilicen estos servicios Bluetooth. Este sistema funcionaría exactamente igual que el monitor de frecuencia cardíaca utilizado en este proyecto pero para todos los sensores.

Esta mejora supondría un salto de calidad importante en el desarrollo de los sistemas de telemedicina ya que supondría que existiese una aplicación abierta y común a todos los dispositivos. Normalmente cada fabricante cuenta con su propia aplicación y sus propios protocolos de comunicación.

8.2. Mejoras en el interfaz de usuario

Al tratarse de una aplicación diseñada en gran medida para personas con visibilidad reducida, una mejora importante y práctica para mejorar la usabilidad de la aplicación sería la de añadir el reconocimiento vocal integrado en la aplicación.

En el sistema operativo iOS existe el reconocimiento vocal a través de Siri, pero no tiene una API para ser utilizado en las aplicaciones de terceros. Por este motivo, existe numerosas APIs de licencia libre que pueden ser utilizadas para el reconocimiento de voz, como por ejemplo 'OpenEars'.

8.3 Mejoras en la exportación de datos

En este proyecto no se ha diseñado ningún método de exportación de datos, sino que los datos se almacenan en la memoria de la propia tableta. Una mejora importante para convertir el sistema creado en un sistema de telemedicina real es incorporar un método de exportación de datos como por ejemplo, el envío de informes a través de e-mail o la exportación de ficheros de datos a un servidor externo mediante ficheros XML.

Esta mejora supondría la posibilidad de analizar las medidas tomadas por los pacientes en tiempo real y a distancia por el personal sanitario. El único requisito para desarrollar esta mejora sería que la tableta tendría que disponer de conexión a internet para realizar la exportación.

Estas son varias de las numerosas mejoras que se podrían llevar a cabo para mejorar este proyecto, que a su vez puede ser el germen de un proyecto de mayor alcance y calidad.

8.4. Mejoras en las funcionalidades de la aplicación

La elección de una tableta como dispositivo integrador de señales médicas hace posible que se puedan añadir numerosas funcionalidades adicionales a la aplicación aparte de la propia integración de las señales.

Por ejemplo, se podría crear la gestión de eventos y avisos en función de los valores medidos, la creación de rutinas para realizar las mediciones o la comparación con tablas estándar que permitan realizar un control exhaustivo de las mediciones a diario.

REFERENCIAS

- Especificaciones técnicas iPad3. Retrieved from http://support.apple.com/kb/SP647?viewlocale=es_ES
- Vanda Nahavandipour, "iOS 5 Programming Cookbook", O'Reilly Media, 2012
- Wei-Meng Lee, "Beginning iPad application development", John Wiley & Sons, 2012
- Santiago Pavón, "Persistencia – Core Data", IWEB, LSWC UPM 2013-2014
- iHealth Lab Inc. (2013). *Developer IHealth API*. Retrieved from http://developer.ihealthlabs.com/dev_documentation_openapidoc.htm
- Bluetooth SIG, I. (2014). *Bluetooth Medical and Health*. Retrieved from <http://www.bluetooth.com/Pages/Medical.aspx>
- Bluetooth SIG, I. (2014). *Bluetooth Services*. Retrieved from <https://developer.bluetooth.org/gatt/services/Pages/ServicesHome.aspx>
- Bluetooth SIG, I. (2014). *Bluetooth Smart and Smart Ready Devices*. Retrieved from <http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth-Smart-Devices-List.aspx>
- IEEE. (2009). 802.15.3c IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems.
- iHealth Lab Inc. (2013). *Wireless Scale HS3 Owner's Manual*
- iHealth Lab Inc. (2013). *Wireless Blood Pressure Wrist Monitor BP7 Owner's Manual*
- iHealth Lab Inc. (2013). *Wireless Pulse Oximeter PO3 Owner's Manual*

GLOSARIO

SpO2: Medida de saturación de oxígeno en sangre.

App: Aplicación de software para dispositivos móviles.

ECG: Electrocardiograma.

iPAD: dispositivo móvil de Apple.

iOS: sistema operativo desarrollado por Apple.

Framework: entorno de trabajo que contiene librerías de software.

WPAN: Wireless Personal Area Network.

SIG: Special Interest Group de Bluetooth.

API: Application Program Interface.

SDK: Software Development Kit.

ANEXOS

Anexo A – Características Técnicas Dispositivos Utilizados

Monitor de Tensión Arterial

- Modelo: BP7.
- Fabricante: iHealth Lab Inc.
- Clasificación: Alimentación Interna, pieza aplicada tipo BF, IPOX, sin AP o APG, funcionamiento continuo.
- Tamaño del aparato: aprox. 72mm x 74mm x 17,6mm.
- Circunferencia del manguito: 13,5mm – 22mm, talla única.
- Peso: aprox. 106g.
- Método de medición: Método Oscilométrico, hinchado y medición automáticos.
- Volumen de memoria: 120 veces con fecha y hora.
- Consumo:
 - CC: 5,0V 1,0 A.
 - Batería: 1*3,7V Iones de Li 400mAh.
- Intervalo de medición:
 - Presión del manguito: 0 – 300 mmHg.
 - Sistólica: 60 – 260 mmHg.
 - Diastólica: 40 – 199 mmHg.
 - Pulso: 40 – 180 bpm.
- Exactitud:
 - Presión: ± 3 mmHg.
 - Pulso: $\pm 5\%$.
- Comunicación inalámbrica:
 - Bluetooth v3.0 + EDR Clase 2 SPP.
 - Banda de frecuencias: 2,402 – 2,480 GHz.
- Duración de la batería: más de 80 mediciones con carga completa.

Báscula de peso corporal

- Modelo: HS3.
- Fabricante: iHealth Lab Inc.
- Clasificación: Alimentación interna.
- Dimensiones: 330mm x 330mm x 39mm.
- Peso: aprox. 2000g.
- Método de medición: medición automática por indicador de tensión.
- Alimentación: 4 baterías AA de 1,5V.
- Rango de Pesaje: 5 – 150 Kg.
- Precisión: 1%.
- Comunicación inalámbrica:
 - Bluetooth v3.0 + EDR Clase 2 SPP.
 - Banda de frecuencias: 2,402 – 2,480 GHz.

Monitor de frecuencia cardíaca

- Modelo: H6.
- Fabricante: Polar Electro Inc.
- Clasificación: alimentación interna.
- Tipo de pila: CR 2025.
- Duración de la batería: 300h.
- Comunicación inalámbrica:
 - Bluetooth v4.0 Low Energy.
- Material del transmisor: ABS.
- Material de la cinta: 38% poliamida, 29% poliuretano, 20% elastano, 13 poliéster.

Monitor de saturación de oxígeno en sangre

- Modelo: PO3.
- Fabricante: iHealth Lab Inc.
- Sistema de pantalla: LED.
- Fuente de alimentación: batería de litio-ion.
- Clasificación: alimentación interna.
- Longitud de onda máxima: 660nm / 880nm.
- Rango de medición de SpO2: 70 – 99%.
- Media cuadrática de la medición de SpO2:
 - 80% - 99%: $\pm 2\%$.
 - 70% - 79%: $\pm 3\%$.
 - $< 70\%$: sin definir.
- Rango de medición de las pulsaciones: 30 – 250 bpm.
- Exactitud de las pulsaciones:
 - 30 – 99bpm: ± 2 bpm.
 - 100 – 250bpm: $\pm 2\%$.
- Apagado automático: tras 8 segundos de ausencia de indicación.

Anexo B – Formato de Datos iHealth

Datos recibidos: báscula HS3

- startTransmission : Success: Yes, Fail: No.
- hs3UploadDataNum : Memory Number, 0~ 200.
- progress: Memory transmission progress, 0.0~ 1.0.
- memorryData: Record data including weight (kg), measure time, coordinated key: weight, date.
- finishTransmission : Finish memory transmission.
- stableWeight : Stable weight (Kg).
- disposeHS3ErrorBlock : Error code in measurement process.

Datos recibidos: Tensiómetro: BP7

- SYS: Presión sistólica.
- DIA: Presión diastólica.
- Irregular: valoración irregular.
- heartRate: frecuencia cardíaca.

Anexo C – Servicio Bluetooth Heart Rate 0x180D

GATT Requirements

Sub-Procedure	Server Requirement
Write Characteristic Value	Mandatory if the Heart Rate Control Point characteristic is supported, otherwise excluded for this service.
Notifications	Mandatory
Read Characteristic Descriptors	Mandatory
Write Characteristic Descriptors	Mandatory

Tabla 18 - GATT Requiriments Heart Rate Service

Transport Dependencies

Transport	Supported
Classic	false
Low Energy	true

Tabla 17 - Transport dependencies Heart Rate Service

Service Characteristics

Overview	Properties																				
<p>Name: Heart Rate Measurement</p> <p>Description: This characteristic is used to send a heart rate measurement.</p> <p>Type: org.bluetooth.characteristic.heart_rate_measurement</p> <p>Requirement: Mandatory</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Property</th> <th>Requirement</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Read</td> <td>Excluded</td> </tr> <tr> <td>Write</td> <td>Excluded</td> </tr> <tr> <td>WriteWithoutResponse</td> <td>Excluded</td> </tr> <tr> <td>SignedWrite</td> <td>Excluded</td> </tr> <tr> <td>Notify</td> <td>Mandatory</td> </tr> <tr> <td>Indicate</td> <td>Excluded</td> </tr> <tr> <td>WritableAuxiliaries</td> <td>Excluded</td> </tr> <tr> <td>Broadcast</td> <td>Excluded</td> </tr> <tr> <td>ExtendedProperties</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Property	Requirement	Read	Excluded	Write	Excluded	WriteWithoutResponse	Excluded	SignedWrite	Excluded	Notify	Mandatory	Indicate	Excluded	WritableAuxiliaries	Excluded	Broadcast	Excluded	ExtendedProperties	
Property	Requirement																				
Read	Excluded																				
Write	Excluded																				
WriteWithoutResponse	Excluded																				
SignedWrite	Excluded																				
Notify	Mandatory																				
Indicate	Excluded																				
WritableAuxiliaries	Excluded																				
Broadcast	Excluded																				
ExtendedProperties																					

Tabla 16 - Characteristics Heart Rate Service

Anexo D – Presupuestos

1) Ejecución Material

- Compra de ordenador personal (Software incluido)..... 2.000 €
- Compra de Tablet PC iPad 300 €
- Alquiler de impresora láser durante 6 meses 50 €
- Material de oficina 150 €
- Dispositivos médicos 230 €
- Total de ejecución material..... 2.730 €

2) Gastos generales

- 16 % sobre Ejecución Material 437 €

3) Beneficio Industrial

- 6 % sobre Ejecución Material 164 €

4) Honorarios Proyecto

- 700 horas a 15 € / hora 10.500 €

5) Material fungible

- Gastos de impresión 60 €
- Encuadernación 200 €

6) Subtotal del presupuesto

- Subtotal Presupuesto 13.490 €

7) I.V.A. aplicable

- 21% Subtotal Presupuesto 2.833 €

8) Total presupuesto

- Total Presupuesto 16.323 €

Madrid, Septiembre de 2014

El Ingeniero Jefe de Proyecto

Fdo.: Eduardo Vicente Menéndez

Ingeniero de Telecomunicación

Anexo E – Pliego de condiciones

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización, en este proyecto, de un sistema de **Integración de funciones de presentación y control de datos médicos en tablet PC**. En lo que sigue, se supondrá que el proyecto ha sido encargado por una empresa cliente a una empresa consultora con la finalidad de realizar dicho sistema. Dicha empresa ha debido desarrollar una línea de investigación con objeto de elaborar el proyecto. Esta línea de investigación, junto con el posterior desarrollo de los programas está amparada por las condiciones particulares del siguiente pliego.

Supuesto que la utilización industrial de los métodos recogidos en el presente proyecto ha sido decidida por parte de la empresa cliente o de otras, la obra a realizar se regulará por las siguientes:

Condiciones generales

1. La modalidad de contratación será el concurso. La adjudicación se hará, por tanto, a la proposición más favorable sin atender exclusivamente al valor económico, dependiendo de las mayores garantías ofrecidas. La empresa que somete el proyecto a concurso se reserva el derecho a declararlo desierto.

2. El montaje y mecanización completa de los equipos que intervengan será realizado totalmente por la empresa licitadora.

3. En la oferta, se hará constar el precio total por el que se compromete a realizar la obra y el tanto por ciento de baja que supone este precio en relación con un importe límite si este se hubiera fijado.

4. La obra se realizará bajo la dirección técnica de un Ingeniero Superior de Telecomunicación, auxiliado por el número de Ingenieros Técnicos y Programadores que se estime preciso para el desarrollo de la misma.

5. Aparte del Ingeniero Director, el contratista tendrá derecho a contratar al resto del personal, pudiendo ceder esta prerrogativa a favor del Ingeniero Director, quien no estará obligado a aceptarla.

6. El contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, pliego de condiciones y presupuestos. El Ingeniero autor del proyecto autorizará con su firma las copias solicitadas por el contratista después de confrontarlas.

7. Se abonará al contratista la obra que realmente ejecute con sujeción al proyecto que sirvió de base para la contratación, a las modificaciones autorizadas por la superioridad o a las órdenes que con arreglo a sus facultades le hayan comunicado por escrito al Ingeniero Director de obras siempre que dicha obra se haya ajustado a los preceptos de los pliegos de condiciones, con arreglo a los cuales, se harán las modificaciones y la valoración de las diversas unidades sin que el importe total pueda exceder de los presupuestos aprobados. Por consiguiente, el número de unidades que se consignan en el proyecto o en el presupuesto, no podrá servirle de fundamento para entablar reclamaciones de ninguna clase, salvo en los casos de rescisión.

8. Tanto en las certificaciones de obras como en la liquidación final, se abonarán los trabajos realizados por el contratista a los precios de ejecución material que figuran en el presupuesto para cada unidad de la obra.

9. Si excepcionalmente se hubiera ejecutado algún trabajo que no se ajustase a las condiciones de la contrata pero que sin embargo es admisible a juicio del Ingeniero Director de obras, se dará conocimiento a la Dirección, proponiendo a la vez la rebaja de precios que el Ingeniero estime justa y si la Dirección resolviera aceptar la obra, quedará el contratista obligado a conformarse con la rebaja acordada.

10. Cuando se juzgue necesario emplear materiales o ejecutar obras que no figuren en el presupuesto de la contrata, se evaluará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos si los hubiere y cuando no, se discutirán entre el Ingeniero Director y el contratista, sometiéndolos a la aprobación de la Dirección. Los nuevos precios convenidos por uno u otro procedimiento, se sujetarán siempre al establecido en el punto anterior.

11. Cuando el contratista, con autorización del Ingeniero Director de obras, emplee materiales de calidad más elevada o de mayores dimensiones de lo estipulado en el proyecto, o sustituya una clase de fabricación por otra que tenga asignado mayor precio o ejecute con mayores dimensiones cualquier otra parte de las obras, o en general, introduzca en ellas cualquier modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero Director de obras, no tendrá derecho sin embargo, sino a lo que le correspondería si hubiera realizado la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.

12. Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por partida alzada en el presupuesto final (general), no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los proyectos particulares que para ellas se formen, o en su defecto, por lo que resulte de su medición final.

13. El contratista queda obligado a abonar al Ingeniero autor del proyecto y director de obras así como a los Ingenieros Técnicos, el importe de sus respectivos honorarios facultativos por formación del proyecto, dirección técnica y administración en su caso, con arreglo a las tarifas y honorarios vigentes.

14. Concluida la ejecución de la obra, será reconocida por el Ingeniero Director que a tal efecto designe la empresa.

15. La garantía definitiva será del 4% del presupuesto y la provisional del 2%.

16. La forma de pago será por certificaciones mensuales de la obra ejecutada, de acuerdo con los precios del presupuesto, deducida la baja si la hubiera.

17. La fecha de comienzo de las obras será a partir de los 15 días naturales del replanteo oficial de las mismas y la definitiva, al año de haber ejecutado la provisional, procediéndose si no existe reclamación alguna, a la reclamación de la fianza.

18. Si el contratista al efectuar el replanteo, observase algún error en el proyecto, deberá comunicarlo en el plazo de quince días al Ingeniero Director de obras, pues transcurrido ese plazo será responsable de la exactitud del proyecto.

19. El contratista está obligado a designar una persona responsable que se entenderá con el Ingeniero Director de obras, o con el delegado que éste designe, para todo relacionado con ella. Al ser el Ingeniero Director de obras el que interpreta el proyecto, el contratista deberá consultarle cualquier duda que surja en su realización.

20. Durante la realización de la obra, se girarán visitas de inspección por personal facultativo de la empresa cliente, para hacer las comprobaciones que se crean oportunas. Es obligación del contratista, la conservación de la obra ya ejecutada hasta la recepción de la misma, por lo que el deterioro parcial o total de ella, aunque sea por agentes atmosféricos u otras causas, deberá ser reparado o reconstruido por su cuenta.

21. El contratista, deberá realizar la obra en el plazo mencionado a partir de la fecha del contrato, incurriendo en multa, por retraso de la ejecución siempre que éste no sea debido a causas de fuerza mayor. A la terminación de la obra, se hará una recepción provisional previo reconocimiento y examen por la dirección técnica, el depositario de efectos, el interventor y el jefe de servicio o un representante, estampando su conformidad el contratista.

22. Hecha la recepción provisional, se certificará al contratista el resto de la obra, reservándose la administración el importe de los gastos de conservación de la misma hasta su recepción definitiva y la fianza durante el tiempo señalado como plazo de garantía. La recepción definitiva se hará en las mismas condiciones que la provisional, extendiéndose el acta correspondiente. El Director Técnico propondrá a la Junta Económica la devolución de la fianza al contratista de acuerdo con las condiciones económicas legales establecidas.

23. Las tarifas para la determinación de honorarios, reguladas por orden de la Presidencia del Gobierno el 19 de Octubre de 1961, se aplicarán sobre el denominado en la actualidad "Presupuesto de Ejecución de Contrata" y anteriormente llamado "Presupuesto de Ejecución Material" que hoy designa otro concepto.

Condiciones particulares

La empresa consultora, que ha desarrollado el presente proyecto, lo entregará a la empresa cliente bajo las condiciones generales ya formuladas, debiendo añadirse las siguientes condiciones particulares:

1. La propiedad intelectual de los procesos descritos y analizados en el presente trabajo, pertenece por entero a la empresa consultora representada por el Ingeniero Director del Proyecto.

2. La empresa consultora se reserva el derecho a la utilización total o parcial de los resultados de la investigación realizada para desarrollar el siguiente proyecto, bien para su publicación o bien para su uso en trabajos o proyectos posteriores, para la misma empresa cliente o para otra.

3. Cualquier tipo de reproducción aparte de las reseñadas en las condiciones generales, bien sea para uso particular de la empresa cliente, o para cualquier otra aplicación, contará con autorización expresa y por escrito del Ingeniero Director del Proyecto, que actuará en representación de la empresa consultora.

4. En la autorización se ha de hacer constar la aplicación a que se destinan sus reproducciones así como su cantidad.

5. En todas las reproducciones se indicará su procedencia, explicitando el nombre del proyecto, nombre del Ingeniero Director y de la empresa consultora.

6. Si el proyecto pasa la etapa de desarrollo, cualquier modificación que se realice sobre él, deberá ser notificada al Ingeniero Director del Proyecto y a criterio de éste, la empresa consultora decidirá aceptar o no la modificación propuesta.

7. Si la modificación se acepta, la empresa consultora se hará responsable al mismo nivel que el proyecto inicial del que resulta el añadirla.

8. Si la modificación no es aceptada, por el contrario, la empresa consultora declinará toda responsabilidad que se derive de la aplicación o influencia de la misma.

9. Si la empresa cliente decide desarrollar industrialmente uno o varios productos en los que resulte parcial o totalmente aplicable el estudio de este proyecto, deberá comunicarlo a la empresa consultora.

10. La empresa consultora no se responsabiliza de los efectos laterales que se puedan producir en el momento en que se utilice la herramienta objeto del presente proyecto para la realización de otras aplicaciones.

11. La empresa consultora tendrá prioridad respecto a otras en la elaboración de los proyectos auxiliares que fuese necesario desarrollar para dicha aplicación industrial, siempre que no haga explícita renuncia a este hecho. En este caso, deberá autorizar expresamente los proyectos presentados por otros.

12. El Ingeniero Director del presente proyecto, será el responsable de la dirección de la aplicación industrial siempre que la empresa consultora lo estime oportuno. En caso contrario, la persona designada deberá contar con la autorización del mismo, quien delegará en él las responsabilidades que ostente.