



UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

**TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN CIENCIAS
INFORMÁTICAS**

**APLICACIÓN MÓVIL ANDROID PARA IDENTIFICAR REACCIONES ADVERSAS A
MEDICAMENTOS POR INTERACCIÓN MEDICAMENTOSA**

AUTORES

Daymara Arteaga González

Karel Sánchez Cabrera

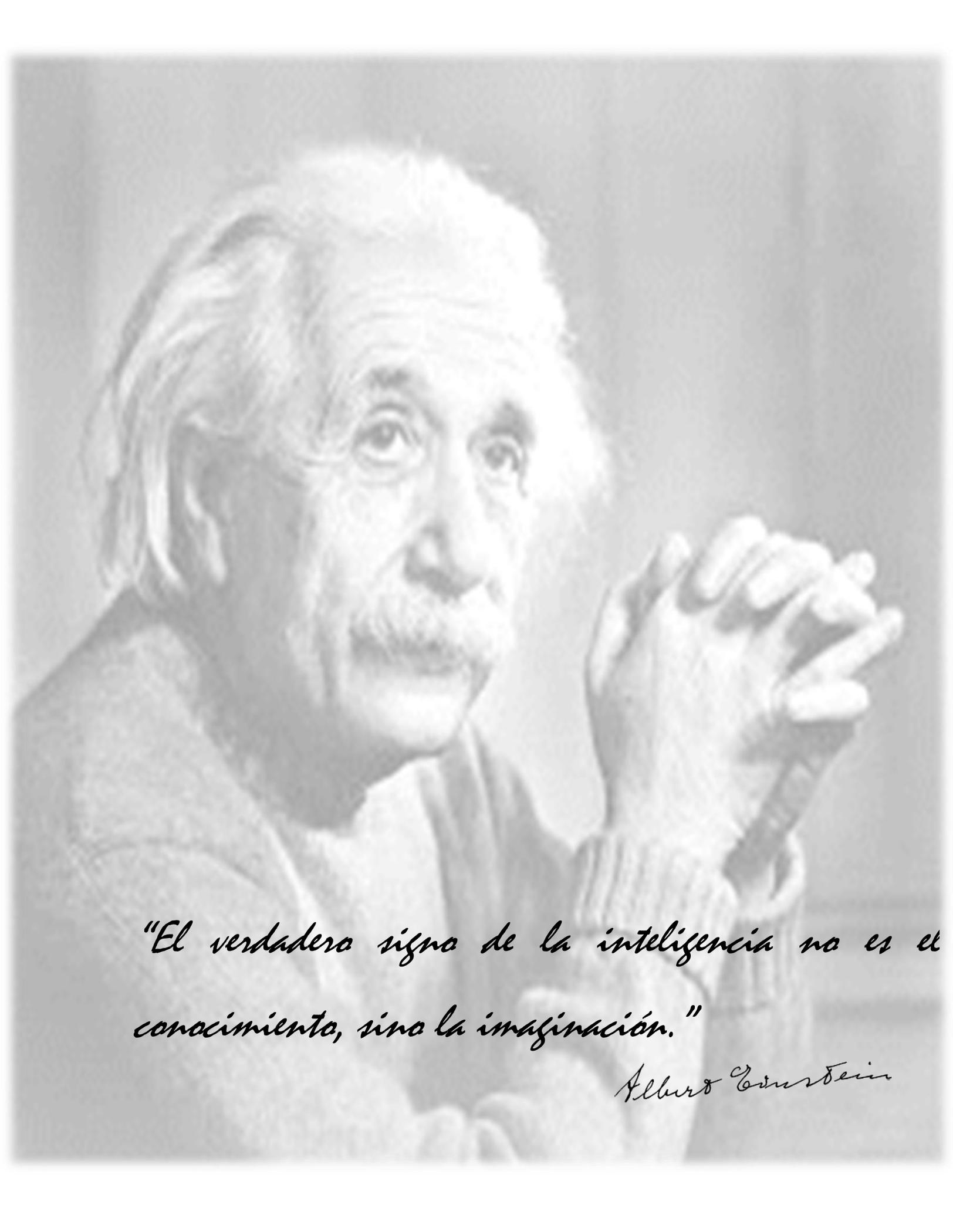
TUTORES

MSc. Annia Arencibia Morales

Ing. Darien Castellano Pérez

La Habana, junio de 2017

“Año 59 de la Revolución”

A black and white portrait of Albert Einstein, showing him from the chest up. He has his characteristic wild, white hair and a mustache. He is looking slightly to the right of the camera with a thoughtful expression. His hands are clasped together in front of him, with his fingers interlaced. He is wearing a dark, textured sweater or jacket. The background is a plain, light-colored wall.

"El verdadero signo de la inteligencia no es el conocimiento, sino la imaginación."

Albert Einstein

Declaración de autoría

Declaración de autoría

Declaramos ser los únicos autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmamos la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Daymara Arteaga González
(Autor)

Karel Sánchez Cabrera
(Autor)

MSc. Annia Arencibia Morales
(Tutor)

Ing. Darien Catellano Pérez
(Tutor)

Datos de contacto

MSc. Annia Arencibia Morales (aarencibia@uci.cu): graduada de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) en el año 2007. Pertenece al Centro de Informática Médica (CESIM), actualmente posee la categoría docente de profesor Asistente. Máster en Informática Aplicada. Imparte Postgrado de Ingeniería de Software. Metodóloga de Práctica Profesional del CESIM

Ing. Darien Castellano Pérez (dcperez@uci.cu): graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas, en la Universidad de las Ciencias Informáticas en el año 2009. Es profesor de Programación III en la Facultad 2, posee categoría docente de profesor Instructor y se encuentra desarrollando la maestría de Informática Aplicada.

Agradecimientos

Daymara Arteaga González

Primeramente, agradecer a mi mamá, Yolanda González, que desde chiquita me inculcó el deber por el estudio y ser alguien en la vida, que siempre estuvo ahí para cuando la necesitaba, en los malos y buenos momentos. Mamá gracias. A mi papá, Osmany Arteaga, que ante cualquier decisión siempre tuve su apoyo incondicional.

A mi hermano y a Ichiro, gran amigo, ante todo, siempre con ánimo y disposición para ayudar.

A mi esposo José Gabriel Buzón por estar a mi lado ayudándome y apoyándome, sabes lo importante que eres. Mil gracias. A su mamá y sus hermanas que son parte de mi familia.

A mis tutores Annia y Darien, que sin ellos no hubiese sido posible la realización de esta tesis y agradecerles grandemente porque sin ellos no hubiese podido llegar a la meta.

A mi compañero de tesis Karel, o mejor, compañero de guerras, porque a pesar de las dificultades llegamos al final los dos juntos.

Agradecimientos

Agradezco a Yoiler y a Danay, que más que profesores, amigos, gracias por sus enseñanzas y consejos. Arian y Lisy, Roldo.

A Betsy, a mis compañeros de aula, A todos los profesores que me acompañaron a lo largo de este recorrido; y al tribunal. A todos los amigos que por alguna razón no están aquí o no pudieron llegar al final.

A todos muchísimas gracias.

Karel Sánchez Cabrera

Agradecer a mis padres, Aracelis Cabrera Guedes y Bárbaro Isidro Sánchez Espinosa, que han sido mi guía y que siempre me han apoyado a lo largo de estos 5 años de sacrificio en la universidad y por ayudar a cumplir el sueño de un niño de secundaria que una vez dijo que quería graduarse en la UCF.

Agradecer a mis hermanos, que en cada uno de mis pasos por mis estudios, me apoyaban en las decisiones que hoy condujeron a mi formación como profesional.

A mi novia Yaillet, que ha sabido soportarme y apoyarme en todo momento.

Agradecimientos

A mis profesores, que en momentos en los que perdía el camino, no perdían la calma para guiarme y a cocotazos volverme a encarrilar.

A mis tutores, Annia Arencibia y Darien Castellano por su inmenso corazón y por ser los mejores tutores del mundo y a Daphne, por ser ese rayito de luz que alegraba nuestras reuniones.

A mis amigos, José Gabriel (JG), Antonio Orizondo, Gilberto, Dayron y demás sin mencionar, que compartieron conmigo cada momento de gozo y tristeza en la universidad.

Daymara Arteaga González

Esta tesis va dedicada a mi abuela que en donde quiera que esté, sé que está orgullosa de mí. Mami te quiero.

Karel Sánchez Cabrera

A mis padres.

Resumen

El consumo inadecuado de medicamentos, trae consigo múltiples consecuencias como las llamadas reacciones adversas. Estas se pueden generar en el ser humano por múltiples causas, entre ellas, la interacción medicamentosa. Para realizar el control farmacológico, en la red del Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas se encuentra desplegado el sistema Synta, el cual posee un Sistema Basado en Reglas que entre sus principales funcionalidades, permite la consulta de las posibles reacciones adversas, que pueden ocurrir a causa de la interacción de dos o más medicamentos consumidos por un paciente. El acceso al mismo desde las unidades de salud se dificulta, debido a la falta de infraestructura tecnológica, por lo que a los médicos se les hace difícil, identificar la ocurrencia de reacciones adversas a medicamentos por interacción medicamentosa, desde la consulta médica.

Teniendo en cuenta la escasa tecnología en las unidades de salud y que los médicos en la actualidad, cuentan en su mayoría con dispositivos móviles con sistema operativo Android, se desarrolla una aplicación móvil Android para el apoyo a los médicos, que permite identificar la ocurrencia de reacciones adversas a medicamentos por interacción medicamentosa, desde la consulta médica. Con el desarrollo de la solución propuesta, se obtienen como beneficios: que los médicos desde sus dispositivos móviles tengan una herramienta que les permita la consulta de las reacciones adversas a medicamentos, además, de disminuir los riesgos que sufren los pacientes a causa de las reacciones ocasionadas por el consumo indebido de los medicamentos.

Palabras clave: Android, interacción medicamentosa, reacciones adversas a medicamentos

Índice

Introducción	- 6 -
Capítulo1: Fundamentación teórica de la investigación	11
1.1. Proceso de prevención de reacciones adversas a medicamentos	11
1.1.1. Prevención de reacciones adversas por interacción medicamentosa.....	11
1.2. Características a analizar en las soluciones existentes.....	12
1.2.1. Implementada para el sistema operativo Android	12
1.2.2. Identificar la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa	14
1.2.3. Trabajo sin conexión.....	14
1.2.4. Debe ser de código abierto.....	15
1.3. Soluciones existentes	15
1.3.1. Soluciones existentes a nivel internacional.....	15
1.3.2. Soluciones existentes a nivel nacional.....	17
1.4. Análisis del Sistema Basado en Reglas del sistema Synta	20
1.4.1. Funcionalidad “Crear Reglas” del MRAM del sistema Synta	21
1.4.2. Estructura de las reglas en el MRAM del sistema Synta.....	22
1.4.3. Realizar interacción entre medicamentos.....	23
1.4.4. Estructura de las tablas “tb_n_nomenclador” y “tb_ra_base_de_reglas” del sistema Synta	25
1.5. Inteligencia Artificial	27
1.5.1. Sistemas Basados en el conocimiento o sistemas expertos.....	27
1.5.2. Conceptos asociados a los Sistemas Basados en Reglas.....	28
1.6. Ambiente de desarrollo	30
1.6.1. Lenguajes utilizados	30
1.6.2. Herramientas utilizadas	31
1.6.3. Tecnologías utilizadas	33

Capítulo 2: Propuesta de solución de la aplicación móvil Android.....	35
2.1 Propuesta de solución.....	35
2.2. Descripción de la propuesta de solución.....	37
2.2.1. Módulo de adquisición del conocimiento	37
2.2.1.1.Propuesta para la extracción de los datos del sistema Synta.....	38
2.2.1.2.Seguridad de la base de datos	41
2.2.1.3.Propuesta para la actualización de la base de datos	42
2.2.2. Motor de inferencia	42
2.2.3. Interfaz de usuario	47
Capítulo 3: Diseño y validación de la aplicación InterMed.....	48
3.1. Patrones de diseño aplicados a la propuesta de solución.....	48
3.2. Mejoras del código.....	50
3.3. Validación de la propuesta de solución	51
3.3.1. Técnica IADOV	51
3.3.2 Pruebas de rendimiento.....	55
3.3.3 Pruebas de caja negra.....	56
Conclusiones	60
Recomendaciones	61
Referencias bibliográficas	62
Anexos.....	66

Índice de figuras

Figura 1 Distribución de médicos encuestados según la especialidad	13
Figura 2 Distribución de médicos según los años de experiencia	13
Figura 3 Distribución de médicos con dispositivos móviles según el sistema operativo	14
Figura 4 Interfaz de la funcionalidad del sistema Synta: “Crear reglas”	22
Figura 5 Interfaz de la funcionalidad del sistema Synta: “Interacción entre medicamentos”	23
Figura 6 Distribución de médicos que conocen sistemas informáticos cubanos que manejan interacción medicamentosa	36
Figura 7 Modelo de base de datos de la variante 1	39
Figura 8 Modelo de base de datos de la variante 2	40
Figura 9 Pasos que realiza el motor de inferencia	43
Figura 10 Distribución de médicos por especialidad	52
Figura 11 Distribución de médicos según los años de experiencia	52
Figura 15 Cálculo del ISG de la encuesta realizada a los médicos	54
Figura 16 Nivel de satisfacción de los médicos encuestado con respecto a la aplicación InterMed ...	54
Figura 17 Gráfica de satisfacción	55
Figura 18 Transformaciones para extraer los datos del nomenclador	67
Figura 19 Trabajo variante 1	67
Figura 20 Trabajo variante 2	68

Índice de tablas

Tabla 1 Análisis de aplicaciones existentes	19
Tabla 2 Descripción del campo “level”	25
Tabla 3 Descripción del campo “root_id”	26
Tabla 4 Ejemplo de la tabla “tb_ra_base_de_reglas”	26
Tabla 5 Resultados de las pruebas realizadas a las variantes propuestas	40
Tabla 6 Ejemplo de base de datos	44
Tabla 7 Extracción de las reglas semejantes	44
Tabla 8 Orden de las reglas según su porcentaje de similitud	46

Índice de figuras y tablas

Tabla 9 Resultados devueltos por el sistema	47
Tabla 10 Cuadro Lógico IADOV	53
Tabla 11 Características de dispositivos utilizados para las pruebas de validación.....	56
Tabla 12 Resultados de las pruebas de rendimiento.....	56
Tabla 13 Caso de prueba "Interacción entre medicamentos"	58
Tabla 14 Resultados de las pruebas de caja negra.....	59

Introducción

En el mundo, es frecuente encontrar el empleo de muchos términos para referirse a los efectos no deseados de los medicamentos. Los mismos pueden ser encontrados como: efectos indeseables, secundarios, colaterales, tóxicos, reacciones adversas, entre otros. Actualmente, se utiliza de forma general el término “reacción adversa” (Núñez, 2015). Las Reacciones Adversas a Medicamentos (RAM), según la Organización Mundial de la Salud (OMS), son *“cualquier reacción nociva no intencionada, que aparece a dosis normalmente usadas en el ser humano para profilaxis¹, diagnóstico o tratamiento o para modificar funciones fisiológicas”* (Bellver, 2011)(Núñez, 2015b)(Colegio de Farmacéuticos de Tucumán, 2015).

Muchos factores pueden provocar o aumentar la probabilidad de ocurrencia de una RAM, entre ellos se encuentran: el uso simultáneo de varios fármacos, las edades extremas, el embarazo y los factores hereditarios. Las RAM pueden ser prevenibles o tratadas hasta minimizar sus riesgos, siguiendo comportamientos saludables y sencillos, evitando la automedicación, asistiendo a consultas médicas ante la aparición de cualquier molestia o enfermedad y cumpliendo con el tratamiento que le sea prescrito. Para minimizar la aparición y propagación de las RAM, la Organización Mundial de Salud (OMS), establece el Programa Internacional de Farmacovigilancia con la idea de aglutinar los datos existentes sobre las reacciones adversas a los medicamentos, donde actualmente se encuentran inmersos gran cantidad de países (Orta y López, 2015a)(Instituto de Salud Pública de Chile, 2014).

En Cuba este programa es llevado a cabo por el Departamento de Farmacovigilancia del Ministerio de Salud Pública (MINSAP); su objetivo principal es *“establecer un sistema que permita conocer la magnitud y consecuencias de las reacciones adversas, del total de medicamentos consumidos por la población en el país”* (Orta y López, 2015a, p.9). La Farmacovigilancia es la disciplina que trata la recolección, seguimiento, investigación, valoración y evaluación de la información procedente de los profesionales de la salud y de los pacientes, sobre reacciones adversas a los medicamentos, con el objetivo de identificar nuevas reacciones adversas a los medicamentos y prevenir daños en los pacientes. El objetivo final de la Farmacovigilancia es fomentar el uso racional y seguro de los medicamentos y entre sus principales

¹ Profilaxis: s. f. *MEDICINA* Conjunto de medidas que se aplican para prevenir las enfermedades.

funcionalidades se encuentran, promover la notificación de RAM por parte de los profesionales de la salud y los pacientes e identificar las que son evitables.

Para poder identificar las RAM evitables existen dos grandes grupos de información: uno enfocado a los pacientes y otro a los medicamentos. Para el estudio de los medicamentos, por la parte médica se han realizado una serie de actividades, para que los pacientes adquieran la información necesaria para prevenir la ocurrencia de RAM. Estas actividades se ven reflejadas en los medios de difusión masiva como la radio y la televisión, los carteles promocionales, la organización de talleres provinciales, sociedades científicas, cursos y proyectos, investigaciones de farmacoepidemiología, que ayudan a la sociedad a conocer acerca del uso inadecuado de los medicamentos y las causas que trae consigo. Un ejemplo son los programas televisivos Vivir 120 y La Dosis Exacta. Además, los carteles promocionales y las pancartas existentes en cada avenida y establecimiento de la ciudad, haciendo referencia al cuidado de la salud, en contra de la automedicación y que recomiendan la asistencia a los centros de salud.

Con el auge de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), se han realizado una serie de soluciones para tratar de corregir este problema. España se ha convertido en uno de los principales países en el desarrollo de aplicaciones para la medicina, en plataforma iOS y Android. En la ciudad de Andalucía de dicho país, se utiliza una Guía Farmacológica, para situaciones de urgencias y emergencias sanitarias, que brinda información acerca de los medicamentos, dosis que se deben aplicar e interacciones entre los mismos; convirtiéndose entre los profesionales de la salud, en un instrumento útil de trabajo (Junta de Andalucía, 2015). En Lugo se utiliza una aplicación llamada DosisPedia, principalmente para pediatras, que permite al médico consultar rápidamente el fármaco y la dosis a suministrar, según la patología y el peso corporal del paciente (Comulgo, 2016).

En Cuba, también se han desarrollado aplicaciones para contribuir y apoyar la medicina, una de estas aplicaciones es el Formulario Nacional de Medicamentos de Cuba, para dispositivos móviles con sistema operativo Android y se puede encontrar también en la Web. Esta contiene información sobre los medicamentos empleados en el país y sus principales usos (FNM, 2016); y ayuda al desempeño de los profesionales de la salud y constituye también una herramienta de consulta para la población. Otra de las aplicaciones realizadas en Cuba es INFOTOXI, concebida para que los Centros de Informática Toxicológica realicen el control de sus productos tóxicos. INFOTOXI surge por la necesidad de poder almacenar la toxicidad de los medicamentos, plaguicidas y otros productos químicos y naturales, con los que el hombre interactúa diariamente (Hernández et al., 2012).

Otra de las soluciones realizadas es el Sistema para el Control Farmacológico (Synta), también desarrollado en Cuba, por la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI); el cual surge por la necesidad de gestionar la información que se maneja en el Departamento de Farmacoepidemiología del Ministerio de Salud Pública de Cuba (MINSAP). Este sistema cuenta con cuatro módulos principales (Morales, 2013): Tarjeta de Control (TC), Recetas Médicas (RM), Consumo de Medicamentos (CM) y Módulo Reacción Adversa a Medicamentos (MRAM). En este último, se almacenan todos los casos de RAM ocurridas en Cuba, registrándose la información desde las unidades de salud (US). Este módulo cuenta con una funcionalidad que permite verificar las posibles RAM a ocurrir en un paciente, que consume dos o más medicamentos. Esta funcionalidad se desarrolló utilizando el razonamiento basado en reglas.

A pesar de que el sistema existente resuelve los problemas anteriormente planteados, no se puede utilizar en Cuba en las US, porque estas no cuentan con la infraestructura tecnológica necesaria. En el año 2013, como parte de una prueba piloto, se desplegó el sistema en el municipio de Guanabacoa, en la provincia de La Habana; que en ese momento era el que mejor infraestructura tecnológica poseía en Cuba. Dicho sistema fue realizado con el propósito de ser utilizado principalmente en los consultorios médicos, debido a que es donde se detecta la ocurrencia de una RAM con mayor frecuencia. Al no ser satisfactorio el despliegue, se realiza una entrevista a Ariel Sánchez Carrillón, jefe de informática del municipio de Guanabacoa, identificándose que de un total de ciento veintidós US, solo diez contaban con conectividad, distribuidas en: tres policlínicos, un hogar materno, un banco de sangre, dos hogares de ancianos, una clínica estomatológica, un centro municipal de higiene y una dirección municipal; no pudiéndose desplegar el sistema en ciento doce unidades de salud que no contaban con conectividad, incluyendo en esta cifra los consultorios médicos, que son las US de mayor importancia para la utilización del sistema.

Por lo anteriormente planteado, se define como **problema a resolver**: a los médicos se les dificulta la prevención de reacciones adversas a medicamentos por la interacción medicamentosa, desde la consulta médica. Dicho problema está enmarcado en el **objeto de estudio**: proceso de prevención de reacciones adversas a medicamentos en Cuba, centrándose en el **campo de acción**: prevención de reacciones adversas a medicamentos por interacción medicamentosa. Para resolver el problema planteado se define como **objetivo general**: desarrollar una aplicación móvil Android, que le permita a los médicos prevenir reacciones adversas a medicamentos por interacción medicamentosa, desde la consulta médica.

Para dar cumplimiento al objetivo general se definen las siguientes **tareas de investigación**:

1. Describir el proceso de prevención de reacciones adversas a medicamentos en Cuba, para lograr un mejor entendimiento de cómo se realiza este proceso.
2. Analizar las aplicaciones existentes a nivel internacional y nacional que detecten reacciones adversas a medicamentos por interacción medicamentosa, para establecer similitudes con la investigación en curso.
3. Analizar el Sistema Basado en Reglas del sistema Synta, para identificar posibles funcionalidades a incorporar en la propuesta de solución.
4. Definir el ambiente de desarrollo necesario para dar solución al problema planteado.
5. Implementar la aplicación móvil Android, que permita a los médicos la detección de las reacciones adversas a medicamentos por interacción medicamentosa, desde la consulta médica.
6. Validar la aplicación móvil Android para verificar su correcto funcionamiento.

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron los siguientes **métodos de investigación**:

Métodos teóricos:

- **Análisis Histórico-Lógico:** se utilizó para el análisis de las soluciones existentes a nivel internacional y nacional, en el campo de la medicina, que manejen la prevención de reacciones adversas a medicamentos por interacción medicamentosa.
- **Modelación:** utilizado para la modelación de la aplicación móvil Android.
- **Analítico sintético:** se utilizó para analizar la estructura general de las soluciones encontradas, logrando el entendimiento de cada una de las partes funcionando como un todo.

Métodos empíricos:

- **Encuesta:** se aplicó a profesionales de la salud, para obtener información necesaria para la creación de la aplicación móvil Android, para la detección de reacciones adversas a medicamentos por interacción medicamentosa.

El documento está estructurado en tres capítulos:

- Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

En este capítulo se hace una descripción de los conceptos relacionados con el tema que se aborda. También se identifican una serie de características con las que debe cumplir la solución propuesta, según las necesidades de la investigación y del cliente. Se describe el estado del arte y se define el ambiente de desarrollo.

- Capítulo 2: Propuesta de solución de la aplicación InterMed

En este capítulo se hace una descripción de la propuesta de solución. En el mismo se exponen características propias de la aplicación, se describen las distintas interfaces y el proceso que realiza la máquina de inferencia para obtener los resultados de la interacción entre los medicamentos.

- Capítulo 3: Diseño y validación de la aplicación InterMed

En el desarrollo de este capítulo se definen los patrones de diseño utilizados en el desarrollo de la solución y se describe y aplica la estrategia de validación.

Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

En el presente capítulo, se hace referencia a conceptos asociados al proceso de prevención de reacciones adversas a medicamentos en Cuba, centrándose en la interacción medicamentosa. Se definen las características a analizar en las soluciones halladas a nivel internacional y nacional, que manejan interacción medicamentosa. Según las características definidas y las soluciones encontradas, se hace un análisis de las mismas para hallar una posible solución al problema planteado o para derivar posibles funcionalidades para la propuesta de solución. También se definen y describen las tecnologías, herramientas y lenguaje a utilizar en el desarrollo de la propuesta de solución.

1.1. Proceso de prevención de reacciones adversas a medicamentos

El proceso de prevención de reacciones adversas a medicamentos en Cuba, se lleva a cabo a partir de la farmacovigilancia, que tiene como objetivo principal, el uso racional y seguro de los medicamentos, así como la evaluación de sus riesgos para educar e informar al paciente. Este proceso se basa en la prevención del paciente, en cuanto a brindarle información necesaria sobre el daño que causa el uso inapropiado de los fármacos y la automedicación. Además, se trata de prevenir al médico, brindándole las herramientas necesarias para poder evitar o minimizar la ocurrencia y propagación de las RAM; y de prevenir a la farmacéutica, basándose en la retroalimentación, permitiendo la mejor elaboración de los fármacos en cuanto a propiedades, características e interacción con otros medicamentos. (Orta y López, 2015b, p.12)

1.1.1. Prevención de reacciones adversas por interacción medicamentosa

Se define que existe una interacción, cuando un medicamento no ejerce el efecto esperado debido a la administración simultánea o sucesiva de otro medicamento, fármaco, hierba medicinal, alimento, bebida o contaminante ambiental. Hay ciertas condiciones fisiológicas (como el embarazo), patológicas (como la insuficiencia renal o hepática), que también pueden afectar el comportamiento de un determinado medicamento en el organismo (Silva, 2010). El resultado de una interacción se puede describir como la disminución del efecto del medicamento y posible quiebra del tratamiento, aparición de efectos secundarios indeseados, aumento del efecto del medicamento y posible toxicidad. Por esta razón, es importante que el paciente conozca la medicación prescrita, el porqué de la prescripción y cómo debe tomarla; además, de evitar la automedicación ante cualquier circunstancia.

Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

Existen tres tipos de interacciones relacionadas con los medicamentos: de tipo farmacocinéticas (producidas por modificaciones de los fármacos sobre los procesos de absorción, distribución, metabolismo y excreción), de tipo farmacodinámicas (son modificaciones en la respuesta del órgano efector, originando fenómenos de sinergia, antagonismo y potenciación) y las de carácter farmacéutico o medicamentoso (se refiere a la incompatibilidad que impide la mezcla de uno o más fármacos). (Silva, 2010)

Para prevenir una interacción medicamentosa, del tipo que sea, es fundamental que el paciente conozca los medicamentos que toma, ante cualquier duda, debe acudir al personal autorizado y más informado (los médicos y farmacéuticos son los mejores asesores en estos casos). Una de las fuentes de obtención de la información, son las aplicaciones desarrolladas especialmente para la medicina, las cuales en algunos casos, son capaces de manejar interacciones medicamentosas. Estas aplicaciones se pueden encontrar para plataformas web, de escritorio y para dispositivos móviles.

1.2. Características a analizar en las soluciones existentes

Con el constante auge de la tecnología y la informática, el desarrollo de aplicaciones para la medicina proporciona nuevas oportunidades a los servicios sanitarios. Para dar cumplimiento a las necesidades de los médicos y dar solución al problema planteado, se definen las características que deben ser analizadas en las soluciones existentes:

- Implementada para el sistema operativo Android
- Identificar la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa
- Trabajo sin conexión
- Debe ser de código abierto

1.2.1. Implementada para el sistema operativo Android

Esta característica fue definida teniendo en cuenta la información obtenida a través de una encuesta (ver Anexo 1), de donde se extrajeron datos importantes como: el tipo de dispositivo móvil más utilizado entre la población y el tipo de sistema operativo más representativo. Para la realización de dicha encuesta, se seleccionaron cincuenta médicos de diferentes hospitales ubicados en el municipio de Plaza de la medicina, Médicos Generales Integrales (MGI). A continuación, se muestra la distribución de médicos Revolución, perteneciente a la provincia de La Habana, distribuidos entre enfermeras, estudiantes de encuestados por especialidad (ver Figura 1 Distribución de médicos encuestados según la especialidad):

Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

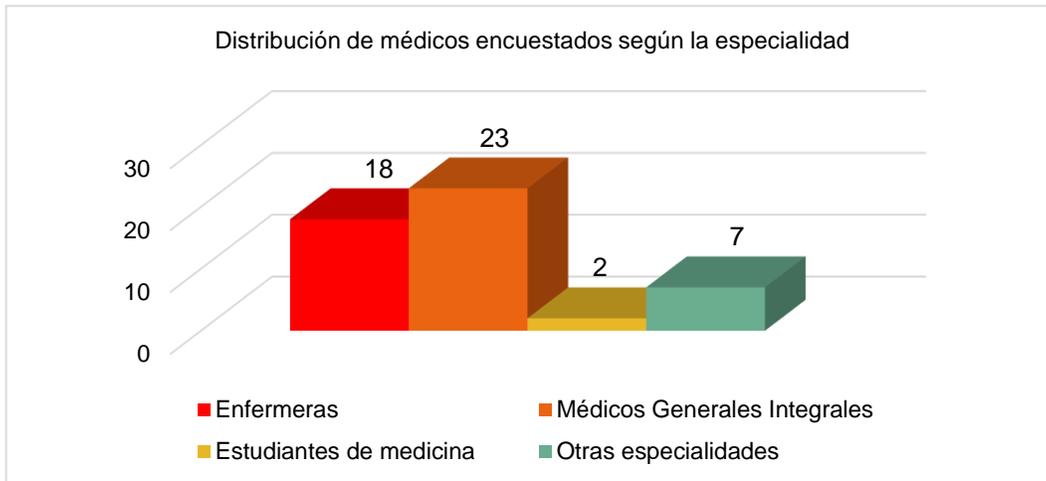


Figura 1 Distribución de médicos encuestados según la especialidad
Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra una gráfica donde se representa la distribución de los cincuenta médicos encuestados, pero según los años de experiencia (ver Figura 2 Distribución de médicos según los años de experiencia):

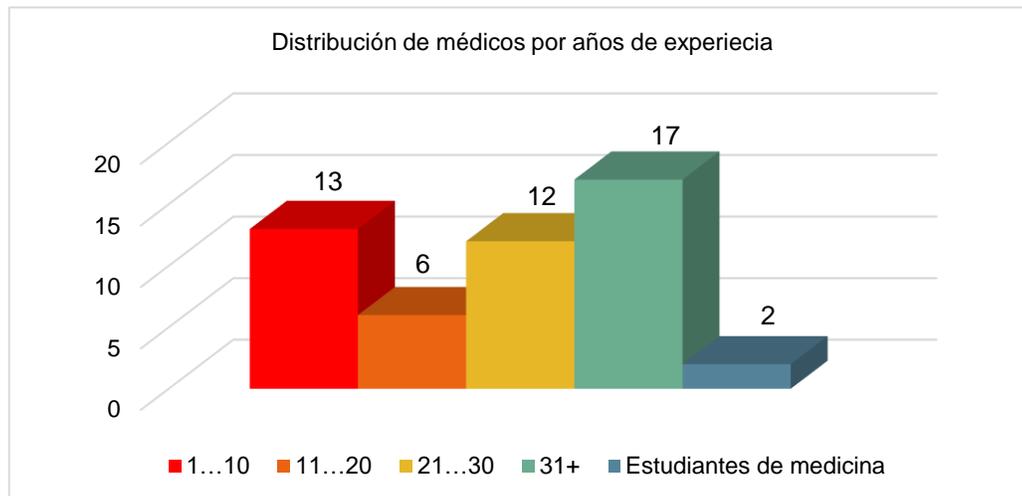


Figura 2 Distribución de médicos según los años de experiencia
Fuente: elaboración propia

A continuación, se presenta una figura con información correspondiente a la cantidad de médicos con dispositivos móviles y el sistema operativo predominante (ver Figura 3 Distribución de médicos con dispositivos móviles según el sistema operativo):

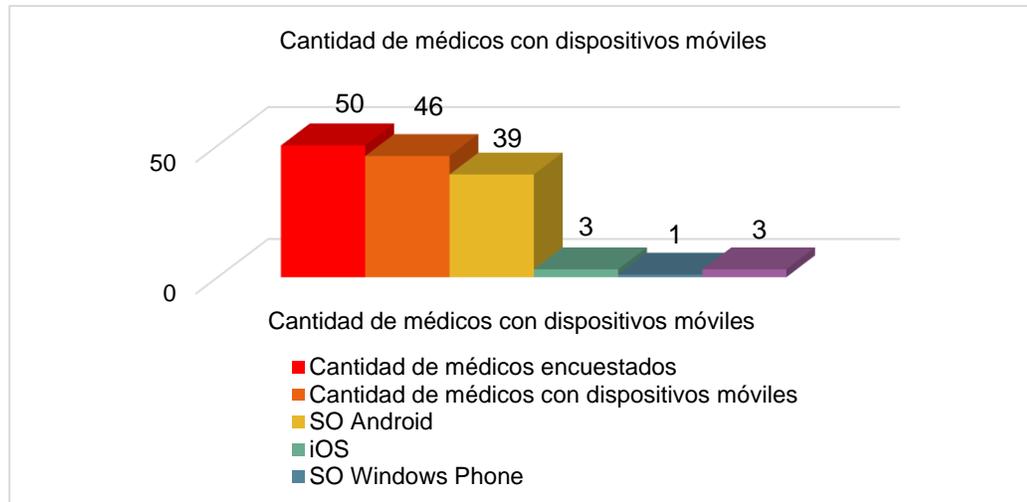


Figura 3 Distribución de médicos con dispositivos móviles según el sistema operativo
Fuente: elaboración propia

Al aplicar la encuesta se identificó, que la mayoría de los médicos cuentan con dispositivos móviles y principalmente con sistema operativo Android. Resultaría de gran apoyo en el trabajo que realizan los profesionales de la salud, desarrollar una aplicación para el sistema operativo Android, que ayude al médico a prevenir RAM por interacción medicamentosa desde la consulta médica.

1.2.2. Identificar la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa

Como necesidad de la investigación, la propuesta de solución debe identificar la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa, debido a que los médicos no poseen una herramienta, que les permita identificar la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa desde la consulta médica. Otro aspecto importante a tener en cuenta es que Synta, a pesar de solucionar este problema, no puede ser utilizado por los médicos, debido a que se les imposibilita el acceso desde la consulta médica por falta de infraestructura tecnológica en las unidades de salud.

1.2.3. Trabajo sin conexión

Uno de los principales problemas que afrontan las unidades de salud en el país, es la falta de infraestructura tecnológica. Esto conlleva a que los médicos, desde la consulta médica, no puedan acceder al sistema Synta desplegado en la red de INFOMED debido a la falta de conectividad, lo que hace que los médicos no posean una herramienta en las consultas, que les permita identificar la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa. Se hace necesario que el acceso a los datos se pueda realizar en cualquier momento y lugar, por lo que se requiere una aplicación que pueda trabajar sin conexión.

1.2.4. Debe ser de código abierto

La necesidad de esta característica se basa en las posibilidades que brindan las aplicaciones de este tipo, como el análisis de algoritmos y reutilización de su código fuente. Además, con esta característica, es posible distribuirla tanto a ella, como a cualquier solución basada en su funcionamiento sin temor a penalizaciones.

1.3. Soluciones existentes

A continuación, se describen un conjunto de aplicaciones que manejan de una forma u otra las reacciones adversas a medicamentos, causadas por interacción medicamentosa. También se hace un análisis de las mismas para determinar si alguna de estas resuelve el problema que se plantea, o si esta posee las características definidas anteriormente.

1.3.1. Soluciones existentes a nivel internacional

El análisis de las soluciones existentes a nivel internacional se describe teniendo en cuenta las plataformas en las cuales se encuentran desplegadas.

- **Vademecum**

Vademecum es una guía de productos farmacéuticos que se publica y actualiza de forma periódica, en la cual se recopila información otorgada por las compañías farmacéuticas. Vademecum está reconocido mundialmente por las autoridades sanitarias, como soporte válido para incluir a la publicidad de medicamentos o especialidades farmacéuticas de prescripción, dirigida a los profesionales sanitarios. Esta aplicación provee a sus clientes de servicios como la Clasificación ATC, permitiendo la búsqueda de medicamentos por grupos y clasificaciones, ofreciendo las características del medicamento como las indicaciones y la posología. Brinda productos para las plataformas iOS y Android. (Vidal Vademecum Spain, 2010)

Fecha de creación: 3 de diciembre de 2010

Lugar: Madrid, España

Elaborada: grupo Vidal Vademecum Spain

Permite: consulta y búsqueda de medicamentos

Otros productos: aplicaciones para iOS y Android

Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

- **Drugs**

Drugs proporciona información exacta e independiente sobre más de veinticuatro mil medicamentos recetados, medicinas sin receta y productos naturales. Este material se proporciona con fines educativos solamente. Está disponible también, para dispositivos con sistema operativo Android y iOS. Ambas requieren conexión a Internet para buscar la información de los medicamentos. (Drug Interactions Checker, 2017)

Fecha de creación: 11 de abril de 2017

Lugar: Dallas, Texas, Estados Unidos

Elaborada: Drugs Interaction Checker

Permite: consulta y búsqueda de medicamentos

Otros productos: aplicaciones para iOS y Android

- **DosisPedia**

DosisPedia es una aplicación médica de dosificación pediátrica para la ayuda en consulta y en urgencias. Es una guía farmacológica que permite al médico consultar rápidamente el fármaco y la dosis a suministrar a cada paciente, en función de su patología y de su peso corporal; mostrando indicaciones terapéuticas personalizadas en dependencia del peso de este. Además, muestra alertas y comentarios de interés clínico. (Comulgo, 2016)

Fecha de creación: 15 de abril de 2016

Lugar: Costa de Lugo, España

Elaborada: Equipo de Pediatría del Hospital de Costa de Lugo

Financiada: Ilustre Colegio Oficial de Médicos de Lugo

Desarrollada: SartApps

Versión: 2.0.1

Versión del sistema operativo Android: 4.4 o superiores

Permite: consulta de fármacos y dosificación pediátrica según el peso corporal

- **iDoctus**

Aplicación de ayuda al diagnóstico y tratamiento de pacientes. Es la primera herramienta móvil en español de consulta y referencia médica, exclusivamente para médicos. Con la seguridad del empleo de fuentes

Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

científicas veraces e independientes y un contenido clínico preciso y actualizado, ayuda a los médicos de todas las especialidades en el diagnóstico y tratamiento de sus pacientes. La aplicación posee su propio equipo de desarrollo y página del proyecto. Esta consta de varios requisitos que son expuestos a continuación (iDoctus, 2016a):

- Tener licencia legal para ejercer la medicina.
- Esta aplicación tiene un período de prueba gratuito de 90 días, al final del cual requiere la compra de una suscripción anual a iDoctus Plus o introducir un código de suscripción.
- Disponer de una cuenta de usuario para el servicio en línea. iDoctus no cede ni revela los datos, ni la actividad del usuario.

Las decisiones clínicas son de exclusiva responsabilidad del médico. Los generadores de los contenidos y los desarrolladores de la aplicación, han puesto el máximo cuidado en la comprobación de los datos, su traducción y adaptación. No obstante, siempre existe la posibilidad de errores inadvertidos. (iDoctus, 2016)

Fecha de creación: 10 de octubre de 2016

Lugar: Madrid, España

Elaborada: equipo iDoctus

Versión: 2.1

Versión del sistema operativo Android: 4.0.3 o superiores

Permite: diagnóstico y tratamiento de pacientes

1.3.2. Soluciones existentes a nivel nacional

A partir del análisis de las soluciones existentes a nivel nacional, se identificaron dos aplicaciones vinculadas a la medicina. Las mismas son proyectos desarrollados para el MINSAP, con el objetivo de apoyar el trabajo que realizan los profesionales de la salud en el país. A continuación, se describen las soluciones encontradas:

- **Funcionalidad Interacción entre medicamentos del MRAM del sistema Synta**

Para identificar la interacción entre medicamentos, se realizó un Sistema Basado en Reglas (SBR), el cual forma parte del MRAM del sistema Synta y permite al médico, conocer qué RAM puede sufrir un paciente por consumir más de un medicamento al mismo tiempo. En la creación del motor de inferencia del SBR encargado de realizar el proceso de razonamiento de un experto en el dominio, se implementó la estrategia

Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

de inferencia Modus Ponens, basada en seleccionar aleatoriamente una regla de las que pueden ser aplicadas. Este sistema se integró al Módulo de Reacciones Adversas a Medicamentos, del producto Synta, mencionado anteriormente, del cual se obtiene la información necesaria referente a los medicamentos y las RAM. Se demostró que, con el uso de este sistema, se disminuye la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa, así como la severidad de las mismas. Se encuentra actualmente desplegado en la red INFOMED, para ayudar al trabajo realizado por los médicos, dentro de sus centros de salud.

Fecha de creación: 2014

Lugar: Cuba

Elaborada: Centro de Informática Médica de la Universidad de las Ciencias Informáticas

Permite: registro de las RAM ocurridas en Cuba

Lenguaje de desarrollo: PHP

Framework de desarrollo: Symphony

- **Formulario Nacional de Medicamentos (FNM)**

Esta aplicación, surge en el año 2014 como complemento del trabajo realizado por los especialistas del Comité Editorial del Formulario Nacional de Medicamentos de Cuba, cuyo contenido está disponible en formato impreso y digital *online* como fuente de información de la Biblioteca Virtual en Salud de Cuba, perteneciente al Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas. Esta cuenta con información acerca de setecientos fármacos y quinientos principios activos² (FNM, 2016b). Incluye además, un sistema de escaneo digital para la identificación de gran número de fármacos por su codificación de barras y brinda información necesaria, como las categorías de riesgo para lactancia y embarazo. (Jiménez y Galbán, 2016)

Fecha de creación: 2014

Lugar: Cuba

Elaborada: Comité Editorial del Formulario Nacional de Medicamentos de Cuba

Versión del sistema operativo Android: 2.3 o superiores

² *Principio Activo: Es la materia prima, sustancia o mezcla de sustancias dotadas de un efecto farmacológico determinado.*

Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

Permite: consulta y búsqueda de fármacos

Otros productos: aplicación web

Análisis de las soluciones existentes

Las aplicaciones antes descritas que manejan interacción medicamentosa, poseen características disímiles, en su mayoría asociadas a la farmacología. Las interacciones medicamentosas y la ocurrencia de RAM son tratadas como información de referencia al médico en función y en algunos casos requiere de conexión a Internet para la consulta de datos en tiempo real. A continuación, se muestra una comparación de las aplicaciones encontradas, con respecto a las características necesarias para el desarrollo de la solución.

Tabla 1 Análisis de aplicaciones existentes
Fuente: elaboración propia

	Aplicaciones	Implementada para SO Android	Identificar la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa	Trabajo sin conexión	Código abierto
Internacionales	Vademecum	Sí	-	-	-
	Drugs	Sí	-	-	-
	iDoctus	Sí	-	-	-
	DosisPedia	Sí	-	-	-
Nacionales	SBR de Synta	-	Sí	-	-
	FNM	Sí	-	Sí	-

A partir de las características definidas, las cuales deben ser analizadas en las soluciones existentes que manejan interacción medicamentosa, se determinó que:

- Las aplicaciones Vademecum y Drugs fueron descritas como aplicaciones web, aunque para su análisis, se tomaron como aplicaciones para dispositivos móviles con sistema operativo Android, debido a que ofrecen varios productos para esta plataforma. Además, cumplen con una de las características definidas a analizar, pues están implementadas para el sistema operativo Android.
- Ninguna de las soluciones existentes cumple con el total de las características definidas para dar solución al problema planteado.
- El FNM es la que mayor cantidad de características posee, pero no maneja interacción medicamentosa ni es de código abierto.

Capítulo 1: *Fundamentación teórica de la investigación*

- De todas las soluciones halladas, el SBR del sistema Synta, es la única que maneja interacción entre medicamentos, pero requiere trabajo con conexión y es una aplicación web.

Por lo anteriormente expuesto, se determina que el SBR de sistema Synta no reúne las características necesarias para constituir la propuesta de solución, pero de todas las soluciones analizadas es la única que maneja interacción medicamentosa. La misma no es de código abierto, pero como fue desarrollada en el CESIM, perteneciente a la UCI, su código puede ser analizado y reutilizado para el desarrollo de la propuesta de solución. Por lo tanto, se realizará un análisis de dicho sistema para comprender sus características y funcionamiento, aspectos que se tendrán en cuenta en el desarrollo de la propuesta de solución.

1.4. Análisis del Sistema Basado en Reglas del sistema Synta

Synta cumple con la funcionalidad que resuelve parcialmente el problema de la investigación (identificar la ocurrencia de reacciones adversas por interacción entre medicamentos), este componente es el encargado de recopilar las RAM ocurridas en Cuba, recolectando toda su información, a partir de los casos ocurridos en las US, responsabilidad que es asignada a los médicos.

“El componente está ideado para que cada uno de los profesionales, en el momento indicado, pueda introducir un conjunto de información de las RAM al sistema y este posteriormente la enviará al nivel municipal, donde se creará el consolidado de este nivel, realizando así la misma operación hasta el nivel nacional”. (A. A. Morales et al., 2013a)

El MRAM del sistema Synta está compuesto por un sistema inteligente para la predicción de reacciones adversas, el cual predice las RAM que pueden ocurrir si a un conjunto de medicamentos que se encuentre tomando el paciente, se le incorpora uno o más medicamentos. Para dicho proceso, es necesario que se sigan los pasos relacionados a la recolección de los datos, referentes a nuevas reacciones adversas desde la US. (Lorenzo y otros, 2013)

Se hace necesario un análisis del funcionamiento del MRAM. Las funcionalidades “crear regla” y “realizar interacción entre medicamentos” son identificadas como potenciales para la creación de la futura propuesta de solución. Estas abarcan las funcionalidades necesarias para realizar una interacción entre medicamentos. Para realizar un correcto análisis de este componente, se definen un conjunto de puntos de referencias necesarios, cada uno referido a cada una de las características definidas como posibles funcionalidades a ser incluidas en la propuesta de solución.

Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

- Crear reglas. Estructura de las reglas del MRAM del sistema Synta.
- Realizar interacción entre medicamentos.
- Estructura de las tablas “tb_n_nomenclador” y “tb_ra_base_de_reglas” del sistema Synta.

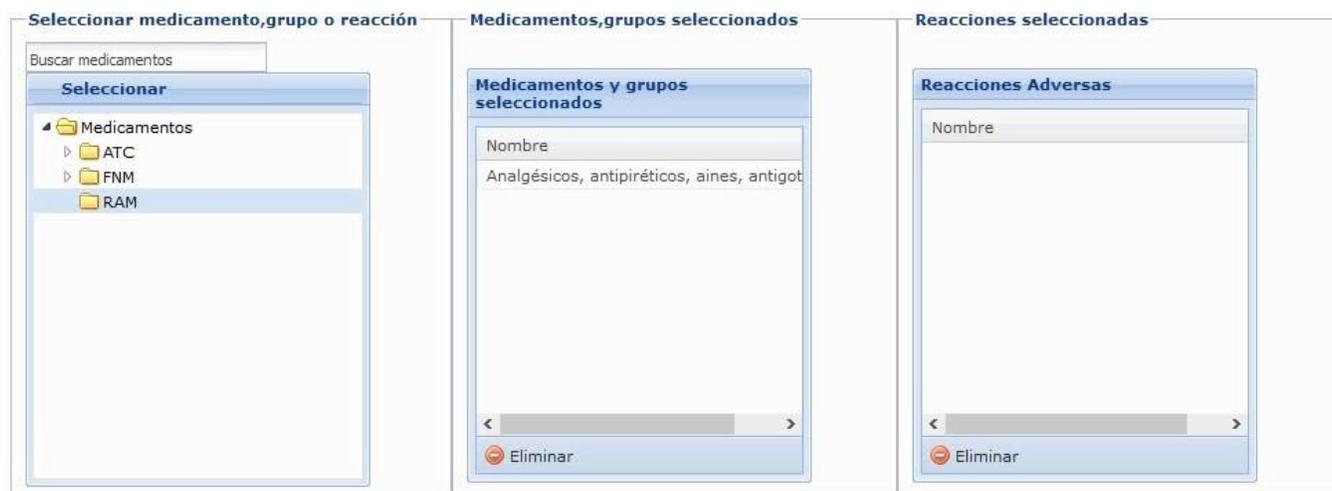
Con el análisis de los puntos anteriormente mencionados, se pretende entender cómo son tratadas las interacciones medicamentosas y las reacciones adversas que estas provocan, en un SBR. El análisis de estas funcionalidades y características, brinda una estructura que posteriormente puede ser utilizada como base de la propuesta de solución.

1.4.1. Funcionalidad “Crear Reglas” del MRAM del sistema Synta

El objetivo principal de esta funcionalidad dentro del MRAM del sistema Synta, viene dada por una de las tareas primordiales del Departamento de Farmacovigilancia. Este departamento es el encargado de la recolección, seguimiento, investigación, valoración y evaluación de la información sobre las RAM (A. A. Morales et al., 2017).

“La forma más difundida de ejercer la vigilancia post comercial de los fármacos en el mundo, es a través de reportes de sospechas de RAM, que realizan los profesionales de la salud y en algunos países, los pacientes también” (A. A. Morales et al., 2017).

Por ende, es necesario que esta información de alguna forma pueda ser recolectada por el sistema. Esta funcionalidad perteneciente al MRAM del sistema Synta, constituye una vía para recolectar dichas interacciones entre medicamentos y medicamentos/grupos (ver Figura 4 Interfaz de la funcionalidad del sistema Synta “Crear reglas”):



Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

Figura 4 Interfaz de la funcionalidad del sistema Synta: “Crear reglas”
Fuente: elaboración propia

Representando la sección principal de la interfaz de dicha funcionalidad, se puede apreciar que el médico podrá añadir desde el recuadro de la sección izquierda, el cual representa toda la información que se almacena en el nomenclador del sistema Synta, todos aquellos medicamentos que se encuentra tomando el paciente hacia el recuadro del medio, con la posibilidad de que con esta operación también se logren añadir grupos de medicamentos. En el último recuadro, se deben introducir todas aquellas reacciones identificadas por la interacción de los valores introducidos anteriormente. Posteriormente, a través de un botón, se podrá introducir una nueva regla a la base de conocimiento del sistema. A continuación, se describirán las posibles estructuras de las reglas introducidas a la base de datos del sistema.

1.4.2. Estructura de las reglas en el MRAM del sistema Synta

Las reglas utilizadas por este sistema, contenidas en la base de reglas, están compuestas por premisas y conclusiones. Las premisas están conformadas por los medicamentos y grupos farmacológicos; las conclusiones, por aquellas reacciones que provoca la interacción entre los medicamentos encontrados en la premisa. A continuación, se muestra un ejemplo de cómo están conformadas las reglas usadas por el proceso de razonamiento de la máquina de inferencia:

R1. IF Metronidazol AND Amoxicilina, Dipirona THEN Erupción cutánea, Prurito,

Premisas

Conclusiones

R2. IF Metocarbamol AND Captopril, Antidepresivos THEN Hipotensión.

R3. IF Azitromicina AND Anestésicos THEN Vómitos, Sabor metálico, Náuseas.

Cada una de las reglas anteriores, representan casos en los cuales el consumo de varios medicamentos al mismo tiempo, provocan reacciones adversas por interacción medicamentosa. Esta información es de vital importancia para el MRAM del sistema Synta, sin la cual, este no sería capaz de identificar ocurrencia de RAM que provoca el consumo de dichos medicamentos a la vez. Muchas de las reglas representadas en la base de reglas del sistema son obtenidas tanto, de casos que se generan provocados por la ingestión de estos fármacos en el país, como por la información distribuida por el MINSAP dentro del FNM. Es por ello, que esta información se encuentra en constante crecimiento y actualización, tanto por parte del FNM, como por los reportes realizados por los médicos directamente en el sistema.

1.4.3. Realizar interacción entre medicamentos

Esta funcionalidad, que también forma parte del MRAM del sistema Synta, brinda al médico la posibilidad de verificar el índice de ocurrencia de una reacción adversa por interacción medicamentosa. Apoyada en la estructura que se ha descrito anteriormente, verifica aquellas reglas introducidas en el sistema que sean semejantes a la conformada por el médico, en la introducción de los medicamentos en el sistema.

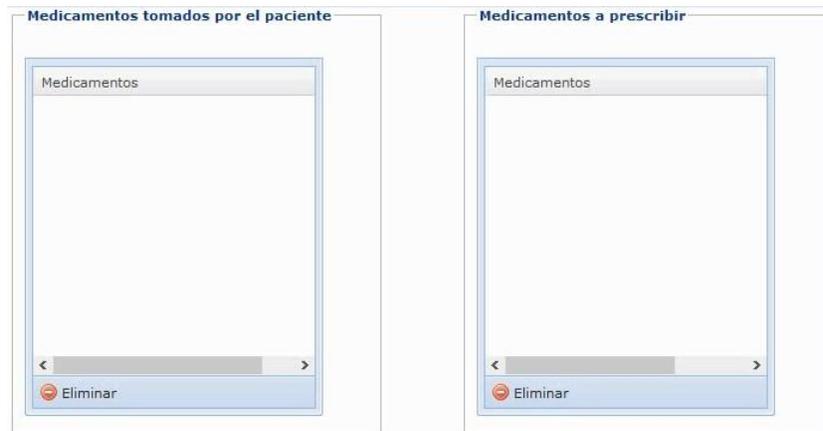


Figura 5 Interfaz de la funcionalidad del sistema Synta: “Interacción entre medicamentos”
Fuente: elaboración propia

En la figura anterior (ver Figura 5 Interfaz de la funcionalidad del sistema Synta: “Interacción entre medicamentos”), se presenta la interfaz de la funcionalidad “interacción entre medicamentos”, donde se encuentran dos recuadros en los que se almacenarán los medicamentos introducidos por el médico, en forma de listas. Primeramente, el médico selecciona los medicamentos que se encuentra tomando el paciente y luego, los que serán prescritos. Luego mediante un vínculo de la interfaz, el médico podrá verificar aquellas reglas de la base de conocimiento que son similares a la conformada con los medicamentos insertados.

Función de semejanza utilizada por MRAM del sistema Synta

Este módulo, basa sus resultados en la capacidad que posee de crear todos los casos posibles entre los medicamentos prescritos y los medicamentos tomados. Luego al compararlos con los casos existentes en la base de conocimiento, obtiene el índice de semejanza de las reglas analizadas. Este procedimiento resulta ineficiente, porque en algunos casos se excluyen medicamentos cuando se realiza el proceso de inferencia. En el siguiente ejemplo se evidencia esta deficiencia:

Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

Premisas iniciales:

Medicamentos tomados: Metocarbamol, Etoposido.

Medicamentos prescritos: Carboplatino.

A partir de las premisas introducidas por el médico en el sistema, el motor de inferencia genera todas aquellas reglas que se pueden conformar entre los medicamentos prescritos y los medicamentos tomados:

G1. Carboplatino, Metocarbamol, Etoposido.

G2. Carboplatino, Metocarbamol.

G3. Carboplatino, Etoposido.

Luego de conformadas las reglas, el sistema pasa a verificar qué regla en la base de reglas posee menor cantidad de elementos y un mayor índice de elementos iguales entre ambas reglas:

R1. Carboplatino, Metocarbamol, Dipirona.

R2. Carboplatino, Etoposido, Dipirona, Ifosfamida.

R3. Carboplatino, Metocarbamol, Etoposido, Penicilina, Aspirina, Loratadina.

Dentro del conjunto de reglas obtenidas como semejantes, el sistema en este caso selecciona la regla R1, dado que esta regla posee dos coincidencias y tres elementos, característica que hace a la regla más semejante al caso G2 y por ende, la regla con mayor índice de similitud (García y Colmenero, 2014b). El índice de similitud obtenido por la funcionalidad es 0.66, un resultado que se refiere a la cantidad de medicamentos que coincidieron con las premisas iniciales y la cantidad total de medicamentos que conforma la regla ($\frac{2}{3}$).

Como resultados del ejemplo anterior, se logran apreciar las siguientes deficiencias:

- ✓ **Exclusión de premisas en el cálculo del índice de semejanza:** en el ejemplo anterior, se logra apreciar que el medicamento *Etoposido*, se excluye de la función de semejanza y no se tiene en cuenta para la obtención del resultado final, siendo esta la principal deficiencia del sistema con respecto al valor retornado. Incluyendo dicho medicamento como fallo de la regla, su porcentaje disminuiría, pues su divisor sería 4 y R1 no sería la regla de mayor índice de semejanza.

No se utilizan los medicamentos tomados para la generación de reglas: las reglas generadas se crean partiendo de los medicamentos prescritos, por lo que solo se abarcan dos casos específicos: todas

aquellas que se pueden generar entre estos y los medicamentos tomados, y aquellas que se generan solo entre los medicamentos prescritos.

1.4.4. Estructura de las tablas “tb_n_nomenclador” y “tb_ra_base_de_reglas” del sistema Synta

El SBR del sistema Synta basa todos sus procesos en una base de datos relacional, la cual contiene las tablas “tb_n_nomenclador” y “tb_ra_base_de_reglas”. La primera, se encargada de almacenar toda la información que se utiliza en el funcionamiento del subsistema nomenclador y la segunda, almacena todas las interacciones entre los medicamentos, los grupos y las reacciones adversas que pueden provocar dichas interacciones.

“**tb_n_nomenclador**”: es la encargada de almacenar todos los datos con los que se trabaja en el sistema, de forma ordenada. Esta tabla almacena la información en forma de árbol jerárquico, garantizando una mejor organización y un acceso más eficiente a la información contenida en ella.

La información representada en la tabla posee un conjunto de campos que es necesario analizar, pues estos sirven de apoyo al trabajo que realiza el MRAM del sistema Synta. A continuación, se describen dichos campos:

level: este campo se encarga de indicar en qué nivel del árbol se encuentran los datos de dicha tupla. Este valor es de tipo entero que posee un valor entre 0 y n. Ejemplo (ver Tabla 2 Descripción del campo “level”):

Tabla 2 Descripción del campo “level”
Fuente: elaboración propia

id	Nombre	Level
0	Anticoagulantes	0
1	Aspirina	1

En este caso, se indica que el medicamento *Aspirina* se encuentra a un nivel inferior al término *Anticoagulantes*. En este caso en específico, aún no se logra indicar que este medicamento pertenece a los anticoagulantes, tal como se necesita expresar. Para esto, es necesario definir el próximo término:

root_id: este campo indica quién es su nivel superior o padre. Tomando como ejemplo la tabla anterior, en este caso se añade el campo *root_id* y se muestra cómo se representan de esta forma los datos (ver Tabla 3 Descripción del campo “root_id”).

Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

Tabla 3 Descripción del campo “*root_id*”
Fuente: elaboración propia

id	Nombre	level	root_id
0	Anticoagulantes	0	0
1	Aspirina	1	0
2	Anestésicos	0	2

En este caso se puede apreciar que, el medicamento *Aspirina* pertenece al grupo de los *Anticoagulantes* dado que su *root_id* posee el valor del id de su padre. Vale destacar que en aquellos casos en los que se represente la raíz de uno de los árboles, se debe indicar el valor de *root_id* equivalente al valor del identificador de la tupla, en este caso se encuentran, por ejemplo: los *Anticoagulantes* y los *Anestésicos*.

Además de los campos anteriormente descritos, la tabla posee otros campos que hacen referencia a los datos: *código*, *nombre*, *descripción*, *expresion_regular*, *estado*, entre otros. Estos campos no son significativos en el estudio de esta tabla. Tener el conocimiento de cómo se encuentra organizada la información en dicha tabla, representa un punto de apoyo en el desarrollo de la propuesta de solución, pues son datos que se pueden reutilizar.

“*tb_ra_base_de_reglas*”: almacena todas aquellas interacciones entre medicamentos, grupos y las reacciones adversas que provocan, que representan la base de conocimiento del SBR del MRAM del sistema Synta. Los valores contenidos en esta tabla, excluyendo el los identificadores de las reglas, representan los identificadores de los medicamentos que se tratan en cada una de las tuplas. Los datos de cada uno de los medicamentos, grupos y reacciones, se encuentran descritos en la tabla anteriormente analizada, ofreciendo posibilidad de obtener a partir de estos identificadores todos los datos necesarios. A continuación, un ejemplo de dicha tabla (ver Tabla 4 Ejemplo de la tabla “*tb_ra_base_de_reglas*”):

Tabla 4 Ejemplo de la tabla “*tb_ra_base_de_reglas*”
Fuente: elaboración propia

id	regla	medicamento_id	medicamento_interactua_id	grupo_interactua_id	reaccion_adversa_id
0	1	1292	-1324-1423	-2	-2987-3546-8768
1	2	1535	-1435-1534-1292	-	-2495-3695
2	3	1926	-	-13	-3616-2547-2016

Como anteriormente se ha descrito, cada uno de los valores, representa un dato en específico en la tabla “*tb_n_nomenclador*” del sistema Synta; teniendo en cuenta que los valores *medicamento_interactua_id*,

Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

grupo_interactua_id y *reaccion_adversa_id*, son de tipo texto, separando por guiones los identificadores de cada uno de los datos.

Una vez concluido el análisis además de brindar un conocimiento más profundo del funcionamiento del sistema Synta y en especial de MRAM, brinda información necesaria para el desarrollo de la propuesta de solución. Se identifican funcionalidades, características y deficiencias del sistema, que podrán ser reutilizadas para conformar y mejorar el funcionamiento de la propuesta de solución. Además, el conocimiento estructural de la representación de los datos en las tablas involucradas con el subsistema nomenclador, provee información necesaria para una posible extracción de los datos de dicha base de datos.

Teniendo en cuenta que la solución se basará en este sistema es necesario describir un conjunto de conceptos importantes para el entendimiento de que es un SBR.

1.5. Inteligencia Artificial

“La Inteligencia Artificial (IA), es la rama de las Ciencias de la Computación, dedicada al desarrollo o uso de los ordenadores, que intenta reproducir los procesos de la inteligencia humana”(Morales y Constanten, 2016, p. 3). “El objetivo de la IA es entender la inteligencia”(Acosta, 2015) y el término se refiere a la capacidad de emular las funciones inteligentes del cerebro humano. En la actualidad se ha hecho muy variado el empleo de esta principalmente en la informática y la robótica (Badaró y Agüero, 2013). Esta dirige las habilidades de solucionar problemas, aprender y entender lenguajes. Una de las técnicas de la IA más utilizada, son los sistemas basados en el conocimiento. Este tipo de técnica utiliza la madurez de las empresas, los estándares definidos, ejemplos anteriores, resultados obtenidos, experiencias en el campo donde se quiera implantar, entre otros. Esto permite el empleo de dicho contenido, para dar apoyo a la toma de decisiones en la búsqueda de determinados comportamientos, así como resultados a ocurrir. (Morales y Constanten, 2016, p. 4)

1.5.1. Sistemas Basados en el conocimiento o sistemas expertos

“Un Sistema Experto es un sistema que emplea conocimiento humano capturado en una computadora para resolver problemas que normalmente requieran de expertos humanos”(Badaró, Ibáñez, y Agüero 2013, p. 351). La estructura de un sistema experto contiene, una base de conocimiento, donde se almacena todo el conocimiento necesario para dar solución al problema del dominio, una máquina o motor de inferencia que es donde se realiza el proceso de resolución del problema, y una interfaz de usuario que

los que permite la comunicación del sistema con el usuario. Entre los sistemas expertos más utilizados, se encuentran los Sistemas Basados en Casos y los Sistemas Basados en Reglas (García y Colmenero, 2014a). Los sistemas expertos tienen una gran flexibilidad ya que solo basta con introducir una nueva regla sin necesidad de cambiar el funcionamiento del programa. Otra ventaja de estos sistemas, es que manejan grandes cantidades de información, lo que con este gran volumen se hace complicado en ocasiones.

1.5.2. Conceptos asociados a los Sistemas Basados en Reglas

Los Sistemas Basados en Reglas (SBR), son uno de los modelos de representación del conocimiento más ampliamente utilizados, debido a que resultan muy apropiados en situaciones en las que el conocimiento que se desea representar surge de forma natural. La forma en la que representan el conocimiento son reglas, las que se definen como una afirmación lógica que relacionan dos o más objetos, e incluyen dos partes, la premisa o antecedente y la conclusión o consecuente. Cada una de estas partes consiste en una expresión lógica, conectadas mediante los operadores lógicos (*y*, *o*, o *no*) (A. A. Morales et al. 2017, 8). Los sistemas basados en reglas trabajan mediante la aplicación de reglas, comparación de resultados y aplicación de las nuevas reglas basadas en situación modificada.

En los SBR el motor de inferencia opera mediante encadenamientos de reglas hacia adelante y hacia atrás. Pueden trabajar por inferencia lógica dirigida, empezando con una evidencia inicial en una determinada situación y dirigiéndose hacia la obtención de una solución, o bien con hipótesis sobre las posibles soluciones y volviendo hacia atrás para encontrar una evidencia existente que apoya una hipótesis en particular (Badaró, Ibáñez, y Agüero 2013, p.355). Como una de sus ventajas, es que su mecanismo de explicación es sencillo debido a que el sistema solo trabaja con las reglas necesarias en cada caso.

Arquitectura de un sistema experto

No existe una estructura de sistema experto común. Sin embargo, la mayoría de los sistemas expertos tienen ciertos componentes básicos: base de conocimientos, motor de inferencia, base de datos e interfaz con el usuario. Muchos tienen, además, un módulo de explicación y un módulo de adquisición del conocimiento (Quintanar, 2007). A continuación, se presenta la estructura de un sistema experto (ver Figura 6 Arquitectura de un Sistema Experto):

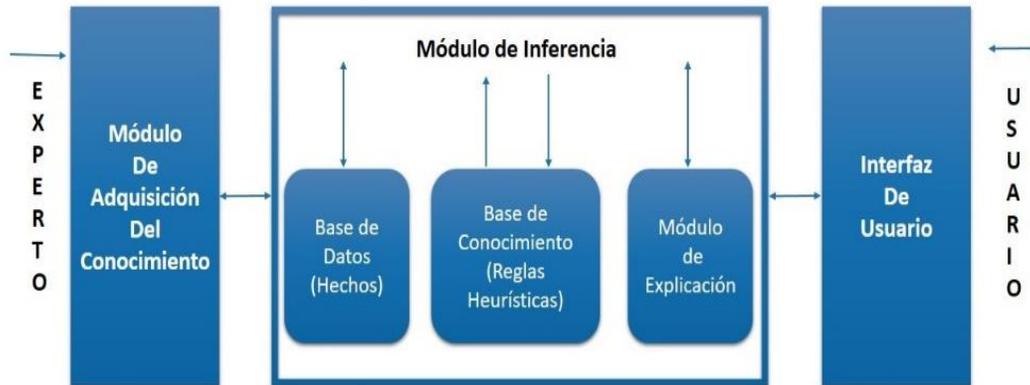


Figura 6 Arquitectura de un Sistema Experto
Fuente: *Sistemas expertos y sus aplicaciones* (Quintanar, 2007b)

Estructura de un sistema experto

Cada sistema experto consiste en dos partes principales: la base del conocimiento y el razonamiento, o motor de inferencia. La base del conocimiento de los sistemas expertos, contiene el conocimiento efectivo y heurístico. El conocimiento efectivo es el conocimiento del dominio de la tarea que se comparte ampliamente, encontrado típicamente en libros de textos. El conocimiento heurístico es el conocimiento menos riguroso, más experimental y más crítico del funcionamiento. En contraste con el conocimiento efectivo, el conocimiento heurístico raramente se discute y es en gran parte individualista. Este es el conocimiento de la buena práctica, del buen juicio y del razonamiento admisible en el campo.

La representación del conocimiento, lo formaliza y ordena. Una representación ampliamente usada es la regla de producción. Una regla consiste en: una parte **SI** y otra parte **ENTONCES** (una condición y una acción). Las listas de partes **SI** son un conjunto de condiciones en una cierta combinación lógica. La porción del conocimiento representado por la regla, es relevante a la línea del razonamiento que es convertido si la parte **SI** de la regla está satisfecha; por lo tanto, la parte **ENTONCES** puede ser concluida, o su acción de solucionar el problema puede ser tomada. Los sistemas expertos en que el conocimiento se representa en forma de reglas, se llaman: Sistemas Basados en Reglas.

El modelo para solucionar el problema, o el paradigma, ordena y controla los pasos de progresión tomados para solucionar el problema. El paradigma implica el encadenamiento de las reglas de **SI - ENTONCES** (**IF-THEN**) para formar una línea de razonamiento. Si el encadenamiento empieza con un conjunto de

Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

condiciones y se mueve hacia una cierta conclusión, se llama el método de encadenamiento delantero o hacia adelante. Si la conclusión se sabe (por ejemplo, una meta que se logrará) pero el camino a esa conclusión no se sabe, entonces se debe razonar al revés, y el método se llama de encadenamiento posterior o hacia atrás. Estos métodos para solucionar el problema se construyen en módulos de programas llamados motores de la inferencia o los procedimientos de la inferencia, que manipulan y utilizan el conocimiento de la base de conocimiento para formar una línea del razonamiento (Gutiérrez, 2010).

1.6. Ambiente de desarrollo

A continuación, se presentan las herramientas, tecnologías y lenguajes a utilizar en el proceso de desarrollo de la propuesta de solución.

1.6.1. Lenguajes utilizados

A continuación, se describen los lenguajes utilizados para el desarrollo de la propuesta de solución.

Lenguaje de programación Java v 8.1

Java es prácticamente la base para el desarrollo y distribución de aplicaciones móviles, juegos, contenido basado en web y software de empresas, más utilizados a nivel mundial en la actualidad. Este lenguaje de programación permite desarrollar, implementar y utilizar de forma eficaz toda una serie de aplicaciones y servicios; está diseñado para permitir el desarrollo de aplicaciones de gran rendimiento para disímiles plataformas informáticas. Java, permite escribir software en una plataforma y ejecutarlo virtualmente en otras; combina plataformas y servicios para crear otras aplicaciones más personalizadas, entre otras.

Se determinó utilizar el lenguaje de programación Java para el desarrollo de la aplicación móvil Android, debido a que es un lenguaje orientado a objetos, de gran potencialidad, seguro y multiplataforma. El mismo dispone de un amplio conjunto de librerías que el desarrollador puede utilizar para la creación de aplicaciones. Este lenguaje, además de utilizar sus propias clases, también puede hacer uso de librerías que aportan a la red otros desarrolladores e incluso emplear librerías de aplicaciones que ponen a disposición del programador. Es el más utilizado actualmente en el mundo y es el lenguaje nativo en el desarrollo de aplicaciones Android, siendo el que mejor se integra con el IDE Android Studio. (A. Rodríguez, 2016)

Lenguaje de Consulta Estructurado SQL

Structured Query Language (SQL) es un lenguaje de programación estándar e interactivo de acceso a bases de datos relacionales, para especificar diferentes operaciones en ellas. El mismo brinda la posibilidad de realizar consultas con el objetivo de recuperar información de las bases de datos de manera sencilla. Las consultas toman la forma de un lenguaje de comandos, que permite seleccionar, insertar, actualizar y buscar la ubicación de los datos. (Prado, 2017)

Extensible Markup Language (XML) v1.0

Extensible Markup Language (XML) es un lenguaje de etiquetas, es decir, cada paquete de información está delimitado por dos etiquetas como se hace también en el lenguaje HTML, pero XML separa el contenido de la presentación. Es un estándar internacionalmente reconocido y su utilización es libre. XML se plantea como un lenguaje estándar para el intercambio de información entre diferentes programas de una manera segura, fiable y libre, ya que no pertenece a ninguna compañía. Otra posibilidad interesante del XML es que a partir de un documento en XML, se pueden generar archivos PDF y en otros formatos. (Lescano, 2016)

XML permite el formato abierto independientemente de la plataforma, se pueden utilizar vocabularios específicos de una aplicación, permitiendo auto descripción de dichos vocabularios. XML define datos portables, proporciona metadatos que mejoran la calidad de la búsqueda de información. Este lenguaje es fácilmente procesable, tanto por humanos como por software, separa la información o contenido de su presentación o formato y está diseñado para ser utilizado en cualquier lenguaje.

Lenguaje de Modelado Unificado UML v2.1

Unified Modeling Language (UML) es un lenguaje estándar para escribir diseños de software. El UML puede usarse para visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos de un sistema de software intensivo. Su objetivo es planificar y documentar la construcción de programas informáticos complejos. Proporciona trece diagramas diferentes para su uso en modelado de software, como los diagramas de clase, implementación, caso de uso, secuencia, comunicación, actividad y estado. (Pressman, 2010a, p.725)

1.6.2. Herramientas utilizadas

A continuación, se describen las herramientas utilizadas para el desarrollo de la propuesta de solución.

Android Studio v1.2

Android Studio es un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE, por sus siglas en inglés) que ha pasado a ser el IDE recomendado para el desarrollo de aplicaciones en Android, al tratarse de un IDE oficial de Google en colaboración con *JetBrains*. Reutiliza código y recursos y es un software libre. (Báez et al., 2010)

Principales características que incluye Android Studio:

- Soporte para programar aplicaciones para Android *Wear* (sistema operativo para dispositivos corporales como por ejemplo un reloj).
- Herramientas *Lint* (detecta código no compatible entre arquitecturas diferentes o código confuso que no es capaz de controlar el compilador), para detectar problemas de rendimiento, usabilidad y compatibilidad de versiones.
- Utiliza *ProGuard* para optimizar y reducir el código del proyecto al exportar a la extensión APK (muy útil para dispositivos de gama baja con limitaciones de memoria interna).
- Integración de la herramienta *Gradle* encargada de gestionar y automatizar la construcción de proyectos, como pueden ser las tareas de prueba, compilación o empaquetado.
- Alertas en tiempo real de errores sintácticos, compatibilidad o rendimiento antes de compilar la aplicación.
- Vista previa en diferentes dispositivos y resoluciones.
- Editor de diseño que muestra una vista previa de los cambios realizados directamente en el archivo XML.

Licencia apache 2.0: permite al usuario del software usarlo para cualquier propósito, distribuirlo y modificarlo.

DB Browser for SQLite v3.9

DB Browser for SQLite es una herramienta gratuita y de código abierto usada para crear, diseñar y editar archivos de bases de datos de SQLite. La misma fue diseñada para ser utilizada tanto por usuarios domésticos como por desarrollares que necesiten crear una base de datos, editar y buscar datos de forma fácil, mediante una interfaz muy parecida a una hoja de cálculos de Excel. Como principales características, crea y compacta archivos de base de datos, contiene funcionalidades como crear, definir, modificar y eliminar tablas, índices y registros. Exporta e importa registros en forma de textos y base de datos desde archivos de copia de seguridad, además que realiza y revisa resultados de consultas SQL

Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

realizadas desde la aplicación. Esta herramienta se utilizará para exportar la base de datos del SBR del sistema Synta a SQLite. Esta doblemente licenciada por *Mozilla Public Licence* versión 2, también con *General Public Licence* (GPL) versión 3 o posterior. (Montiel, 2011)

Pentaho Data Integration v4.2

Pentaho es una herramienta bajo la filosofía del software libre, para la gestión y la toma de decisiones empresariales. Esta plataforma está desarrollada en Java y es de diseño uniforme, pues facilita el trabajo de los usuarios y permite obtener resultados de forma rápida. Uno de sus beneficios es, que permite concentrar todo tipo de bases de datos relacionales e integrar resultados. Es multiplataforma y se puede encontrar para Mac OS, Linux y Windows. (Gravitar, 2017)

La plataforma proporciona datos precisos y listos para análisis de los usuarios finales desde cualquier fuente. A continuación, se mencionan algunas de sus características:

- Diseñador gráfico de extracción-transformación-carga (ETL, por sus siglas en inglés) para simplificar la creación de tuberías de datos, utilizada para las transformaciones y el trabajo realizado para llenar la base de datos.
- Biblioteca de componentes pre-construidos para acceder, preparar y combinar datos de fuentes relacionales y grandes almacenes de datos, que permite el diseño de la base de datos a utilizar en la aplicación.

1.6.3. Tecnologías utilizadas

A continuación se describen las tecnologías utilizadas en el desarrollo de la propuesta de solución.

Base de Datos en SQLite v3.0

SQLite es una biblioteca de código abierto que implementa un gestor de base de datos SQL. A continuación, se mencionan algunos de sus beneficios (Montiel, 2011):

- No requiere un proceso de servidor independiente.
- No es necesario la configuración o administración.
- Es ligera.
- Es autónoma, lo que significa que no hay dependencias externas.
- Está disponible para Linux, Mac OS, Android, iOS y Windows.

Android Software Development Kit v7.1

Software Development Kit (SDK) es un *kit* de desarrollo mediante el cual se pueden desarrollar aplicaciones y ejecutar un emulador de la versión de Android. En Android todas las aplicaciones se ejecutan en Java. Cada vez que aparece una nueva versión de Android, Google libera el código fuente y publica el SDK. Esto sirve para que los desarrolladores puedan adaptar sus aplicaciones a la nueva versión. (Báez et al., 2010)

Con el desarrollo de este capítulo se concluye:

- ✓ Las características definidas para el análisis de soluciones desarrolladas a nivel internacional y nacional, facilitó determinar que la propuesta solución seguirá la estructura del SBR, del Módulo de Reacciones Adversas a Medicamentos del sistema Synta.
- ✓ A partir del análisis del motor de inferencia del SBR del MRAM de Synta se identificaron deficiencias que deberán ser mejoradas en la propuesta de solución.
- ✓ La descripción del ambiente de desarrollo propuesto para solucionar el problema planteado, permitió una mayor familiarización con las herramientas, tecnologías y lenguajes.

Capítulo 2: Propuesta de solución de la aplicación móvil Android

A continuación, se describe la propuesta de solución. Se explicará primeramente de forma general sus principales características y las funcionalidades que permitirá realizar a sus usuarios (los médicos). También se describirá toda su estructura y funcionamiento, basándose en la arquitectura de un sistema basado en reglas, como fue definido en el capítulo anterior, describiendo las características de la interfaz de usuario, funcionamiento o modo en que infiere el motor de inferencia y las características de la base de datos, así como la propuesta para su actualización.

2.1 Propuesta de solución

Para el desarrollo de la propuesta de solución, se hace un análisis de la encuesta realizada a los médicos partiendo de las preguntas tres y cuatro (ver Anexo 1 y el acápite 1.2.1 Implementada para el sistema operativo Android). Las mismas tienen entre sus objetivos, obtener los datos correspondientes a la cantidad de médicos, dispuestos a utilizar una herramienta informática que le facilite identificar la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa y que posean conocimiento acerca de algún sistema informático cubano que realice dicha actividad. A continuación, se presenta la información de los resultados obtenidos de la pregunta tres de la encuesta (ver Figura 8 Distribución de médicos dispuestos a utilizar una herramienta informática que permita identificar la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa):

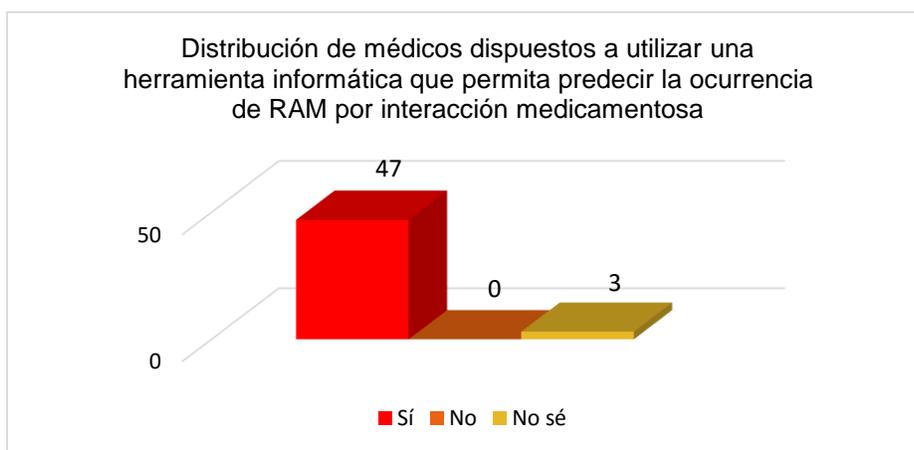


Figura 8 Distribución de médicos dispuestos a utilizar una herramienta informática que permita identificar la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa
Fuente: elaboración propia

En la figura anterior según los resultados obtenidos, se aprecia que la gran mayoría de los médicos están dispuestos a utilizar una herramienta que les permita identificar la ocurrencia de RAM por interacción

Capítulo 2: Propuesta de solución de la aplicación móvil Android

medicamentosa, debido a que estos no tienen una herramienta que apoye su trabajo en las US. Se puede observar, además, que solo tres de los médicos encuestados se encuentran indecisos y no hay ninguno que se niegue ante la posibilidad de utilizar dicha aplicación.

A continuación, se analizar los resultados obtenido de la pregunta cuatro (ver Figura 7 Distribución de médicos que conocen sistemas informáticos cubano que manejen interacción medicamentosa):

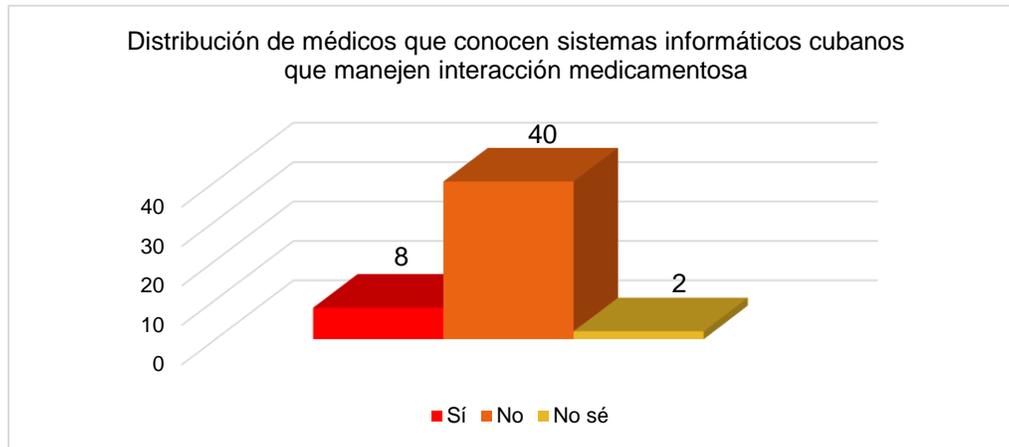


Figura 6 Distribución de médicos que conocen sistemas informáticos cubanos que manejan interacción medicamentosa
Fuente: elaboración propia

En la figura anterior, los datos obtenidos muestran que una gran parte de los médicos, no conocen sistemas o aplicaciones informáticas cubanas que manejan la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa. Por lo que se puede afirmar, que el sistema Synta no es conocido por gran parte de los médicos, debido a que se imposibilita el acceso al mismo por falta de conectividad en las unidades de salud. Además, el mismo no cumplió con sus objetivos, debido a que los médicos no tienen una herramienta que le permita identificar la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa desde la consulta médica.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la encuesta, se define para la propuesta de solución la implementación una aplicación móvil Android que apoye al médico en la consulta médica a identificar la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa y principalmente que permita el trabajo sin conexión. Los datos con los que trabajará dicha aplicación serán extraídos del sistema Synta. La propuesta de solución seguirá la estructura del SBR del sistema Synta y dicha aplicación llevará como

Capítulo 2: Propuesta de solución de la aplicación móvil Android

nombre "InterMed", *Inter* de interacción y *Med* de medicamentosa, el color de la interfaz será verde debido a que es el color establecido por el MINSAP para sus soluciones informáticas.

A continuación se describen las funcionalidades de la propuesta de solución:

- **Buscar medicamento en el FNM:** permitirá al usuario consultar la información referente a los medicamentos que aparecen en el FNM. Tendrá como entrada el medicamento seleccionado y como salida la información del mismo.
- **Buscar medicamento:** dará la posibilidad al médico de buscar medicamentos en el SBR, pero de este solo las RAM que no están descritas en el FNM. Se identifican por la ocurrencia de estas en la sociedad, esta funcionalidad tendrá como entrada el medicamento seleccionado y como salida su información.
- **Insertar medicamentos tomados:** adiciona el, o los medicamentos que está tomando el paciente. Tendrá como entrada los medicamentos tomados por el paciente añadido por el médico.
- **Insertar medicamentos prescritos:** adiciona el, o los medicamentos que le serán prescritos al paciente. Tendrá como entrada los medicamentos añadidos por el médico.
- **Interacción entre medicamentos:** esta funcionalidad permitirá al médico, luego de haber llenado las listas con los medicamentos correspondientes, identificar la ocurrencia de reacciones adversas entre los medicamentos insertados por el médico. Tendrá como entrada los medicamentos de cada una de las listas, la de medicamentos tomados y la de prescritos y como salida las reacciones adversas entre dichos medicamentos.

Actualizar la base de datos: esta funcionalidad permitirá actualizar la base de datos del sistema cuando existan nuevas actualizaciones

2.2. Descripción de la propuesta de solución

La aplicación InterMed se desarrolla para el sistema operativo Android y su estructura será regida por la de un SBR, siendo esta: módulo de adquisición del conocimiento, motor de inferencia e interfaz de usuario.

2.2.1. Módulo de adquisición del conocimiento

Luego del análisis de la estructura de la base de datos del MRAM del sistema Synta, se identificaron los datos que son de vital importancia en la propuesta de solución. La base de datos del sistema de Synta posee toda la información necesaria para el trabajo de la aplicación, pero para obtener estos datos es

Capítulo 2: Propuesta de solución de la aplicación móvil Android

necesario estar conectado a la red de INFOMED. Esta comunicación imposibilita el cumplimiento de una de las características necesarias de la propuesta de solución, el trabajo fuera de línea, por lo que se realiza la extracción de los datos a una base de datos local, con el objetivo de ser utilizada posteriormente por la aplicación.

2.2.1.1. Propuesta para la extracción de los datos del sistema Synta

La aplicación InterMed a ser desarrollada para el sistema operativo Android, necesita una base de datos de tipo SQLite, dado que es el tipo de base de datos que puede ser almacenada y consultada fácilmente en un dispositivo móvil. Para que la aplicación funcione correctamente, se debe contar con los medicamentos, reacciones y las reglas que serán utilizadas; esta información se encuentra en las tablas “*tb_n_nomenclador*” y “*tb_ra_base_de_reglas*” de la base de datos del sistema Synta. Al realizar la extracción se debe conservar la estructura relacional entre la información, siendo este sistema el módulo de adquisición de conocimiento de la aplicación InterMed.

Para realizar dicha extracción se utiliza la herramienta Pentaho Data Integration en su versión 4.2, permitiendo que la transformación resultante sea exportada a un script para luego ser ejecutado en el servidor manualmente cada un tiempo determinado. La herramienta para la extracción de los datos, Pentaho Data Integration permite a partir de un conjunto de transformaciones diseñadas, conformar lo que se denomina un “trabajo”. El concepto trabajo dentro de esta aplicación se refiere a la ejecución continua y secuencial de un conjunto de transformaciones previamente definidas. Para realizar la transformación de la base de datos, se analizaron dos variantes con el objetivo de verificar cuál de estas resultaba más eficiente según el tiempo de ejecución.

Análisis de las posibles variantes de extracción de los datos

Variante 1: se decide extraer los datos de forma categórica según el campo que se desea analizar: los medicamentos, las RAM y la base de reglas (ver Anexo [2](#)), además se diseña una nueva tabla con los medicamentos de la base de reglas que no reaccionan con otros medicamentos, pero que a su vez

Capítulo 2: Propuesta de solución de la aplicación móvil Android

contienen reacciones adversas por sí solos. El conjunto de transformaciones diseñadas para esta variante, se realiza con el objetivo de extraer cada uno de los grupos de datos anteriormente definidos, a través de un trabajo. Estas transformaciones son ejecutadas de forma secuencial, transfiriendo estos datos a una base de datos relacional de tipo SQLite que posteriormente será utilizada por la aplicación InterMed. A continuación, se muestra la estructura de la base de datos SQLite resultante:

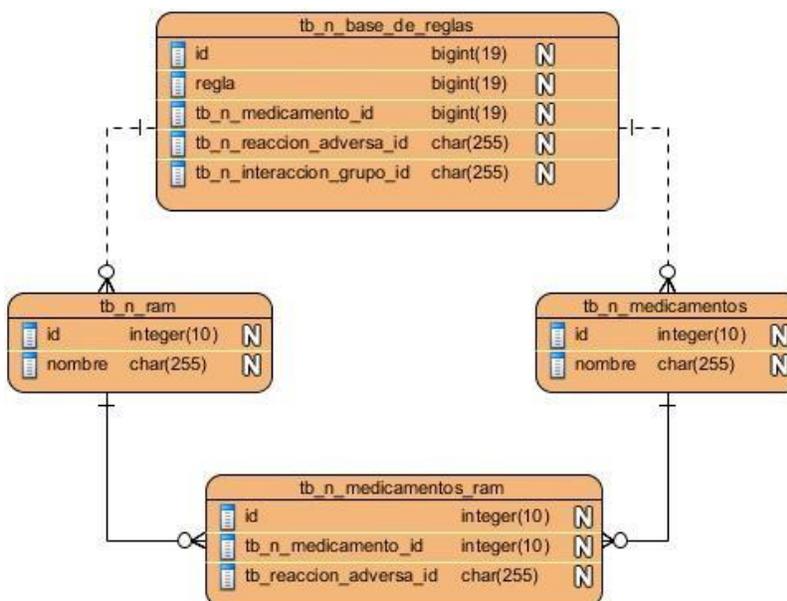


Figura 7 Modelo de base de datos de la variante 1

Fuente: elaboración propia

Variante 2: se debe extraer los datos sin categorizar de la tabla “tb_n_nomenclador” y la tabla “tb_ra_base_de_reglas” exactamente como se encuentran en el sistema Synta. Todos los datos necesarios para la aplicación se encontrarán en el mismo orden en que aparecen en el nomenclador y con sus respectivos identificadores, excluyendo aquellos datos que no son relevantes para el trabajo de la aplicación. A diferencia de la propuesta anterior, en esta se realizarán dos transformaciones (ver Anexo 2), la cual dará como resultado una base de datos conformada solo por dos tablas que contendrán los datos necesarios para ser utilizados en la aplicación InterMed. A continuación, el modelo resultante:

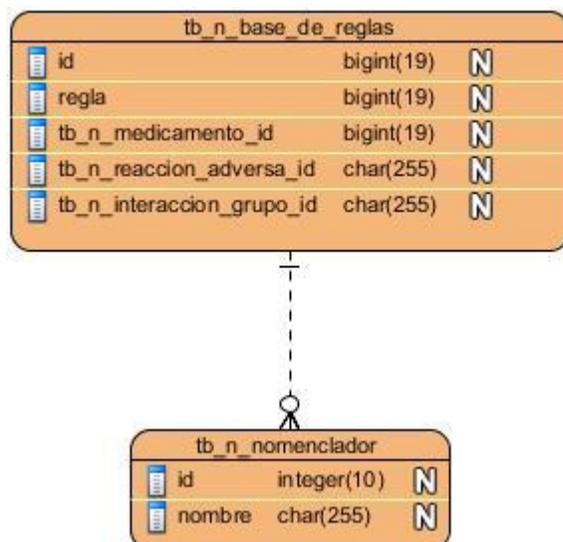


Figura 8 Modelo de base de datos de la variante 2
Fuente: elaboración propia

Luego de haber analizado las dos variantes extracción de información a la base de datos SQLite, se pasa a realizar una serie de pruebas, para escoger, según los resultados obtenidos la más eficiente según su tiempo de respuesta. Primeramente, estas pruebas se realizarán con cantidades distintas de reglas en la base de datos. Las cantidades definidas según la cantidad de reglas son: 1/3, 2/3 y la totalidad de los datos. Como la base de reglas contiene ciento ochenta reglas, las pruebas se realizarán en primera instancia para: 60, 120 y por último 180 que representa el total de reglas. Para particionar los datos de la base de datos se utiliza *DB Browser for SQLite* en su versión 3.9 y para medir el tiempo de respuesta los autores desarrollan una pequeña solución para este sistema operativo, teniendo en cuenta que el proceso de obtención textual de la información a mostrar al usuario, es lo que más se demora en la aplicación (ver Tabla 5 Resultados de las pruebas realizadas a las variantes propuestas):

Tabla 5 Resultados de las pruebas realizadas a las variantes propuestas
Fuente: elaboración propia

Variante	Trabajo	Cantidad de reglas	Tiempo de respuesta
Variante 1	1.1	60	277 ms
	1.2	120	339 ms
	1.3	180	416 ms
Variante 2	2.1	60	156 ms
	2.2	120	351 ms
	2.3	180	1003 ms

Capítulo 2: Propuesta de solución de la aplicación móvil Android

Según los resultados mostrados en la tabla anterior, se determina que la variante a utilizar para la extracción de los datos de la base de datos del SBR del sistema Synta a la base de datos SQLite será la **variante 1**, debido a que, en los tres casos de pruebas, su tiempo de respuesta fue menor que los resultados de la **variante 2**.

2.2.1.2. Seguridad de la base de datos

Para garantizar la seguridad de los datos que son utilizados en la propuesta de solución, se decide utilizar un algoritmo de cifrado para proteger la información que se almacena en las bases de datos. A continuación, se describe el algoritmo que se utilizó con sus respectivas características.

Estándar avanzado de cifrado AES

El estándar de cifrado avanzado *Advanced Encryption Standard* (AES) conocido como *Rijndael*, es un esquema de cifrado por bloques adoptado como un estándar de cifrado por el gobierno de los Estados Unidos. Después de un proceso de estandarización que duró 5 años, se transformó en un estándar efectivo el 26 de mayo de 2002. Desde 2006 el AES es uno de los algoritmos más populares usados en criptografía a nivel mundial. (Boxcryptor, 2015)

AES no es precisamente *Rijndael* (aunque en la práctica se le llama de esa manera) ya que *Rijndael* permite un mayor rango de tamaño de bloques y longitud de claves, tiene un tamaño de bloque fijo de 128 bits y tamaños de llave de 128, 192 o 256 bits. *Rijndael* puede ser especificado por una clave que sea múltiplo de 32 bits, con un mínimo de 128 bits y un máximo de 256 bits. La mayoría de los cálculos del algoritmo AES se hacen en un campo finito determinado. (Boxcryptor, 2015)

Estándar avanzado de cifrado AES 256

El estándar de cifrado avanzado AES 256 es uno de los algoritmos más seguros y más utilizados hoy en día, disponible para uso público. El algoritmo se basa en varias sustituciones, permutaciones y transformaciones lineales, ejecutadas en bloques de datos de 16 bytes. La diferencia entre AES-128, AES-192 y AES-256, es la longitud de la clave: 128, 192 o 256 bits, todos drásticamente mejorados en comparación con la clave DES de 56 bits. Hasta el día de hoy, no existe posible ataque contra AES. Por lo tanto, sigue siendo el estándar de cifrado preferido por los gobiernos, los bancos y los sistemas de alta seguridad de todo el mundo. (Boxcryptor, 2015)

Como se aplica AES 256 en la propuesta de solución

Con el objetivo de proteger los datos que se almacenan en la base de datos de la propuesta de solución, el algoritmo de cifrado AES anteriormente descrito, fue utilizado en dos instancias de la solución propuesta. Primero fue encapsulado en un ejecutable en java, para cifrar la base de datos extraída del nomenclador y luego este mismo algoritmo es utilizado por la aplicación para descifrar la base de datos SQLite. Esta base de datos no permanece descifrada, solo al inicio de la aplicación para obtener los datos de la misma. Por otra parte, la clave para el descifrado se encuentra protegida dentro del código de la aplicación, gracias a la característica que posee el lenguaje JAVA de declarar clases de tipo protegida, que solamente pueden ser analizadas dentro del entorno de ejecución de la aplicación.

2.2.1.3. Propuesta para la actualización de la base de datos

Anteriormente se explicaron dos variantes para exportar los datos del nomenclador de Synta hacia una base de datos SQLite, donde después de una serie de pruebas realizadas, resultó que la primera variante era la más adecuada según su rendimiento y tiempo de respuesta. Para ello el MINSAP debe darle la responsabilidad a un informático de exportar la base de datos actualizada a SQLite, mediante el Pentaho Data Integration y realizar el proceso que fue descrito (ver 2.3.1.1. Propuesta para la extracción de los datos del sistema Synta). Como segundo paso es necesario aplicarle seguridad a la base de datos, la persona responsable de exportarla tiene la tarea de utilizar el ejecutable en java que se encarga de cifrar la base de datos de la aplicación; luego mediante el sistema desplegado en la red INFOMED u otros medios empleados se debe distribuir dicho fichero. Después de estar ubicado este fichero en el dispositivo móvil, la aplicación da la opción de actualizar la base de datos, marcando la ruta donde se encuentra almacenada en el dispositivo.

2.2.2. Motor de inferencia

El motor de inferencia supervisa y extrae las conclusiones partir de los datos que conforman las reglas con que trabaja el sistema. Una modificación en las reglas dará como resultado conclusiones distintas, es por ello que usa datos que representan los hechos y el conocimiento es el conjunto de reglas almacenadas en la base de conocimiento para obtener nuevas conclusiones (Jenpauli, 2017). Para obtener conclusiones o hechos los expertos utilizan diferentes tipos de reglas y estrategias de inferencia de control como Modus Ponens y Modus Tollens, estas estrategias son utilizadas por el motor de inferencia para obtener conclusiones simples y compuestas (Gutiérrez, 2017).

Proceso de razonamiento de la máquina de inferencia de la aplicación InterMed

El proceso de inferencia que realiza la aplicación InterMed, consiste en determinar las posibles reacciones adversas que puede presentar un paciente al consumir un conjunto de medicamentos. Tanto los medicamentos prescritos como los tomados por el paciente, pasan a ser parte de los hechos iniciales en el proceso de inferencia. Anteriormente fueron identificadas algunas deficiencias en el proceso realizado por el MRAM del sistema Synta, estos fallos son erradicados por el proceso de inferencia que se desarrolla en la solución propuesta. La máquina de inferencia aplica la estrategia de Modus Ponens con encadenamiento hacia adelante, como se utiliza en el MRAM del sistema Synta. A continuación, se explicarán cada uno de los pasos que realiza la máquina de inferencia para obtener las reglas más semejantes de la base de conocimiento (ver Figura 9 Pasos que realiza el motor de inferencia).

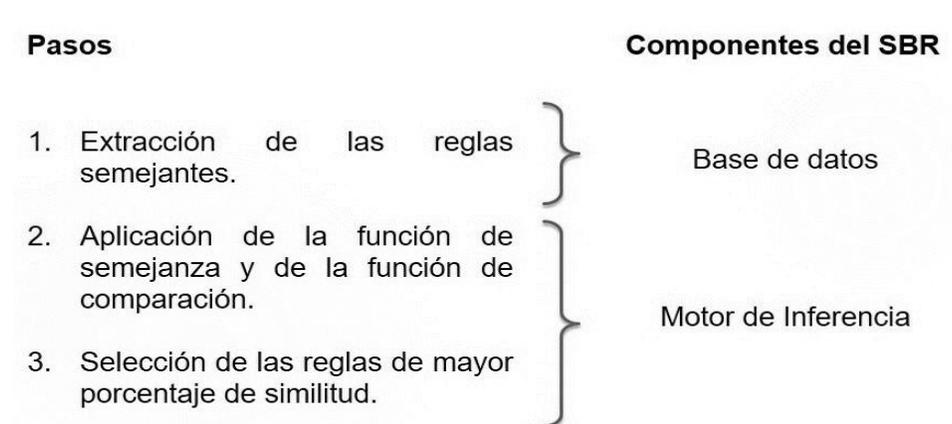


Figura 9 Pasos que realiza el motor de inferencia
Fuente: elaboración propia

Paso 1. Extracción de las reglas semejantes

Para el proceso de extracción de las reglas semejantes se tiene en cuenta los medicamentos introducidos por el médico en cada una de las listas (los cuales conforman la base de hechos iniciales). El proceso de inferencia comienza extrayendo de la base de reglas todas las que contengan al menos un medicamento de la base de hechos inicial. Dicho proceso se realiza comparando cada premisa de la base de hechos inicial con cada una de las premisas de la primera regla de la base de reglas, si al menos uno coincide, esta regla es seleccionada. Este proceso se realiza para cada una de las reglas existentes en la base de conocimiento (ver Tabla 6 Ejemplo de base de datos).

Capítulo 2: Propuesta de solución de la aplicación móvil Android

Premisas iniciales: A, 6, 1, B, C

Tabla 6 Ejemplo de base de datos
Fuente: elaboración propia

Medicamento	Interacción con medicamentos	Grupo Farmacológico con que interactúa	Reacciones que provoca
A	B,1,4	G	R1,R2,R3
1	E, F, C, B, 3	-	R2,R4
F	C, A, D, 1	-	R7,R5, R8
B	C, 1, D, A	-	R9, R6, R0
V	F, D, W, 7, 8	K	R10, R8
C	3, 6, B, W, A	-	R6, R9, R2

Teniendo en cuenta el ejemplo de la base de datos mostrado en la tabla anterior, se identifica que la única regla que no ha sido seleccionada es {V, F, D, W, 7, 8} por no poseer dentro de sus premisas alguna coincidencia con las premisas iniciales (ver Tabla 7 Extracción de las reglas semejantes):

Premisas iniciales: A, 6, 1, B, C

Tabla 7 Extracción de las reglas semejantes
Fuente: elaboración propia

Medicamento	Interacción con medicamentos	Grupo Farmacológico con que interactúa	Reacciones que provoca
A	B,1,4	G	R1,R2,R3
1	E, F, C, B, 3	-	R2,R4
F	C, A, D, 1	-	R7,R5, R8
B	C, 1, D, A	-	R9, R6, R0
C	3, 6, B, W, A	-	R6, R9, R2

Paso 2. Aplicación de la función de comparación y de la función de semejanza

Al aplicar la función de semejanza a cada una de las reglas extraídas de la base de datos, se le mostrará la selección al médico. A continuación se describe la función de semejanza a aplicar sobre las reglas seleccionadas:

$$f(P_i, R_j) = \frac{\sum_{i=0}^M [\sum_{j=0}^N C(P_i, R_j)]}{(M + N) - \sum_{i=0}^M [\sum_{j=0}^N C(P_i, R_j)]} \quad (1) \text{ Función de semejanza}$$

Capítulo 2: Propuesta de solución de la aplicación móvil Android

Donde:

- N es la cantidad de rasgos de la regla activa
- M es la cantidad de rasgos de la regla inicial
- R_j rasgo de la regla activa que se encuentra analizando
- P_i rasgo de la regla inicial que se encuentra analizando

Teniendo como función de comparación:

$$C(P_i, R_j) = \begin{cases} 1 & \text{si } P_i = R_j \\ 0 & \text{si } P_i \neq R_j \end{cases} \quad (2) \text{ Función de comparación}$$

El proceso funciona de la siguiente forma: se toma el primer elemento de la regla inicial y se compara con cada uno de los elementos de la regla activa, obteniendo el valor de 1 en caso de ser iguales o 0 en caso contrario, aplicando la función de comparación definida (ver fórmula 2). Los resultados de todas las comparaciones realizadas para el primer elemento en la regla inicial son sumados (ver sumatoria (fórmula 3)), en caso de obtener 1 como resultado, se puede afirmar que dicho elemento se encuentra en la regla activa.

$$\sum_{j=0}^N C(P_i, R_j) \quad (3) \text{ Sumatoria primer elemento de la regla inicial}$$

La segunda suma se encarga de obtener todas las coincidencias de los elementos de la regla inicial, con los elementos de la regla activada, sumando todos los resultados obtenidos por cada uno de las premisas de la regla inicial (ver sumatoria (fórmula 4)).

$$\sum_{i=0}^M \left[\sum_{j=0}^N C(P_i, R_j) \right] \quad (4) \text{ Sumatoria de los resultados de las premisas de la regla inicial}$$

La expresión restante en la parte del divisor de la función, es la diferencia que existe entre la suma de la cantidad de elementos de ambas reglas y aquellos elementos que coincidieron entre ambas reglas, obteniéndose el valor real de semejanza afiliado a la interacción medicamentosa que se analiza.

Capítulo 2: Propuesta de solución de la aplicación móvil Android

$$(M + N) - \sum_{i=0}^M [\sum_{j=0}^N C(P_i, R_j)] \quad (5) \text{ Sumatoria de los resultados de las premisas de la regla inicial}$$

A continuación se muestra un ejemplo de lo anteriormente descrito. Mostrando el índice de semejanza que presenta una regla inicial con respecto a la regla activada de la base de datos:

Regla inicial: A, 6, 1, B, C

Regla activada: A, B, 1, 4

M = 5

Regla inicial: A, 6, 1, B, C

Regla activada: A, B, 1, 4

N = 4

$$f(P_i, R_j) = \frac{\sum_{j=1}^N C(P_i, R_j)}{(M + N) - \sum_{i=1}^M [\sum_{j=1}^N C(P_i, R_j)]}$$

$$f(P_i, R_j) = \frac{1 + 0 + 0 + 0 + 0 + C(6, b) + \dots}{(5 + 4) - 3} = \frac{3}{6} = 0,5$$

50% d
semejanza

(6) Aplicación de la función de comparación y de la función de semejanza

Paso 3. Selección de las reglas de mayor porcentaje de similitud

Luego de aplicada la función de semejanza a cada una de las reglas obtenidas de la base de datos, se procede a ordenar dichas reglas (con un umbral de diez resultados relevantes) a mostrar al médico en la interfaz (ver Tabla 8 Orden de las reglas según su porcentaje de similitud).

Premisas iniciales: A, 6, 1, B, C

Tabla 8 Orden de las reglas según su porcentaje de similitud
Fuente: elaboración propia

Reglas extraídas de la base de conocimiento	Resultado de aplicar la función de semejanza
B, C, 1, D, A	$\frac{4}{6} \mid f(P_i, R_j) = 0,66$
A, B, 1, 4	$\frac{3}{6} \mid f(P_i, R_j) = 0,5$
F, C, A, D, 1	$\frac{3}{7} \mid f(P_i, R_j) = 0,42$
1, E, F, C, B, 3	$\frac{3}{8} \mid f(P_i, R_j) = 0,375$
C, 3, 6, B, W, A	$\frac{3}{8} \mid f(P_i, R_j) = 0,375$

Una vez ordenada las reglas el sistema las devuelve bajo los parámetros: “Medicamento”, “Medicamentos con los que interactúa”, “Reacciones adversas” y “Similitud” (ver Tabla 9 Resultados devueltos por el sistema):

Capítulo 2: Propuesta de solución de la aplicación móvil Android

Tabla 9 Resultados devueltos por el sistema
Fuente: elaboración propia

Medicamento	Medicamento con que interactúa	Reacción Adversa	Similitud
B	C, 1, D, A	R9,R6,R10	0.66 ≈ 66%
A	B,1,4	R1, R2, R3	0.5 ≈ 50%
F	C, A, D, 1	R7, R5, R8	0.42 ≈ 42%
1	E, F, C, B, 3	R2, R4	0.375 ≈ 37.5%
C	6, B, W, A	R6, R9, R2	0.375 37.5%

2.2.3. Interfaz de usuario

La interfaz de la solución propuesta contiene las siguientes características:

- Intuitiva (todas las funcionalidades se encuentran accesibles, a la distancia de un toque; los botones son representativos con iconos que muestran su funcionalidad; la plantilla utilizada para el desarrollo de la aplicación es una de las definidas por el Android Studio, y tiene en cuenta experiencia de usuario)
- Fácil de utilizar (las funcionalidades tienen nombres representativos y se puede acceder a la funcionalidad principal de la aplicación desde cualquier interfaz; los campos de textos permitirán el autocompletado, facilitando la búsqueda de información)
- Se utilizó el color verde por ser el predefinido por el MINSAP para aplicaciones de salud; este color fue determinado teniendo en cuenta que el sistema Synta también contiene dicho color.

Una vez desarrollado el capítulo se concluye lo siguiente:

- ✓ El análisis de las variantes de creación de la BD SQLite, permitió seleccionar la estructura de base de datos más adecuada para ser utilizada, teniendo en cuenta el tiempo de respuesta de la aplicación, haciendo peticiones a dicha base de datos.
- ✓ El motor de inferencia desarrollado en la propuesta de solución, es superior al del SBR del MRAM de Synta en cuanto a los casos recuperados.

Capítulo 3: Diseño y validación de la aplicación InterMed

En el presente capítulo se describen los patrones de diseño utilizados en el desarrollo de la propuesta de solución. También se explican las mejoras aplicadas al código, con vista a disminuir el tiempo de respuesta de la aplicación. Además, se definen las pruebas para la validación de la aplicación InterMed y se muestran los resultados obtenidos.

3.1. Patrones de diseño aplicados a la propuesta de solución

Los patrones de diseño, son el esqueleto de las soluciones a problemas comunes en el desarrollo de un software. Los patrones ayudan a capturar conocimiento y a crear un vocabulario técnico, hacen el diseño orientado a objetos más flexible, elegante y en algunos casos reusable. Los mismos están compuestos por el nombre, el problema (describe cuándo aplicarlo), la solución (detalla el mejor diseño posible) y las consecuencias que describen las ventajas y desventajas del mismo. Estos pueden relacionarse y aplicarse de forma simultánea en muchos casos. («Ingeniería de Software II», 2011)

Patrones Generales de Software para Asignación de Responsabilidades (GRASP)

General Responsibility Assignment Software Patterns (GRAPS, por sus siglas en inglés), son patrones que describen los principios fundamentales para asignar responsabilidades a los objetos. Algunos de los patrones GRASP son: Experto, Creador, Alta cohesión, Bajo acoplamiento y Controlador. Para el desarrollo de la propuesta de solución, se describen a continuación los patrones utilizados («Ingeniería de Software II», 2011):

- **Creador**

Este patrón guía la asignación de responsabilidades relacionadas con la creación de objetos. El mismo, es el encargado de asignar a las clases, la responsabilidad de instanciar otras clases. Este tiene como beneficio que, si esta asignación se realiza correctamente, se puede garantizar que el diseño pueda soportar un bajo acoplamiento, lo cual supone menos dependencias respecto al mantenimiento y mejores oportunidades de reutilización. Este patrón se ve específicamente representado en la clase *motor_de_inferencia*. Esta clase instancia clases como *G_idnom*, *regla*, *Med_reacc*, para la conformación del motor que realiza las operaciones de inferencia.

- **Alta cohesión**

Cada elemento del diseño debe realizar una labor única dentro del sistema, lo cual expresa que la información que almacena una clase, debe ser coherente y estar lo más relacionada con ella en la medida de lo posible. Este patrón es el encargado de asignar responsabilidades, de manera que la información que se almacena en una clase, sea la necesaria y esté bien delimitada. De esta forma, se mejora la claridad y la facilidad con que se entiende el diseño y se genera un bajo acoplamiento. En la solución se ve reflejado en la implementación de las clases referentes a la inferencia y las relaciones que las componen. Cada clase es tratada según las responsabilidades que le corresponden, de forma paralela a los atributos que las componen. La implementación de la solución se basa en el tratamiento de los datos de forma atómica y clasificada, garantizando la reutilización de los datos almacenados sin influir de forma negativa en el rendimiento de la aplicación.

- **Bajo acoplamiento**

Este patrón mide el grado en que una clase está conectada con otra, tiene conocimiento de otra, o de alguna manera, depende de otra. El mismo, asigna responsabilidades de tal manera que el acoplamiento sea el menor posible. El bajo acoplamiento facilita una mejor comprensión de las clases aisladas, la reutilización de código y con él, los cambios en un componente, no afectan de forma drástica a otros componentes. El uso de este patrón permite crear clases más independientes, más reutilizables, lo que implica mayor productividad. En la aplicación, este patrón se ve reflejado en las clases de control de interfaz de usuario y aquellas como *Ajustes* y *Aes256* las cuales tienen un bajo nivel de dependencia, permitiendo que al realizar cambios a las mismas, no se afecte de forma negativa el funcionamiento del sistema.

Patrones GoF

Esta serie de patrones permite ampliar el lenguaje y aprender nuevos estilos de diseño. A continuación, se describen los patrones GoF utilizados en la propuesta de solución (Suárez y otros, 2013):

- **Singleton (Creacional)**

El objetivo de este patrón es asegurarse de que, de una clase solo existe una instancia y que esta es accesible. Permite controlar fácilmente y sin apenas cambios, el número de instancias que se crea. Este patrón se ve directamente reflejado en la utilización de la clase *Comunicador* en la solución. Esta clase es instanciada una única vez dentro del entorno de ejecución de la solución y es accesible desde todo el ámbito de la aplicación.

- **Decorator (Estructural)**

La utilidad principal de este patrón, es la de dotar a objetos de funcionalidades, de forma dinámica mediante composición; de esta forma se decoran los objetos para darles más funcionalidad de las que poseían en un principio. Esto es algo verdaderamente útil cuándo se quiere evitar jerarquías de clases complejas. Este patrón se ve presente en la utilización de las listas donde son añadidos los medicamentos, las cuales, además de mostrar el nombre del medicamento y brindarle al usuario una vista de los que se han añadido, también ofrecen la posibilidad de eliminar los elementos de la lista mediante una pulsación larga. Otros elementos que cumplen con esta característica, son los cuadros de texto de la aplicación, los cuales poseen un listado que autocompleta la escritura del usuario y permiten seleccionar elementos, que automáticamente son añadidos a los listados o en el caso de las búsquedas, se muestra la información referente al elemento que se selecciona en dicha lista.

3.2. Mejoras del código

Resulta notorio señalar, que la aplicación InterMed es un SBR desarrollado para sistemas operativos Android. Dado que en algunos dispositivos móviles los recursos para la ejecución de la aplicación son reducidos y el gran volumen de información y procesamiento que contiene, se hace imprescindible la aplicación de mejoras en el código, para disminuir el tiempo de respuesta de las operaciones. El objetivo principal de estas mejoras es hacer de la aplicación un entorno fluido (de forma transparente para el usuario). Teniendo conocimiento de que esta aplicación trabajará en un entorno de consulta, donde el tiempo es limitado, es necesario reducir el tiempo de ejecución de las tareas que la componen.

En el último paso realizado por el motor de inferencia, se hace referencia al ordenamiento de las reglas según el índice de semejanza que obtiene el sistema. Este ordenamiento es llevado a cabo a través del uso de una cola con prioridad, la cual fue realizada con un árbol *Heap* (parcialmente ordenado). En una cola de este tipo, las operaciones de inserción y eliminación tienen una complejidad temporal de $O(\log n)$ para el peor de los casos (cuando los elementos se mueven por toda la altura del árbol), lo cual proporciona una notoria mejora en cuanto a tiempo de respuesta de la aplicación, dado que su orden de complejidad es logarítmico.

Otro elemento importante que influye en el tiempo de respuesta de la aplicación es el uso de hilos concurrentes para la ejecución las operaciones de extracción de datos de la base de datos. El uso de esta tecnología, brinda al sistema, la posibilidad de aprovechar el tiempo en el cual el usuario se encuentra operando en la aplicación, para realizar tareas que son de larga duración.

3.3. Validación de la propuesta de solución

Para la validación de la aplicación móvil Android, se llevaron a cabo un conjunto de pruebas de software, para asegurar su calidad. Estas pruebas, son importantes porque aseguran el correcto funcionamiento del sistema, ayudan a ganar confianza y previenen defectos de producción. La estrategia de validación que se propone es la siguiente:

Técnica Iadov: para medir satisfacción de los clientes potenciales.

Pruebas de sistemas: midiendo el sistema en cuanto a su rendimiento.

Prueba de caja negra: con el objetivo de validar que las salidas sean las esperadas.

3.3.1. Técnica IADOV

Para medir el nivel de satisfacción de los médicos se aplica la técnica de V.A. IADOV. Esta técnica constituye una vía indirecta para el estudio de la satisfacción, pues los criterios que se utilizan se fundamentan en las relaciones que se establecen entre tres de las preguntas realizadas anteriormente en la encuesta (ver Anexo [3](#)) (A. L. Rodríguez, 2010). Estas tres preguntas cerradas se relacionan a través del “Cuadro Lógico IADOV” (ver Tabla 10 Cuadro Lógico de IADOV). Esta encuesta se aplicó a 50 especialistas de pertenecientes a tres hospitales del municipio Plaza de la Revolución: Instituto de Gastroenterología, Hospital General Calixto García e Instituto de Oncología y Radiobiología (INOR).

Los médicos encuestados presentan las siguientes especialidades, Médico General Integral (MGI), Enfermería, Estudiantes de Médica y otras como Oncología, Estomatología. (Figura 10. Distribución de medicamentos por especialidad)

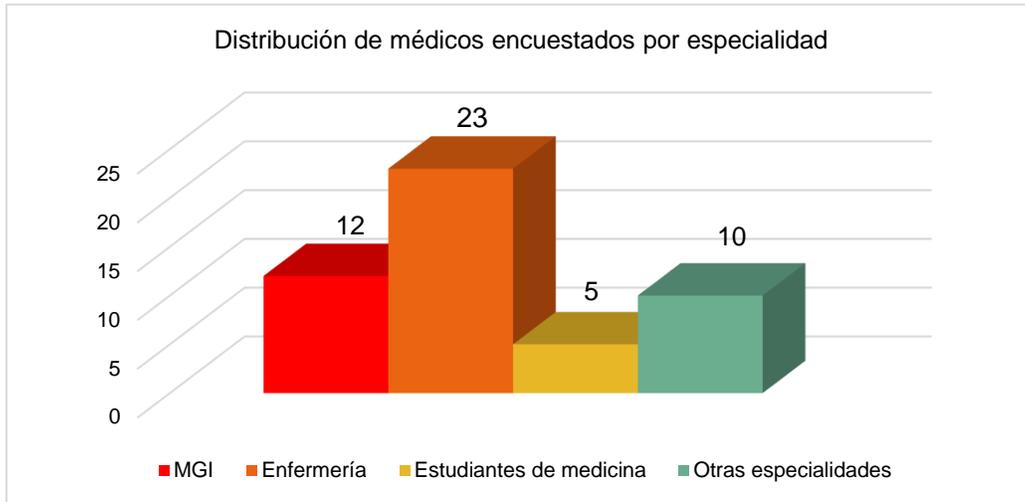


Figura 10 Distribución de médicos por especialidad
Fuente: elaboración propia

En la Figura 11. Distribución de los encuestados según años de experiencia, se muestra la cantidad de especialistas según sus años de experiencia.

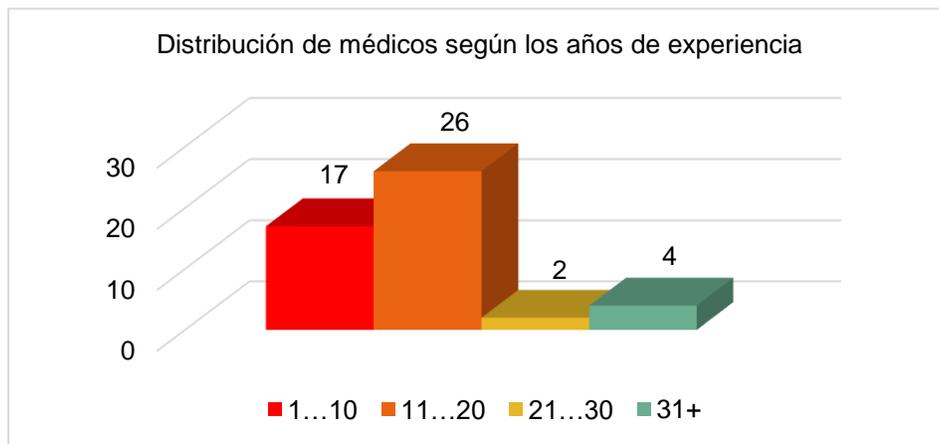


Figura 11 Distribución de médicos según los años de experiencia
Fuente: elaboración propia

Capítulo 3: Diseño y validación de la aplicación InterMed

En la tabla siguiente se muestra el Cuadro lógico de V.A. IADOV (ver Tabla 10. Cuadro lógico de IADOV), donde se realiza la triangulación de las preguntas directas.

Tabla 10 Cuadro Lógico IADOV
Fuente: La técnica de IADOV(A. L. Rodríguez, 2010)

	2. ¿Cree usted que es importante el uso de esta aplicación?								
	No			No sé			Sí		
5. ¿Le satisfacen los resultados que le brinda la aplicación respecto a la interacción entre medicamentos?	4. ¿Si tuviera al alcance la aplicación InterMed, la usaría?								
	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No
Me gusta mucho	1	2	6	2	2	6	1	6	6
No me gusta tanto	2	2	3	2	3	3	6	3	6
Me da lo mismo	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Me disgusta más de lo que me gusta	6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me gusta nada	6	6	6	6	4	4	6	4	5
No sé qué decir	2	3	6	3	3	3	6	3	4

El número resultante de la interrelación de las tres preguntas, indica la posición de cada sujeto en la escala de satisfacción. La escala de satisfacción personal e individual para estas actividades responde a la siguiente estructura en función de la puntuación obtenida:

1. Clara satisfacción
2. Más satisfechos que insatisfecho
3. No definida
4. Mas insatisfecho que satisfecho
5. Clara insatisfacción
6. Contradictoria

Para obtener el índice de satisfacción grupal (ISG) se trabaja con los diferentes niveles de satisfacción que se expresan en la escala numérica que oscila entre +1 y - 1 de la siguiente forma:

- +1 Máximo de satisfacción (A)
- 0,5 Más satisfecho que insatisfecho (B)
- 0 No definido y contradictorio (C)
- 0,5 Más insatisfecho que satisfecho (D)
- 1 Máxima insatisfacción (E)

Capítulo 3: Diseño y validación de la aplicación InterMed

Luego la satisfacción grupal, se calcula por la siguiente fórmula:

$$ISG = \frac{A(+1) + B(+0.5) + C(0) + D(-0.5) + E(-1)}{N}$$

(7) Cálculo del Índice de satisfacción grupal

Donde, A, B, C, D, E, representan el número de sujetos con índice individual y N representa el número total de médicos encuestados. Para este caso el índice de satisfacción grupal es (ver Figura 15 Cálculo del ISG de la encuesta realizada a los médicos):

$$\begin{aligned} ISG &= \frac{29(+1)+1(+0,5)+19(0)+1(-0,5)+0(-1)}{50} \\ ISG &= \frac{29 + 0,5 + 0 - 0,5 - 0}{50} \\ ISG &= \frac{29}{50} \\ ISG &= 0,58 \end{aligned}$$

Figura 12 Cálculo del ISG de la encuesta realizada a los médicos
Fuente: elaboración propia

El índice de satisfacción grupal fluctúa entre + 1 y - 1. Los valores que se encuentran comprendidos entre - 1 y - 0,5 indican insatisfacción; los comprendidos entre - 0,49 y + 0,49 evidencian contradicción y los que caen entre 0,5 y 1 indican que existe satisfacción. El valor obtenido al aplicar la técnica IADOV fue 0,58 y se encuentra entre el intervalo de satisfacción, por lo que se puede concluir que existirá satisfacción por parte de los médicos, con la aplicación móvil Android InterMed para identificar la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa, desde la consulta médica.

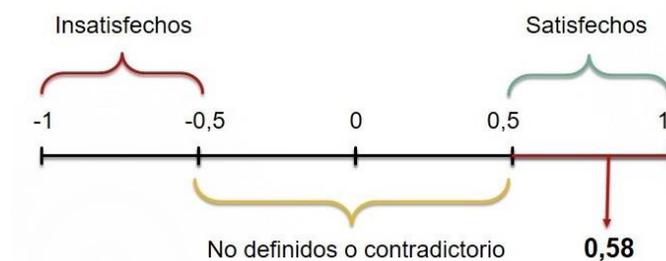


Figura 13 Nivel de satisfacción de los médicos encuestado con respecto a la aplicación InterMed
Fuente: elaboración propia



Figura 14 Gráfica de satisfacción
Fuente: elaboración propia

3.3.2 Pruebas de rendimiento

Con las pruebas de rendimiento se comprueba el tiempo de ejecución y los recursos que consume la aplicación en distintos tipos de dispositivos con diferentes características. Las pruebas de rendimiento, se aplican a la aplicación para determinar, con qué rapidez actúa el software bajo distintas condiciones de trabajo. También pueden servir para validar otros atributos de calidad del software (CHIU, 2015). Estas pruebas se realizan para comprobar el rendimiento, englobándose en el diseño y la arquitectura del sistema.

Teniendo en cuenta que la funcionalidad principal de la aplicación (interacción entre medicamentos) trabaja directamente con identificadores, el tiempo de respuesta de esta operación es despreciable, pues no realiza consultas a la base de datos. El rendimiento de la aplicación se ve afectado por la operación de cargar los identificadores de cada elemento de la base de datos y conformar las reglas con los nombres de los medicamentos y las reacciones. Por tanto, se decide realizar este tipo de prueba para medir el tiempo que demora esta operación, en cargar los datos y conformar las reglas que serán utilizadas por el motor de inferencia. Para este caso, se mide su tiempo de respuesta y el consumo de algunos recursos importantes, en cada uno de los dispositivos móviles que se escogieron para la realización de dicha prueba. A continuación, se presentan las prestaciones de cada uno de los dispositivos que se utilizaron para la realización de esta prueba (ver Tabla 11 Características de los dispositivos utilizados para las pruebas de validación):

Tabla 11 Características de dispositivos utilizados para las pruebas de validación
Fuente: elaboración propia

	Modelo	Pantalla (pulgadas)	Resolución	Versión de Android	RAM	Procesador
Samsung Galaxy S6	SM-G920	5.1	1440x2560	6.0.1	3 GB	Octa Core a 2.5 GHz
Samsung Galaxy S3 Neo	GT-i9300i	4.8	720x1280	4.4.4	1.5 GB	Qualcomm a 1410 MHz

Resultados de las pruebas de rendimiento

Con las pruebas de carga aplicadas, se logró medir el tiempo de respuesta de la aplicación en distintos dispositivos y con diferentes características. Para dichas pruebas se tuvieron en cuenta los parámetros de tiempo de respuesta de la aplicación, consumo de memoria RAM y consumo de recursos del microprocesador. A continuación, se muestran los resultados obtenidos (ver Tabla 12 Resultados de las pruebas de rendimiento):

Tabla 12 Resultados de las pruebas de rendimiento
Fuente: elaboración propia

	Samsung Galaxy S6	Samsung Galaxy S3 Neo
Tiempo de respuesta	283 ms/0.283s	476 ms/0.486s
Microprocesador	23%	61%
Consumo de memoria RAM	241 MB	986

3.3.3 Pruebas de caja negra

“Las pruebas de caja negra, también llamadas pruebas de comportamiento, se enfocan en los requerimientos funcionales del software; es decir, las técnicas de prueba de caja negra le permiten derivar conjuntos de condiciones de entrada que revisarán por completo todos los requerimientos funcionales para un programa” (Pressman 2010a, 423). Las pruebas de caja negra consisten en encontrar errores en: funciones incorrectas o faltantes, errores de interfaz, errores en las estructuras de datos o en el acceso a bases de datos externas, errores de comportamiento o rendimiento y errores de inicialización o terminación. Las mismas son aplicadas en etapas finales del desarrollo de un software. Las pruebas de caja negra, son pruebas funcionales que se enfocan en probar el sistema sin tomar en cuenta la estructura interna del mismo, su principal objetivo es validar que las salidas sean las esperadas. Existen diferentes técnicas de pruebas de caja negra como:

- Métodos de pruebas basado en grafos

Capítulo 3: Diseño y validación de la aplicación InterMed

- Análisis de valores límites
- Tabla ortogonal
- Particiones equivalentes

Partición equivalente: “La partición de equivalencia, es un método de prueba de caja negra que divide el dominio de entrada de un programa en clases de datos, de los que pueden derivarse casos de prueba” (Pressman 2010a, p.425). Es una de las técnicas más efectivas, pues permite examinar los valores válidos e inválidos de las entradas existentes en el software. El diseño de casos de prueba para la partición equivalente, se basa en una evaluación de las clases de equivalencia para una condición de entrada (Pressman, 2010):

- Una clase de equivalencia representa un conjunto de estados válidos o inválidos para condiciones de entrada.
- Regularmente, una condición de entrada es un valor numérico específico, un rango de valores, un conjunto de valores relacionados o una condición lógica.

Los mismos criterios se aplican a las salidas esperadas: hay que intentar generar resultados en todas y cada una de las clases. Los resultados de la prueba de caja negra se ven reflejados una vez llenados los diseños de casos de pruebas. Este diseño se elabora previamente al realizar las pruebas exploratorias y se parte de la especificación de las entradas y salidas de las funcionalidades del sistema, como apoyo para las revisiones. Cada planilla de caso de prueba, está dividido en secciones y escenarios, detallando las funcionalidades descritas en él y describiendo cada variable que recoge cada uno en cuestión. A continuación, se muestra un caso de prueba (ver Tabla 13 Caso de prueba “Interacción entre medicamentos”):

Capítulo 3: Diseño y validación de la aplicación InterMed

Tabla 13 Caso de prueba "Interacción entre medicamentos"
Fuente: elaboración propia

Escenario	Descripción	Medicamentos tomados	Medicamentos prescritos	Medicamentos prescritos	Respuesta del sistema
EC 1.1 Interacción entre medicamentos con datos correctos	El médico debe seleccionar los medicamentos tomados y os medicamentos a prescribir al paciente	V Ifosfamida V Ifosfamida	V Ketamina I -	V Carboplatino V Carboplatino	El sistema muestra las reacciones adversas entre los medicamentos seleccionados por el médico inicialmente
EC 1.3 Interacción entre medicamentos con ausencia de datos	El sistema muestra un mensaje de error	I -	I -	I -	El sistema devuelve el mensaje: "Debe prescribir al menos, un medicamento al paciente"
EC 1.4 Interacción entre medicamentos con datos incorrectos	El sistema muestra un mensaje de error	I -	V Dipirona	I -	El sistema devuelve el mensaje: "Debe prescribir al menos, dos medicamentos al paciente"

Resultados de la prueba de caja negra

Con el desarrollo de la prueba de caja negra, mediante la técnica de partición equivalente, se lograron corregir errores encontrados como, carteles erróneos y respuestas del sistema incorrectas según la petición. A continuación, se presenta dicha información de forma más detallada (ver Tabla 14 Resultados de las pruebas de caja negra):

Capítulo 3: Diseño y validación de la aplicación InterMed

Tabla 14 Resultados de las pruebas de caja negra
Fuente: elaboración propia

Pruebas realizadas	Interacción	No conformidades
Buscar medicamento en FNM	Iteración 1	Desarrollada satisfactoriamente
Buscar medicamento en SBR	Iteración 1	Desarrollada satisfactoriamente
Interacción entre medicamentos	Iteración 1	Los mensajes de errores mostraban dos botones de "OK"
	Iteración 2	Al presionar el botón "Interacción entre medicamentos" el sistema no devolvía resultados
	Iteración 3	Desarrollada satisfactoriamente
Eliminar medicamento	Iteración 1	El sistema no eliminaba
	Iteración 2	Desarrollada satisfactoriamente

Una vez desarrollado el capítulo se concluye lo siguiente:

- ✓ La aplicación de los patrones de diseño utilizados en el desarrollo de la aplicación propuesta, permitirá futuras actualizaciones, teniendo en cuenta las buenas prácticas que estos proporcionan.
- ✓ La estrategia de validación aplicada, demostró que la aplicación InterMed esta apta para ser utilizada por los profesionales de la salud.

Conclusiones

A partir de la realización el presente trabajo de diploma se ha cumplido con el objetivo general planteado, así como con las tareas de investigación definidas, llegando a la conclusión de que:

- Con el análisis del proceso de prevención de reacciones adversas a medicamentos en Cuba, se obtuvieron las necesidades de los médicos, para prevenir reacción por interacción medicamentosa.
- Con el análisis de las soluciones existentes, a nivel internacional y nacional, se identificó que ninguna cumplía con las características necesarias para dar solución al problema planteado, pero el Sistema Basado en Reglas del Módulo de Reacción Adversa a Medicamentos del sistema Synta, sirvió como base y guía para el desarrollo de la aplicación InterMed.
- El ambiente de desarrollo utilizado, permitió implementar una aplicación que cumple con las características necesarias para satisfacer las necesidades del cliente.
- La aplicación de métodos cuantitativos y cualitativos para validar la aplicación InterMed, demostró el buen funcionamiento y rendimiento de la aplicación.

Recomendaciones

Al término de este trabajo se recomienda:

- Se recomienda modificar el motor de inferencia de la aplicación InterMed, de forma tal que los grupos de medicamentos y los medicamentos de medicina verde, sean incluidos en el proceso de inferencia.
- Incorporarle al sistema, una funcionalidad que permita mostrar las reacciones adversas que provocan los medicamentos de medicina verde.

Referencias bibliográficas

1. Acosta, Guillermo Adrián Arce. 2015. «Sistemas Expertos Orientados a Usuarios».
2. Badaró, Sebastián, Leonardo Javier Ibáñez, y Martín Jorge Agüero. 2013. «Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones». http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf.
3. Badaró, Sebastián, Leonardo Javier Ibáñez, y Martín Jorge Agüero. 2013. «Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones». http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf.
4. Báez, Manuel, Álvaro Borrego, Jorge Cordero, Luis Cruz, Migue González, Francisco Hernández, David Palomero, et al. 2010. «Introducción a Android». E.M.E. Editorial ©.
5. Bellver, Elena. 2011. «Reacciones adversas medicamentos| RAM». *Demedicina.com*. de Enero de. <http://demedicina.com/reacciones-adversas-medicamentos-ram/>.
6. Boxcryptor. 2015. «Cifrado AES y RSA».
7. CHIU, CINDY CAMPOS. 2015. «LAS PRUEBAS EN EL DESARROLLO DE SOFTWARE». México: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
8. Colegio de Farmacéuticos de Tucumán, Argentina. 2015. «Efectos Adversos y Contraindicaciones de la Medicación Cardiológica». https://www.cofatuc.org.ar/ap_medificacion_cardiologica.php.
9. Comulgo. 2016. «DosisPedia». <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.smartgalapps.android.medicine.dosispedia.app&hl=es>.
10. Drug Interactions Checker. 2017. «Drug Interactions». *Drugs.com*. https://www.drugs.com/drug_interactions.html.
11. FNM. 2016a. «Formulario Nacional de Medicamentos. CUBA.» <http://fnmedicamentos.sld.cu//index.php?P=About>.
12. ———. 2016b. «Formulario Nacional de Medicamentos. CUBA.» <http://fnmedicamentos.sld.cu//index.php?P=About>.
13. García, Jorge Reyes, y Julio César Kindelan Colmenero. 2014a. «SISTEMA BASADO EN REGLAS PARA DETECTAR INTERACCIÓN MEDICAMENTOSA DESDE LA CONSULTA MÉDICA». Universidad de las Ciencias Informáticas.
14. ———. 2014b. «Sistemas Basados en Reglas para Detectar Interacción Medicamentosa desde la Consulta Médica». Universidad de las Ciencias Informáticas.

15. Gravatar. 2017. «Pentaho». *Business Intelligence, Data Warehouse, Monterrey, México : Gravatar*. Accedido junio 11. <http://gravitar.biz/pentaho/>.
16. Gutiérrez, José Manuel. 2010. «Sistemas Expertos Basados en Reglas».
17. Gutiérrez, José Manuel. 2017. «Sistema Expertos Basados en Reglas». <http://personales.unican.es/gutierjm/cursos/expertos/Reglas.pdf>.
18. Hernández, Mirna Cabrera, Paderni López, María del Carmen, Ramón Hita Torres, Ariel Delgado Ramos, Tardío López, María Antonia, y Denis Derivet Thaureaux. 2012. «Aplicaciones médicas como ayuda al diagnóstico en la medicina. Experiencia SOFTEL-MINSAP». *Revista Cubana de Informática Médica* 4 (2): 199-212. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1684-18592012000200010&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
19. iDoctus. 2016a. «iDoctus». Octubre 10. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.edoctors.android.apps.idoctus>.
20. ———. 2016b. «iDoctus - Aplicaciones de Android». Octubre 10. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.edoctors.android.apps.idoctus>.
21. «Ingeniería de Software II». 2011.
22. Instituto de Salud Pública de Chile. 2014. «Farmacovigilancia». <http://www.ispch.cl/farmacovigilancia>.
23. Jenpauli. 2017. «Motor de Inferencia y Reglas de Inferencia». *Jenpauli*. Accedido marzo 29. <https://jenpauli.wordpress.com/2011/04/03/motor-de-inferencia-y-reglas-de-inferencia/>.
24. Jiménez, Oscar Manuel Villa, y Patricia Alonso Galbán. 2016. «Formulario Nacional de Medicamentos. CUBA.» septiembre. <http://fnmedicamentos.sld.cu/index.php?P=aplicacionAndroid>.
25. Junta de Andalucía. 2015. «Guía Farmacológica -». Julio 1. <https://play.google.com/store/apps/details?id=es.juntadeandalucia.epes.guia>.
26. Lescano, Walter Sagástegui. 2016. «¿Qué es y para qué sirve el lenguaje de etiquetas XML (Extensible Markup Language)?» http://aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=102:ique-es-y-para-que-sirve-el-lenguaje-de-etiquetas-xml-extensible-markup-language&catid=46:lenguajes-y-entornos&Itemid=163.
27. Lorenzo, Guillermo Suarez, Darién Castellano Pérez, y Annia Arencibia Morales. 2013. «Sistema para la Recolección y Control de las Reacciones Adversas a Medicamentos ocurridas en Cuba».
28. Montiel, Daniel Ponsoda. 2011. «Introducción a SQLite».

29. Morales, Annia Arencibia, Dannier Flores Moreno, Rolando Pompa Gonzales, José Mojena Alpizar, y Guillermo Suarez Lorenzo. 2013a. «Sistema Integral para el Control Farmacológico».
30. ———. 2013b. «SLD137 Sistema Integral para el Control Farmacológico».
31. Morales, Annia Arencibia, Juan Pedro Febles Rodríguez, Darién Castellano Pérez, Yoiler J. Frómeta Moreno, y Frank D. Corona Prendes. 2017. «Agrupación de técnicas inteligentes para identificar Reacción Adversa a Medicamentos», marzo, 15.
32. Morales, Dasiel Cordero, y Yadira Ruíz Constanten. 2016. «Sistemas Inteligentes en la Gestión del Conocimiento Empresarial», marzo.
33. Núñez, Jesús Alberto. 2015a. «Reacciones adversas a medicamentos». *Farmaconsejos*. <http://www.farmaconsejos.com/consejos/reacciones-adversas-a-medicamentos/>.
34. ———. 2015b. «Reacciones adversas a medicamentos». *Farmaconsejos*. <http://www.farmaconsejos.com/consejos/reacciones-adversas-a-medicamentos/>.
35. Orta, Ismaray Alforonso, y Giset Jiménez López. 2015a. *Normas y Procedimientos de Trabajo del Sistema Cuabano de Farmacovigilancia*. Cuba.
36. ———. 2015b. *Normas y Procedimientos de Trabajo del Sistema Cuabano de Farmacovigilancia*. Cuba.
37. Prado, Carlos Eduardo Plasencia. 2017. « ¿Qué es y por qué aprender SQL?» *DevCode Blog*. Accedido junio 2. <https://devcode.la/blog/que-es-sql/>.
38. Pressman, Roger S. 2010a. *Ingeniería de Software. Un enfoque práctico*. 7ma ed. University of Connecticut.
39. ———. 2010b. *Ingeniería de Software. Un enfoque práctico*. 7ma ed. University of Connecticut.
40. Quintanar, Tomás León. 2007a. «Sistemas Expertos y sus aplicaciones». Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
41. ———. 2007b. «Sistemas Expertos y sus aplicaciones». Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
42. Rodríguez, Alejandro López. 2010. «La técnica de ladov Una aplicación para el estudio de la satisfacción de los alumnos por las clases de educación física». 47.
43. Rodríguez, Alex. 2016. « ¿Qué es Java? Concepto de programación orientada a objetos vs programación estructurada». http://www.aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=368:ique-es-java-concepto-de-programacion-orientada-a-objetos-vs-programacion-estructurada-cu00603b&catid=68:curso-aprender-programacion-java-desde-cero&Itemid=188.

44. Silva, Rita Moreira. 2010. « ¿Qué son las interacciones?» *CedimCat*. http://www.cedimcat.info/index.php?option=com_content&view=article&id=212:que-son-las-interacciones&catid=40&Itemid=472&lang=es.
45. Suárez, Johanna M., Carlos A. Guerrer, y Luz E. Gutiérrez. 2013. *Patrones de Diseño GOF (The Gang of Four) en el contexto de Procesos de Desarrollo de Aplicaciones Orientadas a la Web*. Vol. 24. 3 vols. Colombia.
46. Vidal Vademecum Spain. 2010. «Vademecum.es - Información: de Medicamentos y Principios Activos - Noticias, Diccionario». <http://www.vademecum.es/contacto>.

Anexos

Anexo1: Encuesta aplicada a los médicos de Ciudad de la Habana del municipio Plaza de la Revolución

Años de experiencia: _____ Especialidad: _____
Tipo de US: _____

Esta encuesta tiene como objetivo, recoger su opinión sobre si cree necesario contar con una herramienta informática en su teléfono, que le permita consultar las reacciones adversas que causan las interacciones medicamentosas.

1. ¿Tiene Ud. dispositivos móviles? Marque con una X su respuesta.

Teléfono inteligente___ Tablet___ Ninguno___

4. ¿Tiene Ud. Conocimiento de algún sistema informático cubano que le permita realizar la actividad antes planteada? Marque con una X su respuesta.

Sí___ No___

2. ¿Qué tipo de sistema operativo tiene su dispositivo móvil? Marque con una X su respuesta.

Android___ IOS___ Windows Phone ___ Otros___

5. Si Ud. tuviera en su dispositivo móvil dicha herramienta, ¿la usaría? Marque con una X su respuesta.

Sí___ No___ No sé___

3. ¿Si tuviera una herramienta informática que le facilitara la consulta de las reacciones adversas teniendo en cuenta las interacciones medicamentosas, lo usaría? Marque con una X su respuesta.

Sí___ No___ No sé___

Anexo2: Transformaciones realizadas para extraer los datos del nomeclador y exportarlos a una Base de Datos SQLite

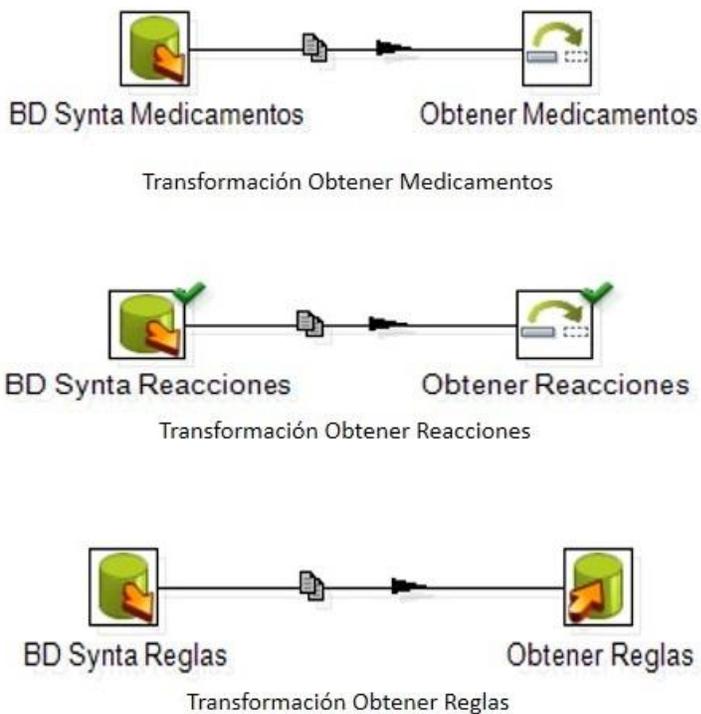


Figura 15 Transformaciones para extraer los datos del nomeclador
Fuente: transformación Pentaho

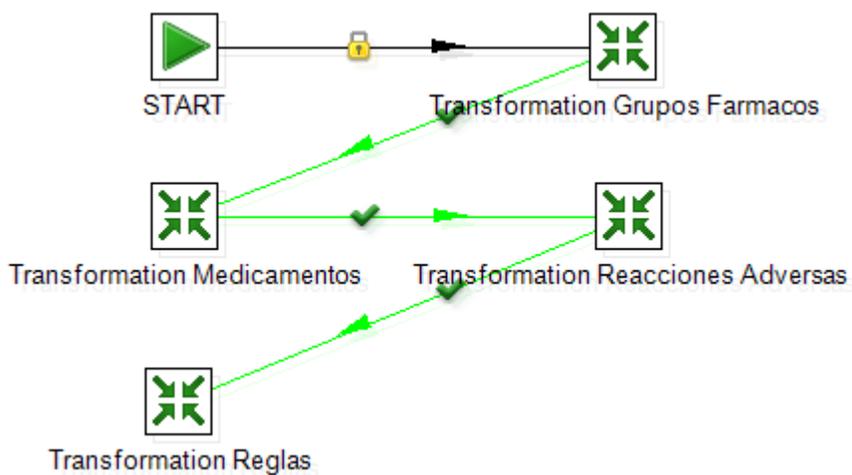


Figura 16 Trabajo variante 1
Fuente: elaboración propia

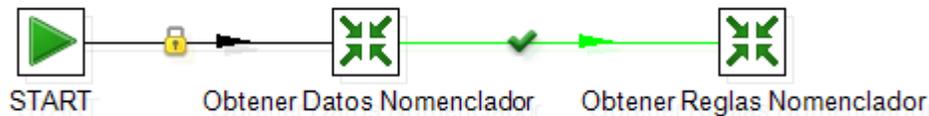


Figura 17 Trabajo variante 2
Fuente: elaboración propia

Anexo 3: Encuesta aplicada a los médicos para medir nivel de satisfacción

Años de experiencia: _____ Especialidad: _____
 Tipo de US: _____

Esta encuesta tiene como objetivo obtener su opinión sobre la aplicación móvil Android InterMed, que permite predecir la ocurrencia de RAM por interacción medicamentosa, desde la consulta médica.

- | | |
|---|---|
| <p>1. ¿Cree usted que es importante el uso de esta aplicación?
 Sí___ No___ No se___</p> <p>2. ¿Cree usted que InterMed, minimice los riesgos en un paciente al consumir dos o más medicamentos?
 Totalmente de acuerdo___ Totalmente en desacuerdo___
 De acuerdo___ Desacuerdo___ Ni de acuerdo ni en desacuerdo___</p> <p>3. ¿Si tuviera al alcance la aplicación InterMed, la usaría?
 Sí___ No___ No se___</p> <p>4. ¿Le satisfacen los resultados que le brinda la aplicación respecto a la interacción entre medicamentos?
 Me satisface mucho___ No me satisface tanto___
 No me satisface nada___ Me insatisface más de lo que me satisface___
 Me da lo mismo___ No sé qué decir___</p> | <p>5. ¿Cree usted que conocer la información de las RAM entre medicamentos, a través de la aplicación InterMed, le ayuda a evitar reacciones en el momento de prescribir un medicamento?
 Totalmente de acuerdo___ Totalmente en desacuerdo___
 De acuerdo___ Desacuerdo___ Ni de acuerdo ni en desacuerdo___</p> <p>6. ¿Cree usted que la posibilidad de buscar información de medicamentos, como otra funcionalidad de la aplicación, minimice la ocurrencia de RAM?
 Totalmente de acuerdo___ Totalmente en desacuerdo___
 De acuerdo___ Desacuerdo___ Ni de acuerdo ni en desacuerdo___</p> |
|---|---|