



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN COMPUTACIÓN

**Sistema de recomendación de servicios
médicos basado en ontologías y servicios de
localización**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

PRESENTA:

ING. MARÍA DOLORES LÓPEZ MARTÍNEZ

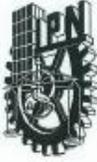
DIRECTORES DE TESIS:

DR. JOSÉ GIOVANNI GUZMÁN LUGO

DR. ROLANDO QUINTERO TÉLLEZ

México, D.F., Julio 2014





SIP-14 bis

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D.F. siendo las 12:00 horas del día 13 del mes de mayo de 2014 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del:

Centro de Investigación en Computación

para examinar la tesis titulada:

“Sistema de recomendación de servicios médicos basado en ontologías y servicios de localización”

Presentada por la alumna:

LÓPEZ Apellido paterno	MARTÍNEZ Apellido materno	MARÍA DOLORES Nombre(s)				
Con registro:						
A	1	2	0	4	0	3

aspirante de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de Tesis

Dr. José Giovanni Guzmán Lugo

Dr. Rolando Quintero Téllez

Dr. Oleksiy Pogrebnyak

Dr. Marco Antonio Moreno Ibarra

Dr. Miguel Jesús Torres Ruiz

M. en C. Sandra Dinora Orantes Jiménez

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Luis Alfonso Villa Vargas



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACION
EN COMPUTACION
DIRECCION



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D.F. el día 20 del mes de Mayo del año 2014, el (la) que suscribe LÓPEZ MARTÍNEZ MARÍA DOLORES alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, con número de registro A120403, adscrito(a) al Centro de Investigación en Computación, manifiesto(a) que es el (la) autor(a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. José Giovanni Guzmán Lugo y el Dr. Rolando Quintero Téllez y cede los derechos del trabajo titulado Sistema de recomendación de servicios médicos basado en ontologías y servicios de localización, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del (de la) autor(a) y/o director(es) del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones mariadlm.lm@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


Maria Dolores López Martínez
Nombre y firma del alumno(a)

Resumen

Hoy en día, el uso de los dispositivos móviles por la población en México y el mundo ha crecido vertiginosamente. De igual forma, el surgimiento de aplicaciones que complementan los estilos de vida de la sociedad como por ejemplo: juegos, servicios de mensajería por internet, alarmas, editores de fotografías, entre otros, han hecho de los dispositivos móviles un objeto de uso necesario e imprescindible para la vida diaria.

La constante innovación tecnológica ha perfeccionado las características y especificaciones de hardware y software de los dispositivos móviles. Una de estas mejoras son los servicios de ubicación, que permiten a los usuarios estimar su ubicación física actual; asimismo hacer uso de diversas aplicaciones para localizar puntos de interés como pueden ser los restaurantes, plazas comerciales y cines.

Sin embargo, el tema de los servicios de la salud no ha sido explotado ampliamente, por lo que existe una insuficiencia de aplicaciones para dispositivos móviles que refuercen los servicios médicos ofrecidos.

Partiendo de esta carencia, el presente trabajo propone el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles que con base en un perfil y haciendo uso de los servicios de ubicación proporcione al usuario recomendaciones acerca de los centros médicos más cercanos a su posición física actual.

La metodología se fundamenta en la utilización de una ontología que describe los servicios de salud integrados por hospitales y las especialidades que atiende cada uno. El marco de trabajo que sigue la metodología está compuesto de tres etapas: a) Personalización, donde se crea el perfil de usuario y se define el tipo de búsqueda; b) Procesamiento de la información, aquí se realiza la recuperación de información de la ontología tomando en cuenta los parámetros de búsqueda definidos en la etapa anterior; finalmente c) Visualización de resultados, donde son interpretados los resultados para posteriormente ubicarlos en un mapa.

Como caso de estudio se analiza un fragmento de la Ciudad de México, específicamente la delegación Gustavo A. Madero. La aplicación permite al usuario definir el tipo de búsqueda y crear su perfil. Dicho perfil contiene la información referente al tipo de seguro, clínica y especialidades consultadas con mayor frecuencia.

Abstract

Nowadays, the use of mobile devices within the population has grown in Mexico. Similarly, the emergence of applications that complement the lifestyles of society such as: games, online messaging services, alarms and photo editors. All these applications have made mobile devices an essential object for daily life.

Constant technological innovation has improved the features and specifications of hardware and software for mobile devices. One of these improvements are location services, which allow users to estimate their current location and find different points of interest such as restaurants, shopping malls and cinemas.

However, the issue of health services has not been exploited widely, so there is a lack of mobile applications that ameliorate the medical services offered.

Based on this deficiency, this paper proposes the development of an application for mobile devices that using a profile and location services, provide recommendations about those medical centers placed nearby the user current physical position.

The proposed methodology is based on the use of an ontology that describes health services including hospitals and specialties attended. The framework that follows the methodology consists of three stages: a) Customization, where the user profile is created and the search type is defined; b) Information processing, in which information is retrieved from ontology taking into account the search parameters defined at previous stage; finally c) Display of results, where the information are analyzed and located on a map.

As a case of study, a fragment of Mexico City is analyzed, specifically the locality Gustavo A. Madero. The application allows user to define the type of search and create their profile. This profile contains information about the type of health insurance, health centers and medical specialties most frequently consulted.

Agradecimientos

*A mi mamá, papá y tía, porque sin su apoyo
no habría podido superar este gran reto.*

*A mis amigos por acompañarme a lo largo
de esta etapa.*

*A mis maestros por brindarme su ayuda,
paciencia y conocimientos para el
desarrollo de este trabajo.*

*Al Instituto Politécnico Nacional y a
CONACYT por el apoyo brindado*

A todos ellos..... ¡GRACIAS!

Índice

Resumen.....	III
Abstract	IV
Agradecimientos	V
Índice de Figuras	IX
Índice de Tablas.....	XII
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Propuesta de solución	3
1.3 Hipótesis.....	4
1.4 Justificación	4
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Objetivo general.....	5
1.5.2 Objetivos específicos.....	5
1.6 Organización del documento	6
Capítulo 2: Estado del Arte.....	7
2.1 Diseño y desarrollo de Ontologías	8
2.1.1 Métodos y metodologías	8
2.2 Herramientas y lenguajes para el desarrollo de Ontologías	9
2.2.1 Lenguajes.....	9
2.3 Aplicación de Ontologías en Sistemas de Información Médica	10
2.4 Sistemas de recomendación por perfil de usuario.....	11
2.4.1 Tipos de sistemas de recomendación	11
2.4.2 Sistemas de recomendación móviles sensibles al contexto	12
2.5 Sistemas de Información Geográfica móviles 3D.....	13
2.6 Aplicaciones existentes	14
2.6.1 Plataforma de servicios sensible al contexto para redes de atención continua.....	14
2.6.2 Sistema REJA, un sistema de recomendación 3D-GIS móvil sensible a la ubicación	15
2.6.3 Plataforma de geolocalización de centros de salud.....	17
2.6.4 ICE: En Caso de Emergencia	17
2.6.5 <i>Google Maps</i>	18
2.6.6 Estoy en el mapa	19

2.7 Discusión del estado del arte	20
Capítulo 3: Marco Teórico.....	22
3.1 Ontología.....	23
3.1.1 Definición	23
3.1.2 Componentes	23
3.1.3 Tipos de Ontologías.....	25
3.1.4 Metodologías de desarrollo de Ontologías.....	25
3.2 Dispositivos móviles	27
3.2.1 Definición	27
3.2.2 Clasificación.....	27
3.2.3 Sistemas de Información Geográfica móviles	28
3.2.4 Servicios de ubicación en dispositivos móviles.....	29
3.2.4.1 Sistema de Posicionamiento Global (GPS).....	29
3.2.4.2 Estimación por <i>WiFi</i>	29
3.2.5 Cálculo de distancia entre dos puntos geográficos.....	30
3.3 Servicios de salud en México	31
3.4 Herramientas.....	31
3.6.1 Herramienta para el desarrollo de Ontologías: <i>Protégé</i>	31
3.6.2 Entorno de desarrollo para Android: <i>ADT Plugin</i>	32
3.6.3 Framework para conexión de ontologías con Java: <i>Apache Jena</i>	32
3.6.4 Lenguaje de consulta para ontologías: <i>SPARQL</i>	32
3.6.5 API de <i>Google Maps</i>	32
Capítulo 4: Metodología.....	33
4.1 Suposiciones iniciales	34
4.2 Marco de trabajo.....	35
4.2.1 Personalización.....	36
4.2.2 Procesamiento de la información	36
4.2.3 Visualización de resultados	37
4.3 Construcción de la Ontología de servicios de salud aplicando <i>METHONTOLOGY</i>	39
4.3.1 Tarea 1: Glosario de términos.....	40
4.3.2 Tarea 2: Construir taxonomías de conceptos	45
4.3.3 Tarea 3: Construir diagramas de relaciones binarias <i>ad hoc</i>	46

4.3.4 Tarea 4: Construir el diccionario de conceptos.....	47
4.3.5 Tarea 5: Describir las relaciones binarias <i>ad hoc</i>	50
4.3.6 Tarea 6: Describir los atributos de instancia	50
4.3.7 Tarea 7: Describir los atributos de clase	51
4.3.8 Tarea 8: Describir las constantes.....	52
4.3.9 Tarea 9: Definir axiomas formales	52
4.3.10 Tarea 10: Definir reglas	53
4.3.11 Tarea 11: Describir instancias	53
4.4 Recuperación de información de la Ontología.....	56
4.5 Cálculo de la distancia entre dos puntos geográficos	57
4.6 Asignación de gradiente de color para los marcadores	58
4.6.1 Asignación de color verde	58
4.6.2 Asignación de color amarillo	60
4.6.3 Asignación de color rojo.....	62
4.7 Criterio de asignación de posiciones para el <i>ranking</i> de hospitales	64
Capítulo 5: Resultados.....	65
5.1 Diseño de la aplicación.....	66
5.1.1 Diagramas de casos de uso	66
5.1.1.1 Diagrama de casos de uso: aplicación móvil	66
5.1.1.2 Diagrama de casos de uso: crear perfil de usuario	67
5.1.2 Diagramas de secuencia.....	68
5.1.2.1 Diagrama de secuencia: aplicación móvil	68
5.1.2.2 Diagrama de secuencia: crear perfil de usuario.....	69
5.1.3 Diagrama de clases.....	70
5.2 Pruebas y resultados	71
5.2.1 Crear perfil de usuario.....	72
5.2.2 Búsqueda general.....	74
5.2.3 Búsqueda por urgencias.....	76
5.2.4 Búsqueda por perfil de usuario.....	79
5.2.5 Visualización de hospitales.....	81
5.2.6 Casos especiales	82
5.2.6.1 GPS no activo.....	82

5.2.6.2 Cambio de mapa	82
5.2.6.3 Ausencia de resultados	83
5.2.6.4 Resultados en un radio más amplio	83
5.3 Comparación de resultados	86
5.3.1 <i>Google Maps</i>	86
5.3.2 Estoy en el mapa	88
Capítulo 6: Conclusiones	90
6.1 Limitaciones	91
6.2 Trabajo a futuro.....	92
6.3 Divulgación de la investigación	92
Referencias.....	93
Apéndices.....	98
Apéndice A	99

Índice de Figuras

Capítulo 1. Introducción

Figura 1. 1 Descripción del problema de ubicación de servicios médicos	3
Figura 1. 2 Solución Propuesta.....	4

Capítulo 2. Estado del Arte

Figura 2. 1. Relación de metodologías, herramientas y lenguajes para desarrollar ontologías	10
Figura 2. 2 Sistema de Información Geográfica con mapas.....	13
Figura 2. 3 Arquitectura de la aplicación <i>Kamer</i> en un entorno real	15
Figura 2. 4 Aplicación: Sistema REJA	16
Figura 2. 5 Funcionamiento Sistema REJA	16
Figura 2. 6 Funcionamiento de Plataforma de Geo-Localización.....	17
Figura 2. 7 Aplicación ICE	18
Figura 2. 8 Búsqueda de puntos de interés con <i>Google Maps</i>	19
Figura 2. 9 Aplicación <i>estoyenelmapa.com</i>	19

Capítulo 3. Marco Teórico

Figura 3. 1 Criterios para el diseño y desarrollo de ontologías.....	24
Figura 3. 2 Metodología <i>Uschold & King</i>	26
Figura 3. 3 Metodología <i>Gruninger & Fox</i>	26
Figura 3. 4 Metodología <i>Methontology</i>	26
Figura 3. 5 Tipos de dispositivos móviles	27
Figura 3. 6 Partes de un Sistema de Información Geográfica	28
Figura 3. 7 Ejemplo método de trilateración en dos dimensiones	29
Figura 3. 8 Ejemplo de método de localización por <i>WiFi</i>	29
Figura 3. 9 Clasificación de los servicios de salud en México.....	31

Capítulo 4. Metodología

Figura 4. 1 Esquema del marco de trabajo.....	35
Figura 4. 2 Componentes de perfil de usuario	36
Figura 4. 3 Consulta a la ontología	37
Figura 4. 4 Visualización de Resultados.....	38
Figura 4. 5 Ciclo de vida de <i>Methontology</i>	39
Figura 4. 6 Tareas para desarrollo de ontologías con <i>Methontology</i>	40
Figura 4. 7. Taxonomía de la ontología de servicios de salud	45
Figura 4. 8 Relación binaria <i>ad hoc atiende</i>	46
Figura 4. 9 Relación binaria <i>ad hoc coordina</i> para instituciones de seguridad social	46
Figura 4. 10 Relación binaria <i>ad hoc coordina</i> para la Secretaria de Salud	47
Figura 4. 11 Relación binaria <i>ad hoc coordina</i> para el servicio privado	47
Figura 4. 12 Tripleta RDF	56
Figura 4. 13 Arco que describe el recorrido entre dos puntos	57
Figura 4. 14 Gradientes de colores para indicar la distancia	58
Figura 4. 15 Asignación de color de marcador para el caso verde.....	59
Figura 4. 16 Asignación de color de marcador para el caso amarillo.....	61
Figura 4. 17 Asignación de color de marcador para el caso rojo	63
Figura 4. 18. <i>Ranking</i> de hospitales	64

Capítulo 5. Resultados

Figura 5. 1 Caso de uso: aplicación móvil.....	66
Figura 5. 2 Caso de uso: crear perfil de usuario.....	67
Figura 5. 3 Diagrama de secuencia: aplicación móvil.....	68
Figura 5. 4 Diagrama de secuencia: perfil de usuario	69
Figura 5. 5 Diagrama de clases de la aplicación	71
Figura 5. 6 (a) Mensaje de ausencia de perfil de usuario, (b) Primer pantalla para crear perfil de usuario.....	72

Figura 5. 7 (a) Selección de clínica, (b) Especialidades seleccionadas	73
Figura 5. 8. Opción para eliminar especialidades	73
Figura 5. 9 Guardar información de perfil.....	74
Figura 5. 10 Búsqueda general.....	75
Figura 5. 11 Resultados de la búsqueda general.....	75
Figura 5. 12 Contenido de un marcador	76
Figura 5. 13 Búsqueda general con alejamiento	76
Figura 5. 14 Búsqueda por urgencias	77
Figura 5. 15 Resultados de la búsqueda por urgencias.....	77
Figura 5. 16 Búsqueda por urgencias con alejamiento de <i>zoom</i>	78
Figura 5. 17 (a) Menú para acceso a cambio de radio, (b) Modificación de radio de cobertura.....	78
Figura 5. 18 Resultados después de modificar el radio.....	79
Figura 5. 19 (a) Búsqueda por perfil de usuario, (b) Información de perfil de usuario.....	79
Figura 5. 20 Búsqueda por especialidad: odontología	80
Figura 5. 21 Resultados de búsqueda por especialidad odontología	80
Figura 5. 22 (a) Vista tabular de las recomendaciones, (b) Vista tabular de las recomendaciones en un radio de 6 km	81
Figura 5. 23 (a) Mensaje: GPS no activo, (b) Mensaje: GPS activo	82
Figura 5. 24 Vista de un mapa híbrido	82
Figura 5. 25 Mensaje: ausencia de resultados	83
Figura 5. 26 Caso: perfil de usuario SEDENA.....	84
Figura 5. 27 Búsqueda por especialidad: otorrinolaringología	84
Figura 5. 28 Ausencia de hospitales a 10 km	85
Figura 5. 29 Cambio a un radio mayor: 15 km	85
Figura 5. 30 Existencia de resultados a mayor distancia.....	86
Figura 5. 31 Resultados <i>Google Maps</i> versión para escritorio.....	87
Figura 5. 32 Resultados <i>Google Maps</i> versión móvil	87
Figura 5. 33 Resultados <i>estoyenelmapa.com</i> versión para escritorio	88
Figura 5. 34 Resultados <i>estoyenelmapa.com</i> versión móvil.....	89

Apéndices

Apéndice A

Figura A. 1 Instalación de los <i>Google Play Services</i>	99
Figura A. 2 Activación de las APIs de mapas para android.....	99
Figura A. 3 Código creado para la aplicación	100
Figura A. 4 API <i>key</i> creada	100
Figura A. 5 Agregar la API <i>key</i> al archivo <i>AndroidManifest.xml</i>	101

Índice de Tablas

Capítulo 4. Metodología

Tabla 4. 1 Glosario de términos de la ontología de servicios de salud	40
Tabla 4. 2 Diccionario de conceptos de la ontología.....	47
Tabla 4. 3 Descripción de relaciones binarias <i>ad hoc</i> de la ontología.....	50
Tabla 4. 4 Descripción de los atributos de instancia de la ontología	50
Tabla 4. 5 Descripción de los atributos de clase de la ontología	51
Tabla 4. 6 Axiomas formales de la ontología	52
Tabla 4. 7 Reglas de la ontología.....	53
Tabla 4. 8 Instancias de la ontología	54

Capítulo 5. Resultados

Tabla 5. 1 Dispositivos de prueba	72
---	----

Capítulo 1.

Introducción

El presente capítulo describe la problemática a resolver y la solución propuesta de realizar una aplicación móvil que proporcione orientación en la ubicación de centros médicos. Asimismo, se describe la justificación, objetivo general así como los objetivos específicos del presente trabajo de tesis.

1.1 Descripción del problema

Actualmente, la vida social y laboral de las personas exige su constante movilidad por las ciudades, estados y países alrededor de todo el mundo. Estos cambios de cotidianidad reflejan el aumento considerable en el número de accidentes provocados por descuidos e imprudencias, a diferencia de otras épocas.

Es bien sabido que la capacidad de respuesta y la rapidez con la que se brinda un servicio de asistencia médica a una persona, son factores fundamentales que marcan la diferencia entre la pronta recuperación del paciente o bien, el surgimiento de diversas complicaciones que incluso pueden desembocar en el fallecimiento del mismo. Una atención adecuada por parte de los médicos así como del personal que labora en complejos hospitalarios puede salvar la vida de los pacientes y hacer de su proceso de recuperación el más óptimo gracias a una correcta administración del tratamiento.

Adicionalmente, la tecnología ha crecido vertiginosamente causando que los teléfonos móviles no sean solo un medio de comunicación telefónica; por el contrario, son un medio que amplía las posibilidades de comunicación e interacción con otras personas independientemente de las distancias. El surgimiento de los *smartphones* (teléfonos inteligentes) y los dispositivos móviles junto con la disponibilidad de acceso a una conexión de internet inalámbrica y su independencia en sistema operativo, los ha convertido en una plataforma de desarrollo que hoy en día es accesible para la mayor parte de la población.

Recientemente, el acceso a las redes inalámbricas de internet es proporcionado por los planes de datos que ofrecen las compañías telefónicas o las redes *WiFi* instaladas gratuitamente, un número cada vez más creciente de establecimientos y lugares públicos.

Todos estos elementos cobran gran importancia para las empresas y los desarrolladores de software, quienes en un intento de explotar al máximo el mercado de la tecnología móvil ofrecen la descarga de diversas aplicaciones que pueden ser o no, gratuitas. Algunos ejemplos de estas aplicaciones son: videojuegos, indicadores de localización, mensajería instantánea, noticias, libros, climas, redes sociales, entre otras. La mayoría de estas aplicaciones se han vuelto imprescindibles para la vida cotidiana y pueden ser instaladas en gran parte de los dispositivos disponibles en el mercado. En este punto se pueden destacar aplicaciones como *Google Maps*, *WhatsApp* y *Foursquare*.

Sin embargo, a pesar de todas las innovaciones de este tipo de tecnología, aún no se resuelve la falta de aplicaciones que asistan y refuercen los servicios médicos hasta hoy proporcionados por las instituciones, debido a que las ya existentes son muy escasas o no abarcan en su totalidad a los organismos de salud.

Para poder tener una idea más clara acerca de una propuesta de solución, se plantea la siguiente situación: consideremos el caso de una persona que se encuentra en cierta zona de una ciudad, de la cual desconoce todo tipo de información. Por alguna situación inesperada, sufre un accidente o

percance de salud; es evidente que la persona ignora también la ubicación de los sitios más cercanos a los cuales debe acudir para recibir una rápida atención médica.

De la misma forma, a causa del desconocimiento de la zona, el problema de salud de la persona puede agravarse por la falta de una ágil atención médica, ver Figura 1.1.

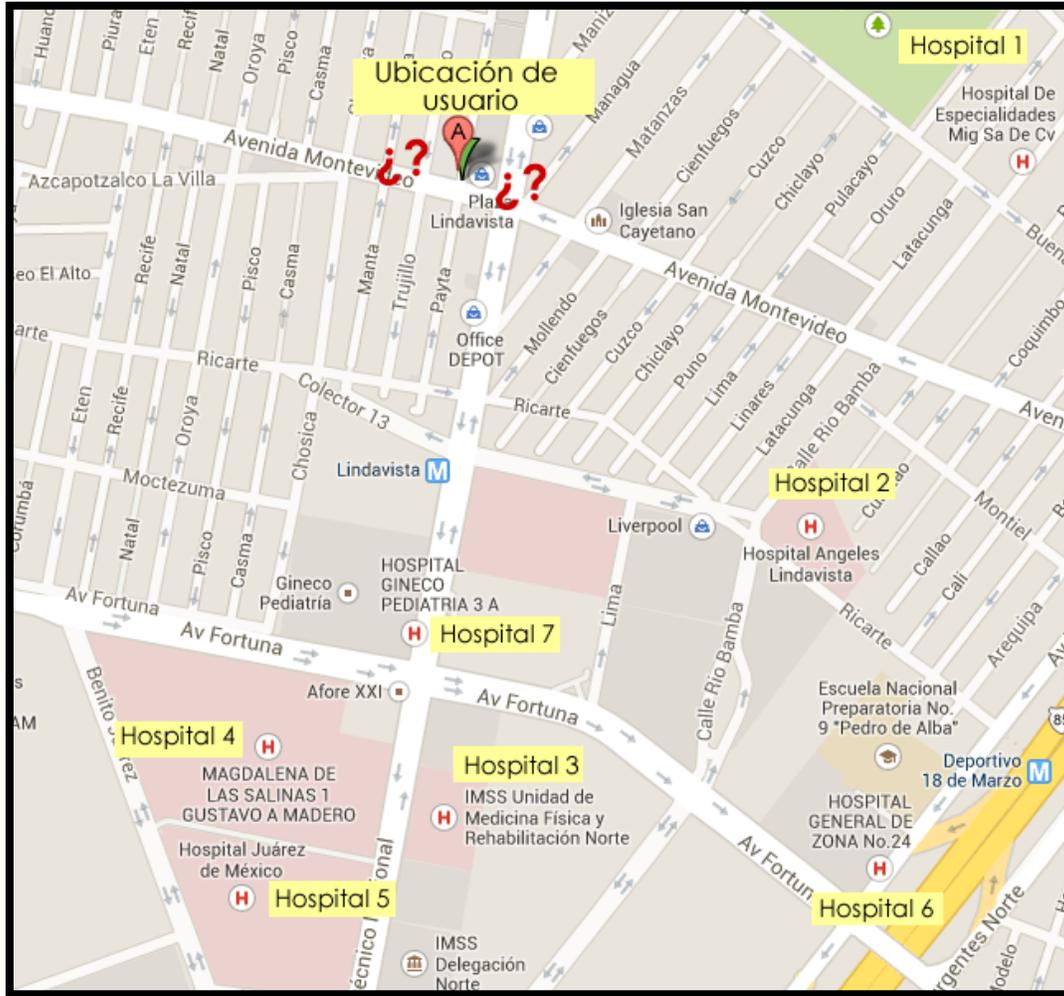


Figura 1. 1 Descripción del problema de ubicación de servicios médicos

1.2 Propuesta de solución

Se propone el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles con conexión a internet y sistema operativo Android, que proporcione orientación a las personas con respecto a la ubicación de los centros médicos y su ubicación física actual.

Los elementos más importantes a tomar en cuenta para que los resultados arrojados por la aplicación sean considerados como la mejor opción, son los siguientes: en primer lugar, la especialidad o especialidades clínicas que el usuario busca. Como segundo punto la ubicación del

dispositivo desde el cual se esté haciendo uso de la aplicación. Es decir, el usuario ingresará a la aplicación las especialidades que desea buscar; posteriormente, se procesará la información junto con la ubicación física exacta, para finalmente desplegar en pantalla un mapa con las mejores alternativas en hospitales cercanos que atienden dichas especialidades, veáse Figura 1.2.

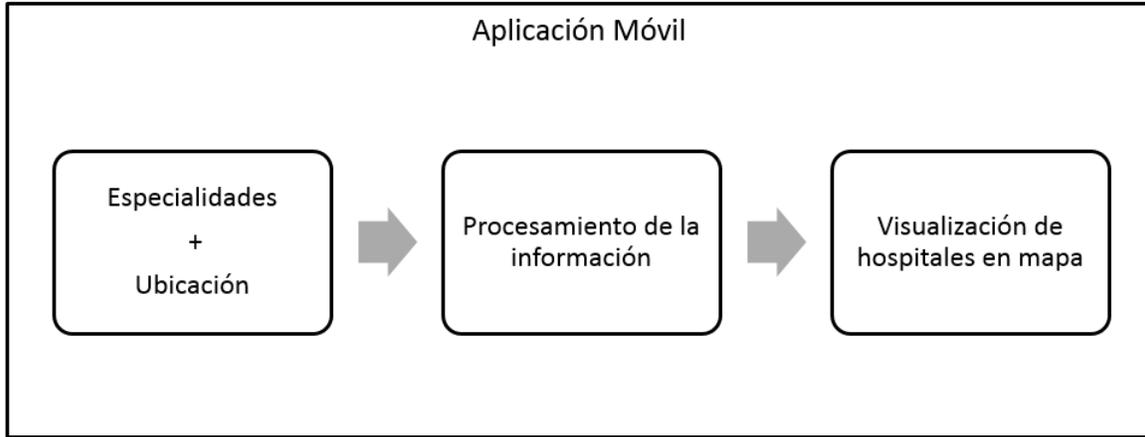


Figura 1. 2 Solución Propuesta

1.3 Hipótesis

Las hipótesis de investigación relacionadas con este trabajo se definen a continuación:

- Para determinar la posición del usuario se hará uso de las técnicas de posicionamiento por GPS (*Global Positioning System*) y la estimación por antenas WiFi.
- El usuario por sí mismo no podrá proporcionar las coordenadas de su ubicación.
- El desarrollo de una ontología que contenga información sobre los servicios de salud permite representar mejor las características para generar el perfil de usuario.
- Es posible representar la información contenida en la ontología en un medio portátil.

1.4 Justificación

Desde el punto de vista tecnológico, la necesidad de la sociedad actual por mantenerse en constante comunicación así como el uso de las redes sociales, ha provocado que el impacto de los dispositivos móviles sea tan grande que de acuerdo al estudio 2013 realizado por el *World Internet Project México* acerca de los hábitos y percepciones de los mexicanos sobre Internet y diversas tecnologías asociadas [1], para el 2013, 59.2 millones de personas son usuarios de Internet en México; de las cuales 64% se conectan a internet por medio de un dispositivo móvil, a diferencia del 34% medido en el año 2012.

Hoy en día, el precio y variedad de dispositivos móviles es tan amplio que pueden ser adquiridos por casi todos los sectores de la población. Respecto al Sistema Operativo, Android perteneciente a *Google*, es una plataforma de desarrollo gratuita, flexible y simple para la creación de

aplicaciones; además de ser el sistema operativo más instalado en los dispositivos, sin tomar en cuenta una marca de fabricante en particular.

Socialmente, la comunicación a través de estos dispositivos es más común con el paso de los años. El constante traslado de las personas a través de diversas ciudades ya sea por compromisos personales o laborales, el desconocimiento físico que se tiene acerca de ellas y la probabilidad de que ocurran accidentes o situaciones imprevistas que necesiten ser atendidas por algún tipo de personal médico, representan una gran viabilidad de realización para la solución propuesta.

El beneficio social que implica el desarrollo de la aplicación es alto, gracias a la orientación médica que proporcionará a través de la información de ubicación de los hospitales requeridos por el usuario.

Las ganancias no solo son para el desarrollador de la aplicación, sino también para las instituciones médicas que ofrecerán sus servicios. Asimismo, el beneficio mayor recae completamente en los usuarios de la aplicación, los cuales agilizarán el acceso a una atención médica adecuada al tener conocimiento de los hospitales más cercanos a su ubicación; reduciendo los costos (por ejemplo el del transporte público o de la gasolina que usa el automóvil), así como los tiempos de traslado.

Finalmente, debido a todas las razones descritas previamente, la aplicación tiene una importancia significativa marcando una diferencia entre atención médica de calidad y la posibilidad del surgimiento de complicaciones ocasionadas por el retraso en la recepción de un tratamiento.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Definir e implementar en una aplicación para dispositivos móviles un sistema de recomendación de servicios médicos basado en técnicas de geolocalización y un perfil de usuario, mediante el intercambio de información en medios inalámbricos.

1.5.2 Objetivos específicos

- Definir una ontología de dominio de Servicios de Salud para la base de conocimiento, que contendrá la información referente a los hospitales, las especialidades médicas cubiertas por cada uno de ellos, así como datos de ubicación.
- Realizar un análisis espacial a través de la ejecución de operaciones permitidas implementadas en la API (*Application Program Interface*) de *Google Maps*.
- Implementar un conjunto de operaciones de búsqueda en la ontología, basadas principalmente en la especialidad o especialidades de interés.
- Analizar y comparar la información obtenida en el punto anterior con los datos de la posición actual para poder determinar la mejor alternativa en la proximidad de hospitales.

- Desplegar visualmente los resultados por medio de una aplicación móvil, la cual mostrará en pantalla un mapa generado a partir de datos cartográficos de *Google Maps*, junto con una serie de marcadores para describir la ubicación de los complejos hospitalarios que se recomiendan al usuario.

1.6 Organización del documento

El resto del documento del presente trabajo de tesis se encuentra organizado de la siguiente manera: el capítulo 2 trata sobre el estado del arte, donde se presentan los trabajos que sirvieron como base para el desarrollo de esta investigación. En el capítulo 3, se presenta el marco teórico, en donde se describen las herramientas utilizadas y técnicas para los cálculos de distancia y recuperación de información.

El capítulo 4 se presenta la metodología propuesta para personalización de perfil de usuario, el desarrollo de la ontología y la visualización de resultados. El capítulo 5 trata sobre las pruebas realizadas, los resultados obtenidos y su implicación en algunas modificaciones hechas al sistema.

Finalmente, el último capítulo describe las conclusiones del trabajo así como la propuesta de trabajos de investigación a futuro.

Capítulo 2: Estado del Arte

En este capítulo se presentan trabajos relacionados con el diseño y desarrollo de ontologías, los sistemas de recomendación móviles y la aplicación de ontologías en Sistemas de Información Médica.

Finalmente se muestran algunas aplicaciones existentes que ofrecen orientación para una correcta asistencia médica.

2.1 Diseño y desarrollo de Ontologías

El uso de ontologías cada día es más frecuente. Como consecuencia de la importancia de su creación y uso en los últimos años han surgido definiciones de diversos autores.

El proceso a seguir para la construcción de una ontología, debe comenzar definiendo los siguientes tres aspectos:

- Los elementos y las metodologías a utilizar.
- Las herramientas que apoyarán el proceso de desarrollo de la ontología.
- El lenguaje para implementar la ontología.

Ahora bien, antes de conocer los distintos métodos y metodologías para la construcción de ontologías, es de vital importancia definir qué es una ontología.

Neches, Gruber, Guarino, Borst [2], entre otros autores, aportaron sus propias definiciones, pero todas coinciden en que se trata de la construcción de un esquema conceptual o base de conocimiento (*Knowledge Base KB*) que contiene relaciones. Adicionalmente, una característica de las ontologías es que pueden fusionarse para crear nuevas y de esta forma compartir e intercambiar información entre ellas.

Es decir, las ontologías tienen como objetivo identificar el conocimiento consensual en un camino genérico y formal [2]; para de esta forma ser reusadas y compartidas por aplicaciones debido a que la mayoría son construidas de manera conjunta por personas en diferentes lugares.

2.1.1 Métodos y metodologías

Desde 1990 han surgido métodos y metodologías para la construcción de ontologías; sin embargo, algunas propuestas no consideraban la construcción de ontologías colaborativas y distribuidas.

Entre estos métodos y metodologías, se encuentran:

- *CyC KB* [10]. Se divide en tres fases. La primera consiste en la codificación manual de artículos y piezas de conocimientos, la segunda y tercera fase se encargan de la adquisición de un conocimiento con un sentido común usando lenguaje natural o máquinas de herramientas de aprendizaje.
- *Uschold and King's method* [11]. Este método propone cuatro actividades principales: identificar el propósito de la ontología, construirla, evaluarla y finalmente documentarla.
- *Grüninger and Fox* [12]. Esta metodología propone identificar intuitivamente los principales escenarios. Después, plantear un conjunto de preguntas de lenguaje natural (preguntas de competencia) para determinar el alcance de la ontología.
- *KACTUS Project* [13]. Este método propone primero la construcción de una base de conocimiento (*Knowledge Base*) para una aplicación en específico. Posteriormente cuando se necesita otra ontología, la base de conocimiento inicial es generalizada para poder ser adaptada a ambas aplicaciones.

- *METHONTOLOGY* [14]. Esta metodología propone la construcción de una ontología a nivel de conocimiento. Consta de tres fases:
 - Proceso de desarrollo de ontologías.
 - Ciclo de vida basado en la evolución de prototipos.
 - Técnicas para llevar a cabo cada actividad.

2.2 Herramientas y lenguajes para el desarrollo de Ontologías

Las herramientas y lenguajes presentados por Corcho, fueron creados para dar soporte en el proceso de desarrollo de ontologías y para su uso posterior [2]. Las más relevantes son:

- *The Ontolingua Server* [15]. Fue la primera herramienta creada a principios de los años 90 para facilitar el desarrollo de ontologías en este servidor a través de una aplicación basada en formularios web. Dicha herramienta también incluía un editor.
- *OntoSaurus* [16]. Esta herramienta constaba de dos módulos: un servidor de ontología que utilizaba *Loom* (lenguaje de representación de ontologías) como un sistema de representación del conocimiento, y un navegador web para las ontologías *Loom*.
- *WebOnto* [17]. Es un editor para ontologías OCML (lenguaje formal para construcción de ontologías); toma ventaja de otras herramientas ya que soporta la edición de estas de manera cooperativa.
- *Protégé 2000* [18]. Es un entorno para realizar ingeniería de ontologías. Surgió como la última versión de *Protégé*. Es una herramienta de código libre, independiente y con una arquitectura extensible.
- *WebODE* [19]. Tiene una arquitectura extensible, que funciona con un servidor e interfaz Web.
- *OntoEdit* [20]. Esta herramienta es similar a las antes descritas, proporciona funcionalidad para buscar y editar ontologías.
- *OILEd* [21]. Fue desarrollado como un editor de ontologías OIL (lenguaje de importación/exportación).
- *DUET* [22]. Proporciona una visualización UML y un entorno de autoría para DAML + OIL (lenguajes de importación/exportación), integrado en un *plugin* para una versión de *Rational Rose*.

2.2.1 Lenguajes

Existen más de 10 lenguajes de implementación de ontologías. A principios de los años 90 surgieron unos basados en inteligencia artificial. Entre ellos se encuentran:

- *KIF* [23]. Creado en 1992, es un lenguaje basado lógica de primer orden, como un intercambio para los sistemas de representación de conocimiento.

- *Ontolingua* [24]. Es el lenguaje más expresivo de todos para representar ontologías, ya que permite la representación de conceptos, taxonomías de los conceptos, relaciones n-arias, funciones, axiomas, instancias y procedimientos.
- *Loom* [25]. Este lenguaje (mencionado previamente), proporciona una clasificación automática de los conceptos y puede ser capaz de representar sus taxonomías, relaciones n-arias, relaciones, funciones, axiomas y reglas de producción.
- *FLogic* [26]. Combina marcos y lógica de primer orden, para así poder representar conceptos, taxonomías, relaciones binarias, funciones, instancias, axiomas y reglas de deducción.
- *SHOE* [27]. A pesar de ser una extensión de *HTML*, los *tags* que ocupa son completamente diferentes y permite insertar ontologías en documentos *HTML*.

Lenguajes como *XML*, *XOL*, *RDF*, *OIL*, *DAML-ONT*, también fueron creados pero no fue hasta el año 2001 que la W3C lanzó un lenguaje de marcado para web semántica llamado *OWL (Web Ontology Languages)* el cual definía una lista de casos de usos principales para la web semántica [2]. Se tomaron las características de *DAML + OIL* como el principal insumo para el desarrollo de *OWL*. La primera especificación propuesta de este lenguaje está dividida en dos capas *OWL Lite* y *OWL*.

La Figura 2.1 muestra una visión de las relaciones entre los principales métodos y metodologías, herramientas y los lenguajes utilizados para el desarrollo de una ontología.

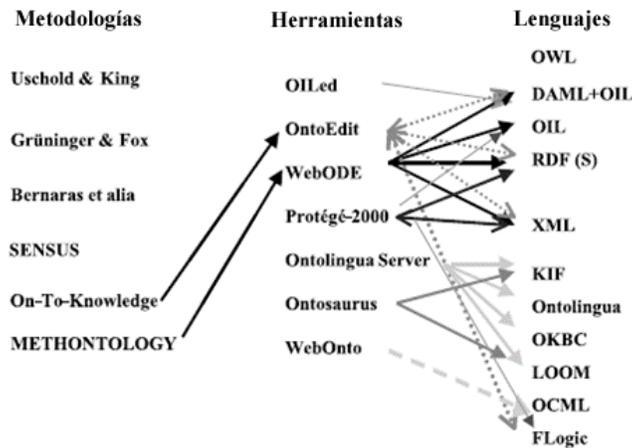


Figura 2. 1. Relación de metodologías, herramientas y lenguajes para desarrollar ontologías

2.3 Aplicación de Ontologías en Sistemas de Información Médica

Actualmente, la gran cantidad de información médica existente es manejada desde diferentes escenarios. Por ejemplo, el cambio o visitas que el paciente realiza a hospitales distintos. Estos factores provocan que los datos esten fragmentados y localizados en varios sistemas.

La consolidación de dicha información y su suministro desde distintas fuentes de datos heterogéneas mejor conocida como interoperabilidad de datos, se ha convertido en un problema que aumenta con la necesidad de acceso a la información y la consolidación de datos del paciente a través de los diferentes sistemas en una organización de salud [6].

Algunas alternativas de solución a este problema son el enfoque de bases de datos federadas, la integración de los datos en formato XML, el uso de una ontología, entre otros.

El uso de ontologías para el intercambio de información ha sido utilizado en diversos ambientes, entre ellos, el de la medicina. En este último caso, se presentó el Sistema Electrónico de Agentes Médicos (eMAGS, *electronic Medical Agent System*) [6], el cuál a través de agentes móviles descifra y explota la información disponible en los sistemas de salud; eMAGS trabaja con una ontología basada en el Modelo de Nivel 7 de Información de Referencia de Salud (HL7-RIM), para la mediación de datos entre aplicaciones y poder establecer una terminología común para la comunicación entre agentes.

La interacción de la ontología con los agentes se hace a través de un mapeo semiautomático que hace uso de mensajes con formato XML, donde la entidad principal es la del paciente y contiene datos como dirección y teléfono.

2.4 Sistemas de recomendación por perfil de usuario

El gran avance tecnológico reflejado en las industrias que ofrecen servicios como por ejemplo el turismo, ha abierto la pauta para el surgimiento de los Sistemas de Recomendación (*Recommendation Systems*). Es muy común ver aplicaciones de este tipo en dispositivos móviles como teléfonos o *tablets* que cuentan con conexión inalámbrica a internet y servicios de posicionamiento GPS (*Global Positioning*) como asistentes digitales.

Los sistemas de Recomendación proporcionan principalmente información de productos en *e-shops* (*electronic shops*), donde cada recomendación cubre las necesidades y los gustos de cada usuario [5]. Algunos de los factores que se toman como base para emitir una recomendación son:

1. Preferencias de los usuarios entre productos alternativos.
2. Preferencias del usuario sobre los atributos del producto.
3. Preferencias y opciones de otras personas.
4. Juicios de expertos.
5. Características individuales que pueden predecir preferencias.

2.4.1 Tipos de sistemas de recomendación

Dependiendo de las técnicas para clasificar los elementos, se pueden identificar distintos tipos de sistemas de recomendación:

- **Sistemas de Recomendación Demográficos [28].** Estos sistemas clasifican a los usuarios en grupos demográficos basados en atributos personales; las recomendaciones son dadas de acuerdo al grupo donde se encuentran los usuarios.
- **Sistemas de Recomendación basados en el contenido [29].** Estos sistemas proveen recomendaciones de acuerdo a las características de los elementos que el usuario prefirió anteriormente.
- **Sistemas de Recomendación de Filtrado Colaborativo [30].** Permiten caracterizar a los usuarios en grupos con características similares basándose en los *rankings* proporcionados por las personas. Las recomendaciones toman los *rankings* existentes en un mismo grupo. Recientemente, se busca integrar el uso del análisis de las diferencias en el significado para dar mejores resultados.
- **Sistemas de Recomendación basados en conocimientos [31].** Las recomendaciones toman como referencia las necesidades del usuario y el conocimiento sobre las características de los elementos. La técnica para calcular este último está basada en casos, es decir, el usuario proporciona un ejemplo de un artículo similar a sus intereses y entonces el sistema deduce un perfil para encontrar la mejor coincidencia en el espacio de búsqueda.
- **Sistemas de Recomendación basados en utilidad [28].** Las recomendaciones se proporcionan analizando el cálculo de la utilidad para cada elemento de acuerdo a los intereses del usuario.
- **Sistemas de Recomendación Híbridos [32].** Dichos sistemas tienen como objetivo eliminar las limitaciones de cada uno de los tipos de sistemas antes descritos haciendo una combinación de ellos.

La técnica de recomendación más viable a la fecha es la de *Collaborative Filtering* (CF). Las tareas principales que esta técnica realiza son:

1. Analizar y seleccionar conjuntos de datos.
2. Agrupar usuarios de acuerdo a sus gustos y preferencias.
3. Generar predicciones para el cliente final usando métodos de agregación.

2.4.2 Sistemas de recomendación móviles sensibles al contexto

Acorde con Noguera, et al., los sistemas de recomendación sensibles al contexto proporcionan recomendaciones basadas en el contexto físico actual (por ejemplo: el clima y la localización) [5]. Un estudio realizado por Baltrunas et al. [33], arrojó como resultado la preferencia de los usuarios en los CARS (*Contex-Aware Recommendation Systems*). Adicionalmente, Adomavicius et al. [34], comprobó que dicha información contextual incrementa la calidad en las recomendaciones. Finalmente los estudios empíricos hechos por Gorgoglione et al. [35] demostraron que los resultados de los CARS son mejores en términos de comportamiento del cliente en las compras y la confianza en las recomendaciones proporcionadas.

Actualmente, los sistemas sensibles al contexto se usan en más ámbitos, como en los sistemas para sugerir música de acuerdo al estado de ánimo, aplicaciones móviles para compras, entre otros; asimismo, comienzan a tomar en cuenta los gustos y preferencias de los usuarios [5]. Por otro lado, los sistemas colaborativos utilizan el conocimiento sobre otros clientes con intereses similares como GeoWhiz [9].

2.5 Sistemas de Información Geográfica móviles 3D

Están integrados por software diseñado para la entrada, almacenamiento, edición, recuperación, análisis y emisión de datos geográficos referenciados. Los GIS [5] son herramientas muy útiles para el turismo, debido a que ofrece la ubicación de lugares como hoteles, restaurantes, monumentos, entre otros.

En sus inicios, este tipo de sistemas usaban tecnología 2D para la visualización de los lugares y su dirección. Sin embargo, las limitaciones de pantalla impedían la observación de toda la zona geográfica.

La implementación de la tecnología 3D se ha incrementado rápidamente al permitir la navegación en tiempo real (ver Figura 2.2); a pesar de que la duración de la batería ha sido una gran limitante, las GPU (Unidades Móviles de Procesamiento Gráfico) han aumentado la capacidad gráfica de los dispositivos.

Los mapas tridimensionales mostrados son implementados usando Modelos Digitales de Elevación (DEM por sus siglas en inglés) junto con texturas fotográficas (imágenes de satélite/aéreas actuales) [36].

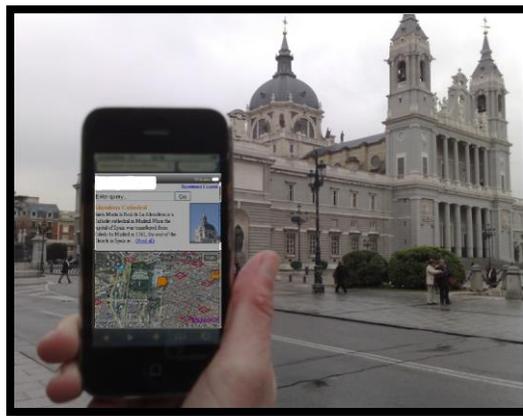


Figura 2. 2 Sistema de Información Geográfica con mapas

2.6 Aplicaciones existentes

El monitoreo continuo de enfermedades crónicas [4] a través del uso de servicios de asistencia basados en la colaboración de operadores de salud, pacientes y miembros de una comunidad, se ha convertido en uno de los principales retos para la tecnología.

El Modelo de Atención Crónica CCM (*Cronic Care Model*) es un marco conceptual basado en evidencia desarrollado por Estados Unidos [37]. La Organización Mundial de la Salud WHO (*World Health Organization*) propone un marco innovador para el Cuidado de las Condiciones Crónicas ICC (Innovative Care for Chronic Conditions), el cual extiende el modelo CCM para poder definir un modelo de referencia internacional.

La tecnología web semántica ha sido parte fundamental para el monitoreo de padecimientos crónicos a través de la construcción de una ontología basada en el modelo de contexto para el comportamiento de personas con demencia. Recientemente, los principios de atención han tomado en cuenta *Pervasive Self Care* [4] un marco conceptual de infraestructura de servicios de computación ubicua.

2.6.1 Plataforma de servicios sensible al contexto para redes de atención continua

Conocido mejor como el proyecto Kameer (*Knowledge Management in Ambient Intelligence*) [4]. Fue realizado en conjunto por dos universidades y una industria, teniendo como objetivo principal el desarrollo de una plataforma de servicio sensible al contexto para la atención del paciente en casa. El sistema funciona con una acción colaborativa entre los familiares, el paciente y el centro médico u hospital que lo atiende. Los familiares proporcionan al paciente los servicios de asistencia a través de dispositivos de monitoreo, botones de llamada y de emergencia, así como una PC conectada vía ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) a un servidor localizado en el hospital.

Si una alarma es activada, la computadora envía un mensaje al hospital con algunos datos relevantes como el identificador del paciente, el nivel de intensidad de la alarma y las condiciones de disparo (si se trata de una llamada de emergencia o si algún parámetro de monitoreo esta fuera del rango de los valores biomédicos). Una vez que el mensaje es recibido en el hospital, se informa al personal médico a cargo del paciente. El proceso de notificación es realizado por el sistema, el cual elige el medio (mensajes sms, emails) de acuerdo al rol, disponibilidad y nivel de alarma emitido.

Finalmente, los familiares reciben también información acerca del estado de salud del paciente en su teléfono móvil; al ocurrir un evento de alarma, el familiar más cercano será notificado. En la Figura 2.3 se muestra la arquitectura de la aplicación en un entorno real.

El desarrollo de esta plataforma de servicio resulta interesante al incorporar a los dispositivos móviles como un medio de control para el paciente. La constante comunicación y conexión con los

médicos, y el almacenamiento de los datos del paciente, refleja más seguridad y tranquilidad en la recepción de un tratamiento benéfico.

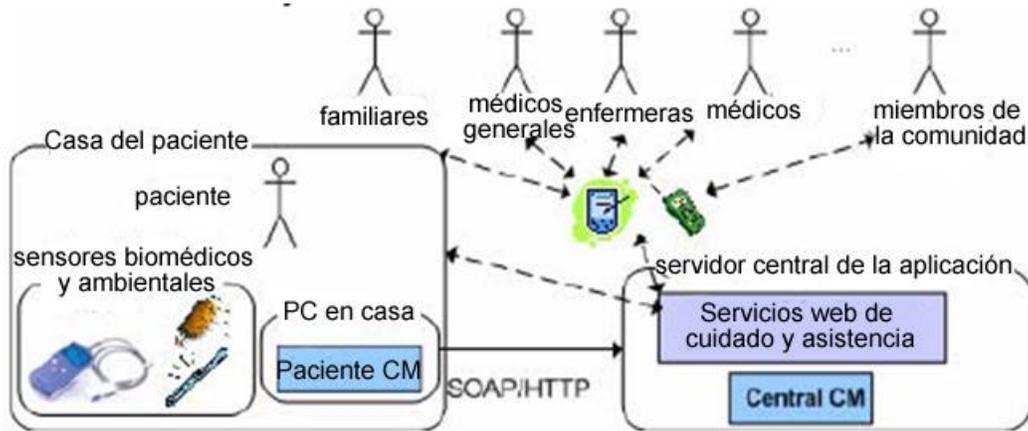


Figura 2. 3 Arquitectura de la aplicación Kamer en un entorno real

2.6.2 Sistema REJA, un sistema de recomendación 3D-GIS móvil sensible a la ubicación

El Sistema REJA, es un sistema de recomendación basado en la geo-referenciación web de restaurantes de la provincia de Jaén España. Este sistema de recomendación, conocido como CARS (*Contex-Aware Recommendation Systems*), está basado en el uso de mapas 3D [5], veáse Figura 2.4.

Sus principales objetivos son: ubicuidad para poder utilizar el sistema en cualquier lugar, sensibilidad al contexto para que las recomendaciones se adapten a la ubicación actual del usuario y finalmente la interfaz 3D usada a través de una aplicación móvil con geo-visualización, localización, etc. Un diagrama del funcionamiento interno se ilustra en la Figura 2.5.

Las recomendaciones contienen una etiqueta donde se muestra el nombre del lugar y el valor correspondiente en una escala de 1 a 5 estrellas. Igualmente, se proporciona información adicional que puede ser relevante para el usuario como son la ubicación de un cajero automático o características geográficas del entorno para proporcionar una fácil orientación.

La idea de los sistemas de recomendación resulta innovadora ya que actualmente el uso de los dispositivos móviles y los Sistemas de Posicionamiento Global GPS es más frecuente. El beneficio proporcionado a los usuarios es mayor al usar su información; por otra parte, la navegación permitida a través de los mapas tridimensionales ofrece la posibilidad de reconocer mejor las zonas pequeñas y que el proceso de ubicación de destino por parte del usuario sea más fácil.



Figura 2. 4 Aplicación: Sistema REJA

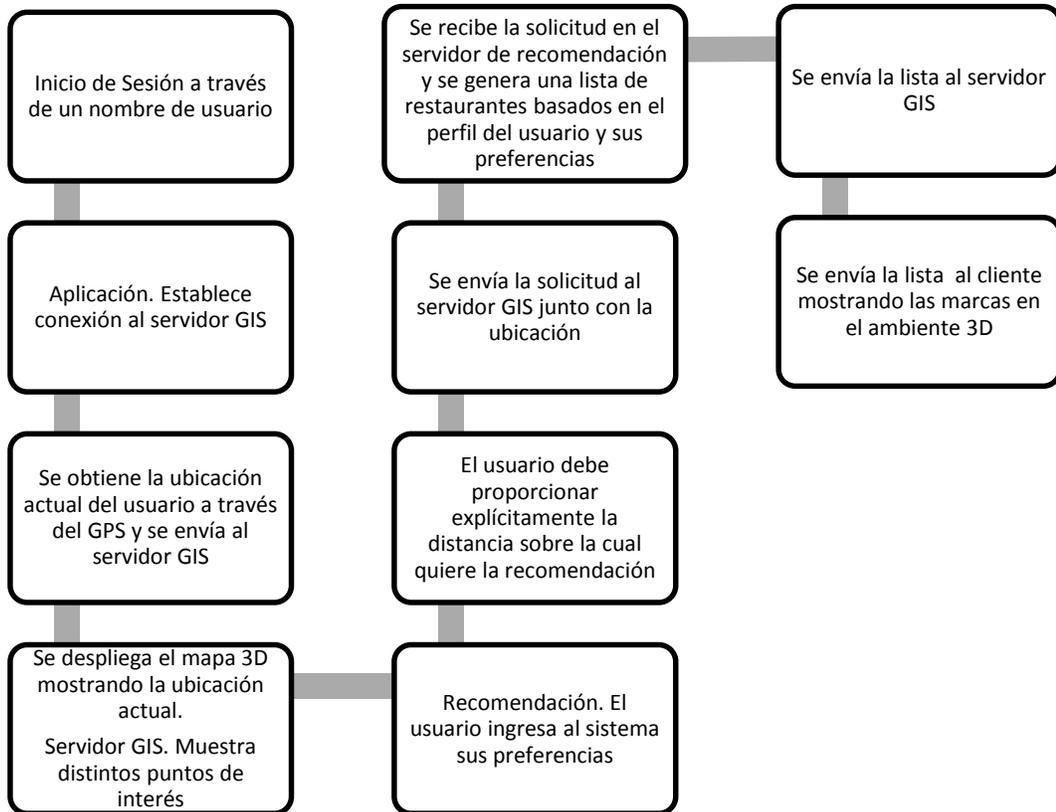


Figura 2. 5 Funcionamiento Sistema REJA

2.6.3 Plataforma de geolocalización de centros de salud

La plataforma de geolocalización hace uso del protocolo de comunicaciones *Health Level Seven* (HL7), tecnología de telefonía móvil y Sistemas de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés). Dicha plataforma permite el cálculo de la distancia y la localización de diversos centros médicos basándose en la ubicación geográfica del dispositivo móvil de un usuario [3].

Se manejan tres tipos de consultas: general, categoría y servicios. Para la primera, solo se especifica el radio de cobertura; para la búsqueda por categoría se ingresa el radio y el tipo de centro médico que se está buscando. Por último, para la búsqueda por servicios se especifica la especialidad deseada, por ejemplo cardiología. La validación del resultado a una petición de consulta, despliega una lista de los centros de salud ubicados en el radio especificado. En la Figura 2.6 se muestra un ejemplo del resultado que se obtiene después de realizar una búsqueda.



Figura 2. 6 Funcionamiento de Plataforma de Geo-Localización

El uso de estas aplicaciones resulta importante ya que los resultados cubren mayormente la necesidad de los usuarios. Además de que la ubicación de los hospitales resulta más fácil al visualizarlo en los mapas. Finalmente, se garantiza que la información del sistema siempre esté actualizada, gracias al mantenimiento de las bases de datos.

2.6.4 ICE: En Caso de Emergencia

En Caso de Emergencia (en inglés *In Case of Emergency*, ICE) [51], es una aplicación para dispositivos móviles que almacena información acerca de un usuario, la cual es de vital importancia para los socorristas y personal médico en caso de que ocurra una emergencia. Los datos almacenados son: lista de personas a las cuales llamar, información del seguro, nombre y número de su médico personal, información de alergias, condiciones médicas crónicas,

medicamentos que ingiere e instrucciones adicionales. Las llamadas pueden ser realizadas desde la aplicación.

Es importante mencionar que dicha aplicación funciona incluso si el teléfono se encuentra bloqueado, permitiendo a otras personas realizar las llamadas a los contactos en caso de que el usuario este imposibilitado para hacerlo, veáse Figura 2.7.

Desde el punto de vista general, ICE es una aplicación útil e interesante gracias al tipo de información que almacena. Además, destaca la posibilidad que se le otorga a otra persona de poder usar la aplicación para poder ayudar al usuario si este no puede hacerlo debido a su condición de salud.

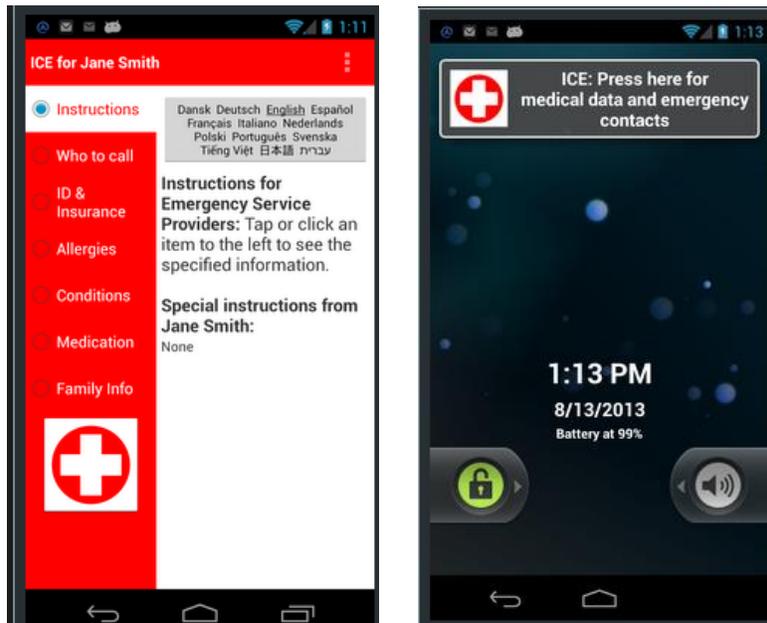


Figura 2. 7 Aplicación ICE

2.6.5 Google Maps

El servicio de mapas de *Google* [45] es uno de los más populares actualmente. Los usuarios pueden ingresar una dirección, un área en general para buscarla sobre el mapa. Asimismo, las últimas versiones permiten encontrar las direcciones de comercios, negocios, puntos de interés, hospitales, etc. En la Figura 2.8 se muestra un ejemplo de una búsqueda de hospitales realizada en *Google Maps*. Los campos a modificar por un usuario son la barra de búsqueda para ingresar el sitio a localizar, el punto origen y el punto destino de una ruta a calcular ya sea en algún tipo de transporte o caminando.

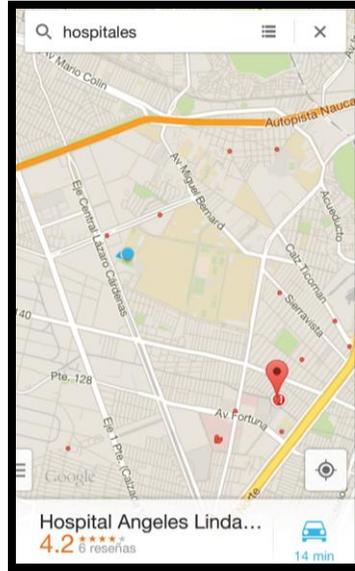


Figura 2. 8 Búsqueda de puntos de interés con *Google Maps*

2.6.6 Estoy en el mapa

Estoyenelmapa.com [52] es una aplicación que ofrece una variedad de servicios basados en localización y se encuentra enfocada en la creación de un directorio comercial y cultural georeferenciado de México. Esta aplicación se encuentra disponible en una versión de escritorio que se basa en ubicación por IP. Por otro lado, su versión para dispositivos móviles está desarrollada para dispositivos como *iPhone*, *Black Berry* y *Windows WS CE*, asimismo, una móvil web para los dispositivos restantes. En la Figura 2.9 se muestra un ejemplo del funcionamiento de la aplicación en su versión móvil web.



Figura 2. 9 Aplicación *estoyenelmapa.com*

2.7 Discusión del estado del arte

Durante el desarrollo del presente trabajo de investigación se revisaron diversos trabajos que involucran aspectos relacionados con el tema de tesis propuesto. De entre ellos, destacan la creación y uso de ontologías, el empleo de aplicaciones móviles, servicios de ubicación y el manejo de operaciones espaciales.

Gruber [2] define a una ontología como una especificación de una conceptualización, sin embargo Borst [2] modificó esta definición puntualizando que una ontología es una especificación formal de una conceptualización compartida. El uso de ontologías tiene muchas ventajas de entre las cuales destaca el uso simultáneo de datos para la recuperación de información. Es importante mencionar que los datos pueden ser de distinta naturaleza y formato, lo que resulta interesante en el proceso de integración de información de distintos sistemas.

De la misma forma, la información contenida en las bases de datos puede ser utilizada a través de las ontologías, las cuales permiten que distintas bases de datos trabajen en conjunto. Como metodología, *Methontology* [7] destaca de las existentes, gracias a su punto de vista metodológico que permite la construcción de ontologías a nivel de conocimientos; el proceso se realiza a través del seguimiento de 11 tareas, asegurando así que esta sea consistente y lo más completa posible.

Soto, J. [3] presenta el desarrollo de una aplicación móvil que hace uso de la plataforma de geolocalización junto con el protocolo de comunicación de información clínica HL7 (*Health Level Seven*) y Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), la cual realiza el cálculo de la distancia y la localización de centros médicos tomando la ubicación geográfica exacta del dispositivo móvil del usuario.

Dicha aplicación cobra gran importancia al hacer uso del Sistema de Posicionamiento Global y realizar el cálculo de la ubicación exacta del dispositivo que está haciendo uso de la aplicación a través del método de trilateración. Esta tecnología, al estar incluida en la mayoría de los dispositivos móviles del mercado, la hace aún más factible para ser usada.

Por otro lado, el uso de bases de datos espaciales facilita el desarrollo de operaciones espaciales para el cálculo de distancias entre la ubicación del origen y la del destino. Es importante resaltar que al no hacer uso de ontologías, la información reside en una base de datos, específicamente sobre el gestor Postgresql, favoreciendo la integración con el módulo de PostGIS para el manejo de datos geográficos. El modelado de consultas planteado por radio de cobertura, categoría y servicios garantiza que el usuario recibirá los resultados más aproximados y confiables respecto a su ubicación y especialidad deseada.

Otro trabajo que emplea el estándar HL7 para el intercambio de información médica, es el expuesto por Orgun B. y Vu J. [6] que desarrolla un Sistema Electrónico de Agentes Médicos eMAGS, el cual trabaja con una ontología basada en el estándar de mensajes de salud HL7 y múltiples agentes, para facilitar la interacción de los Sistemas Médicos Distribuidos evitando las limitaciones que ofrece una arquitectura cliente-servidor.

En cuanto a aplicaciones que dan seguimiento y control médico a condiciones crónicas en los pacientes, Paganelli, F. y Giuli D. [4] presentan una tecnología basada en una plataforma de servicios sensibles al contexto haciendo uso del Modelo de Cuidado Crónico (CCM, por sus siglas en inglés).

En este caso, el uso de cuatro ontologías, tres de dominio (paciente, hogar, administración de alarmas) y una de contexto (social) facilita la recuperación de información consistente al permitir una mayor especificación de la consulta sobre la situación presentada en el paciente. Por otro lado, el prototipo de emisión y recepción de alarmas a través de niveles controla de manera eficiente el tipo de atención y velocidad de respuesta proporcionada.

Sin embargo, la tecnología móvil solo hace uso del envío de mensajes SMS o mails a los doctores por medio de un servidor, por lo que no se explotan completamente todas las características ofrecidas por los dispositivos móviles.

Otra aplicación para dispositivos móviles que hace uso de información médica es ICE [51], la cual ofrece el servicio de llamadas a los contactos de emergencia (incluido el médico personal) y proporciona información médica referente al usuario. El uso de esta aplicación resulta útil gracias al manejo de la información imprescindible de un usuario, así como también la facilidad de uso de la aplicación por parte de otra persona en caso de que el propietario del dispositivo este incapacitado para hacerlo. No obstante, esta no proporciona la orientación necesaria para saber a qué hospital o centro médico dirigirse para recibir atención.

Por otro lado, aplicaciones basadas en servicios de localización como *Google Maps* [48] y *estoyenmapa.com* [52] resultan muy útiles a los usuarios al permitirles ubicar distintos puntos de interés. Dentro de las ventajas proporcionadas por estas aplicaciones destaca la de *Google Maps*, gracias a que en sus últimas versiones muestra la calificación en cuanto a la calidad de servicio que tiene algún punto de interés buscado.

Finalmente, hoy en día es más común el uso de los sistemas de recomendación que ofrecen información de puntos de interés a los usuarios respecto de su ubicación física. Razón por la cual, Noguera, J. [5] presenta el desarrollo de un Sistema de Recomendación Móvil para el turismo que trabaja con una arquitectura GIS 3D para el manejo de datos geográficos, permitiendo a los turistas obtener sugerencias sensibles a su ubicación.

El uso que se plantea de operaciones de pre-filtrado para el cálculo de distancias es apropiado al arrojar como resultado aquellos lugares que se encuentran en los puntos más cercanos a la ubicación de los dispositivos, los cuales corresponden a las preferencias y gustos de los usuarios.

Capítulo 3: Marco Teórico

En este capítulo se describen las definiciones necesarias para la comprensión de este trabajo, así como también las herramientas utilizadas para el desarrollo del presente trabajo de tesis.

Al inicio del capítulo se presenta una introducción al diseño y desarrollo de ontologías. Posteriormente, se trata el tema de los dispositivos móviles, los servicios de ubicación que estos ofrecen.

Finalmente, se muestra el funcionamiento de los servicios de salud en México y se describe una técnica para el cálculo de distancia entre dos puntos geográficos.

3.1 Ontología

3.1.1 Definición

El uso de ontologías permite realizar una representación del conocimiento, con el objetivo principal de solucionar problemas que están afectados por su naturaleza; identificando las estrategias de inferencia que deben aplicarse al mismo.

Una definición formal del término de ontología fue planetada por Gruber [2] en 1993 quien estableció que “una ontología es la especificación explícita de una conceptualización”. Años después, en 1997, esta definición fue modificada por Borst [2] definiéndola como “una especificación formal de una conceptualización compartida”.

Una ontología define términos, relaciones básicas entre ellos e identifica las reglas para combinarlos.

3.1.2 Componentes

En una ontología se identifican 5 componentes esenciales, los cuales se describen a continuación:

- a) **Clases.** Representan conceptos. Es decir, una clase es aquello que se puede decir sobre algún elemento, los cuales pueden ser abstractos (creencias, sentimientos, etc.) o concretos (personas, computadoras, etc.). Un ejemplo de función puede ser la descripción de una tarea. Las clases se organizan en taxonomías, por medio de las cuales se pueden aplicar reglas de herencia.
- b) **Relaciones.** Interacción existente entre los conceptos del dominio. Una relación se define formalmente como cualquier subconjunto de un producto de n conjuntos, como se establece en la Ecuación 3.1:

$$R: C_1 \times C_2 \times, \dots, \times C_{n-1} \rightarrow C_n \quad 3.1$$

Donde:

C , es un conjunto

R , es un subconjunto del producto cartesiano

n , es el número de conjuntos

Ejemplos de relaciones son: *subclase_de*, *conectado_con*.

- c) **Funciones.** Es un tipo especial de relación, donde el n -ésimo elemento de una relación es único para $n-1$ elementos precedidos. En la Ecuación 3.2 se describe formalmente una función:

$$F: C_1 \times C_2 \times, \dots, \times C_{n-1} \rightarrow C_n \quad 3.2$$

Donde:

C , es un conjunto

F , hace referencia a una función

n , es el número de conjuntos

Ejemplo de función es la raíz cuadrada.

d) Axiomas formales. Modelan sentencias que son siempre verdaderas.

e) Instancias. Son utilizadas para representar elementos.

Al iniciar el diseño y desarrollo de una ontología se deben cumplir los criterios que se enlistan en la Figura 3.1

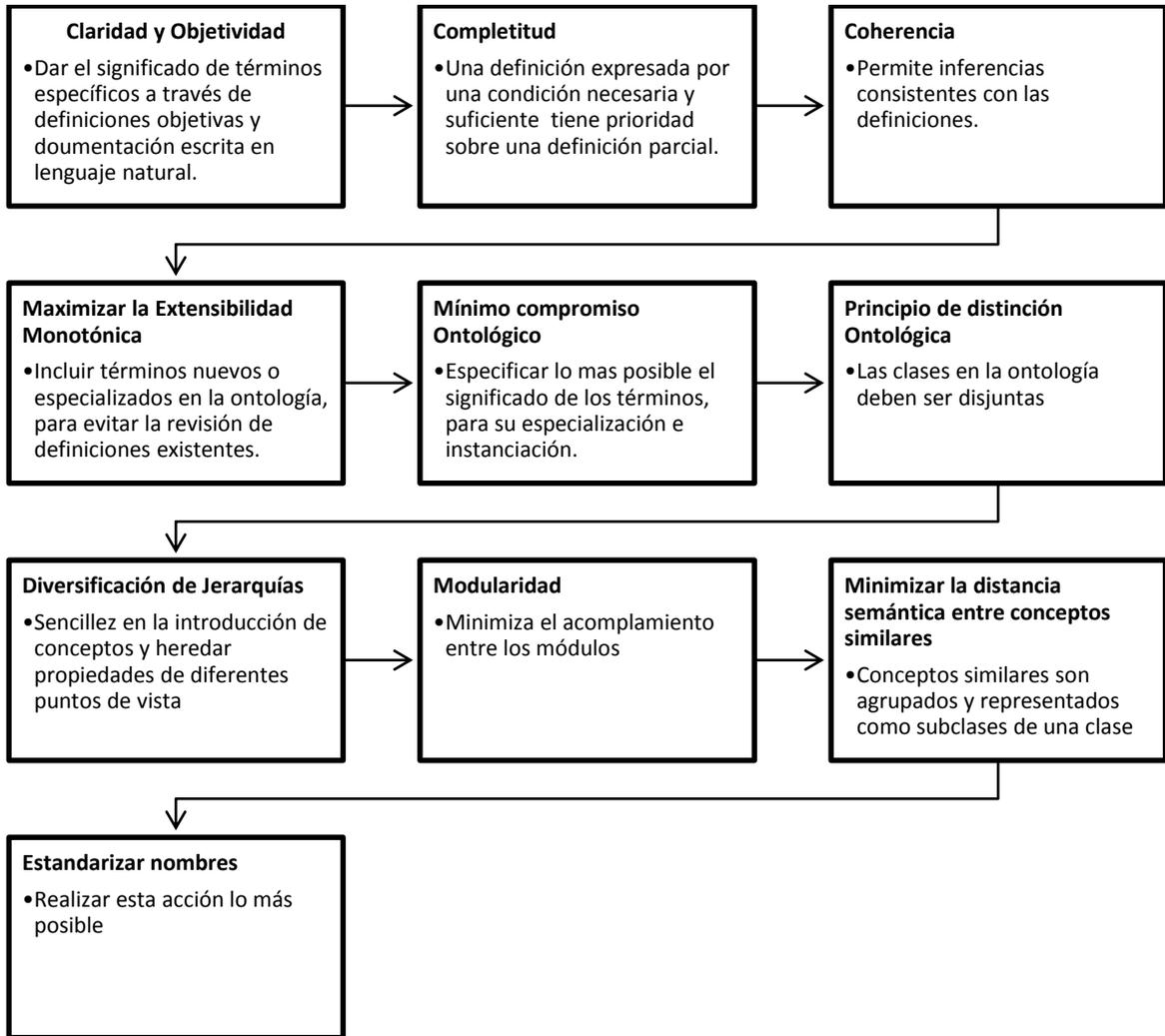


Figura 3. 1 Criterios para el diseño y desarrollo de ontologías

Dentro de una de las principales ventajas del uso de ontologías se encuentra la creación de un vocabulario común de un dominio definido con diferentes niveles de formalidad. Dicha formalidad toma como base el significado de los términos y las relaciones entre estos.

3.1.3 Tipos de Ontologías

Existen diferentes tipos de ontologías [38] de acuerdo a su nivel de generalidad, dependencia de una tarea o punto de vista en particular.

- **Ontologías para la representación de conocimiento.** Toman las primitivas de representación usadas para formalizar el conocimiento en paradigmas de representación del mismo.
- **Ontologías generales o comunes.** Estas ontologías contienen vocabulario relacionado con las cosas, eventos, tiempo, espacio, causalidad, comportamiento, función, entre otros.
- **Meta-ontologías.** Son conocidas también como Ontologías Genéricas o Principales, son reutilizables a través de dominios.
- **Ontologías de dominio.** Son reutilizables en ciertos dominios, facilitan vocabularios relacionados con los conceptos pertenecientes al dominio.
- **Ontologías de tarea.** Ofrecen un vocabulario de términos sistematizado para la solución de problemas relacionados con tareas que pueden o no pertenecer al mismo dominio.
- **Ontologías de tarea-dominio.** Ontologías de tarea reutilizables en un dominio dado, sin interferir con otros dominios.
- **Ontologías de aplicación.** Contienen la información necesaria para modelar un dominio particular.
- **Meta-ontologías.** Son ontologías de dominio y de aplicación que capturan el conocimiento estático en la solución de un problema independiente.

3.1.4 Metodologías de desarrollo de Ontologías

En el proceso de creación de una ontología, cada equipo de desarrollo suele seguir su propio criterio de diseño y fases de desarrollo. Por esta razón, se puede ver obstaculizado el entendimiento de ontologías ya implementadas a partir de las cuales deban ser creadas otras ontologías.

A pesar de los métodos existentes para construir una ontología, es necesario llevar a cabo tres tipos de actividades:

- Actividades para el manejo de proyectos. Para definir la planificación y control de la ontología.
- Actividades de desarrollo. Para construir y validar la ontología.
- Actividades integrales. Vincular la ontología con un dominio de aplicación.

Las metodologías más notables para la construcción de ontologías son las descritas a continuación:

Metodología Uschold & King [11]: Basada en el desarrollo de Enterprise Ontology, propone las tareas a seguir que se muestran en la Figura 3.2.



Figura 3. 2 Metodología Uschold & King

Metodología de Gruninger & Fox [12]: Se fundamenta en el modelado de una ontología empresarial con la estructura de TOVE, véase Figura 3.3.

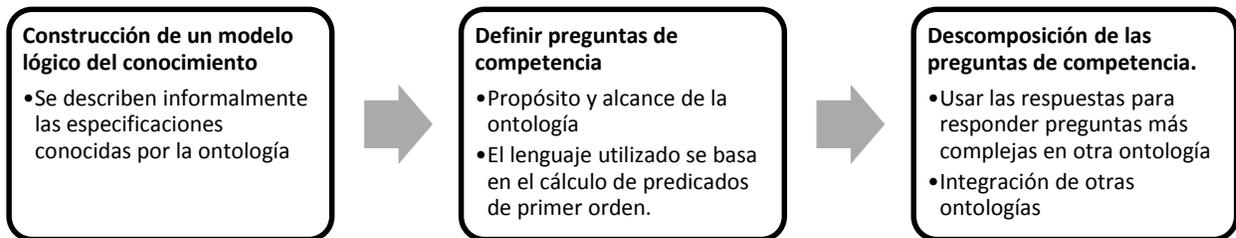


Figura 3. 3 Metodología Gruninger & Fox

Metodología Methontology [7]: Construcción de ontologías a nivel de conocimiento como se describe en la Figura 3.4.

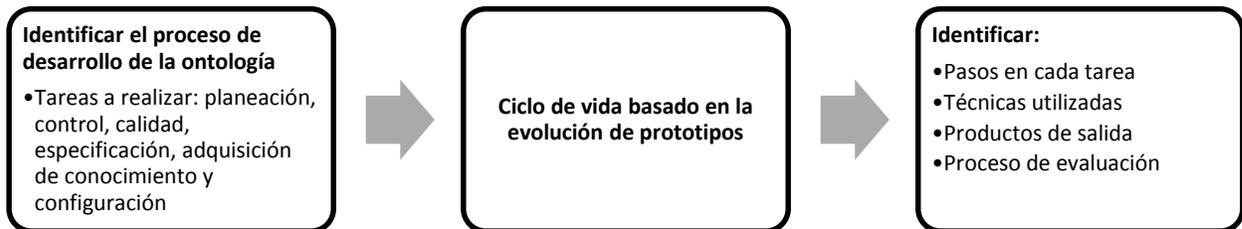


Figura 3. 4 Metodología Methontology

3.2 Dispositivos móviles

3.2.1 Definición

Los dispositivos móviles son aparatos de tamaño pequeño que se distinguen por dos principales características, que son la portabilidad y la capacidad. Como ejemplo de lo anterior podemos citar: la memoria, la capacidad de procesamiento, el tamaño de la pantalla y su independencia. En la Figura 3.5 se muestran diferentes ejemplos de dispositivos móviles.



Figura 3. 5 Tipos de dispositivos móviles

3.2.2 Clasificación

Dentro de los tipos de dispositivos móviles [39], se encuentran:

Teléfono inteligente basado en un teléfono móvil. Son los tipos de dispositivos más comunes que tienen la capacidad de administrar la información personal, herramientas de productividad, redes, servicios de posicionamiento, entre otras ventajas. Sin embargo, su capacidad de procesamiento, memoria y pantalla se ven limitadas de acuerdo al tamaño de cada dispositivo.

Teléfono inteligente basado en PDA. Son dispositivos con las funciones básicas de organización, tales como calendarios, agendas y calculadoras. Su capacidad de memoria, procesamiento y soporte multimedia es más grande. Adicionalmente, tienen la opción de conexión a través de una red *WLAN* (*Wireless Local Area Network*) o *Bluetooth*.

Tableta electrónica. El auge de este tipo de dispositivos ha crecido durante los últimos años gracias a sus procesadores de alta velocidad, discos duros internos de gran capacidad, el ciclo de vida de la batería, la mejor resolución de pantalla y sus conexiones a redes inalámbricas. Por otro lado, la variedad de sistemas operativos es más amplia, permitiendo el libre desarrollo de aplicaciones.

Ordenador portátil. Su tamaño es menor al de una PC. Tiene capacidad de almacenamiento, procesamiento, conexión a redes inalámbricas; cuenta con un teclado para facilitar la introducción de datos por parte del usuario y su pantalla tiene un tamaño mayor a 640 x 240 píxeles.

Notebooks. Estos dispositivos están diseñados para ser más resistentes a los daños o en algunos casos hasta el agua. Su peso es menor al de un ordenador portátil; sin embargo, su capacidad de procesamiento es igual o mayor.

3.2.3 Sistemas de Información Geográfica móviles

Un Sistema de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) es un sistema computacional que convierte datos en información útil a través de un análisis. La Figura 3.6 muestra el modelo holístico propuesto por Tomlinson [47]; donde la información se almacena en bases de datos espaciales, la cual se transforma por medio de funciones interactivas para generar productos informativos como por ejemplo: listas, mapas o esquemas. La fuente de la información pueden ser mapas impresos o algún tipo de archivo digital.

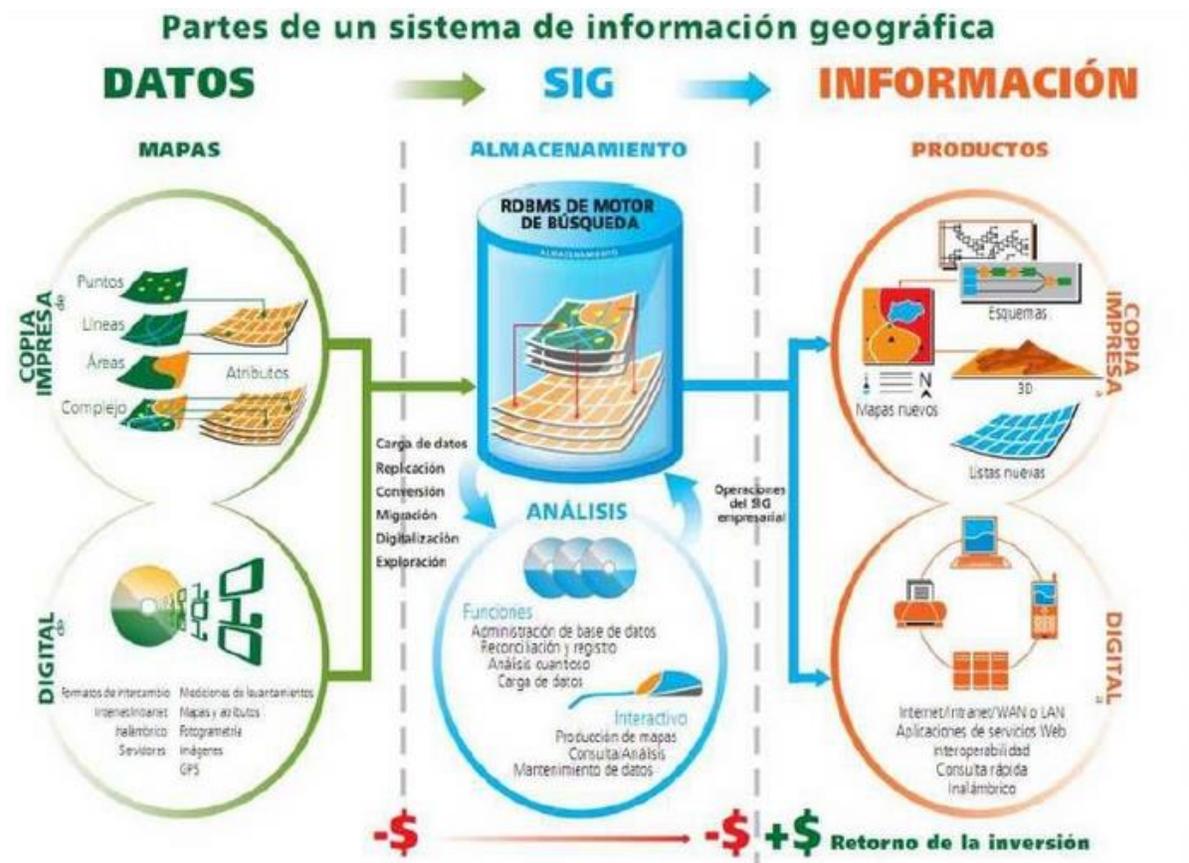


Figura 3. 6 Partes de un Sistema de Información Geográfica

El aumento en el uso de dispositivos móviles y las herramientas agregadas a ellos como los GPS han provocado que el mercado de las aplicaciones SIG sea uno de los más importantes. La distribución de información cartográfica a dispositivos tiene dos ventajas principales [40], la primera, es que el usuario puede descargar en tiempo real los mapas de aquellas zonas en las que está interesado; la segunda es que la actualización de los mapas puede realizarse de forma

permanente, dando al usuario la ventaja de que toda actualización será distribuida de forma inmediata.

3.2.4 Servicios de ubicación en dispositivos móviles

3.2.4.1 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) en los dispositivos móviles se basa en el principio de trilateración. Es decir, al encontrarse el dispositivo en un plano y conociéndose la distancia existente entre tres puntos (satélites), se determina la localización exacta (latitud y longitud) gracias a la intersección de estos tres puntos [3], como se muestra en la Figura 3.7.

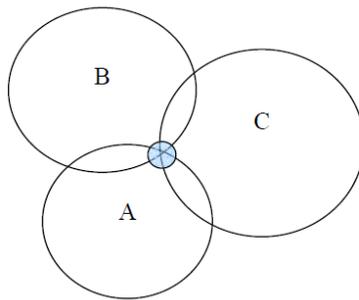


Figura 3. 7 Ejemplo método de trilateración en dos dimensiones

El sistema de coordenadas utilizado es UTM (en inglés *Universal Transversal Mercator*), ya que es el que proporciona mayor cobertura de la superficie terrestre.

3.2.4.2 Estimación por WiFi

La localización por medio de redes inalámbricas como WiFi [40] intenta obtener la ubicación del usuario por medio de triangulación o búsqueda en bases de datos de las direcciones IP de la red para intentar llegar a una aproximación, veáse Figura 3.8.

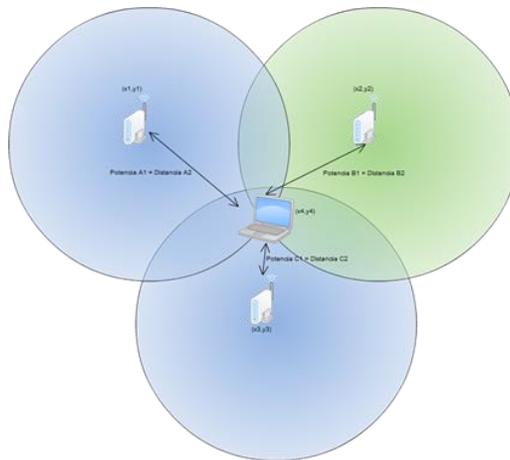


Figura 3. 8 Ejemplo de método de localización por WiFi

3.2.5 Cálculo de distancia entre dos puntos geográficos

El cálculo de la distancia entre dos puntos que se encuentran ubicados sobre un plano se obtiene a partir del teorema de Pitágoras. Es decir, la distancia euclidiana entre dos puntos P1 y P2 de coordenadas cartesianas (x_1, y_1) y (x_2, y_2) , está definida por la Ec. 3.1:

$$d(P1, P2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (3.3)$$

Donde:

$(P1, P2)$, son puntos que hacen referencia a coordenadas cartesianas

(x_1, y_1) y (x_2, y_2) , son un par de coordenadas cartesianas

Sin embargo, al trabajar con coordenadas geográficas se debe de tomar en cuenta que sobre la superficie de la Tierra ningún objeto se mueve en un plano recto. Por lo tanto, todos los cálculos de distancia deben considerar el arco que describe el recorrido entre dos puntos [48].

Por esta razón, se hace uso de la Fórmula del Haversine [49], la cual es una ecuación utilizada en la navegación astronómica para el cálculo de la distancia entre dos puntos de la Tierra conociendo su latitud y longitud. Formalmente se define de la siguiente manera:

Siendo la Tierra una esfera de radio R y teniendo dos pares de coordenadas $P1(x_1, y_1)$ y $P2(x_2, y_2)$; se define formalmente la fórmula de Haversine como:

$$dlon = y_2 - y_1 \quad (3.4)$$

$$dlat = x_2 - x_1 \quad (3.5)$$

$$a = \sin^2\left(\frac{dlat}{2}\right) + \cos x_1 * \cos x_2 * \sin^2\left(\frac{dlon}{2}\right) \quad (3.6)$$

$$c = 2 * \arcsin(\min(1, \sqrt{a})) \quad (3.7)$$

$$distancia = R * c \quad (3.8)$$

Donde:

$R = 6378.137 \text{ km}$, radio de la Tierra en kilómetros.

$dlon$, es la distancia existente entre los puntos referentes a la longitud

$dlat$, es la distancia existente entre los puntos referentes a la latitud

a , es el valor de la distancia en radianes

c , es la distancia en radianes protegida contra errores de redondeo

$distancia$, valor final de la distancia entre dos puntos tomando en cuenta el radio de la Tierra

3.3 Servicios de salud en México

Los servicios de salud en México ofrecen atención a la población para lograr un desarrollo humano justo, incluyente y sustentable. Su objetivo principal, es la promoción de la salud y el acceso universal a servicios integrales de alta calidad que satisfagan las necesidades de la población.

El sistema de salud en México está compuesto por dos sectores: público y privado [46]. El sector público abarca a las instituciones de seguridad social que brindan atención médica a los trabajadores del sector formal; así como también a instituciones que prestan servicios a la población sin seguridad social.

Por otro lado, el sector privado provee servicios a la población con posibilidad de pago. En la siguiente figura se muestra la clasificación de los servicios de salud por sectores, por instituciones y finalmente por usuarios (ver Figura 3.9).

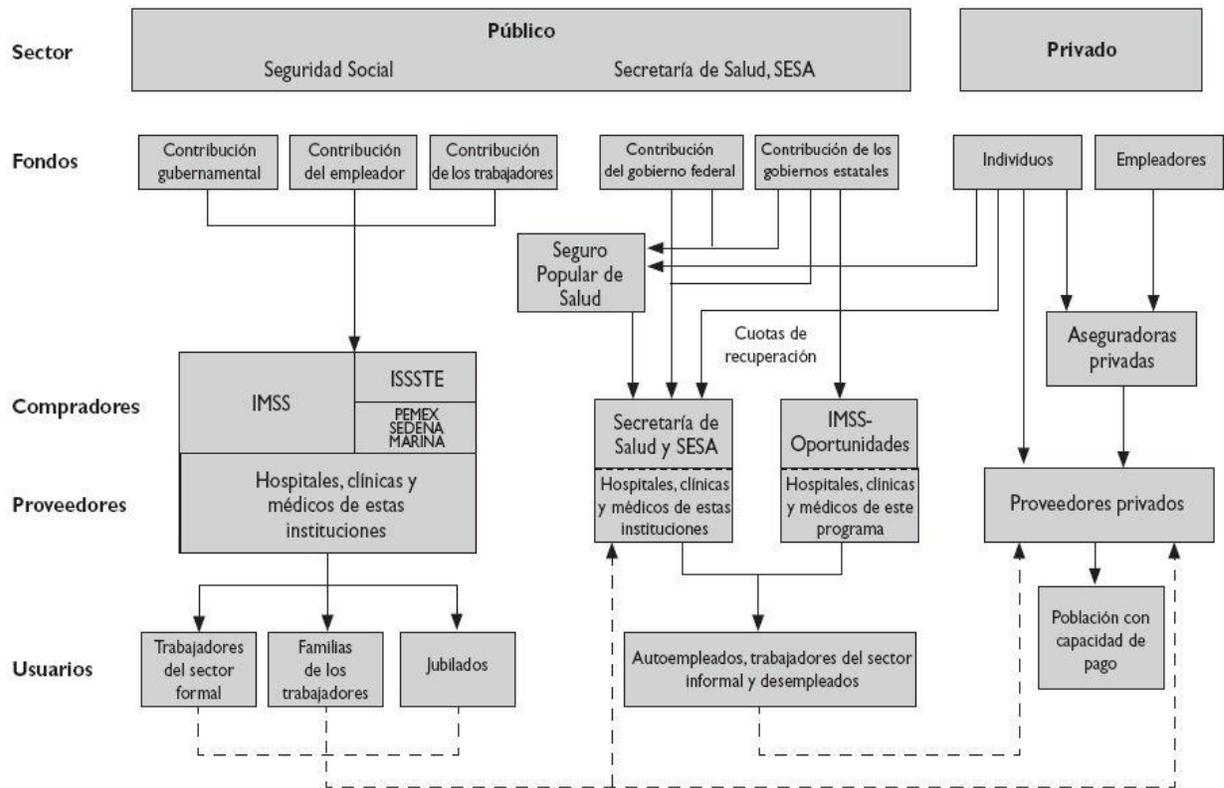


Figura 3. 9 Clasificación de los servicios de salud en México

3.4 Herramientas

3.6.1 Herramienta para el desarrollo de Ontologías: *Protégé*

Protégé [41] es una plataforma de código libre basada en Java que proporciona herramientas para la construcción de modelos de dominio y aplicaciones basadas en el conocimiento de ontologías. Dicha herramienta implementa un conjunto de estructuras para modelado de conocimiento y

acciones que soportan el desarrollo, la visualización y manipulación de ontologías en distintos formatos de representación. *Protégé* puede ser personalizada para proveer un soporte amigable del dominio para la creación de modelos e introducir datos. Asimismo, se puede expandir su funcionalidad a través de otros componentes basados en Java.

3.6.2 Entorno de desarrollo para Android: *ADT Plugin*

Android Development Tools (ADT) [42] es un *plugin* para el IDE (*Integrated Development Environment*) Eclipse, el cual proporciona un entorno para la construcción de aplicaciones para el sistema operativo Android. Permite la configuración de nuevos proyectos, agregar nuevos paquetes basados en la API de Android, la depuración de aplicaciones utilizando las herramientas del SDK y la exportación de los archivos .apk para distribuir fácilmente las aplicaciones.

La interfaz del ADT puede ser personalizada y cuenta con editores y paneles que muestran los resultados de depuración.

3.6.3 Framework para conexión de ontologías con Java: *Apache Jena*

Apache Jena [43] es un marco de trabajo basado en Java de código libre para la creación de Web Semántica y las aplicaciones de vinculación de datos. Dicha API no es un programa o herramienta que se ejecute para poder utilizarla; por el contrario, son archivos .jar que ayudan en la escritura de código Java que se encarga de documentos y descripciones de archivos RDF (*Resource Description Framework*) y OWL (*Web Ontology Language*).

3.6.4 Lenguaje de consulta para ontologías: *SPARQL*

SPARQL [44] es un lenguaje de consulta y un protocolo para acceder a archivos RDF diseñados por el Grupo de Trabajo de Acceso a Datos RDF del W3C (*World Wide Web Consortium*).

Como lenguaje de consulta, *SPARQL* está orientado a datos ya que solo hace la consulta de la información contenida en los modelos; es decir, no se realiza inferencia en el propio lenguaje de consulta. *SPARQL* solo toma la descripción de la información solicitada por la aplicación en forma de una consulta. El resultado arrojado por la aplicación tiene el formato de un conjunto de enlaces o un grafo RDF.

3.6.5 API de *Google Maps*

La API de *Google Maps* [45] permite superponer datos propios sobre un mapa de *Google Maps* personalizado. Posibilita el desarrollo de aplicaciones web y móviles, con imágenes satelitales, Street View, perfiles de elevación, indicaciones para llegar a un destino, mapas con estilos, demografías, análisis y una amplia base de datos de ubicaciones. Gracias a la comunidad de mapas activa, se incorporan actualizaciones periódicamente.

Capítulo 4: Metodología

El presente capítulo describe la metodología dividida en tres módulos: personalización, procesamiento de la información y visualización de resultados. Se detalla también el marco de trabajo propuesto para la misma y así obtener un óptimo desarrollo de la aplicación móvil.

La metodología propuesta obtiene la ubicación y dirección de los centros médicos para un determinado tipo de búsqueda indicado por el usuario. Dicha metodología, se divide en tres módulos: personalización, procesamiento de la información, y visualización de resultados.

En la *etapa de personalización* el usuario puede configurar un perfil, para posteriormente personalizar su búsqueda por especialidad médica. Es importante mencionar que si el usuario no configura dicho perfil, solo podrá realizar búsquedas por el servicio de Urgencias o hacer una recuperación general de todos los centros médicos.

Posteriormente, la *etapa de procesamiento de la información*, analiza los parámetros de búsqueda definidos anteriormente para realizar una consulta a la ontología de servicios médicos y así obtener los datos de cada hospital que cumpla con los parámetros de búsqueda establecidos.

Finalmente, la *etapa de visualización y presentación de la información* se encargará de transformar la información devuelta por la ontología a una representación de datos geográficos que serán mostrados en el mapa. Un factor importante a tomar en cuenta en la transformación de la información es la posición física del dispositivo móvil del usuario.

4.1 Suposiciones iniciales

Se establecen las siguientes hipótesis iniciales:

- La información que se maneja referente a cada hospital, a las especialidades médicas que atiende y a las instituciones de salud ya está recopilada, eso significa que la metodología no obtendrá esta información.
- La veracidad y actualización de la información depende de un proceso externo no propio de la metodología. Por lo tanto, la ontología de servicios médicos debe ser actualizada por el administrador de la aplicación.

4.2 Marco de trabajo

Como se ha mencionado previamente, la metodología se divide en tres módulos principales: personalización, procesamiento de la información y visualización y presentación de resultados. El esquema general presentado en la Figura 4.1 tiene como objetivo indicar la entrada de datos, el resultado esperado y la selección de parámetros de búsqueda, para posteriormente obtener la mejor opción en centros médicos. Finalmente, mostrar en la pantalla del dispositivo móvil los resultados.

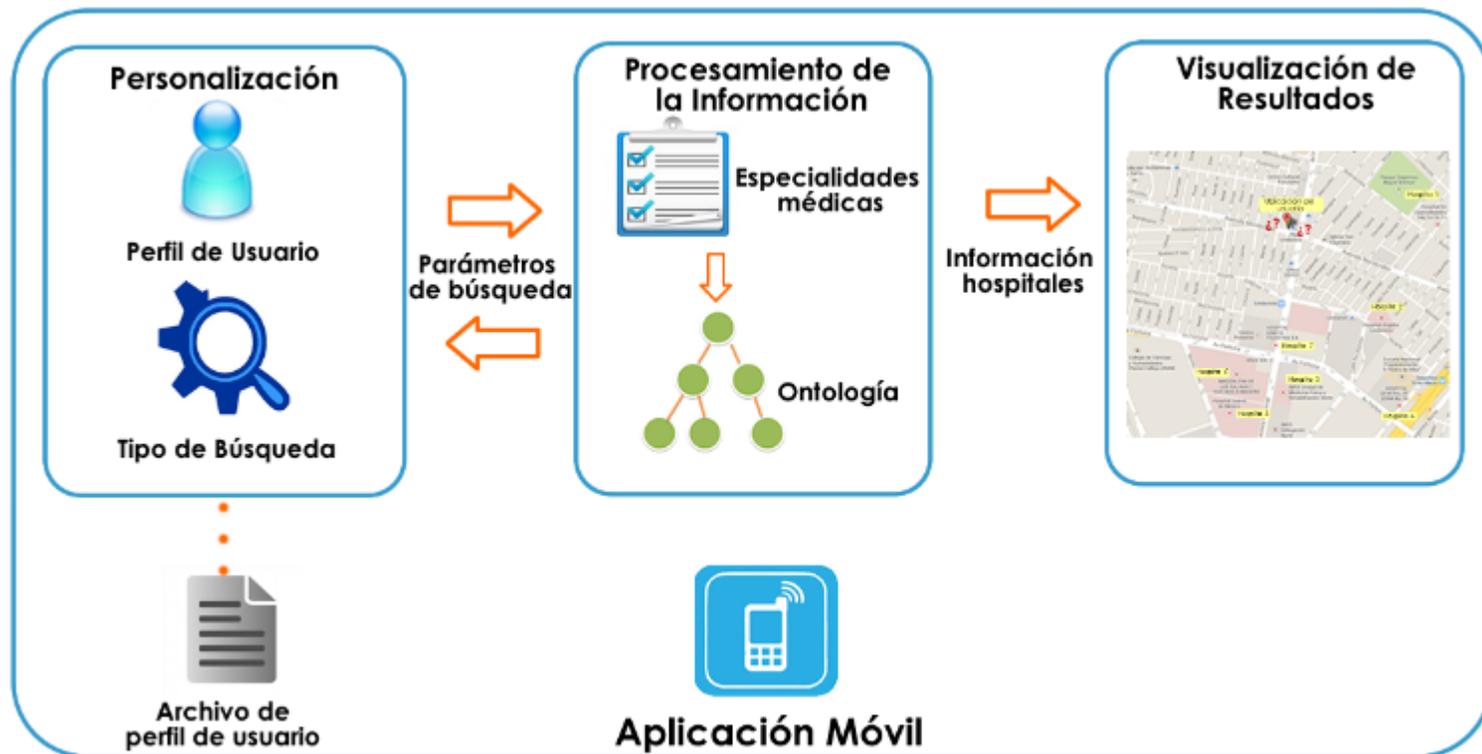


Figura 4. 1 Esquema del marco de trabajo

4.2.1 Personalización

Para la creación del perfil del usuario, este seleccionará a través de la aplicación la siguiente información (ver Figura 4.2):

- **Tipo de seguro:** Puede ser público o privado.
- **Clínica:** Dependiendo del tipo de seguro elegido, se muestran las instituciones de seguridad social correspondientes a cada sector. Por ejemplo, para el seguro público están las clínicas del IMSS, ISSSTE, SEDENA, MARINA, PEMEX, Seguro Popular y las del Programa Oportunidades.
- **Especialidades médicas:** Por cada institución, se presentan las especialidades médicas que se atienden.

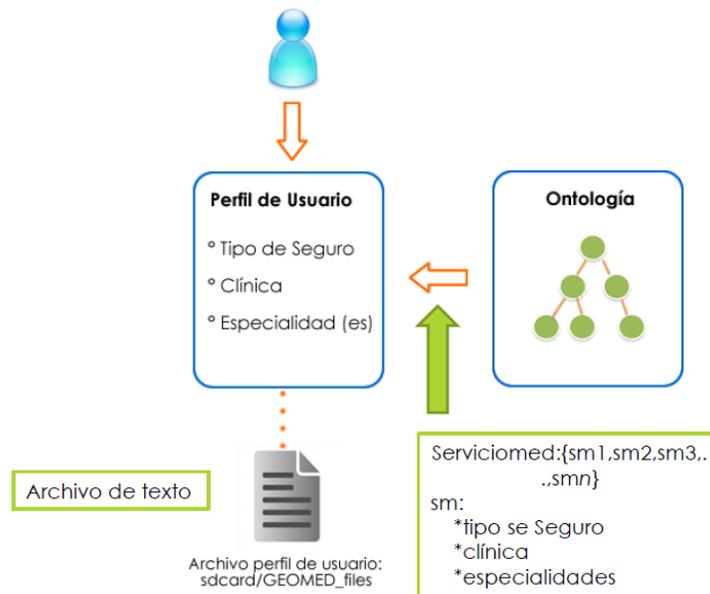


Figura 4. 2 Componentes de perfil de usuario

Es importante mencionar que la información utilizada para la configuración del perfil de usuario se obtiene de la ontología, garantizando así la consistencia en las consultas y la recuperación de información de la misma.

El archivo de perfil de usuario se almacena en la tarjeta de memoria del dispositivo dentro del directorio *GEOMED_files* creado por la aplicación.

4.2.2 Procesamiento de la información

En el módulo de procesamiento de la información, se recibe como parámetro el tipo de búsqueda. Dependiendo de este, se realizará una consulta en la ontología utilizando el lenguaje de consulta *SPARQL* para recuperar la información correspondiente a cada uno de los hospitales que cumplan con las características solicitadas por el usuario.

Para la búsqueda **general**, se recupera la información referente a aquellos hospitales que se encuentran más cercanos a la ubicación del usuario.

Para la búsqueda por **urgencias**, el factor de búsqueda es “Urgencias”. Es decir, se recopilará la información de los hospitales que ofrezcan este servicio.

Finalmente, para la búsqueda por **perfil de usuario** se tomarán los datos contenidos en el archivo generado para el perfil. De esta forma, los parámetros de búsqueda serán el tipo de seguro, la clínica y las especialidades médicas seleccionadas.

El resultado de cada consulta será un conjunto de hospitales (ver Figura 4.3), donde cada elemento contendrá la información correspondiente al nombre del hospital y datos de su ubicación, específicamente su latitud y longitud.

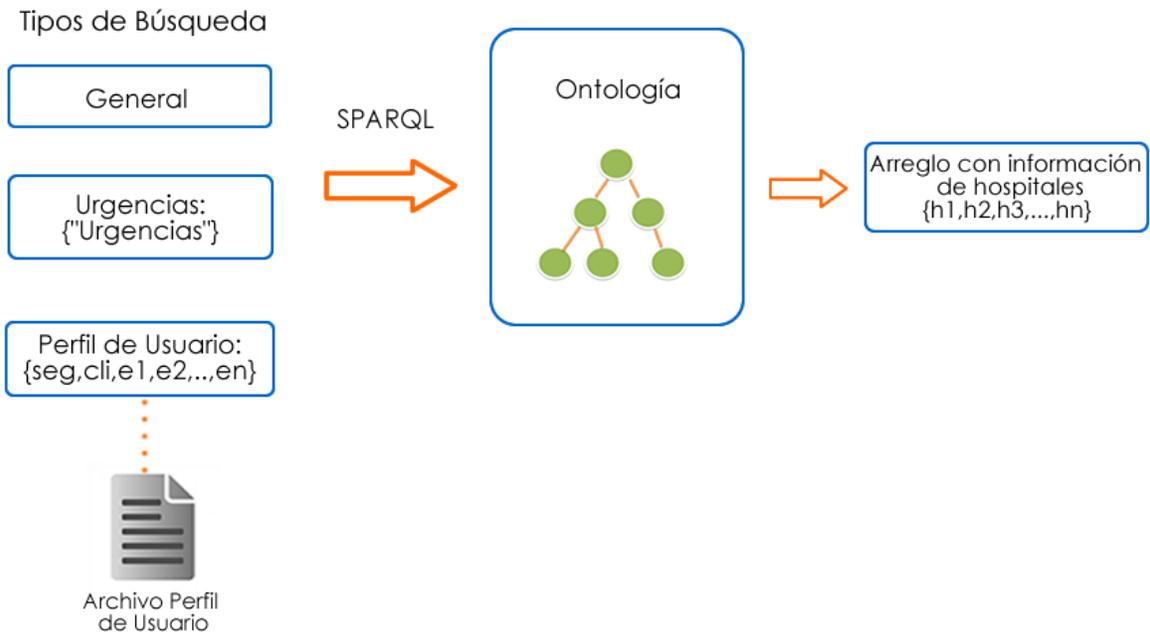


Figura 4. 3 Consulta a la ontología

4.2.3 Visualización de resultados

Este módulo se encarga de la interpretación de los resultados obtenidos en la etapa anterior para mostrarlos sobre un mapa utilizando la API de *Google Maps*. Para el desarrollo de la aplicación móvil se utilizó la versión *Google Maps Android API v2*.

La razón principal, es que permite añadir mapas basados en *Google Maps* a las aplicaciones móviles con sistema operativo *Android*. Al optimizar el acceso a los servidores de *Google Maps*, la descarga, visualización y respuesta en el manejo de mapas es la más óptima. De la misma manera, provee la libertad de modificar los planos de acuerdo a las necesidades de los usuarios. Por

ejemplo: agregar marcadores, polígonos, líneas, cambio de vistas en el tipo de mapa, entre otros elementos.

Los datos de entrada corresponden al arreglo que contiene la información de los hospitales como resultado de la consulta del usuario.

Como primer filtro, sobre el mapa se muestran los resultados en un radio de 10 Km, siendo la ubicación del usuario el punto central identificado con un marcador azul. Es importante mencionar, que el valor del radio puede ser modificado posteriormente.

Cada hospital es representado con un marcador que contiene como información el nombre de la unidad médica, la dirección y la distancia (medida en kilómetros) en línea recta hacia el dispositivo móvil del usuario. Cada marcador tiene asignado un color que varía en tonalidades de acuerdo a la distancia. Dicha variación parte del verde para indicar los hospitales más cercanos, el amarillo para indicar aquellos a mediana distancia y el rojo para los más alejados.

Finalmente también en este módulo se puede visualizar la información de los hospitales resultantes en una lista ordenada ascendentemente de acuerdo a la distancia. Lo anterior se resume en la Figura 4.4.

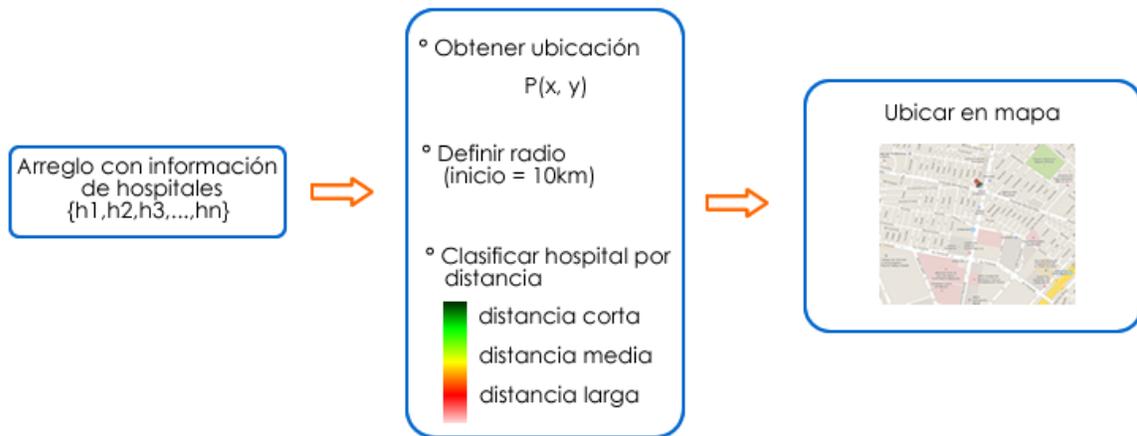


Figura 4. 4 Visualización de Resultados

4.3 Construcción de la Ontología de servicios de salud aplicando *METHONTOLOGY*

METHONTOLOGY propone una guía sobre el desarrollo de ontologías a través de las actividades de especificación, conceptualización, formalización, implementación y mantenimiento, como se muestra en la Figura 4.5.

También identifica actividades de gestión (planificación, control y aseguramiento de la calidad), y de soporte (adquisición de conocimientos, integración, evaluación, documentación y gestión de la configuración).

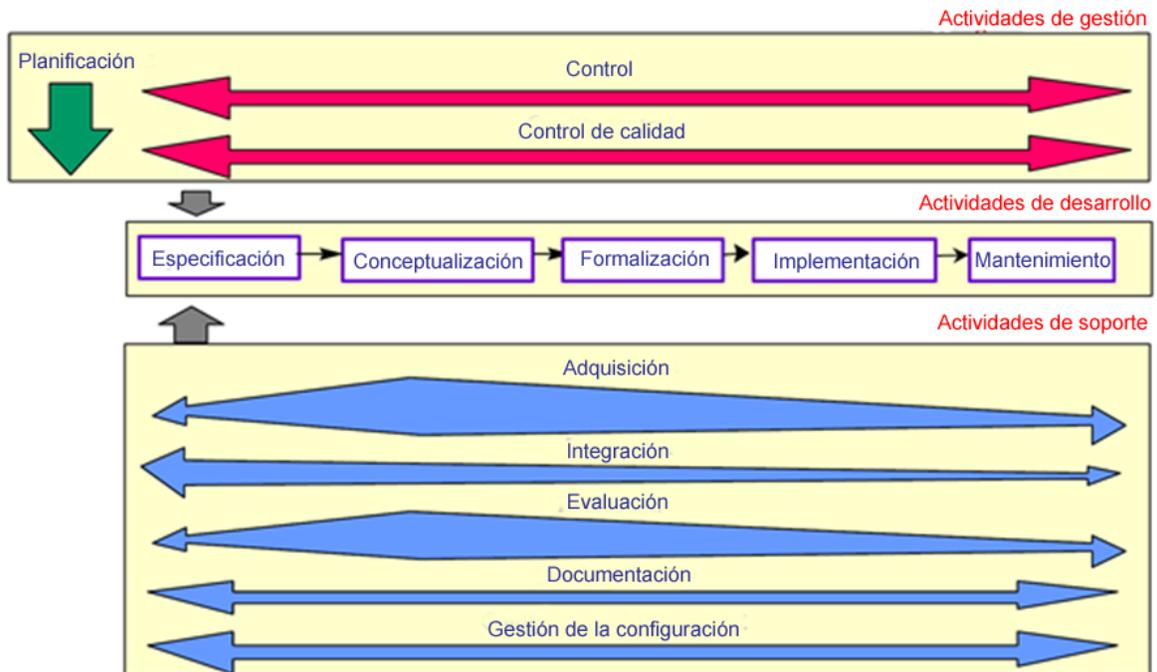


Figura 4. 5 Ciclo de vida de *Methontology*

Dicha metodología recomienda la realización de ciertas tareas para asegurar la consistencia y completitud de la ontología a desarrollar. Lo anterior implica que una relación binaria no puede estar definida si los conceptos origen y destino de la relación no han sido definidos.

En la Figura 4.6 se muestra el orden de las tareas propuestas por *METHONTOLOGY* para la actividad de conceptualización, especificándose los conceptos, atributos, relaciones, constantes, axiomas formales, reglas e instancias.

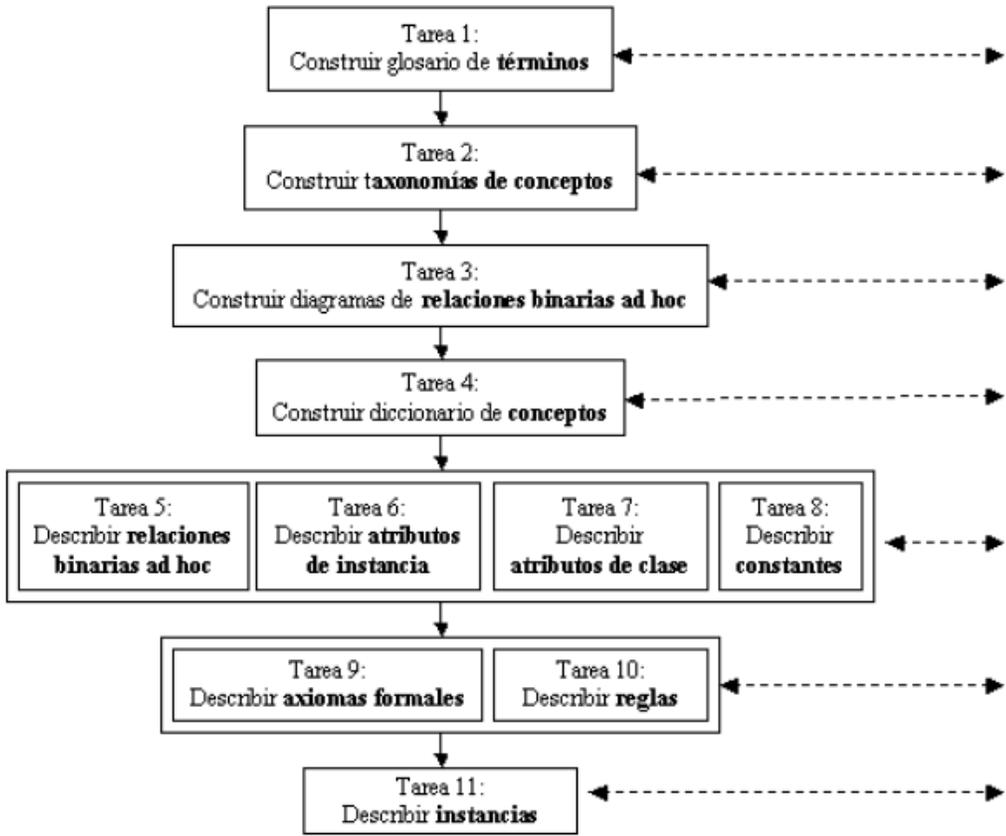


Figura 4. 6 Tareas para desarrollo de ontologías con *Methontology*

Para el desarrollo del presente trabajo de tesis y su efecto en la realización de pruebas, la construcción de la ontología estará instanciada únicamente con información referente a los hospitales localizados en la delegación Gustavo A. Madero.

4.3.1 Tarea 1: Glosario de términos

Esta tarea presenta el glosario de términos relevantes al dominio de la ontología que se va a desarrollar. Incluye los términos necesarios para el dominio de Servicios de Salud (conceptos, instancias, atributos, relaciones entre conceptos, etc.), sus descripciones en lenguaje natural y sus sinónimos y acrónimos. Para el presente trabajo se generó el glosario de términos descritos en la Tabla 4.1

Tabla 4. 1 Glosario de términos de la ontología de servicios de salud

Nombre	Sinónimos	Acrónimos	Descripción	Tipo
Servicios de Salud	----	----	Entidades responsables de la ejecución de las acciones de fomento, protección y recuperación de la salud y rehabilitación de personas enfermas.	Concepto
Servicio Público			Prestaciones que proveen las administraciones públicas en cada Estado, y que tienen como finalidad ayudar a las	Concepto

	----	----	personas de escasos recursos. Suelen tener un carácter gratuito y generalmente son propios de los países con un Estado de bienestar.	
Servicio Privado	----	----	Prestaciones financiadas con recursos particulares y con los obtenidos a través de créditos otorgados por bancos o instituciones financieras.	Concepto
Institución de Seguridad Social	----	ISS	Institución de bienestar social que proporciona a sus miembros protección o cobertura de las necesidades de salud.	Concepto
Secretaria de Salud	----	SSA	Institución con la misión de contribuir a un desarrollo humano justo, incluyente y sustentable mediante la promoción de la salud como objetivo social compartido; así como también el acceso universal a servicios de salud integrales y de alta calidad que satisfagan las necesidades de la población.	Concepto
Contribución Gubernamental	----	----	En servicios de salud, la contribución gubernamental obtiene el subsidio por parte del gobierno y de las empresas correspondientes al sector formal de la economía.	Concepto
Contribución del Empleador	----	----	En servicios de salud, la contribución del empleador para el caso de PEMEX, SEDENA y MARINA obtiene subsidio del mismo gobierno	Concepto
Hospital IMSS	----	IMSS	Hospital o centro médico perteneciente al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), que provee servicios de salud públicos para todos los trabajadores y sus familias	Concepto
Hospital ISSTE	----	ISSSTE	Hospital o centro médico perteneciente al Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) que provee servicios de salud para todos los derechohabientes y sus familias, así como a los pensionados, y jubilados.	Concepto
Contribución del Gobierno Federal	----	----	Aportaciones económicas de los "gobernados", que por imperativos constitucionales y legales, se ven forzados a sacrificar una parte proporcional de sus ingresos, utilidades o rendimientos para contribuir a los gastos públicos.	Concepto
Hospital Programa Oportunidades	----	HOP	Hospital o centro médico perteneciente al Programa Oportunidades del Gobierno Federal, que proporciona servicios de salud a la población en pobreza extrema.	Concepto
Hospital Seguro Popular	----	HSP	Hospital o centro médico perteneciente al Programa de Seguro Popular, el cual proporciona servicios de salud a personas que no cuentan con un empleo o que trabajan por cuenta propia y no son derechohabientes de ninguna institución	Concepto

Hospital PEMEX	----	HPMX	Hospital o centro médico perteneciente a Petróleos Mexicanos PEMEX que provee servicios integrales de salud a los trabajadores y sus derechohabientes.	Concepto
Hospital SEDENA	-----	HSED	Hospital o centro médico perteneciente a la Secretaría de la Defensa Nacional SEDENA que provee servicios de salud a los militares y sus derechohabientes.	Concepto
Hospital MARINA	-----	HMAR	Hospital o centro médico perteneciente a la Secretaría de Marina SEMAR que provee servicios de sanidad naval a los capitanes, oficiales, clases, almirantes, marinería y sus derechohabientes.	Concepto
Hospital Privado	----	HP	Hospitales pertenecientes al Sector de Salud Privado, el cual provee servicios de salud a personas con la capacidad de pago.	Concepto
Tipo_seguro	----	----	Propiedad que definirá si un usuario que utiliza los servicios de salud públicos, posee un seguro del tipo facultativo o colectivo	Propiedad
Seguro Facultativo	----	Facultativo	Es un seguro médico, necesario para quienes no cuentan con servicio en instituciones públicas como el IMSS o el ISSSTE, se paga una prima y se recibe el servicio médico.	Restricción
Seguro Colectivo	----	Colectivo	El Seguro de Vida Colectivo es llamado así porque los asegurados son un grupo de personas y el contratante es el individual o la institución que los agrupa. El grupo de personas que cubre el seguro debe tener una relación común con el contratante.	Restricción
Tipo_servicio	----	----	Es el tipo de servicio de salud que ofrece la Secretaría de Salud. Puede ser de dos tipos estatal o federal.	Propiedad
Servicio Estatal	----	Estatal	Tipo de servicio médico proporcionado por una entidad perteneciente a alguno de los 31 estados del país.	Restricción
Servicio Federal	----	Federal	Tipo de servicio médico proporcionado por una entidad perteneciente al gobierno federal.	Restricción
Tipo_usuario	----	----	Propiedad que definirá el tipo de usuario que hace uso de los servicios médicos. Por ejemplo: trabajador, familiar de trabajador, jubilados, empleador, auto-empleado, trabajador del sector informal, desempleado, usuario con capacidad de pago	Propiedad
Especialidad	----	----	Especialidades médicas que son atendidas en cada uno de los hospitales. Como por ejemplo: cardiología, pediatría, cirugía, oftalmología, ortopedia, etc.	Propiedad
Dirección	----	----	Es la propiedad que describe la ubicación exacta de un hospital, en términos de lenguaje natural.	Propiedad
Tipo_seguroprivado			Es la propiedad que define los tipos de	Propiedad

	----	----	seguros médicos privados. Los valores que puede tener son: gastos mayores, gastos menores, sin gastos.	
Seguro de Gastos Mayores	----	SGMA	Los Seguros de Gastos Médicos Mayores surgen de la necesidad de resarcir la pérdida económica mayor sufrida a consecuencia de un tratamiento médico. Cubren los servicios médicos en hospitales privados y es para los usuarios con capacidad de pago que no tienen acceso a instituciones de seguridad social. El gasto es dirigido por el asegurado.	Restricción
Seguro de Gastos Menores	----	SGME	En este tipo de seguro, quien dirige el gasto es la aseguradora, ya que es quien proporciona alternativas dentro de su red para brindar el servicio de salud, en este caso, se tiene un grupo más cerrado de alternativas. Ese tipo de seguros son preventivos, más enfocados a la conservación de la salud,	Restricción
Sin Seguro de Gastos	----	SGM	No se cuenta con ningún tipo de servicio médico privado, pero se tiene la capacidad de pago.	Restricción
Nombre de Aseguradora	----	----	Describe el nombre de la aseguradora a la cual pertenece el seguro de gastos médicos del usuario.	Atributo de Instancia
Número de Póliza	----	----	Número de identificación para los usuarios de una aseguradora	Atributo de Instancia
Cobertura	----	----	Cantidad de dinero (monto) que cubre un seguro de gastos médicos.	Atributo de Instancia
Latitud	----	----	Distancia angular entre la línea ecuatorial (el Ecuador) y punto determinado de la tierra, medida a lo largo del meridiano en el que se encuentra dicho punto.	Atributo de Instancia
Longitud	----	----	Distancia angular entre un punto dado de la superficie terrestre y el meridiano que se tome como 0°. Dicha distancia medida a lo largo del paralelo en el que se encuentra el punto, una circunferencia cuyo centro es la intersección del eje de la tierra con el plano del citado paralelo.	Atributo de Instancia
Trabajador del sector formal	----	----	Trabajador con un empleo en alguna empresa que está inscrita en los registros que corresponden a su actividad por lo que trabaja dentro del margen de regulaciones legales.	Restricción
Familia del trabajador	----	----	Persona que tiene una relación familiar con algún trabajador y tiene derecho a recibir atención médica	Restricción

Jubilado	----	----	Persona que está retirada de su trabajo por haber cumplido la edad determinada por la ley o por enfermedad, y cobra la pensión correspondiente	Restricción
Empleador	----	----	Persona que provee de un puesto de trabajo a una persona física, para que preste un servicio personal bajo su dependencia. Las dependencias son: PEMEX, SEDENA, MARINA.	Restricción
Auto-empleado	----	----	Trabajador que crea su propio empleo, utiliza su ingenio, capital y esfuerzo para generar oferta de trabajo.	Restricción
Trabajador sector informal	----	----	Trabajador que no tiene un trabajo estable y regular.	Restricción
Desempleado	----	----	Persona que no cuenta con un empleo.	Restricción
Persona con capacidad de pago	----	----	Persona que no cuenta con un servicio médico, pero que tiene la capacidad de pago pagar un servicio médico.	Restricción
integra	----	----	Hospital, instituciones de seguridad social y secretaria de salud que integran los servicios de salud públicos y privados.	Relación
es_un	----	----	Servicio de salud que es un servicio público o un servicio privado.	Relación

4.3.2 Tarea 2: Construir taxonomías de conceptos

A continuación, Figura 4.7, se muestra la taxonomía de conceptos que define la jerarquía de los Servicios de Salud. Dicha taxonomía fue construida seleccionando del glosario aquellos términos que son conceptos. La relación taxonómica utilizada es *subclase_de*.

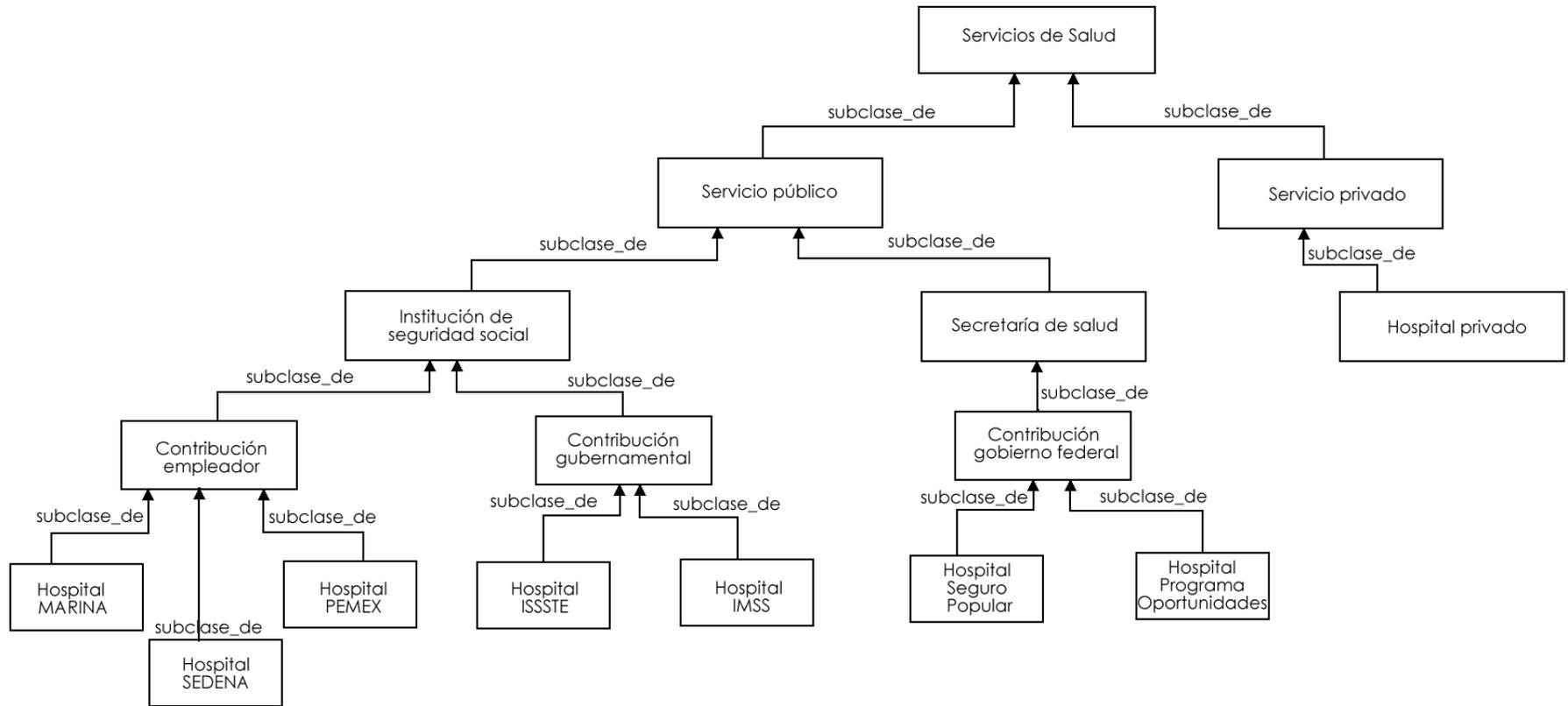


Figura 4. 7. Taxonomía de la ontología de servicios de salud

4.3.3 Tarea 3: Construir diagramas de relaciones binarias *ad hoc*

En esta tarea, se presentan los diagramas de las relaciones binarias *ad hoc*. El objetivo de estos diagramas es establecer las relaciones *ad hoc* existentes entre los conceptos de la taxonomía de conceptos. Los diagramas mostrados corresponden a dos relaciones. La primera es *atiende* y su relación inversa *es_atendido* (ver Figura 4.8); en este caso, se indica que los servicios de salud atienden tanto al sector público como al privado y viceversa.

La segunda relación es *coordina* y su relación inversa *es_coordinado*. Para la Figura 4.9 se señala que las instituciones de seguridad social coordinan aquellos hospitales de contribución gubernamental y contribución del empleador.

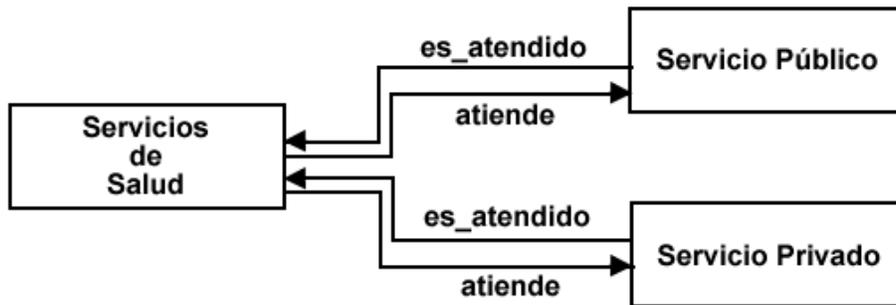


Figura 4. 8 Relación binaria *ad hoc* *atiende*

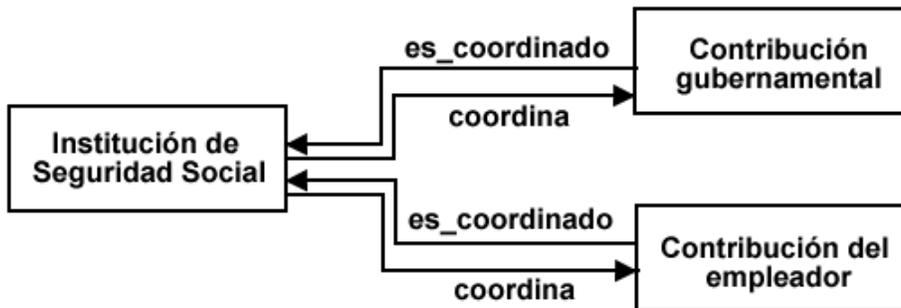


Figura 4. 9 Relación binaria *ad hoc* *coordina* para instituciones de seguridad social

El mismo caso se cumple para las dos figuras restantes; sin embargo, para la Figura 4.10 un hospital de contribución del gobierno federal solo es coordinado por la Secretaría de Salud, y para la Figura 4.11 los hospitales privados son coordinados por el sector privado.



Figura 4. 10 Relación binaria *ad hoc coordina* para la Secretaría de Salud



Figura 4. 11 Relación binaria *ad hoc coordina* para el servicio privado

4.3.4 Tarea 4: Construir el diccionario de conceptos

En esta tarea se enlistan las propiedades que describen cada concepto de la taxonomía, así como las relaciones identificadas en la tarea anterior y las instancias de cada uno de los conceptos.

Para el caso de estudio, las instancias se centrarán en los servicios médicos ofrecidos dentro de la delegación Gustavo A. Madero, generando el listado que aparece en la Tabla 4.2

Tabla 4. 2 Diccionario de conceptos de la ontología

Nombre del Concepto	Instancias	Atributos de clase	Atributos de Instancia	Relaciones
Servicios de Salud	----	----	----	atiende
Servicio Público	----	----	----	es_atendido
Servicio Privado	----	*Tipo_seguroprivado o *Tipo_usuario	*Nombre de Aseguradora *Número de Póliza *Cobertura	coordina es_atendido
Institución de Seguridad Social	----	----	----	coordina
Secretaría de Salud	----	*Tipo_servicio	----	coordina
Contribución Gubernamental	----	*Tipo_usuario *Tipo_seguro	----	es_coordinado
Contribución del Empleador	----	*Tipo_usuario *Tipo_seguro	----	es_coordinado

Hospital IMSS	<ul style="list-style-type: none"> *Hospital U.M.FIS Magdalena Salinas *Hospital. Psiq. Morelos *Hospital Unidad De Medicina Física Región Norte *Hospital 3N, HGP 3ª Magdalena Salinas *Hospital 3N H-Ort Magdalena Salinas *Hospital 3N HT Magdalena Salinas *Hospital General zona/Regional HGZ 24 Insurgentes *Hospital General Zona/Regional HGZ mf 29 S. Juan Aragón *Unidad Médico Familiar UMF 20 Vallejo *Unidad Médico Familiar UMF 44 La Escalera *Unidad Médico Familiar UMF 41 Fortuna *Unidad Médico Familiar UMF 11 Peralvillo *Unidad Médico Familiar UMF 3 La Joya *Unidad Médico Familiar UMF 36 C. Atzacolco *Unidad Médico Familiar UMF 94 S. Juan Aragón *Unidad Médico Familiar UMF 23 U. Morelos 	<ul style="list-style-type: none"> *Especialidad *Dirección 	----	----
Hospital ISSTE	<ul style="list-style-type: none"> *Hospital Regional "1° de Octubre" *Clínica de Especialidades Centro de Cirugía Ambulatoria "1° de Octubre" *Clínica de Medicina Familiar "Aragón" *Clínica de Medicina Familiar "Guerrero" *Clínica de Medicina Familiar "Gustavo Madero" *Consultorio Auxiliar "Clínica Aragón" Sagarpa *Consultorio Auxiliar "Clínica Gustavo A. Madero" C.I. y E.A. del IPN Unidad s/n 	<ul style="list-style-type: none"> *Especialidad *Dirección 	----	----

Sistema de recomendación de servicios médicos basado en ontologías y servicios de localización

Contribución del Gobierno Federal	----	*Tipo_usuario	----	es_coordinado
Hospital Programa Oportunidades	*Hospital U.M.FIS Magdalena Salinas *Hospital. Psiq. Morelos *Hospital Unidad De Medicina Física Región Norte *Hospital 3N, HGP 3ª Magdalena Salinas *Hospital 3N H-Ort Magdalena Salinas *Hospital 3N HT Magdalena Salinas *Hospital General zona/Regional HGZ 24 Insurgentes *Hospital General Zona/Regional HGZ mf 29 S. Juan Aragón *Unidad Médico Familiar UMF 20 Vallejo *Unidad Médico Familiar UMF 44 La Escalera *Unidad Médico Familiar UMF 41 Fortuna *Unidad Médico Familiar UMF 11 Peralvillo *Unidad Médico Familiar UMF 3 La Joya *Unidad Médico Familiar UMF 36 C. Atzacolco *Unidad Médico Familiar UMF 94 S. Juan Aragón *Unidad Médico Familiar UMF 23 U. Morelos	*Especialidad *Dirección	----	----
Hospital Seguro Popular	*Hospital General Villa *Hospital Pediátrico Villa *Hospital General Ticomán *Hospital Materno Infantil Cuauhtepic	*Especialidad *Dirección	----	----
Hospital Privado	*Hospital Ángeles Lindavista *Hospital de Especialidades MIG *Hospital Angeles Lindavista	*Especialidad *Dirección	----	es_coordinado
Hospital PEMEX	*Hospital Central Norte	*Especialidad *Dirección	----	----
Hospital SEDENA	*Clínica de Especialidades de la Mujer *Hospital Central Militar	*Especialidad *Dirección	----	----

Hospital MARINA		*Especialidad *Dirección	----	----
--------------------	--	-----------------------------	------	------

4.3.5 Tarea 5: Describir las relaciones binarias *ad hoc*

En la Tabla 4.3 se muestran las descripciones a detalle de todas las relaciones binarias *ad hoc* identificadas en el diagrama de relaciones binarias e incluidas en el diccionario de conceptos. Para cada relación se especifica su concepto origen y destino, su cardinalidad y su relación inversa si es que existe.

Tabla 4. 3 Descripción de relaciones binarias *ad hoc* de la ontología

Nombre de la relación	Concepto origen	Cardinalidad máxima	Concepto destino	Relación inversa
atiende	Servicios de Salud	1	Servicio Público	es_atendido
atiende	Servicios de Salud	1	Servicio Privado	es_atendido
coordina	Institución de Seguridad Social	N	Contribución del empleador	es_coordinado
coordina	Institución de Seguridad Social	N	Contribución Gubernamental	es_coordinado
coordina	Secretaria de Salud	N	Contribución Gobierno Federal	es_coordinado
coordina	Servicio Privado	N	Hospital Privado	es_coordinado

4.3.6 Tarea 6: Describir los atributos de instancia

En la Tabla 4.4 se describen los atributos de instancia. Esta tarea tiene como objetivo principal realizar la descripción a detalle de todos los atributos de instancia incluidos en el diccionario de conceptos. Los atributos de instancia describen a las instancias de los conceptos y sus valores pueden ser diferentes para cada una.

Tabla 4. 4 Descripción de los atributos de instancia de la ontología

Nombre del atributo de instancia	Concepto	Tipo de Valor	Rango de valores	Cardinalidad
Nombre Aseguradora	Servicio Privado	Cadena de Caracteres	----	(1,N)
Número de Póliza	Servicio Privado	Entero	1 ..	(1,N)
Cobertura	Servicio Privado	Entero	1 ..	(1,N)
Latitud (has_latitud)	Servicios de Salud	Double	0 ..	(1,1)
Longitud (has_longitud)	Servicios de Salud	Double	0 ..	(1,1)

4.3.7 Tarea 7: Describir los atributos de clase

Se describen a detalle todos los atributos de clase que están incluidos en el diccionario de conceptos (ver Tabla 4.5). Para cada atributo de clase, se debe especificar el nombre del atributo, nombre del concepto donde el atributo se define, tipo de valor, cardinalidad y valores.

Tabla 4. 5 Descripción de los atributos de clase de la ontología

Nombre del Atributo de Clase	Concepto	Tipo de Valor	Cardinalidad	Valores
Tipo_seguroprivado	Servicio Privado	Cadena de caracteres	(1,3)	*Seguro de Gastos Mayores *Seguro de Gastos Menores *Sin Seguro de Gastos
Tipo_servicio	Secretaría de Salud	Cadena de caracteres	(1,2)	*Federal *Estatal
Tipo_usuario	Contribución Gubernamental	Cadena de caracteres	(1,10)	*Trabajador del sector formal *Familiar de trabajador *jubilado
Tipo_usuario	Contribución Empleador	Cadena de caracteres	(1,10)	*Empleado MARINA *Empleado SEDENA *Empleado PEMEX
Tipo_usuario	Contribución Gobierno Federal	Cadena de caracteres	(1,10)	*Auto-empleado *Trabajador del sector informal *Desempleado
Tipo_usuario	Servicio Privado	Cadena de caracteres	(1,10)	*Con capacidad de pago
Tipo_seguro	Contribución Gubernamental	Cadena de caracteres	(1,2)	*Facultativo *Colectivo
Tipo_seguro	Contribución del Empleador	Cadena de caracteres	(1,2)	*Facultativo *Colectivo
Especialidad (especialidades)	Hospital IMSS	Cadena de caracteres	(1,N)	----
Especialidad (especialidades)	Hospital ISSSTE	Cadena de caracteres	(1,N)	----
Especialidad (especialidades)	Hospital para Empleador	Cadena de caracteres	(1,N)	----
Especialidad (especialidades)	Hospital Programa Oportunidades	Cadena de caracteres	(1,N)	----
Especialidad (especialidades)	Hospital Seguro Popular	Cadena de caracteres	(1,N)	----
Especialidad (especialidades)	Hospital Privado	Cadena de caracteres	(1,N)	----
Dirección (has_address)	Hospital IMSS	Cadena de caracteres	(1,1)	----
Dirección (has_address)	Hospital ISSSTE	Cadena de caracteres	(1,1)	----
Dirección	Hospital para	Cadena de caracteres	(1,1)	----

(has_address)	Empleador			
Dirección (has_address)	Hospital Programa Oportunidades	Cadena de caracteres	(1,1)	----
Dirección (has_address)	Hospital Seguro Popular	Cadena de caracteres	(1,1)	----
Dirección (has_address)	Hospital Privado	Cadena de caracteres	(1,1)	----

4.3.8 Tarea 8: Describir las constantes

El objetivo de esta tarea es describir en detalle cada una de las constantes identificadas en el glosario de términos. Para cada constante, se especifica el nombre, el tipo de valor, el valor y la unidad de medida para constantes numéricas. Es importante mencionar que en el desarrollo de esta ontología no se encontraron constantes.

4.3.9 Tarea 9: Definir axiomas formales

En la Tabla 4.6 se muestran los axiomas formales necesarios en la ontología y su descripción. Los elementos que se especifican son el nombre, su descripción en lenguaje natural, expresión lógica que define formalmente el axioma en lenguaje natural, expresión lógica y los conceptos, atributos y relaciones *ad hoc* utilizadas en el axioma, así como las variables utilizadas.

1. Para la atención de urgencias es posible hacer uso de servicios públicos y privados.
2. No es posible que una persona que hace uso de los hospitales de contribución del gobierno federal igualmente tenga acceso al uso de un hospital de contribución del empleador.
3. No es posible hacer uso del seguro público y privado a la vez.

Tabla 4. 6 Axiomas formales de la ontología

Nombre del Axioma	Descripción	Expresión	Conceptos	Relaciones	Variables
Atención de Urgencias	Para la atención de urgencias es posible hacer uso de servicios públicos y privados.	Si(existe(?X, ?Y) (Servicio Público(?X) y Servicio Privado(?Y) y Especialidades(?especialidades="Urgencias") y atención ((?X, ?Y)))	*Servicio Público *Servicio Privado	atiende	?X ?Y ?especialidades="Urgencias "
Incompatibilidad de Hospitales	No es posible que una persona que hace uso de los hospitales de contribución del gobierno federal igualmente tenga acceso al uso de un hospital de	No(existe(?X, ?Y) (Contribución Empleador(?X) y Contribución Gobierno Federal (?Y) y coordina(?X, ?Y)))	*Contribución empleador *Contribución Gobierno Federal	coordina	?X ?Y

	contribución del empleador.				
Incompatibilidad de Servicios	No es posible hacer uso del seguro público y privado a la vez	No(existe((?X, ?Y) (Servicio Público(?X) y Servicio Privado(?Y) y atención (?X, ?Y)))	*Servicio Público *Servicio Privado	atiende	?X ?Y

4.3.10 Tarea 10: Definir reglas

Esta tarea tiene como objetivo identificar las reglas necesarias en la ontología. Para cada una de ellas se especifica nombre, descripción en lenguaje natural, expresión que describe formalmente la regla, conceptos, atributos y relaciones *ad hoc* utilizados en la regla, veáse Tabla 4.7.

Tabla 4.7 Reglas de la ontología

Nombre de la Regla	Descripción	Expresión	Conceptos	Atributos	Relaciones	Variables
Tipo Hospital	Define el tipo de Hospital de acuerdo al tipo de servicio elegido y las especialidades disponibles	Si[[Seguro Publico](?U) y [Seguro Privado](?V) y has_especialidades = true entonces [IMSS](?X) y [ISSTE](?Y) y [HSP](?Z) y [HOP](?W) y [HP](?O) y [HPMX](?P) y [HSED](?R) y [HMAR](?T)]	*Hospital IMSS *Hospital ISSSTE *Hospital Seguro Popular *Hospital Oportunidades *Hospital Privado *Hospital PEMEX *Hospital SEDENA *Hospital MARINA *Seguro Público *Seguro Privado	Especialidades (has_especialidades) Dirección (has_address)	coordina atiende	?X ?Y ?Z ?W ?O ?P ?R ?T ?U ?V

4.3.11 Tarea 11: Describir instancias

En la Tabla 4.8 se muestra la descripción detallada de algunas de las instancias que aparecen en el diccionario de conceptos. Para cada instancia se define su nombre, el nombre del concepto al que pertenece y los valores de sus atributos de instancia.

La información de cada instancia fue recopilada del sitio web de la Secretaria de Salud, así como también con ayuda de *Google Maps*, para la obtención de las coordenadas geográficas.

Tabla 4. 8 Instancias de la ontología

NOMBRE DE LA INSTANCIA	NOMBRE DEL CONCEPTO	ATRIBUTO	VALORES
Hospital U.M.FIS Magdalena Salinas	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.484030
		has_longitud	-99.136603
Hospital Psiqu. Morelos	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.477952
		has_longitud	-99.097797
Hospital Unidad de Medicina Física Región Norte	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.483292
		has_longitud	-99.134425
Hospital 3N, HGP 3ª Magdalena de la Salinas	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.486033
		has_longitud	-99.135586
Hospital 3N H-Ort Magdalena de la Salinas	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.484870
		has_longitud	-99.135799
Hospital 3N HT Magdalena de la Salinas	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.484111
		has_longitud	-99.135799
Hospital General Zona/Regional HGZ 24 Insurgentes	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.483171
		has_longitud	-99.129190
Hospital General Zona/Regional HGZ MF 29 S. Juan Aragón	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.465752008611386
		has_longitud	-99.08562362194061
Unidad Médico Familiar UMF 20 Vallejo	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.482331
		has_longitud	-99.148062
Unidad Médico Familiar UMF 44 La Escalera	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.512925
		has_longitud	-99.139715
Unidad Médico Familiar UMF 41 Fortuna	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.483434
		has_longitud	-99.132011
Unidad Médico Familiar UMF 11 Peralvillo	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.468474
		has_longitud	-99.130157
Unidad Médico Familiar UMF 3 La Joya	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.460482
		has_longitud	-99.109855
Unidad Médico Familiar	Hospital IMSS	has_latitud	19.499252

Sistema de recomendación de servicios médicos basado en ontologías y servicios de localización

UMF 36 C. Atzacualco	Hospital Programa Oportunidades	has_longitud	-99.094074
Unidad Médico Familiar UMF 94 S. Juan Aragón	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.472965
		has_longitud	-99.081243
Unidad Médico Familiar UMF 23 U. Morelos	Hospital IMSS Hospital Programa Oportunidades	has_latitud	19.478063
		has_longitud	-99.097348
Hospital Regional 1º. de Octubre	Hospital ISSSTE	has_latitud	19.486594
		has_longitud	-99.133150
Clínica de Especialidades Centro de Cirugía Ambulatoria 1º. de Octubre	Hospital ISSSTE	has_latitud	19.487052
		has_longitud	-99.134041
Clínica de Medicina Familiar Aragón	Hospital ISSSTE	has_latitud	19.487672
		has_longitud	-99.140245
Clínica de Medicina Familiar Gustavo Madero	Hospital ISSSTE	has_latitud	19.482073
		has_longitud	-99.118519
Consultorio Auxiliar Clínica Aragón Sagarpa	Hospital ISSSTE	has_latitud	19.483682
		has_longitud	-99.096273
Consultorio Auxiliar Clínica Gustavo A. Madero C.I. y E.A. del IPN Unidad s/n	Hospital ISSSTE	has_latitud	19.486822
		has_longitud	-99.134061
Hospital General la Villa	Hospital Seguro Popular	has_latitud	19.480946
		has_longitud	-99.103301
Hospital Pediátrico la Villa	Hospital Seguro Popular	has_latitud	19.487045
		has_longitud	-99.114257
Hospital de Especialidades MIG	Hospital Privado	has_latitud	19.491283
		has_longitud	-99.1267728
Hospital General Ticomán	Hospital Seguro Popular	has_latitud	19.51460291581134
		has_longitud	-99.138103723526
Hospital Materno Infantil Cuauhtepc	Hospital Seguro Popular	has_latitud	19.5396321
		has_longitud	-99.1407414
Hospital Angeles Lindavista	Hospital Privado	has_latitud	19.4866211
		has_longitud	-99.130148
Hospital Central Norte	Hospital PEMEX	has_latitud	19.479871
		has_longitud	-99.200463
Clínica de Especialidades de la Mujer	Hospital SEDENA	has_latitud	19.438494
		has_longitud	-99.216511
Hospital Central Militar	Hospital SEDENA	has_latitud	19.437163
		has_longitud	-99.215975

4.4 Recuperación de información de la Ontología

Para la recuperación de información de la ontología se hace uso del lenguaje de consulta *SPARQL* descrito en el capítulo anterior. La sintaxis y semántica de *SPARQL* está definida por la etiqueta de formato RDF (*Resource Description Framework*). En consecuencia, las variables de cada consulta deben estar organizadas en tripletas. Los elementos que debe contener una tripleta (su relación se muestra en la Figura 4.12) son:

- Tema: se refiere a una instancia, o una clase.
- Predicado: se refiere a una propiedad o relación.
- Objeto: hace referencia a un valor o una clase.

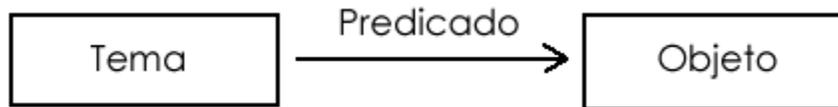


Figura 4. 12 Tripleta RDF

Los valores de las variables se devuelven en resultado de la consulta en un formato basado en la cláusula "SELECT" similar a SQL.

La estructura general seguida para las consultas a la ontología de servicios de salud se muestra a continuación:

```

String queryString=
    "PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>" +
    "PREFIX ubicacion:
<http://www.serviciossalud.com/ontologies/ssalud.owl#>" +
    "PREFIX owl:<http://www.w3.org/2002/07/owl#>" +
    "PREFIX owl2xml:<http://www.w3.org/2006/12/owl2-xml#>" +
    "PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>" +
    "PREFIX rdfs:<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>" +
    "SELECT DISTINCT * " +
    //"FROM "+this.from+
    "WHERE {" +
    "?Hospital ubicacion:especialidades \"Urgencias\"." +
    //"?Hospital ubicacion:has_address ?Direccion. " +
    "?Hospital ubicacion:has_latitud ?Latitud." +
    "?Hospital ubicacion:has_longitud ?Longitud." +
    "}";
  
```

Donde:

- PREFIX, es equivalente a la declaración de *namespaces* en XML (*eXtensible Markup Language*); es decir, se asocia una URI a una etiqueta para describir el *namespace*. Es importante mencionar que pueden ser incluidas diversas etiquetas en una misma consulta.

- `SELECT`, define los datos que serán devueltos en el resultado.
- `FROM`, identifica los datos sobre los que se ejecutará la consulta. Pueden incluirse varias etiquetas `FROM` en una misma consulta.
- `WHERE`, indica el patrón sobre el que se filtraran las tripletas del RDF.

4.5 Cálculo de la distancia entre dos puntos geográficos

Como se mencionó en el capítulo anterior, el cálculo de la distancia entre dos puntos geográficos debe tomar en cuenta que ningún objeto se mueve en un plano recto. Por consiguiente, todos los cálculos de distancia a realizarse en la aplicación deben considerar el arco que describe el recorrido entre dos puntos (ver Figura 4.13).

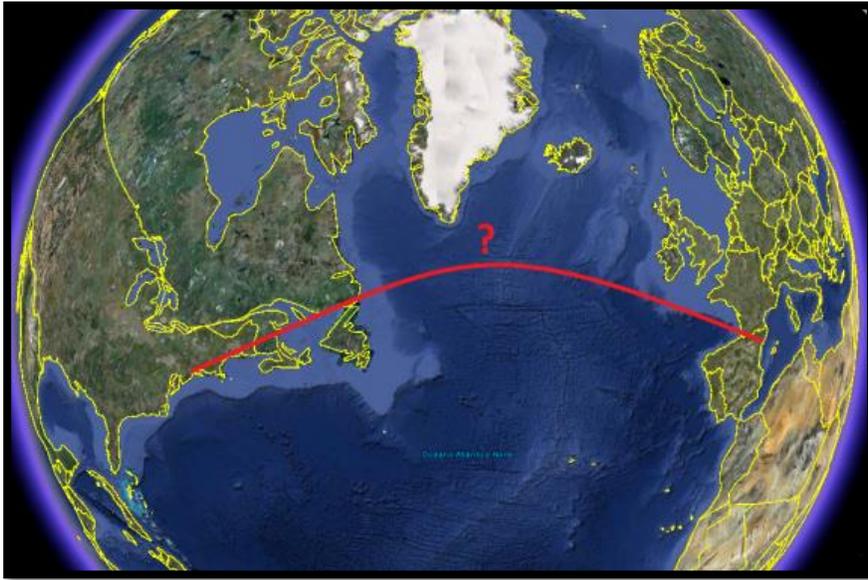


Figura 4. 13 Arco que describe el recorrido entre dos puntos

El método utilizado en la aplicación móvil se basa en la Fórmula del Haversine propuesto en [49] y descrita en el Capítulo 3.

$$dlon = y2 - y1 \quad (4.1)$$

$$dlat = x2 - x1 \quad (4.2)$$

$$a = \sin^2\left(\frac{\text{rad}(dlat)}{2}\right) + \cos x_1 * \cos x_2 * \sin^2\left(\frac{\text{rad}(dlon)}{2}\right) \quad (4.3)$$

$$c = 2 * \arcsin(\min(1, \sqrt{a})) \quad (4.4)$$

$$distancia = R * c \quad (4.5)$$

Donde:

$R = 6378.137 \text{ km}$, radio de la Tierra en kilómetros.

Debido a que se trabaja con funciones trigonométricas y el sistema circular utiliza como unidad de medida el radián, la sustracción entre los puntos de las coordenadas debe estar expresada en radianes.

El empleo de la Fórmula del Haversine proporciona resultados matemáticamente y computacionalmente exactos. El resultado de la Ec. (4.3) es el valor de la distancia en radianes; en la Ec. (4.4), la función `min` protege al resultado de posibles errores de redondeo que podrían entorpecer el cálculo del `arcsin` si los puntos entre los cuales quiere determinarse la distancia se encuentran en lados opuestos de la Tierra.

4.6 Asignación de gradiente de color para los marcadores

Como se mencionó previamente, se asignan distintos tipos de tonalidades para el cálculo de distancia. Dicho valor de tonalidades puede ser de tamaño n . Sin embargo, para el presente caso de estudio, se ocuparon 3: rojo, amarillo y verde.

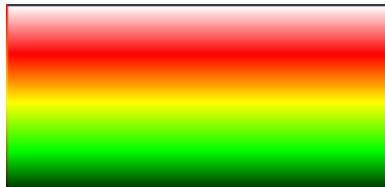


Figura 4. 14 Gradientes de colores para indicar la distancia

La clase y la constante a utilizar para establecer el color de un marcador es [50]: `BitmapDescriptorFactory.HUE_ROSE`. Dicha clase pertenece a otra llamada: `com.google.android.gms.maps.model.BitmapDescriptorFactory`, donde la constante `HUE_ROSE` es de tipo flotante e indica el color del marcador.

4.6.1 Asignación de color verde

El primer parámetro a definir por el usuario es el radio de cobertura para el muestreo de resultados, el cual será el valor de distancia máxima, véase Figura 4.15. Del método descrito se conoce que el valor de la constante para el color verde es el siguiente:

$$HUE_GREEN = 120.0$$

Se plantean dos variables, HUE_inicial y HUE_final. Para esta clase, la variable HUE_final toma el valor de 120 y la otra el valor de 100; de esta manera solo existirán 20 variaciones en el tono de verdes. Se plantea la Ec. (4.6):

$$HUE = \frac{r_a * (HUE_{final} - HUE_{inicial})}{r_1} + HUE_{inicial} \quad (4.6)$$

Donde:

r_a , es la distancia existente entre la ubicación del usuario y un hospital.

$r_1 = distancia\ máxima / 3$, distancia máxima: radio de cobertura.

HUE , es la constante de color asignada al marcador.

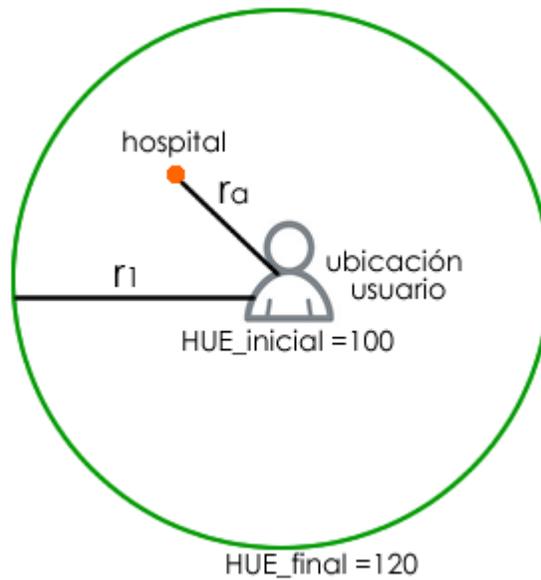


Figura 4. 15 Asignación de color de marcador para el caso verde

Se consideran los siguientes casos para la Ec. (4.6):

- **Caso 1.** Si $r_a = 0$; es decir, la distancia del hospital es igual a la ubicación del usuario.

$$HUE = \frac{0 * (HUE_{final} - HUE_{inicial})}{r_1} \quad (4.7)$$

$$HUE = HUE_{inicial} \quad (4.8)$$

- **Caso 2.** Si $r_a = r_1$; es decir, la distancia del hospital es igual a la distancia máxima entre 3.

$$HUE = \frac{r_1 * (HUE_{final} - HUE_{inicial})}{r_1} + HUE_{inicial} \quad (4.9)$$

$$HUE = HUE_{final} \quad (4.10)$$

4.6.2 Asignación de color amarillo

El valor de la constante para el color amarillo es el siguiente:

$$HUE_YELLOW = 60.0$$

Ahora, la variable HUE_final toma el valor de 60 y HUE_inicial el de 120, siendo este último el valor de la constante para el color verde; de esta manera existirán 60 variaciones en la tonalidad del color amarillo, como se muestra en la Figura 4.16. Tomando la Ec. (4.6) como base, se plantea la Ec. (4.11):

$$HUE = \frac{d_r * (HUE_{final} - HUE_{inicial})}{r_2 - r_1} + HUE_{inicial} \quad (4.11)$$

$$HUE = \frac{r_b - r_1 * (HUE_{final} - HUE_{inicial})}{r_2 - r_1} + HUE_{inicial} \quad (4.12)$$

Donde:

r_b , es la distancia existente entre la ubicación del usuario y un hospital.

$r_2 = r_1 * 2$, es el límite máximo para la asignación del color amarillo.

$r_2 - r_1$, es el límite mínimo para la asignación del color amarillo.

$d_r = r_b - r_1$, es la diferencia existente entre la distancia de un usuario a un hospital y la distancia máxima entre 3.

La variable d_r permite despreciar la distancia para la asignación del color verde, garantizando que el hospital al cual será asignado un color de marcador está ubicado dentro del límite del color amarillo.

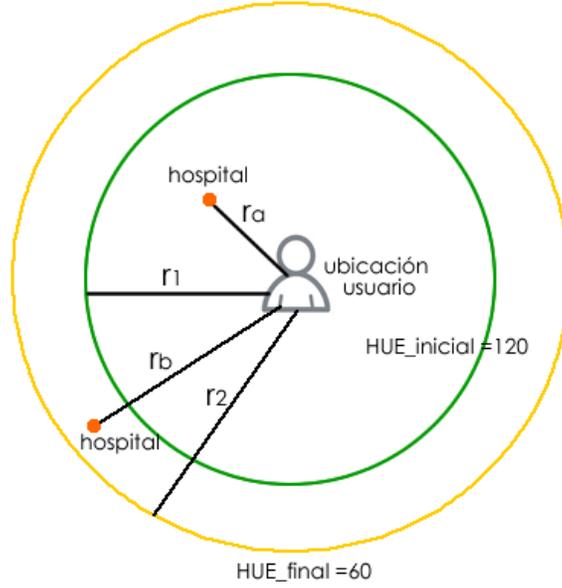


Figura 4. 16 Asignación de color de marcador para el caso amarillo

Al igual que en la asignación del color verde, para la Ec. (4.11) se deben de tomar en cuenta los siguientes casos:

- **Caso 1.** Si $r_b = r_1$; es decir, cuando la distancia de un hospital es igual al límite mínimo de distancia a partir del cual se asigna el color amarillo. Al encontrarse en este caso, el color del marcador asignado será verde.

$$d_r = r_1 - r_1 \quad (4.13)$$

$$d_r = 0 \quad (4.14)$$

$$HUE = \frac{0 * (HUE_{final} - HUE_{inicial})}{r_2 - r_1} + HUE_{inicial} \quad (4.15)$$

$$HUE = HUE_{inicial} \quad (4.16)$$

- **Caso 2.** Si $r_b = r_2$; es decir, cuando la distancia de un hospital es igual al límite máximo de distancia para el color amarillo. Al cumplirse este caso, el color del marcador asignado será amarillo:

$$d_r = r_2 - r_1 \quad (4.17)$$

$$HUE = \frac{r_2 - r_1 * (HUE_{final} - HUE_{inicial})}{r_2 - r_1} + HUE_{inicial} \quad (4.18)$$

$$HUE = HUE_{final} \quad (4.19)$$

4.6.3 Asignación de color rojo

El valor de la constante para el color rojo es el siguiente:

$$HUE_RED = 0.0$$

Ahora, la variable HUE_final toma el valor de 0 y HUE_inicial el de 60, siendo este último el valor de la constante para el color amarillo descrito anteriormente. Para el color rojo existirán 60 variaciones de tonalidad. Tomando como base la Ec. (4.6), se plantea la Ec. (4.20):

$$HUE = \frac{d_r * (HUE_{final} - HUE_{inicial})}{r_3 - r_2} + HUE_{inicial} \quad (4.20)$$

$$HUE = \frac{r_c - r_2 * (HUE_{final} - HUE_{inicial})}{r_3 - r_2} + HUE_{inicial} \quad (4.21)$$

Donde:

r_c , es la distancia existente entre la ubicación del usuario y un hospital.

r_3 , es la distancia máxima (radio de cobertura).

$r_3 - r_2$, es el límite mínimo para la asignación del color rojo.

$d_r = r_c - r_2$, es la diferencia existente entre la distancia del usuario a un hospital y el radio de cobertura.

De acuerdo a lo realizado en la anterior asignación de color, se considera la variable d_r para poder desechar la distancia de las asignaciones verde y amarilla, asegurando que el hospital al cual será asignado un color de marcador está ubicado dentro del límite del color rojo, como se muestra en la Figura 4.17.

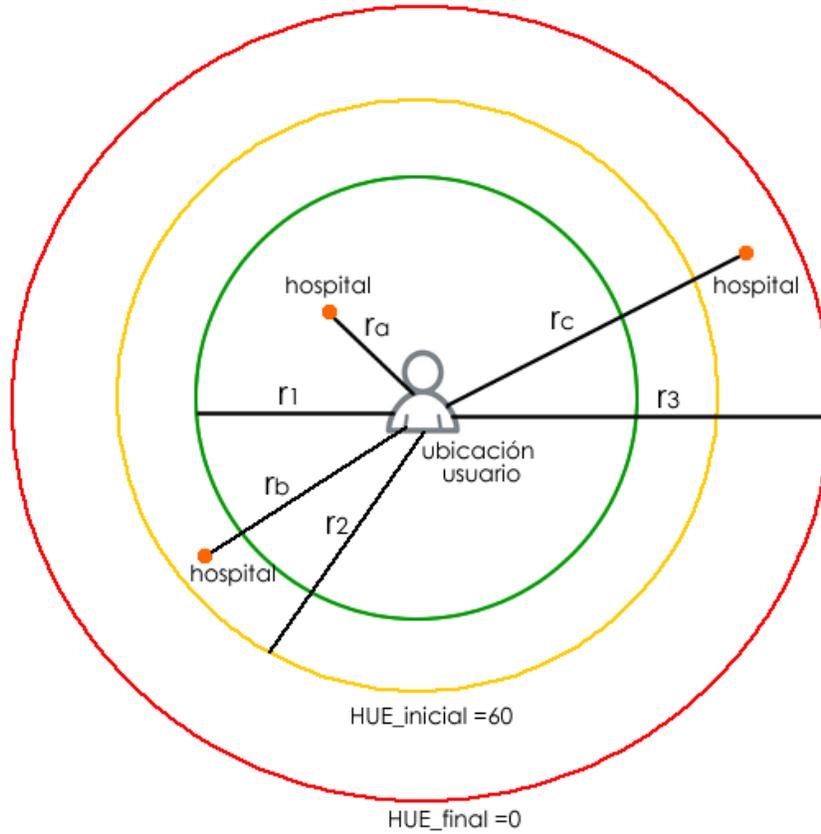


Figura 4. 17 Asignación de color de marcador para el caso rojo

Como caso especial para la Ec. (4.20), se debe considerar la posibilidad de que $r_c = r_3$. Es decir, cuando la distancia de un hospital es igual a la distancia máxima. Se asigna el valor máximo HUE para el color rojo.

$$HUE = \frac{r_c - r_2 * (HUE_{final} - HUE_{inicial})}{r_3 - r_2} + HUE_{inicial} \quad (4.22)$$

$$HUE = \frac{r_3 - r_2 * (HUE_{final} - HUE_{inicial})}{r_3 - r_2} + HUE_{inicial} \quad (4.23)$$

$$HUE = HUE_{final} \quad (4.24)$$

4.7 Criterio de asignación de posiciones para el *ranking* de hospitales

El criterio que se siguió para la asignación de la posición que tendrá un hospital dentro del ranking mostrado en la vista tabular de los resultados es el mismo que se siguió para la asignación de colores a los marcadores.

Por lo tanto una vez que se ha obtenido el conjunto de hospitales resultado se realiza su conversión a un conjunto ordenado ascendentemente de acuerdo a la distancia existente entre la ubicación del usuario y el hospital.

En la Figura 4.18 se ejemplifica la manera en la que un elemento del conjunto de hospitales (h_i) es transformado a un hospital con *ranking* (h_j).

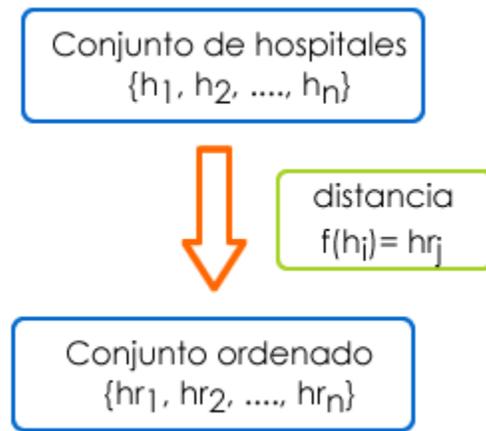


Figura 4. 18. *Ranking* de hospitales

Es importante destacar al igual que los marcadores, el campo que despliega la distancia del hospital también tendrá una tonalidad de color.

Capítulo 5: Resultados

En este capítulo se presentan algunas pruebas realizadas y sus implicaciones. Igualmente, se muestran algunos resultados y comentarios acerca de su interpretación.

5.1 Diseño de la aplicación

En este apartado, se muestra a través de diagramas UML (*Unified Modeling Language*) el diseño de la aplicación, las funciones principales que tiene y su interacción con el usuario.

5.1.1 Diagramas de casos de uso

Los diagramas de caso de uso describen el comportamiento y la funcionalidad de la aplicación desde el punto de vista del usuario. La ventaja principal de este tipo de diagramas es su fácil interpretación por parte de una persona.

5.1.1.1 Diagrama de casos de uso: aplicación móvil

En la Figura 5.1, se puede observar el diagrama de casos de uso general de la aplicación móvil, donde se muestran las funciones principales que podrá realizar el usuario.

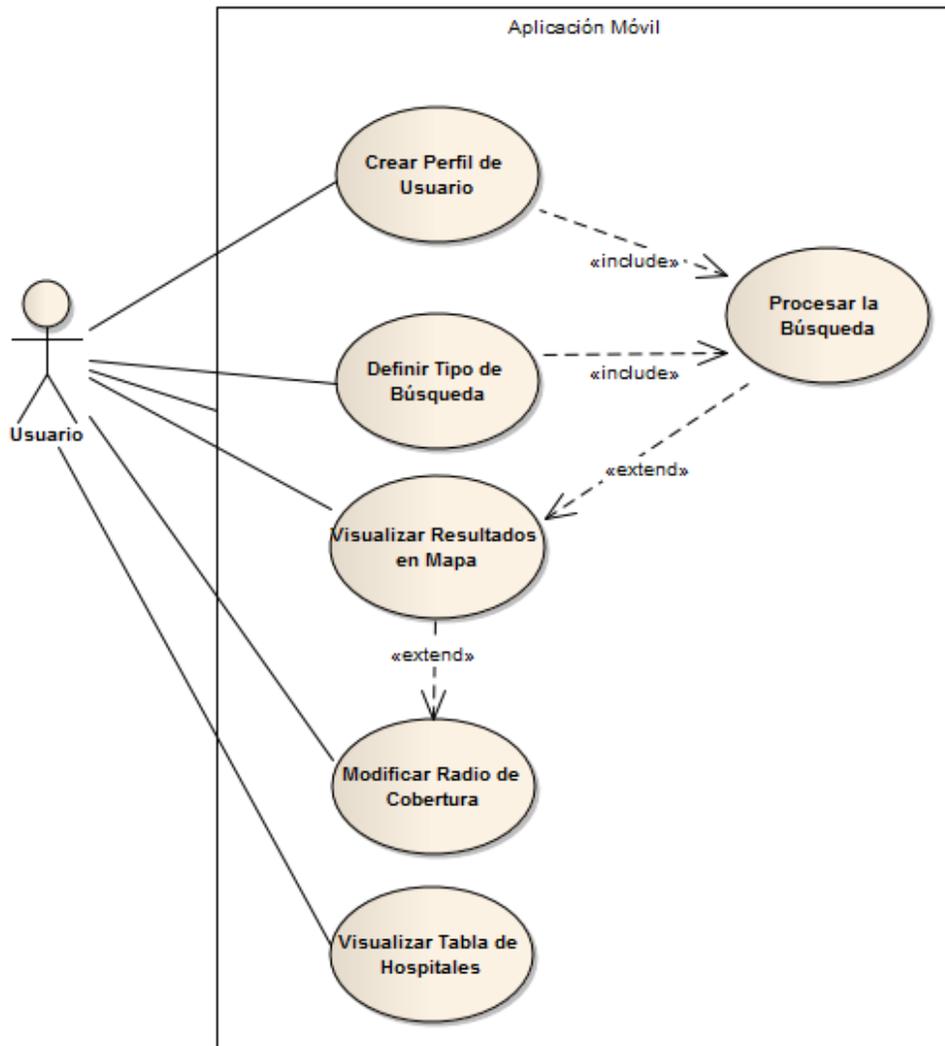


Figura 5. 1 Caso de uso: aplicación móvil

5.1.1.2 Diagrama de casos de uso: crear perfil de usuario

En la Figura 5.2 se presenta el diagrama de casos de uso para la creación de un perfil por parte del usuario. Este proceso es de gran importancia ya que con base en la información almacenada, se realiza una búsqueda personalizada de hospitales.

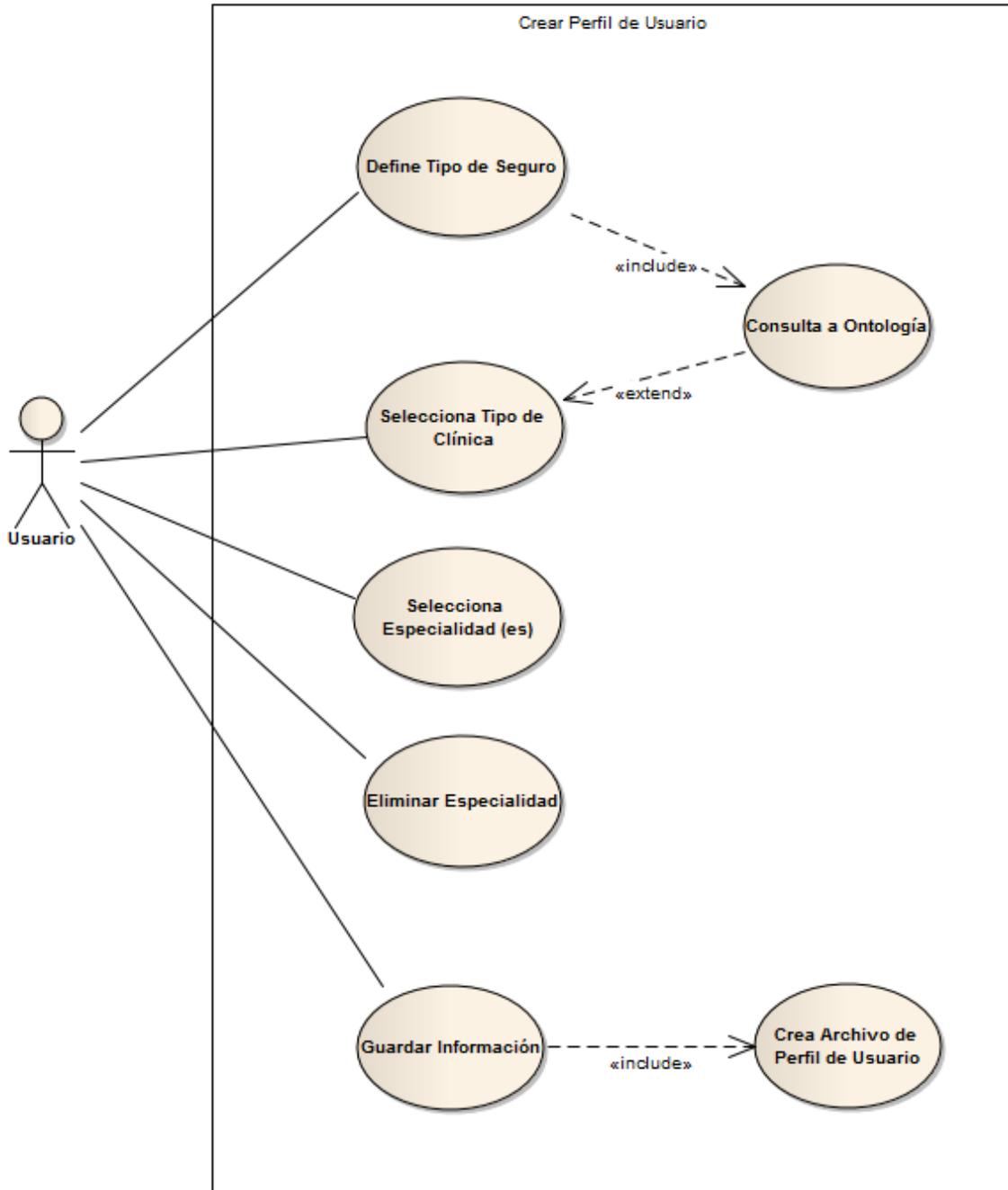


Figura 5. 2 Caso de uso: crear perfil de usuario

5.1.2 Diagramas de secuencia

Los diagramas de secuencia muestran la interacción que existe entre los objetos a lo largo del tiempo y las acciones que se pueden realizar en la aplicación. Este tipo de diagramas están conformados por objetos, mensajes entre estos y una línea vertical.

5.1.2.1 Diagrama de secuencia: aplicación móvil

La Figura 5.3 muestra el diagrama de secuencia general para la aplicación móvil.

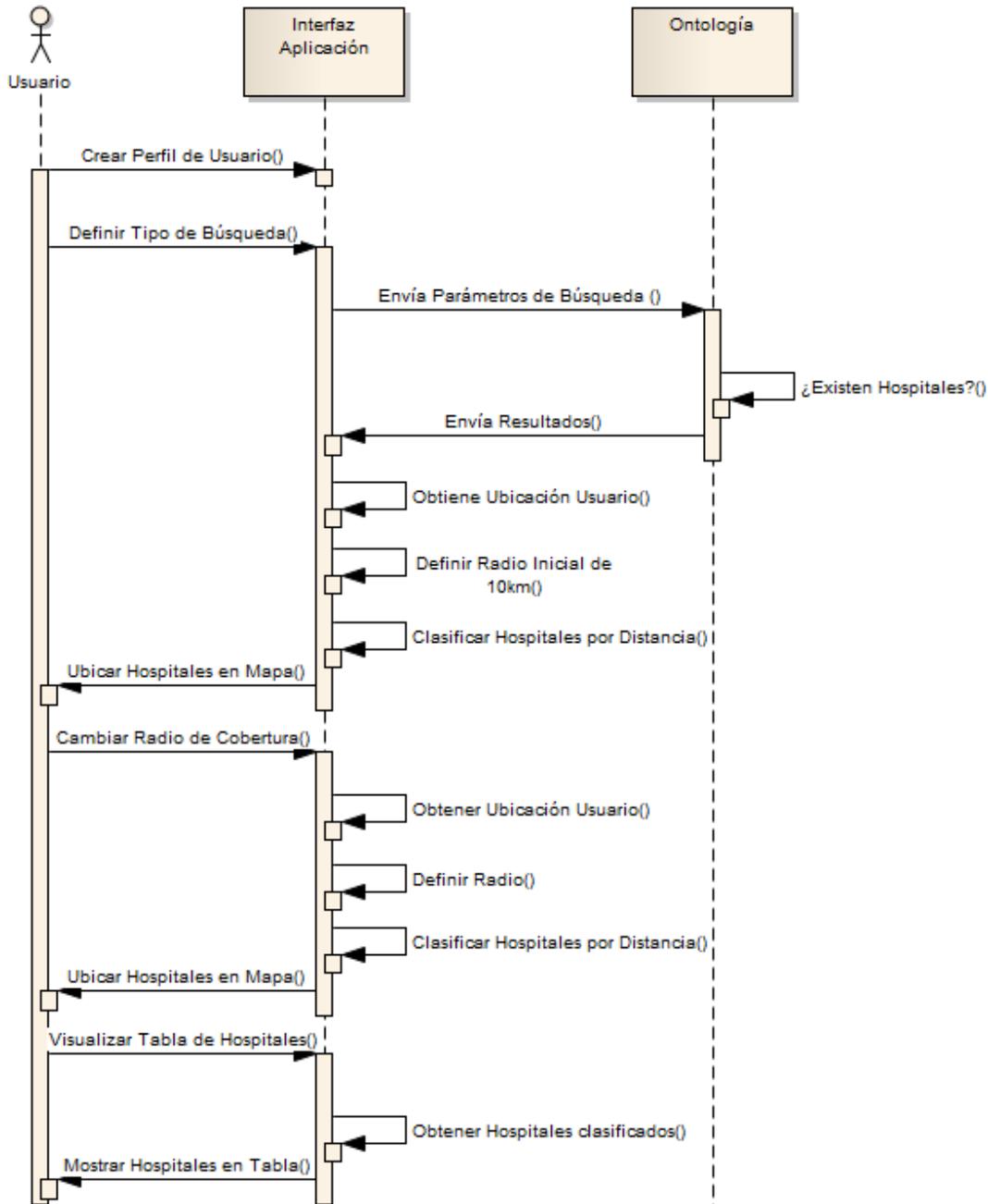


Figura 5.3 Diagrama de secuencia: aplicación móvil

5.1.2.2 Diagrama de secuencia: crear perfil de usuario

En la Figura 5.4 se presenta el diagrama de secuencia que describe el procedimiento para crear el perfil de usuario y almacenar la información en un archivo dentro de la memoria del dispositivo móvil.

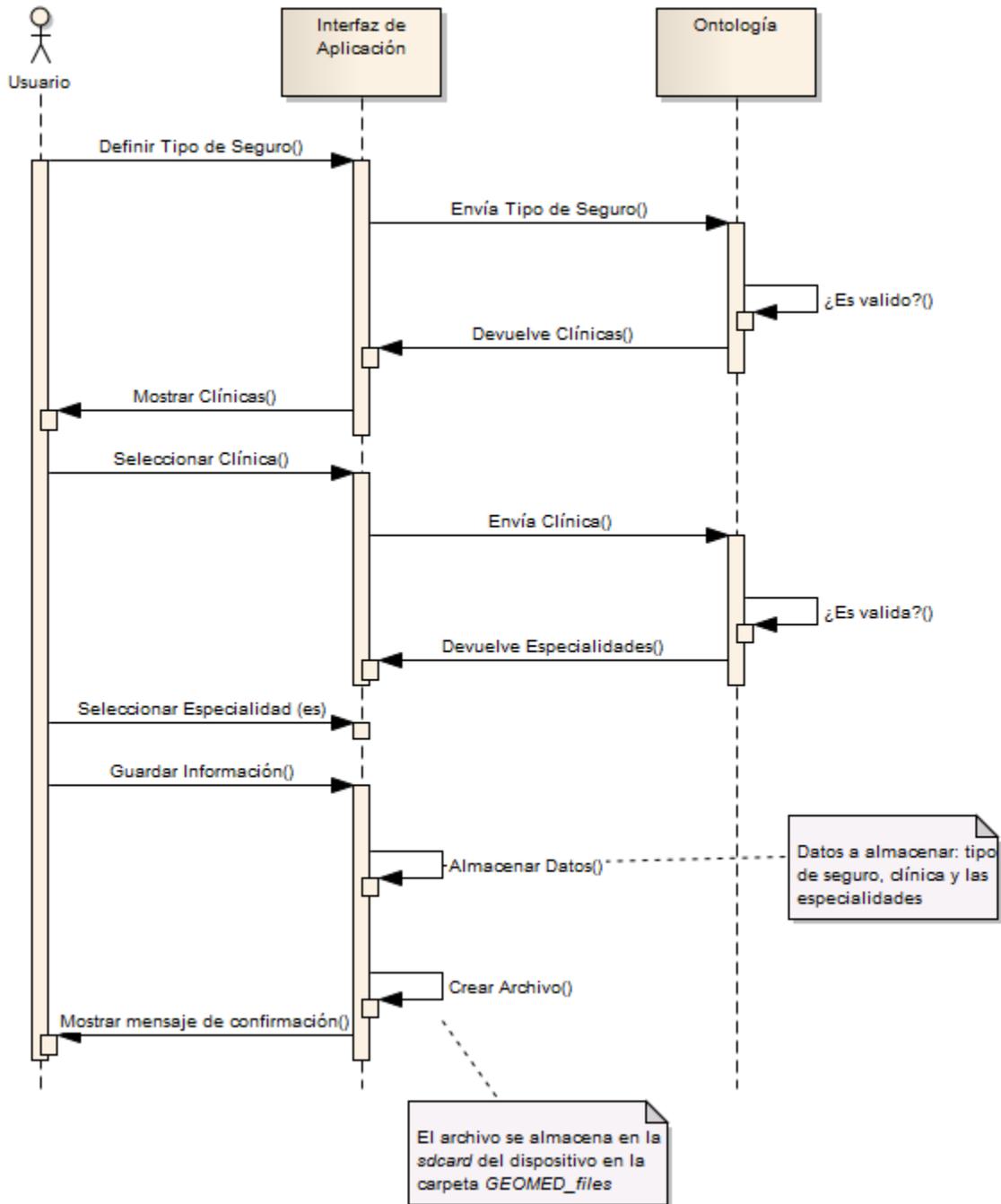


Figura 5. 4 Diagrama de secuencia: perfil de usuario

5.1.3 Diagrama de clases

Este diagrama muestra el diseño estático del sistema con las clases, interfaces y relaciones existentes entre estas. La Figura 5.5 presenta el diagrama de clases general de la aplicación.

Al cargarse la interface <<Búsqueda>>, el usuario seleccionará el tipo de búsqueda que desea realizar, de esta manera se hará una conexión con la clase <<Ontología>> para iniciar la recuperación de información. Con los datos recopilados se hace una conexión con la interface <<GoogleMaps>> para hacer la interpretación de los resultados y poder ubicarlos en el mapa.

Es importante mencionar que la interface <<BusquedaPersonal>> depende de la interface <<Búsqueda>>, ya que la primera sólo se cargará en caso de que la búsqueda seleccionada sea la de perfil de usuario. Igualmente, esta interface depende de la clase <<Especialidades>>, ya que a través de sus métodos se controla la forma en la que se despliegan en pantalla las especialidades.

Si el usuario no tiene configurado su perfil y selecciona la opción para crearlo, se cargará la interface <<PerfilUsuario>>, la cual hace una conexión a la clase <<Ontología>> para obtener la información a partir de la cual será formado el perfil. Al terminar este proceso todos los datos serán almacenados en un archivo de texto llamado "PerfilUsuario", mismo que será utilizado al cargar la interface <<BusquedaPersonal>> pues ahí se encuentra la información del usuario.

Finalmente la interface <<GoogleMaps>> esta relacionada con la interface <<TablaHospitales>>. Está última es la encargada de mostrar en una tabla todos los hospitales ubicados en el mapa de acuerdo a su distancia. Las clases <<ListaHospitales>> y <<ListaAdaptadorHosp>> contienen la estructura y los métodos que controlan la forma en la que se despliega y ordena la información.

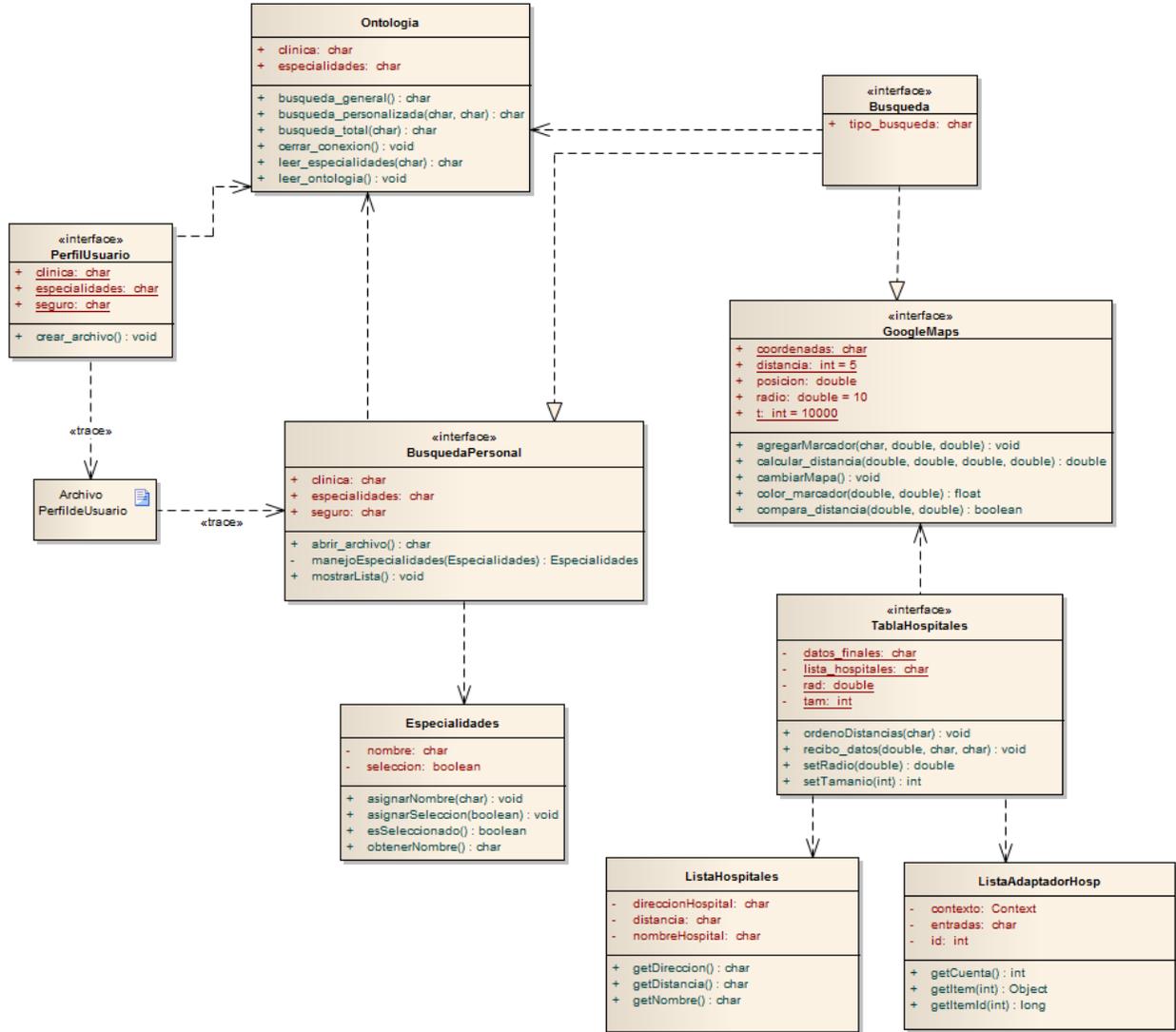


Figura 5. 5 Diagrama de clases de la aplicación

5.2 Pruebas y resultados

Antes de comenzar la descripción de las pruebas, es importante mencionar que la ontología está integrada en la aplicación. Es decir, el usuario solo necesita descargar e instalar el archivo con la aplicación sin preocuparse por cargar algún otro tipo de información.

Las pruebas fueron realizadas en los dispositivos descritos en la Tabla 5.1.

Tabla 5. 1 Dispositivos de prueba

Samsung Galaxy S3 GT-I9300	Samsung Galaxy Tab 10.1 GT-P7500
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema Operativo Android 4.3 – Jelly Bean • Ubicación: GPS disponible • Wi-Fi disponible 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema Operativo Android 4.2-Jelly Bean • Ubicación: A-GPS disponible • Servicio de Localización con <i>Google Maps</i> (navegación <i>turn-by-turn</i>) • Wi-Fi disponible

Debido al caso de estudio en el cual se utilizó la información de los hospitales ubicados dentro de la delegación Gustavo A. Madero, las pruebas fueron efectuadas dentro de la región abarcada por esta delegación.

5.2.1 Crear perfil de usuario

En la Figura 5.6 (a) se observa la primer pantalla desplegada al iniciar la aplicación. Si el usuario no ha configurado un perfil, se mostrará el siguiente mensaje: “No ha configurado perfil de usuario”.

Para crear un perfil, el usuario debe dar clic al botón “Configurar Perfil” cargando de esta forma la pantalla mostrada en la Figura 5.6 (b). En esta sección, se define como primer punto el tipo de seguro ya que dependiendo de esta elección se carga la información restante.

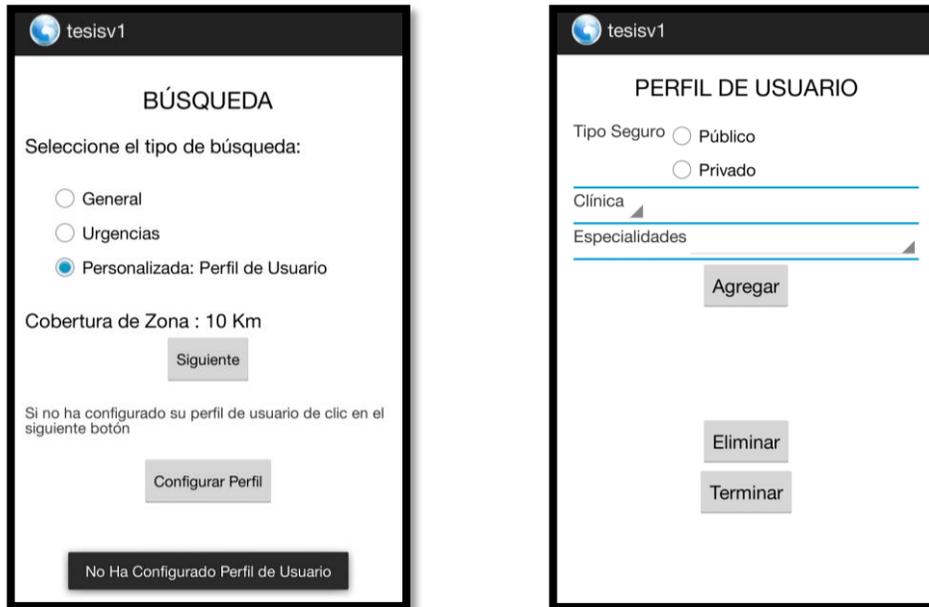


Figura 5. 6 (a) Mensaje de ausencia de perfil de usuario (b) Primer pantalla para crear perfil de usuario

Como se muestra en la Figura 5.7 (a), una vez que el tipo de seguro es seleccionado se cargan las clínicas y las especialidades que cada una de ellas atiende. Dichas especialidades son añadidas a través del botón “Agregar” y mostradas debajo en forma de lista.

Para la presente prueba (ver Figura 5.7 (b)), se creó un perfil de un usuario que hace uso del servicio público, la clínica del ISSSTE y consulta las especialidades oftalmología, odontología, medicina general, cardiología y neurología.



Figura 5.7 (a) Selección de clínica

(b) Especialidades seleccionadas

El botón “Eliminar” permite suprimir alguna especialidad de la lista, veáse Figura 5.8.



Figura 5.8. Opción para eliminar especialidades

Finalmente, para almacenar la información se da clic en el botón de “Terminar”; enseguida se desplegará un mensaje indicando que la información será guardada (ver Figura 5.9). El archivo

creado será estar localizado en la memoria del dispositivo dentro de la carpeta *GEOMED_files* creada por la aplicación.



Figura 5. 9 Guardar información de perfil

5.2.2 Búsqueda general

Como se mencionó previamente, al iniciar la aplicación se carga una pantalla donde se define el tipo de búsqueda. Para este caso, se realizó la prueba del procedimiento y resultados arrojados en una búsqueda general tal y como se muestra en la Figura 5.10.

La búsqueda general devuelve todos los hospitales cercanos al usuario en un radio inicial de 10 km. En la Figura 5.11 se puede observar el resultado arrojado por la consulta general, donde el marcador azul se refiere a la ubicación del dispositivo del usuario y los demás a los hospitales encontrados dentro de la zona. El color asignado al marcador de un hospital de acuerdo a su distancia, sigue el procedimiento descrito en el capítulo anterior.

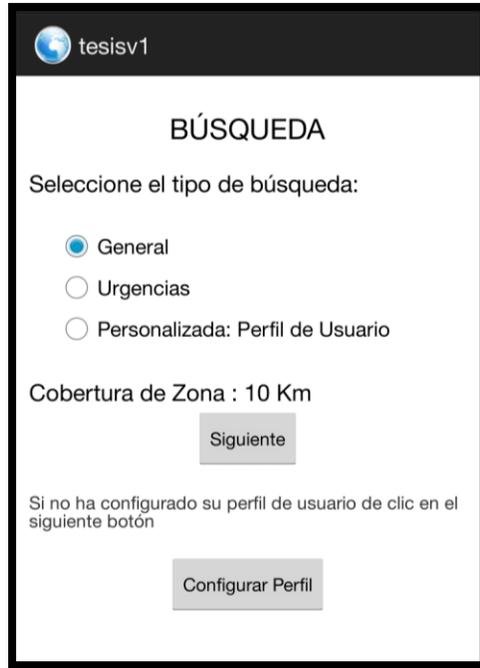


Figura 5. 10 Búsqueda general

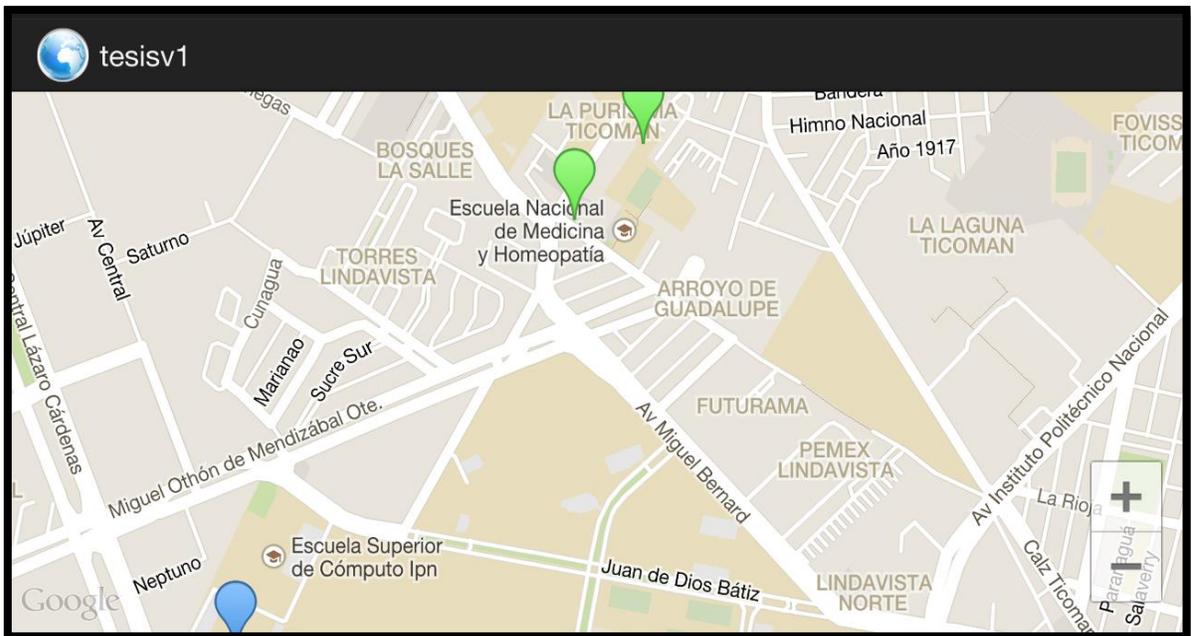


Figura 5. 11 Resultados de la búsqueda general

Continuando con los marcadores, cada uno de ellos tiene como contenido: el nombre del hospital, su dirección y la distancia en kilómetros que existe en línea recta desde la ubicación del usuario

hasta el hospital (ver Figura 5.12). Por el contrario, el marcador correspondiente a la posición del usuario, contiene la dirección de su localización.



Figura 5. 12 Contenido de un marcador

Al hacer un alejamiento en el zoom, puede observarse sobre el mapa la existencia de más hospitales dentro de la zona especificada (esto se muestra en la Figura 5.13).

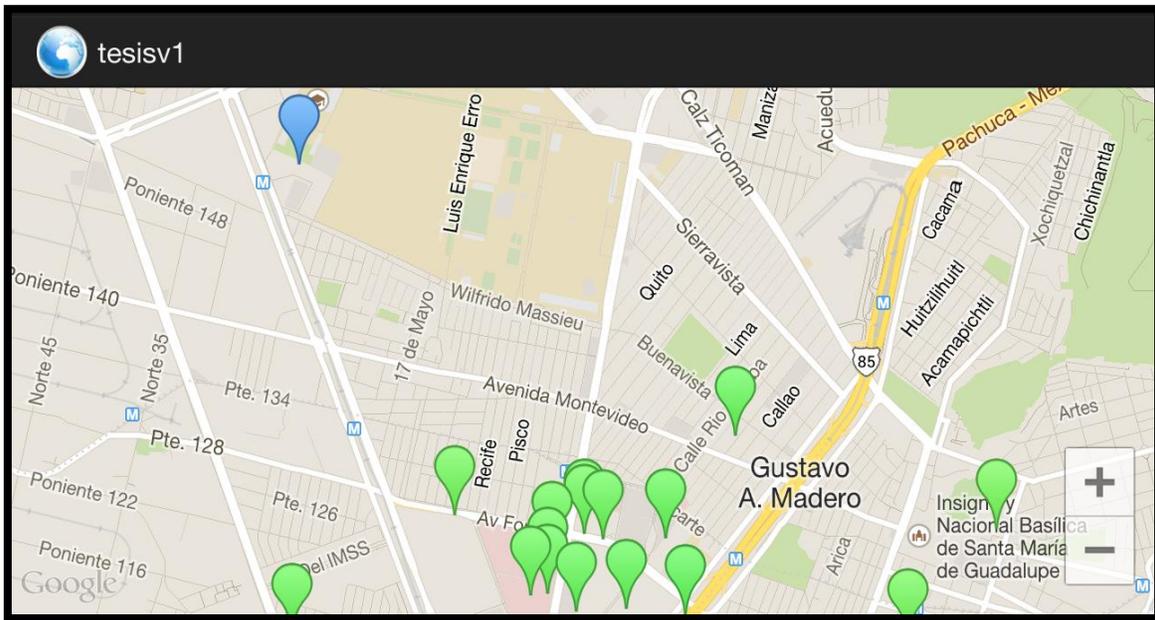


Figura 5. 13 Búsqueda general con alejamiento

5.2.3 Búsqueda por urgencias

Tal y como se ha mencionado a lo largo del presente trabajo, la búsqueda por urgencias devolverá al usuario una lista con aquellos hospitales cercanos a su ubicación que atienden el servicio de urgencias.

Al igual que en la búsqueda general, los resultados serán mostrados como primer filtro en un radio de 10km.

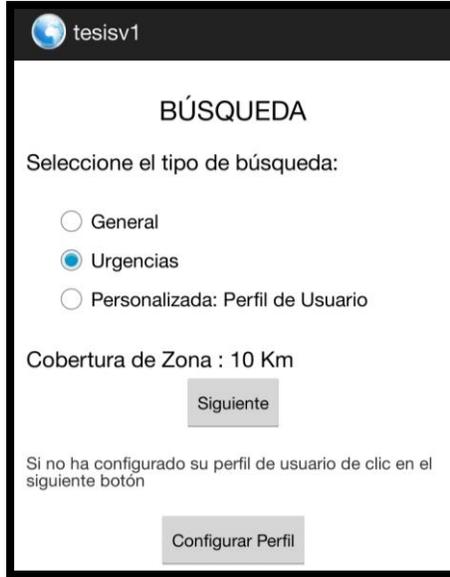


Figura 5. 14 Búsqueda por urgencias

Como se muestra en la Figura 5.15, el resultado que arroja la búsqueda indica a primera vista la presencia de un hospital.

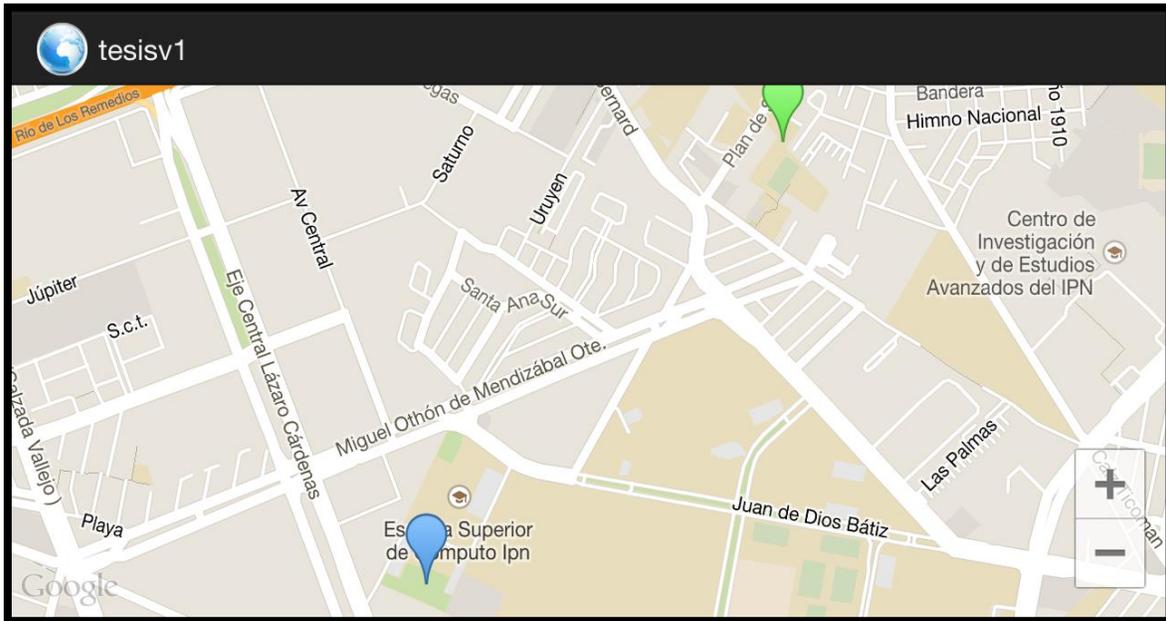


Figura 5. 15 Resultados de la búsqueda por urgencias

Al hacer un alejamiento en el *zoom* se visualizan más hospitales que ofrecen el servicio de urgencias, veáse Figura 5.16.

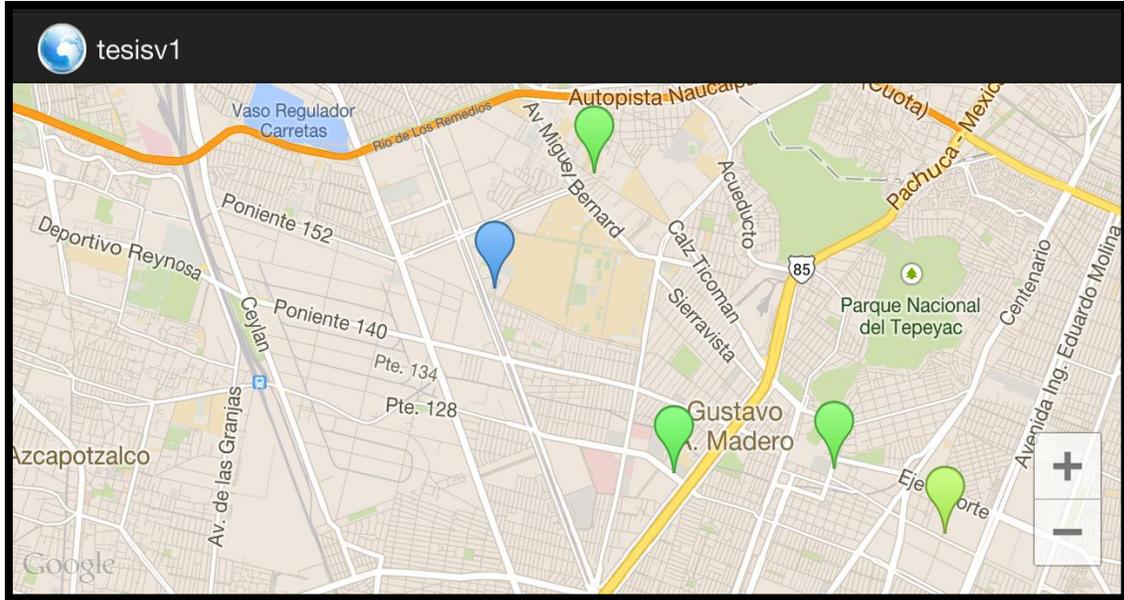


Figura 5. 16 Búsqueda por urgencias con alejamiento de zoom

Es importante mencionar para los tres que tipos de búsqueda el radio inicial de 10 km puede ser modificado por el usuario. En la Figura 5.17 (a), se observa el menú a través del cual se puede acceder a esta opción. En este caso el radio fue modificado a 5 km, quedando como ilustra la Figura 5.17 (b).

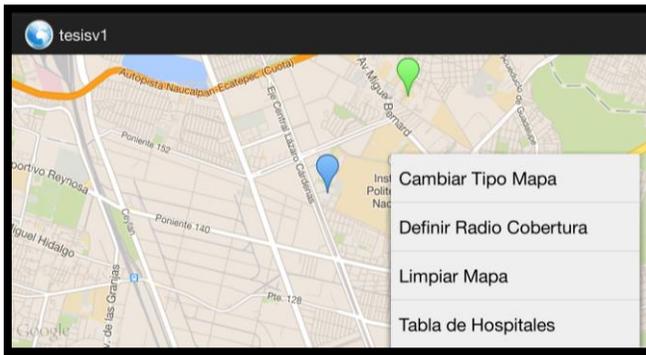
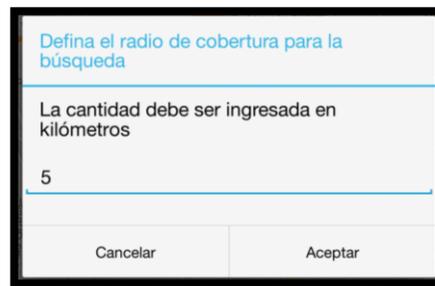


Figura 5. 17 (a) Menú para acceso a cambio de radio



(b) Modificación de radio de cobertura

Al realizar este cambio y hacer un ligero alejamiento de zoom se muestran los nuevos resultados (ver Figura 5.18). Se puede percibir una variación en los colores de los marcadores con respecto a los presentados en la Figura 5.16, ya que al hacer una modificación en el radio los hospitales vuelven a ser clasificados de acuerdo a su distancia, asignando una nueva tonalidad de color a su marcador.

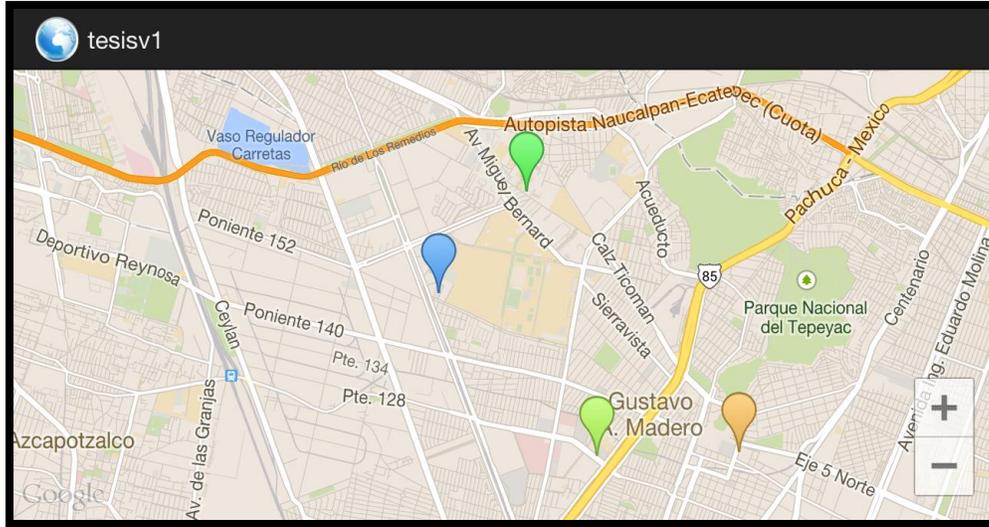


Figura 5. 18 Resultados después de modificar el radio

5.2.4 Búsqueda por perfil de usuario

A diferencia de las dos búsquedas presentadas previamente, la de perfil de usuario utiliza la información contenida en el archivo de perfil creado con anterioridad (ver sección 5.2.1).

En la Figura 5.19 (a) se muestra la primer pantalla, donde el usuario elige el tipo de búsqueda. Posteriormente en la Figura 5.19 (b) se presenta la pantalla que carga la información del perfil, a partir de la cual se hace la búsqueda.

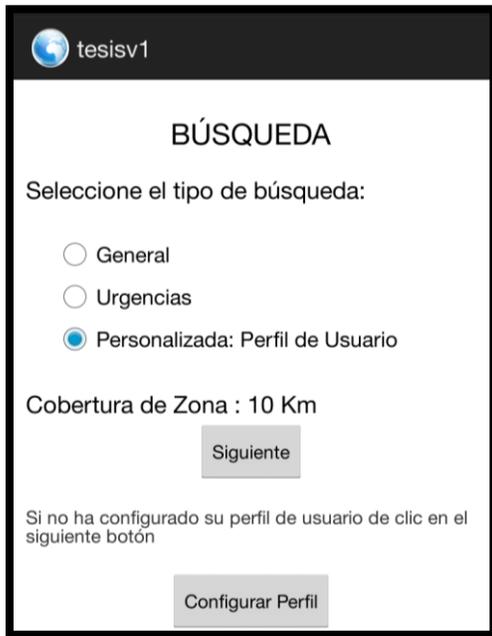
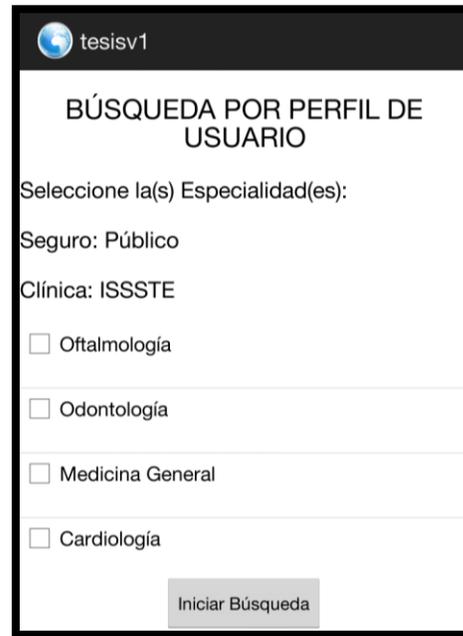


Figura 5. 19 (a) Búsqueda por perfil de usuario



(b) Información de perfil de usuario

Como primera prueba, se hace una búsqueda de los hospitales que pertenezcan a la Institución de Seguridad Social ISSSTE y que atiendan la especialidad de odontología (ver Figura 5.20). Los resultados de esta búsqueda son los mostrados en la Figura 5.21.

tesisv1

BÚSQUEDA POR PERFIL DE USUARIO

Seleccione la(s) Especialidad(es):

Seguro: Público

Clínica: ISSSTE

Oftalmología

Odontología

Medicina General

Cardiología

Iniciar Búsqueda

Selección: Odontología

Figura 5. 20 Búsqueda por especialidad: odontología

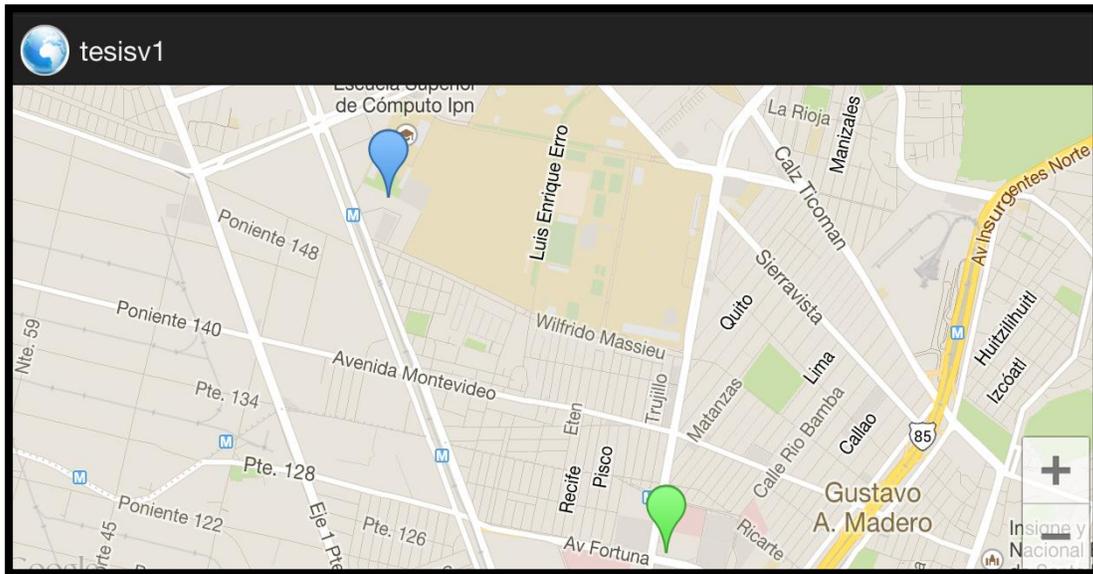


Figura 5. 21 Resultados de búsqueda por especialidad odontología

5.2.5 Visualización de hospitales

Esta opción que aparece en el menú como “Tabla de Hospitales” da al usuario la posibilidad de ver la información referente a cada hospital sobre una lista ordenada ascendentemente de acuerdo a la distancia existente entre cada centro médico y la ubicación del usuario.

El ordenamiento realizado a los hospitales permite hacer una clasificación extra a los resultados obtenidos de la búsqueda, proporcionando una vista tabular de las mejores recomendaciones obtenidas por la aplicación.

En la Figura 5.22 (a) se muestra la tabla de hospitales que resulta de una búsqueda por Urgencias, donde cada hospital esta marcado por el color correspondiente de acuerdo a su distancia. De igual forma, en la Figura 5.22 (b) se muestra la tabla correspondiente a una búsqueda por urgencias pero ahora con una modificación de 6 km al radio de cobertura.

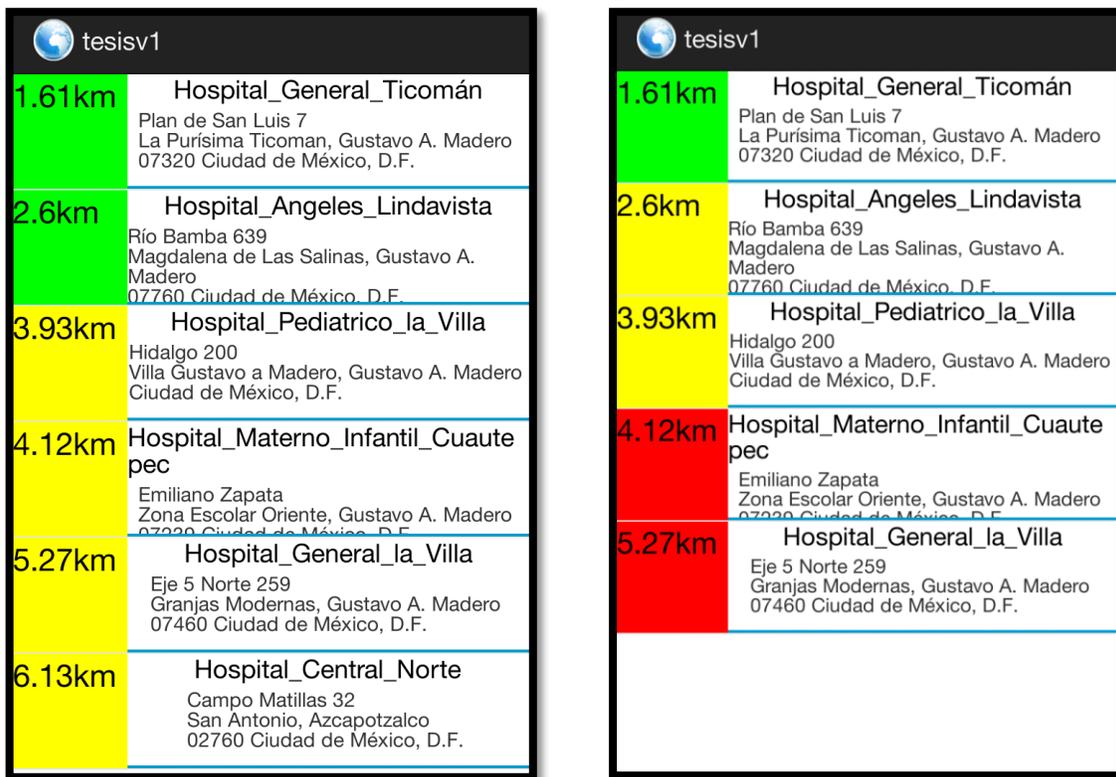


Figura 5.22 (a) Vista tabular de las recomendaciones (b) Vista tabular de las recomendaciones en un radio de 6 km

5.2.6 Casos especiales

5.2.6.1 GPS no activo

Si el usuario intenta realizar una búsqueda y el GPS de su dispositivo no está activo, la aplicación despliega el siguiente mensaje (ver Figura 5.23 (a)). En caso contrario se despliega el mensaje de la Figura 5.23 (b).



Figura 5. 23 (a) Mensaje: GPS no activo



(b) Mensaje: GPS activo

5.2.6.2 Cambio de mapa

Esta opción del menú permite al usuario cambiar la vista del mapa de normal a híbrido (ver Figura 5.24). Este cambio significa que sobre las fotos satelitales es visible el nombre de las calles y la existencia de diferentes puntos importantes.

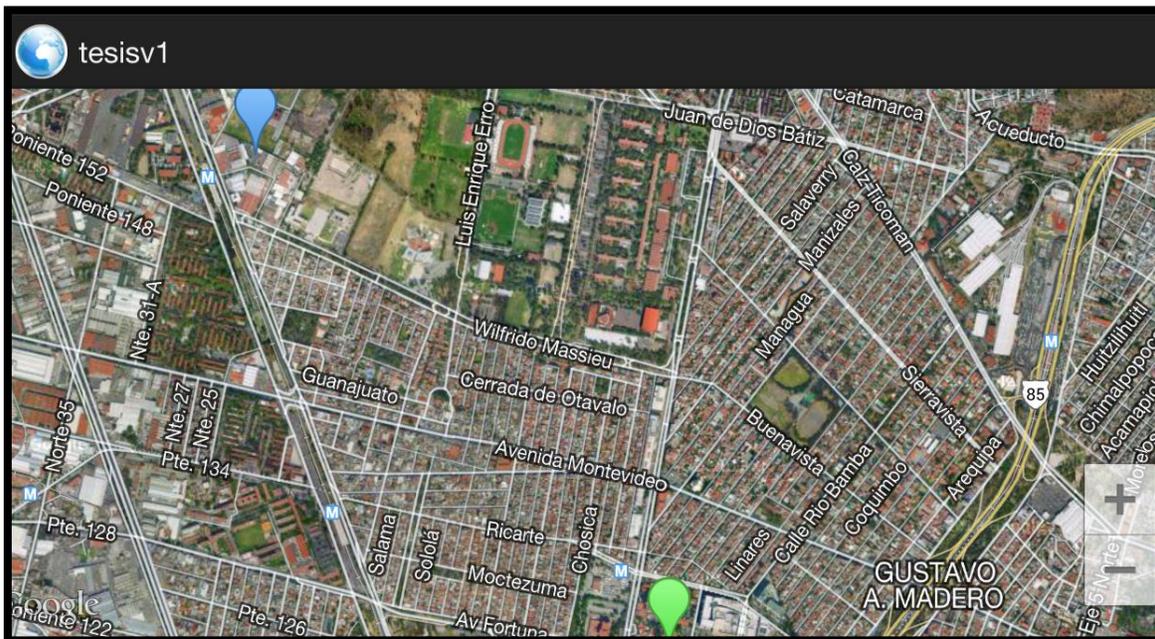


Figura 5. 24 Vista de un mapa híbrido

5.2.6.3 Ausencia de resultados

La ausencia de resultados se da principalmente en la búsqueda por perfil de usuario, ya que la consulta por especialidad es más específica.

Si una búsqueda no devuelve resultados, en pantalla se despliega el mensaje de la Figura 5.25.

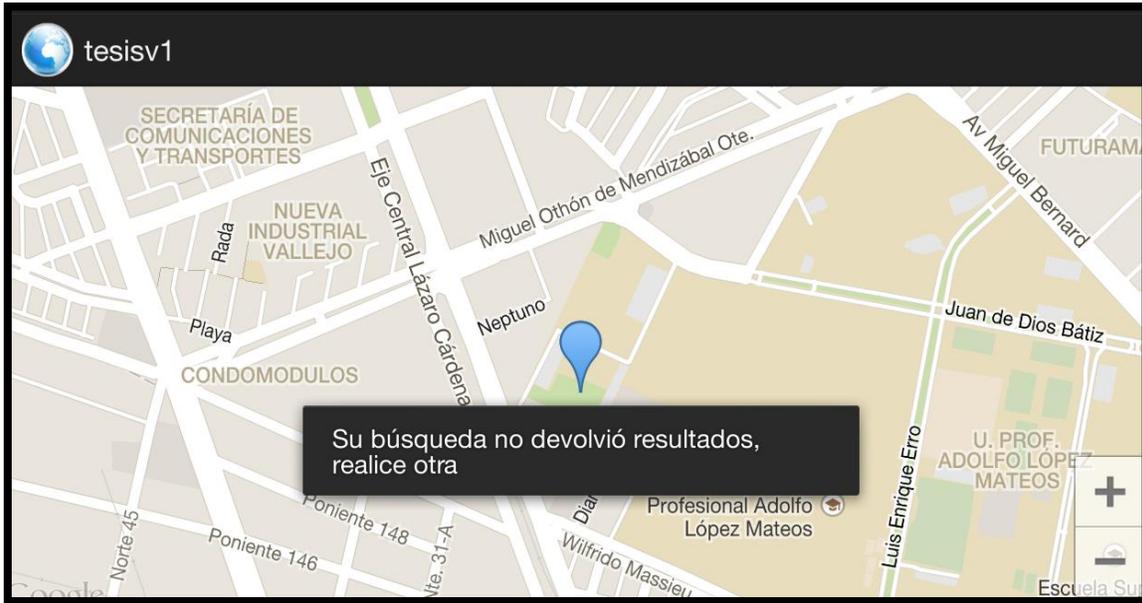


Figura 5. 25 Mensaje: ausencia de resultados

5.2.6.4 Resultados en un radio más amplio

Existe la posibilidad de que la existencia de resultados este a un radio más amplio que el inicial de 10 km. Por ejemplo para el caso de estudio de un usuario ubicado en la delegación Gustavo A. Madero y es un trabajador de la Defensa Nacional.

Tomando en cuenta estos aspectos, su perfil tiene como base las clínicas de la SEDENA, para lo cual se puede apreciar la Figura 5.26.

tesisv1

PERFIL DE USUARIO

Tipo Seguro Público
 Privado

Clínica SEDNA

Especialidades Cardiología

Agregar

Otorrinolaringología

Oftalmología

Eliminar

Terminar

Figura 5. 26 Caso: perfil de usuario SEDENA

El usuario desea realizar una búsqueda por la especialidad de otorrinolaringología (ver Figura 5.27), donde los primeros resultados son los visualizados en la Figura 5.28.

tesisv1

BÚSQUEDA POR PERFIL DE USUARIO

Seleccione la(s) Especialidad(es):

Seguro: Público

Clínica: SEDENA

Otorrinolaringología

Oftalmología

Cardiología

Iniciar Búsqueda

Figura 5. 27 Búsqueda por especialidad: otorrinolaringología

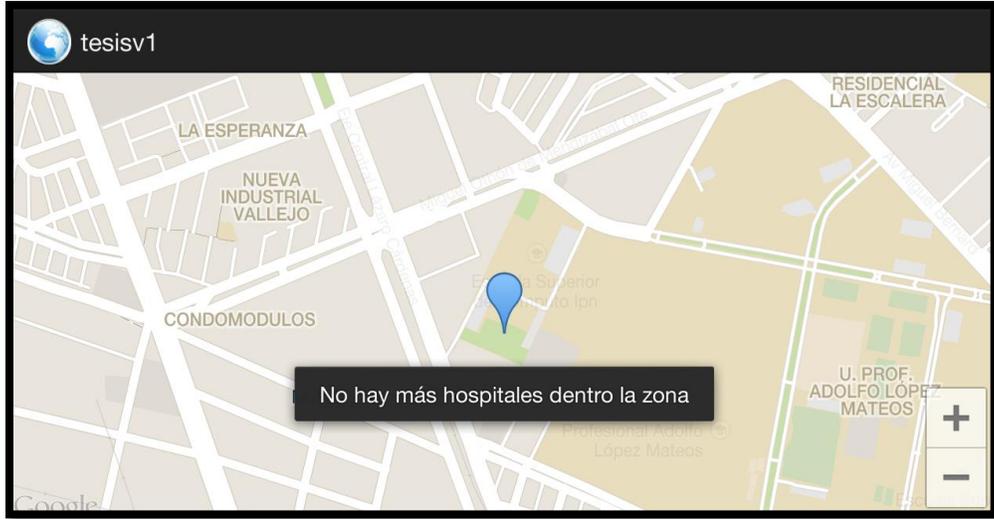


Figura 5. 28 Ausencia de hospitales a 10 km

Sin embargo, al ampliar el radio de cobertura a 15 km (ver Figura 5.29) y hacer un alejamiento en el zoom, se aprecia la existencia de un hospital (ver Figura 5.30).

A screenshot of a mobile application dialog box. The title is 'Defina el radio de cobertura para la búsqueda' in blue text. Below the title, there is a line of text: 'La cantidad debe ser ingresada en kilómetros'. Underneath, there is a text input field containing the number '15'. At the bottom of the dialog, there are two buttons: 'Cancelar' on the left and 'Aceptar' on the right.

Figura 5. 29 Cambio a un radio mayor: 15 km

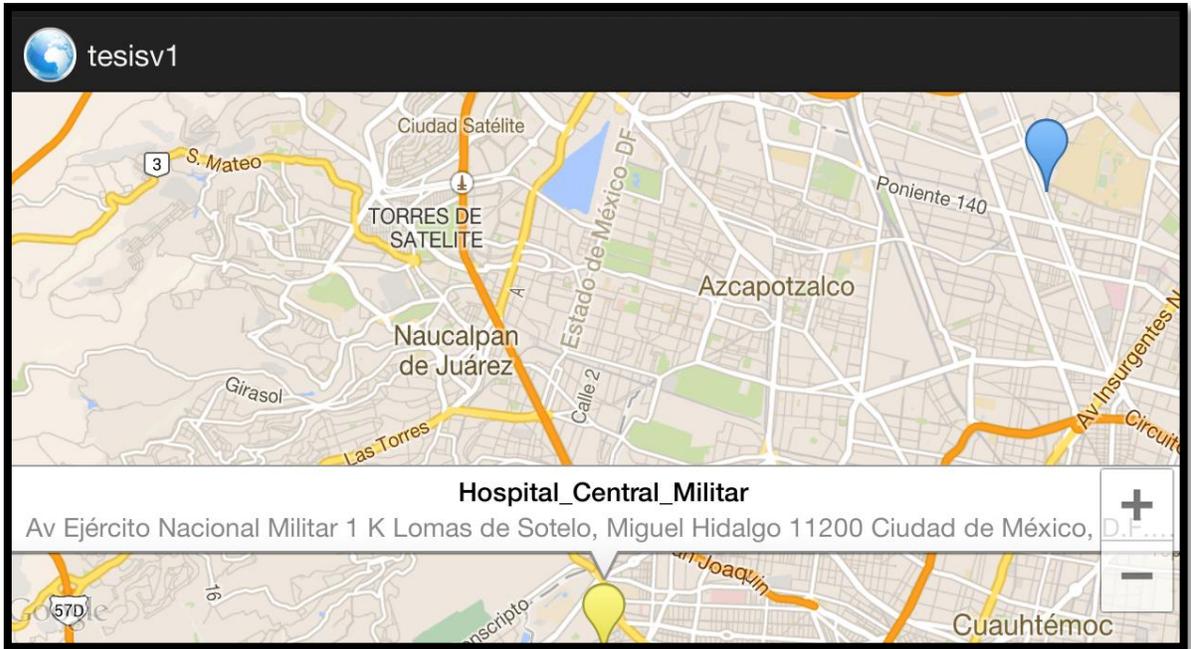


Figura 5. 30 Existencia de resultados a mayor distancia

5.3 Comparación de resultados

A continuación se realiza una comparación de resultados en la búsqueda de hospitales entre la aplicación desarrollada y dos aplicaciones existentes. La primera fue *Google Maps* y la segunda *estoyenelmapa.com*. Es importante destacar que ninguna de las dos últimas aplicaciones mencionadas permite seleccionar preferencias muy específicas en la búsqueda.

5.3.1 *Google Maps*

En la Figura 5.31 se muestran los puntos obtenidos en la versión de *Google Maps* para escritorio al hacer la búsqueda de hospitales mientras que en la Figura 5.32 los resultados para la versión móvil.

A pesar de que la búsqueda sí devolvió resultados, *Google Maps* no permite hacer una búsqueda refinada de hospitales por categoría o tipo de atención.

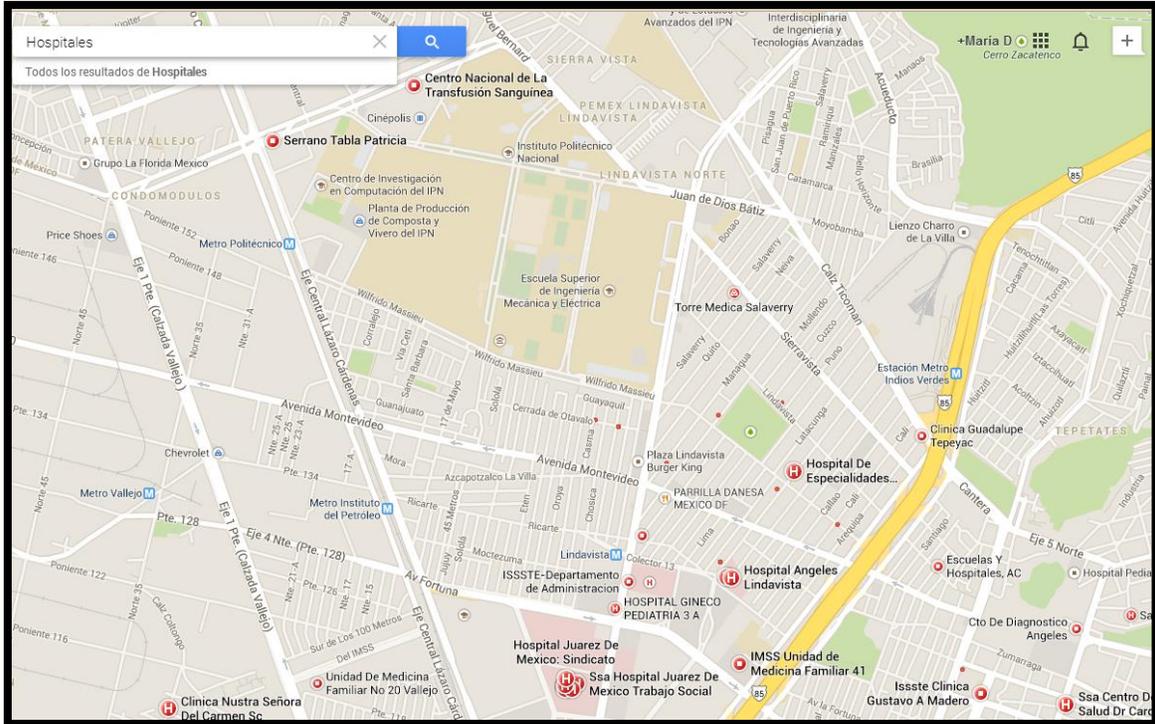


Figura 5. 31 Resultados Google Maps versión para escritorio

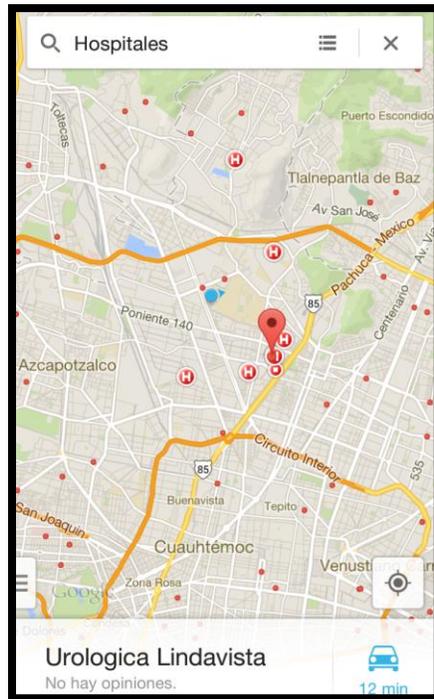


Figura 5. 32 Resultados Google Maps versión móvil

5.3.2 Estoy en el mapa

En la Figura 5.33 se muestran los resultados devueltos por la aplicación estoyenelmapa.com en su versión para escritorio. Como se puede observar, devuelve una lista de hospitales; sin embargo, al estar basada en la ubicación por IP los hospitales localizados no corresponden totalmente a la ubicación real. Para la prueba presentada la ubicación original era el Centro de Investigación en Computación.

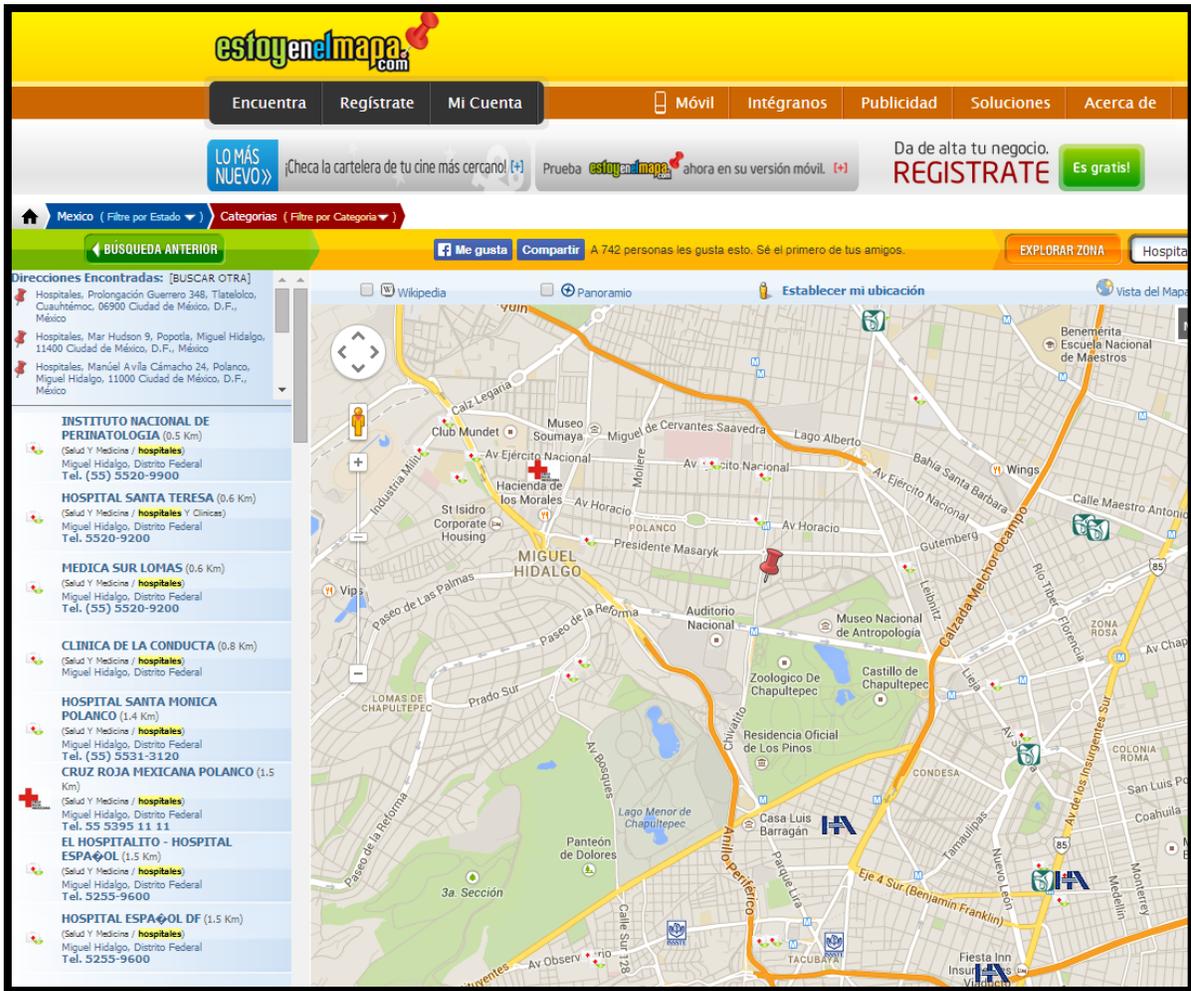


Figura 5.33 Resultados estoyenelmapa.com versión para escritorio

En la Figura 5.34 se presentan los resultados correspondientes a la misma búsqueda de hospitales solo que en la versión móvil; la búsqueda puede filtrarse por categoría (por ejemplo hospitales o farmacias) y delegación. No obstante, la versión web para móviles no ubica los resultados en un mapa.

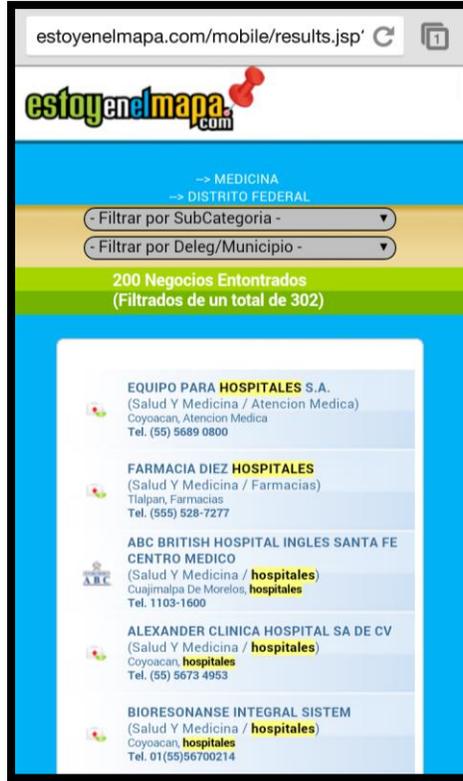


Figura 5. 34 Resultados estoyenelmapa.com versión móvil

De esta forma, se demuestra que la metodología propuesta y la aplicación desarrollada en este trabajo obtienen la mejor opción en hospitales para un determinado perfil de usuario. Cabe mencionar que las preferencias que aquí se presentan son algunos ejemplos de las posibles búsquedas que pueden realizarse. Asimismo, esta metodología permite incorporar otras preferencias que mejorarían la localización de hospitales para un usuario, siendo una limitante la información que integra la aplicación acerca de los servicios de salud.

Capítulo 6: Conclusiones

Este capítulo presenta las conclusiones obtenidas del presente trabajo. Asimismo, se exponen las propuestas para el desarrollo de trabajo de investigación futuro.

Los resultados obtenidos cumplieron con los objetivos iniciales del presente trabajo de tesis, donde se desarrolló una aplicación móvil para la recuperación de información con la cual es posible realizar recomendaciones de hospitales para un usuario con base en un perfil y su ubicación geográfica.

En segundo lugar, se logró la construcción de una ontología que contiene información referente a los servicios médicos. Gracias a que los datos contenidos en ella fueron extraídos de los portales de la Secretaría de Salud, se aseguró que los resultados proporcionados por la aplicación móvil fueran reales y confiables.

Las operaciones de búsqueda implementadas en la ontología en conjunto con su diseño permitieron la realización de búsquedas más refinadas.

Adicionalmente, la aplicación de operaciones del API de *Google Maps* facilitó el análisis de proximidad con respecto al radio especificado por el usuario, definiendo de una manera más precisa la zona de estudio para la obtención de resultados.

El proceso de visualización del conjunto de hospitales obtenidos como resultado de las etapas anteriores sobre un mapa basado en la cartografía de *Google Maps* permitió ubicar cada hospital con respecto a su distancia. Por otro lado, el uso de marcadores facilitó la presentación de la información necesaria para satisfacer las necesidades del usuario.

Finalmente, el criterio utilizado para el *ranking* de hospitales puede ser modificado de acuerdo a diferentes factores como pueden ser el número de especialistas disponibles en un hospital o el sector de servicios.

6.1 Limitaciones

Los alcances y limitaciones del presente trabajo de tesis se describen en los siguientes puntos:

- El sistema realiza consultas sobre las instancias de la ontología de servicios de salud, entre mayor sea la cantidad de instancias almacenadas, mayor será la capacidad de procesamiento requerido por parte del dispositivo móvil. Se podría implementar una arquitectura de tipo cliente / servidor, para que la mayor parte del procesamiento se realice en el servidor y se requieran menos recursos en el dispositivo móvil. Sin embargo, este enfoque requiere un intercambio constante de datos entre el móvil y el servidor.
- Para este sistema solo se tomaron en cuenta algunos atributos para la ontología, sin embargo, puede implementarse la aplicación de otros, como por ejemplo el número de póliza, aseguradora y el tipo de cobertura de los seguros.
- Las búsquedas están limitadas a la delegación Gustavo A. Madero, lo que restringe la localización de hospitales para trabajadores de la Secretaría de Marina (SEMAR), ya que la mayor parte de los centros de atención médica se encuentran en las costas de México.
- El usuario no puede ingresar manualmente su ubicación.

6.2 Trabajo a futuro

- Se propone la implementación de una arquitectura de tipo cliente / servidor para el almacenamiento del perfil de usuario y protección de los datos a través de un nombre de usuario y contraseña. De esta manera se protege la información en caso de al hacer uso de otros atributos
- La arquitectura cliente / servidor propuesta permitirá hacer el alojamiento de la ontología en el servidor; por lo tanto, la aplicación ocupará menos espacio en la memoria física del dispositivo.
- Hacer pruebas a la aplicación instanciando la ontología con datos de una zona de estudio de mayor extensión. Estas pruebas permitirían revisar y mejorar la funcionalidad y desempeño de la aplicación.
- Se propone crear un método para optimizar la carga de datos y actualización de la ontología, que hasta el momento se realiza de manera manual.

6.3 Divulgación de la investigación

Con el propósito de participar en el fomento de la investigación y de promover el trabajo realizado, se elaboraron dos artículos de investigación, mismos que fueron aceptados en los siguientes congresos:

- **Sistema de recomendación geoespacial para la localización de servicios de salud.** Artículo aceptado en la 9ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información (CISTI'2014), a celebrar del 18 al 21 de Junio de 2014, en la Universidad LaSalle de Barcelona, España.
- ***Geospatial recommender system for the location of health services.*** Artículo aceptado en la *14th International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2014)* a celebrarse del 30 de Junio al 3 de Julio en la Universidad de Minho, Portugal.

Referencias

El presente capítulo lista las referencias y los autores consultados para el desarrollo del presente trabajo.

- [1] World Internet Project México (2013). Estudio 2013 de hábitos y percepciones de los mexicanos sobre Internet y diversas tecnologías asociadas. (ed. 5). (pp. 8-16) Tec de Monterrey Campus Estado de México.
- [2] Corcho, O., Fernández-López, M., & Gómez-Pérez, A. (2003). Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? *Data & knowledge engineering*, 46(1), 41-64.
- [3] Soto Urdaneta, J. E. (2011). Plataforma De Geolocalización De Centros De Salud Con Tecnología Móvil Implementando El Protocolo De Comunicación Hl7. *Telematique*, 9(3), 79-101.
- [4] Paganelli, F., & Giuli, D. (2007, May). An Ontology-Based Context Model for Home Health Monitoring and Alerting in Chronic Patient Care Networks. In *AINA Workshops (2)* (pp. 838-845).
- [5] Noguera, J. M., Barranco, M. J., Segura, R. J., & Martínez, L. (2012). A mobile 3D-GIS hybrid recommender system for tourism. *Information Sciences*, 215, 37-52.
- [6] Orgun, B., & Vu, J. (2006). HL7 ontology and mobile agents for interoperability in heterogeneous medical information systems. *Computers in Biology and Medicine*, 36(7), 817-836.
- [7] Corcho, Ó., Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., & López-Cima, A. (2005). Construcción de ontologías legales con la metodología METHONTOLOGY y la herramienta WebODE.
- [8] Linghao, Z., & Ying, L. (2010, July). On methods of designing smartphone interface. In *Software Engineering and Service Sciences (ICSESS), 2010 IEEE International Conference on* (pp. 584-587). IEEE.
- [9] Google play (2013). Educación Geo Whiz Free. En Google play. Consultado el 12 de Octubre de 2013. Disponible en:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pixatel.apps.geowhizlite&hl=es>.
- [10] Lenat, D. B., & Guha, R. V. (1989). *Building large knowledge-based systems; representation and inference in the Cyc project*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- [11] Uschold, M., & King, M. (1995). *Towards a methodology for building ontologies* (pp. 15-30). Artificial Intelligence Applications Institute, University of Edinburgh.
- [12] Grüninger, M., & Fox, M. S. (1995). Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies.
- [13] Bernaras, A., Laresgoiti, I., & Corera, J. (1996). Building and Reusing Ontologies for Electrical Network Applications'. In *ECAI* (pp. 298-302). PITMAN.
- [14] Fernández López, M., Gómez-Pérez, A., Pazos Sierra, A., & Pazos Sierra, J. (1999). Building a chemical ontology using methontology and the ontology design environment.
- [15] Farquhar, A., Fikes, R., & Rice, J. (1997). The ontolingua server: A tool for collaborative ontology construction. *International journal of human-computer studies*, 46(6), 707-727.

- [16] Swartout, B., Patil, R., Knight, K., & Russ, T. (1996, November). Toward distributed use of large-scale ontologies. In *Proc. of the Tenth Workshop on Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems*.
- [17] Domingue, J. (1998). Tadzebao and WebOnto: Discussing, browsing, and editing ontologies on the web.
- [18] Noy, N. F., Fergerson, R. W., & Musen, M. A. (2000). The knowledge model of Protege-2000: Combining interoperability and flexibility. In *Knowledge Engineering and Knowledge Management Methods, Models, and Tools* (pp. 17-32). Springer Berlin Heidelberg.
- [19] Arpírez, J. C., Corcho, O., Fernández-López, M., & Gómez-Pérez, A. (2001, October). WebODE: a scalable workbench for ontological engineering. In *Proceedings of the 1st international conference on Knowledge capture* (pp. 6-13). ACM.
- [20] Sure, Y., Erdmann, M., Angele, J., Staab, S., Studer, R., & Wenke, D. (2002). *OntoEdit: Collaborative ontology development for the semantic web* (pp. 221-235). Springer Berlin Heidelberg.
- [21] Bechhofer, S., Horrocks, I., Goble, C., & Stevens, R. (2001). OilEd: a reason-able ontology editor for the semantic web. In *KI 2001: Advances in Artificial Intelligence* (pp. 396-408). Springer Berlin Heidelberg.
- [22] Kogut, P., Cranefield, S., Hart, L., Dutra, M., Baclawski, K., Kokar, M., & Smith, J. (2002). UML for ontology development. *The Knowledge Engineering Review*, 17(01), 61-64.
- [23] Genesereth, M. R., & Fikes, R. E. (1992). Knowledge interchange format-version 3.0: Reference manual.
- [24] Gruber, T. R. (1992). *Ontolingua: A mechanism to support portable ontologies*. Stanford University, Knowledge Systems Laboratory.
- [25] MacGregor, R. M. (1991). Inside the LOOM description classifier. *ACM Sigart Bulletin*, 2(3), 88-92.
- [26] Kifer, M., Lausen, G., & Wu, J. (1995). Logical foundations of object-oriented and frame-based languages. *Journal of the ACM (JACM)*, 42(4), 741-843.
- [27] Luke, S., & Heflin, J. (2000). SHOE 1.01. Proposed specification. *SHOE Project*.
- [28] Guttman, R. H. (1998). *Merchant differentiation through integrative negotiation in agent-mediated electronic commerce* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- [29] Pazzani, M. J., Muramatsu, J., & Billsus, D. (1996, August). Syskill & Webert: Identifying interesting web sites. In *AAAI/IAAI, Vol. 1* (pp. 54-61).
- [30] Goldberg, D., Nichols, D., Oki, B. M., & Terry, D. (1992). Using collaborative filtering to weave an information tapestry. *Communications of the ACM*, 35(12), 61-70.

- [31] Burke, R. (2000). Knowledge-based recommender systems. *Encyclopedia of library and information systems*, 69(Supplement 32), 175-186.
- [32] Basu, C., Hirsh, H., & Cohen, W. (1998, July). Recommendation as classification: Using social and content-based information in recommendation. In *AAAI/IAAI* (pp. 714-720).
- [33] Baltrunas, L., Ludwig, B., Peer, S., & Ricci, F. (2012). Context relevance assessment and exploitation in mobile recommender systems. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(5), 507-526.
- [34] Adomavicius, G., & Tuzhilin, A. (2011). Context-aware recommender systems. In *Recommender systems handbook* (pp. 217-253). Springer US.
- [35] Gorgoglione, M., Panniello, U., & Tuzhilin, A. (2011, October). The effect of context-aware recommendations on customer purchasing behavior and trust. In *Proceedings of the fifth ACM conference on Recommender systems* (pp. 85-92). ACM.
- [36] DeMers, M. N. (2008). *Fundamentals of geographic information systems*. John Wiley & Sons.
- [37] Epping-Jordan, J. E., Pruitt, S. D., Bengoa, R., & Wagner, E. H. (2004). Improving the quality of health care for chronic conditions. *Quality and Safety in Health Care*, 13(4), 299-305.
- [38] Guarino, N. (Ed.). (1998). *Formal ontology in information systems: Proceedings of the first international conference (FOIS'98), June 6-8, Trento, Italy* (Vol. 46). IOS press.
- [39] Casademont, J., Lopez-Aguilera, E., Paradells, J., Rojas, A., Calveras, A., Barcelo, F., & Cotrina, J. (2004). Wireless technology applied to GIS. *Computers & Geosciences*, 30(6), 671-682.
- [40] Casar, José (2005). Tecnologías y Servicios para la Sociedad de la Información [versión electrónica]. En: *Revista Médica*, 8, pp. 60-80.
- [41] Protégé (2014). "Overview". En *Protégé*. Consultado el 17 de febrero de 2014. Disponible en: <http://protege.stanford.edu/overview/>.
- [42] Android Developers (2014). "ADT Plugin". En *Android Developers*. Consultado el 17 de febrero de 2014. Disponible en: <http://developer.android.com/tools/sdk/eclipse-adt.html>.
- [43] Apache Jena (2014). "A complete beginner's guide to starting a Jena project in Eclipse". En *Apache Jena*. Consultado el 17 de febrero de 2014. Disponible en: <https://jena.apache.org/index.html>.
- [44] Apache Jena (2014). "SPARQL Tutorial". En *Apache Jena*. Consultado el 17 de febrero de 2014. Disponible en: <https://jena.apache.org/tutorials/sparql.html>.
- [45] Google (2014). "Google Maps API for Business". En *Google*. Consultado el 17 de febrero de 2014. Disponible en: <http://www.google.com.mx/intl/es419/enterprise/mapsearch/products/mapsapi.html>.

[46] Gómez Dantés O.; Sesma S.; Becerril V. M., *et al.* (2011). Sistema de salud de México. En: *Salud Pública de México*, 53(2), pp. 220-232.

[47] Tomlinson, R. F. (2007). *Thinking about GIS: Geographic information system planning for managers*. ESRI, Inc.

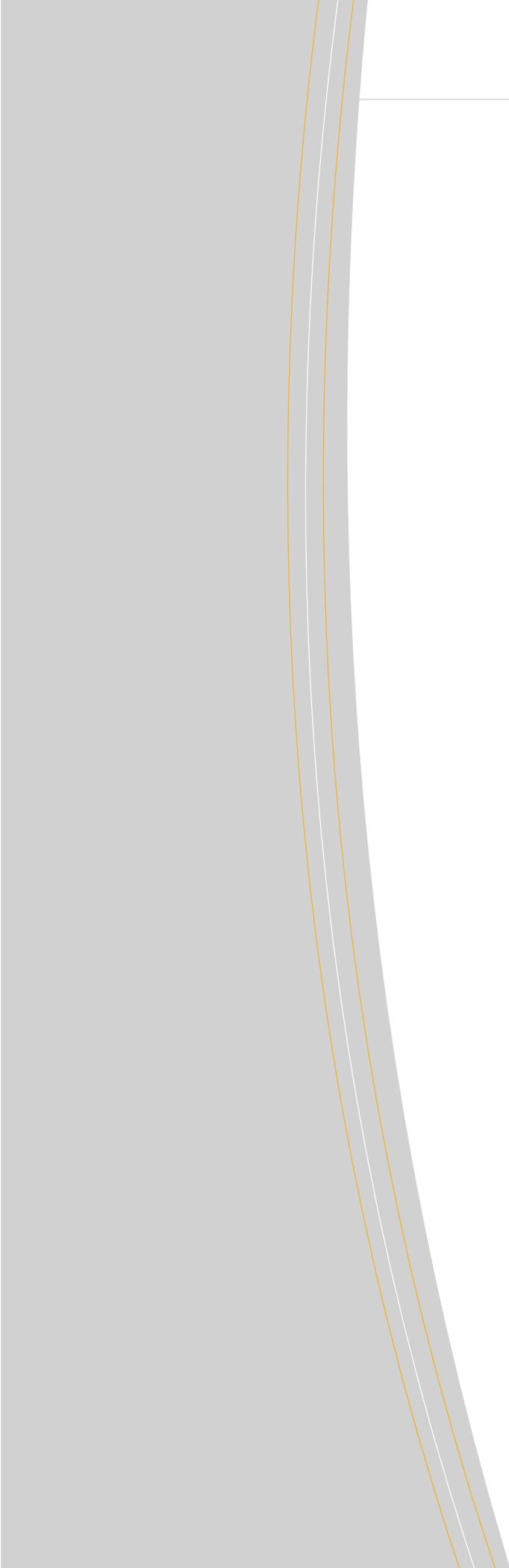
[48] Mapanet (2014). Calculo de distancia entre dos coordenadas geográficas. En *Mapanet Geo Postal Codes Database*. Consultado el 17 de febrero de 2014. Disponible en <http://www.mapanet.eu/resources/Script-Distance.htm>.

[49] Sinnott, R. W. (1984). Virtues of the Haversine. *Sky and telescope*, 68, 158.

[50] Android Developers (2014). "BitmapDescriptorFactory". En *Android Developers*. Consultado el 20 de febrero de 2014. Disponible en: <http://developer.android.com/reference/com/google/android/gms/maps/model/BitmapDescriptorFactory.html>

[51] Google play (2014). "ICE: En caso de Emergencia". En *Google play*. Consultado el 10 de diciembre de 2013. Disponible en: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.appventive.ice&hl=es_419

[52] Estoyenelmapa.com (2014). "Acerca De EstoyEnElMapa.com". En *Estoyenelmapa.com*. Consultado el 10 de diciembre de 2014. Disponible en: <http://www.estoyenelmapa.com/secciones/acerca-de/estoyenelmapa/>



Apéndices

Apéndice A

Para la aplicación en el Sistema Operativo Android desarrollada en el presente trabajo de tesis, fue necesario hacer una instalación adicional de algunos *plug-ins* y servicios para poder manipular el servicio de mapas de Google Maps y así poder ser visualizados en la pantalla del dispositivo móvil. A continuación se describen los pasos de la instalación:

Paso 1. Para empezar, en el entorno de desarrollo Eclipse específicamente a través del *SDK Manager* de Android, se hizo la instalación de los *Google Play Services*, los cuales prepararon a la aplicación para hacer uso de las APIs de *Google*.

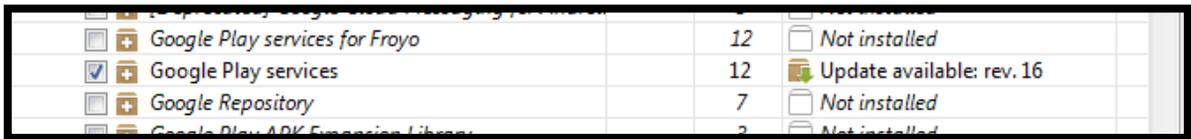


Figura A. 1 Instalación de los *Google Play Services*

Paso 2. Para continuar, se hizo la activación de los servicios de mapas desde el sitio *Google Play Developer Console*, debido a que la consola permite que los desarrolladores publiquen y distribuyan fácilmente las aplicaciones a los usuarios que cuenten con dispositivos móviles compatibles con Android. En este caso se utilizó la versión 2 de *Google Maps API*



Figura A. 2 Activación de las APIs de mapas para android

Paso 3. Una vez activados los servicios, se generó una llave, a través de la cual se registró el proyecto en la consola de *Google* y se obtuvo un certificado para la aplicación. Es importante mencionar que se debe obtener una llave por proyecto y una por equipo, esto último en caso de que la aplicación este siendo modificada en diferentes equipos de cómputo.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Certificado[1]:
Propietario: CN=Android Debug, O=Android, C=US
Emisor: CN=Android Debug, O=Android, C=US
Número de serie: 42c564a5
Válido desde: Mon Aug 26 13:37:39 CDT 2013 hasta: Wed Aug 19 13:37:39 CDT 2014
Huellas digitales del Certificado:
MD5: B2:07:77:FA:05:10:A2:B2:F9:87:58:15:53:D9:62:68
SHA1: 63:A1:12:1B:C0:1C:A9:8E:F2:84:76:09:C5:82:E8:62:97:E7:21:5A
SHA256: 60:62:F1:DA:23:5F:72:C7:06:C4:3D:D9:C9:0D:2F:35:A5:2A:6A:67:4B:
B8:5F:14:93:11:D8:9D:4F:60:0B:2F
Nombre del Algoritmo de Firma: SHA256withRSA
Versión: 3

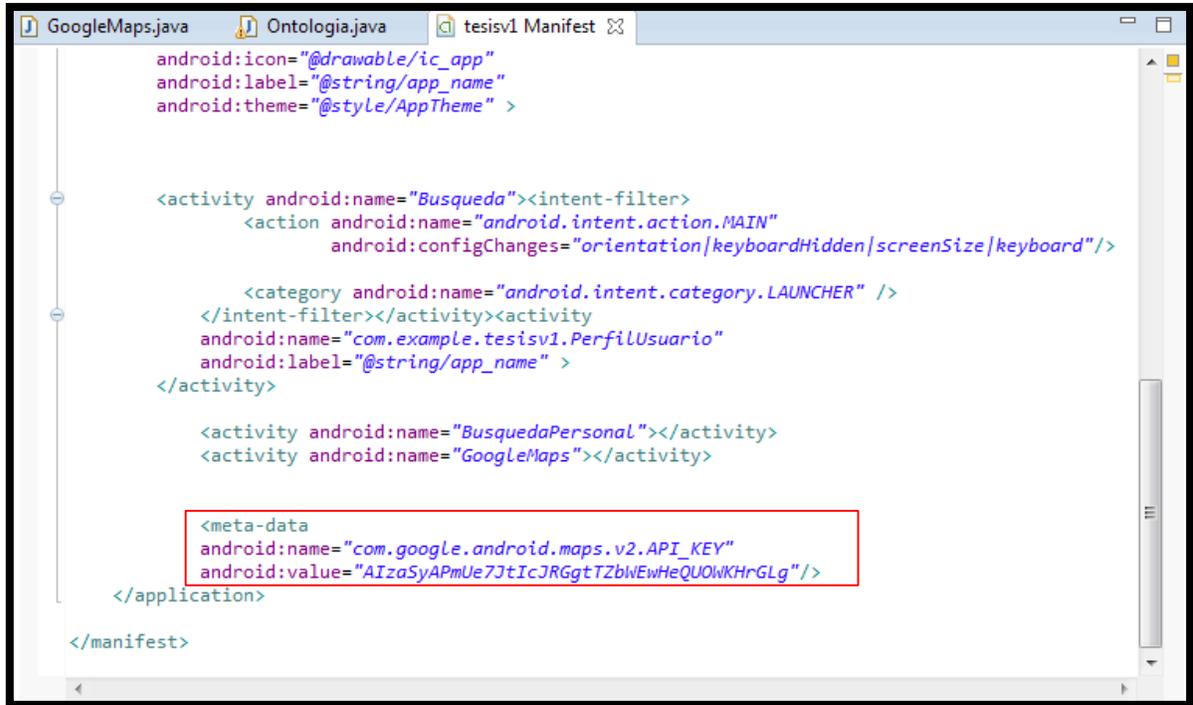
Extensiones:
#1: ObjectId: 2.5.29.14 Criticality=false
SubjectKeyIdentifier [
KeyIdentifier [
0000: 0B 44 C2 5B 64 FA 44 F2 BB A1 F0 4F 4D 99 B8 EF .D.[d.D....OM...
0010: 4D 6A B8 7C Mj..
]
]
C:\Program Files\Java\jdk1.7.0_25\bin>
    
```

Figura A. 3 Código creado para la aplicación

Key for Android applications	
API key	AIzaSyAPmUe7JtIcJRGgtTZbWEwHeQUOWKHrGLg
Android applications	63:A1:12:1B:C0:1C:A9:8E:F2:84:76:09:C5:82:E8:62:97:E7:21:5A;com.example.tesisv1
Activation date	Oct 9, 2013 10:48 AM
Activated by	mariadlm.lm@gmail.com (you)
<input type="button" value="Edit allowed Android applications"/> <input type="button" value="Regenerate key"/> <input type="button" value="Delete"/>	

Figura A. 4 API key creada

Paso 4. Finalmente, la API key creada se copió al archivo AndroidManifest.xml del proyecto, para confirmar que se ha registrado la aplicación con el servicio de *Google Maps*.



```
GoogleMaps.java  Ontologia.java  tesisv1 Manifest    
android:icon="@drawable/ic_app"   
android:label="@string/app_name"   
android:theme="@style/AppTheme" >   
   
 <activity android:name="Busqueda"><intent-filter>   
   <action android:name="android.intent.action.MAIN"   
     android:configChanges="orientation|keyboardHidden|screenSize|keyboard"/>   
   
   <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />   
 </intent-filter></activity><activity   
 android:name="com.example.tesisv1.PerfilUsuario"   
 android:label="@string/app_name" >   
</activity>   
   
 <activity android:name="BusquedaPersonal"></activity>   
 <activity android:name="GoogleMaps"></activity>   
   
 <meta-data   
 android:name="com.google.android.maps.v2.API_KEY"   
 android:value="AIzaSyAPmUe7JtIcJRGgtTZbWewHeQUOWKHrGLg"/>   
</application>   
</manifest>
```

Figura A. 5 Agregar la API key al archivo AndroidManifest.xml