

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL INFORMATICA



**“APLICACIÓN MÓVIL PARA EL CONTROL Y
MONITOREO DE EVENTOS CLÍNICOS EN
ENFERMOS CARDIOVASCULARES”**

Roberto Andrés Muñoz Flores

Informe de Proyecto de Título para optar al Título de Ingeniero Civil
Informático

Profesor Guía

Dra. Emma Chávez

Concepción, Diciembre de 2015

Resumen

En Chile, las enfermedades cardiovasculares constituyen la primera causa de muerte con un 30% del total de fallecidos, siendo la tercera causa de invalidez.

La medicina ha buscado por medio de la tecnología enfrentar este problema utilizando sistemas que permitan controlar y monitorear enfermos cardiovasculares, es así como este proyecto contribuye con una aplicación, aprovechando la masificación del uso de teléfonos inteligentes, que permite apoyar el control y monitoreo de enfermos cardiovasculares mediante una aplicación móvil.

La herramienta desarrollada permite el monitoreo de la presión arterial luego de registrar los valores obtenidos en un tensiómetro. En la aplicación se ha programado un agente de software que es capaz de tomar decisiones frente a las presiones registradas, y que de acuerdo a los criterios y parámetros establecidos por un médico especialista, entrega recomendaciones al paciente o bien genera una alarma en caso de que los parámetros se encuentren fuera de límites normales. La alarma envía un informe vía SMS al especialista y/o tutor responsable del paciente.

El presente proyecto se enmarca en un set de aplicaciones móviles que contribuyen al autocuidado de enfermedades crónicas cardiovasculares aportando con un sistema para el control y monitoreo de pacientes hipertensos.

Abstract

In Chile, cardiovascular diseases are the leading cause of death being third among others diseases

The e-health area has pursued through the use of technology confront this problem offering a set of tools for controlling and monitoring different diseases such as cardiovascular disease. The massification of smartphones makes this possible by providing a device in which mechanisms to support the monitoring, mobile apps for example, can be used.

In this Project a tool trough a mobile application was developed. The mobile app has been programmed using a software agent who will react given the data entry by the user. The data that the agent looks after is the parameters of blood pressure. If the pressure is under normal limits or even better than thought the agent will send positive feedback to the user. On the contrary if the agent receives parameters that are outside normal limits an alarm, transparent to the user, will be generated.

Dedicatoria

Dedico este proyecto de título a mi hija Trinidad y mi esposa Katherine por su incondicional apoyo en el transcurso de mi carrera estudiantil, por el amor que me han entregado, el cual se ha convertido en la principal motivación para seguir adelante. A mi padre Teodoro por su sabiduría, incondicional apoyo y confianza en mí. Agradezco su comprensión, ya que él ha sido quien realmente me ha entendido en este proceso. A mi madre Miriam por su esfuerzo silente, incondicional y absoluto que marcará para siempre mi vida, por el amor que siempre me ha brindado. A mi hermana Alejandra y sobrina Javiera quienes me han acompañado en este desafío y me han entregado ese amor que siempre llevo en mi corazón. También agradecer a cada uno de mis profesores por brindarme su apoyo, tiempo y conocimientos que ha sido fundamental para mi formación como profesional.

Índice General

1. Introducción	1
1.1. Presentación del Tema.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Justificación del Problema.....	2
1.4. Delimitación del Problema.....	3
1.5. Metodología.....	3
2. Marco Teórico	5
2.1. Agente de Software.....	5
2.2. Tipos de Agentes.....	5
2.2.1. Agentes reactivos.....	5
2.2.2. Agentes basados en objetivos.....	8
2.2.3. Agentes basados en utilidad.....	9
2.2.4. Agentes que aprenden.....	10
2.2.5. Agentes de colaboración.....	10
2.2.6. Agentes móviles.....	11
2.2.7. Agentes híbridos.....	12
2.2.8. Agentes inteligentes.....	13
2.3. FIPA.....	14
2.4. JADE: Agente de desarrollo de Java.....	14
2.5. Sistemas Multi-Agente (MAS).....	15
2.6. Dispositivos móviles inteligentes.....	16
2.7. Signos vitales.....	16
2.7.1. Presión arterial.....	16
2.7.2. Pulso.....	17
2.7.3. Talla y peso.....	18

2.8. Hipertensión arterial.....	18
3. Estado del Arte	20
3.1. Agentes de software en la medicina.....	20
3.2. Agentes de software en dispositivos móviles.....	23
3.3. Monitoreo de pacientes con enfermedades cardiovasculares.....	24
3.4. Sistema de telesalud.....	25
3.5. Medida de reacción frente a eventos clínicos cardiovasculares.....	30
3.6. Conclusión del estado del arte.....	32
4. Especificación de Requisitos	35
4.1. Introducción.....	35
4.1.1. Propósito.....	35
4.1.2. Ámbito del Sistema.....	35
4.2. Definiciones, acrónimos y abreviaturas.....	36
4.3. Descripción general.....	36
4.3.1. Características de los usuarios.....	36
4.3.2. Restricciones.....	36
4.4. Requisitos específicos.....	37
4.4.1. Funcionalidades.....	37
5. Arquitectura y Diseño	41
5.1. Diagrama de actividad.....	41
5.2. Diagrama de componente.....	42
5.3. Interfaz de usuario.....	43
5.4. Diccionario de datos.....	50
5.5. Modelo relacional.....	53
6. Implementación	54
6.1. Agente.....	54
6.2. Ajuste de monitoreo.....	56
6.3. Reglas de decisión.....	62

7. Pruebas	65
7.1.Pruebas de usabilidad.....	65
7.2.Resultados de pruebas de usabilidad.....	66
7.3.Pruebas funcionales del software.....	67
7.4.Resultados de pruebas funcionales.....	69
8. Conclusión y Recomendaciones	70
Bibliografía	73
Anexos	75
Manual de usuario.....	75
Pruebas de usabilidad.....	87

Índice de Figuras

Capítulo 2

2.1.	Esquema de agente simple.....	5
2.2.	Diagrama esquemático de un agente reactivo simple.....	6
2.3.	Diagrama esquemático de un agente reactivo basado en modelos.....	7
2.4.	Esquema de un agente basado en objetivos.....	8
2.5.	Esquema agente basado en utilidad.....	9
2.6.	Modelo general para agentes que aprenden.....	10
2.7.	Esquema de un agente colaborativo.....	11
2.8.	Esquema de agentes móviles con comunicación en una red de área global (WAN).....	12
2.9.	Esquema de arquitectura para un agente híbrido.....	13

Capítulo 3

3.1.	Arquitectura de sistema solución e-Cardiac.....	29
------	---	----

Capítulo 5

5.1.	Diagrama de actividad del sistema.....	41
5.2.	Diagrama de componente del sistema.....	42
5.3.	Wireframe inicio.....	43
5.4.	Wireframe especialista.....	44
5.5.	Wireframe configuración alarma.....	45
5.6.	Wireframe configuración de control.....	46
5.7.	Wireframe configuración del especialista.....	47
5.8.	Wireframe configuración del paciente.....	48
5.9.	Wireframe cuestionario.....	49
5.10	Wireframe fin del tratamiento.....	50
5.11	Modelo relacional de la aplicación.....	53

Capítulo 6

6.1.	Diagrama de flujo del agente.....	55
------	-----------------------------------	----

Anexo

A1.	Mensaje de bienvenida.....	75
A2.	Configuración del paciente.....	76
A3.	Interfaz especialista.....	77
A4.	Configuración del especialista.....	78
A5.	Configuración de alarma.....	79
A6.	Configuración control del paciente.....	80
A7.	Pantalla inicial.....	81
A8.	Advertencia de alarma.....	82
A9.	Cuestionario.....	83
A10	Aviso de control terminado.....	84
A11	Grafica de presión arterial sistólica.....	85
A12	Grafica de presión arterial diastólica.....	85
A13	Correo electrónico enviado al especialista.....	86
A14	Fin del tratamiento.....	86

Índice de Tablas

Capítulo 2

2.1. Clasificación para presión arterial.....	19
---	----

Capítulo 3

3.1. Comparación de sistemas Villalba y CYMEC.....	32
3.2. Comparación de sistemas Rubel y CYMEC.....	33
3.3. Comparación de sistemas E-Cardiac y CYMEC.....	34

Capítulo 4

4.1. Acrónimos y abreviaciones.....	36
-------------------------------------	----

Capítulo 5

5.1. Diccionario de datos de la tabla doctor.....	50
5.2. Diccionario de datos de la tabla presión.....	51
5.3. Diccionario de datos de la tabla parámetros.....	51
5.4. Diccionario de datos de la tabla paciente.....	52
5.5. Diccionario de datos de la tabla alarma.....	52

Capítulo 7

7.1 Cuestionario de usabilidad System Usability Scale (SUS).....	65
7.2 Promedio de los cuestionarios de usabilidad System Usability Scale (SUS)	66
7.3 Ingreso de presiones arteriales	67
7.4 Configuración de control.....	67
7.5 Configuración de la alarma.....	68
7.6 Pruebas de requerimientos.....	69
7.7 Resultados de las pruebas de requerimientos.....	69

Anexo

A1. Resultado 1 del cuestionario de usabilidad System Usability Scale (SUS)	87
A2. Resultado 2 del cuestionario de usabilidad System Usability Scale (SUS)	88
A3. Resultado 3 del cuestionario de usabilidad System Usability Scale (SUS)	89
A4. Resultado 4 del cuestionario de usabilidad System Usability Scale (SUS)	90
A5. Resultado 5 del cuestionario de usabilidad System Usability Scale (SUS)	91

Abreviaciones

ABREVIACIONES	
RCV	Riesgo cardiovascular
IMC	Índice de masa muscular
PA	Presión arterial
HTA	Hipertensión arterial
MAS	Sistemas Multi-Agentes
JADE	Java agent development framework
UML	Lenguaje de modelado unificado
FIPA	Foundation for intelligent physical agents

Capítulo 1

Introducción

1.1. Presentación del tema

En el presente proyecto de título se describe el desarrollo de una aplicación móvil, la cual contiene un agente de software que reacciona ante eventos inusuales relativos al control de la hipertensión arterial esencial. Esta aplicación está desarrollada para dispositivos móviles inteligentes, compatibles con sistema operativo android y orientado a usuarios tales como enfermos cardiovasculares que necesiten un control y monitoreo constante de su presión arterial.

Mediante el uso de un tensiómetro el usuario/paciente medirá su presión arterial, estos datos serán ingresados en la aplicación móvil para controlar su presión diastólica y sistólica. La aplicación móvil despertará a un agente de software que tomará decisiones frente a las presiones diastólicas y sistólicas registradas. Si el paciente presenta una presión arterial inusual, este agente emitirá una alarma vía SMS al especialista o tutor que esté registrado como parte del sistema. Si la presión arterial se mantiene dentro de los parámetros establecidos como normales por el especialista, en el control del paciente se visualizarán mensajes de felicitaciones o recomendaciones según corresponda.

Las medidas anteriormente mencionadas permitirán apoyar el control de enfermedades cardiovasculares crónicas e inminentes catástrofes cardiovasculares. Utilizando los dispositivos móviles a través de un sistema inteligente se provee de un mecanismo de control de la presión arterial de manera ambulatoria y que de acuerdo a los datos obtenidos alerta al especialista ante eventos adversos para el paciente.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil que permita el control y monitoreo de la presión arterial en pacientes cardiovasculares.

1.2.2. Objetivo Específicos

1. Estudiar la información asociada al control de enfermedades cardiovasculares.
2. Identificar los criterios de decisión para la generación de acciones en el control de la presión arterial.
3. Construir un prototipo funcional que reaccione frente a los parámetros y valores ingresados de presión arterial.
4. Validar el prototipo desarrollado.

1.3. Justificación del Problema

En Chile, el Ministerio de Salud indica que las enfermedades cardiovasculares constituyen la primera causa de muerte en el país, con un 30% del total de fallecidos y siendo la tercera causa de invalidez. Esto compromete a la sociedad en la búsqueda de soluciones y apoyo al control de enfermedades cardiovasculares crónicas.

La masividad que presentan los dispositivos móviles inteligentes hoy en día es muy alta, y es reflejada en el estudio realizado por el Pew Research Center nos indica que el 91% de la población nacional posee un teléfono celular, de los cuales un 39% corresponde a un dispositivo móvil inteligente (Wike, 2014).

Aprovechar por tanto el uso masivo de dispositivos móviles inteligentes, junto con las características y recursos que estos proporcionan, permite crear y promover una solución

orientada al apoyo del control de eventos clínicos y potenciar el auto cuidado de los pacientes.

El presente proyecto de título pretende utilizar los recursos y características que proporcionan los dispositivos móviles inteligentes, con el fin de construir un agente de software que reaccione ante eventos inusuales relativos al control de la hipertensión arterial esencial. Aprovechar estos recursos debiese permitir un control ambulatorio más oportuno.

1.4. Delimitación del Problema

El proyecto se enmarca en el desarrollo de una aplicación móvil compatible con sistemas operativos android y que opera en teléfonos móviles inteligentes.

El software está diseñado para usuarios adultos, principalmente enfermos crónicos cardiovasculares (hipertensos esenciales) que necesiten un monitoreo continuo de su presión arterial.

La aplicación envía una alarma mediante un SMS por lo cual se requiere tener disponibilidad de envío para SMS y los costos de estos serán asumidos por el usuario.

1.5. Metodología

1. Por medio de una revisión bibliográfica se procurará documentar los conceptos básicos y esenciales que enmarcan este proyecto de título, junto con el análisis de publicaciones contribuyentes al tema desarrollado. Se revisarán artículos relevantes en el área extraídos de: IEEE, ACM, Sciencedirect y Google scholar.
2. Por medio de entrevistas con cardiólogos se establecieron parámetros para el control del paciente y generación de alarma.
3. Para el desarrollo se utilizó una metodología incremental, lo que permitió prever errores o desviaciones en los objetivos del proyecto.

4. Dentro de cada iteración se realizaron test que evaluaron el funcionamiento del sistema, al terminar el desarrollo del sistema se realizaron nuevas pruebas para evaluar las funcionalidades definidas y su correcto uso.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. Agente de software

Si bien no existe una definición universal para definir un agente de software, el concepto que más se acerca al proyecto es, “software independiente, capaz de percibir su medioambiente con la ayuda de sensores y actuar en ese medio utilizando actuadores” (Norvig, 2004). En la figura 2.1 se puede apreciar un esquema de un agente básico interactuando con el medio ambiente.

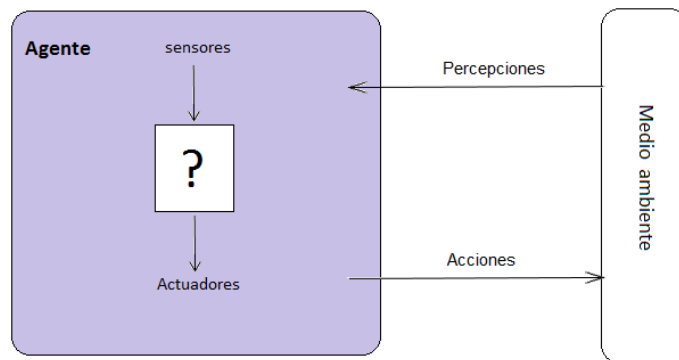


Figura 2.1: Esquema de agente simple (Anumba, Ugwu, & Ren, 2005).

La comunidad investigadora ha podido distinguir características esenciales de un agente de software, dentro de las cuales es relevante destacar las siguientes (Martinez Barrera, 2001).

- **Autonomía:** Los agentes operan y funcionan de acuerdo a sus propios planes, no necesitan seguir un orden en la ejecución del plan dado por su propietario, ni tampoco necesitan pedirle confirmación al mismo para ejecutar cada tarea.

- **Reactividad:** Perciben el entorno en el que están inmersos y responde de manera oportuna a cambios que tienen lugar en él (para actuar adecuadamente un agente debe poder conocer en todo momento el “mundo que lo rodea”).
- **Iniciativa:** Los agentes poseen un carácter emprendedor y toman la iniciativa para actuar. Esto guiado por los objetivos que debe satisfacer. En cada momento el agente decide que acción llevar a cabo y no solo actúa en función de los estímulos que percibe si no que realiza acciones como resultado de sus decisiones.
- **Sociabilidad:** Es la capacidad de interactuar con otros agentes (incluso humanos) utilizando alguna clase de lenguaje de comunicación de agentes. Los agentes colaboran entre sí, para la ejecución de tareas.

2.2. Tipos de agentes

Los agentes de software son requeridos para múltiples necesidades y objetivos, a continuación se presenta la clasificación definida por Norvig (Norvig, 2004).

2.2.1. Agentes Reactivos:

- **Agente reactivo simple:** Estos agentes seleccionan las acciones sobre la base de las percepciones actuales, ignorando el resto de las percepciones históricas. En la figura 2.2 se puede apreciar un diagrama de un agente reactivo simple.

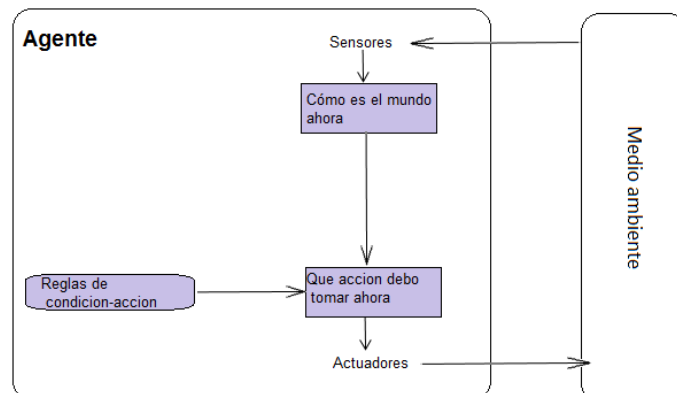


Figura 2.2: Diagrama esquemático de un agente reactivo simple (Norvig, 2004).

- Agente reactivo basado en modelos:** La forma más efectiva que tienen los agentes de manejar la visibilidad parcial es almacenar información de las partes del mundo que no pueden ver. O lo que es lo mismo, el agente debe mantener algún tipo de estado interno que dependa de la historia percibida y que de ese modo refleje por lo menos algunos de los aspectos no observables del estado actual. La actualización de la información de estado interno según transcurre el tiempo, requiere codificar dos tipos de conocimiento en el programa del agente. Primero, se necesita alguna información acerca de cómo evoluciona el mundo independiente del agente. Segundo, se necesita más información sobre cómo afectan al mundo las acciones del agente. Se necesita alguna información acerca de cómo evoluciona el mundo independientemente del agente. Este conocimiento acerca de cómo funciona el mundo, tanto si está implementado con circuito booleano simple o teorías científicas completas, se denomina modelo del mundo. Un agente que utilice este modelo es un agente basado en modelos. En la figura 2.3 se puede apreciar un esquema de un agente reactivo basado en modelos.

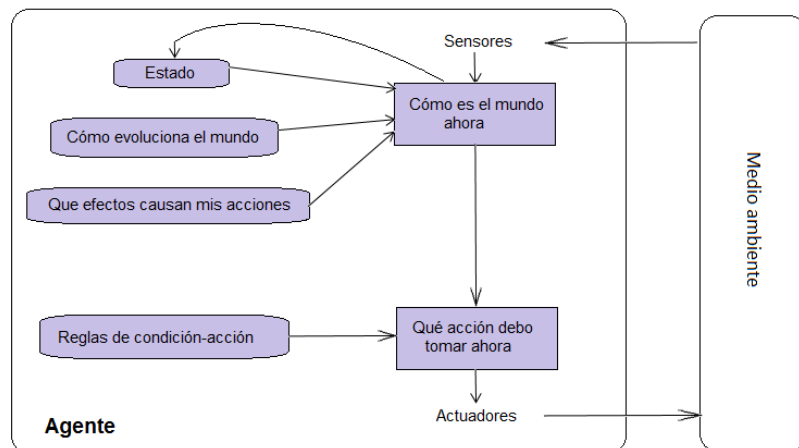


Figura 2.3: Esquema de un agente reactivo basado en modelos (Norvig, 2004).

2.2.2. Agentes basados en objetivos

El conocimiento sobre el estado actual del mundo no es siempre suficiente para decidir qué hacer. Además de la descripción del estado actual, el agente necesita algún tipo de información sobre su meta que describa las situaciones que son deseables. El programa del agente se puede combinar con información sobre los resultados de las acciones posibles, para elegir las acciones que permita alcanzar el objetivo.

En algunas ocasiones la selección de acciones basadas en objetivos es directa, cuando alcanzar los objetivos es el resultado inmediato de una acción individual. En otras ocasiones puede ser más complicado, cuando el agente tiene que considerar secuencias complejas para encontrar el camino que le permita alcanzar el objetivo (Norvig, 2004). En la figura 2.4 es posible apreciar un esquema de un agente basado en objetivos.

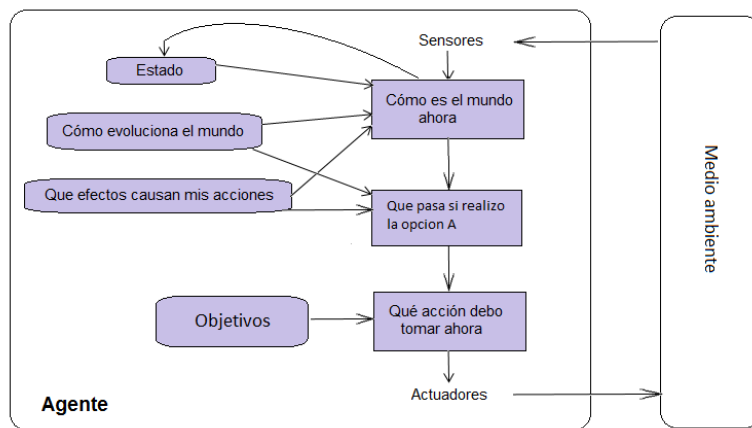


Figura 2.4: Esquema de un agente basado en objetivos (Norvig, 2004).

2.2.3. Agentes basados en utilidad

Las metas por si solas no son realmente suficientes para generar comportamiento de calidad en la mayoría de los entornos. Las metas solo proporcionan una cruda distinción binaria entre estados de “felicidad” y “tristeza”, mientras que una medida de eficiencia más general debería permitir una comparación entre estados del mundo diferentes de acuerdo al nivel exacto de felicidad que el agente alcance cuando llegue a un estado u otro. Como el término “felicidad” no suena muy científico, la terminología tradicional utilizada en estos casos para indicar que se prefiere un estado del mundo, ya que un estado tiene más “utilidad” que otro para el agente. Una función de utilidad proyecta un estado (o una secuencia de estados) en un número real, que representa un nivel de felicidad.

La definición completa de una función de utilidad permite tomar decisiones racionales en dos tipos de casos en los que las metas son inadecuadas. Primero, cuando existan objetivos conflictivos, y solo se puedan alcanzar algunos de ellos, la función de utilidad determinará el equilibrio adecuado. Segundo, cuando existan varios objetivos por lo que se pueda guiar al agente, y ninguno de ellos pueda alcanzar con certeza, la utilidad proporciona un mecanismo para ponderar la probabilidad de éxito en función de la importancia de los objetivos (Norvig, 2004). En la figura 2.5 se puede apreciar un esquema basado en utilidad.

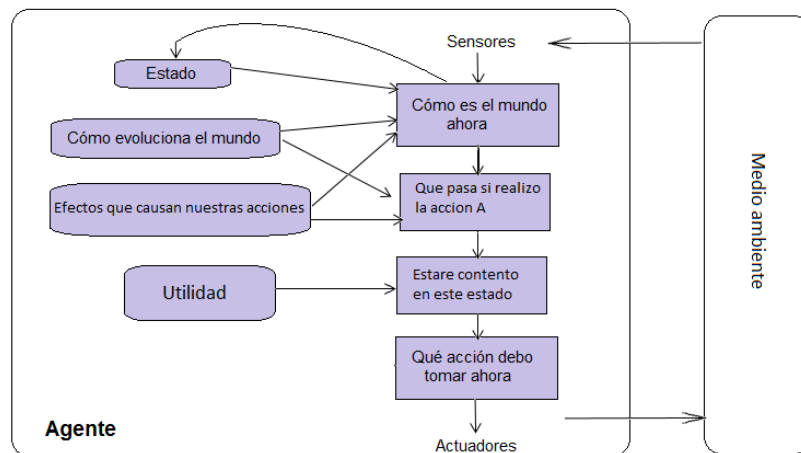


Figura 2.5: Esquema agente basado en utilidad (Norvig, 2004).

2.2.4. Agentes que aprenden

Un agente que aprende se puede dividir en cuatro componentes conceptuales. La distinción más importante entre el “elemento de aprendizaje” y el “elemento de actuación” es que el primero está responsabilizado de hacer mejoras y el segundo se responsabiliza de la selección de acciones externas. El elemento de actuación es lo que anteriormente se había considerado como el agente completo: recibe estímulos y determina las acciones a realizar.

El elemento de aprendizaje se realimenta con las críticas sobre la actuación del agente (Ver Figura 2.6), y determina como se debe modificar el elemento de actuación para proporcionar mejores resultados en el futuro (Norvig, 2004).

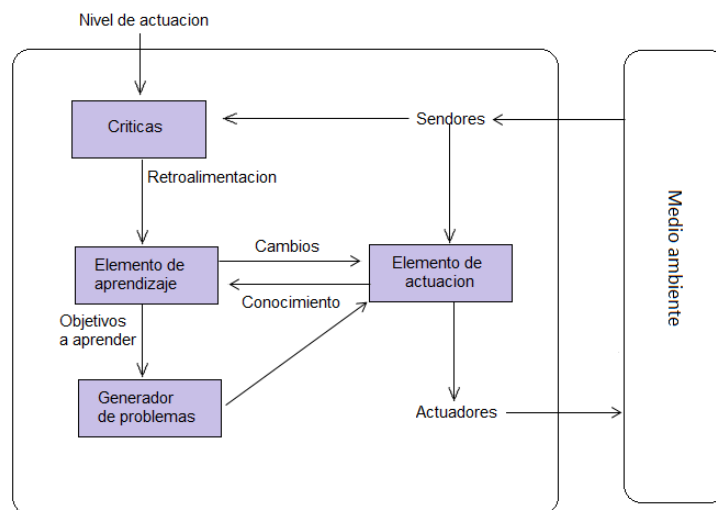


Figura 2.6: Modelo general para agentes que aprenden (Norvig, 2004).

2.2.5. Agentes de colaboración

Los agentes de colaboración enfatizan la autonomía y la cooperación con otros agentes, con el fin de realizar tareas para sus propietarios. Estos agentes pueden aprender, pero típicamente tienen un mayor énfasis en su operación. Un conjunto coordinado de agentes de colaboración puede negociar para llegar mutuamente a sus objetivos y la mayor parte del trabajo lo hace en forma de cadena. También a estos agentes se les atribuyen nociones de

deseos como las creencias. Deseos e intenciones, produciendo agentes colaborativos de tipo BDI (Belief, Desire, Intention). Por lo tanto, la clase de los agentes colaborativos pueden en sí ser percibidos como una comunidad amplia (Nwana, 1996). En la figura 2.7 es posible apreciar un esquema de agente colaborativo.

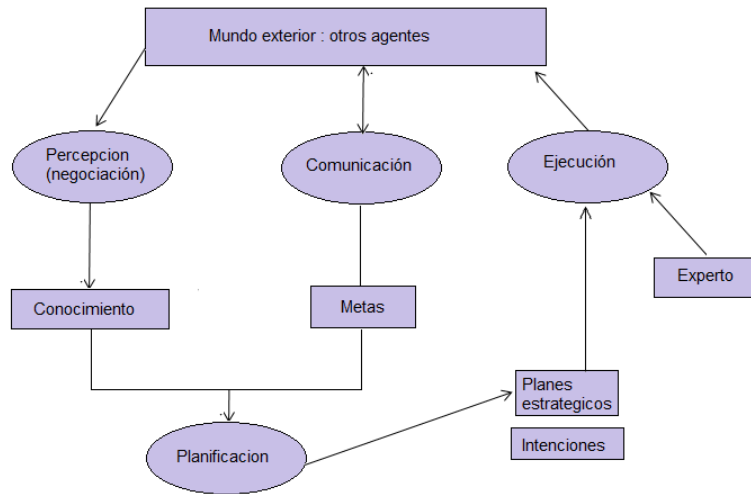


Figura 2.7: Esquema de un agente colaborativo.

2.2.6. Agentes móviles

Los agentes móviles son procesos de software computacionales capaces de realizar itinerancia en redes área de global (WAN), como la WWW, recopilando información y volviendo a casa después de haber realizado los deberes establecidos por el usuario. Sin embargo, la movilidad no es una condición necesaria para un agente móvil. Los agentes móviles se caracterizan por ser autómatas y cooperan entre sí, aunque de manera diferente a como lo hacen los agentes colaborativos. Por ejemplo, pueden cooperar o comunicar la ubicación de algunos de sus objetivos y métodos conocidos por otros agentes internos. (Nwana, 1996b). En la figura 2.8 es posible apreciar un esquema de agentes móviles.

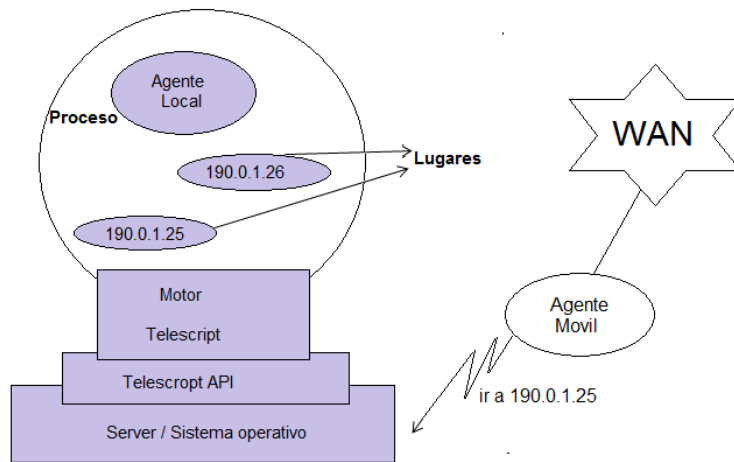


Figura 2.8: Esquema de agentes móviles con comunicación en una red de área global (WAN).

2.2.7. Agentes híbridos

Son aquellos cuya constitución es una combinación de dos o más filosofías de agentes dentro de un agente singular. La hipótesis clave para tener agentes híbridos es la creencia de que los beneficios de tener una combinación de filosofía dentro de un agente singular es mayor que los beneficios de la filosofía de tener un agente en particular. De lo contrario tener un agente híbrido no tendría sentido (Nwana, 1996c). En la figura 2.9 es posible apreciar un esquema de un agente híbrido.

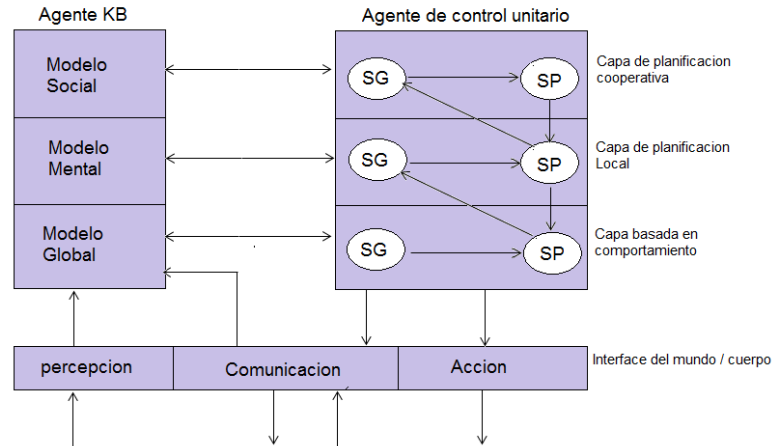


Figura 2.9: Esquema de arquitectura para un agente híbrido.

2.2.8. Agentes inteligentes

Un agente racional es aquel que hace lo correcto. Se puede decir que lo correcto es aquello que permite al agente obtener un mejor resultado. Por lo tanto, se necesita determinar una forma de medir el éxito. Ello, junto a la descripción del entorno, de los sensores y actuadores del agente, proporcionara una especificación completa de la tarea que desempeña el agente (Norvig, 2004).

Un agente inteligente es un sistema autónomo, situado dentro de un medio ambiente. Este agente tiene la capacidad de detectar su entorno y aprender de él con la obtención de nuevos datos, para finalmente actuar a favor de su propia agenda y así para lograr sus objetivos.

Los agentes inteligentes posiblemente trabajan como un componente de un sistema mayor, tratando de llegar a un comportamiento inteligente utilizando métodos avanzados de razonamiento. Muchos de los agentes complejos son capaces de aprender y adaptarse. Tienen una especie de repositorio de conocimiento, lo que ayuda a entender la situación y tomar medidas (Anumba, Ugwu, & Ren, 2005).

2.3. FIPA

Foundation for Intelligent Physical Agents, es una organización de estándares IEEE que promueve la tecnología basada en agentes y la interoperabilidad de sus normas con las otras tecnologías. FIPA, organizaciones de estándares para los agentes y sistemas Multi-Agente fue aceptado oficialmente por la IEEE en su comité de estándares XI el 8 de junio de 2005.

FIPA fue originalmente formado como una organización con sede en Suiza para producir especificaciones de los estándares de software para agentes heterogéneos entre otros (Huget, 2014).

El propósito de FIPA es proporcionar estándares para el desarrollo de agentes de software lo que permite mejorar la interacción entre estos, entre los estándares destacan: administración de agentes y lenguaje de comunicación entre agentes.

2.4. JADE: Agente de desarrollo Java

JADE es una plataforma de código abierto para aplicaciones de agentes basados en arquitectura de comunicación peer-to-peer. Esta plataforma cumple con todas las especificaciones FIPA. Contiene un conjunto de herramientas gráficas que permiten un fácil y eficiente desarrollo.

Existen muchas versiones de JADE que permiten la comunicación de agentes y sistemas Multi-Agente en distintos sistemas operativos. Dado que JADE está basado en Java, es posible desarrollar en variados entornos de este, como lo es android, entre otros. JADE es el entorno de desarrollo más popular de código abierto para sistemas Multi-Agente interoperables y es el núcleo de WADE (flujos de trabajo y los agentes de desarrollo para el medio ambiente).

JADE fue diseñado originalmente para abordar una amplia clase de dispositivos que van desde servidores hasta teléfonos móviles. Con el fin de abordar adecuadamente la memoria y las limitaciones de procesamientos de los dispositivos móviles, junto con las

características de las redes inalámbricas en términos de ancho de banda, latencia, conectividad intermitente, entre otras. La arquitectura de JADE es completamente modular y mediante la activación de módulos específicos es posible satisfacer los problemas de conectividad, memoria y procesamiento antes mencionados (Caire, Gotta, & Bergenti, 2014).

2.5. Sistemas Multi-Agente (MAS)

Desde fines de 1980, se han desarrollado un sin números de sistemas en el que varios agentes trabajan juntos para hacer realidad los objetivos del sistema. La infraestructura para la coordinación indirecta tiene un papel central pues permite a los agentes compartir información y coordinar su comportamiento (Weyns, 1998).

El concepto de inteligencia artificial distribuida (DAI), representa una nueva forma de analizar, diseñar e implementar un sistema de software complejo. En la DAI los agentes actúan colectivamente como sociedad y colaboran para alcanzar sus propios objetivos individuales, así como el objetivo común de la sociedad a la que pertenecen.

Los sistemas Multi-Agente (MAS) emanan del campo tradicional de la DAI, en los que no existe un control central. Los agentes a menudo cooperan con el propósito de alcanzar sus objetivos individuales, en lugar de resolver un problema común. Estos sistemas son adecuados para los dominios que involucran interacciones entre diferentes entidades u organizaciones con distintos objetivos (posiblemente en conflicto) y propiedad de la información (Anumba, et al., 2005).

Los sistemas Multi-Agente (MAS), son sistemas computacionales en la que agentes autónomos interactúan con el fin de resolver un problema dado. Este problema por lo general va más allá de las capacidades individuales de los agentes, debiendo potenciar la capacidad de comunicarse, cooperar, coordinar y negociar entre sí.

2.6. Dispositivos móviles inteligentes

El teléfono inteligente juega un papel importante en la vida de muchas personas hoy en día. Un pequeño dispositivo portátil es capaz de realizar muchas de las funciones que realiza una computadora personal. Es ampliamente utilizado para el intercambio de mensajes, conexión con otros dispositivos, ver información mediante la navegación en internet, tiendas virtuales, entre otros. Se define el Smartphone como un dispositivo compatible con nosotros, en el que se realizan funciones de tipo informático, tales como, enviar y recibir correos electrónicos, escribir, tomar fotografías, entre otros (Chia-ju & Hao-Yun, 2014).

2.7. Signos vitales

Los signos vitales son mediciones de las funciones más básicas del cuerpo. Los signos vitales principales que los médicos y los profesionales de salud examinan de forma rutinaria son el pulso, la temperatura corporal, la respiración y la presión arterial (Dunque Ramirez, 2006).

2.7.1. Presión arterial

La sangre se encuentra en las arterias a una cierta presión, valor que se denomina presión arterial. La presión de la sangre en el sistema arterial se debe, en una parte, al impulso ventricular, y en la otra, a la resistencia que ofrecen las arterias en la periferia.

La presión de la sangre en las arterias no es un valor fijo, permanentemente oscila entre un valor máximo y un valor mínimo. La presión máxima, llamada más propiamente sistólica, se debe a la entrada de sangre al árbol arterial durante la sístole ventricular. Entre estos dos valores ha sido individualizada una presión media o presión media dinámica, la

cual ha sido identificada como la tensión arterial media que es igual a dos tercios de la presión diastólica más un tercio de la presión sistólica, su valor aproximado es de 93mmHg.

La diferencia entre la presión máxima y la mínima se llama presión diferencial o presión de pulso y su valor normal es de 40mmHg (Dunque Ramirez, 2006).

2.7.2. Pulso

Representa la onda de sangre originada por la sístole ventricular que es impulsada a lo largo de las arterias. Las características generales del pulso son: frecuencia, ritmo, intensidad, tensión o dureza, simetría y amplitud. Se reconocen palpando una arteria superficial contra un plano resistente. La arteria habitualmente utilizada es la arteria radial en la muñeca. Pero puede tomarse además en otras arterias periféricas.

La frecuencia del pulso se toma con un reloj con segundero durante el minuto completo contando el número de pulsaciones, cuando el ritmo es regular. En caso contrario, cuando es irregular, debe tomarse durante varios minutos.

La frecuencia del pulso desde el nacimiento hasta los 2 años de edad es de 120 a 150 pulsaciones por minuto. En los mayores de 15 años es de 60 a 100 pulsaciones por minuto, con un promedio de 80 pulsaciones por minuto.

Se habla de bradisfigmia cuando el pulso es inferior a 60 pulsaciones por minuto en el adulto y de 80 en el niño, el uso ha consagrado la designación de bradicardia como sinónimo.

Se denomina taquicardia, se presenta cuando la frecuencia del pulso es mayor a 100 pulsaciones por minuto en adultos y de 150 en niños.

Se habla de ritmo en el pulso cuando las pulsaciones suceden rítmicamente, es decir, las separa un idéntico espacio de tiempo; según el caso lo normal es percibir el pulso en forma rítmica. Por otro lado, la intensidad es la fuerza con la cual se percibe el pulso: puede ser amplio y fuerte o pequeño y débil. La amplitud es la magnitud y duración del impulso percibido por el dedo durante la maniobra de palpación del pulso. Está relacionada con la presión diferencial o presión de pulso, a mayor presión diferencial mayor amplitud (Dunque Ramirez, 2006).

2.7.3. Talla y Peso

El peso y la talla son parámetros íntimamente relacionados. La talla es la medida de la altura de una persona desde los pies hasta la cabeza en centímetros, con el individuo descalzo, los talones juntos, el piso plano, la espalda apoyada en la pared sobre una línea graduada en centímetros, una escuadra sobre la cabeza, y los oídos y nariz a la misma altura.

La talla debe considerarse de acuerdo con las condiciones de edad, familia y raza. En los primeros años el crecimiento es muy rápido, en especial en el primer año, luego disminuye el ritmo hasta la pubertad, etapa en la cual se produce un aumento significativo, para alcanzar en poco tiempo la estatura definitiva.

El peso está condicionado esencialmente por la talla, la edad, el estado de nutrición, el tejido adiposo en las 2/3 partes y el desarrollo del esqueleto. Debe tomarse en ayunas, sin ropa, después de orinar y defecar, para así representar la masa corporal de una persona en gramos.

Para el cálculo del peso normal de una persona se utiliza la fórmula (Dunque Ramirez, 2006, pág. 18):

$$Peso = talla(cm) - 100 \pm 3(Kg)$$

2.8. Hipertensión arterial

Actualmente, las enfermedades cardiovasculares se han convertido en la primera causa de muerte en todos los países, y el análisis epidemiológico de este fenómeno ha permitido reconocer la existencia de variables biológicas denominadas factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares. Estos factores son capaces de influenciar la probabilidad del padecimiento de accidentes cardiovasculares, enfermedad coronaria, insuficiencia cardíaca o artropatía periférica.

La hipertensión arterial (HTA) es un síndrome caracterizado por elevación de la presión arterial (PA) y sus consecuencias. Sólo en un 5% de casos se encuentra una causa (HTA secundaria); en el resto no se puede demostrar una etiología (HTA primaria o esencial); pero se cree, cada día más, que son varios procesos aun no identificados, y con base genética, los que dan lugar a elevación de la PA. La HTA es un factor de riesgo muy importante para el desarrollo futuro de una enfermedad vascular, no existiendo una línea divisoria entre presión arterial normal o patológica. La definición de hipertensión arterial es arbitraria. El umbral elegido es aquel a partir del cual los beneficios obtenidos con la intervención, sobrepasan a los de la no actuación.

A lo largo de los años, los valores de corte han ido reduciéndose a medida que se han ido obteniendo datos más referentes al valor pronóstico de la HTA y los efectos beneficiosos de su tratamiento. Actualmente, se siguen las recomendaciones de la OMS-SIH, que con objeto de reducir la confusión y proporcionar a los clínicos de todo el mundo recomendaciones más uniformes, han acordado adoptar en principio la definición y la clasificación establecida por el JOINT NATIONAL COMMITTEE de Estados Unidos en su sexto informe (JNC VI).

Así pues, la hipertensión arterial se define por valores de presión arterial sistólica por sobre 140 mmHg y/o por un valor de presión arterial diastólica de 90 mmHg o superior (Ver tabla 2.1), en personas que no están tomando medicación antihipertensiva (Castells, Bosca, Garcia, & Sanchez, 2011).

Tabla 2.1: Clasificación para presión arterial.

CLASIFICACIÓN DE LA PRESIÓN ARTERIAL		
Clasificación	Presión sistólica, en mmHg	Presión diastólica, en mmHg
Normal	<120	<80
Pre hipertensión	120-139	80-89
Hipertensión en etapa 1	140-159	90-99
Hipertensión en etapa 2	160	100
Hipertensión sistólica aislada	140	90

Capítulo 3

Estado del Arte

Para poder contextualizar el presente proyecto dentro de la comunidad investigadora, se han consultado diversas fuentes de información, dentro de las cuales se encontraron proyectos de similares características, además de documentos que manejan temas de interés, acordes a los objetivos perseguidos en el desarrollo de este proyecto de título.

Este documento refleja los avances y contingencia en distintos ámbitos relacionados con el área de estudio, abordando principalmente temas, tales como: Smartphone, agentes de software en la medicina, monitoreo de pacientes con enfermedades cardiovasculares y sistemas de tele salud.

3.1. Agentes de software en medicina

En el campo de la medicina, las aplicaciones desarrolladas en el área de inteligencia artificial despiertan un gran interés, debido a sus posibilidades para involucrarse en situaciones donde se requiere un gran acervo de conocimientos médicos, la gran velocidad en el procesamiento de los datos junto a la toma efectiva de decisiones son unas de las características en las cuales han puesto la mirada muchos expertos. Se valoran las perspectivas de sistemas con el comportamiento inteligente en el ámbito médico, además se presentan algunos problemas relevantes, cuya solución dependerá de la implementación de acciones que permitan reemplazar el trabajo y análisis de un médico real.

La aplicación de la inteligencia artificial en la medicina, además de necesitar una clara delimitación de sus metas y tareas, plantea serias dificultades en el ámbito filosófico y ético. El desarrollo de sistemas informáticos aún no percibe la semántica de la información

y exhiben posibilidades lógicas muy modestas, impidiendo reemplazar el trabajo de un médico (Gallard, 2008).

Esta visión es muy común dentro de la comunidad médica y se entiende principalmente por su referencia a la automatización de tratamientos e intervenciones, utilizando hardware y dispositivos electrónicos de alta precisión. Sin embargo, existe un área en el cual la inteligencia artificial ha ganado bastante confianza y respeto dado a sus buenos resultados, nos referimos al monitoreo y diagnóstico clínico.

Un sistema que se destaca en el monitoreo de pacientes es Endodiag, este es un sistema basado en el conocimiento y apoya el diagnóstico de la patología pulpar y periapical. Endodiag utiliza técnicas de ingeniería del conocimiento y su objetivo es profundizar y jerarquizar el proceso de diagnóstico endodóntico. Endodiag es un sistema experto que utiliza una red de objetos y reglas de producción para representar el conocimiento del dominio. La formalización completa de EndoDiag involucra los siguientes módulos: Evaluación de la actitud del paciente, diagnóstico a partir de la inspección bucal y el análisis radiográfico.

Por otro lado, este sistema permite entregar un diagnóstico en el área de endodoncia con datos ingresados por el médico tratante, mediante una interrogación al paciente, junto con la información obtenida de radiografías y observaciones del médico. De este modo el sistema es capaz de actuar, entregando un diagnóstico asertivo (Casali, Corti, D'Agostino, & Siragusa, 2004).

Así como este sistema, existen muchos más, que a través de agentes y sistemas Multi-Agente, son capaces de diagnosticar y monitorear a pacientes crónicos, como lo es el ejemplo de AGALZ (agente autónomo para el seguimiento de los pacientes con Alzheimer). En el cual se presenta un agente inteligente autónomo desarrollado para el seguimiento en la atención de la salud a pacientes con Alzheimer en tiempo de ejecución.

AGALZ es un agente planificador autónomo deliberativo, diseñado para planificar el tiempo de trabajo de las enfermeras, de forma dinámica y a su vez mantener los estándares de informes competentes de sus actividades, pudiendo así garantizar una atención adecuada. El agente funciona en dispositivos inalámbricos y está integrado con agentes complementarios en un sistema Multi-Agente, llamado ALZ-MAS (Sistema Multi-

Agente de Alzheimer), capaz de interactuar con el medio ambiente (Bajo, Corchado, & Dante, 2008).

Estos dos últimos casos son el reflejo del desarrollo de agentes y sistemas Multi-Agente que existe hoy en el área médica y como poco a poco se logra una mayor confianza en estos sistemas dado los resultados obtenidos. También es notoria la inclinación de preferencia y confianza por sistemas de monitoreo y diagnóstico utilizando elementos de inteligencia artificial, destacando principalmente el trabajo de agentes inteligentes, sistemas expertos y la ingeniería del conocimiento.

En el documento presentado por Mingiu y Jeffrey (Mingqiu & Jeffrey, 2003) , se presenta el desarrollo de sistemas Multi-Agente en una red de computadores convencionales, por medio del cual agentes colaborativos trabajan y permiten monitorear en tiempo real los latidos del corazón y así poder identificar patrones. Si bien el sistema es diferente al presente proyecto de título, es evidente el acercamiento que este tiene. Además, es posible apreciar como el trabajo con agentes y sistemas Muti-Agente contribuye significativamente al desarrollo de sistemas de monitoreo y control, como parte final de un sistema mucho más complejo. Este sistema carece de un mecanismo que permita generar alarmas y a pesar de trabajar en tiempo real, se necesita un profesional que pueda interpretar los datos y de este modo alertar sobre una inminente catástrofe.

El creciente avance tecnológico en campos de investigación, comerciales y académicos hace obligatorio que tanto, investigadores, docentes, como desarrolladores permanezcan en una constante búsqueda de nuevas tecnologías y mecanismos que permitan abordar los requerimientos del entorno actual. Es en esta necesidad donde los sistemas Multi-Agente, permiten lograr dicho objetivo, mediante la generación de un nuevo paradigma encaminado hacia la programación orientada a agentes en sistemas distribuidos, logrando el desarrollo de aplicaciones y la implementación de sistemas robustos bajo diseños más simples y efectivos.

Se han propuesto diversas aproximaciones y soluciones para el desarrollo de sistemas basados en agentes. Estas aproximaciones están orientadas a proveer los mecanismos necesarios para permitir que los sistemas Multi-Agente puedan implementarse

más fácilmente, buscando que sean confiables, escalables y sobre todo útiles en cualquier campo donde se deseen emplear.

Una forma de clasificar las plataformas de agentes incluye las siguientes categorías de concurrencia y seguridad:

- Plataformas orientadas a inteligencia artificial
- Plataformas compatibles con el estándar FIPA.

La primera categoría pretende ofrecer mecanismos explícitos de seguridad, concurrencia y verificación de sistemas Multi-Agentes.

La segunda, abarca todas aquellas plataformas que están orientadas al desarrollo de agentes inteligentes que hacen explícito el manejo del conocimiento.

3.2. Agentes de software en dispositivos móviles

El gran desarrollo logrado en los dispositivos móviles, hacen de este dispositivo una herramienta utilizada no tan solo por usuarios comunes, sino que también las organizaciones han comenzado a involucrarlos como posibles soluciones a sus problemas.

Es por ello que el campo de la computación móvil es objeto de estudio, presentándose una gran dinámica investigativa en la academia y en los laboratorios de las industrias de la tecnología. Esta dinámica ha generado diversas herramientas y tecnologías para el desarrollo de aplicaciones móviles.

Los agentes de software utilizan generalmente arquitecturas distribuidas, a pesar de las numerosas soluciones existentes. En el desarrollo de agentes de software en dispositivos móviles es posible apreciar un conjunto de plataformas que atiende las necesidades de dichas arquitecturas. Dentro de este conjunto de plataformas se encuentran: Aglets, Grasshopper, ZEUS, Tracy, SemoA y JADE. Estas plataformas fueron comparadas exhaustivamente y destacan las características que presenta la plataforma JADE, la cual posee independencia de la plataforma operativa con un lenguaje compilado e interpretado.

JADE es una plataforma Open Source que tiene como principal objetivo facilitar el desarrollo de aplicaciones Multi-Agente distribuidas, basadas en arquitecturas de

comunicaciones punto a punto. JADE ha sido desarrollada en Java y cumple a cabalidad las especificaciones de FIPA.

JADE ha sido probada sobre redes celulares con tecnología GPRS en diferentes tipos de terminales móviles, especialmente en teléfonos celulares ocupando un espacio de memoria que se promedia en 100KB, pero utilizando ciertas técnicas, es posible reducir dicha cifra a 50KB. JADE es completamente modular, lo que permite una configuración sencilla para adaptarse a las características del ambiente de desarrollo. Para el caso de dispositivos móviles conectados a redes inalámbricas, JADE proporciona un módulo llamado LEAP (Lightweight Extensible Agent Platform) que permite optimizar todos los mecanismos de comunicaciones. Así cuando se activa el módulo de LEAP el contenedor se divide en dos partes, una en donde se ubica en el dispositivo móvil (front-end) y la otra en la red fija (back-end). El front-end y su correspondiente back-end mantienen una comunicación bidireccional constante, lo que permite colocar la mayor parte de la funcionalidad del contenedor en el back-end, haciendo el front-end mucho más liviano en términos de memoria y capacidad de cómputo requerida (García Dávalos, Solarte, Castillo, & Vásquez, 2005).

Al utilizar LEAP es posible considerar varias ventajas, pues aliviana el esfuerzo de procesamiento en el dispositivo móvil y libera memoria. Estos beneficios conllevan a centrar el esfuerzo en mantener una buena comunicación con el contenedor central (back-end), a través de una óptima conexión de banda ancha.

3.3. Monitoreo de pacientes con enfermedades cardiovasculares

El monitoreo del estado cardiaco en pacientes, tradicionalmente es efectuado en centros médicos, impidiendo un monitoreo real en momentos de alteración espontánea del ritmo cardiaco. Esta deficiencia ha existido por años en esta área de la medicina, es por ello que dado el avance tecnológico de hoy en día, es posible desarrollar sistemas ambulatorios electrocardiográficos, los cuales son ampliamente utilizados para monitorear la actividad

del corazón, mediante el registro y monitoreo del paciente, en sus actividades cotidianas y mientras realiza esfuerzo.

Los sistemas de tele-monitoreo de pacientes con anomalías cardíacas, permiten realizar un seguimiento remoto desde el hogar utilizando dispositivos especializados en conjunto con un sistema de telecomunicaciones, ya sea por medio de líneas telefónicas estándares, redes de cable o tecnología de banda ancha. Se han desarrollado diferentes soluciones que incorporan diversos métodos de comunicación inalámbrica que permitan extender y flexibilizar la acción del tele-monitoreo, algunas de ellas incorporan el uso de un teléfono celular u otro dispositivo móvil para facilitar la transmisión de datos. En los últimos años se han desarrollado soluciones que incorporan en un único dispositivo compacto la capacidad de comunicación inalámbrica directa con el centro de monitoreo.

Sin embargo, muchos de los desarrolladores se han orientado sólo a la transmisión inalámbrica de las señales obtenidas, excluyendo funcionalidades de grabación de eventos o análisis local de la señal, y otros no ofrecen suficiente capacidad de memoria para la grabación local de eventos, dejándolos susceptibles a la pérdida de datos ante una pérdida de comunicación en la red. (Grassi, O'Flaherty, & Bendersky, 2008)

3.4. Sistema de tele salud

En los últimos años, los dispositivos móviles se han masificado considerablemente, si bien al principio se utilizaban las plataformas móviles para educar y prevenir a través de mensajes de texto y aplicaciones para fomentar el abandono del tabaco, protección solar, entre otros desarrollos orientados educación de pacientes, hoy en día también se han desarrollado aplicaciones para teléfonos móviles que permiten a los médicos controlar a los pacientes con insuficiencia cardíaca crónica y así detectar los primeros signos de arritmia o isquemia que pueden indicar un ataque cardíaco inminente.

En el estudio realizado por Predrag y Wanda se estudió un mapa que muestra la situación actual en esta área de trabajo, con una visión general, presentando una taxonomía

de las estrategias y tipos de intervenciones que se han implementado en teléfonos móviles (Predrag & Wanda, 2012).

Además se describe por qué y cómo los teléfonos móviles son una plataforma prometedora para la entrega de intervenciones de salud, revisando las tecnologías móviles que se utilizan comúnmente para crear intervenciones de salud y los tipos de intervenciones que estas tecnologías permiten.

Dentro de los tópicos estudiados destaca la monitorización de sistemas a distancia, en el cual se puede apreciar cómo se utilizan en la actualidad los teléfonos móviles para controlar la salud de los pacientes y alertar al equipo de atención médica cuando se desarrollan síntomas peligrosos. La detección oportuna de síntomas y parámetros fisiológicos, resultan clave para la prevención del deterioro potencialmente grave en la salud de los pacientes.

“Dependiendo de la condición del paciente, las aplicaciones de monitoreo pueden tomar ventajas de la detección de síntomas y datos proporcionados mediante un auto-informe, para el seguimiento de los pacientes con enfermedades del corazón. En los dispositivos donde se encuentran estas aplicaciones se pueden conectar de forma automáticas para poder cargar y medir los datos registrados” (Predrag & Wanda, 2012).

El sistema “Villalba” (Mendes, Simoes, Rosa, Costa, Rabadao, & Pereira, 2013) sistema que combina una aplicación de teléfonos móviles y una variedad de dispositivos conectados a través de Bluetooth a un sensor que mide la presión arterial, respiración y sensores de ECG incrustados en una camisa instrumentada, además del uso de acelerómetros y una pesa digital que permite a los pacientes con insuficiencia cardíaca crónica recuperar datos de su estado de salud sin necesidad de acudir a un laboratorio médico especializado. Los datos de los pacientes se cargan en un servidor y se supervisan continuamente para detectar signos de descompensación y factores que puedan agravar la situación médica del paciente. Si existe la necesidad inminente de comunicarse con el paciente debido a las características de los datos, el equipo médico se comunica con el paciente mediante el correo electrónico.

Del mismo modo “RubeI” (Mendes, Simoes, Rosa, Costa, Rabadao, & Pereira, 2013), otro sistema que utiliza un teléfono móvil conectado a un dispositivo portátil con un

electrocardiograma. El sistema puede determinar si un ataque al corazón es inminente, alertando así inmediatamente al médico para que se comunique a la brevedad con un sistema de emergencia médica.

Los pacientes que utilizan los sistemas descritos y aplicaciones de dispositivos móviles, reportan una sensación de alivio y seguridad al tener conciencia de su estado de salud con un monitoreo constante, además de estar consiente que existe un equipo médico y especialistas que están monitoreando constantemente su estado de salud.

Sistemas que han trabajado con pacientes con insuficiencia cardiaca crónica ha demostrado efectos positivos y mejoras en la salud y la atención clínica.

De la misma forma, otro estudio presenta cómo pacientes con insuficiencia cardiaca se sometieron a un estudio en el cual se utilizó una aplicación de teléfono móvil conectada vía Bluetooth a un monitor de presión arterial y a una balanza digital. Así se lograron capturar datos sobre el peso, presión arterial y dosificación periódica de medicamento por paciente. El equipo médico accedía a los datos a través de un sitio web seguro, en este sitio cuando los datos se salían de un rango determinado se generaban alertas automáticas, las cuales se enviaban a los médicos. Los resultados registraron que los pacientes que utilizaron este sistema, mostraron una disminución considerable de hospitalizaciones y controles de largo plazo (Mendes, Simoes, Rosa, Costa, Rabadao, & Pereira, 2013).

Es claro ver como un sistema que permita la comunicación entre plataformas móviles e instrumentos digitales que extraigan información clínica de pacientes, beneficia considerablemente el estado de salud de los pacientes crónicos, proporcionándole seguridad y un constante monitoreo de su estado médico.

Mediante el crecimiento de tecnología en sensores y bio-sensores, se han desarrollado dispositivos capaces de ser manipulados por personas sin un mayor conocimiento en el área, pudiendo ser integrado en dispositivos móviles inteligentes. Con la gran masificación de Smartphone y el alto alcance tecnológico que ha tenido en el último periodo, es posible integrar estos dispositivos en una PAN (Personal, Área, Network). Este nuevo concepto muestra una tendencia importante en el crecimiento y masificación de redes de área personal, permitiendo conectar múltiples dispositivos de uso personal en una red pequeña que permita la transferencia de datos entre estos dispositivos.

Estas tecnologías son utilizadas en el monitoreo en tiempo real de personas con enfermedades crónicas que necesiten un control oportuno.

Los sensores utilizados en estos sistemas pueden ser tanto implantados en conexión alámbrica como inalámbrica a través de las nuevas tecnologías de Wi-Fi 3G y 4G, como también conexión Bluetooth de bajo consumo de energía.

En general, las soluciones de vigilancia móvil de la salud, pueden aplicarse en tres grandes dominios (Warren, Weerasingh, Maddison, & Wang, 2011).

- **Hospital y eventos de desastre:** en el cual el objetivo es facilitar o acelerar la respuesta que debe recopilarse sobre un paciente en catástrofe, y poder ser entregada oportunamente al centro de atención de urgencia, incluso antes de que el paciente llegue a destino, para la preparación oportuna y eficaz del equipo médico.
- **Movimientos de actividades en la vida diaria:** Esto permite llevar un registro del estado funcional del cuerpo, lo que permite una mejora en el tratamiento médico aplicado al paciente.
- **Seguimiento de la salud residencial:** consiste en el monitoreo continuo y en tiempo real de una funcionalidad fisiológica con un sistema estático, ubicado físicamente en el hogar del paciente.

En este tópico es donde se encuentra e-Cardio, el cual permite el monitoreo de pacientes a distancia, tanto en situaciones no críticas, como un simple control médico y en situaciones críticas como puede ser desde una alteración en los patrones en el pulso, hasta un inminente ataque cardiaco disparando así alarmas al equipo médico, como también a tutores o padres en el caso de niños (Warren, Weerasingh, Maddison, & Wang, 2011).

La mayoría de los sensores se conectan a vía Bluetooth con el teléfono inteligente, dado su bajo consumo de energía. E-Cardiac es un sistema similar pero contempla un módulo de minería de datos, lo permite la inferencia en la lectura de datos anormales (Ver figura 3.1).

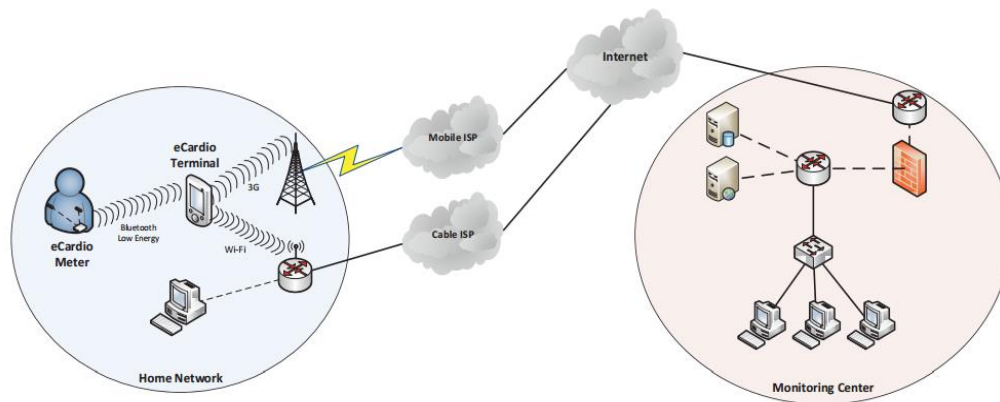


Figura 3.1: Arquitectura de sistema solución e-Cardiac. (Warren, Weerasinghe, Maddison, & Wang, 2011) .

Los patrones utilizados por el sistema son personalizados, es decir un equipo médico debe realizar un estudio y crear un perfil para cada paciente, evaluando las características fisiológicas y parámetros biofísicos que tiene cada uno.

La frecuencia cardiaca es distinta según cada persona, por ejemplo: al observar los datos recopilados por un varón con setenta años de edad, quien realiza ejercicios físicos periódicamente cada mañana, se puede observar que estos son comparativamente más bajos que el promedio. Esto es debido al ejercicio físico regular, lo que significa que el corazón ejerce un mayor esfuerzo y en cada latido el corazón envía más sangre de lo habitual, a diferencia de un sujeto que es más sedentario. Es por ello que se debe atender a cada paciente de manera diferente, acorde a características particulares de cada persona.

Los avances tecnológicos siempre han sido un gran aliado en la salud, más aún con la masificación de plataformas y el uso cotidiano de dispositivos móviles inteligentes, permitiendo facilitar nuevas herramientas para los profesionales de la salud y sus pacientes.

Como se puede ver el uso de dispositivos móviles inteligentes, ha solucionado gravitacionalmente la prevención de enfermedades cardiovasculares, los sistemas en tiempo real logran una atención oportuna en los centros de urgencia, pudiendo proporcionar información crítica a profesionales del centro de urgencia, en tiempo real o bien antes que el paciente llegue a dicho centro, permitiendo una preparación óptima de los recursos médicos que se utilizarán en aquel paciente.

Los parámetros y patrones utilizados para analizar el comportamiento de los individuos y generar las respectivas alarmas son materia de discusión. En algunos estudios se aclara la obligación de realizar diagnósticos previos y generar un perfil con el comportamiento del miocardio para cada individuo en particular. Mientras que en otros estudios se busca generar patrones genéricos que permitan masificar aún más estos sistemas.

Los sistemas de alertas encontrados a la fecha, están ligados a centros de salud, este enlace se ha realizado en calidad de prototipo, no siendo un sistema oficial. En Chile no se ha tenido registro de algún desarrollo similar ni su incorporación en clínicas o sistemas de salud. (Warren, Weerasinghe, Maddison, & Wang, 2011)

3.5. Medidas de reacción frente a eventos clínicos cardiovasculares

El reposo es una indicación frecuente dentro de las medidas recomendadas para normalizar la presión arterial de una persona. Cuando los valores sobrepasan los 110 mmHg en la presión sistólica, es necesario llevar a cabo un reposo controlado que permita la disminución de la presión arterial. Esta medida no agresiva y escalonada permite evaluar la respuesta posterior a 30 minutos de descanso, evitando el uso innecesario de un antihipertensivo en el 32% de los pacientes.

En los pacientes hipertensos que están bajo estrés, la respuesta de la presión sanguínea es más alta que en los pacientes con hipertensión arterial grave. (Grassi, O'Flaherty, & Bendersky, 2008). El reposo es una maniobra que reduce la reacción de alerta al estrés, por lo que podría estar asociado con una clara disminución de la presión arterial. Tratar a esos pacientes sin tener en cuenta la posibilidad de que la presión disminuya espontáneamente, puede conllevar a un abuso terapéutico y a la hipo perfusión hacia el tejido, esto quiere decir, una disminución de flujo sanguíneo hacia el tejido. Este reposo debe estar controlado por un médico que ante la falta de respuesta, proporcionará el

tratamiento antihipertensivo indicado para reducir en un 20% el valor de la presión sistólica.

Se recomienda que esa disminución sea lenta y progresiva, es decir, no antes de las 3 o 4 horas de su administración. Si disminuye demasiado la presión arterial de dichos pacientes, se corre el riesgo de que dentro de 72 horas sufran un accidente cerebrovascular o un infarto al miocardio y que no se asocia con el alza en la presión arterial anteriormente medida.

Muchas veces los pacientes o sus familiares presionan a los médicos para que les disminuyan la presión arterial a valores normales, cuando realmente solo será suficiente reducir en un 20% los valores con que llegan al centro médico y así evitar un riesgo innecesario.

En el estudio realizado por el Dra Kotliar (Grassi, O'Flaherty, & Bendersky, 2008) advierte que los pacientes que se sentaron media hora en una habitación cómoda y tranquila, sin conversar, ni hablar normalizaron su presión arterial recibieron el alta y un control ambulatorio a las 72 horas después.

El resto de los pacientes recibió medicamentos antihipertensivos. A las 2 horas el 80% de los pacientes respondió al fármaco y recibió el alta, mientras que el 20% restante necesito un tratamiento personalizado.

Con el manejo del estrés mediante del reposo es posible tratar la presión arterial, ya que la mayoría de los pacientes respondió a dicho tratamiento. Esto demuestra la importancia del reposo como herramienta diagnóstica y terapeuta.

Otros métodos para la disminución de la presión arterial alta deben ser evaluados y no pueden converger en un tratamiento genérico, puesto que las causantes que están implicadas en una fluctuación de presión pueden ser varias y complejas.

3.6. Conclusión del estado del arte

A modo de conclusión en este capítulo y luego de la revisión de investigaciones, desarrollos de sistemas y prototipos, se pueden determinar las principales características de los sistemas ya desarrollados, las oportunidades y principales diferencias de los existentes con el proyecto desarrollado. A modo de comparación la tabla 3.1 entrega dicha información.

Tabla 3.1: Comparación de sistema Villalba v CYMEC.

<p align="center">“Villalba” (Mendes, Simoes, Rosa, Costa, rabadao, & pereira, 2013)</p>	<p align="center">CYMEC</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Los datos obtenidos dado el monitoreo de un paciente, son cargados en un servidor para su revisión. • El sistema utiliza sensores, tales como acelerómetros, pesas digitales y conexión vía Bluetooth con el tensiómetro. • Los datos obtenidos se registran en un servidor, para ser supervisados continuamente pero no existe una reacción automática frente a signos inusuales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los datos obtenidos dado el monitoreo de un paciente son almacenados en el dispositivo móvil y son enviados mediante correo electrónico al médico especialista al final del tratamiento. • Las presiones arteriales registradas por el paciente deben ser ingresadas manualmente. • La aplicación está compuesta por un agente reactivo capaz de reaccionar en tiempo de ejecución frente a frecuencias cardiacas inusuales que puedan incidir en el estado del paciente.

Tabla 3.2: Comparación de sistema Rubel y CYMEC.

<p style="text-align: center;">“Rubel”</p> <p style="text-align: center;">(Mendes, Simoes, Rosa, Costa, rabadao, & pereira, 2013)</p>	<p style="text-align: center;">CYMEC</p>
<ul style="list-style-type: none"> • El dispositivo móvil se conecta con un dispositivo portátil y este a su vez con un electrocardiograma. • El sistema puede determinar si un ataque al corazón es inminente. • Cuando se activa una alarma, se le informa inmediatamente al médico, para que se comunique a la brevedad con un sistema de emergencia médica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las presiones arteriales registradas por el paciente deben ser ingresadas manualmente. • El agente que habita en el sistema requiere de parámetros ingresados por un especialista y así tomar decisiones, como la de enviar una alarma. • Cuando es generada una alarma, se le informa inmediatamente al médico especialista mediante un mensaje de texto predefinido emitido desde el teléfono móvil del paciente.

Tabla 3.3: Comparación de sistema E-Cardiac y CYMEC.

<p align="center">“E-Cardiac”</p> <p>(Warren, Weerasinghe, Maddison, & Wang, 2011)</p>	<p align="center">CYMEC</p>
<ul style="list-style-type: none"> • E-Cardiac es un sistema que contempla un módulo de minería de datos, lo que permite la inferencia en la lectura de datos anormales. • El sistema se conecta con servidores y estos con un datawarehouse que permite el análisis de datos en su módulo de minería de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema tiene un agente reactivo capaz de tomar decisiones frente a parámetros establecidos por un médico especialista y a las presiones arteriales ingresadas por los pacientes, pero realiza un análisis elaborado de los datos. • Los datos son registrados localmente, debido a que en Chile los datos tiene la calidad de sensibles y su manipulación debe cumplir estándares de seguridad.

Con el aporte de la comunidad investigadora es posible desarrollar un proyecto que permita alcanzar el objetivo principal y objetivos específicos, aprendiendo de los errores y certezas en los trabajos antes mencionados. Permitiendo así marcar una diferencia en las soluciones que se ajustan a las necesidades de los enfermos cardiovasculares en Chile.

Capítulo 4

Especificación de Requisitos

4.1. Introducción

4.1.1 Propósito

En el presente apartado se definirán las funcionalidades y restricciones que contendrá la aplicación móvil “CYMEC”, este documento es una guía para el desarrollo de la aplicación y sigue estándar IEEE-STD-830-1998.

4.1.2 Ámbito del sistema

El propósito de la aplicación móvil “CYMEC”, cuyas funcionalidades se describen en el presente documento, es apoyar el control de enfermedades cardiovasculares mediante el monitoreo de la presión arterial. “CYMEC” permite registrar la presión sistólica y diastólica de un paciente y a través de un agente de software generar alarmas, las cuales serán notificadas al especialista tratante. Actualmente existen diversas aplicaciones orientadas al tele monitoreo, pero el agente desarrollado en esta aplicación es original y permite al médico especialista configurar los parámetros, tanto de la alarma como del tratamiento para que se ajuste a la necesidad que tiene cada paciente.

4.2. Definiciones, acrónimos y abreviaturas

Las abreviaturas más utilizadas en esta sección se presentan en la siguiente tabla (Tabla 4.1)

Tabla 4.1: Acrónimos v abreviaciones.

PDH	Presión Diastólica Histórica
PSH	Presión Sistólica Histórica
PDM	Presión Diastólica Meta
PSM	Presión Sistólica Meta
DH	Delta Histórica
DM	Delta Meta
IMC	Índice de Masa Corporal
RCV	Riesgo Cardiovascular
SMS	Short Message Service

4.3. Descripción general

4.3.1 Características de los usuarios

Existen dos principales usuarios:

- Especialista: Médico cardiólogo que maneja el lenguaje técnico asociado a la medicina, con un nivel educacional alto.
- Pacientes: Personas mayores a 18 años, con enfermedades cardiovasculares.

4.3.2 Restricciones

Las restricciones del sistema son las siguientes:

- La aplicación está diseñada para ser utilizada en dispositivos móviles con sistema operativo Android desde la versión 4.4.1.
- Para el envío de la alarma se necesita disponer de mensajes de texto y los costos de estos deben ser asumidos por el usuario.

4.4. Requisitos específicos

4.4.1. Funcionalidades

- **R1 Actualizar datos del especialista:**

Descripción: Este requerimiento permite ingresar los datos personales del médico especialista. Estos datos son esenciales para el envío de alarma.

Entrada: Nombre, teléfono y correo electrónico.

Proceso: Verificar que todos los datos sean ingresados correctamente y almacenarlos en la base de datos de la aplicación. Si los datos fueron ingresados incorrectamente se desplegará un mensaje indicando la situación.

Salida 1: Mensaje “Datos actualizados correctamente”.

Salida 2: Mensaje “Ha dejado campos vacíos”

- **R2 Actualizar datos del paciente:**

Descripción: Este requerimiento permite ingresar los datos personales del paciente. Estos datos se enviarán al especialista cuando se active la alarma.

Entrada: Nombre, teléfono, correo electrónico, edad, IMC y RCV.

Proceso: Verificar que todos los datos sean ingresados correctamente y almacenarlos en la base de datos de la aplicación. Si los datos fueron ingresados incorrectamente se desplegará un mensaje indicando la situación.

Salida 1: Mensaje “Datos actualizados correctamente”.

Salida 2: Mensaje “Ha dejado campos vacíos”

- **R3 Configurar control cardiovascular:**

Descripción: Este requerimiento permite al médico especialista configurar los parámetros considerados en el control de una enfermedad cardiovascular de un paciente.

Entrada: PDH, PSH, PDM, PSM, DH, DM y Fecha de Término.

Proceso: Verificar que todos los datos sean ingresados correctamente y almacenarlos en la base de datos de la aplicación. Si los datos fueron ingresados incorrectamente se desplegará el mensaje “Complete todos los campos correctamente”.

Salida 1: Mensaje “Datos actualizados correctamente”.

Salida 2: Mensaje “Ha dejado campos vacíos”

- **R4 Configurar alarma:**

Descripción: Este requerimiento permite que al médico especialista configurar los parámetros con los cuales se debe activar la alarma.

Entrada: Porcentaje asignado a la actividad física, porcentaje asignado al cansancio si el paciente camina una cuadra para medir la disnea, porcentaje asignado a al cansancio si el paciente camina dos cuerdas para medir la disnea, porcentaje asignado a al cansancio si el paciente camina tres cuerdas para medir la disnea, porcentaje asignado a al cansancio si el paciente camina cuatro cuerdas para medir la disnea, porcentaje asignado si el paciente presenta colitis, vómitos, dolor de pecho, estrés, si ha seguido la dieta o no, consumo de café, bebida energizante, sal, porcentaje asignado si el paciente ha ingerido sus medicamentos para la HTA, si se ha tomado los remedios en los horarios correspondientes, si ha tomados medicamentos ajenos al tratamiento, si ha consumido alucinógenos, cigarrillos, alcohol, porcentaje con el cual se activará la alarma

Proceso: Verificar que todos los datos sean ingresados correctamente y almacenarlos en la base de datos de la aplicación. Si los datos fueron ingresados incorrectamente se desplegará el mensaje “Complete todos los campos correctamente”.

Salida 1: Mensaje “Datos actualizados correctamente”.

Salida 2: Mensaje “Ha dejado campos vacíos”

▪ **R5 Ingresar presión arterial:**

Descripción: Este requerimiento permite al usuario/paciente ingresar la presión arterial registrada al medir dicha presión con un tensiómetro.

Entrada: Presión diastólica y presión sistólica, fecha y hora.

Proceso: Se activa el agente de software, quien debe tomar una decisión respecto a la presión arterial registrada.

Salida 1: Mensaje “Error. Ingrese su presión arterial”.

Salida 2: Mensaje “Error. Presión fuera de rango, por favor utilice el video para una correcta toma de presión”.

Salida 3: Interfaz de cuestionario.

Salida 4: Mensaje “Tratamiento finalizado”

Salida 5: Envío de correo electrónico al especialista debido al fin del control

▪ **R6 Contestar cuestionario:**

Descripción: Este requerimiento exige al usuario/paciente que complete el cuestionario desplegado para que el agente tome la decisión de enviar o no la alarma al médico especialista. Los datos ingresados serán volátiles y serán comparados con los datos ingresados en el R4. Para decidir si activar la alarma.

Entrada: Ejercicio regular, Cansancio medido en cuerdas, tengo colitis, tengo dolor de pecho, tengo vómitos, siento estrés, sal, café, dieta, bebida energizante, medicamentos HTA, horarios, otros medicamentos, alucinógenos, cigarros, alcohol.

Proceso: El agente compara los datos ingresados por el usuario con los parámetros definidos por el especialista, tomando la decisión de activar o no una alarma que será enviada a dicho médico especialista mediante un mensaje de texto con la presión arterial registrada, las presiones históricas y los datos del paciente. Junto a esto desplegar una recomendación al usuario.

Salida 1: Cuadro de texto con recomendaciones para alarma activada.

Salida 2: SMS con datos del paciente y presiones históricas enviado al especialista.

Salida 3: Cuadro de texto con recomendaciones para alarma no activada.

▪ **R7 Fin del tratamiento:**

Descripción: Este requerimiento ocurre cuando el tiempo de control fijado por el especialista caduca, en el requisito R.3 y el sistema debe enviar un informe al especialista.

Entrada: Fecha y hora del sistema, fecha de término ingresada en el requisito R.3.

Proceso: El sistema compara las dos fechas y si estas son iguales o bien la fecha de término es anterior a la fecha del sistema se generara un cuadro de texto indicando que el control ha llegado a su término y se mostrarán gráficos que muestran el historial de las presiones arteriales ingresadas por el usuario. Se generará un correo electrónico dirigido al especialista con los datos del paciente y las imágenes de los resultados estadísticos.

Salida 2: Cuadro de texto con el mensaje “Se enviaron sus datos a través de correo electrónico a su médico especialista. Toque las gráficas y luego envíe el correo”.

Salida 2: Correo electrónico con los datos del paciente y los gráficos de las presiones arteriales registradas.

Capítulo 5

Arquitectura y Diseño

5.1. Diagrama de Actividad

El siguiente diagrama de actividad en UML (ver figura 5.1), muestra el proceso de software como un flujo de trabajo a través de una serie de acciones, Esto permite describir con más detalle el funcionamiento de la presente aplicación.

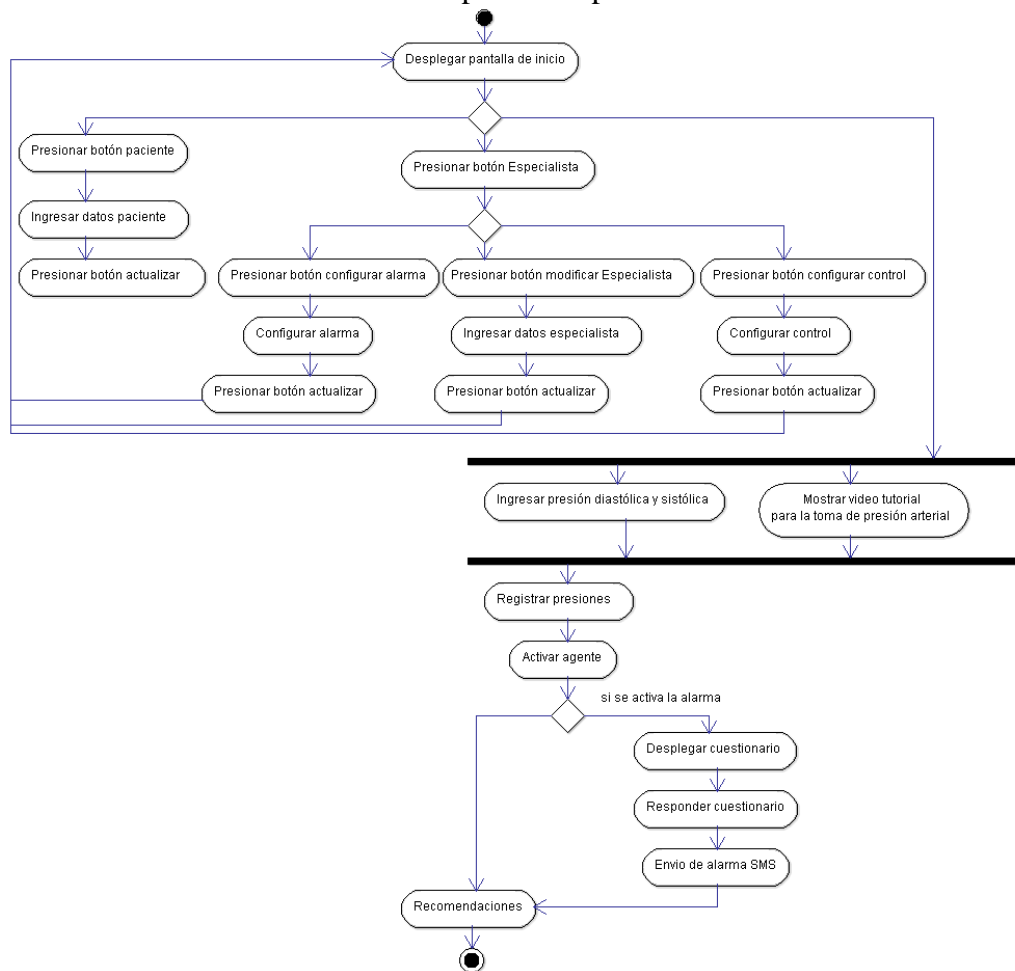


Figura 5.1: Diagrama de actividad del sistema

5.2. Diagrama de Componentes

En el siguiente diagrama de componentes UML (ver figura 5.2) se aprecia como el sistema es dividido en componentes y muestra las dependencias de estos para así visualizar un modelo abstracto de la aplicación móvil “CYMEC”.

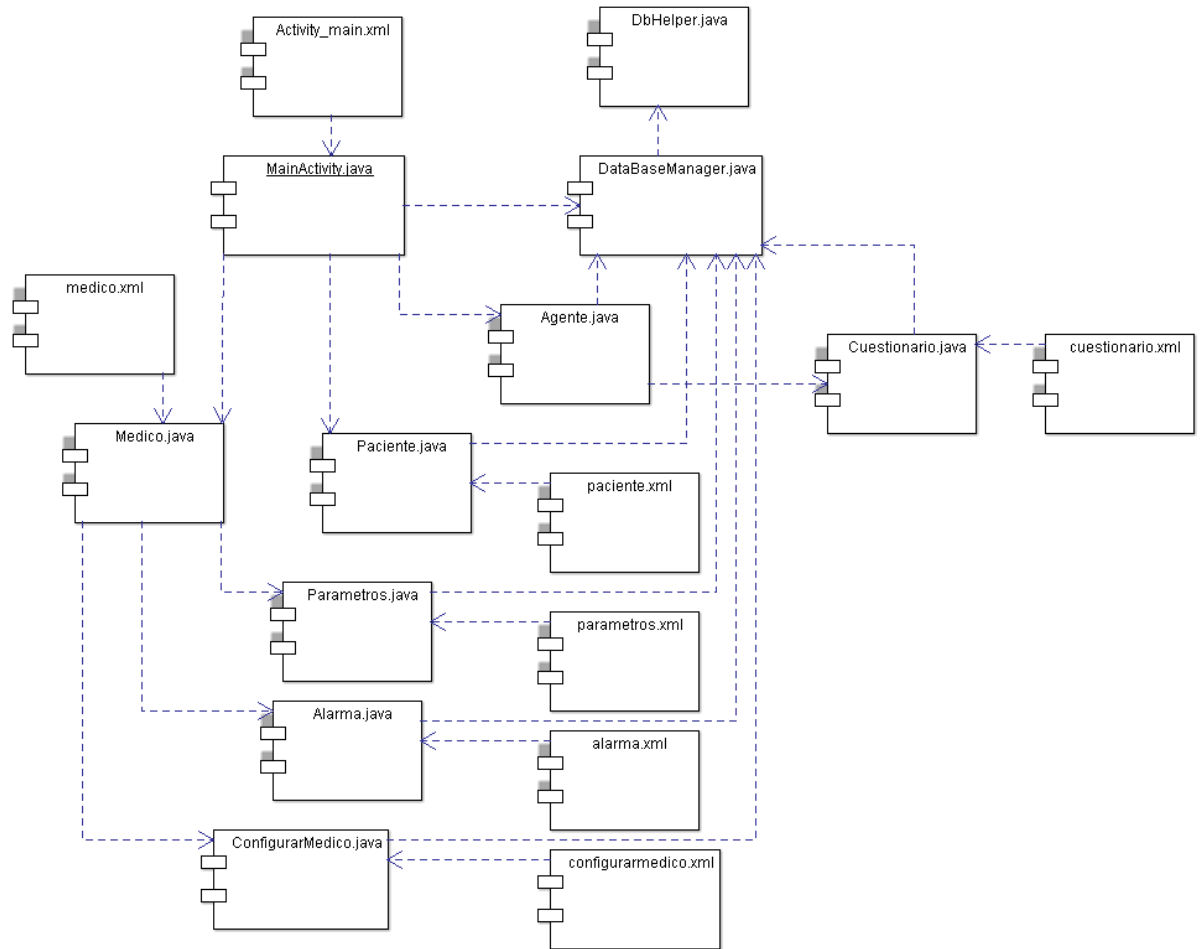


Figura 5.2: Diagrama de componente del sistema

5.3. Interfaz de usuario

En la figura 5.4 se puede visualizar la pantalla inicial de la aplicación, en donde el especialista puede acceder a la interfaz de configuración del médico, mientras que el paciente puede acceder a la interfaz para la configuración del paciente. Sin embargo el objetivo principal de esta interfaz es poder visualizar un video que promueva la correcta toma de presión arterial y el ingreso de la presión sistólica y diastólica en los campos correspondientes.

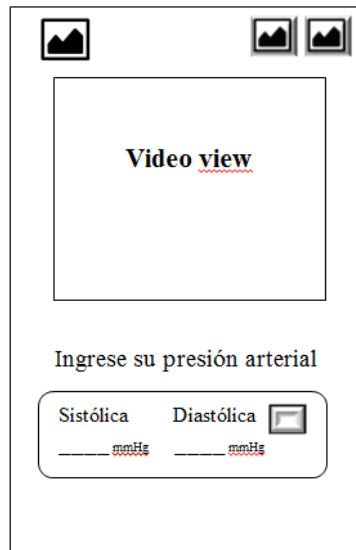


Figura 5.3: Wireframe inicio.

En la figura 5.5 se puede visualizar la pantalla médico, en la cual se muestran los datos del especialista en la parte superior. En la parte inferior se muestran tres botones: Especialista, que permite a este configurar sus datos, Alarma, para configurar la alarma y Control, para la configuración del control para el paciente.

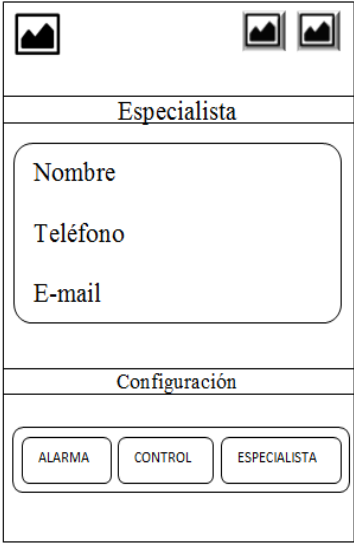


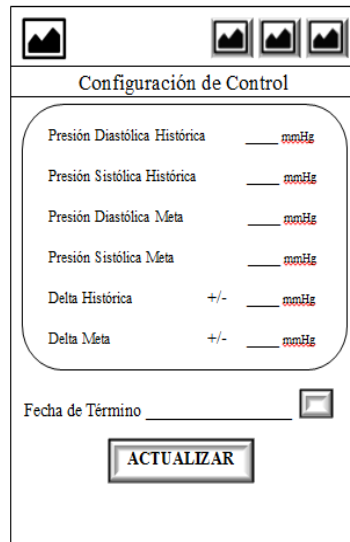
Figura 5.4: Wireframe especialista.

En la figura 5.6 se puede visualizar la interfaz para la configuración de la alarma, dentro de la cual el usuario/especialista deberá completar todos los campos y presionar el botón que se ubica en la parte interior de la interfaz para poder guardar la configuración

Configuración alarma	
NOTA: Asigne un porcentaje a cada parámetro. Recuerde que la suma debe ser mayor a 100%.	
Ejercicio	
Realizar ejercicio regularmente ___% Disnea medido en cuadras 1 Cuadra ___% 2 Cuadras ___% 3 Cuadras ___% 4 Cuadras ___%	
Síntomas	
Colitis ___% Vómitos ___% Dolor de pecho ___% Estrés ___%	
Dieta	
Siguiendo la dieta ___% Café ___% Sal ___% Bebida energizante ___%	
Medicamento	
Medicamentos HTA ___% Horario medicamentos ___% Medicamentos ajenos al tratamiento %	
Drogas	
Alucinógenos ___% Alcohol ___% Cigarros ___%	
Criterio de Activación	
Porcentaje total mayor a ___%	
<input type="button" value="LISTO"/>	

Figura 5.5: Wireframe configuración alarma.

En la figura 5.7 se puede visualizar la interfaz para la configuración de parámetros para el control del paciente, dentro de la cual el usuario/especialista deberá completar todos los campos y presionar el botón que se ubica en la parte interior de la interfaz para poder guardar la configuración.



The image shows a wireframe for a control configuration interface. At the top, there is a header bar with the title "Configuración de Control" and three small icons. Below the header, there is a rounded rectangular area containing six input fields for configuration parameters:

- Presión Diastólica Histórica: ___ mmHg
- Presión Sistólica Histórica: ___ mmHg
- Presión Diastólica Meta: ___ mmHg
- Presión Sistólica Meta: ___ mmHg
- Delta Histórica: +/- ___ mmHg
- Delta Meta: +/- ___ mmHg

Below these fields, there is a "Fecha de Término" label followed by a text input field and a small square icon. At the bottom center, there is a rectangular button labeled "ACTUALIZAR".

Figura 5.6: Wireframe configuración de control.

En la figura 5.8 se puede visualizar la interfaz para la configuración de los datos personales del especialista, dentro de la cual es usuario deberá completar todos los campos y presionar el botón que se ubica en la parte interior de la interfaz para poder guardar la configuración

The wireframe shows a window titled "Configurar Especialista". At the top, there are four small icons: one on the left and three on the right. Below the title bar, there is a rounded rectangular form containing three input fields: "Nombre" with a single underline, "Teléfono" with a single underline, and "E-mail" with a double underline and an "@" symbol. Below the form is a rectangular button labeled "ACTUALIZAR".

Figura 5.7: Wireframe configuración del especialista

En la figura 5.9 se puede visualizar la interfaz para la configuración de los datos personales del paciente, dentro de la cual es usuario deberá completar todos los campos y presionar el botón que se ubica en la parte interior de la interfaz para poder guardar la configuración.

The wireframe shows a window titled "Configurar Paciente". At the top, there are four small landscape icons. Below the title bar, there is a rounded rectangular form containing the following fields:

- Nombre: A text input field.
- Teléfono: A text input field.
- E-mail: A text input field with an "@" symbol positioned in the middle.
- Edad: A text input field.
- IMC: A text input field.
- RCV: A dropdown menu currently showing "Alto" with a downward-pointing triangle.

Below the form is a rectangular button labeled "ACTUALIZAR".

Figura 5.8: Wireframe configuración del paciente.

En la figura 5.10 se puede visualizar la interfaz para completar el cuestionario que activa la alarma si el agente así lo determina. El usuario/paciente deberá completar los campos compuestos por una caja de texto emergente y botones seleccionables. Al completar el cuestionario el paciente deberá presionar el botón “listo” ubicado en la parte inferior

The wireframe shows a mobile application interface for a questionnaire. At the top, there are three small landscape icons. Below them is the title "Cuestionario" and the instruction "Por favor responda todas las preguntas". The form is divided into several sections, each enclosed in a rounded rectangle:

- Section 1:** "¿Ha realizado ejercicio regularmente?" with a "NO" button and an empty text box.
- Section 2:** "¿Siente mayor cansancio que antes?" with a "No siento mayor cansancio" label and a dropdown arrow.
- Section 3:** "Indiquenos sus sintomas marcando las casillas correspondientes" with four radio button options: "Tengo colitis", "Tengo vómitos", "Siento estrés", and "Dolor de pecho".
- Section 4:** "¿Ha seguido su dieta?" with a "NO" button and an empty text box. Below it, "Indiquenos si ha consumido algunos de los siguientes productos" with three radio button options: "Sal", "Café", and "Bebida energizante".
- Section 5:** "¿Ha tomado sus medicamentos para HTA?" with a "NO" button and an empty text box. Below it, "¿Ha seguido los horarios para la ingesta de los medicamentos de HTA ordenados por el especialista?" with a "NO" button and an empty text box. Below that, "¿Ha consumido otros medicamentos?" with a "NO" button and an empty text box.
- Section 6:** "Indiquenos si ha consumido las siguientes drogas" with three radio button options: "Alucinógenos", "Alcohol", and "Cigarros".

At the bottom of the form is a large "LISTO" button.

Figura 5.9: Wireframe cuestionario

En la figura 5.11: se muestra la interfaz correspondiente al finalizar el tratamiento, antes de visualizar esta interfaz es emitido un mensaje al usuario/paciente indicando el fin del tratamiento, mostrando gráficas estadísticas de las presiones arteriales registradas para luego enviar un correo al especialista predefinido por el sistema.

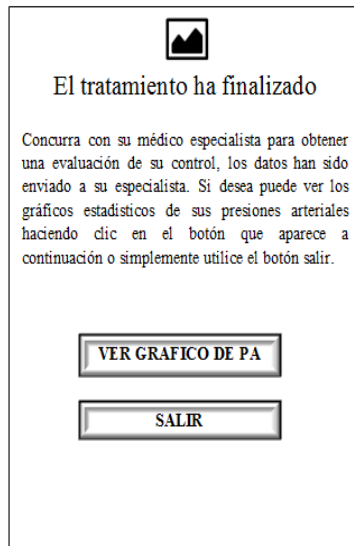


Figura 5.10: Wireframe fin del tratamiento

5.4. Diccionario de datos

La tabla 5.1, contiene la tabla doctor que representa los datos del especialista que serán almacenados en la base de datos del sistema.

Tabla 5.1: Diccionario de datos de la tabla doctor.

Doctor			
ATRIBUTO	CLAVE	TIPO DATO	VALOR NULO
_id	PK	Integer	NOT NULL
Nombre		Text	NOT NULL
Teléfono		Integer	NOT NULL
Mail		Text	NOT NULL

La tabla 5.2, contiene la tabla presión que representa los datos ingresados al registrar una toma de presión arterial y que serán almacenados en la base de datos del sistema.

Tabla 5.2: Diccionario de datos de la tabla presión.

Presión			
ATRIBUTO	CLAVE	TIPO DATO	VALOR NULO
id_presion	PK	Interger	NOT NULL
Fecha		Date	NOT NULL
Sistólica		Interger	NOT NULL
Diastólica		Interger	NOT NULL

La tabla 5.3, contiene la tabla Parámetro que contiene los datos del control de paciente y que serán almacenados en la base de datos del sistema.

Tabla 5.3: Diccionario de datos de la tabla parámetros.

Parámetro			
ATRIBUTO	CLAVE	TIPO DATO	VALOR NULO
id_parametro	PK	Interger	NOT NULL
Dhistorica		Interger	NOT NULL
Shistorica		Interger	NOT NULL
Dmeta		Interger	NOT NULL
Smeta		Interger	NOT NULL
Deltah		Interger	NOT NULL
Deltam		Interger	NOT NULL
Tiempo		Date	NOT NULL

La tabla 5.4, contiene la tabla paciente que representa los datos del paciente que serán almacenados en la base de datos del sistema.

Tabla 5.4: Diccionario de datos de la tabla paciente.

Paciente			
ATRIBUTO	CLAVE	TIPO DATO	VALOR NULO
id_paciente	PK	Interger	NOT NULL
Nombre		Text	NOT NULL
Teléfono		Interger	NOT NULL
Edad		Interger	NOT NULL
IMC		Interger	NULL
RCV		Interger	NULL

La tabla 5.5, contiene la tabla alarma que contiene los datos de la configuración de alarma y que serán almacenados en la base de datos del sistema.

Tabla 5.5: Diccionario de datos de la tabla alarma.

Alarma			
ATRIBUTO	CLAVE	TIPO DE DATO	VALOR NULO
id_alarma	PK	Interger	NOT NULL
ejercicio		Interger	NOT NULL
disnea1		Interger	NOT NULL
disnea2		Interger	NOT NULL
disnea3		Interger	NOT NULL
disnea4		Interger	NOT NULL
Pecho		Interger	NOT NULL
Colitis		Interger	NOT NULL
Vomito		Interger	NOT NULL
bebida_energizante		Interger	NOT NULL

Café		Interger	NOT NULL
Sal		Interger	NOT NULL
Estrés		Interger	NOT NULL
Medicamento HTA		Interger	NOT NULL
Horario medicamento		Interger	NOT NULL
otro_medicamento		Interger	NOT NULL
droga		Interger	NOT NULL
cigarro		Interger	NOT NULL
alcohol		Interger	NOT NULL
Activa		Interger	NOT NULL

5.5. Modelo relacional

En la figura 5.11 es posible visualizar el modelo relacional del sistema. La base de datos de la aplicación móvil “CYMEC” no tiene relaciones entre sí, esto debido a que el sistema solo necesita almacenar variables que no sean volátiles y que puedan ser consultadas tras una nueva ejecución de la aplicación.

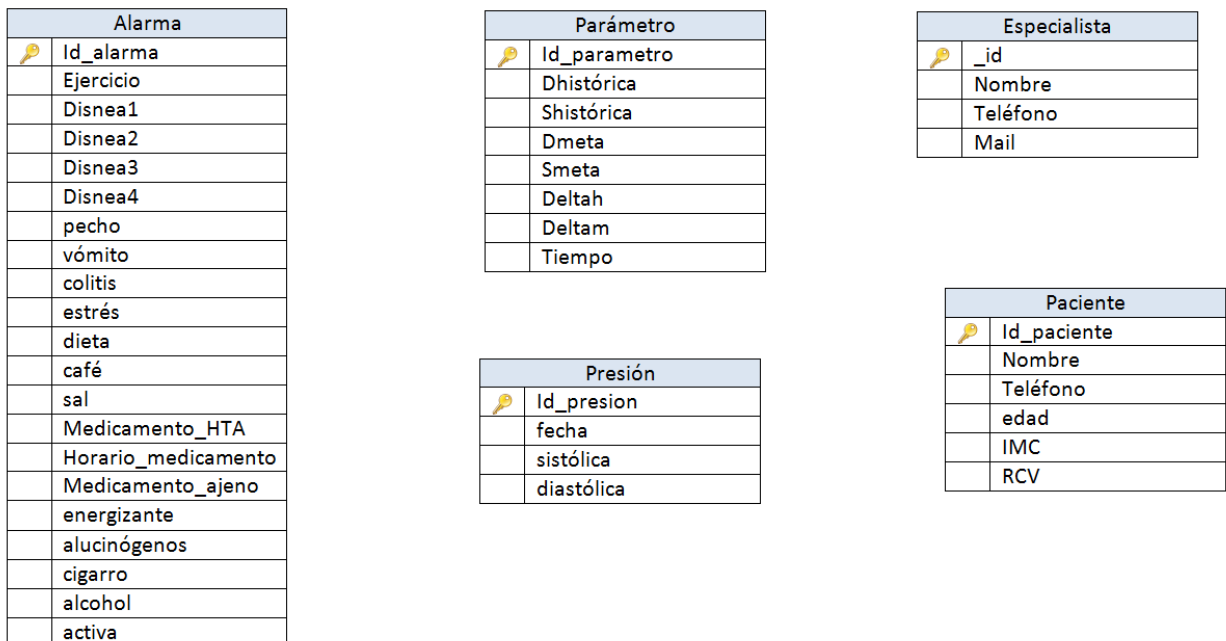


Figura 5.11: Modelo racional de la aplicación

Capítulo 6

Implementación

6.1. Agente

En el presente proyecto de título, se ha desarrollado un agente reactivo, este agente recibe como entrada dos grupos de datos:

- Por un lado la presión arterial sistólica y diastólica ingresada por el paciente.
- Por otro lado parámetros ingresados por el especialista, los que deben ser ingresados al momento de configurar la aplicación.

Cuando se ingresan los valores de presión arterial proporcionadas por el paciente a la aplicación, despierta el agente (se activa). De esta forma toma una decisión comparando los valores de presión arterial ingresada, con los parámetros registrados por el especialista. Dicha decisión permite al agente reaccionar, emitiendo mensajes para orientar al paciente en su control de la presión arterial o bien emitir una alarma cuando alguno de los valores se encuentren en rangos inusuales.

La figura 6.1 describe las principales condiciones de decisión y funcionamiento del agente.

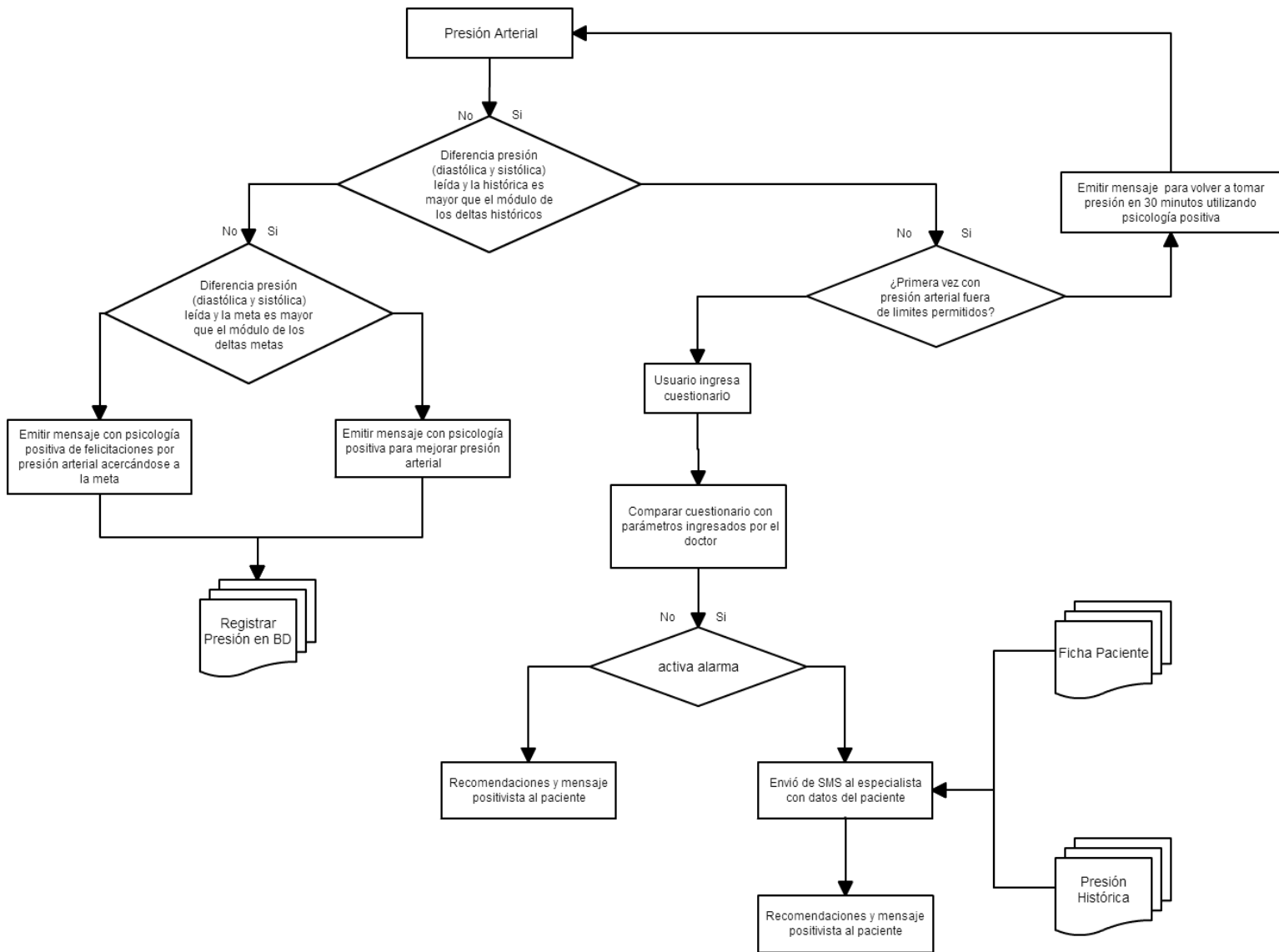


Figura 6.1: Diagrama de flujo del agente.

6.2. Ajuste de monitoreo

El agente de software reactivo desarrollado tiene como tarea ayudar al paciente a controlar su presión arterial, para esto el agente recibe parámetros para guiar al paciente a alcanzar una presión arterial ideal.

Los parámetros son ingresados por un médico especialista y deben ser configurados antes que el paciente haga uso de la aplicación. Dentro de estos parámetros se encuentran:

- El promedio de las presiones arteriales históricas del paciente, este parámetro le permite al agente comparar dicha presión histórica con la presión registrada por el paciente y determinar si la presión ingresada está dentro del rango habitual de presiones arteriales para dicho paciente o bien es una presión inusual.
- El rango para considerar una presión habitual, es también un parámetro ingresado por el especialista. Otro parámetro configurado por el especialista, es la presión arterial ideal a la cual debe llegar el paciente. Este parámetro le permite al agente comparar esta presión ideal con la presión arterial registrada por el paciente, de esta forma se puede determinar si dicho paciente se encuentra lejos de la presión arterial ideal o no. Se sugieren recomendaciones para que el paciente tome medidas que le permitan regular su presión en el caso que estos datos no se acerquen a la presión arterial ideal, o bien mensajes de apoyo (felicitaciones) debido a que los valores obtenidos están alcanzando el ideal. Estos mensajes deben ser alertadores para que el paciente se motive a continuar con su tratamiento.

A continuación se puede apreciar el algoritmo que explica la lógica con la cual el agente compara las presiones arteriales ingresadas por el paciente con los parámetros definidos por el especialista.

```

Entero : presion_diastolica, presion_diastolica; // presiones ingresadas por paciente
Entero : presion_diastolica_historica, presion_sistolica_historica; // parámetros
Entero : presion_diastolica_meta, presion_sistolica_meta; // parámetros
Entero : delta_historica, delta_meta; // parámetros
Entero : delta_sistolica_historica, delta_diastolica_historica; // variables locales
Entero : delta_sistolica_meta, delta_diastolica_meta; // variables locales
Entero: contador = 0;
delta_diastolica_historica = | presion_diastolica – presion_diastolica_historica |;
delta_sistolica_historica = | presion_sistolica – presion_sistolica_historica |;
delta_diastolica_meta = | presion_diastolica – presion_diastolica_meta |;
delta_sistolica_meta = | presion_sistolica – presion_sistolica_meta |;
si( delta_historica<delta_diastolica_historica OR delta_historica<delta_sistolica_historica)
{
    Si (contador = 0) {contador = contador +1;}
    Si no {Generar cuestionario para enviar una posible alarma.}
}
Si no
{ Contador = 0;
    Si (delta_meta<delta_diastolica_meta OR delta_meta<delta_sistolica_meta)
    {se envían recomendaciones al paciente para alcanzar presión ideal}
    Si no
    {se envía un mensaje de felicitaciones al paciente ya que esta alcanzado la meta}
}

```

El agente de software se encuentra distribuido en varias clases dentro de la aplicación, pero existe una clase llamada “Agente.class” que contiene parte importante del agente y a continuación se muestra el código fuente de dicha clase.

```
public class Agente extends AppCompatActivity{
    private DataBaseManager manager;
    private Cursor cursor;
    private int dhistorica; //diastolica-historica
    private int shistorica; //sistolica-historica
    private int dmeta; //diastolica-meta
    private int smeta; //sistolica-meta
    private int deltah; //delta-historica
    private int deltam; //delta-meta
    private int deltaSh; //delta-sistolica-historica
    private int deltaDh; //delta-diastolica-historica
    private int deltaSm; //delta-sistolica-meta
    private int deltaDm; //delta-diastolica-meta
    private Context micont;
```

```

// recibimos los parametros desde la clase MainActivity.class con
las presiones y la fecha
    this.micont = context.getApplicationContext();
    manager = new DataBaseManager(micont); // instanciamos la base
datos
    cursor = manager.ConsultaParametro(); // creamos un cursos que
nos permita recorrer la base de datos al hacer la consulta sql
    // recorreremos con el cursos la tabla parametros y extraemos
los datos de dicha tabla
    if(cursor.moveToFirst()) {
        dhistorica=cursor.getInt(0);
        shistorica=cursor.getInt(1);
        dmeta=cursor.getInt(2);
        smeta=cursor.getInt(3);
        deltah=cursor.getInt(4);
        deltam=cursor.getInt(5);
    }
    // -----creamos los criterios de decision -----
    // realizamos las diferencias de presiones
    deltaDh=diastolica-dhistorica; // diferencia diastolica leida -
- diastolica historica
    if(deltaDh<0){deltaDh=deltaDh*(-1);} // aseguramos que sea
positivo (valor absoluto)
    deltaSh=sistolica-shistorica; //diferencia sistolica leida -
sistolica historica
    if(deltaSh<0){deltaSh=deltaSh*(-1);} // aseguramos que sea
positivo (valor absoluto)
    deltaDm=diastolica-dmeta; // diferencia diastolica leida -
diastolica meta
    if(deltaDm<0){deltaDm=deltaDm*(-1);} // aseguramos que sea
positivo
    deltaSm=sistolica-smeta; //diferencia sistolica leida -
sistolica meta
    if(deltaSm<0){deltaSm=deltaSm*(-1);}
    //-----inicia la toma de decisiones del agente mediante el
primer criterio
    if((deltah<deltaDh) || (deltah<deltaSh)){ return 1;} //iniciar
cuestionario
    else{
        if((deltam<deltaDm) || (deltam<deltaSm)){return 2;} //no se
alcanza la meta pero no envia alarma
        else{return 3;} // se esta alcanzando la meta (buena
presion arterial)
    }
}
}

```

Cuando el agente toma una decisión retorna un valor entero, este valor es enviado a la actividad principal de la aplicación llamada “MainActivity.class”, la cual recibe estos valores y reacciona activando clases correspondientes a las acciones que toma el agente.

A continuación se muestra un extracto del código fuente de la clase “MainActivity.class”, en el cual se reciben los datos de la clase “Agente.class” para realizar las respectivas acciones que determina el agente.

```

// si se ingresan presiones arteriales coerentes, se llamara a la
clase agente.java
else {
    elcon = getApplicationContext(); // se contextualiza la actividad
    Agente miagente = new Agente(); // se instancia la clase
    agente.java
    respuesta = miagente.agente(sistolica, diastolica, elcon); // se
recibe la respuesta del agente
    if (respuesta == 1) { // si el agente responde que se debe activar
la alarma se llama a la clase cuestionario.class
        cursor = manager.Consultaconta();
        if(cursor.moveToFirst()) {
            contalarma= cursor.getInt(0);
        }
        if(contalarma==0) // primer aviso de alarma
        {manager.modificar_conta(1);
        AlertDialog alertDialog = new
AlertDialog.Builder(MainActivity.this).create();
        alertDialog.setTitle("Tome su presion nuevamente");
        alertDialog.setMessage("-Mantengase en estado de reposo
\n" +
            "-Tome su presion arterial en 30 minutos\n" +
            "-No ingiera alimentos en estos 30 minutos\n" +
            "-No realice esfuerzo fisico en estos 30 minutos
\n" +
            "-Asegurese de tomar correctamente la presion
arterial\n" +
            "- lo espero \n");
        alertDialog.setButton("Entiendo", new
DialogInterface.OnClickListener() {
            public void onClick(DialogInterface dialog, int which)
            {
                Intent imenu = new Intent(MainActivity.this,
MainActivity.class); // llamamos a la clase medico.class
                startActivity(imenu);
            }
        });
        alertDialog.setIcon(R.drawable.espera);
        alertDialog.show();
    }
    else{
        Intent intent = new Intent(MainActivity.this,
Cuestionario.class);
        startActivity(intent);
        manager.modificar_conta(0);;}
}

```

```

} else {// si no se activa la alarma se almacenaran las presiones arteriales
    manager.presion(fcha, sistolica, diastolica);// guardar presion
    if (respuesta == 2) {// si el agente responde que no se alcanzo la meta pero no esta en riesgo se envia un mensaje
        manager.modificar_conta(0);
        AlertDialog alertDialog = new
AlertDialog.Builder(MainActivity.this).create();
        alertDialog.setTitle("Sugerencias");
        alertDialog.setMessage("Siga trabajando para alcanzar la
presion ideal \n" +
            "-cuide su salud \n" +
            "-coma alimentos sanos \n" +
            "Realice actividad fisica \n" +
            "la vida es hermosa hay que cuidarla\n" +
            "Buena suerte \n");
        alertDialog.setButton("Entiendo", new
DialogInterface.OnClickListener() {
            public void onClick(DialogInterface dialog, int which)
            {
                Intent imenu = new Intent(MainActivity.this,
MainActivity.class);// llamamos a la clase medico.class
                startActivity(imenu);
            }
        });
        alertDialog.setIcon(R.drawable.icono_logo);
        alertDialog.show();
    } else {
        if (respuesta == 3) {// si el agente responde que se esta alcanzandola meta pero se envia un mensaje
            manager.modificar_conta(0);
            AlertDialog alertDialog = new
AlertDialog.Builder(MainActivity.this).create();
            alertDialog.setTitle("Felicidades");
            alertDialog.setMessage("Excelente pronto alcanzara la
presion ideal\n" +
                "Esta realizando un buen trabajo !!\n");
            alertDialog.setButton("Entiendo", new
DialogInterface.OnClickListener() {
                public void onClick(DialogInterface dialog, int
which) {
                    Intent imenu = new Intent(MainActivity.this,
MainActivity.class);// llamamos a la clase medico.class
                    startActivity(imenu);
                }
            });
            alertDialog.setIcon(R.drawable.icono_logo);
            alertDialog.show();
        } else {// si la presion se encuentra fuera de rango se enviara un mensaje
            Toast.makeText(getApplicationContext(), "Se produjo un
error porfavor vuelva a tomar la presion",
Toast.LENGTH_LONG).show();
        }
    }
}

```

6.3. Reglas de decisión

El agente de software debe tomar decisiones en dos instancias. La primera de ellas es en el momento que el paciente registra su presión arterial, lo que implica que el agente despierte (se active) y comience a comparar dicha presión registrada con los parámetros ingresados por el especialista, el funcionamiento se puede resumir en el siguiente algoritmo.

```
Si (| presion_registrada -presion_historica | < delta_historico)
    { Si (contador=0) {contador = contador +1;}
      Si no {generar cuestionario}
    }
Si no
    {contador=0;
      Si (| presion_registrada- presion_meta|<delta_meta)
    }
```

Este algoritmo representa las reglas de decisiones que utiliza el agente para poder actuar. Cuando se activa el cuestionario, el agente compara las respuestas del usuario en el cuestionario con el porcentaje de riesgo que se le asigna a cada pregunta y que el especialista configura previamente. La regla de decisión que utiliza el agente, es comparar el porcentaje de activación de la alarma ingresada por el especialista con la suma de las respuestas proporcionadas por el paciente al momento de responder el cuestionario. A continuación se aprecia un extracto del código fuente de la clase “Cuestionario.class” en donde es posible apreciar cómo se activa la alarma.

```

spdisnea.setOnItemSelectedListener(
    new AdapterView.OnItemSelectedListener() {
        public void onItemSelected(AdapterView<?> parent,
                                   android.view.View v, int
position, long id) {
            // se asigna un valor a array cuestionario en la
posicion 1 segun corresponda
            if (parent.getItemAtPosition(position) == "No siento
mayor cansancio") {
                cuestionario[1] = 0;
            }
            if (parent.getItemAtPosition(position) == "Si, me
canso al caminar 1 cuadra") {
                cuestionario[1] = 1;
            }
            if (parent.getItemAtPosition(position) == "Si, me
canso al caminar 2 cuabras") {
                cuestionario[1] = 2;
            }
            if (parent.getItemAtPosition(position) == "Si, me
canso al caminar 3 cuabras") {
                cuestionario[1] = 3;
            }
            if (parent.getItemAtPosition(position) == "Si, me
canso al caminar 4 cuabras") {
                cuestionario[1] = 4;
            }
        }
        public void onNothingSelected(AdapterView<?> parent) {
            Toast.makeText(getApplicationContext(), "seleccione
una opcion en la pregunta 1", Toast.LENGTH_LONG).show();
            // si no se selecciona nada
        }
    });
if(swejercicio.isChecked()==true) // no ha hecho ejercicio
{ cuestionario[0]=1;}
if(swdieta.isChecked()==true)
{ cuestionario[2]=1;}
if(RBenercizante.isChecked()==true)
{ cuestionario[3]=1;}
if(swmedicamento_t.isChecked()==true)
{ cuestionario[4]=1;}
if(swef_secundario.isChecked()==false)
{ cuestionario[5]=1;}
if(RBdroga.isChecked()==true)
{ cuestionario[6]=1;}
if(RBalcohol.isChecked()==true)
{ cuestionario[7]=1;}
if(RBcigarro.isChecked()==true)
{ cuestionario[8]=1;}
if(RBpecho.isChecked()==true)
{ cuestionario[9]=1;}
if(RBcolitis.isChecked()==true)
{ cuestionario[10]=1;}
if(RBvomitos.isChecked()==true)
{ cuestionario[11]=1;}
if(RBcafe.isChecked()==true)
{ cuestionario[12]=1;}
if(RBestres.isChecked()==true)
{ cuestionario[13]=1;}
if(swmedicamento.isChecked()==false)

```

```

// se comparan los arreglos y se asigna valor al array comparar
//-----pregunta 2-----
if(cuestionario[1]==0) {comparar[1]=0;}
if(cuestionario[1]==1) {comparar[1]=alarma[1];}
if(cuestionario[1]==2) {comparar[1]=alarma[2];}
if(cuestionario[1]==3) {comparar[1]=alarma[3];}
if(cuestionario[1]==4) {comparar[1]=alarma[4];}
//----- resto de preguntas
if(cuestionario[0]==1) {comparar[0]=alarma[0];}
if(cuestionario[2]==1) {comparar[2]=alarma[5];}
if(cuestionario[3]==1) {comparar[3]=alarma[6];}
if(cuestionario[4]==1) {comparar[4]=alarma[7];}
if(cuestionario[5]==1) {comparar[5]=alarma[8];}
if(cuestionario[6]==1) {comparar[6]=alarma[9];}
if(cuestionario[7]==1) {comparar[7]=alarma[10];}
if(cuestionario[8]==1) {comparar[8]=alarma[11];}
if(cuestionario[9]==1) {comparar[9]=alarma[12];}
if(cuestionario[10]==1) {comparar[10]=alarma[13];}
if(cuestionario[11]==1) {comparar[11]=alarma[14];}
if(cuestionario[12]==1) {comparar[12]=alarma[15];}
if(cuestionario[13]==1) {comparar[13]=alarma[16];}
if(cuestionario[14]==1) {comparar[14]=alarma[17];}
if(cuestionario[15]==1) {comparar[15]=alarma[18];}

        suma=0;
for(int i=0;i<=15;i++)
{ suma=comparar[i]+suma; }// se estable la suma de porcentajes

if(suma>=alarma[19]){ // se emite un mensaje con recomendaciones
//-----sms-----
String tel="+569"+telefono_medico;

String
sms="Nombre:"+nombre+"\nEdad:"+edad+"\nIMC:"+imc+"\nRCV:"+rcv+"\nHisto
rial\nFecha:"+dte
+"\nSistolica:"+sis+"\nDiastolica:"+dias;

SmsManager smsManager = SmsManager.getDefault();
smsManager
        .sendTextMessage(tel, null, sms, null, null);
}
// si no se activa la alarma se emite un mensaje con recomendaciones
else{
AlertDialog alertDialog = new
AlertDialog.Builder(Cuestionario.this).create();
alertDialog.setTitle("Sugerencias");
alertDialog.setMessage("-\tPor favor tome un descanso \n" +
        "\tNo realice actividades de esfuerzo\n" +
        "\tNo fume ni consuma alimentos\n" +
        "\tVuelva a tomar su presion arterial en 30 minutos\n");
alertDialog.setButton("Entiendo", new
DialogInterface.OnClickListener() {
public void onClick(DialogInterface dialog, int which) {
Intent imenu = new Intent(Cuestionario.this,
MainActivity.class);// llamamos a la clase medico.class
startActivity(imenu);
finish();
}
});
alertDialog.setIcon(R.drawable.icono_logo);
alertDialog.show();
}
}

```

Capítulo 7

Pruebas

7.1. Pruebas de usabilidad

La aplicación se ha sometido a un test de usabilidad en el cual han participado 5 personas entre 18 y 60 años de edad, estos individuos se consideran usuarios básicos y medios en el uso de aplicaciones móviles. El test evalúa la usabilidad en una escala discreta de 1 como nota mínima y 5 como nota máxima, este test fue obtenido del libro Usability Evaluation in Industry (Brooke, 1986).

Tabla 7.1: Cuestionario de usabilidad System Usability Scale (SUS).

Prueba de Usabilidad					
	EN DESACUERDO			DE ACUERDO	
NIVEL DE ACUERDO	1	2	3	4	5
Utilizaría con frecuencia el programa.					
Encontré el programa muy complejo.					
Fue fácil utilizarlo.					
Necesitaría de un experto para utilizarlo.					
Las diversas funciones están bien integradas.					
Hubo demasiada inconsistencia visual.					
Lo encontré muy difícil de usar.					
Las personas lo aprenderían a usar rápidamente.					
Me sentí muy confiado en la navegación.					
Necesitaría aprender más antes de utilizarlo.					

Este test se ha desarrollado según el protocolo del pensamiento manifestado, en el cual se solicita al usuario que exprese en voz alta sus pensamientos, sensaciones y opiniones mientras interactúa con el software.

7.2. Resultados de pruebas de usabilidad

En la aplicación de los test de usabilidad se procuró que cada individuo se familiarizara con el dispositivo móvil al menos 10 minutos, se garantizó una instancia de tranquilidad para que el individuo se concentrara solo en la aplicación y en responder el test.

El resultado de los test se encuentra en el Anexo. Los promedios ponderados se pueden visualizar en la siguiente tabla (véase tabla 7.2)

Tabla 7.2: Promedio de los cuestionarios de usabilidad System

Promedio de Pruebas de Usabilidad	
Utilizaría con frecuencia el programa.	3.4
Encontré el programa muy complejo.	1.4
Fue fácil utilizarlo.	4.6
Necesitaría de un experto para utilizarlo.	1.4
Las diversas funciones están bien integradas.	4.8
Hubo demasiada inconsistencia visual.	1.4
Lo encontré muy difícil de usar.	1
Las personas lo aprenderían a usar rápidamente.	4.8
Me sentí muy confiado en la navegación.	5
Necesitaría aprender más antes de utilizarlo.	1.2

7.3. Pruebas funcionales del software

En esta prueba se consultó a un individuo experto, con un nivel avanzado en el uso de dispositivos móviles, este simuló las presiones arteriales medidas con el tensiómetro para suponer todos los posibles estados de hipertensión arterial que existen, como se muestra en la tabla 7.3.

Tabla 7.3: Ingreso de presiones arteriales.

Ingreso de Presiones arteriales		
Estado de salud	Presión sistólica ingresada	Presión diastólica ingresada
Normal	120	80
Alta	145	95
Grave (alarma)	170	110

El control se ha configurado para la simulación en la prueba según como se muestra en la tabla 7.4.

Tabla 7.4: Configuración de control.

Configuración de control	
Presión diastólica histórica	124
Presión sistólica histórica	83
Delta histórica	5
Delta meta	5
Fecha de término	(2 días)

La activación de la alarma se ha configurado como se muestra en la tabla 7.5.

Tabla 7.5: Configuración de la alarma

Configuración de alarma			
Ejercicio		20	
1 cuadra	2 cuadras	3 cuadras	4 cuadras
30	20	10	5
Colitis		20	
Vómitos		20	
Dolor de pecho		40	
Estrés		35	
Dieta		15	
Café		35	
Sal		25	
Bebida energizante		30	
Medicamentos HTA		40	
Horario de medicamento		30	
Medicamentos ajenos al tratamiento		15	
Alucinógenos		30	
Alcohol		15	
Cigarro		15	
Activación			
Porcentaje mayor a		80	

Tabla 7.6: Pruebas de requerimientos

Pruebas de Requerimientos							
	C:Cumple				NC: No cumple		
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
El registro se encuentra debidamente documentado.							
El requisito no tiene errores de sintaxis y morfológicos.							
El requisito no tiene palabras ambiguas.							
Todas las entradas tienen las salidas correspondientes.							

7.4. Resultado de pruebas funcionales.

A continuación se mostrarán los resultados de las pruebas de requerimientos realizadas para cada uno de los requerimientos en la aplicación móvil “CYMEC” (véase tabla 7.7).

Tabla 7.7: Resultado de las pruebas de requerimientos.

Pruebas de Requerimientos							
	C:Cumple				NC: No cumple		
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
El registro se encuentra debidamente documentado.	C	C	C	C	C	C	C
El requisito no tiene errores de sintaxis y morfológicos.	C	C	C	C	C	C	C
El requisito no tiene palabras ambiguas.	C	C	C	C	C	C	C
Todas las entradas tienen las salidas correspondientes.	C	C	C	C	C	C	C

Capítulo 8

Conclusiones y Recomendaciones

Las enfermedades cardiovasculares son una de las causas de preocupación en la población nacional, debido a su tasa de mortalidad. El utilizar la tecnología existente permite aprovechar de mejor manera los recursos disponibles por la población, apoyando el tratamiento de enfermedades crónicas cardiovasculares que beneficia tanto al paciente como al médico especialista.

El objetivo principal del presente proyecto fue desarrollar una aplicación móvil que controlara y monitoreara enfermos hipertensos esenciales. Para esto se diseñó y programó un agente de software capaz de tomar decisiones frente a distintos valores de presión arterial.

De acuerdo a los objetivos propuestos en el capítulo 1, sección 1.2, se puede concluir lo siguiente:

Objetivo Específico 1: Se estudiaron diversos documentos referentes a las enfermedades cardiovasculares, junto con soluciones tecnológicas que ayudan al control y monitoreo de éstas. La información para este estudio se extrajo de múltiples fuentes de datos. Lo anterior permitió crear una base de conocimiento del área de estudio y una inducción en el área de la medicina, además de estar al tanto de las soluciones contingentes para el control y monitoreo de enfermedades cardiovasculares, lo que permitió desarrollar un sistema ajustado al objetivo del presente proyecto prevenido de acierto y errores de los sistemas estudiados (Véase capítulo 1 y 2).

Objetivo Especifico 2: El estudio de agentes y sistemas MAS llevó a conocer los entornos de desarrollo y plataformas para dichos sistemas, si bien el desarrollo de plataformas para agentes de software en dispositivos móviles es relativamente nuevo, ya existen plataformas completamente consolidadas en especial se destaca JADE como la plataforma más integra a la hora de desarrollar un agente o sistemas MAS en un dispositivo móvil, sin embargo se ha decidido no utilizar una plataforma en particular para el desarrollo del agente de la aplicación “CYMEC”, dado principalmente por el número de funcionalidades desarrolladas (Ver capítulo 2). Además, el estado del arte permitió identificar las similitudes y diferencias de este proyecto con otros ya existentes, De esta forma, se validó el que no existe hasta la fecha un prototipo controlado por agentes de software para el control y monitoreo personalizado de pacientes hipertensos.

Objetivo Especifico 3: Para el desarrollo de la aplicación se estudió el lenguaje de programación java y XML. En el desarrollo del sistema se construyeron funcionalidades, tales como: la actualización de pacientes, actualización de especialistas, configuración del control cardiovascular, configuración de la alarma, el ingreso de la presión arterial, cuestionario, fin del control. El desarrollo fue un desafío importante, pero se logró con éxito debido al esfuerzo entregado y a la gran cantidad de documentación para el desarrollo de aplicaciones móviles en Android, (Véase capítulo 6).

Objetivo Especifico 4: Mediante el desarrollo incremental de la aplicación fue posible corregir en momentos oportunos diversos errores y desviaciones del software. Estos errores fueron principalmente asociados a temas de interfaz y facilidad de uso, así como también a los mensajes (feedback que proveía la herramienta), pues se debía tener cuidado en no alertar al paciente de manera innecesaria (falsos positivos). Al concluir el desarrollo las pruebas se centraron mayormente en las funcionalidades. (Véase capítulo 7). La validación del sistema se realizó probando el sistema con un usuario/especialista y un usuario/paciente.

Con el desarrollo de esta aplicación es posible contar con una nueva herramienta que permite controlar y monitorear a enfermos cardiovasculares. La ventaja de esta herramienta radica en que hace uso de teléfonos móviles, permitiendo aprovechar de mejor manera los recursos tecnológicos masivos existentes.

Uno de los principales problemas en el desarrollo fue activar la alarma de forma transparente para el usuario, es decir que el usuario no supiera que había un problema con los parámetros ingresados. Primero se pensó en enviar un correo electrónico, pero para esto el usuario debía ser notificado y de alguna forma sabría que algo anda mal. Es por lo anterior que se seleccionó la opción de enviar un mensaje de texto, de manera automática sin notificar al paciente, mensaje que es enviado a un teléfono de contacto (tutor/especialista) quien será notificado en casos de emergencia.

Para trabajos futuros se recomienda conectar la aplicación con el tensiómetro de manera inalámbrica, para que así se registre automáticamente la presión arterial, además de migrar la aplicación a otras plataformas para ampliar su uso.

Por otro lado se recomienda mejorar el envío de la alarma, ya que a través de SMS sólo se pueden enviar como máximo 140 caracteres. Se espera que en el futuro esta funcionalidad pueda ser desarrollada enviando mayor información manteniendo la transparencia al usuario en el envío de la alarma.

Bibliografía

- Anumba, C., Ugwu, O., & Ren, Z. (2005). *Agents and multi-agent Systems in construction*. London and New York: Taylor & Francis.
- Bajo, J., Corchado, j., & Dante, I. (2008). intelligent environment for monitoring Alzheimer patients, agent technology for health care. *ELSEVIER*.
- Bellifemie, F., Carie, G., & Greenwood, D. (2007). *Developing Multi-Agent Systems with JADE*. Londres: Wiley.
- Brooke, J. (1986). *Usability Evaluation in Industry*.
- Caire, G., Gotta, D., & Bergenti, F. (2014). *Agent on the Move: JADE for Android Devices*. Torino, Italia.
- Casali, A., Corti, R., D'Agostino, E., & Siragusa, M. (2004). Technological tool as endodontic diagnosis support. *rephip*.
- Chia-ju, L., & Hao-Yun, L. (2014). The deep impression of Smartphone Brand on th Cuestomers' Decision Making. *ELSEVIER*, 2.
- Dunin-Keplicz, B., & Verbrugge, r. (2010). *teamwork in Multi-Agent Systems*. Chichester, United Kingdom: Wiley.
- dunque Ramirez, L. g. (2006). *Semiologia Medica integra*. Medellin, Colombia: Yuluka.
- EvCastells, E., Bosca, A., Garcia, C., & Sanchez, M. (2011). *hipertensión Arterial*. Malaga: Villa Cristina.
- Fox, S., & Duggan, M. (2012). half of smartphone owners use devices to get health information and one-fifth of smarthphone owners have health app. *Monile Health*.
- Gallard, M. (2008). Artificial intelligence applied to medicine: prospects and problems. *ACIMED*.
- García Dávalos, A., Solarte, Z. M., Castillo, C., & Vásquez, E. (2005). Agentes en Computacion Móvil. *Ventana informatica*, 1 a 8.
- Garzon, J., & Gonzales Guerrero, H. (2009). Multi-agent application development platform over mobile devices with JME. *Avances en Sistemas e Informatica*, 1,2.

- Grassi, D., O'Flaherty, M., & Bendersky, M. (2008). Hypertensive Urgencies in the Emergency Department: Evaluating Blood Pressure Response to Rest and to Antihypertensive Drugs With Different Profiles. *The Journal of Clinical Hypertension*, 662 a 667.
- Huget, M.-P. (octubre de 2014). FIPA. Recuperado el 2 de octubre de 2014, de <http://www.fipa.org/>
- Mendes, j., Simoes, H., Rosa, p., Costa, N., rabadao, C., & pereira, Á. (2013). Secure low-cost solution for elder's eCardio Surveillance. *5Th international conference on software devolopment and technologies for enhancing accessibity and Fighting info-exclusion, Dsai 2013*.
- Mingqiu, S., & Jeffrey, T. (2003). Network health monitoring though real-time analysis of hearbeat patterns from distributed agents.
- Nguyen, G., Dang, T., Hluchy, L., Laclavik, M., Balogh, Z., & Budizka, I. (2002). *agent Platform Evaluation and Comparison*. slovak: Pellucid.
- Norvig, S. J. (2004). *Inteligencia Artificial: un enfoque moderno*. Madrid: Pearson Educación S.A.
- Nwana, H. S. (1996). software agents: an overview. *knowlegdge engineering review cambridge university*, 34.
- Nwana, H. S. (1996). software agents: an overview. *knowledge engineering review*.
- Pavlovic, M., Koumboulis, F. N., Tzamtzi, M. P., & Rozman, C. (2008). ROLE OF AUTOMATION AGENTS IN AGRIBUSINESS. *Scielo*, 913 a 922.
- Predrag, K., & Wanda, P. (2012). Healthcare in the pocket: mapping the space of the mobile-phone health interventions. *biomedical informatic*.
- Tramullas, D. J. (2012). *Agentes y ontologías para el tratamiento de información: clasificación y*. Zaragoza: Dep. de CC. de la Documentación Universidad de Zaragoza.
- Waksman, r., Stler, L., & Torquson, R. (2014). Real-time, two-Way interaction during ST-segment elevation myocardial infarction management improves door-to-balloon times. *Cardiovascular revascularization Medicine*.
- Warren, I., Weerasiggle, T., Maddison, R., & Wang, Y. (2011). odinTelehealth: A mobile Service Platform fot Telehealth. *Procedia Computer Science*.
- Weyns, D. (1998). *Architecture-Based Design of Multi-Agent Systems*. London : Springer.
- Wike, R. (2014). Emerging Nation Embrace internet, Mobile tecnology. *PewResearchCenter*, 2, 13.

Anexo

Manual de Usuario

El presente documento corresponde al manual de usuario para la aplicación móvil “CYMEC”.

- **Bienvenida:** El usuario /paciente al momento de ejecutar por primera vez la aplicación, recibirá el mensaje visto en la figura A1, el cual le indica al usuario que la aplicación debe ser configurada por el especialista y además el paciente debe registrar sus datos personales antes de utilizar la aplicación.

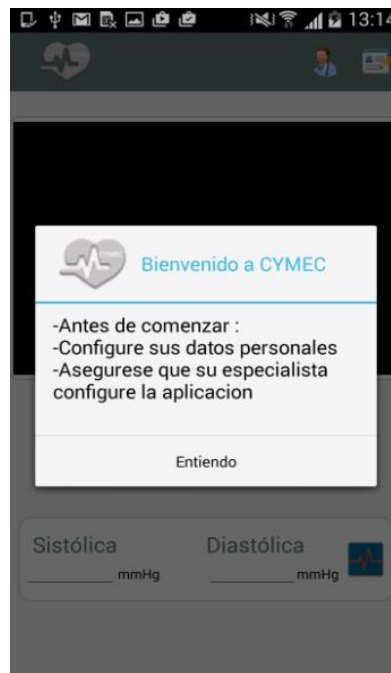


Figura A1: Mensaje de bienvenida

- **Ingreso de datos del paciente:** El usuario /paciente ingresará sus datos personales a la aplicación móvil, para ello debe completar todos los campos solicitados en la pantalla y luego presionar el botón “actualizar”. Si los campos se han completado correctamente, se emitirá el mensaje “Datos actualizados correctamente”, de lo contrario se emitirá el mensaje “Ha dejado campos vacíos”. (Véase figura A2).

Configurar Paciente

Nombre

Teléfono

E-mail @

Edad

IMC

RCV Alto ▾

ACTUALIZAR

Figura A2: Configuración del paciente

- **Sección del especialista:** El usuario /especialista puede visualizar los datos del especialista tratante y junto a ello acceder a la configuración de la alarma, el control del paciente y los datos del especialista mediante el acceso en los botones correspondientes. (Véase figura A3).



Figura A3: Interfaz especialista

- **Ingreso de datos del especialista:** El usuario/especialista ingresará sus datos personales a la aplicación móvil, para ello debe completar todos los campos solicitados en la pantalla y luego presionar el botón “actualizar”. Si los campos se han completado correctamente, se emitirá el mensaje “Datos actualizados correctamente”, de lo contrario se emitirá el mensaje “Ha dejado campos vacíos”. (Véase figura A4).



The screenshot displays a mobile application interface for configuring a specialist. At the top, there is a status bar with icons for notifications, signal strength, and battery, along with the time 04:26. Below the status bar is a navigation bar with a heart icon, a person icon, a mail icon, and a home icon. The main title of the screen is "Configurar Especialista". The form contains three input fields: "Nombre" with a single underline, "Teléfono" with a hint "ocho digitos" and a single underline, and "E-mail" with a hint "@" and a single underline. A blue button labeled "ACTUALIZAR" is positioned at the bottom of the form.

Figura A4: Configuración del especialista

- **Configuración de alarma:** El usuario/ especialista puede configurar los porcentajes asignados a preguntas que serán consultadas en un cuestionario antes de activar la alarma, para ello debe completar todos los campos solicitados en la pantalla y luego presionar el botón “Listo”. Si los campos se han completado correctamente, se emitirá el mensaje “Datos actualizados correctamente”, de lo contrario se emitirá el mensaje “Ha dejado campos vacíos”. (Véase figura A5).

Configuración Alarma

Nota: Asigne un porcentaje a cada parámetro.
Recuerde que la suma debe ser mayor a 100%

Ejercicio

Realizar ejercicio regularmente ____ %

Disnea medido en cuadras
1 Cuadra 2 Cuadras 3 Cuadras 4 Cuadras
____ % ____ % ____ % ____ %

Síntomas

Coltis ____ %
Vómitos ____ %
Dolor de pecho ____ %
Estrés ____ %

Dieta

Siguiendo la dieta ____ %
Cafè ____ %
Sal ____ %
Bebida Energizante ____ %

Medicamento

Medicamentos HTA ____ %
Horario medicamentos ____ %
Medicamentos ajenos al tratamiento ____ %

Drogas

Alucinogenos ____ %
Alcohol ____ %
Cigarros ____ %

Criterio de Activación

Porcentaje total mayor a ____ %

LISTO

Figura A5: Configuración de alarma

- **Configuración control del paciente:** El usuario/especialista puede configurar el control del paciente junto a las presiones deseadas, las variaciones permitidas y tiempo necesario para el seguimiento, para ello debe completar todos los campos solicitados en la pantalla y luego presionar el botón “Listo”. Si los campos se han completado correctamente, se emitirá el mensaje “Datos actualizados correctamente”, de lo contrario se emitirá el mensaje “Ha dejado campos vacíos”. (Véase figura A6).

The screenshot displays a mobile application interface for patient control configuration. At the top, there is a navigation bar with a heart icon, a user profile icon, and a home icon. Below this is a title bar labeled "Configuración de Control". The main content area contains several input fields:

- Presión Diastólica Histórica _____ mmHg
- Presión Sistólica Histórica _____ mmHg
- Presión Diastólica Meta _____ mmHg
- Presión Sistólica Meta _____ mmHg
- Delta Histórica +/- _____ mmHg
- Delta Meta +/- _____ mmHg

Below these fields is a "Fecha de Terminación" field with a date picker showing the number 31. At the bottom of the form is a green button labeled "ACTUALIZAR".

Figura A6: Configuración control del paciente

- **Pantalla inicial:** El usuario/especialista y el usuario/paciente accederán a la aplicación visualizando como pantalla inicial esta interface, dentro de la cual visualizarán en la parte superior un menú con dos opciones: un icono con un médico para acceder a la sección del especialista y un icono con una ficha médica en la cual se accede a los datos del paciente.

En el centro de la pantalla se ubica un video, el cual contiene los pasos para realizar una correcta toma de la presión arterial, se recomienda ver el video antes de iniciarse en la aplicación.

En la parte inferior de la pantalla inicial se encuentran las casillas para ingresar la presión diastólica y sistólica respectivamente, seguido de un botón el cual activa el ingreso de estas presiones. Si las presiones se encontrasen fuera de rango o bien se presionara el botón sin haber ingresado alguna de las presiones, la aplicación emitirá un mensaje para que el usuario corrija este error. (Véase figura A7).



Figura A7: Pantalla inicial

- **Advertencia de alarma:** Cuando el usuario/paciente ingrese una presión arterial inusual, la aplicación le pedirá a dicho usuario que vuelva a medir su presión arterial, indicándole recomendaciones que permitan descartar un falso positivo. El mensaje que se desplegará, puede ser visualizado en la figura A8.

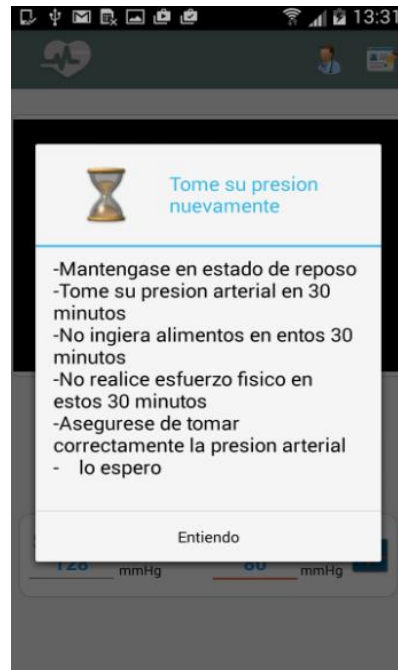


Figura A8: Advertencia de alarma

- **Cuestionario:** El usuario/paciente debe completar el cuestionario generado por la aplicación en caso que sea necesario, para ello se requiere que el usuario complete los campos mostrados en la pantalla, los cuales se componen de una caja de texto que al presionarla se delegarán las opciones a responder y los demás campos se completan marcando el campo requerido el cual se teñirá de naranja. Una vez resuelto el cuestionario debe presionar el botón “listo”

Una vez contestado el cuestionario, la aplicación emitirá cuadros de texto con recomendaciones según sea el caso. (Véase figura A9).

Cuestionario

Por favor responda todas las preguntas

¿Ha realizado ejercicio regularmente?
no

¿Siente mayor cansancio que antes ?
No siento mayor cansancio

Indíquenos sus síntomas marcando las casillas correspondientes

Tengo Colitis Tengo Vómitos
 Siento Estrés Dolor de Pecho

¿Ha seguido su dieta?
no

Indíquenos si ha consumido algunos de los siguientes productos

Sal Café Bebida energizante

¿Ha tomado sus medicamentos para HTA?
no

¿Ha seguido los horarios para la ingesta de los medicamentos de HTA ordenados por el especialista?
no

¿Ha consumido otros medicamentos?
no

Indíquenos si ha consumido las siguientes drogas

Alucinogenos Alcohol cigarros

LISTO

Figura A9: Cuestionario

- **Fin del tratamiento:** El usuario/especialista, al momento de configurar el control del paciente, establece una fecha para el término del tratamiento. Cuando se llega a esta fecha el sistema despliega un mensaje como se puede apreciar en la figura A10 y luego muestra las gráficas asociados a las presiones arteriales, tanto diastólicas como sistólicas (Ver figura A11 y figura A12). Al hacer clic en estas gráficas el sistema genera un correo electrónico listo para enviar al especialista (Ver figura A13). Luego de enviar este correo electrónico la aplicación permite volver a visualizar los gráficos o bien salir de la aplicación como muestra la figura A14.

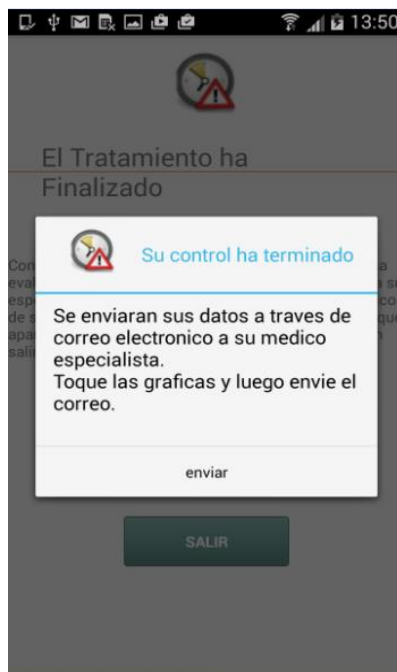


Figura A10: Aviso de control terminado

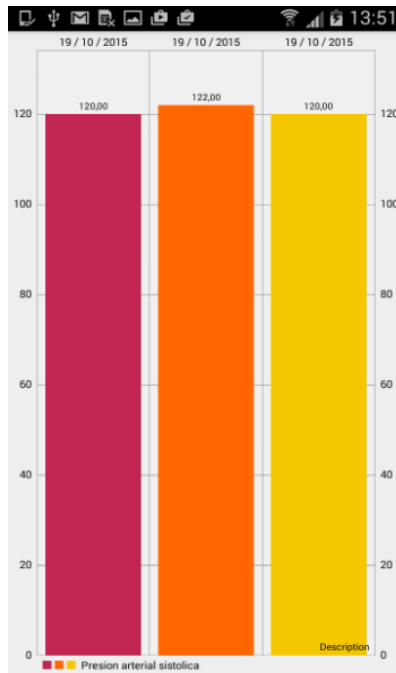


Figura A11: Grafica de presión arterial sistólica

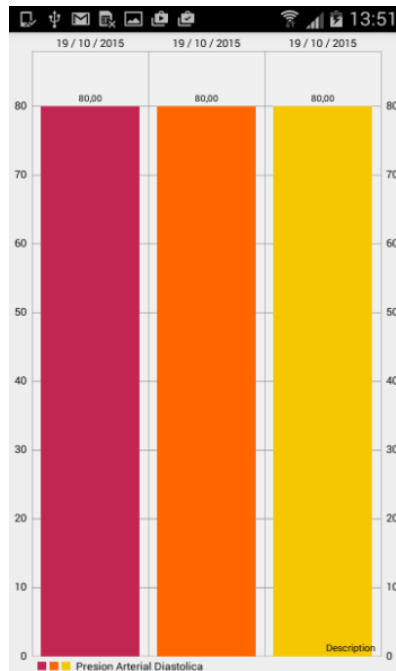


Figura A12: Grafica de presión arterial diastólica

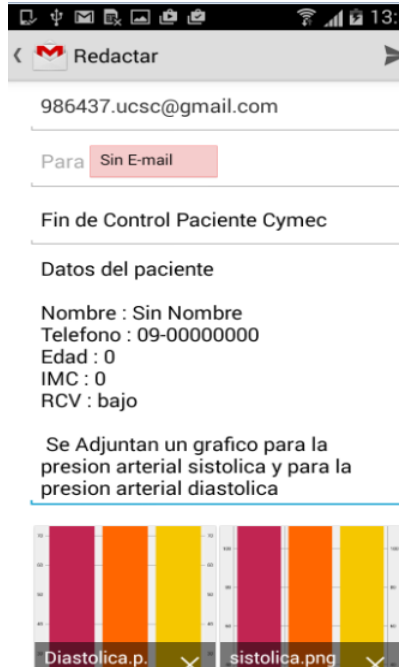


Figura A13: Correo electrónico enviado al especialista



Figura A14: Fin del tratamiento

Pruebas de usabilidad

Tabla 1: Resultado 1 del cuestionario de usabilidad System Usability Scale (SUS).

Prueba de Usabilidad					
	EN DESACUERDO			DE ACUERDO	
Nivel de acuerdo	1	2	3	4	5
Utilizaría con frecuencia el programa				x	
Encontré el programa muy complejo		x			
Fue fácil utilizarlo					x
Necesitaría de un experto para utilizarlo	x				
Las diversas funciones están bien integradas					x
Hubo demasiada inconsistencia visual	x				
Lo encontré muy difícil de usar	x				
Las personas lo aprenderían a usar rápidamente					x
Me sentí muy confiado en la navegación					x
Necesitaría aprender más antes de utilizarlo		x			

Tabla 2: Resultado 2 del cuestionario de usabilidad System Usability Scale (SUS).

Prueba de Usabilidad					
	EN DESACUERDO			DE ACUERDO	
Nivel de acuerdo	1	2	3	4	5
Utilizaría con frecuencia el programa				x	
Encontré el programa muy complejo		x			
Fue fácil utilizarlo				x	
Necesitaría de un experto para utilizarlo	x				
Las diversas funciones están bien integrados				x	
Hubo demasiada inconsistencia visual		x			
Lo encontré muy difícil de usar	x				
Las personas lo aprenderían a usar rápidamente				x	
Me sentí muy confiado en la navegación					x
Necesitaría aprender más antes de utilizarlo	x				

Tabla 3: Resultado 3 del cuestionario de usabilidad System Usability Scale (SUS).

Prueba de Usabilidad					
	EN DESACUERDO		DE ACUERDO		
Nivel de acuerdo	1	2	3	4	5
Utilizaría con frecuencia el programa		x			
Encontré el programa muy complejo	x				
Fue fácil utilizarlo					x
Necesitaría de un experto para utilizarlo	x				
Las diversas funciones están bien integrados					x
Hubo demasiada inconsistencia visual		x			
Lo encontré muy difícil de usar	x				
Las personas lo aprenderían a usar rápidamente					x
Me sentí muy confiado en la navegación					x
Necesitaría aprender más antes de utilizarlo	x				

Tabla 4: Resultado 4 del cuestionario de usabilidad System Usability Scale (SUS).

Prueba de Usabilidad					
	EN DESACUERDO			DE ACUERDO	
Nivel de acuerdo	1	2	3	4	5
Utilizaría con frecuencia el programa			x		
Encontré el programa muy complejo	x				
Fue fácil utilizarlo				x	
Necesitaría de un experto para utilizarlo			x		
Las diversas funciones están bien integrados					x
Hubo demasiada inconsistencia visual	x				
Lo encontré muy difícil de usar	x				
Las personas lo aprenderían a usar rápidamente					x
Me sentí muy confiado en la navegación					x
Necesitaría aprender más antes de utilizarlo	x				

Tabla 5: Resultado 5 del cuestionario de usabilidad System Usability Scale (SUS).

Prueba de Usabilidad					
	EN DESACUERDO			DE ACUERDO	
Nivel de acuerdo	1	2	3	4	5
Utilizaría con frecuencia el programa				x	
Encontré el programa muy complejo	x				
Fue fácil utilizarlo					x
Necesitaría de un experto para utilizarlo	x				
Las diversas funciones están bien integrados					x
Hubo demasiada inconsistencia visual	x				
Lo encontré muy difícil de usar	x				
Las personas lo aprenderían a usar rápidamente					x
Me sentí muy confiado en la navegación					x
Necesitaría aprender más antes de utilizarlo	x				