

CIS1630AP05

RecuperApp: Aplicación móvil para el seguimiento en la rehabilitación cardiaca de pacientes del Hospital San Ignacio

José Miguel Sánchez Sanabria

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA DE SISTEMAS
BOGOTÁ, D.C.
2016

CIS1630AP05

RecuperApp: Aplicación móvil para el seguimiento en la rehabilitación cardiaca de pacientes del Hospital San Ignacio

Autor:

José Miguel Sánchez Sanabria

MEMORIA DEL TRABAJO DE GRADO REALIZADO PARA CUMPLIR UNO
DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO DE
SISTEMAS

Director

Rafael Andrés González Rivera

Asesor

Wilson Ricardo Bohórquez Rodríguez

Jurados del Trabajo de Grado

Alexandra Pomares Quimbaya

Leonar Giovanni Aguilar Martínez

Página web del Trabajo de Grado

<http://pegasus.javeriana.edu.co/~CIS1630AP05>

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA DE SISTEMAS
BOGOTÁ, D.C.
11,2016

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA DE SISTEMAS**

Rector Magnífico

Jorge Humberto Peláez Piedrahita, S.J.

Decano Facultad de Ingeniería

Ingeniero Jorge Luis Sánchez Téllez

Director de la Carrera de Ingeniería de Sistemas

Ingeniera Mariela Josefina Curiel Huérfano

Director Departamento de Ingeniería de Sistemas

Efraín Ortiz Pabón

Artículo 23 de la Resolución No. 1 de Junio de 1946

“La Universidad no se hace responsable de los conceptos emitidos por sus alumnos en sus proyectos de grado. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y la moral católica y porque no contengan ataques o polémicas puramente personales. Antes bien, que se vean en ellos el anhelo de buscar la verdad y la Justicia”

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi director de tesis Rafael Andrés González Rivera, quien confió en mí, a pesar de no haber tenido algún contacto conmigo previo al trabajo de grado, dándome la oportunidad de trabajar con él, regalándome su tiempo y conocimiento.

Agradezco al profesor titular de cardiología Wilson Ricardo Bohórquez Rodríguez, quien me permitió trabajar con él y estuvo dispuesto a colaborarme durante mi trabajo de grado.

Agradezco a mi familia quienes siempre me han apoyado sin importar las circunstancias.

CONTENIDO

CONTENIDO	V
INTRODUCCIÓN	1
I - DESCRIPCIÓN GENERAL	3
1. OPORTUNIDAD, PROBLEMÁTICA, ANTECEDENTES	3
1.1. <i>Formulación del problema que se resolvió</i>	4
1.2. <i>Justificación del problema</i>	4
1.3. <i>Impacto Esperado</i>	5
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
2.1. <i>Objetivo general</i>	5
2.2. <i>Objetivos específicos</i>	5
3. METODOLOGÍA	6
I. <i>Fase de Investigación</i>	7
II. <i>Fase de Diseño y Desarrollo</i>	8
III. <i>Fase de Validación</i>	9
II – MARCO TEÓRICO	11
1. MARCO CONCEPTUAL.....	11
<i>El corazón</i>	11
<i>Enfermedades cardiacas</i>	11
<i>Insuficiencia Cardiaca</i>	12
<i>Síntomas de la insuficiencia cardiaca</i>	12
<i>Tratamientos de la insuficiencia cardiaca</i>	13
<i>Telemedicina</i>	15
<i>Telemedicina en la Insuficiencia cardiaca</i>	15
2. MARCO CONTEXTUAL.....	16
<i>Trabajos Importantes en el área</i>	16
III – ANÁLISIS	22
1. OBTENCIÓN DE REQUERIMIENTOS	22
2. CASOS DE USO	23
3. REQUERIMIENTOS	26
<i>Requerimientos Funcionales</i>	26
<i>Priorización de Requerimientos</i>	30
<i>Requerimientos no funcionales</i>	34
<i>Meta-Requierimientos y Meta-Diseño</i>	35
4. RESTRICCIONES.....	36

IV – DISEÑO	37
1. DISEÑO GENERAL DEL PROYECTO	37
<i>Casos de Uso</i>	37
<i>Arquitectura</i>	38
<i>Vista Física:</i>	40
<i>Vista de Componentes:</i>	41
<i>Componentes del servidor:</i>	41
<i>Componentes dispositivo móvil</i>	43
<i>Vista de diagramas de clase</i>	44
<i>Procesos del sistema</i>	52
2. HERRAMIENTAS Y FRAMEWORKS UTILIZADOS	56
<i>Criterios de Elección</i>	57
V – DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	60
1. METODOLOGÍA	60
2. FUNCIONALIDADES DE LOS APLICATIVOS REALIZADOS	62
3. ESTÁNDARES UTILIZADOS EN EL TRABAJO DE GRADO	70
VI – RESULTADOS	71
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	71
VI – CONCLUSIONES	73
1. ANÁLISIS DE IMPACTO DEL DESARROLLO	73
2. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	74
IV- REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	76
IV - ANEXOS	84
ANEXO 1. GLOSARIO	84
ANEXO 2. ESTADO DEL ARTE.....	84
ANEXO 3. SRS.....	84
ANEXO 4. REQUERIMIENTOS.....	84
ANEXO 5. CASOS DE USO.....	84
ANEXO 6. ENCUESTAS	84

ANEXO 7. SDD	84
ANEXO 8. DIAGRAMAS DE CLASES	84
ANEXO 9. DESPLIEGUE	84
ANEXO 10. DIAGRAMA DE COMPONENTES	84
ANEXO 11. META-REQUIERIMIENTOS Y META-DISEÑO	84
ANEXO 12. CÓDIGO FUENTE	84
ANEXO 13. EJECUTABLES	84
ANEXO 14. MANUALES DE USUARIO.....	84
ANEXO 15. MANUALES DE INSTALACIÓN	84
ANEXO 16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXO 17. POSTER.....	84
ANEXO 18. PROPUESTA	84

ABSTRACT

Heart failure is a disease with a considerable impact on the population, therefore the rehabilitation of these patients is an activity that concerns hospitals, often with numerous staff dedicated to their rehabilitation and with identified weaknesses in terms of the patients' following proper treatment or professionals having updated information as to their progress. This work advances on the use of mobile apps for telemedicine, particularly for (self-)monitoring with the aim of providing a tool that can help both patients and professionals keep track of the treatment and the patient progress. A prototype, RecuperApp, has been developed and validated with the heart failure clinic of a university hospital.

RESUMEN

La falla cardiaca es una enfermedad de considerable impacto en la población, por tanto, la rehabilitación de sus pacientes es una actividad de importancia para hospitales que usualmente deben dedicar personal a la rehabilitación de dichos pacientes, esto con debilidades identificadas en términos del seguimiento del tratamiento por parte de los pacientes, así como de la disponibilidad de información actualizada respecto de su progreso para los profesionales. Este trabajo avanza en el uso de aplicaciones móviles para telemedicina, particularmente para el (auto-)seguimiento con el fin de proveer una herramienta que pueda ayudar tanto a pacientes como profesionales monitorizar el tratamiento y el progreso del paciente. Un prototipo, RecuperApp, ha sido desarrollado y validado con la clínica de falla cardiaca de un hospital universitario.

INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el desarrollo y resultados del trabajo de grado “RecuperApp: Aplicación móvil para el seguimiento en la rehabilitación cardiaca de pacientes del Hospital San Ignacio”.

Para contextualizar, RecuperApp fue el resultado de una prueba de concepto para resolver la problemática en torno al seguimiento de pacientes con falla cardiaca, en la clínica de falla cardiaca del Hospital San Ignacio.

Para entender un poco de la problemática de fondo en la falla cardiaca (también llamada insuficiencia cardiaca), en el año 2015 más de 20 millones de personas en el mundo padecieron de insuficiencia cardíaca (“Annual Report 2015,” 2015) y se tiene previsto que para el año 2030, ese número aumente en más de un 25% (“Annual Report 2015,” 2015). Así como también se adelantó, que para años posteriores al 2015, 1 de cada 5 adultos mayores de 40 años sufrirían de esta condición. Además, la insuficiencia cardiaca para este año causó entre 2 y 3 veces más muertes que los cánceres avanzados (“Annual Report 2015,” 2015) .

Para lidiar con esta problemática los hospitales grandes cuentan con clínicas especializadas de falla cardiaca, cuya actividad involucra a los médicos especialistas, a los profesionales de enfermería y a los pacientes mismos. Por consiguiente, partiendo de la premisa de que la telemedicina y las aplicaciones móviles presentan un soporte cada vez mayor ante esta situación, se hizo una exploración en cuanto al apoyo que los dispositivos y aplicaciones móviles pueden brindar en la efectividad de la clínica, especialmente en términos de la adherencia al tratamiento y su consecuente disminución en los graves y costosos reingresos de pacientes.

En efecto, RecuperApp se propone como una aplicación móvil diseñada para pacientes con falla cardiaca, la cual está apoyada por un aplicativo web dirigido al personal médico y de enfermería. A nivel general, el aplicativo móvil permite capturar datos involucrados en el seguimiento de pacientes con falla cardiaca, utilizando datos registrados por el mismo usuario, así como datos capturados por los sensores del dispositivo móvil. Además, por un lado, el aplicativo permite orientar al paciente sobre los cuidados que debe tener, dada su afección. Por

otro lado, el aplicativo web, permite a los médicos y enfermeras dar un seguimiento a los pacientes, evidenciando los datos registrados por los pacientes y permitiendo sistematizar su tratamiento personalizado (por ejemplo, la toma de medicamentos).

I - DESCRIPCIÓN GENERAL

1. Oportunidad, Problemática, Antecedentes

La rehabilitación de pacientes tras un infarto del miocardio es una actividad permanente y fundamental para el área de cardiología de un hospital. Esta involucra a los médicos especialistas, a los profesionales de enfermería y a los pacientes mismos. Por ende, en este trabajo de grado se exploró el apoyo que los dispositivos y aplicaciones móviles podían brindar en este proceso (Brooks et al., 2015; Varnfield et al., 2014). Esta tecnología puede lograr un seguimiento más sistemático en los pacientes, asociado a otras ventajas, como disminuir la carga sobre el personal de enfermería y ofrecer a los médicos especialistas la posibilidad de hacer un seguimiento detallado con datos generados automáticamente por aplicativos móviles, así como datos registrados por los mismos pacientes, tanto a nivel individual como poblacional.

Los sensores y características de los dispositivos móviles son cada vez más usados en el mundo para hacer más efectivo el tratamiento de este tipo de condiciones, particularmente crónicas. Para el caso de la rehabilitación de pacientes cardíacos, esto facilita el apoyo en actividades físicas (cortas caminatas, banda caminadora, entre otras) que tienen una efectividad demostrada en la reducción de mortalidad y morbilidad, pero que en la práctica no son realizadas con la intensidad y rigor requeridos (Varnfield et al., 2014). Un dispositivo móvil puede brindar apoyo en el seguimiento de los ejercicios (por ejemplo, el conteo de pasos), pero además amplifica su utilidad al complementar el tratamiento con el seguimiento de rutinas (con recordatorios), seguimiento por parte de los médicos e incluso con contenido adicional educativo o informativo que el paciente puede acceder directamente.

En el marco de esta problemática, el contexto específico de aplicación fue el Hospital San Ignacio, donde el personal de enfermería debe supervisar pequeñas caminatas al interior del recinto para pacientes que han sufrido infartos de miocardio. Tal actividad debe registrar el avance de estos pacientes en cuanto a su recuperación, contando los pasos dados y midiendo las distancias recorridas (Moyano, Mansilla, Quesada, Quiroga, & Moreno, 2007). La anterior actividad de enfermería repercute en actividades del personal médico del hospital, puesto que

este registro de actividades físicas se realiza con el fin de que el personal médico pueda llevar un seguimiento de los pacientes en cuanto al avance en la recuperación de estos.

Por tanto, es de interés del Hospital contar con una solución tecnológica que permita la recolección de datos a partir de caminatas realizadas por los pacientes (utilizando sensores embebidos en los dispositivos móviles), tanto en el hospital, cómo en casa, una vez se dieran de alta. Además, también es de interés obtener datos ingresados por los pacientes en cuanto a sus síntomas presentados y al registro periódico de variables fisiológicas como peso. Esto se pensó con el fin de hacer un seguimiento médico de los pacientes, utilizando los datos obtenidos para analizar rutinas de caminatas y llevar a cabo un control de medicamentos en los pacientes, según la etapa del tratamiento de estos últimos.

1.1. Formulación del problema que se resolvió

¿Cómo una aplicación móvil puede apoyar a pacientes en su rehabilitación cardiaca?

1.2. Justificación del problema

Dada una necesidad que se tenía por parte del Hospital San Ignacio, de llevar a cabo un seguimiento de pacientes que habían sufrido infartos de miocardio, se necesitaba una solución tecnológica que les brindara un apoyo automatizado en el seguimiento y registro en el avance de salud de los pacientes. Lo anterior, con el apoyo del conocimiento médico especializado, a la par con el uso de tecnologías emergentes y dinámicas (móviles), que además se pudiera complementar a futuro, con los estudios y resultados asociados al uso de esta nueva tecnología, por parte del personal médico y de enfermería del Hospital San Ignacio.

Por ende, además de la necesidad que se tenía de encontrar una solución tecnológica que brindara apoyo al hospital San Ignacio, se debía abstraer la metodología y las características del artefacto. Esto, para contribuir un primer prototipo funcional como prueba de concepto, pero también plasmar el conocimiento general del proceso y del producto: design process knowledge y design product knowledge como abstracciones (Walls, Widmeyer, & El Sawy, 1992). De esta manera, no solo se agrega rigor y transparencia al diseño efectuado, sino que se brinda conocimiento prescriptivo para poder dar continuidad al ejercicio, dando cuenta de las especificidades del desarrollo de aplicaciones móviles en el contexto médico, sumado a los diseños elaborados

para su desarrollo. De igual manera, el artefacto resultante debía ofrecer una arquitectura que permita soportar esta continuidad a través de un diseño extensible.

1.3. Impacto Esperado

Dados los resultados obtenidos en el desarrollo en el trabajo de grado, el impacto que se espera a corto plazo (específicamente para el año entrante, es decir, el 2017) es dar continuidad en la expansión de funcionalidades de la aplicación, sumado a una validación con pacientes (por ahora la validación de utilidad potencial se limita a profesionales expertos). A mediano plazo se espera que la aplicación ratifique la ventaja del seguimiento de pacientes post cardiacos por medio de soluciones móviles y se utilice como una herramienta tecnológica viable y estable por parte de médicos cardiólogos y pacientes del Hospital San Ignacio. Por último, según los resultados obtenidos en la clínica de falla cardiaca del Hospital San Ignacio, se espera dar validez al uso de esta tecnología en el seguimiento de pacientes cardiacos y así, expandir el conocimiento y herramientas asociadas, en el contexto general del seguimiento de pacientes cardiacos en las demás entidades que atiendan esta problemática, la cual es de carácter global.

2. Descripción del Proyecto

A continuación, se muestra el objetivo general que se realizó en el trabajo de grado, junto a los objetivos específicos.

2.1. Objetivo general

Desarrollar el prototipo de una aplicación móvil que soporte el seguimiento de la rehabilitación cardíaca de pacientes del Hospital San Ignacio.

2.2. Objetivos específicos

1. Identificar y priorizar los requerimientos de seguimiento de rehabilitación cardíaca en el hospital.
2. Diseñar la arquitectura y componentes de una aplicación móvil que soporte los requerimientos prioritarios.

3. Implementar un prototipo funcional de una aplicación móvil de seguimiento de pacientes que han sufrido infartos de miocardio de acuerdo al diseño previo.
4. Realizar validación del prototipo funcional.

3. Metodología

Como se anticipaba un proceso de definición y priorización conjunta de necesidades y posibilidades, implicando cambios constantes en los requerimientos de los stakeholders y su retroalimentación, se utilizó la metodología ágil e iterativa SCRUM, la cual suplía las necesidades del negocio, sin dejar de lado documentaciones formales necesarias para dar continuidad al desarrollo entregado. Además, también se tuvo en cuenta que es una metodología empírica, dada la poca experiencia en proyectos reales por parte del autor antes de realizar el trabajo de grado, por ende, se requería del aprendizaje en el camino, a medida que se avanzara en el proyecto.

Tratándose de un proyecto llevado a cabo por una sola persona, se hicieron ajustes a la metodología. Tales ajustes consistieron en no contar con equipos de desarrollo, roles específicos ni reuniones entre miembros implicados en el desarrollo. Esta metodología abarcó las diferentes fases de desarrollo y fue iterando sobre las fases propuestas, a medida que avanzó el proyecto.

Según la metodología seleccionada, se explican a continuación las fases realizadas. Inicialmente, se contó con una fase de investigación previa, seguida de diseño, desarrollo y validación. La primera fase consistió en la obtención de los requerimientos más críticos del proyecto, además de haber realizado una indagación técnica en cuanto a mecanismos existentes para la implementación de los requerimientos críticos anteriormente mencionadas.

Una vez se realizó la fase de investigación, se continuó con las siguientes fases iterando sobre ellas (realizándolas varias veces en conjunto), tales fases fueron las fases de diseño, desarrollo y validación. Para la realización de las fases anteriormente mencionadas, se planeó cada iteración, seleccionando los requerimientos de mayor relevancia a tratar durante la iteración, teniendo en cuenta herramientas y prerequisites construidos, necesarios para su realización durante la iteración. Una vez planeadas las iteraciones, se ejecutaron tales iteraciones, realizando las fases de diseño, desarrollo y validación.

Por último se realizó una fase de abstracción en la que los requerimientos específicos y las decisiones de diseño específicas se generalizaron a meta-requerimientos y meta-diseño (Markus, Majchrzak, & Gasser, 2002), para ofrecer lineamientos en la continuidad del proyecto o inclusive, desarrollar aplicaciones similares en otros contextos médicos.

I. Fase de Investigación

Método

La metodología aplicada en esta fase consistió en la exploración (Arias, 2012) la cual permitió la familiarización con el problema enfrentado, se indagó la problemática a resolver, es decir, los tratamientos y métodos de seguimiento que se realizaban en pacientes que padecieron infartos de miocardio, además se realizaron entrevistas a profesionales de cardiología y de enfermería, donde se conocieron los métodos de seguimiento en pacientes post cardiacos del Hospital San Ignacio. Con lo anterior, se abstraigo un conocimiento más amplio sobre el resultado al que se llegó, con una visión más aterrizada sobre la problemática.

Actividades

A modo de resumen, se mencionan las actividades que se realizaron en esta fase:

- Búsqueda de tratamientos a pacientes que padecieron infartos de miocardio.
- Búsqueda de métodos de seguimiento en pacientes que padecieron infartos de miocardio.
- Documentación del conocimiento adquirido a partir de la búsqueda de información.
- Documentación del conocimiento adquirido a partir de entrevistas a profesionales de cardiología y enfermería.

Actividades relacionadas con el análisis de requerimientos:

- Especificación de requerimientos iniciales
- Filtrar requerimientos por funcionalidades implicadas en el alcance

- Priorización de los requerimientos

Resultados

La realización de las anteriores actividades dio como resultado:

- Documento del estado del arte.
- Documentación de requerimientos, según el estándar “Software Requirements Specification (SRS)”.

Cumpliendo con el objetivo específico:

1. Identificar y priorizar los requerimientos de seguimiento de rehabilitación cardíaca en el hospital.

II. Fase de Diseño y Desarrollo

Método

Esta fase consistió en analizar los requerimientos a desarrollar durante la iteración, abstrayéndolos en patrones de diseño de software, los cuales otorgaron un fácil entendimiento del software y permitieron una escalabilidad del software a futuro (“What is UML | Unified Modeling Language,” 2015). Teniendo el diseño del software, se realizó la documentación, según el estándar “Software Design Description (SDD)”. Con el diseño obtenido se procedió a realizar un prototipo funcional de la aplicación, de acuerdo al diseño previo, implementando funcionalidades según los requerimientos más importantes obtenidos a partir de la priorización de requerimientos realizada con anterioridad. Cabe mencionar la utilización de componentes existentes, puesto que, por ser una metodología ágil, priman los tiempos de desarrollo sobre soluciones propias a la problemática.

Actividades

A modo de resumen, se mencionan las actividades que se realizaron en esta fase:

- Realización de diagramas UML perfilados para sistemas móviles (Sang Hwan, 2013) que permitieron abstraer los componentes de software a realizados
- Diseño de interfaces de usuario
- Crear un prototipo funcional del software
- Diseño de manuales de usuario

Resultados

La realización de las anteriores actividades dio como resultado:

- Documentación del Software Design Description (SDD)
- Código fuente del prototipo funcional
- Software ejecutable del prototipo funcional
- Manual de usuario del prototipo funcional

Cumpliendo con los objetivos específicos:

2. Diseñar la arquitectura y componentes de una aplicación móvil que soporte los requerimientos prioritarios.
3. Implementar un prototipo funcional de una aplicación móvil de seguimiento de pacientes que han sufrido infartos de miocardio de acuerdo al diseño previo.

III. Fase de Validación

Método

Como la aplicación se contempló para suplir las necesidades de unos stakeholders, específicamente personal médico y de enfermería involucrados en la investigación, se hicieron validaciones según los conceptos dados por estas personas, quienes dieron un visto bueno de las capacidades del software. Cabe mencionar se realizó una prueba de concepto y, por tanto, no

se validó en pacientes, puesto que, tales validaciones en pacientes se planearon para ser realizadas en una siguiente fase de la investigación.

Una vez obtenida la validación del prototipo funcional, se procedió a abstraer el diseño de software (SDD) en meta-diseño y los requerimientos especificados (SRS) en meta-requerimientos. Por último, se documentó la memoria del trabajo de grado.

Actividades

A modo de resumen, se mencionan las actividades que se realizaron en esta fase:

- Prueba del prototipo funcional.
- Documentación del meta-diseño
- Documentación de los meta-requerimientos
- Documentación de la memoria del trabajo de grado

Resultados

La realización de las anteriores actividades dio como resultado:

- Informe de Validación
- Meta-diseño
- Meta-requerimientos
- Memoria del trabajo de grado

Cumpliendo con el objetivo específico:

4. Realizar validación del prototipo funcional.

II – MARCO TEÓRICO

1. Marco Conceptual

Con el contenido a continuación se pretende que el lector entienda todos los conceptos básicos en torno a la problemática detrás del trabajo de grado, exponiendo los conceptos desde la parte médica y tecnológica, además de la vinculación entre ambos en el caso del Hospital San Ignacio.

El corazón

El corazón es un músculo situado en el tórax, el cual posee cuatro cavidades, dos superiores (aurículas) y dos inferiores (ventrículos), este funciona al obtener sangre procedente de las venas para luego ingresarla en sus cavidades y seguidamente contraerse y relajarse (latidos), con el fin de bombear sangre a los pulmones y el resto del cuerpo (“Acerca de la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir,” 2016).

Enfermedades cardíacas

El corazón en ocasiones sufre de enfermedades, las cuales abarcan varios tipos de condiciones cardíacas, como la enfermedad de arteria coronaria, infartos de miocardio, síndrome de coronario agudo, angina, aneurisma aortica, arritmias, cardiomiopatía, falla cardíaca, cardiopatía reumática, entre otras (“Heart Health Information: About Heart Disease | cdc.gov,” 2015).

Estas enfermedades cardíacas, comúnmente llamadas enfermedades cardiovasculares, generalmente abarcan vasos sanguíneos estrechos o bloqueados, los cuales, pueden repercutir en ataques al corazón, pero además incluyen, dolor en el pecho, derrames cerebrales y condiciones que afectan el músculo del corazón, válvulas o el ritmo cardíaco (Mayo Clinic Staff, 2014).

Como ejemplo, una de las enfermedades del corazón más común, es la enfermedad de las arterias coronarias, causante principal de muertes en Estados Unidos, para la fecha. Esta enfermedad aparece cuando las arterias que suministran sangre al corazón, se endurecen y se encogen, debido a la acumulación de colesterol y otros materiales (placa) en las paredes de la arteria. (“Enfermedad de las arterias coronarias,” 2016).

Insuficiencia Cardíaca

Una de estas condiciones derivadas de enfermedades cardíacas es la insuficiencia cardíaca. En la insuficiencia cardíaca, el músculo del corazón (miocardio) se ve afectado, siendo muy rígido o débil, perjudicando el bombeo de sangre debido a la incapacidad de contraerse con suficiente fuerza, dando como resultado, bombear menos sangre al cuerpo, esto es llamado insuficiencia cardíaca sistólica, así como, problemas debido a la dificultad para llenarse de un modo suficiente de sangre debido a la rigidez del miocardio, esto es llamado insuficiencia cardíaca diastólica (“Acerca de la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir,” 2016, “Generalidades sobre la insuficiencia cardíaca,” 2015).

Con la intención de asimilar un poco sobre la problemática en torno a la insuficiencia cardíaca, en el año 2015 más de 20 millones de personas en el mundo padeció de insuficiencia cardíaca (“Annual Report 2015,” 2015) y se tenía previsto que para el año 2030, ese número aumentaría en más de un 25% (“Annual Report 2015,” 2015). Así como también se tenía previsto que, para años posteriores al 2015, 1 de cada 5 adultos mayores de 40 años sufrirían de esta condición. Además, la insuficiencia cardíaca para este año causó entre 2 y 3 veces más muertes que los cánceres avanzados (“Annual Report 2015,” 2015).

Síntomas de la insuficiencia cardíaca

Para entender cómo se ve afectada una persona con insuficiencia cardíaca, se enunciarán los síntomas que presentan las personas bajo esta afección:

Dolor torácico en modo de malestar, presión, gas o dolor sordo, considerado un síntoma grave (“Dolor torácico,” 2016). Ahogo o dificultad en la respiración (disnea) al estar tumbados, puesto que el líquido en los pulmones, no es evacuado hacia la parte inferior (congestión) (“Se despierta por disnea/necesita más almohadas,” 2016).

Desvanecimiento o mareo, a causa del descenso de flujo sanguíneo cerebral por ritmos cardíacos lentos o rápidos, llegando a causar, pedidas del conocimiento (“Desvanecimiento o mareo,” 2016).

Palpitaciones a causa de, aceleración del corazón, latidos irregulares con potencias irregulares debido a que el corazón trata de contrarrestar su menor capacidad de bombear sangre (“Palpitaciones,” 2016).

Tos o sibilancias (ruido en forma de silbido en los pulmones) debido a la acumulación de líquido o congestión en los pulmones, creando un mayor esfuerzo para respirar (“Tos,” 2016).

Aumento rápido de peso, por causa de retención de líquido alrededor del cuerpo, el cual es un factor diferente al aumento de peso por dietas hipercalóricas y además se pueden evidenciar aumentos repentinos del peso (“Aumento rápido de peso,” 2016).

Hinchazón o dolor en el abdomen por acumulación de líquido, además de congestión en el hígado y el intestino (“Hinchazón o dolor en el abdomen,” 2016).

Hinchazón de las piernas o los tobillos, dado que, el corazón no puede bombear con suficiente fuerza, causando estancamiento de líquido en la zona inferior del cuerpo, debido a la reducción de flujo sanguíneo sumado a la mayor presión en esta zona por aumento de presión por causa de la gravedad (“Mayor hinchazón de las piernas o los tobillos,” 2016).

Inapetencias y náuseas, a causa de molestias gástricas, incluso, habiendo comido poco, por acumulación de líquido en el hígado e intestino, dificultando la digestión, cabe aclarar que, estos síntomas también se presentan por efectos secundarios a causa de medicamentos (“Inapetencia/náuseas,” 2016).

Aumento de la fatiga, cansancio, dificultad para realizar actividades cotidianas o ejercicios. Es uno de los síntomas más frecuentes de la insuficiencia cardíaca (“Aumento de la fatiga,” 2016).

Tratamientos de la insuficiencia cardíaca

A la fecha, se emplean tratamientos o recomendaciones médicas que buscan tratar los síntomas anteriormente mencionados. Los tratamientos o recomendaciones a emplear en pacientes con insuficiencia cardíaca son los siguientes:

Reducir el consumo de líquidos, debido a que el cuerpo retiene más líquidos de los que puede tolerar (retención de líquidos), esto abarca bebidas, hielo y alimentos con humedad como frutas y helado (“Control de la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir,” 2016).

Reducir el consumo de sal, dado que el sodio presente en la sal causa retención de líquido en el cuerpo dando como resultado la dificultad del corazón para bombear, esto incluye alimentos con alto contenido en sal (“Control de la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir,” 2016).

Dieta saludable, decidiendo que alimentos son buenos para el consumo dada la afección y hábitos como el consumo frecuente de comidas, pero en poca cantidad ayudando al menor esfuerzo en la digestión de alimentos aliviando la carga en el corazón.

Evitar el consumo de tabaco y limitar el consumo de alcohol, el consumo de alcohol aumenta la presión sanguínea (“Control de la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir,” 2016).

Hacer ejercicio o estar activo. El músculo cardíaco puede mejorar con el empleo de ejercicio, así como sucede en cualquier músculo. Realizar caminatas puede contribuir al estado muscular del corazón, controlar el peso, la presión arterial y, además, aumentar el estado de ánimo debido a la liberación de señales químicas en el cerebro. Se recomienda empezar con intensidades bajas, e ir aumentando la intensidad paulatinamente (“Control de la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir,” 2016).

Conservar la energía. Las personas que padecen insuficiencia cardíaca poseen una limitación en la cantidad de energía disponible, por ende, es aconsejable priorizar las actividades y labores diarias, para así, cumplir con las labores más importantes en caso de no poder realizar todas las actividades deseadas (“Control de la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir,” 2016).

Contar con un sistema de apoyo. Disponer con personas como pueden ser médicos, cuidadores, amigos, familia y grupos de apoyo, pueden ayudar a tomar decisiones y realizar planes, además de notificar al médico sobre cualquier problema o inquietud que se tenga (“Control de la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir,” 2016).

Vigilar la insuficiencia cardíaca. Es recomendable estar alerta de cambios súbitos en el peso por acumulación de líquido midiendo el peso diario. En caso de ganar más de 2 kilos en 3 días, se recomienda informar a un médico (“Aumento rápido de peso,” 2016). También se recomienda estar pendiente del cambio muy notorio de hinchazón, dificultades respiratorias, cansancio y mareos (“Herramientas y recursos sobre la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir,” 2016).

Análisis de sangre en búsqueda del correcto funcionamiento de los riñones y el hígado. Electrocardiogramas para analizar si el corazón late demasiado rápido o despacio. Ecocardiograma con el fin de analizar la eficiencia de bombeo, el tamaño y el estado de las válvulas del corazón (“Control de la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir,” 2016).

Controlar la medicación. Debido a la condición de la insuficiencia cardíaca, normalmente se recetan diferentes medicamentos, por tanto, se deben tomar algunas medidas, como, tener en cuenta lo qué se está ingiriendo y con qué frecuencia, igualmente tomar los medicamentos a la hora indicada y notificar al médico si los medicamentos le están haciendo sentir mal (“Herramientas y recursos sobre la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir,” 2016).

Entre otros consejos están, mantener las piernas elevadas, tomar descansos frecuentes y evitar ponerse de pie rápidamente o realizar vueltas apresuradamente (“Herramientas y recursos sobre la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir,” 2016).

Telemedicina

Para entrar en el tema tecnológico, se tomó en cuenta el tema telesalud (comúnmente llamado telemedicina). La telemedicina hace uso de comunicaciones electrónicas, con el fin de ofrecer servicios de atención médica. Estos servicios se ofrecen a través de dispositivos electrónicos, como pueden ser computadores, teléfonos inteligentes y demás. Dentro de las posibilidades que ofrece la telemedicina están algunas, como vigilar remotamente los signos vitales de pacientes, el uso de medicamentos de estos últimos, enviar resultados médicos remotamente, seguimiento de pacientes a partir de valores registrados en sus dispositivos móviles, educación para la salud y la atención médica utilizando videoconferencias, chats, correos electrónicos y mensajes de texto, entre otros (“Telesalud,” 2016).

Como ventajas en el empleo de la telemedicina están el acceso remoto a pacientes en áreas rurales, centros médicos fuera del alcance geográfico o inclusive dentro de los mismos centros de salud. Así mismo, recurrir al personal de salud por parte de pacientes con discapacidades, entre otras dificultades, que obstaculizan su acceso a centros de salud. Además, permite la reducción costos asociados a los tiempos y espacios necesarios en la práctica médica, y en transporte o ausencias laborales por parte de los pacientes.

Telemedicina en la Insuficiencia cardíaca

La telemedicina resuelve problemáticas médicas de varias índoles, pero el enfoque a continuación a exponer, va encaminado hacia la telemedicina en la insuficiencia cardíaca. La realización de ejercicio en pacientes cardíacos es altamente recomendable, pero en muchos casos, está pobremente implementada dentro de los hospitales, debido a factores como logística, rechazo

de dejar el hogar, ansiedad, depresión y dificultades asociadas a la incorporación de ejercicios del hospital en la vida diaria. Es por esto que, a la fecha, se ha venido tratando de incorporar las actividades físicas de pacientes cardíacos a sus hogares. También se ha implementado la telemedicina para monitorear los pacientes utilizando desde llamadas telefónicas, hasta la obtención de datos provenientes de dispositivos implantados en los pacientes, como dispositivos cardiovasculares, permitiendo a los médicos obtener avisos premeditadamente sobre el estado de los pacientes, lo cual les permite hacer una intervención temprana. Por último, también se ha empleado la medición de movimientos de los pacientes, utilizando sensores de movimientos, incluso los incorporados en dispositivos móviles (Piotrowicz et al., 2016).

Como resultado de los trabajos hechos en telemedicina en pacientes cardíacos, se ha demostrado que los pacientes aceptan muchos modelos de telemedicina en casa, obteniendo una buena adherencia al tratamiento, en concreto un 100% en la adherencia al tratamiento en pacientes cardíacos empleando telemedicina con respecto a un 87% en pacientes utilizando rehabilitaciones en los hospitales sin hacer uso de telemedicina (Piotrowicz et al., 2016). También se ha demostrado que la rehabilitación en casa utilizando el monitoreo de la frecuencia cardíaca, mantiene una mejora en el consumo de oxígeno (Piotrowicz et al., 2016).

2. Marco Contextual

Mencionados los usos que se le puede dar a la telemedicina en pacientes con insuficiencia cardíaca, se exponen a continuación trabajos realizados en cuanto a la insuficiencia cardíaca empleando teléfonos inteligentes:

Trabajos Importantes en el área

Smartphone-based home care model improved use of cardiac rehabilitation in postmyocardial infarction patients: results from a randomized controlled trial: Este trabajo de investigación se realizó con el fin de dar un seguimiento en casa de pacientes que han sufrido infartos de miocardio y poder comprobar la viabilidad de utilizar soluciones tecnológicas en el seguimiento remoto en la recuperación de estos, para tal fin, se utilizaron soluciones móviles utilizando las siguientes aplicaciones WellnessDiary de Nokia y StepCounter de Nokia, sobre la plataforma móvil Symbian en un Smartphone Nokia N96 además de otros dispositivos como un monitor de presión sanguínea y una balanza electrónica. El trabajo se realizó con el fin de

validar la viabilidad de una solución tecnológica para el seguimiento de pacientes post cardiacos, pero no se realizó con el fin de llegar a una solución adecuada, es decir, se adaptaron distintos softwares al estudio para poder realizarlo, pero no se pensó en un software hecho exclusivamente para tal fin, esto se muestra al utilizar distintos softwares con ciertas funcionalidades en cada uno, funcionando en plataformas obsoletas. Como el trabajo de investigación del Hospital San Ignacio tendrá requerimientos específicos a solventar, es necesario crear un software que se pueda adaptar según las necesidades de los médicos, en vez de, obligar a los médicos a buscar distintas soluciones tecnológicas que traten en lo posible suplir las necesidades del trabajo de investigación (Varnfield et al., 2014).

Accuracy and Usability of a Self-Administered 6-Minute Walk Test Smartphone Application: En este trabajo se construyó una aplicación para registrar las caminatas de pacientes que han sufrido ataques al corazón, tal registro se limitó al conteo de pasos dados y el cálculo de distancias recorridas en las caminatas, pero debido al fin con que fue concebida, solo se limitó al registro de pasos y distancias en pacientes, por ende, para el estudio que se quería efectuar en el Hospital San Ignacio, la aplicación estaba muy limitada en cuanto a las funcionalidades que se implementaron en la aplicación realizada, la cual, además de registrar los datos de las caminatas en los pacientes, contiene otras funcionalidades importantes para el tratamiento (Brooks et al., 2015).

Airmed-Cardio: A GSM and Internet Services-Based System for Out-ofHospital Follow-Up of Cardiac Patient: Este trabajo fue una plataforma creada para dar seguimiento extra hospitalario en pacientes, por medio de soluciones tecnológicas, incluidas soluciones móviles, dónde los médicos podían, por medio de una plataforma web, dar seguimiento, control y administración de la información enviada por los pacientes desde sus dispositivos móviles. Las limitaciones de esta plataforma estaban en torno a la manera en que se daba el seguimiento del estado físico en los pacientes, puesto que, se realizaba por medio de cuestionarios en sus dispositivos móviles sobre síntomas y resultados obtenidos en dispositivos de medición del ritmo cardiaco, peso y tensión arterial, pero no en mediciones sobre las actividades físicas como caminatas de los pacientes, así como en el control de medicamentos en estos últimos. Lo que se traduce en que, el objetivo solo estaba limitado a dar un seguimiento del estado de los pacientes, pero no se tuvo en cuenta un método para la mejora del estado físico del paciente, como puede

ser la realización de caminatas y llevar a cabo un control de medicamentos, además de las limitaciones del Hospital en cuanto a no poder obtener y a la vez, modificar las aplicaciones derivadas de estudio según sus necesidades (“Airmed-cardio: a GSM and Internet services-based system for out-of-hospital follow-up of cardiac patients,” 2005).

The Impact of Telemedicine in Cardiac Critical Care: Este trabajo expuso diferentes soluciones tecnológicas aplicadas en telemedicina para cardiología, dentro de lo que se incluyó, estuvo, el seguimiento de signos vitales de forma remota en los pacientes (los pacientes se encargaban de realizar sus chequeos por medio de dispositivos conectados a sus teléfonos inteligentes y en algunos casos guiados por medio de video llamadas), incluyendo lecturas del pulso cardiaco, presión arterial, electrocardiogramas, saturación de oxígeno en sangre, entre otros. Lo anterior con el fin de detectar situaciones de riesgo en los pacientes y poder dar una alerta temprana a los hospitales. En el trabajo también se incluyó consultas médicas por medio de llamadas. Al igual que “Airmed-Cardio” el objetivo solo se limitó a dar un seguimiento del estado de los pacientes en términos de signos vitales, pero no se tuvo en cuenta un método para la mejora del estado físico del paciente, como puede ser la realización de caminatas, además de las limitaciones del Hospital en cuanto a no poder obtener y a la vez, modificar las aplicaciones derivadas de estudio según sus necesidades (Raikhelkar & Raikhelkar, 2015).

Heart Failure Health Storylines mobile app: Esta aplicación cuenta con la posibilidad de llevar un auto seguimiento de medicamentos, síntomas presentados, signos vitales, estado emocional y actividad física, además permite llevar a cabo un auto control de medicamentos y agendamiento de citas médicas. La aplicación está disponible tanto para la plataforma iOS como Android, pero tiene algunas carencias en cuanto a lo que se pretende implementar en el Hospital San Ignacio, por una parte, no cuenta con el registro automatizado de caminatas en pacientes, a pesar de que se tiene una agenda de rutinas diarias, estas se deben ingresar de forma manual, como segunda medida, el control de medicamentos cuenta con recordatorios, pero tales recordatorios funcionan por medio de notificaciones en vez de alarmas, además, la aplicación solo cuenta con auto seguimiento, por tanto, no tiene una conexión a aplicaciones o sistemas externos de seguimiento por la parte médica, que permitan la obtención de los datos capturados por los pacientes y así dar un seguimiento remoto de los pacientes para realizar un análisis posterior de datos capturados, por obvias razones, también carece de poder ser acoplada a los

sistemas existentes en el hospital, otra limitante es la obligación de contar con conectividad a internet al momento de utilizarla, lo cual limita en gran medida su aplicación dado el tipo de usuario al que se quiere llegar, por último, no es de código abierto, lo que impide alterar la aplicación según las necesidades del Hospital y sus investigaciones (“Patient App,” 2016).

Heart Partner por Novartis: Esta aplicación móvil permite el auto seguimiento de signos vitales, síntomas presentados, estado emocional y actividad física, además permite llevar a cabo un auto control de medicamentos y agendamiento de citas médicas. También ofrece la posibilidad de observar los datos registrados anteriormente mencionados, por medio de otro aplicativo móvil, eso sí, solo se puede registrar un paciente en el segundo aplicativo móvil. El aplicativo tiene muchas similitudes con “Heart Failure Health Storylines mobile app” y así mismo, presenta muchas de sus carencias en cuanto a las necesidades del Hospital San Ignacio, como el registro automatizado de caminatas, las cuales se tienen que ingresar manualmente, además carece de alarmas en cuanto a los recordatorios de medicamentos, la aplicación solo cuenta con auto seguimiento, por tanto, no tiene una conexión a aplicaciones o sistemas externos de seguimiento por la parte médica, que permitan la obtención de datos capturados por los pacientes y así, dar un seguimiento remoto de los pacientes para realizar un análisis posterior de datos capturados, por obvias razones, también carece de poder ser acoplada a los sistemas existentes en el hospital. Adicionalmente, la aplicación móvil solo está para el Sistema operativo iOS, por ende, está limitada en cuanto al público objetivo del Hospital cuya mayoría de pacientes utiliza la plataforma Android y por último, no es de código abierto, lo que impide alterar la aplicación según las necesidades del Hospital y sus investigaciones (“Heart Partner on the App Store,” 2016).

WOW ME 2000mg - Heart Failure Self-management Tool for Patients and Caregivers: La aplicación permite el registro de signos vitales, síntomas presentados, y actividad física. El aplicativo está disponible tanto para la plataforma iOS como Android. En cuanto a carencias en la aplicación está el no poder tener un histórico de datos registrados en la aplicación, es decir, a pesar que diariamente se registran datos, estos son reemplazados por los nuevos datos que se registren, puesto que, no se persisten todos los datos ingresados, igualmente no tiene un control de medicamentos, por último, es una aplicación de auto seguimiento, por ende, no tiene

una conexión a aplicaciones o sistemas externos de seguimiento por la parte médica, que permitan la obtención de los datos capturados por los pacientes, y así, dar un seguimiento remoto de los pacientes para realizar un análisis posterior de datos capturados, por obvias razones, también carece de poder ser acoplada a los sistemas existentes en el hospital y por último, no es de código abierto, lo que impide alterar la aplicación según las necesidades del Hospital y sus investigaciones (“Heart Failure Self-Management App,” 2016).

Según las necesidades del Hospital San Ignacio, se muestra a continuación un listado de los criterios tecnológicos básicos en el aplicativo móvil, necesarios para el seguimiento de pacientes cardiacos del Hospital.

Número	Criterio
1	No necesita conexión a internet
2	Está para la plataforma Android
3	Alimenta a un sistema, para llevar un seguimiento de los pacientes
4	Es de código libre para ser alterado según necesidades actuales y futuras del Hospital
5	Cuenta con funcionalidad de podómetro
6	Cuenta con funcionalidad de asignación de medicamentos en los pacientes remotamente
7	Cuenta con funcionalidad de alarmas
8	Cuenta con registro de síntomas
9	Se puede modificar la lista de síntomas desde un sistema externo
10	Cuenta con agenda de citas médicas
11	Puede ser extensible a otros sistemas
12	Guarda todos los datos ingresados

Tabla 1 Criterios tecnológicos de necesarios

A continuación, una tabla comparativa a manera de resumen entre las soluciones a las cuales se podía tener acceso por parte del Hospital San Ignacio contra la solución realizada, según los criterios del Hospital para el seguimiento en pacientes cardiacos.

Criterio	Heart Failure Health Story-lines mobile app	Heart Partner por Novartis	WOW ME 2000mg	RecuperApp
1	No	Si	Si	Si
2	Si	No	Si	Si
3	No	No	No	Si
4	No	No	No	Si
5	No	No	No	Si
6	No	No	No	Si
7	No	No	No	Si
8	Si	Si	Si	Si
9	No	No	No	Si
10	Si	Si	No	Si
11	No	No	No	Si
12	Si	Si	No	Si

Tabla 2 Comparativa soluciones actuales

Según lo anterior, la prueba de concepto RecuperApp cuenta con un valor agregado, que suplió las necesidades inmediatas en cuanto al seguimiento en pacientes cardiacos del Hospital San Ignacio, además de su extensibilidad en sistemas que tenía el Hospital, sumado a la posibilidad de poder ser alterado según criterios del Hospital posteriores al trabajo de grado.

III – ANÁLISIS

Como primera parte del análisis se expone a continuación el proceso y resultado en la obtención de requerimientos (para más detalle por favor remítase al anexo “SRS”).

1. Obtención de Requerimientos

El proceso en la obtención de requerimientos, se realizó en varias iteraciones, con distintos procesos tanto para la obtención, como para la modificación de estos, como se menciona a continuación.

Como primera medida, el proyecto nació a partir de ciertas necesidades de los médicos y enfermeras de la clínica de falla cardiaca del Hospital San Ignacio, los cuales tenían propuesto unos requerimientos iniciales muy generales, los cuales incluían registros de caminatas de pacientes y asignación de medicamentos en pacientes, pero sin embargo se realizó una investigación de la literatura, para tener más claro el problema a resolver y además poder proponer soluciones nuevas que no se habían tenido en cuenta, aclarando que, todo bajo el visto bueno de la parte médica, como se expone seguidamente.

Para llegar a una primera aproximación a las necesidades de la parte médica, se realizó una consulta de los aspectos relacionados a la parte médica por medio de una escala de Likert (Elejabarrieta & Iñiguez, 2010), para obtener de manera simplificada las necesidades de los médicos y pacientes, y así poder obtener unos requerimientos iniciales del proyecto, es decir, unos requerimientos más claros a los iniciales.

Esta escala de Likert consiste en definir el objeto actitudinal, recolectar enunciados, determinar categorías para los ítems, administrar la escala a una muestra y finalmente realizar un análisis de los ítems (Elejabarrieta & Iñiguez, 2010). Para conocer el proceso anteriormente mencionado por medio de escalas de Likert, por favor, remítase al documento anexo “SRS”

Teniendo la escala de Likert anteriormente mencionada, se procedió a consultar a los stakeholders implicados en el proyecto por medio de la escala de likert, aquellos aspectos de los requerimientos que no pueden ser estimados por los stakeholders implicados en la parte de ingeniería, los cuales estimaron los requerimientos en sus aspectos técnicos de implementación, pero que no tienen el conocimiento de estos en cuanto a utilidad hacia aspectos de seguimiento de

pacientes con insuficiencia cardiaca o necesidades del Hospital San Ignacio las implicaciones de salud o morales que estos requerimientos puedan tener sobre los pacientes.

Teniendo lo anterior, se procedió a abstraer las funcionalidades del proyecto en casos de uso, dando como resultado lo siguiente:

2. Casos de Uso

Lista de Casos de Uso

A continuación, se muestra un listado con la totalidad de los casos de uso obtenidos. Para obtener información detallada referente a cada caso de uso, por favor remítase al documento anexo “Casos de Uso”.

ID	Nombre	Objetivo en Contexto (Resumen):
CU001	Iniciar Sesión	Permitir ingresar a los datos y funcionalidades de la aplicación, al paciente autorizado
CU002	Registrar Caminata	Registrar el número de pasos, la distancia recorrida y el tiempo empleado durante la caminata del paciente.
CU003	Registrar Actividades Físicas	Registrar la realización de una actividad física del paciente, por medio de la captura de imágenes, además del tiempo empleado en la actividad.
CU004	Ingresar Líquidos Consumidos	Permitir al paciente registrar el total de líquido ingerido en el día
CU005	Registrar Actividades Diarias	Permitir al paciente seleccionar y registrar las actividades que ha realizado en el día
CU006	Agendar Cita Médica	Permitir al paciente registrar sus citas médicas junto con su fecha, hora y médico encargado
CU007	Agendar Alarma de Medicamento	Permitir al paciente agendar la hora de ingesta de sus medicamentos asignados con anterioridad por un médico.

CU008	Ingresar Datos	Permitir al paciente registrar diferentes datos como sus síntomas, estado de ánimo, valores fisiológicos y resultados de exámenes médicos.
CU009	Registrar Síntomas	Permitir al paciente registrar sus síntomas presentados en el momento.
CU010	Registrar Estado de Ánimo	Permitir al paciente registrar su estado de ánimo presentado en el momento
CU011	Registrar Variables Fisiológicas	Permitir al paciente registrar valores fisiológicos como peso, frecuencia cardiaca, presión sanguínea y niveles de glucosa obtenidos por medio de dispositivos externos a la aplicación
CU012	Registrar Resultados Exámenes	Permitir al paciente los resultados de sus exámenes médicos.
CU013	Reporte Datos ingresados	Mostrar al paciente un reporte histórico de sus síntomas, variables fisiológicas y estado de ánimo, registrados previamente.
CU014	Consultar Mapa Hospital	Mostrar al paciente un mapa del interior del hospital
CU015	Chat	Permitir al paciente enviar mensajes al médico encargado
CU016	Iniciar Sesión	Permitir ingresar a los datos y funcionalidades de la aplicación, al médico autorizado
CU017	Registrar Paciente	Permitir al médico registrar a los pacientes en el sistema, para que puedan utilizar el aplicativo móvil
CU018	Recuperar Contraseña Paciente	Permitir al médico consultar la contraseña de los pacientes, en caso de que estos olviden la contraseña
CU019	Consultar Datos Pacientes	Permitir al médico obtener los datos ingresados por los pacientes

CU020	Consultar Caminatas	Permitir al médico obtener los datos de las caminatas y actividades físicas de los pacientes
CU021	Consultar Intensidad Prueba de 6 minutos	Sugerir al médico una intensidad en la prueba de caminata del paciente, a partir de los datos de este
CU022	Consultar Síntomas	Permitir al médico obtener los datos de los síntomas de los pacientes
CU023	Consultar Estado de Ánimo	Permitir al médico obtener los datos de los estados de ánimo de los pacientes
CU024	Consultar Variables Fisiológicas	Permitir al médico obtener los datos de las variables fisiológicas de los pacientes
CU025	Consultar Exámenes	Permitir al médico obtener resultados de los exámenes registrados por los pacientes
CU026	Consultar Actividades Diarias	Permitir al médico obtener los datos de las actividades diarias registradas por los pacientes
CU027	Consultar Actividades Físicas	Permitir al médico obtener los datos de las actividades físicas registradas por los pacientes
CU028	Consultar Líquidos	Permitir al médico obtener los datos de la cantidad de líquido diaria registrada por los pacientes
CU029	Asignar Medicamentos a Pacientes	Permitir al médico asignar medicamentos a los pacientes, con dosis y frecuencias de consumo respectivas
CU030	Notificación Cita Médica	Notificar a los pacientes por medio de notificaciones que se aproxima una cita médica agendada
CU031	Alarma Tomar Medicamento	Notificar a los pacientes por medio de alarmas el consumo de medicamentos

CU032	Notificación re- alizar caminata	Notificar a los pacientes por medio de notificaciones la rea- lización de caminatas
CU033	Notificación Men- saje Chat	Notificar a los pacientes por medio de notificaciones que tiene un mensaje por parte de los médicos

Tabla 3 Casos de uso

3. Requerimientos

Teniendo los casos de uso anteriormente mencionados, se procedió a abstraerlos en los diferentes requerimientos necesarios en el proyecto, pero cabe aclarar que no se obtuvieron los requerimientos definitivos posterior a la abstracción de los casos de uso. Posterior a la abstracción de los casos de uso, se procedió a documentar los requerimientos y seguidamente se realizó un prototipo de diseño gráfico por medio de la herramienta invision (“Free Web & Mobile Prototyping (Web, iOS, Android) and UI Mockup Tool,” 2016), esto con el propósito de realizar un proceso de validación de requerimientos realizando pruebas de concepto de diseño del producto real, además se aclara, que los stakeholders de la parte médica tienen un tiempo reducido en cuanto a la disponibilidad del proyecto (riesgo que se tomó en cuenta en la propuesta del trabajo de grado), por ende, realizar las validaciones a partir del listado de requerimientos no era factible.

Una vez se validaron y refinaron los requerimientos con los médicos y enfermeras por medio de la herramienta de diseño invision, se obtuvo los siguientes requerimientos:

Requerimientos Funcionales

A continuación, se muestra un listado con la totalidad de los requerimientos funcionales obtenidos. Para obtener información detallada referente a cada requerimiento funcional, por favor remítase al documento anexo de excel “Requerimientos”, a la hoja “Requerimientos Funcionales”, dónde se pueden obtener más detalles como los casos de uso y módulos asociados a los requerimientos.

ID	Descripción
RF001	El sistema móvil debe validar la identidad del paciente por medio de la cédula y contraseña asignados
RF002	El sistema móvil debe calcular los pasos de las caminatas del paciente
RF003	El sistema móvil debe permitir al paciente contabilizar tiempos de las caminatas del paciente, incluso cuando está en reposo
RF004	El sistema móvil debe calcular la distancia recorrida en las caminatas del paciente
RF005	El sistema móvil debe recordar por medio de notificaciones a los pacientes, realizar caminatas diariamente
RF006	El sistema debe permitir a los pacientes registrar síntomas con escalas de valor al terminar una caminata
RF007	El sistema móvil debe recordar al paciente realizar una caminata de prueba semanal
RF008	Durante una prueba de caminata, el sistema móvil debe anunciar al paciente la terminación de la prueba al transcurrir 6 minutos
RF009	El sistema móvil debe permitir al paciente registrar actividades físicas por medio de fotos y contabilizando el tiempo empleado
RF010	El sistema móvil debe mostrar al paciente los alimentos que debe evitar
RF011	El sistema móvil debe permitir al paciente registrar la cantidad de líquido ingerido por día
RF012	El sistema móvil debe permitir al paciente registrar sus síntomas mostrando una lista de posibles síntomas
RF013	El sistema móvil debe permitir al paciente visualizar todos sus síntomas registrados
RF014	El sistema móvil debe permitir al paciente registrar los valores de peso, frecuencia cardiaca, presión sanguínea y niveles de glucosa, obtenidos por medio de dispositivos externos
RF015	El sistema móvil debe permitir al paciente visualizar todos sus valores fisiológicos registrados

RF016	El sistema móvil debe permitir al paciente registrar su estado de ánimo por medio de una escala de valor
RF017	El sistema móvil debe permitir al paciente visualizar todos sus estados de ánimo registrados
RF018	El sistema debe permitir al paciente, registrar los valores obtenidos de sus exámenes médicos
RF019	El sistema móvil debe permitir al paciente registrar actividades predefinidas que ha realizado durante el día
RF020	El sistema móvil debe permitir al paciente visualizar sus citas médicas agendadas por el
RF021	El sistema móvil debe permitir al paciente registrar sus citas médicas ingresando la fecha y hora de las citas
RF022	El sistema móvil debe permitir al paciente modificar sus citas médicas modificando la fecha y hora de las citas
RF023	El sistema móvil debe recordar a los pacientes con 1 día de anticipación por medio de notificaciones si tiene una cita médica
RF024	El sistema móvil debe permitir al paciente visualizar los medicamentos con sus dosis y frecuencias de consumo, asignados por los médicos
RF025	El sistema móvil debe permitir al paciente modificar las horas de consumo de sus medicamentos
RF026	El sistema móvil debe activar alarmas a la hora de consumo de los medicamentos de los pacientes
RF027	El sistema móvil debe permitir al paciente registrar síntomas presentados en sus medicamentos
RF028	El sistema móvil debe mostrar al paciente los medicamentos que debe evitar
RF029	El sistema móvil debe permitir al paciente consultar el mapa interno del Hospital San Ignacio
RF030	El sistema móvil debe permitir al paciente enviar mensajes al médico a cargo suyo
RF031	El sistema web debe permitir al médico visualizar a sus pacientes

RF032	El sistema web debe permitir al médico la clasificación de pacientes según el estado de recuperación de estos últimos
RF033	El sistema web debe permitir al médico registrar a un paciente nuevo con cédula y contraseña
RF034	El sistema web debe permitir al médico recuperar la contraseña asignada a un paciente
RF035	El sistema web debe validar la identidad de los médicos por medio de un usuario y contraseña de administrador en el sistema
RF036	El sistema web debe sugerir al médico una intensidad en la prueba de las caminatas de los 6 minutos en cada paciente, a partir de valores como edad y peso
RF037	El sistema web debe permitir al médico visualizar las caminatas registradas por los pacientes
RF038	El sistema Web debe permitir al médico visualizar las imágenes y tiempos registrados de las actividades físicas de los pacientes
RF039	El sistema Web debe permitir al médico visualizar todos los valores de líquidos registrados por los pacientes
RF040	El sistema web debe permitir al médico visualizar todos los síntomas registrados los pacientes
RF041	El sistema web debe permitir al médico visualizar todos los valores fisiológicos registrados por los pacientes
RF042	El sistema web debe permitir al médico visualizar todos los estados de ánimo registrados por los pacientes
RF043	El sistema web debe permitir al médico visualizar todos resultados de los exámenes registrados por los pacientes
RF044	El sistema Web debe permitir al médico visualizar las actividades predefinidas registradas por los pacientes, con sus respectivos valores en la escala METS
RF045	El sistema web debe permitir a los médicos asignar a los pacientes sus medicamentos con dosis y frecuencia de consumo
RF046	El sistema web debe permitir al médico enviar mensajes a sus pacientes

Tabla 4 Requerimientos Funcionales

Como se mencionó anteriormente, los requerimientos se agruparon en módulos, para facilitar el orden de implementación, agrupándolos conceptualmente en grupos con requerimientos a fines en cuanto al problema a resolver, así contarán con funcionalidades de implementación de software distintas. Además, se asociaron los requerimientos con los requerimientos necesarios para su implementación en caso de tener requisitos de requerimientos, para su implementación. Esto se realizó para dar una trazabilidad entre requerimientos que facilitó un orden en la implementación de los requerimientos, por favor, remítase al documento anexo de Excel “Requerimientos”, a la hoja “Requerimientos Funcionales” para tener una visión más clara de lo anteriormente mencionado.

Priorización de Requerimientos

Como en todo proyecto de software, es difícil implementar la totalidad de requerimientos por cuestiones de tiempo y recursos al alcance del proyecto, por ende, se debe determinar cuáles requerimientos se deben implementar, en las diferentes etapas del proyecto, en este caso concreto, el alcance de las necesidades del Hospital San Ignacio, iban más allá del tiempo y recursos disponibles en el trabajo de grado, por lo tanto, se planeó la obtención inicial de requerimientos junto con una priorización en primera etapa de estos, para implementar de manera prioritaria un conjunto de los requerimientos obtenidos en la primera etapa del proyecto del Hospital San Ignacio y así sucesivamente a lo largo del trabajo de grado. Para obtener un mayor detalle en cuanto a la priorización de requerimientos, por favor remítase al documento anexo “SRS”.

Para la priorización de los requerimientos, a nivel general, se tomó en cuenta los aspectos en cuanto a recursos humanos y monetarios disponibles, y la opinión de los médicos, teniendo en cuenta la experticia de estos en cuanto al seguimiento en la rehabilitación cardiaca de pacientes.

En concreto, para la priorización de requerimientos se tomaron en cuenta ciertos aspectos dados por los stakeholders desde la parte médica, ya que ellos tienen una visión de la importancia de los requerimientos desde una vista no técnica pero importante para proyecto a realizar, dado el conocimiento profundo en el tema por parte de estos, por tal motivo se realizó en gran parte la metodología de priorización de las preferencias de los stakeholders (Azzolini, 2012) en base a las opiniones de estos. Además, se contó con los aspectos técnicos de los requerimientos, los

cuales se evaluaron por la parte de los stakeholders asociados a la ingeniería de sistemas. Tales aspectos evaluados para la primera fase de priorización de requerimientos fueron los siguientes:

Importancia: Este aspecto se evaluó desde la parte médica, acordando la relevancia en cada requerimiento (Azzolini, 2012). La relevancia en este caso concreto, se evaluó en cuanto a la importancia para el tratamiento de los pacientes.

Penalidad: Este aspecto se evaluó desde la parte médica, evaluando la implicancia de no implementar un requerimiento (Azzolini, 2012).

Riesgo / Volatilidad: Este se evaluó desde la parte médica, midiendo el riesgo y probabilidad de cambio, los cuales inciden en el cronograma planteado para el proyecto y aumentan el esfuerzo (Azzolini, 2012).

Estrategia de Negocios: Este se evaluó desde la parte médica, valorando la inserción de la aplicación en el medio, es decir, midiendo el valor innovador de los requerimientos en caso de ser desarrollados, que permitan dar un valor agregado al hospital con respecto a otros hospitales por medio de la aplicación a desarrollar (Azzolini, 2012).

Tiempo: Este se evaluó desde la parte asociada a la ingeniería de sistemas, dando un estimado del esfuerzo de desarrollo implicado en cada uno de los requerimientos, utilizando varios criterios técnicos (Azzolini, 2012). En concreto, tales estimados se calcularon a partir de la metodología de los puntos de casos de uso (Remón & Thomas, 2010) en conjunto con la metodología de puntos de función (Carrasco & Jacinto, 2013).

Clasificación de los Actores Involucrados: Esta estimación se basó en la clasificación de actores involucrados en los casos de uso, es decir, se clasificaron de acuerdo en cómo estos interactúan con el sistema (Remón & Thomas, 2010).

Clasificación de Caso de Uso: Con esta estimación se contó el número de transacciones que poseen los requerimientos y se asignó un valor según una clasificación del número de transacciones. Esta estimación se realizó utilizando puntos de casos de uso (Remón & Thomas, 2010).

Archivos lógicos: Esta estimación tiene en cuenta el tipo de archivo a utilizar y se asignó un valor según este. Esta estimación se realizó utilizando puntos de función (Sikka, Kaur, & Ud-din, 2010).

Factores de Entorno del Proyecto: Dada la poca experiencia en desarrollo en grandes proyectos por parte del estudiante de grado, se estimó el conocimiento previo técnico de herramientas para su elaboración, así como el número de sensores del dispositivo móvil a utilizar dada la poca experiencia en cuanto al uso de sensores por medio de aplicaciones. Esta estimación se realizó utilizando puntos de casos de uso (Remón & Thomas, 2010).

Factor de Complejidad Técnica del Proyecto de Software: La complejidad técnica se evaluó en cuanto al factor técnico asociado a la funcionalidad evaluada. Esta estimación se realizó utilizando puntos de casos de uso (Remón & Thomas, 2010).

También se tomó como criterio de priorización, los aspectos asociados al trabajo de grado, es decir, los aspectos que repercuten directamente con los compromisos pactados a cumplir en la propuesta, dado que estos aspectos son propios de las particularidades específicas del proyecto por ser un trabajo de grado, se tomaron algunos aspectos según el criterio del estudiante de pregrado. Como no todos los aspectos evaluados tienen la misma influencia en cuanto al esfuerzo, se le asignó un peso a cada uno. Tales criterios que repercuten en la importancia de los requerimientos desde el punto de vista del trabajo de grado son:

Compromiso: Se evaluó la relación del requerimiento con respecto a los requerimientos explícitos en la propuesta de grado y el factor de innovación con respecto a otras aplicaciones en el sector.

Reducción Carga personal del Hospital: Se evaluó que tanta carga laboral en el personal del hospital disminuiría en el futuro, con la elaboración del requerimiento.

Habiendo obtenido la evaluación del conjunto de aspectos de priorización mencionados anteriormente, se agruparon los aspectos según la relación entre estos, para dar un estimado cuantitativo de su importancia según tres grupos:

Estimación Médica: Importancia, Utilidad, Riesgo/Volatilidad, Penalidad, Estrategia de negocio.

Estimación Técnica: Clasificación de los Actores Involucrados, Clasificación de Caso de Uso, Archivos lógicos, Factores de Entorno del Proyecto, Factor de Complejidad Técnica del Proyecto de Software.

Estimación de Propuesta: Compromiso, Reducción Carga personal del Hospital, costo.

Cabe aclarar que se le dio un peso a cada aspecto en sus respectivos grupos y además debido a la escasez de tiempo disponible por la parte médica de los stakeholders (riesgo que se tomó en cuenta en la propuesta del trabajo de grado), para el cálculo de la estimación médica, se valoró por igual los requerimientos derivados de las preguntas tipo Likert, ya que se les consultó con anterioridad la estimación médica por medio de la escala de Likert, pero también, se tomaron las retroalimentaciones obtenidas por medio del prototipo de diseño elaborado en invision.

Para obtener información detallada referente a la estimación médica, por favor remítase al documento anexo de Excel “Requerimientos”, a la hoja “Estimación Médica”

Para obtener información detallada referente a la estimación Técnica, por favor remítase al documento anexo de Excel “Requerimientos”, a la hoja “Estimación Técnica”

Para obtener información detallada referente a la estimación de Propuesta, por favor remítase al documento anexo de Excel “Requerimientos”, a la hoja “Estimación de Propuesta”

A pesar que se obtuvo un estimado cuantitativo de prioridad de los requerimientos en términos de estimación médica, estimación técnica y estimación de propuesta, se realizó la priorización de manera cualitativa por parte del autor, pero teniendo en cuenta las priorizaciones cuantitativas obtenidas en los grupos anteriormente mencionados.

Para la priorización inicial de los requerimientos se utilizó un método de priorización de escala ordinal, específicamente la asignación numérica (Azzolini, 2012). En la asignación numérica, se clasificó a cada requerimiento en una categoría conceptual de prioridad, tales categorías fueron las siguientes: “Obligatorios”, “Importantes”, “Deseables”, “No esenciales” y “No importantes” (Azzolini, 2012). Esto con el fin de agrupar los requerimientos, para facilitar la priorización, para mayor información en cuanto al resultado de la priorización, por favor remítase al documento anexo “SRS”, dónde se encuentra la tabla de la priorización.

Se aclara que, la primera fase del proyecto del hospital San Ignacio abarcó el trabajo de grado, por ende, no se implementaron la totalidad de los requerimientos. Aquellos requerimientos sin implementar se realizarán en fases posteriores y además no son esenciales para el proyecto que

se venía trabajando en el Hospital, tal como quedó explícito en la tabla de priorización, por favor remítase al documento anexo “SRS”, dónde se encuentra la tabla de la priorización.

Requerimientos no funcionales

A continuación, se muestra un listado con la totalidad de los requerimientos no funcionales obtenidos. Para obtener información detallada referente a cada requerimiento no funcional, por favor remítase al documento anexo de excel “Requerimientos”, a la hoja “Requerimientos No Funcionales”.

ID	Descripción
RNF001	El sistema debe soportar un volumen de datos equivalente a 10 usuarios
RNF002	El sistema debe contar con mecanismos de autenticación, para asegurar la seguridad y confidencialidad de la información
RNF003	El sistema debe contar con una capa de datos capaz de contar con una conectividad futura al sistema del hospital
RNF004	El sistema debe ser centralizado y debe sincronizar datos con los aplicativos móviles
RNF005	Los aplicativos móviles deben contar con todas sus funcionalidades en caso de no tener conectividad a internet
RNF006	El sistema móvil debe persistir los datos en cuanto a tiempo, distancia y número de pasos de las caminatas de los pacientes en una base de datos interna
RNF007	El sistema móvil debe persistir los datos en cuanto a tiempo empleado e imágenes de las actividades físicas de los pacientes en una base de datos interna
RNF008	El sistema móvil debe persistir los datos de los estados de ánimo de los pacientes en una base de datos interna
RNF009	El sistema móvil debe persistir los datos de los síntomas de los pacientes en una base de datos interna
RNF010	El sistema móvil debe persistir los datos de los líquidos ingresados por los pacientes en una base de datos interna
RNF011	El sistema móvil debe persistir los datos de las actividades realizadas por los pacientes en una base de datos interna

RNF012	El sistema móvil debe persistir los datos fisiológicos de los pacientes en una base de datos interna
RNF013	El sistema móvil debe persistir los datos de los exámenes médicos de los pacientes en una base de datos interna
RNF014	El sistema móvil debe sincronizar los datos fisiológicos, caminatas, síntomas, líquidos y actividades de los pacientes con el sistema web
RNF015	El sistema debe soportar servicios web RESTful, dado que es la tecnología soportada por Android.

Tabla 5 Requerimientos No Funcionales

Meta-Requerimientos y Meta-Diseño

En el trabajo de grado, como en cualquier otro proyecto, está bajo la influencia del factor humano, es decir, en última instancia lo que se pretende es dar una solución a un problema donde interfieren personas y por tanto, la parte tecnológica y técnica se utilizó para suplir estos factores, los cuales no se encuentran de forma explícita en los requerimientos tanto funcionales como no funcionales, también se realizó este proceso para exponer los factores que aparecieron y que influenciaron el trabajo de grado, para así, permitir a futuras personas que continúen con el proceso derivado del trabajo de grado, tener de antemano, recomendaciones que les ayuden a sortear de manera preventiva los obstáculos que se presenten en el proyecto (Walls et al., 1992).

Siendo así, se exponen a continuación los meta-requerimientos que se encontraron en el trabajo de grado, junto al meta-diseño, empleado para sortearlos:

Meta-Requerimientos	Meta-Diseño
Gran parte de los pacientes tienen visión limitada, debido a edades avanzadas.	El sistema debe contar con elementos de gran tamaño en su interfaz gráfica.
El personal médico tiene una agenda muy apretada, por ende, el tiempo de estos dedicado a proyectos es limitado	Se deben utilizar recursos de comunicación no presenciales (ej: invision u videos).
Muchas personas del proyecto que influyen en el diseño de software, no tienen conocimiento de las técnicas utilizadas en su desarrollo	Comunicar por medio de herramientas visuales las funcionalidades que se pretenden implementar

En última instancia, lo que se pretende, es permitirles a los pacientes acceder a servicios médicos, estando fuera de las instalaciones del Hospital	El sistema debe permitir a los pacientes obtener recomendaciones médicas y enviar información a los médicos
Los pacientes no están muy familiarizados con dispositivos tecnológicos, por ende, no se les debe exigir, dentro de lo posible, formas forzadas de uso del aplicativo.	El sistema desarrollado, no debe tener muchos contenidos u opciones, puesto que, esto induce a la confusión y tampoco debe exigirles conectividad a internet todo el tiempo, puesto que no están muy familiarizados en detectar accesos a internet.

Tabla 6 Meta-Requerimientos y Meta-Diseño

4. Restricciones

Según los requerimientos a implementar, el tiempo disponible para el trabajo de grado y el conocimiento de antemano sobre las distintas fases de desarrollo del proyecto del Hospital San Ignacio, el cual está por fuera del alcance del trabajo de grado, se dieron restricciones en cuanto a la usabilidad de los aplicativos, puesto que primó las funcionalidades, sobre la facilidad para interactuar con los aplicativos, debido a que, son detalles que se pretendieron pulir en las siguientes fases del proyecto, posteriores al trabajo de grado.

Otra restricción, es la plataforma móvil requerida para el aplicativo móvil, en este caso Android 4.1 en adelante con un espacio de almacenamiento disponible en el dispositivo móvil superior a 10MB y conectividad a internet para la sincronización de datos entre el aplicativo móvil y el sistema web.

Las restricciones en cuanto al aplicativo web, para correr un servidor web Java EE son: 1 GB de memoria (2 GB de memoria para correr sobre Windows) y 350 MB de espacio de disco (600 MB recomendadas) (“Java Platform, Enterprise Edition 7 SDK - Release Notes,” 2016).

Por último, las restricciones en cuanto a las bases de datos, se requiere de una base de datos relacional cuyo Servidor soporte el driver JDBC, dentro de las que se encuentran (“Hardware and Software Requirements (Sun Java System Application Server Platform Edition 8.2 Release Notes),” 2010): Oracle (R) 8.1.7, 9i, 9.2.0.3+, 10.1.x, 10.2.x, Sybase ASE 12.5, Microsoft SQL Server 2000 4.0 Service Pack 1, IBM DB2 8.1 Service Pack 3+, Apache Derby 10.1.2.1, Point-Base Network Server 5.2, MySQL 5.x.

IV – DISEÑO

A continuación, se exponen los diseños que se tomaron en cuenta para elaborar las funcionalidades con las que cuentan los softwares desarrollados. Esto para permitir a un futuro desarrollador en las siguientes etapas del proyecto del Hospital, tener una visión clara del funcionamiento del software, para poder realizar cambios sobre este, lo cual permita incorporar mejoras, funcionalidades o su acoplamiento a futuros sistemas. Sin embargo, también se tomó en cuenta a los stakeholders del proyecto, incluyendo el personal médico y administrativo del Hospital San Ignacio, para mayor detalle, por favor remítase al documento anexo “SDD”.

1. Diseño general del proyecto

Para la elaboración de los diferentes diseños utilizados en la elaboración de las aplicaciones, se tomaron en cuenta los aspectos inherentes del proyecto asociado al trabajo de grado, por tanto, se tomaron aspectos específicos de la problemática a resolver. El proyecto a nivel general tiene aspectos relacionados con telemedicina, por ende, se indagó sobre diseños tenidos en cuenta para proyectos de telemedicina, los cuales se tomaron en cuenta para la elaboración de la arquitectura del sistema.

Dado que hay una influencia de stakeholders tales como médicos, enfermeras y personal administrativo del Hospital San Ignacio, algunos de los diagramas y métodos de diseño empleados en el trabajo de grado se seleccionaron, teniendo en cuenta a estos usuarios, con el fin de poder brindarles dentro de lo posible, una descripción del funcionamiento del sistema en general y además utilizar metodologías fáciles de entender por parte de estos a hora de diseñar el sistema.

Casos de Uso

A continuación, se expone el diagrama de casos de uso tenido en cuenta para el diseño del trabajo de grado, es decir, los casos de uso del proyecto que estaban en el alcance del trabajo de grado. Esta vista se utilizó para facilitar el entendimiento general del sistema a todos los stakeholders implicados en el proyecto, Para obtener información detallada referente a cada caso de uso, por favor remítase al documento anexo “Casos de Uso SDD”:

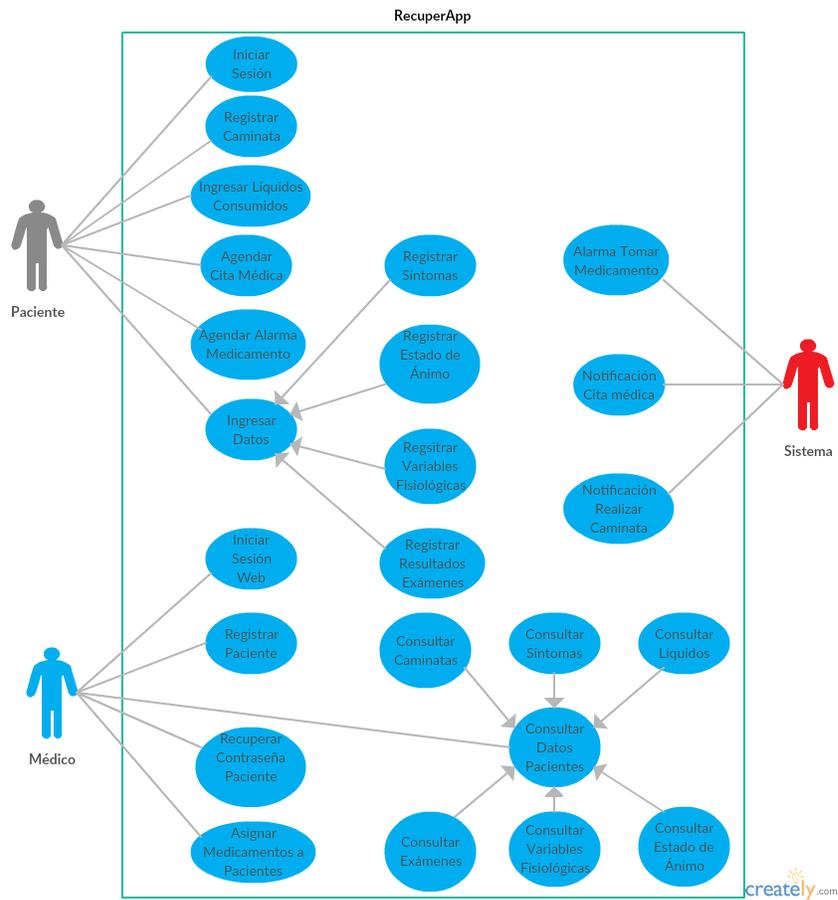


Ilustración 1 Diagrama de Casos de Uso

Arquitectura

Para el diseño de la arquitectura se partió de la problemática en torno a un proyecto relacionado con telemedicina, por ende, se indagó en búsqueda de estilos arquitecturales utilizados para resolver problemas de telemedicina. En el libro “Computation Science And Its Applications” (Silva, Guimarães, Oliveira, Tavares, & Anjos, 2013) según una investigación realizada, están expuestas las arquitecturas más utilizadas en telemedicina y las aplicaciones de telemedicina más utilizadas, además de las tecnologías más utilizadas para su implementación. De la investigación en mención, se recogieron datos tales como:

- El mayor uso en la telemedicina es el monitoreo con un 45%, seguido por opiniones médicas con un 21%, notificaciones 15%, información de hospitales 6%, y por último educación o capacitación con un 4%, el 9% restante no especifica el uso.

- Los estilos arquitecturales más utilizados en telemedicina son cliente-servidor con un 46%, capas 18%, componentes con un 16%, SOA con un 15% y agentes con un 5%.
- Las tecnologías más utilizadas en telemedicina en orden descendente son: web, java, otras, móvil, sensores y bluetooth.

Según los datos anteriores en cuanto a indagación sumado a los requerimientos no funcionales específicos del proyecto (expuestos anteriormente), se seleccionaron los estilos arquitecturales: cliente-servidor, capas, componentes, MVC, SOA y RESTful.

Cliente-Servidor: Este estilo arquitectural se basa en modelar una aplicación, de tal forma que, los servidores ofrecen servicios, los cuales los clientes utilizan, además permite que múltiples clientes utilicen los servicios del servidor de manera transparente y escalable en cuanto al número de usuarios (Sommerville, 2005).

SOA: Este estilo se basa en ofrecer servicios, que pueden ser utilizados por otros sistemas, que no necesitan conocer ningún detalle de su implementación. Además acepta servicios REST (“IBM - Arquitectura orientada a servicios (SOA) de IBM - Colombia,” 2016).

Capas: Este estilo permite dividir el software en unidades (capas), donde su comunicación es unidireccional y por lo general, las capas están organizadas jerárquicamente entre ellas. (“Software Architecture in Practice Third Edition Written by Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman,” 2015)

Componentes: Este estilo permite agrupar partes del software en componentes los cuales se comunican por medio de interfaces (“Software Architecture in Practice Third Edition Written by Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman,” 2015).

MVC (Modelo Vista Controlador): Este estilo consiste en dividir las funcionalidades del sistema en tres componentes, modelo, vista y controlador. La vista se encarga de manejar la interfaz de usuario, el modelo se encarga de representar los datos de la aplicación o estado, por último el controlador se encarga de manejar las interacciones entre la vista y el modelo (“Software Architecture in Practice Third Edition Written by Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman,” 2015).

RESTful (REpresentation State Transfer - REST): Es un estilo para sistemas en red, como pueden ser aplicaciones web. Este estilo permite crear sesiones para los clientes sin conservar un estado con estos, es decir, cada solicitud del cliente al servidor, debe proporcionar lo necesario para atender esta última (“IBM - Arquitectura orientada a servicios (SOA) de IBM - Colombia,” 2016).

Según las medidas anteriormente mencionadas, se propuso la siguiente arquitectura:

Vista Física:

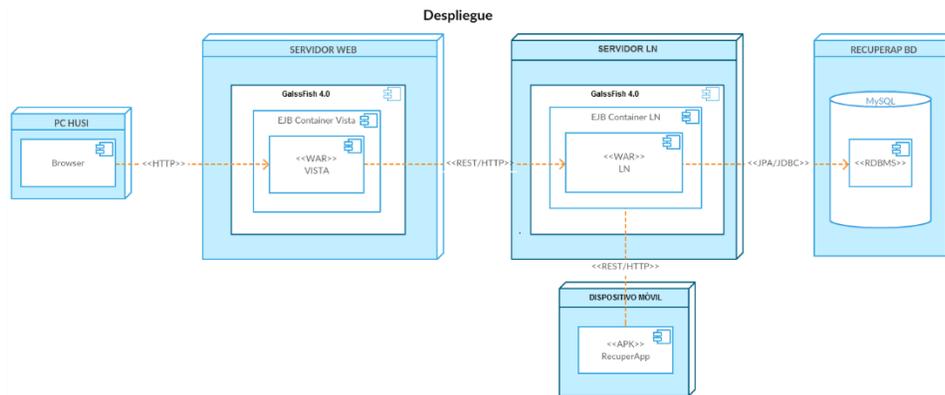


Ilustración 2 Diagrama de Despliegue

Dado que se tomó en cuenta el estilo orientado a servicios (SOA), se realizó la comunicación entre la parte visual del servidor y la lógica de negocio por medio de servicios web, para así, desacoplar estas dos capas en componentes independientes, por medio de interfaces bien definidas, según los estilos arquitecturales de capas y componentes propuestos. Esto también permite que a futuro se pueda reemplazar el actual componente visual, por otro componente independiente, pudiendo implementarse en otra tecnología distinta a Java EE (tecnología escogida, detallada más adelante). Por último, esta medida también permite que otros sistemas se comuniquen al sistema de RecuperApp, utilizando servicios que está consumiendo la parte visual, en caso de querer automatizar procesos que actualmente están realizando el personal médico por medio de interfaces gráficas. Un ejemplo de esto es la asignación de medicamentos a pacientes con la que cuentan en el momento algunos sistemas del Hospital San Ignacio, los cuales podrían utilizar en una siguiente fase del proyecto, el servicio de asignación de medicamentos a pacientes, utilizado en el momento, por medio de interfaces gráficas. Tener en cuenta que los servicios web están basados en RESTful, puesto que, la plataforma móvil Android solo soporta

este tipo de servicios oficialmente y el intercambio de datos están en formato JSON, puesto que, el aplicativo móvil hace uso de la librería Volley para el manejo de servicios web la cual no soporta el intercambio de datos en XML, el cual si es soportado por RESTful.

Así como la parte visual está desacoplada, el acceso a la base de datos también es independiente de la tecnología y máquina física en que se encuentra desplegada, pudiendo utilizar bases de datos que existan actualmente en el Hospital San Ignacio, teniendo en capas distintas el acceso a datos y la lógica de negocio.

A continuación, se muestran en detalle los componentes del aplicativo móvil y del servidor.

Vista de Componentes:

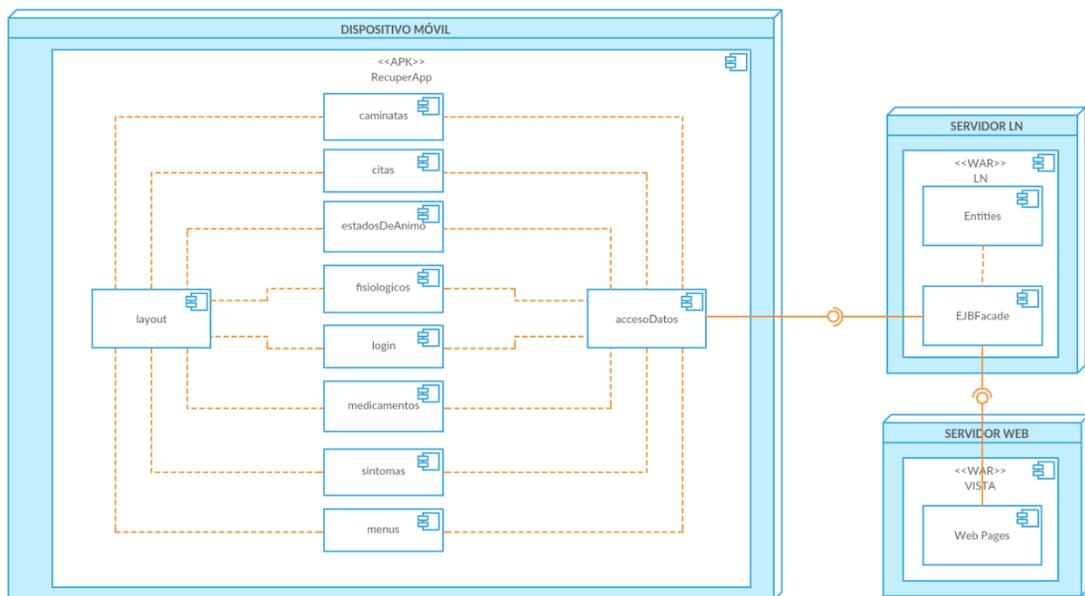


Ilustración 3 Diagrama de Componentes

Componentes del servidor:

Tenido en cuenta los estilos arquitecturales a utilizar, se utilizaron capas, en forma de componentes MVC para diseñar los componentes del servidor.

Entities: Este componente es la representación del modelo en el estilo MVC y contiene los entities generados a partir de los datos de la base de datos, los cuales permiten guardar el valor de sus instancias en la base de datos de manera transparente, es decir, permite utilizar objetos

y generar el reflejo de los datos de sus instancias en la base de datos (“The NetBeans E-commerce Tutorial - Adding Entity Classes and Session Beans,” 2007).

EJBFacade: Este componente es la representación del controlador y contiene los session beans, encargados de manejar la lógica de negocio y proveer de acceso por medio de servicios web a estas funcionalidades, también están encargados de modificar, crear y eliminar las entities.

Web Pages: Este componente es la representación del componente Vista en MVC y contiene la parte visual (Front End) a desplegar en el navegador web de los médicos. Este componente consume los servicios ofrecidos por el componente EJBFacade (Back End), esto también, es un reflejo del estilo Cliente-Servidor utilizado en la arquitectura propuesta.

El conjunto de componentes del servidor provee a los médicos las funcionalidades de:

- Consultar, agregar, eliminar y modificar datos de pacientes.
- Consultar síntomas registrados por los Pacientes
- Consultar datos fisiológicos registrados por los Pacientes
- Consultar caminatas registradas por los Pacientes
- Consultar los estados de ánimo registrados por los pacientes
- Asignar medicamentos a pacientes
- Consultar, agregar, eliminar y modificar la lista de síntomas generales
- Consultar, agregar, eliminar y modificar la lista de medicamentos
- Consultar, agregar, eliminar y modificar la lista de síntomas de medicamentos

El conjunto de componentes del servidor provee al aplicativo móvil de los pacientes de las siguientes funcionalidades:

- Autenticar al paciente para la creación de una cuenta en la aplicación.
- Guardar los datos fisiológicos registrados por los pacientes.

- Guardar los datos de estados de ánimo registrados por los pacientes.
- Guardar los datos de las caminatas registradas en los pacientes.
- Consultar los medicamentos asignados a los pacientes.
- Consultar la lista de síntomas de pacientes cardiacos.
- Guardar los datos de los síntomas registrados por los pacientes.

Componentes dispositivo móvil

layout: Este componente contiene la parte visual de la aplicación con la cual los pacientes interactuarán. Es decir, este componente contiene los archivos XML que se despliegan en la pantalla de los dispositivos móviles, y pueden ser cambiados o reemplazados sin cambiar las funcionalidades con las que cuenta la aplicación, ya que se utilizan controladores (en concreto Activities en Android) para gestionar la interacción entre la vista (layout en este caso) y los modelos (accesoDatos en este caso). Esto es el resultado de la aplicación del estilo arquitectural Modelo, Vista Y Controlador (“Software Architecture in Practice Third Edition Written by Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman,” 2015).

accesoDatos: Este componente se encarga de manejar los datos internos de la aplicación, así como obtener, enviar y sincronizar datos a sistemas externos (estos datos son registrados o consumidos por los componentes: caminatas, citas, estadosDeAnimo, fisiologicos, login, medicamentos y sintomas). Puesto que cuenta con la funcionalidad de sincronizar datos, permite al aplicativo funcionar sin conectividad a internet. Esto es el resultado de la aplicación del estilo arquitectural Modelo, Vista Y Controlador (“Software Architecture in Practice Third Edition Written by Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman,” 2015).

caminatas: Este componente se encarga de registrar por medio de sensores del dispositivo, valores de tiempo, distancia y número de pasos, de las caminatas realizadas por los pacientes.

citas: Este componente se encarga de guardar recordatorios de las citas médicas de los pacientes, para posteriormente notificarlos en caso de contar con una cita en un futuro cercano.

estadosDeAnimo: Este componente se encarga de registrar los estados de ánimo que le indique el paciente.

fisiológicos: Este componente se encarga de registrar los datos fisiológicos, líquidos consumidos y resultados de los exámenes médicos que le indique el paciente.

login: Este módulo se encarga de crear una instancia del usuario en caso de estar previamente registrado en el sistema web, además se encarga de validar la identidad del usuario para ingresar al aplicativo.

medicamentos: Este componente se encarga de mostrar los medicamentos asignados al paciente desde el sistema web y además permitirles ajustar alarmas en sus medicamentos, para recordarles su consumo.

menus: Este componente se encarga de generar y mostrar los diferentes menús de navegación de la aplicación.

sintomas: Este componente se encarga de registrar los síntomas que le indique el paciente.

Vista de diagramas de clase

Para efectos del entendimiento del diseño de software se muestra a continuación los diagramas de clases más importantes del sistema y se aclara que, los métodos de los diagramas de clases del servidor web no están expuestos en este documento, para conocer todos los diagramas y sus detalles, por favor remítase al documento anexo, “SDD”:

A continuación, se muestran los diagramas de clases del servidor.

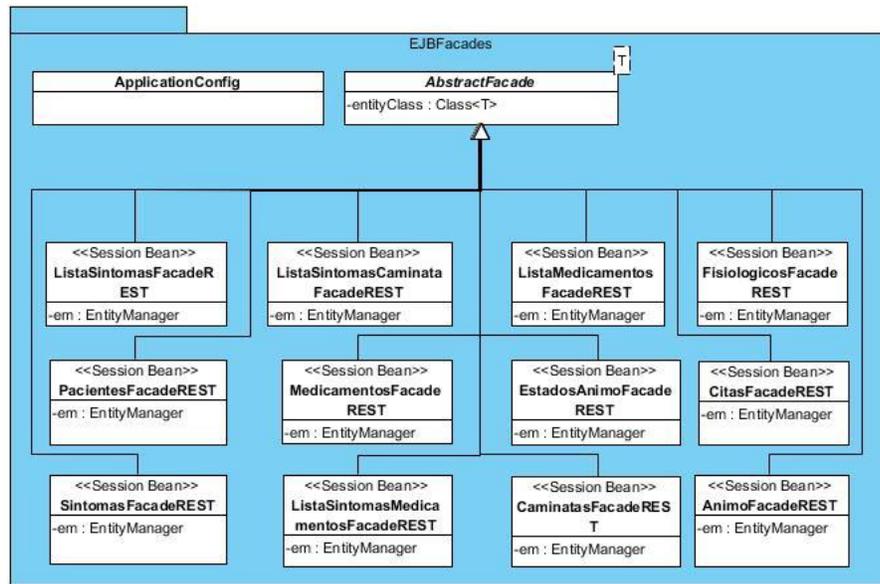


Ilustración 4 Diagrama de Clases Facade

A nivel general, las clases del componente EJBFacade actúan como una fachada, para acceder a las funcionalidades de la aplicación, estas clases se encargan de atender a los usuarios proporcionando a nivel general funciones de leer, modificar datos de las clases tipo entidades y además también proporcionan las funcionalidades de eliminar y crear entidades. Por tener métodos comunes (mencionados anteriormente), las clases implementan las funcionalidades de la clase abstracta **AbstractFacade**. Estas clases se crearon con el fin de cumplir con el patrón de diseño de fachadas, el cual busca minimizar dependencias entre sistemas, por medio de interfaces de acceso, permitiendo así, dividir sistemas en capas (“Core J2EE Patterns - Session Facade,” 2002).

Como métodos extras están *findPaciente* en la clase **PacientesFacadeRest**, el cual busca en las entidades pacientes, aquella que tenga en sus atributos, la cédula y contraseña indicados por parámetro. Este método se creó para verificar la identidad de un paciente nuevo en caso de que el aplicativo móvil desee crear una instancia de un paciente nuevo.

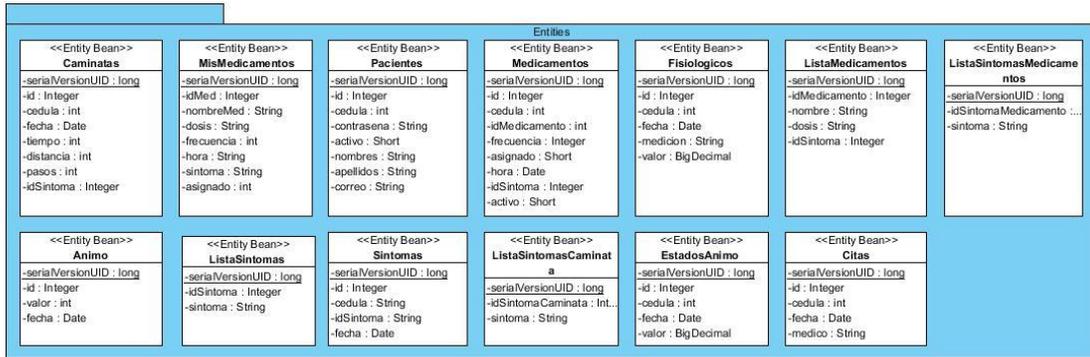


Ilustración 5 Diagrama de Clases Entities

A nivel general, las clases del componente Entities actúan como la representación y espejo de los datos de las tablas de la base de datos, las cuales pueden ser accedidas por las clases tipo sesión bean del componente EJBFacade.

Para la elaboración de los diagramas de clases del aplicativo móvil se tomó en cuenta el contexto de desarrollo móvil, específicamente la plataforma Android, por tanto, se indagó en búsqueda de metodologías para mostrar por medio de diagramas de clases las funcionalidades de la plataforma Android, con las que se diseñó la aplicación, lo anterior dando como resultado una extensión en UML para diagramas de clases, sugerida para aplicaciones en la plataforma Android documentada en el artículo “Extending UML Meta-model for Android Application” (Ko, Seo, Min, Kuk, & Kim, 2012). Por facilidad de entendimiento, se expondrán los diagramas de clases en sus respectivos componentes (ver sección vista de componentes).

Se agradece a Levente Bagi, el cual diseñó y liberó el código fuente bajo la licencia GNU (General Public License) de la aplicación Android-pedometer, en el cual está inspirado el diseño de diagramas de clases del módulo de caminatas (“bagilevi/android-pedometer,” 2016). Se utilizó este componente, puesto que cumple con los parámetros y requerimientos necesarios para el componente propuesto, se aclara que se realizaron algunas modificaciones al componente original como excluir funcionalidades en torno al cálculo de calorías, cálculo de velocidades de desplazamiento, notificaciones por medio de audio y además, se rediseñó la interfaz gráfica con la que contaba el componente.

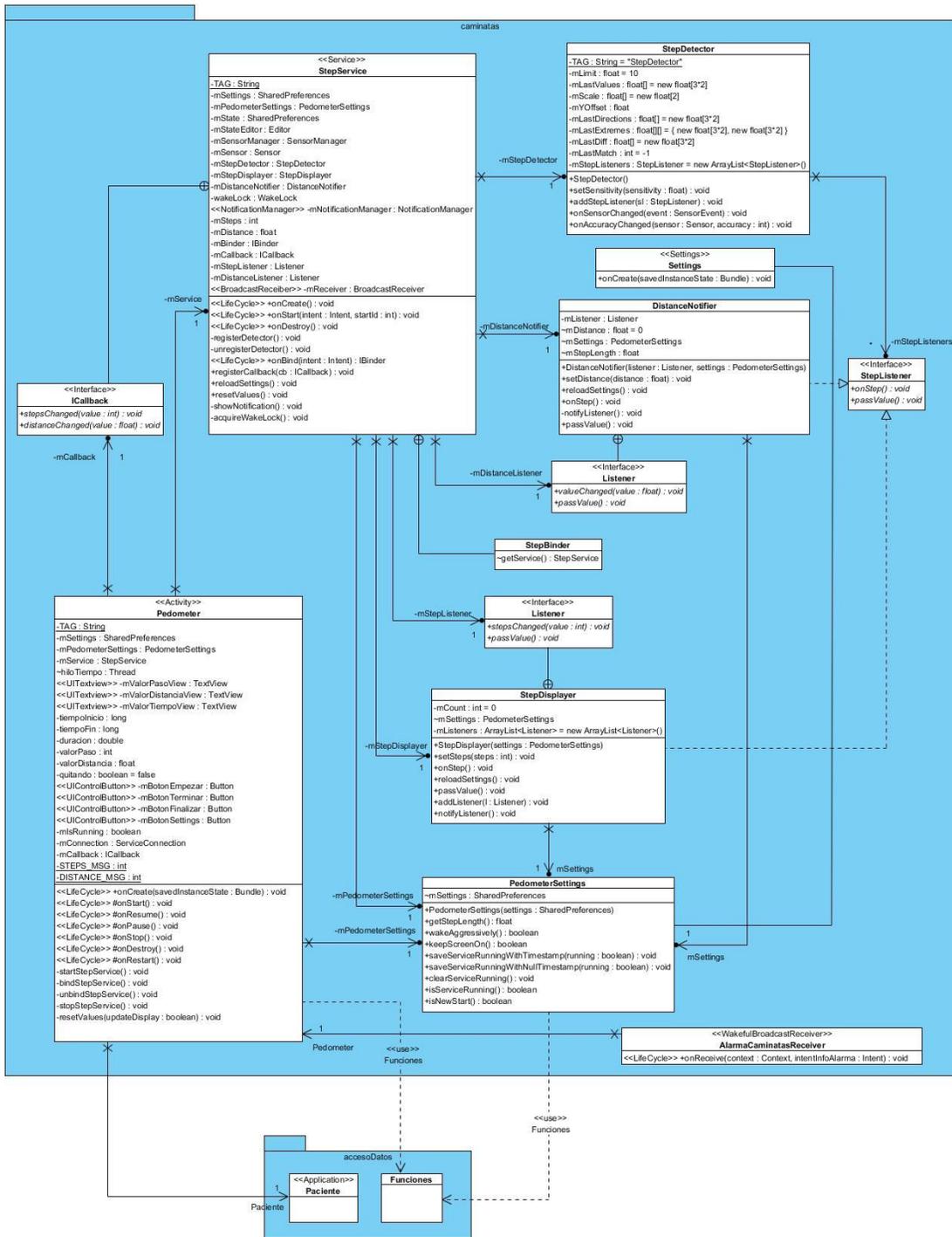


Ilustración 6 Diagrama de Clases Caminatas

Pedometer es la clase principal, se encarga de controlar la parte visual y activar el servicio StepService, también se encarga de obtener los resultados provenientes de este servicio. Las clases Settings y PedometerSettings, se encargan de establecer los parámetros utilizados por el componente de caminatas, como la longitud promedio de los pasos del paciente, el nivel de sensibilidad en cuanto a la detección de los pasos y por último evitar entrar en modo de suspensión en caso de utilizar dispositivos Android con versiones antiguas.

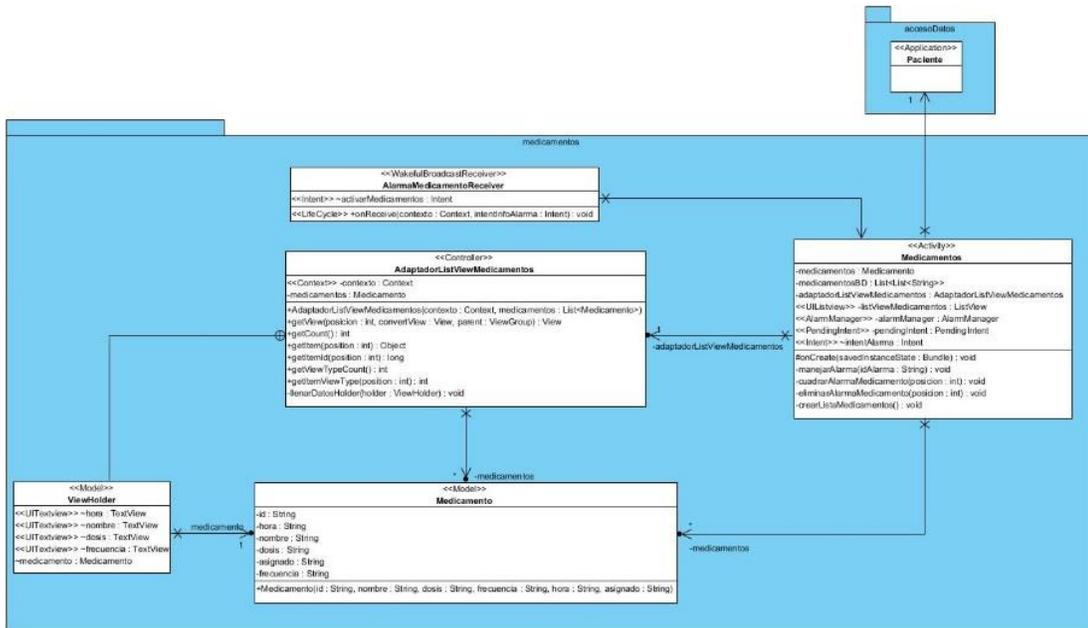


Ilustración 7 Diagrama de Clases Medicamentos

La actividad medicamentos se encarga de desplegar en una lista los medicamentos agendados por los médicos a los pacientes (almacenados en la base de datos interna de la aplicación), el manejo de la lista está a cargo del AdaptadorListviewMedicamentos, el cual se encarga de cargar la lista con los datos y actualizarlos en caso de haber algún cambio. Para su funcionamiento debe tener un listado de datos tipo Medicamento, el cual la actividad medicamentos debe haber llenado previamente y además debe tener un listado de tipo ViewHolder, el cual guarda los datos visuales de cada elemento de la lista visual a mostrar al paciente. Esto último

se realiza con el fin de utilizar el patrón ViewHolder , el cual evita desplegar en pantalla múltiples veces los mismos elementos y evita buscar elementos visuales múltiples veces (“Making ListView Scrolling Smooth | Android Developers,” 2016).

La actividad medicamentos, también se encarga de permitir a los pacientes agendar la hora de ingesta en cada medicamento. Para ello registrará las horas (teniendo en cuenta la frecuencia de ingesta asignada por los médicos) en que debe desplegar las alarmas) y por último se encarga de enviar esta información a la clase Paciente para su persistencia en la base de datos. El AlaramaMedicamentoReceiber se encarga de capturar las alarmas agendadas y activar la actividad medicamentos, este último funciona gracias al patrón observer (Larman, 2002), donde la clase se subscribe ante eventos, en este caso, manejados por medio del AlarmManager de Android (el cual actúa como un administrador de eventos) y es notificado en caso de dispararse un evento en el cual estén registrados.

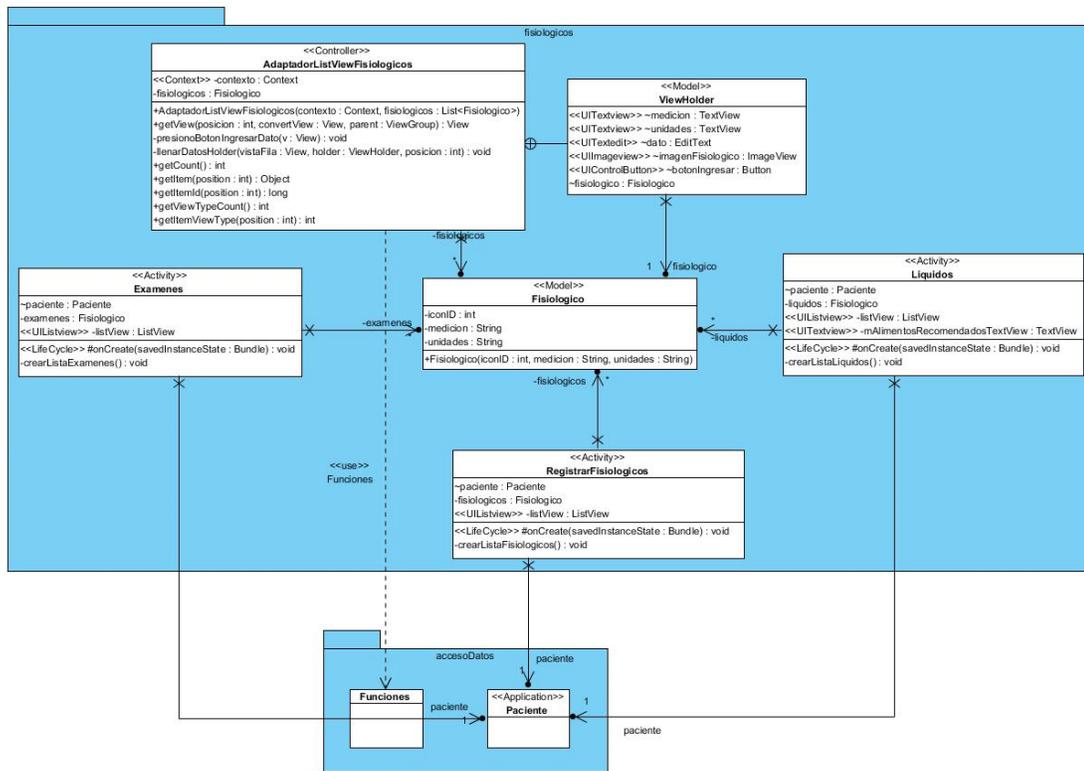


Ilustración 8 Diagrama de Clases Fisiológicos

La actividad RegistrarFisiologicos se encarga de desplegar en una lista los datos fisiológicos a llenar por los pacientes, el manejo de la lista está a cargo del AdaptadorListViewFisiologicos, el cual se encarga de cargar la lista con los datos y actualizarlos en caso de haber algún cambio. Para su funcionamiento debe tener un listado de datos tipo Fisiologico, el cual la actividad RegistrarFisiologicos debe haber llenado previamente y además debe tener un listado de tipo ViewHolder, el cual guarda los datos visuales de cada elemento de la lista visual a mostrar al paciente. Esto último se realiza con el fin de utilizar el patrón ViewHolder , el cual evita renderizar en pantalla múltiples veces los mismos elementos y evita buscar elementos visuales múltiples veces (“Making ListView Scrolling Smooth | Android Developers,” 2016).

La actividad RegistrarFisiologicos, también se encarga de capturar los datos registrados por los pacientes e informar a la clase Paciente, para su almacenaje en la base de datos interna y posterior envío al sistema médico. Tener en cuenta que se agrega una fecha de captura, generada por la clase Funciones.

En este componente fue posible implementar el patrón GRASP de bajo acoplamiento (Larman, 2002), asignando muchas funcionalidades comunes en las Activities RegistrarFisiologicos, Liquidos y Exámenes en las clases AdaptadorListViewFisiologicos, Fisiologico y ViewHolder, posibilitando la reutilización de código.

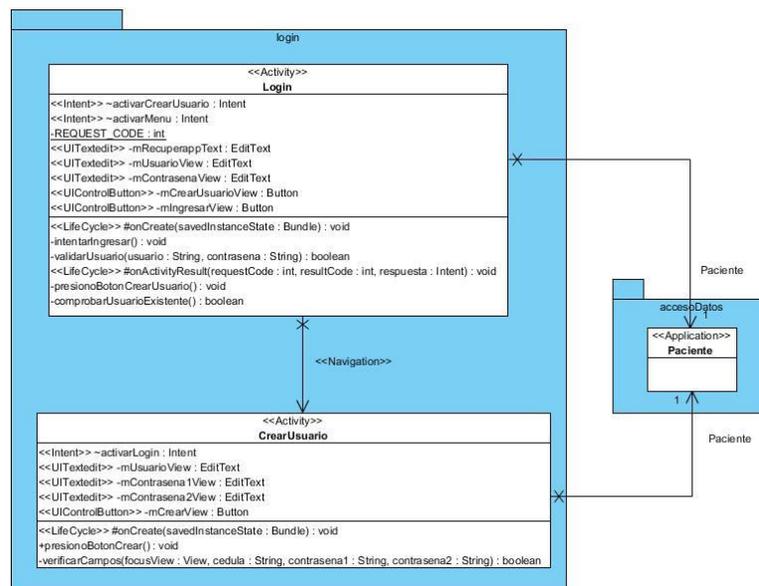


Ilustración 9 Diagrama de Clases Login

La actividad Login se encarga de validar los datos ingresados por el paciente contra los datos almacenados en la aplicación (por medio de la clase Paciente, la cual tiene acceso a la BD de la aplicación), en caso de tener algún usuario registrado en la aplicación, permite activar la actividad CrearUsuario, la cual se encarga de corroborar la validez de los datos ingresados por el paciente, comprobando los tipos de datos que debe llenar y a su vez se encarga de validar que en efecto el usuario que se intenta crear exista en el sistema médico, enviando los datos para su validación por medio de la clase Paciente- Por último, se encarga de almacenar los datos del paciente en la BD interna de la aplicación por medio de la clase Paciente y notifica a la actividad Login y en efecto hay un usuario creado.

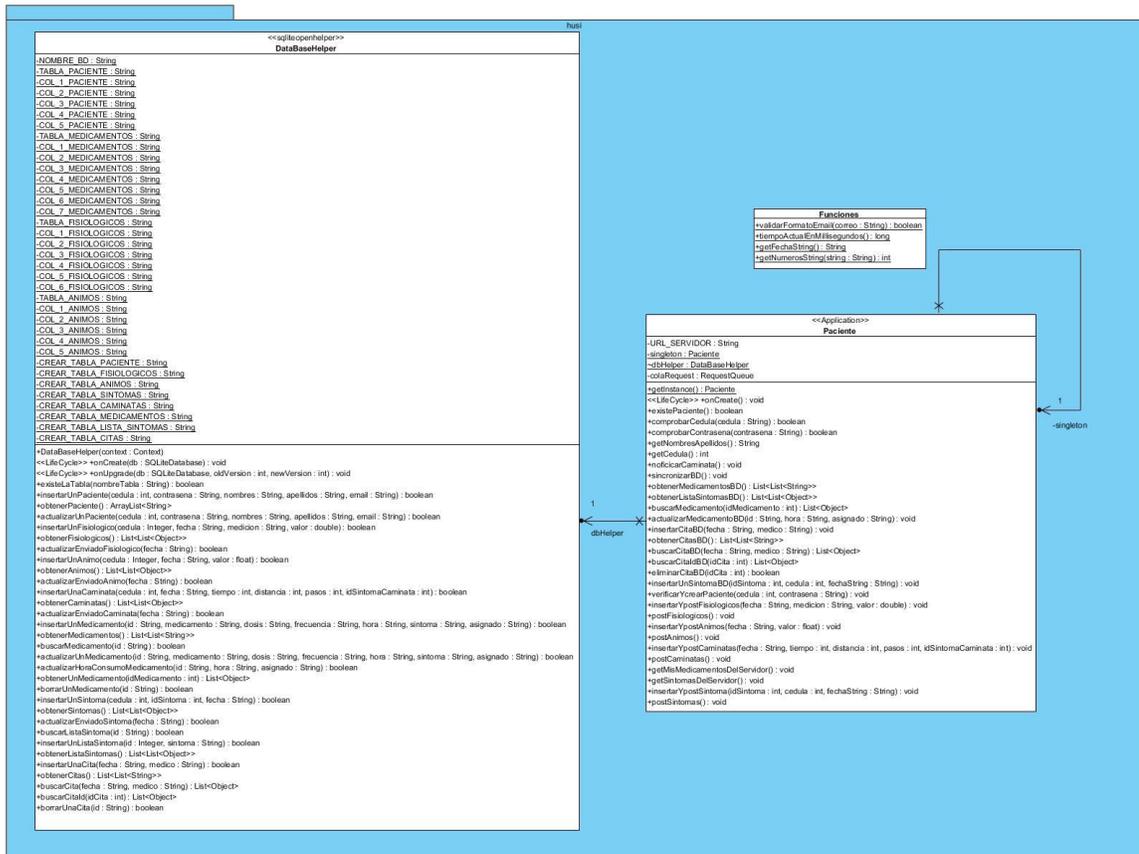


Ilustración 10 Diagrama de Clases AccesoDatos

La clase Paciente se encarga de manejar las peticiones hechas tipo CRUD por las diferentes clases de la aplicación. Esta clase se encarga de manejar el CRUD tanto en la base de datos interna de la aplicación, como en el sistema médico. Para contar con las funcionalidades CRUD en la base de datos interna de la aplicación se soporta por la clase DataBaseHelper, la cual tiene acceso directo a la base de datos de la aplicación.

Debido a que la clase Paciente, al ser accedida por todas como un único punto de acceso y además debe contar con una única instancia a lo largo de la ejecución de la aplicación, las clases incorpora el patrón Singleton (Larman, 2002).

Como la clase Paciente representa para las demás clases las funcionalidades CRUD del sistema externo a la aplicación, esta implementa el patrón Agente Remoto (Larman, 2002).

Procesos del sistema

Para efectos del entendimiento de los procesos que se ejecutan en la aplicación móvil, se muestra a continuación los pasos a seguir por el sistema diseñado por medio de diagramas BPMN, los cuales pueden ser interpretados por roles ajenos a la ingeniería de sistemas, teniendo en cuenta los stakeholders implicados en el proyecto del Hospital San Ignacio, es decir, médicos, enfermeras, personal administrativo e ingenieros de sistemas.

Siendo así, se expone a continuación los procesos más importantes del sistema en BPMN, para conocer todos los procesos, por favor remítase al documento anexo, “SDD”:

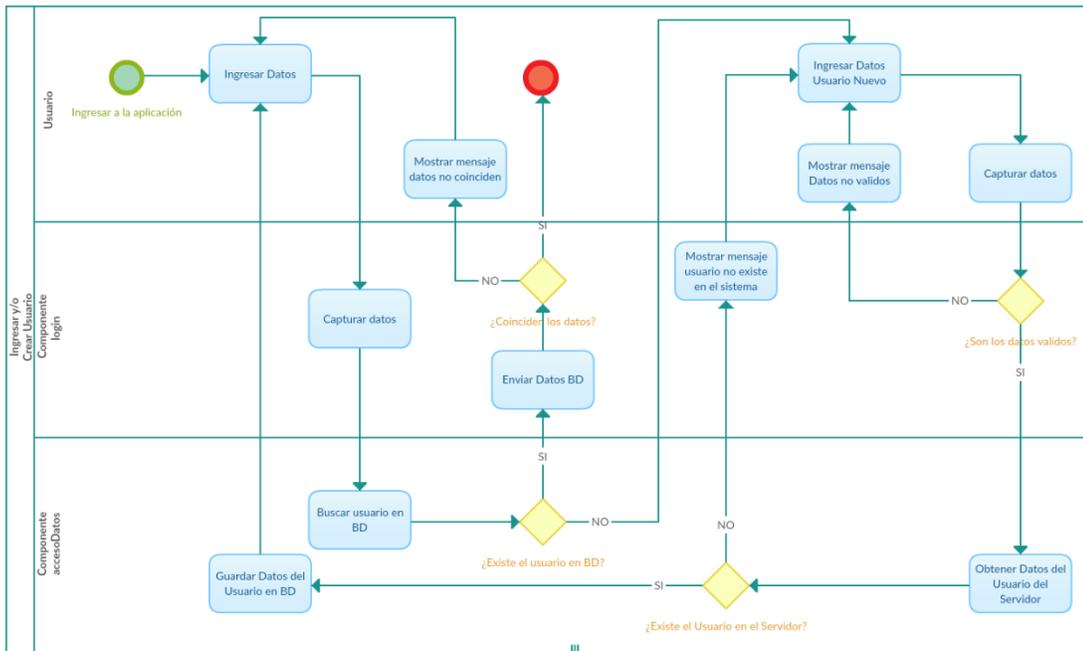


Ilustración 11 Procesos Crear Usuario

Ingresar y/o Crear Usuario	
Proceso	Descripción
Ingresar Datos	El usuario debe ingresar los datos de usuario y contraseña para ingresar al sistema
Capturar datos	El sistema captura los datos registrados por el usuario
Buscar usuario en BD	El sistema busca en la Base de Datos, los datos del usuario registrado en el sistema
Enviar Datos BD	El sistema envía los datos del usuario registrado en el sistema
Mostrar mensaje no coinciden	El caso de no coincidir los datos registrados por el usuario con los datos del usuario en la Base de Datos, el sistema despliega un mensaje en pantalla
Mostrar mensaje usuario no existe en el sistema	El caso de no existir datos del usuario en la Base de Datos, el sistema despliega un mensaje en pantalla
Ingresar datos usuario nuevo	El usuario debe ingresar los datos de usuario y contraseña para registrarse en el sistema

Mostrar mensaje datos no válidos	El caso de no haber pasado la verificación de integridad (todos los campos diligenciados) de los datos registrados por el usuario, el sistema despliega un mensaje en pantalla
Obtener datos del usuario del Servidor	El sistema móvil consulta al Servidor (enviando cédula y contraseña) la existencia del usuario en el sistema del servidor
Guardar datos del usuario en BD	El sistema guarda los datos del usuario en la Base de Datos de la aplicación móvil

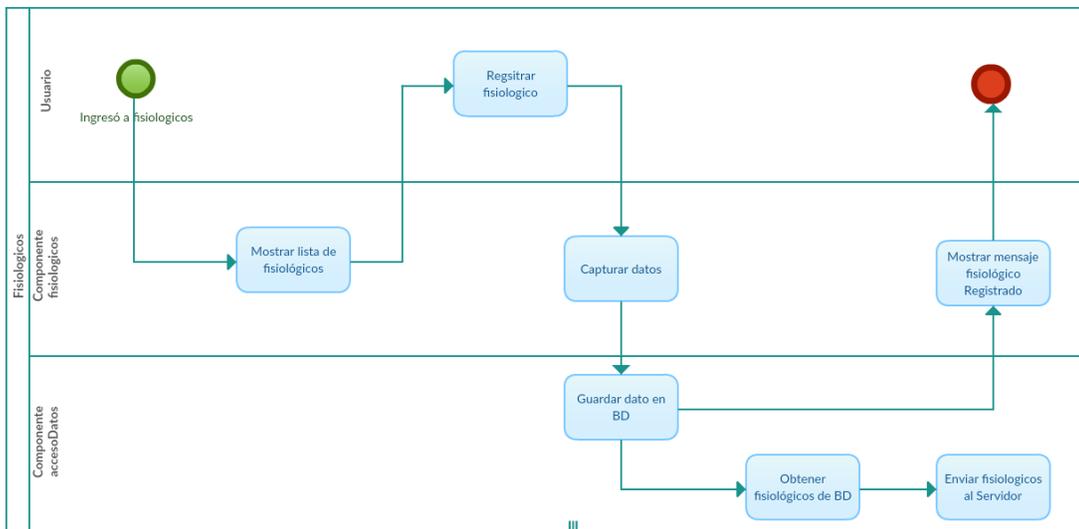


Ilustración 12 Procesos Fisiológicos

Fisiológicos	
Proceso	Descripción
Mostrar lista de fisiológicos	El sistema despliega en pantalla los datos fisiológicos (peso, frecuencia cardíaca, etc.) que puede registrar el usuario
Registrar Fisiológico	El usuario diligencia el campo de un dato fisiológico
Capturar Datos	El sistema captura los datos registrados por el usuario

Guardar datos en BD	El sistema guarda los datos registrados por el usuario en la Base de Datos de la aplicación móvil (marcando el dato como no enviado en la Base de Datos)
Obtener fisiológicos de BD	El sistema consulta en la Base de Datos todos los datos fisiológicos guardados
Enviar fisiológicos al Servidor	El sistema envía al servidor los datos fisiológicos marcados como no enviados
Mostrar mensaje fisiológico registrado	El sistema muestra en pantalla un mensaje de confirmación al usuario

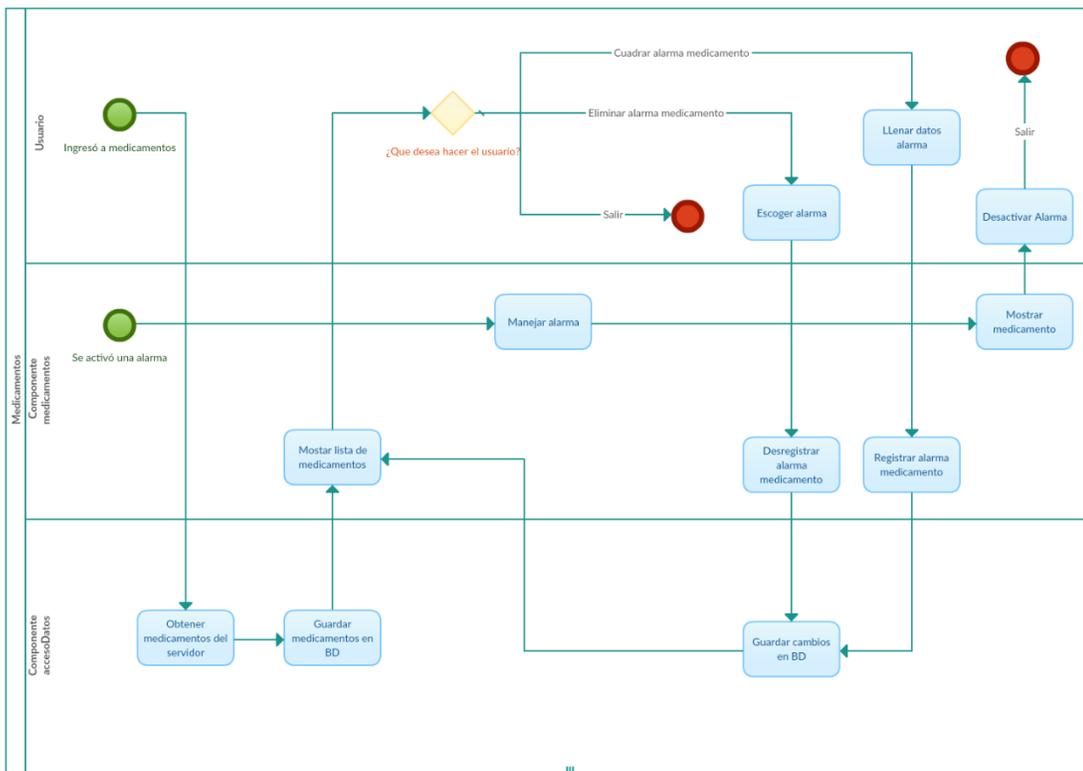


Ilustración 13 Procesos Medicamentos

Medicamentos	
Proceso	Descripción
Obtener medicamentos del servidor	El sistema consulta en el sistema externo todos los medicamentos asignados al usuario
Guardar medicamentos en BD	El sistema guarda en la Base de Datos del aplicativo móvil, los medicamentos asignados al usuario
Mostrar lista de medicamentos	El sistema despliega en pantalla los medicamentos del usuario
Llenar datos alarma	El usuario escoge un medicamento y registra la hora en que el sistema debe recordarle su ingesta
Registrar alarma medicamento	El sistema registra en el alarmManager de Android, una alarma en la hora indicada por el usuario.
Guardar Cambios en BD	El sistema guarda los datos de la alarma de medicamentos en la Base de Datos
Escoger alarma	El usuario escoge una alarma de medicamento a eliminar en la lista de medicamentos
Des registrar alarma medicamento	El sistema des registra en el alarmManager de Android, la alarma de medicamento indicada por el usuario
Manejar alarma	El sistema captura una alarma de medicamento
Mostrar medicamento	El sistema muestra en pantalla la información del medicamento asociado a la alarma de medicamento
Desactivar alarma	El usuario desactiva la alarma del medicamento

2. Herramientas y Frameworks utilizados

Teniendo claro los requerimientos y diseños creados en el trabajo de grado, se mencionan a continuación los frameworks y herramientas que se utilizaron en su elaboración, para mayor información por favor remítase a los documentos de anexo “SRS” y “SDD”.

Android Studio: Entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para la plataforma Android, además de edición de código Java, cuenta con un emulador de dispositivos móviles integración con GitHub, herramientas de prueba, herramientas para detectar problemas de rendimiento, entre otros (“Conoce Android Studio | Android Studio,” 2016).

Netbeans: Es un IDE de código abierto para el desarrollo de software, el cual aprovecha especialmente la plataforma Java (“An Introduction to NetBeans,” 2016).

Java EE: Java Platform Enterprise Edition, es una plataforma para el desarrollo de aplicaciones, para la construcción de sistemas empresariales robustos (Perrone & Chaganti, 2003).

MySQL: Es una base de datos open source (“MySQL :: MySQL Editions,” 2016).

Creately: Es una herramienta de diagramación colaborativa, enfocada a la creación de diagramas de software. Soporta más de 40 tipos de diagramas, dentro de los que se encuentran, mapas mentales, UML, diagramas de bases de datos, entre otros (“Our Products,” 2016).

Adobe illustrator: Es un programa de diseño gráfico vectorial, el cual permite la creación de logos, iconos, bosquejos, tipografías e ilustraciones (“Buy Adobe Illustrator CC | Download graphic design software free trial,” 2016).

Invision: Es una herramienta para realizar diseños de prototipos de software, específicamente desarrollos móviles y web (“Free Web & Mobile Prototyping (Web, iOS, Android) and UI Mockup Tool,” 2016).

Zotero: Es una herramienta que permite guardar referencias bibliográficas, tanto en un computador, así como en la nube, lo permite compartirlas entre varios miembros (“Zotero | Home,” 2016).

Criterios de Elección

A continuación, se mencionan todas las herramientas que se tomaron en cuenta para el desarrollo del proyecto y, sus cualidades y defectos que influyeron en su elección.

Aplicativo móvil

Esta tabla contiene los criterios de decisión que influyeron en la elección de la herramienta que se utilizó en el desarrollo del aplicativo móvil:

Herramienta	Conocimiento de la herramienta y leguajes	Requerimiento faltante del proyecto y trabajo de grado	Plataforma	Documentación y funcionalidades
Android Studio	Medio		Android	Alto
PhoneGap	Bajo	Se requiere contar con funcionalidades de alarmas para el consumo de medicamentos ("cordova - Android Alarmmanager using Phonegap - Stack Overflow," 2012)	Android iOS Windows Phone Blackberry 10	Medio
Ionic	Bajo	Se requiere contar con funcionalidades de alarmas para el consumo de medicamentos ("android - Ionic - How to create an alarm notification similar to incoming call or clock alarm - Stack Overflow," 2016)	Android iOS Windows Phone	Medio
App Inventor 2	Bajo	Construcción por bloques, dificulta el diseño conceptual del trabajo de grado Construcción por bloques dificulta el porte a otro framework a futuro en el proyecto	Android	Alto
Xcode	Muy Bajo	Se requiere la plataforma Android en el proyecto	iOS	Alto
Appcelerator	Bajo	Se requiere contar con funcionalidades de alarmas para el consumo de medicamentos ("Titanium.UI.AlertDialog - Appcelerator Platform - Appcelerator Docs," 2016)	Android iOS Windows Phone	Bajo

Tabla 7 Selección Framework móvil

Aplicativo Web

Para soportar los estilos arquitecturales (descritos anteriormente) y requerimientos no funcionales se eligió la tecnología Java EE, por ser una tecnología muy utilizada en el campo de la telemedicina (descrito anteriormente) y además mitiga aspectos arquitecturales como:

- Funcionalidades CRUD (Create-Read-Update-Delete) en bases de datos por medio de entidades java, las cuales proveen manejo de transacciones (“The NetBeans E-commerce Tutorial - Adding Entity Classes and Session Beans,” 2007).
- Proveer de funcionalidades CRUD (Create-Read-Update-Delete) en las entidades java por medio de clases tipo FACADE, provisionadas por session beans (capaces de atender múltiples usuarios por medio de instancias o sesiones momentáneas hacia cada uno). Permitiendo el acceso a las funcionalidades CRUD (Create-Read-Update-Delete) más otras funcionalidades extras, por medio de servicios web (“The NetBeans E-commerce Tutorial - Adding Entity Classes and Session Beans,” 2007).
- Permite crear aplicaciones del lado del servidor, con transacciones seguras (“The NetBeans E-commerce Tutorial - Adding Entity Classes and Session Beans,” 2007).
- Provee de seguridad a la aplicación desarrollada, por medio de Java Authentication and Authorization Service (JAAS) API (“The NetBeans E-commerce Tutorial - Adding Entity Classes and Session Beans,” 2007).
- Provee de hilos a los componentes desarrollados (“The NetBeans E-commerce Tutorial - Adding Entity Classes and Session Beans,” 2007).
- Provee de manejo de transacciones (“The NetBeans E-commerce Tutorial - Adding Entity Classes and Session Beans,” 2007).
- Soporta Servicios Web REST

Esta tabla contiene los demás criterios de decisión que influyeron en la elección de la herramienta que se utilizó en el desarrollo del aplicativo móvil:

Herramienta	Conocimiento de la herramienta y leguajes	Documentación y funcionalidades
PHP	Bajo	Alto
.NET	Muy Bajo	Alto
Java EE	Medio	Alto

Tabla 8 Selección Fraework Servidor

V – DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

1. Metodología

La metodología que se utilizó fue SCRUM, la cual, a alto nivel, recomienda manejar un proyecto por medio de iteraciones enfocadas en el producto a desarrollar, donde la innovación o ser muy eficiente en la forma de trabajar es un punto clave y además no se realiza un trabajo en cascada, es decir, no se realizan entregas serializadas de productos, en vez de esto, se trabajan las entregas en conjunto, dando énfasis en cada entrega según la fase del proyecto, sumado a los objetivos del cliente (IBM, 2009). Para mayor información remítase a la sección I - DESCRIPCIÓN GENERAL específicamente en le subsección 3. Metodología.

Acompañando a la metodología SCRUM, se realizaron 4 fases planeadas con anterioridad, las cuales fueron:

Fase de Investigación: en la cual se trató con mayor énfasis las siguientes actividades:

- Búsqueda de tratamientos a pacientes que padecieron infartos de miocardio.
- Búsqueda de métodos de seguimiento en pacientes que padecieron infartos de miocardio.
- Documentación del conocimiento adquirido a partir de la búsqueda de información
- Documentación del conocimiento adquirido en la observación de los métodos de seguimiento utilizados por el Hospital San Ignacio

Fase de Diseño y Desarrollo: en la cual se trató con mayor énfasis las siguientes actividades:

- Realización de diagramas UML perfilados para sistemas móviles que permitieron abstraer los componentes de software a realizados
- Diseño de interfaces de usuario
- Crear un prototipo funcional del software
- Diseño de manuales de usuario

Fase de Validación: en la cual se trató con mayor énfasis las siguientes actividades:

- Prueba del prototipo funcional.
- Documentación del meta-diseño
- Documentación de los meta-requerimientos
- Documentación de la memoria del trabajo de grado

Para mayor información remítase a la sección I - DESCRIPCIÓN GENERAL específicamente en la subsección 3. Metodología.

Cumpliendo con metodología utilizada, se realizaron varias iteraciones para cumplir con las fases (muchas las actividades asociadas a las fases se trabajaron al tiempo, pero se trabajaron con mayor intensidad según la fase del proyecto en que se estuviera), estas iteraciones se realizaron de manera semanal, mostrando el avance al director del trabajo de grado y se aclara que se omitieron reuniones internas por falta de personal (solo se contó con 1 estudiante para el trabajo de grado). Los pasos generales para trabajar sobre iteraciones fueron los siguientes:

1. Planificación de actividades para la iteración semanal.
 - El cliente (en este caso el director del trabajo de grado), prioriza los objetivos para que el estudiante tenga una guía general de lo que debe realizar.
 - El estudiante crea tareas a realizar según los objetivos puesto por el cliente.
2. Ejecución de la iteración

Como SCRUM aconseja innovar o ser muy eficiente en la metodología de trabajo, se tomaron algunas medidas en la manera en que se trabajó, dentro de las cuales están:

- Para facilitar la comunicación con los stakeholders en cuanto al diseño de las funcionalidades tenidas en cuenta para la realización del proyecto, se utilizó la herramienta Invision, para crear mockups interactivos del software móvil y agilizar el levantamiento de requerimientos, así como también dar validez conceptual a los futuros aspectos funcionales de la prueba de concepto creada sin haberse implementado, es decir, tener resultados cercanos al resultado tangible, esto también mitigó el riesgo que se detectó en la propuesta, en cuanto a disponibilidad de la parte médica, para realizar levantamientos de requerimientos de manera escrita. Se aclara que también, se tenía parte del software hecho mientras se mostraban mockups, por tanto, esto también evitó implementaciones de software equivocadas o no cercanas a lo que los clientes finales deseaban. Por último, esta herramienta también provee el diseño a tener en cuenta para realizar el front end de la aplicación móvil a los futuros desarrolladores del proyecto, pero se aclara que también se tomaron en cuenta para realizar el diseño gráfico del software entregado en el trabajo de grado. Para ver los diseños realizados con la herramienta Invision, por favor remítase al documento anexo “SDD”.
- Para maximizar el tiempo disponible en el desarrollo del software, se documentó los anexos de la memoria de tal forma, que también sirvieran como componentes de la memoria.
- Se anotaron preguntas y dudas para el director de trabajo de grado (uno de los clientes) de antemano a las reuniones semanales de las iteraciones.

2. Funcionalidades de los aplicativos realizados

A continuación, se exponen algunas de las capturas de pantalla de los aplicativos creados a modo de prueba de concepto en el trabajo de grado, para observar todas las funcionalidades de los aplicativos, por favor, remítase a los documentos anexos “Manual Usuario RecuperApp” y “Manual Usuario RecuperApp Web”.

Aplicativo móvil

Estas son las capturas de pantalla reales de la aplicación móvil desarrollada.

Login Móvil



Ilustración 14 Captura de pantalla Login móvil

Pantalla para validar la autenticidad del usuario por medio de la cédula y contraseña del usuario. Estos datos están en el aplicativo, después de haber creado un usuario nuevo, para lo cual debió validar los datos con respecto a los usuarios registrados en el sistema web.

Caminatas



Ilustración 15 Captura de pantalla Caminatas móvil

Pantalla para registrar las caminatas del paciente por medio de los sensores del teléfono móvil (Registra el tiempo, número de pasos y la distancia recorrida).

Ajustes

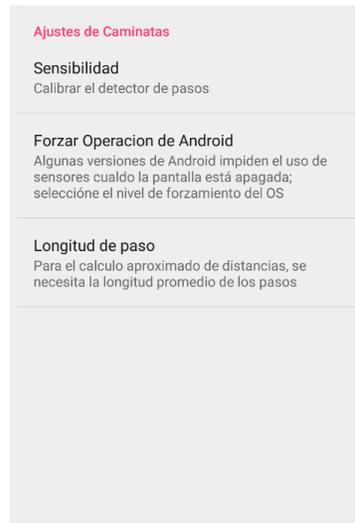


Ilustración 16 Captura de pantalla Ajustes

Pantalla para modificar los ajustes de las caminatas del paciente.

Registrar Síntomas



Ilustración 17 Captura de pantalla Registrar síntomas

Pantalla para el ingreso de síntomas en caso de detectar algún síntoma por parte del paciente.

Registrar Fisiológico



Ilustración 18 Captura de pantalla Registrar datos fisiológicos

Pantalla para el ingreso de datos fisiológicos de los pacientes, obtenidos por dispositivos externos a la aplicación móvil.

Medicamentos



Ilustración 19 Captura de pantalla Medicamentos móvil

Pantalla para mostrar los medicamentos asignados al paciente desde el sistema web (muestra el medicamento, dosis y la frecuencia de consumo). El aplicativo permite al paciente, cuadrar y eliminar alarmas en cada medicamento. El aplicativo muestra al paciente el medicamento a ingerir, sumado a vibraciones y sonidos, los cuales no paran hasta su desactivación. El aplicativo le recuerda su ingesta, teniendo en cuenta la frecuencia de ingesta del medicamento (el aplicativo se encarga de re agendar la alarma según la frecuencia de consumo).

Citas médicas

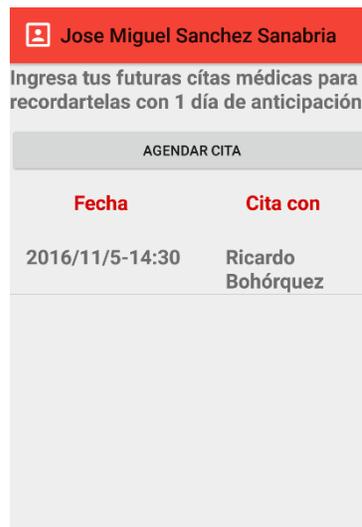


Ilustración 20 Captura de pantalla Citas médicas

Pantalla para mostrar las citas médicas ingresadas por el paciente desde el aplicativo móvil. El aplicativo permite al paciente ingresar y eliminar, sus futuras citas médicas (con fecha, hora y médico que le atenderá), para lo cual el aplicativo móvil le recuerda sus citas por medio de notificaciones un día antes de la cita, mostrando la fecha y el médico que le atenderá.

Aplicativo Web

Estas son las capturas de pantalla reales de la aplicación web desarrollada.

Login Web

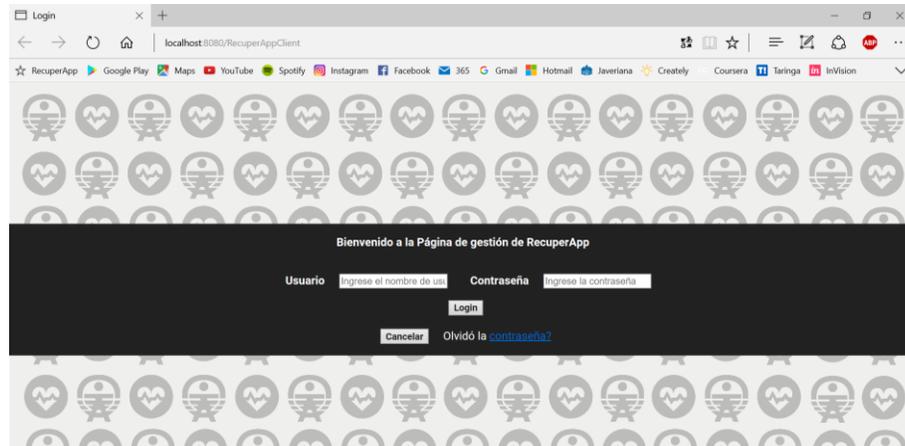


Ilustración 21 Captura de pantalla Login web

Pantalla para validar la autenticidad del médico que dese ingresar al portal web.

Pacientes

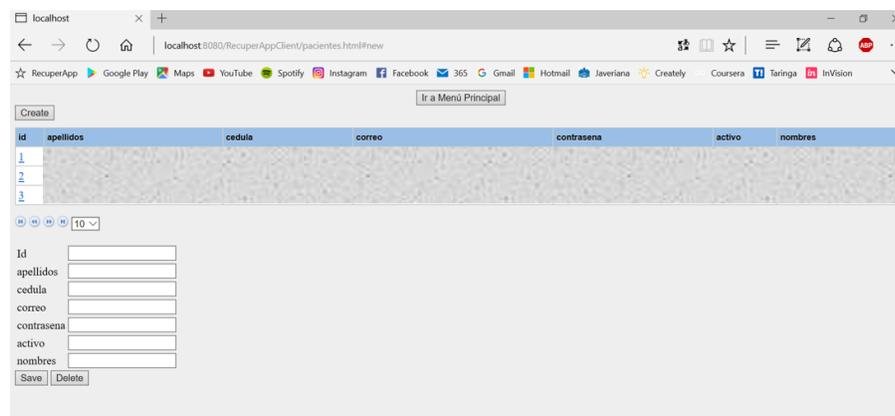
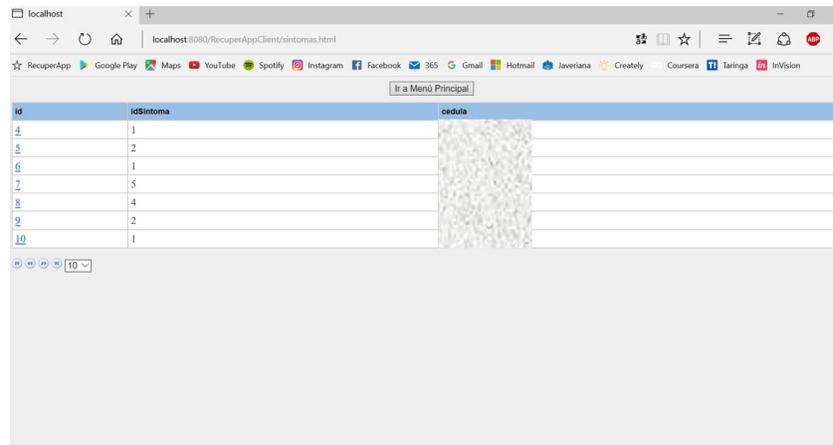


Ilustración 22 Captura de pantalla Pacientes Web

Pantalla de gestión de pacientes, se pueden visualizar los pacientes registrados en el sistema y se pueden registrar nuevos pacientes.

Síntomas web

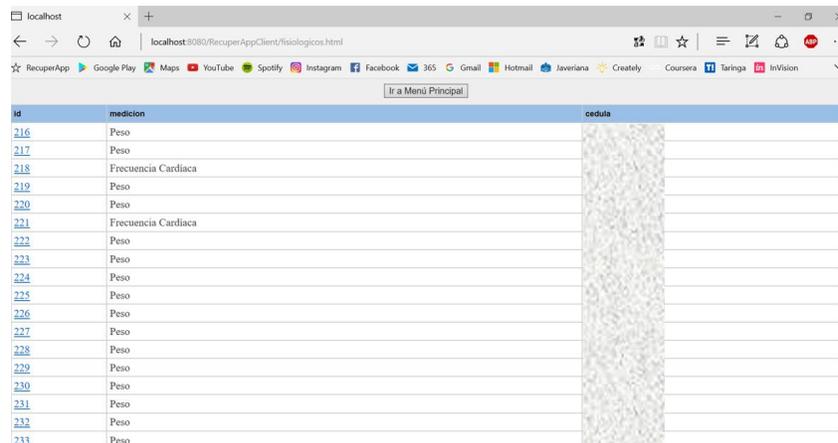


id	idSintoma	cedula
4	1	
5	2	
6	1	
7	5	
8	4	
9	2	
10	1	

Ilustración 23 Captura de pantalla Síntomas Web

Pantalla para visualizar los diferentes síntomas registrados por los pacientes desde la aplicación móvil.

Fisiológicos Web

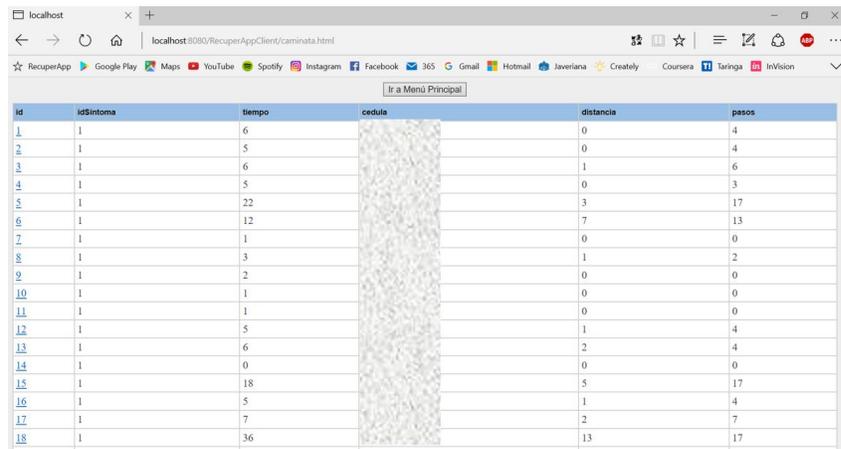


id	medicacion	cedula
216	Peso	
217	Peso	
218	Frecuencia Cardiaca	
219	Peso	
220	Peso	
221	Frecuencia Cardiaca	
222	Peso	
223	Peso	
224	Peso	
225	Peso	
226	Peso	
227	Peso	
228	Peso	
229	Peso	
230	Peso	
231	Peso	
232	Peso	
233	Peso	

Ilustración 24 Captura de pantalla Fisiológicos Web

Pantalla para visualizar los diferentes datos fisiológicos registrados por los pacientes desde la aplicación móvil.

Caminatas Web



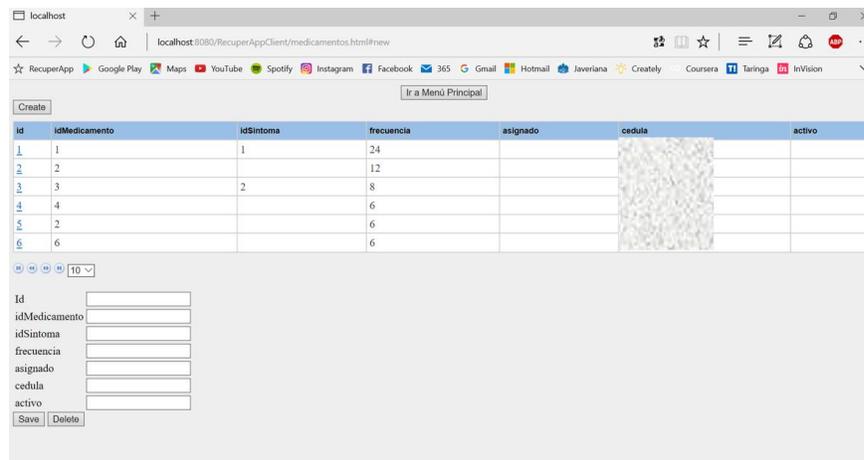
The screenshot shows a web browser window with the URL localhost:8080/RecuperAppClient/caminata.html. The page displays a table with the following data:

id	idSintoma	tiempo	cedula	distancia	pasos
1	1	6		0	4
2	1	5		0	4
3	1	6		1	6
4	1	5		0	3
5	1	22		3	17
6	1	12		7	13
7	1	1		0	0
8	1	3		1	2
9	1	2		0	0
10	1	1		0	0
11	1	1		0	0
12	1	5		1	4
13	1	6		2	4
14	1	0		0	0
15	1	18		5	17
16	1	5		1	4
17	1	7		2	7
18	1	36		13	17

Ilustración 25 Captura de pantalla Caminatas Web

Pantalla para visualizar los datos de las caminatas registrados por la aplicación móvil de los pacientes.

Medicamentos



The screenshot shows a web browser window with the URL localhost:8080/RecuperAppClient/medicamentos.html#new. The page displays a table with the following data:

id	idMedicamento	idSintoma	frecuencia	asignado	cedula	activo
1	1	1	24			
2	2		12			
3	3	2	8			
4	4		6			
5	2		6			
6	6		6			

Below the table, there is a form for creating a new medication assignment with the following fields:

- id
- idMedicamento
- idSintoma
- frecuencia
- asignado
- cedula
- activo

Buttons for 'Save' and 'Delete' are also visible.

Ilustración 26 Captura de pantalla Medicamentos Web

Pantalla para visualizar y asignar medicamentos a los pacientes (los medicamentos a asignar se obtienen a partir de la lista de medicamentos del sistema).

Lista de Síntomas

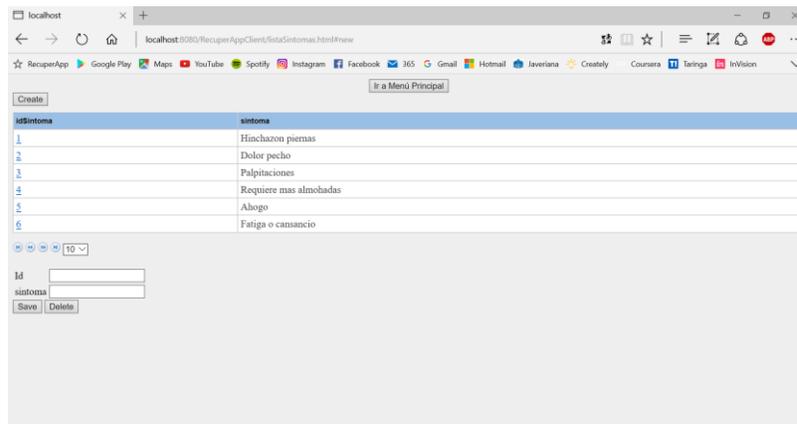


Ilustración 27 Captura de pantalla Lista Síntomas

Pantalla para visualizar y agregar síntomas que pueden presentar los pacientes al sistema, estos síntomas se ven reflejados en el aplicativo móvil, es decir, se pueden eliminar, agregar o modificar los síntomas que el paciente puede registrar desde el aplicativo móvil.

Lista Medicamentos

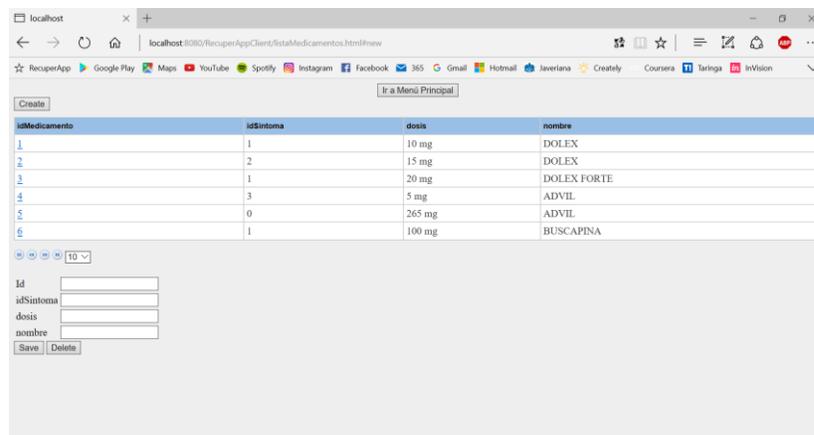


Ilustración 28 Captura de pantalla Lista Medicamentos

Pantalla para visualizar y agregar medicamentos al sistema.

3. Estándares utilizados en el trabajo de grado

Los estándares utilizados durante el trabajo de grado incluyen, referencias según las normas APA versión 6 (“APA Style,” 2016) Márgenes, numeración y encabezados según las normas

ICONTEC (“Márgenes con normas ICONTEC,” 2015), Software Requirements Specification, UML y Software Design Description.

VI – RESULTADOS

Según la metodología propuesta por favor ver documento “PropuestaTGJoséMiguelSánchez”. Las pruebas que se realizaron fueron pruebas de aceptación por parte de los futuros usuarios del sistema implicados en la parte investigativa de pacientes cardiacos, es decir, los médicos y enfermeras, encargados de los proyectos e investigación en pacientes cardiacos, quienes sabían exactamente sus necesidades en cuanto al seguimiento de pacientes cardiacos.

Los expertos consultados fueron el doctor Ricardo Bohórquez R., profesor titular de cardiología y la enfermera Diana Achury, profesora investigadora de la facultad de enfermería, ambos del Hospital San Ignacio.

Análisis de los resultados

Promediando las respuestas de ambos encuestados, se obtuvieron los siguientes resultados para cada tipo de pregunta:

Pregunta	Resultado ponderado
1. El sería útil en mi trabajo.	1. De acuerdo
2. El sistema permitiría realizar mis tareas con mayor rapidez.	1. De acuerdo
3. El sistema aumentaría mi productividad al utilizarlo.	1. De acuerdo
4. Si utilizara el sistema, tendría una mayor probabilidad de conseguir un aumento de sueldo.	-1. En desacuerdo
5. Mi interacción con el sistema sería clara y entendible	1. De acuerdo
6. Podría manejar el sistema hábilmente.	1. De acuerdo
7. Me parece que el sistema es fácil de utilizar.	1. De acuerdo
8. Aprender a utilizar el sistema es fácil para mí.	1. De acuerdo
9. El sistema me parece una buena idea.	1. De acuerdo
10. El sistema hace más interesante mi trabajo.	1. De acuerdo

11. Trabajar con el sistema es divertido.	0. Indiferente o indeciso
12. Me gusta trabajar con el sistema.	1. De acuerdo
13. Podría ejecutar tareas con el sistema, si no hay personas que me indiquen como utilizar la herramienta.	1. De acuerdo
14. Podría ejecutar tareas con el sistema, si puedo llamar a alguien por ayuda en caso de no poder avanzar.	1. De acuerdo
15. Podría ejecutar tareas con el sistema, si tengo mucho tiempo para utilizar la herramienta.	0. Indiferente o indeciso
16. Podría ejecutar tareas con el sistema, si solo cuento con las ayudas de la herramienta.	-1. En desacuerdo
17. Me preocupa utilizar el sistema.	-1. En desacuerdo
18. Me preocupa que pueda perder mucha información al utilizar el sistema en caso de presionar la tecla equivocada.	-1. En desacuerdo
19. Me pone a dudar utilizar el sistema, por miedo a cometer errores que no pueda corregir.	-1. En desacuerdo
20. El sistema en cierta manera es intimidante para mí.	-1. En desacuerdo
21. Pretendo utilizar el sistema en los próximos 6 meses.	1. De acuerdo
22. Predigo que utilizaré el sistema en los próximos 6 meses.	1. De acuerdo
23. Planeo utilizar el sistema en los próximos 6 meses.	1. De acuerdo

Tabla 9 Resultados

Dado lo anterior, en cuanto a la expectativa del rendimiento en el trabajo al utilizar la herramienta, hay un interés por parte de los encuestados hacia la utilidad de la herramienta (preguntas 1-4).

Para la expectativa en cuanto al esfuerzo necesario para utilizar la herramienta, no hay mayores inconvenientes que entorpezcan la usabilidad de la herramienta (preguntas 5-8).

En cuanto a la actitud en torno a utilizar la herramienta en la práctica, no hay mayores inconvenientes (preguntas 9-12).

Para la eficacia personal al utilizar la herramienta, hay indicios que indican la necesidad de pequeñas ayudas para utilizar la herramienta, para lo cual se hizo un manual de usuario, que permita guiar en las funciones de la herramienta (preguntas 13-16).

En cuanto al temor a utilizar la herramienta, no hay mayores inconvenientes (preguntas 17-20).

Por último, en cuanto a la intensidad de los encuestados para utilizar el sistema, se percibe el interés hacia incorporar la herramienta en el entorno laboral de estos (preguntas 21-23).

Para mayor detalle en cuanto al proceso de validación, por favor remítase al documento anexo “Informe de Validación”.

VI – CONCLUSIONES

1. Análisis de Impacto del Desarrollo

Se espera un impacto en cuanto al entendimiento de los ingenieros de sistemas en cuanto al proceso de desarrollo de aplicativos bajo contextos médicos, además de las implicaciones por fuera de los aspectos meramente técnicos expuestos en los meta-requerimientos y meta-diseño, por favor remítase al documento anexo “meta-requerimientos y meta-diseño”.

El código del software derivado del trabajo de grado, liberado bajo la licencia de código libre Apache 2.0, permite a las instituciones que traten la problemática de insuficiencia cardiaca por medio de herramientas tecnológicas, adaptarlo según sus necesidades específicas, ahorrándoles costos, tiempos de desarrollo y contando de partida, con muchas funcionalidades que, en el momento del desarrollo del trabajo de grado, no estaban en soluciones del mercado para el momento. Esto con el ánimo de promover los trabajos de investigación en pacientes cardíacos, así como, ayudar en los procesos de las instituciones del área salud, a contar con herramientas para la recolecta de datos de sus pacientes.

El trabajo se pensó para brindar una solución que permita a las instituciones de salud que la adapten, brindar ayuda tanto a los pacientes como a los médicos y enfermeras. Estos tres, a pesar que son actores en torno a la misma problemática, en algunos aspectos no tienen los mismos intereses, se realizaron ayudas tales como recordatorios de citas y alarmas de ingesta de medicamentos a los pacientes, pero también se tomaron en cuenta los aspectos en cuanto ayuda en los procesos que realizan los médicos y enfermeras, como la automatización para la

captura y visualización de los datos de los pacientes, que permite a los médicos y enfermeras enfocarse en el análisis de datos, en vez, de la recolección de información, por último, permite a los pacientes cardiacos comunicar sus síntomas, sin necesidad de acudir a un centro de salud.

2. Conclusiones y Trabajo Futuro

En el trabajo de grado se dio cumplimiento del objetivo general de crear el prototipo de una aplicación móvil que soporte el seguimiento en la rehabilitación cardiaca de pacientes y se cumplieron todos los objetivos específicos que permitieron cumplir con el objetivo general, además se realizaron todos los requerimientos importantes obtenidos durante el proceso, lo cual se vio reflejado en las pruebas de aceptación realizadas al personal de enfermería y médico, los cuales quedaron a gusto con la solución entregada, que además del prototipo de una aplicación móvil, se logró realizar el prototipo de un sistema web de apoyo al personal del Hospital San Ignacio.

Se espera dar continuidad al proceso, aprovechando los documentos de meta-requerimientos y meta-diseño, los cuales contienen los factores que aparecieron y que influenciaron el trabajo de grado, para así, permitir a futuras personas que continúen con el proceso derivado del trabajo de grado, tener de antemano, recomendaciones que les ayuden a sortear de manera preventiva los obstáculos que se presenten en el proyecto y los consejos a tener en cuenta (Walls, Widmeyer, & El Sawy, 1992) , por favor remítase al documento anexo “Meta-Requerimientos y Meta-Diseño”. Además, también se deja un documento del estado del arte, para que éstas futuras personas que decidan continuar con el proceso, entiendan la problemática de fondo y puedan proponer metodologías para el seguimiento de pacientes cardíacos que no se han contemplado en el trabajo, por favor remítase al documento anexo “Estado Del Arte”.

Como trabajo a futuro, se espera implementar las demás funcionalidades que por tiempo y grado de relevancia para el tratamiento de pacientes cardiacos no se llegaron a implementar, para mayor detalle, por favor remítase al documento anexo de Excel “requerimientos”. También se espera complementar las interfaces gráficas de los aplicativos, utilizando los diseños gráficos sugeridos, por favor remítase al documento anexo “SDD”.

También se espera una mejora en los procesos de enfermería y médico del hospital, una vez se implante una versión más madura del software, que permita automatizar la recolecta de datos

de los síntomas y caminatas de los pacientes, para así, enfocarse en el análisis de estos. Incluso, se espera contar de antemano, con datos de los pacientes que normalmente se obtienen durante la consulta, como exámenes médicos del paciente.

Como se implementó una arquitectura pensada para permitir al software ser acoplado a otros sistemas existentes en las instituciones de salud, se espera comunicar el sistema de RecuperApp a otros sistemas del Hospital San Ignacio.

Por último, se espera que a futuro se pruebe la validez de utilizar este tipo de herramientas tecnológicas en el tratamiento de pacientes cardiacos y así, poder difundir el conocimiento derivado a otras instituciones de salud y se convierta en una herramienta muy utilizada en el campo.

IV- REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Acerca de la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir. (2016). Retrieved August 20, 2016, from <http://www.keepitpumping.com/es/acerca-de-la-insuficiencia-cardiaca/>
- Airmed-cardio: a GSM and Internet services-based system for out-of-hospital follow-up of cardiac patients. (2005). *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 9(1), 73–85. <https://doi.org/10.1109/TITB.2004.840067>
- An Introduction to NetBeans. (2016). Retrieved October 16, 2016, from <https://netbeans.org/about/index.html>
- android - Ionic - How to create an alarm notification similar to incoming call or clock alarm - Stack Overflow. (2016). Retrieved September 6, 2016, from <http://stackoverflow.com/questions/38297790/ionic-how-to-create-an-alarm-notification-similar-to-incoming-call-or-clock-al>
- Annual Report 2015. (2015). Retrieved November 15, 2016, from <https://www.novartis.com/news/annual-report-2015>
- APA Style. (2016). Retrieved November 4, 2016, from <http://www.apastyle.org/index.aspx>
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. 5ta. Edición. Fidas G. Arias Odón.
- Aumento de la fatiga. (2016). Retrieved August 21, 2016, from http://www.heartfailurematters.org/es_ES/Signos-de-alarma/Aumento-de-la-fatiga
- Aumento rápido de peso. (2016). Retrieved August 21, 2016, from http://www.heartfailurematters.org/es_ES/Signos-de-alarma/Aumento-rapido-de-peso

- Azzolini, C. M. (2012). *Un enfoque de priorización de requerimientos a partir de la segmentación de las preferencias de los stakeholders* (Tesis). Facultad de Informática. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10915/18150>
- bagilevi/android-pedometer. (2016). Retrieved October 28, 2016, from <https://github.com/bagilevi/android-pedometer>
- Brooks, G. C., Vittinghoff, E., Iyer, S., Tandon, D., Kuhar, P., Madsen, K. A., ... Olgin, J. E. (2015). Accuracy and Usability of a Self-Administered 6-Minute Walk Test Smartphone Application. *Circulation. Heart Failure*, 8(5), 905–913. <https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.115.002062>
- Buy Adobe Illustrator CC | Download graphic design software free trial. (2016). Retrieved September 6, 2016, from <http://www.adobe.com/products/illustrator.html>
- Carrasco, C., & Jacinto, R. (2013). Una herramienta de apoyo a la estimación del esfuerzo de desarrollo de software en proyectos pequeños. *Repositorio Académico - Universidad de Chile*. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/115273>
- Conoce Android Studio | Android Studio. (2016). Retrieved September 6, 2016, from <https://developer.android.com/studio/intro/index.html?hl=es-419>
- Control de la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir. (2016). Retrieved August 21, 2016, from <http://www.keepitpumping.com/es/acerca-de-la-insuficiencia-cardiaca/control-de-la-insuficiencia-cardiaca/>
- cordova - Android Alarmmanager using Phonegap - Stack Overflow. (2012). Retrieved July 21, 2016, from <http://stackoverflow.com/questions/6897185/android-alarmmanager-using-phonegap>

- Core J2EE Patterns - Session Facade. (2002). Retrieved October 29, 2016, from <http://www.oracle.com/technetwork/java/sessionfacade-141285.html>
- Desvanecimiento o mareo. (2016). Retrieved August 21, 2016, from http://www.heartfailurematters.org/es_ES/Signos-de-alarma/Desvanecimiento-o-mareo
- Dolor torácico. (2016). Retrieved August 21, 2016, from http://www.heartfailurematters.org/es_ES/Signos-de-alarma/Dolor-toracico
- Elejabarrieta, F. J., & Iñiguez, L. (2010). CONSTRUCCIÓN DE ESCALAS DE ACTITUD, TIPO THURSTONE Y LIKERT. *La Sociología en sus Escenarios*, 0(4). Retrieved from <http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/ceo/article/view/6564>
- Enfermedad de las arterias coronarias. (2016, September 12). [Text]. Retrieved August 20, 2016, from <https://medlineplus.gov/spanish/coronaryarterydisease.html>
- Free Web & Mobile Prototyping (Web, iOS, Android) and UI Mockup Tool. (2016). Retrieved October 16, 2016, from <https://www.invisionapp.com/>
- Generalidades sobre la insuficiencia cardíaca: MedlinePlus enciclopedia médica. (2015, 04). Retrieved August 21, 2016, from <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000158.htm>
- Hardware and Software Requirements (Sun Java System Application Server Platform Edition 8.2 Release Notes). (2010). Retrieved November 4, 2016, from <https://docs.oracle.com/cd/E19830-01/819-4707/abqae/index.html>
- Heart Failure Self-Management App. (2016). Retrieved August 22, 2016, from <http://www.atlanticare.org/index.php/community-and-patient-resources/heart-failure-self-management-app>

- Heart Health Information: About Heart Disease | cdc.gov. (2015, August 10). Retrieved August 20, 2016, from <http://www.cdc.gov/heartdisease/about.htm>
- Heart Partner on the App Store. (2016). Retrieved August 22, 2016, from <https://itunes.apple.com/us/app/heart-partner/id1047205911?mt=8>
- Herramientas y recursos sobre la insuficiencia cardíaca | Hazlo Latir. (2016). Retrieved August 21, 2016, from <http://www.keepitpumping.com/es/herramientas-y-recursos/>
- Hinchazón o dolor en el abdomen. (2016). Retrieved August 21, 2016, from http://www.heartfailurematters.org/es_ES/Signos-de-alarma/Hinchazon-o-dolor-en-el-abdomen
- IBM. (2009, October 20). Rational Team Concert for Scrum Projects : SCRUM como metodología [CT905]. Retrieved November 4, 2016, from <https://www.ibm.com/developerworks/community/wikis/home?lang=en#!/wiki/Rational+Team+Concert+for+Scrum+Projects/page/SCRUM+como+metodolog%C3%ADa>
- IBM - Arquitectura orientada a servicios (SOA) de IBM - Colombia. (2016). Retrieved October 26, 2016, from <http://www-01.ibm.com/software/co/solutions/soa/>
- Inapetencia/náuseas. (2016). Retrieved August 21, 2016, from http://www.heartfailurematters.org/es_ES/Signos-de-alarma/Inapetencia-nauseas
- Java Platform, Enterprise Edition 7 SDK - Release Notes. (2016). Retrieved November 4, 2016, from http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/documentation/javaee7sdk-readme-1957703.html#System_Requirements
- Ko, M., Seo, Y.-J., Min, B.-K., Kuk, S., & Kim, H. S. (2012). Extending UML Meta-model for Android Application. In *Proceedings of the 2012 IEEE/ACIS 11th International*

- Conference on Computer and Information Science* (pp. 669–674). Washington, DC, USA: IEEE Computer Society. <https://doi.org/10.1109/ICIS.2012.48>
- Larman, C. (2002). *Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-oriented Analysis and Design and the Unified Process*. Prentice Hall Professional.
- Making ListView Scrolling Smooth | Android Developers. (2016). Retrieved October 28, 2016, from <https://developer.android.com/training/improving-layouts/smooth-scrolling.html#ViewHolder>
- Márgenes con normas ICONTEC. (2015, February 16). Retrieved November 4, 2016, from <http://normasicontec.org/margenes-con-normas-icontec/>
- Markus, M. L., Majchrzak, A., & Gasser, L. (2002). A Design Theory for Systems That Support Emergent Knowledge Processes. *MIS Quarterly*, 26(3), 179–212.
- Mayo Clinic Staff. (2014, July 29). Heart disease - Mayo Clinic. Retrieved August 20, 2016, from <http://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/heart-disease/basics/definition/CON-20034056?p=1>
- Mayor hinchazón de las piernas o los tobillos. (2016). Retrieved August 21, 2016, from http://www.heartfailurematters.org/es_ES/Signos-de-alarma/Mayor-hinchazon-de-las-piernas-o-los-tobillos
- Moyano, G. L., Mansilla, C. R., Quesada, M. del M. M., Quiroga, G. A. C., & Moreno, M. D. (2007). Aplicación de un plan de cuidados de enfermería en un programa de insuficiencia cardíaca. *Enfermería En Cardiología: Revista Científica E Informativa de La Asociación Española de Enfermería En Cardiología*, (41), 25–32.
- MySQL :: MySQL Editions. (2016). Retrieved September 6, 2016, from <https://www.mysql.com/products/>

- Our Products. (2016). Retrieved September 6, 2016, from <http://cinergix.com/products/>
- Palpitaciones. (2016). Retrieved August 21, 2016, from http://www.heartfailurematters.org/es_ES/Signos-de-alarma/Palpitaciones
- Patient App. (2016). Retrieved August 22, 2016, from <http://www.hfsa.org/patient/patient-app/>
- Perrone, P. J., & Chaganti, K. (2003). *J2EE: Developer's Handbook*. Pearson Education.
- Piotrowicz, E., Piepoli, M. F., Jaarsma, T., Lambrinou, E., Coats, A. J. S., Schmid, J.-P., ... Ponikowski, P. P. (2016). Telerehabilitation in heart failure patients: The evidence and the pitfalls. *International Journal of Cardiology*, 220, 408–413.
<https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.06.277>
- Raikhelkar, J., & Raikhelkar, J. K. (2015). The Impact of Telemedicine in Cardiac Critical Care. *Critical Care Clinics*, 31(2), 305–317.
<https://doi.org/10.1016/j.ccc.2014.12.008>
- Remón, C. A., & Thomas, P. J. (2010). Análisis de Estimación de Esfuerzo aplicando Puntos de Caso de Uso. Presented at the XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10915/19290>
- Sang Hwan, K. (2013, September). Seamless Design Approach for Mobile Applications - ProQuest. Retrieved May 16, 2016, from <http://search.proquest.com/openview/9718d2e8718fa10416779c0e262ead0/1?pq-origsite=gscholar>
- Se despierta por disnea/necesita más almohadas. (2016). Retrieved August 21, 2016, from http://www.heartfailurematters.org/es_ES/Signos-de-alarma/Se-despierta-por-disnea-necesita-mas-almohadas

Sikka, G., Kaur, A., & Uddin, M. (2010). Estimating function points: Using machine learning and regression models. In *2010 2nd International Conference on Education Technology and Computer* (Vol. 3, pp. V3-52-V3-56).

<https://doi.org/10.1109/ICETC.2010.5529600>

Silva, G. de S. e, Guimarães, A. P. N., Oliveira, H. N. de, Tavares, T. A., & Anjos, E. G. dos. (2013). Systematic Mapping of Architectures for Telemedicine Systems. In B. Murgante, S. Misra, M. Carlini, C. M. Torre, H.-Q. Nguyen, D. Tanar, ... O. Gervasi (Eds.), *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2013* (pp. 214–229).

Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-39646-5_16

Software Architecture in Practice Third Edition Written by Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman. (2015). *SIGSOFT Softw. Eng. Notes*, 40(1), 51–52.

<https://doi.org/10.1145/2693208.2693252>

Sommerville, I. (2005). *Ingeniería del software*. Pearson Educación.

Telesalud: MedlinePlus enciclopedia médica. (2016, 26). Retrieved August 22, 2016, from <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000919.htm>

The NetBeans E-commerce Tutorial - Adding Entity Classes and Session Beans. (2007). Retrieved October 25, 2016, from <https://netbeans.org/kb/docs/javaee/e-commerce/entity-session.html>

Titanium.UI.AlertDialog - Appcelerator Platform - Appcelerator Docs. (2016). Retrieved September 6, 2016, from <http://docs.appcelerator.com/platform/latest/#!/api/Titanium.UI.AlertDialog>

- Tos. (2016). Retrieved August 21, 2016, from [http://www.heartfailuremat-
ters.org/es_ES/Signos-de-alarma/Tos](http://www.heartfailuremat-
ters.org/es_ES/Signos-de-alarma/Tos)
- Varnfield, M., Karunanithi, M., Lee, C.-K., Honeyman, E., Arnold, D., Ding, H., ... Walters,
D. L. (2014). Smartphone-based home care model improved use of cardiac rehabilita-
tion in postmyocardial infarction patients: results from a randomised controlled trial.
Heart (British Cardiac Society), *100*(22), 1770–1779.
<https://doi.org/10.1136/heartjnl-2014-305783>
- Walls, J. G., Widmeyer, G. R., & El Sawy, O. A. (1992). Building an Information System
Design Theory for Vigilant EIS. *Information Systems Research*, *3*(1), 36–59.
<https://doi.org/10.1287/isre.3.1.36>
- What is UML | Unified Modeling Language. (2015, July). Retrieved May 21, 2016, from
<http://www.uml.org/what-is-uml.htm>
- Zotero | Home. (2016). Retrieved October 25, 2016, from <https://www.zotero.org/>
- (n.d.). Retrieved August 20, 2016, from [http://espasa.planetasaber.com/AulaSa-
ber/ficha.aspx?ficha=1643](http://espasa.planetasaber.com/AulaSa-
ber/ficha.aspx?ficha=1643)

IV - ANEXOS

Anexo 1. Glosario

Anexo 2. Estado del Arte

Anexo 3. SRS

Anexo 4. Requerimientos

Anexo 5. Casos de Uso

Anexo 6. Encuestas

Anexo 7. SDD

Anexo 8. Diagramas de Clases

Anexo 9. Despliegue

Anexo 10. Diagrama De Componentes

Anexo 11. Meta-Requerimientos y Meta-Diseño

Anexo 12. Código Fuente

Anexo 13. Ejecutables

Anexo 14. Manuales de Usuario

Anexo 15. Manuales de Instalación

Anexo 16. Referencias Bibliográficas

Anexo 17. Poster

Anexo 18. Propuesta