



**Centro de Investigación y de Estudios Avanzados  
del Instituto Politécnico Nacional**

**Unidad Zacatenco  
Departamento de Computación**

**Arquitectura de Servicios Web Semánticos Sensible al Contexto para  
Dispositivos Móviles**

Tesis que presenta

**Rafael Angel Guzmán Rios**

Para Obtener el Grado de

**Maestro en Ciencias**

En la Especialidad de

**Computación**

Directores de la Tesis:

**Dr. José Guadalupe Rodríguez García**

**Dra. Maricela Claudia Bravo Contreras**

**México, Distrito Federal**

**Febrero, 2012**



# Resumen

Los dispositivos de cómputo han evolucionado, ahora cuentan con menor tamaño, peso y consumo de energía, además cuentan con la capacidad de movilidad, es decir, se pueden llevar con facilidad de un lugar a otro. Esto ha dado como resultado el surgimiento del Cómputo Móvil, el cual se ha visto favorecido por la evolución de las tecnologías de comunicación inalámbrica y la Internet.

Como consecuencia, se ha generado un estilo de vida en donde es necesario tener acceso a los servicios digitales en cualquier momento y en cualquier lugar. Sin embargo, la cantidad de servicios a la que se tiene acceso en Internet es inmensa, por lo que buscar una respuesta óptima entre todas las posibilidades es muy complicado.

La Web Semántica propone una visión de la Web en la cual se tienen contenidos y servicios con significado. Con esto se busca que los usuarios tengan la posibilidad de hacer búsquedas de información y/o servicios más adecuados a sus necesidades. La Web Semántica brinda las herramientas que permiten crear estructuras de representación del conocimiento, con las cuales es posible presentar la información requerida, con el valor más adecuado de acuerdo a la situación y características de los usuarios, es decir su contexto.

Esta tesis describe una arquitectura basada en tecnologías de la Web Semántica para la búsqueda e invocación de Servicios Web públicos, disponibles en la red, a través de un dispositivo móvil. Esta arquitectura permite la vinculación entre la información del contexto del usuario y el dominio de aplicación de un Servicio Web.

La información del contexto de usuario, la descripción de los Servicios Web y la clasificación de los dominios de aplicación es representada usando ontologías. Estas ontologías permiten una representación semántica de los conceptos (clases), las relaciones entre los conceptos, los individuos y las reglas de inferencia para descubrir y producir nuevo conocimiento.

La combinación de las tecnologías de la Web Semántica, la Web Móvil y los Servicios Web utilizadas para el desarrollo de esta tesis, permitió generar una serie de componentes para la publicación, clasificación, representación semántica, búsqueda contextualizada e invocación de Servicios Web Semánticos.



# Abstract

Computing devices have evolved by reducing their size, weight and power consumption. On the other hand, wireless communication technologies have become very popular. Thanks to these two factors the Mobile Computing has emerged as a promising research area.

As a consequence, a new lifestyle has been generated, where users need access to digital services anytime and anywhere. However, the amount of services available on the Internet is huge, so searching for an optimal response from all these services is very complicated.

The Semantic Web offers a vision of the Web which provides semantic content and semantic Web services. This seeks to give users the ability to search for information or services that best suit their needs. The Semantic Web provides the tools for building knowledge representation structures, with which it is possible to represent the required information, with the most appropriate value according to the situation and characteristics of users and context.

This thesis describes an architecture based on Semantic Web technologies for search and invocation of public Web services using a mobile device. This architecture enables the entailment between the user's context information and the application domain of a Web Service.

User's context, Web Services and application domain classification are represented using ontologies. In this way the semantic representation of concepts (classes), the relation between concepts, the instantiation of classes (individuals in the ontologies jargon) and inference rules allow to find and produce new knowledge for the application domain described.

The combination of Semantic Web, Mobile Computing and Web Services technologies, enables the development of a set of components for publication, classification, semantic representation, contextual search and invocation of Semantic Web Services.



# Agradecimientos

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado para la realización de este trabajo de investigación y de la realización de mi posgrado en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

Dicho apoyo contribuyó de una manera muy importante para enfocar mis esfuerzos a la realización de mis estudios e investigación, con lo que los resultados obtenidos han sido muy satisfactorios.

Es de reconocerse la labor que desempeña para la consolidación de un sistema nacional para el desarrollo científico y tecnológico, a través del apoyo que brindan a los investigadores del país, enfocando siempre el esfuerzo hacia las demandas prioritarias de la sociedad.

Como resultado de este esfuerzo incrementan la capacidad científica y tecnológica del país, elevando la calidad, la innovación y la competitividad del talento mexicano.

Quiero agradecer a esta institución de manera activa mediante el compromiso de contribuir con el progreso de la sociedad mexicana y así ayudar a cumplir, en la parte que me corresponde, al compromiso que tiene el CONACYT con el pueblo de México.

GRACIAS...

Al PADRE, que me ha permitido darle gloria con la culminación de este ciclo de mi vida y a quien debo todo lo que tengo y lo que soy. Al que me ha educado y que con su ejemplo, dedicación, consejo y trabajo me ha enseñado el significado de la vida y su verdadero propósito.

A la MADRE, que con su amor ha protegido mi camino y que siempre está intercediendo por mí. A la que me ha enseñado el significado del verdadero amor y que ha llenado mi vida de bendiciones y ganas de salir adelante.

A la MUJER, que en su forma de hermana, amiga o compañera supo darme su amor, cariño y ternura y ha contribuido a elevar mi alma hacia Dios.

Al HOMBRE, que en su forma de hermano, amigo o compañero me ha ayudado con su buen ejemplo como un modelo a seguir y con sus errores, mostrándome el camino que he de evitar.

Al PROFESOR, que dedico su tiempo, conocimientos y su apoyo para que yo fuera una buen profesionista y poder servir así a mis hermanos.

A todos ellos GRACIAS!!!



# Contenido

<b>Resumen</b>	<b>III</b>
<b>Abstract</b>	<b>V</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>VII</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>9</b>
1.1. Problemática . . . . .	10
1.2. Objetivos . . . . .	11
1.3. Metodología y resultados . . . . .	12
1.4. Estructura de la tesis . . . . .	13
<b>2. Estado del arte</b>	<b>15</b>
2.1. Dispositivos móviles . . . . .	15
2.2. Web móvil . . . . .	17
2.3. Servicios Web . . . . .	18
2.4. Servicios Web semánticos y ontologías . . . . .	19
2.5. Sistemas basados en contexto . . . . .	20
2.6. Trabajos relacionados . . . . .	20
<b>3. Análisis y Diseño</b>	<b>27</b>
3.1. Arquitectura general . . . . .	27
3.1.1. Diseño por capas . . . . .	29
3.2. Propuesta de solución . . . . .	30
3.2.1. Registro de Servicios Web . . . . .	30
3.2.2. Consumo de Servicios Web . . . . .	31
3.3. Modelado de la Capa de Usuario . . . . .	31
3.3.1. Casos de uso de capa de usuario . . . . .	31
3.3.2. Secuencias de capa de usuario . . . . .	33
3.4. Modelado de la Capa de Navegación . . . . .	36
3.4.1. Casos de uso de capa de navegación . . . . .	36
3.4.2. Secuencias de capa de navegación . . . . .	38
3.5. Modelado de la Capa de Vinculación . . . . .	38
3.5.1. Casos de uso de capa de vinculación . . . . .	38

## 2 CONTENIDO

---

3.5.2.	Secuencias de capa de vinculación . . . . .	40
3.6.	Modelado de la Capa de Registro Semántico . . . . .	43
3.6.1.	Casos de uso de capa de registro semántico . . . . .	43
3.6.2.	Secuencias de capa de registro semántico . . . . .	44
3.7.	Modelado de la Capa Ontológica . . . . .	46
3.7.1.	Casos de uso de capa ontológica . . . . .	46
3.7.2.	Secuencias de capa ontológica . . . . .	47
3.8.	Modelado de Base de Conocimiento . . . . .	49
3.8.1.	Ontología de Contexto de Usuario . . . . .	50
3.8.2.	Ontología de Servicios Web . . . . .	52
3.8.3.	Ontología de Dominios de Aplicación . . . . .	54
3.8.4.	Ontología de Consumo de Servicios . . . . .	54
<b>4.</b>	<b>Implementación</b>	<b>57</b>
4.1.	Tecnología de implementación . . . . .	58
4.2.	Modelo multidimensional de base de conocimiento . . . . .	62
4.3.	Implementación de capa de usuario . . . . .	63
4.3.1.	Ontología “Contexto de usuario” . . . . .	64
4.4.	Implementación de capa de navegación . . . . .	65
4.4.1.	Mecanismos de navegación . . . . .	65
4.5.	Implementación de capa de vinculación . . . . .	66
4.5.1.	Componentes de vinculación . . . . .	67
4.5.2.	Ontología “Dominios de aplicación” . . . . .	70
4.6.	Implementación de capa de registro semántico . . . . .	71
4.6.1.	Componentes de registro de proveedores y Servicios Web . . . . .	72
4.6.2.	Componente de extracción de información de Servicios Web . . . . .	73
4.6.3.	Ontología “Servicios web” . . . . .	73
4.7.	Implementación de capa ontológica . . . . .	74
4.7.1.	Ontología “Consumo de servicios” . . . . .	75
4.7.2.	Componentes de consultas e inferencias . . . . .	75
<b>5.</b>	<b>Pruebas y resultados</b>	<b>79</b>
5.1.	Infraestructura . . . . .	79
5.2.	Casos de estudio . . . . .	80
5.3.	Registro semántico de Servicios Web . . . . .	81
5.3.1.	Prueba de registro de proveedores . . . . .	83
5.3.2.	Prueba de registro de Servicio Web . . . . .	86
5.3.3.	Prueba de clasificación de Servicios Web . . . . .	92
5.3.4.	Análisis cualitativo de resultados del registro semántico de Servicios Web . . . . .	94
5.4.	Consumo de servicios . . . . .	95
5.4.1.	Prueba de registro de usuarios . . . . .	95
5.4.2.	Prueba de captura de intereses . . . . .	98
5.4.3.	Prueba de consumo de servicios . . . . .	100

5.4.4. Prueba de visualización de resultados de invocación. . . . .	103
5.4.5. Análisis cualitativo de resultados de la aplicación de consumo de Servicios Web . . . . .	105
5.5. Vinculación de servicios . . . . .	106
5.5.1. Prueba de recomendación de servicios . . . . .	106
5.5.2. Análisis cualitativo de resultados de la vinculación de Servicios Web	108
<b>6. Conclusiones y trabajo a futuro</b>	<b>111</b>
6.1. Conclusiones . . . . .	111
6.2. Trabajo a futuro . . . . .	112
<b>7. Anexo 1</b>	<b>115</b>

## 4 CONTENIDO

---

# Índice de figuras

2.1. Generación 4G . . . . .	17
2.2. Componentes de arquitectura de Servicios Web . . . . .	19
3.1. Componentes de arquitectura . . . . .	28
3.2. Capas de arquitectura . . . . .	29
3.3. Registro de Servicios Web . . . . .	30
3.4. Registro de Servicios Web . . . . .	31
3.5. Digrama de casos de uso de capa de usuario. . . . .	32
3.6. Digrama de secuencia de registro de usuario en el sistema. . . . .	34
3.7. Digrama de secuencia de consumo de servicios. . . . .	35
3.8. Digrama de casos de uso de capa de navegación. . . . .	37
3.9. Digrama de secuencia de obtención de información contextual. . . . .	38
3.10. Digrama de casos de uso de capa de vinculación. . . . .	39
3.11. Digrama de secuencia de registro de usuario en la base de conocimiento. . . . .	40
3.12. Digrama de secuencia de selección de servicios. . . . .	41
3.13. Digrama de secuencia de consumo de servicios. . . . .	42
3.14. Digrama de casos de uso de capa de registro semántico. . . . .	43
3.15. Digrama de secuencia de registro de Servicio Web en la base de conocimiento. . . . .	45
3.16. Digrama de secuencia de vinculación para el consumo de servicios. . . . .	46
3.17. Digrama de casos de uso de capa ontológica. . . . .	47
3.18. Digrama de secuencia de administración de base de conocimiento. . . . .	48
3.19. Digrama de casos de uso de capa ontológica. . . . .	50
3.20. Ontología de Contexto de Usuario. . . . .	51
3.21. Clasificación de intereses. . . . .	51
3.22. Ontología de Servicios Web. . . . .	53
3.23. Ontología de Dominios de Aplicación. . . . .	55
3.24. Ontología de Consumo de Servicios. . . . .	56
4.1. Modelo multidimensional de representación del conocimiento . . . . .	63
4.2. Ontología de contexto de usuario en Protégé . . . . .	64
4.3. Mapa de navegación de módulo de consumo de Servicios Web . . . . .	66
4.4. Diagrama de actividad de consumo de Servicios Web . . . . .	68
4.5. Ontología de dominios de aplicación en Protégé . . . . .	70
4.6. Mapa de navegación de registro semántico de Servicios Web . . . . .	72

## 6 ÍNDICE DE FIGURAS

---

4.7. Clases para la extracción de información de Servicio Web . . . . .	73
4.8. Ontología de Servicios Web en Protégé . . . . .	74
4.9. Ontología de consumo de servicios en Protégé . . . . .	75
4.10. Clases principales para la consulta e inferencia de la base de conocimiento .	76
5.1. Interacción de actores con componentes de la arquitectura propuesta . . . .	81
5.2. Registro semántico de Servicios Web . . . . .	82
5.3. Lista de Servicios Web publicados en el Registro Semántico . . . . .	83
5.4. Registro de proveedor de servicios web . . . . .	85
5.5. Población de base de conocimiento con proveedores . . . . .	86
5.6. Inicio de sesión de proveedores de servicios . . . . .	87
5.7. Página de inicio de cuenta de proveedores de servicios . . . . .	88
5.8. Registro de servicios web . . . . .	89
5.9. Clasificación de servicios web . . . . .	93
5.10. Acceso al módulo de consumo de Servicios Web . . . . .	96
5.11. Registro de usuario en el sistema . . . . .	97
5.12. Cuenta de usuario . . . . .	99
5.13. Administración de información de usuarios . . . . .	99
5.14. Administración de información de intereses de usuario . . . . .	100
5.15. Búsqueda de Servicios Web . . . . .	101
5.16. Selección de Servicio Web . . . . .	102
5.17. Ingreso de parámetros de Servicio Web . . . . .	102
5.18. Despliegue de resultado de Servicio Web . . . . .	104
5.19. Despliegue de respuesta de Servicio Web en un mapa . . . . .	105
7.1. Esquema de base de datos de sistema de transportes . . . . .	116
7.2. Esquema de base de datos de sistema de hoteles . . . . .	116
7.3. Esquema de base de datos de sistema de vuelos . . . . .	117
7.4. Esquema de base de datos de sistema de paseos . . . . .	117
7.5. Esquema de base de datos de sistema de ofertas . . . . .	118

# Índice de tablas

3.1. Descripción de relaciones de ontología de Contexto de Usuario . . . . .	52
3.2. Descripción de relaciones de ontología de Servicios Web . . . . .	54
3.3. Descripción de relaciones de ontología de Consumo de Servicios . . . . .	55
5.1. Relación de Servicios Web implementados . . . . .	81
5.2. Proveedores de Servicios Web . . . . .	84
5.3. Pruebas de compatibilidad de navegadores Web Móviles con HTML5 . . .	95
5.4. Usuarios registrados en la base de conocimiento . . . . .	96
5.5. Detalle de parametros utilizados para pruebas de vinculación . . . . .	108
5.6. Resultados de pruebas de vinculación . . . . .	109





# Capítulo 1

## Introducción

La computación ha evolucionado de tal manera que ha dejado atrás la limitante de no poderse llevar de un lugar a otro con facilidad debido a su gran tamaño y demanda de energía. Actualmente esta limitante se ha resultado con la reducción del tamaño, peso y consumo de energía de los dispositivos de cómputo dando como resultado el surgimiento del Cómputo Móvil, en el cual se soporta la comunicación entre dispositivos o personas desde diversos lugares [1].

Un factor determinante para el auge del Cómputo Móvil es la proliferación, cada vez mayor, de dispositivos de cómputo con la característica de movilidad y que además, cuentan con buena capacidad de procesamiento de información. Otro factor ha sido la evolución de las tecnologías de comunicación inalámbrica y de la Internet, además de la necesidad de los usuarios de acceder a la información digital desde cualquier lugar y en cualquier momento.

Se prevé que la herramienta primaria para conectarse a Internet serán los dispositivos móviles, esto ha contribuido al origen de lo que se conoce como Web Móvil [2], la cual pretende ser una Web que pueda ser accedida desde cualquier dispositivo de cómputo, proponiendo soluciones a los problemas de usabilidad e interoperabilidad que actualmente dificultan el acceso a Internet desde dispositivos móviles. Además, la tecnología actual de la telefonía móvil espera la llegada de la generación 4G, la cual estará orientada a la Web, es decir, todos los dispositivos telefónicos tendrán acceso a Internet e interactuarán en envío y recepción de datos de forma continua [3].

Sin embargo, la información digital se encuentra distribuida en diferentes partes del mundo, de tal manera que es un logro considerable tener acceso a ella. Este problema cae dentro del área de la Computación Distribuida, en donde la evolución más reciente son los Servicios Web [4]. Éstos se basan en mensajes XML y permiten comunicar diferentes aplicaciones realizadas en diferentes plataformas.

La arquitectura de Servicios Web cuenta con tres principales actores: proveedores de servicios, usuarios y registro de servicios. Por un lado los proveedores de servicios generan Servicios Web y los publican en el registro de servicios, una vez ahí, los usuarios pueden consultarlos y hacer uso de la funcionalidad que brindan. Una ventaja que presenta éste esquema, es que es posible hacer uso e incluso combinar funcionalidades de diferentes

proveedores sin necesidad de conocer sus sistemas de información.

Sin embargo los Servicios Web tienen algunas desventajas como por ejemplo la complejidad en la descripción de su interfaz, lo que hace que el procesamiento y combinación automática de su funcionalidad, sean tareas difíciles de realizar por una computadora. Para resolver estos problemas surgen los Servicios Web semánticos [5], los cuales son una combinación de los Servicios Web con tecnologías de la Web Semántica.

La Web Semántica propone una visión de la Web en la cual se tienen contenidos y servicios con significado, los cuales pueden ser interpretados por programas de computadora [6]. Establece que es posible modelar grandes fuentes de información con el propósito de compartir y reutilizar conocimiento. Con esto se busca que los usuarios de la Web tengan la capacidad de hacer búsquedas de información y servicios más adecuadas a sus necesidades. Además, provee la infraestructura para publicar y resolver la descripción ontológica de términos y conceptos.

Algunas de las tecnologías de la Web Semántica y que se utilizan para la generación de Servicios Web semánticos son las ontologías [7] y los razonadores. Las ontologías permiten hacer la descripción formal de conceptos propios de un dominio específico, estableciendo relaciones y restricciones entre esos conceptos, es decir, son una forma de representar una base de conocimiento. Por su parte, los razonadores son componentes de software que permiten hacer consultas, inferencias y revisión de consistencia lógica sobre el conocimiento almacenado en las ontologías.

Las ontologías permiten crear estructuras de representación del conocimiento con las cuales es posible presentar la información requerida con el valor justo de acuerdo a la situación y características de los usuarios, es decir su contexto. Se denomina contexto a “cualquier información que puede ser usada para caracterizar la situación de una entidad, siendo ésta una persona, un lugar, un objeto que se considera relevante en la interacción entre un usuario y la aplicación” [8]. De esta manera, sistemas que son capaces de extraer, interpretar y utilizar la información del entorno, se les conoce como sistemas consientes del contexto.

### 1.1. Problemática

El acceso a la información y servicios a través de los distintos medios digitales actuales ha propiciado una nueva concepción de estilo de vida moderno. Es imprescindible contar con un medio de comunicación (televisión, radio, teléfono, Internet, etc.) que nos mantenga al tanto de lo acontecido en el mundo, de lo contrario correremos el riesgo de quedar al margen de un amplia gama de posibilidades económicas, sociales y hasta culturales.

De entre estos medios, la Internet ha evolucionado de tal manera que es posible observar una tendencia a la convergencia de ofertar toda clase de Servicios Web por esta red. Los alcances de la red de redes, son tales, que es posible tener servicios distribuidos por todo el mundo, y sin embargo tener acceso a ellos.

Se ha vuelto necesario que la interactividad con los diversos contenidos, tenga la capacidad de movilidad. Poder acceder a servicios en cualquier momento y en cualquier lugar es una exigencia de los usuarios de la información digital.

Sin embargo, esto ha traído como consecuencia que la cantidad de Servicios Web a la que se tiene acceso es inmensa, por lo que buscar una respuesta óptima entre todas las posibilidades es muy complicado. Surge entonces la necesidad de tener un medio de acceso a los Servicios Web de manera inteligente, es decir, generar respuestas dependientes de la situación que rodea a los usuarios.

Esto deja ver la necesidad de una solución capaz de tomar en consideración la distribución de la información, el carácter de movilidad de los usuarios y por consiguiente, la información de contexto de los mismos, de tal manera que sea posible acceder a Servicios Web ofertados en la red, que satisfagan de una manera más acertada, las necesidades de los usuarios.

No obstante, una vez que el usuario selecciona un Servicio Web adecuado, queda el problema de su utilización. Resulta complicado hacer la invocación de un Servicio Web si no se cuenta con una representación acertada de las operaciones y parámetros de dicho servicio. Por ello es importante contar con un medio para poder hacer la representación semántica y la invocación de un Servicio Web, tomando en cuenta que el medio de acceso a dicho servicio es un dispositivo móvil.

## **1.2. Objetivos**

El objetivo principal de esta tesis es el desarrollo de una arquitectura para el consumo de Servicios Web semánticos mediante dispositivos móviles, basada en la representación semántica de:

- El contexto del usuario
- Los servicios web
- Los dominios de aplicación de los servicios

Los objetivos particulares son:

- Definir una arquitectura orientada a Servicios Web para ambientes heterogéneos y dinámicos.
- Analizar y construir el modelo semántico de una base de conocimiento representativa del contexto de usuario, Servicios Web, dominios de aplicación de servicios y consumo de servicios para poder hacer almacenamiento, consultas e inferencias de conocimiento sobre dichos dominios.
- Vincular solicitudes contextualizadas de usuario con Servicios Web semánticamente representados para favorecer su búsqueda y consumo.

- Desarrollar aplicaciones móviles para la búsqueda y consumo de Servicios Web por parte de usuarios finales.
- Desarrollar un registro semántico de servicios web para la publicación y clasificación de Servicios Web.

### 1.3. Metodología y resultados

El presente trabajo establece un medio para el consumo inteligente de Servicios Web por parte de usuarios finales a través de dispositivos de *Cómputo Móvil*. Los actores que participan son, por un lado un conjunto de proveedores de servicios quienes publican sus Servicios Web con el propósito de brindar determinadas funcionalidades, y por otro lado se encuentran los usuarios finales, los cuales acceden a esos servicios ofertados.

La arquitectura de software propuesta en este trabajo modela un esquema para la mediación entre los usuarios finales y los Servicios Web distribuidos en Internet. Esto permite complementar la búsqueda de un servicio con la información del contexto en el que se hace la solicitud además de la representación semántica de los Servicios Web. Con ello se reduce el espacio de búsqueda de un servicio, obteniendo servicios más adecuados a las necesidades de los usuarios. La arquitectura también modela los componentes necesarios para que el usuario pueda buscar, consumir y visualizar las respuestas obtenidas de los Servicios Web. Para los proveedores se modelaron una serie de componentes que permiten la representación semántica, publicación y clasificación de sus Servicios Web.

Los componentes modelados se encuentran organizados en capas, lo cual permite tener una solución modular con bajo acoplamiento y la posibilidad de reutilizar dichos componentes, además de que permite escalar la solución propuesta con facilidad. Las capas definidas son: capa de usuario, capa de navegación, capa de vinculación, capa de registro semántico y capa ontológica.

La arquitectura también modela una base de conocimiento que engloba bajo el dominio de consumo de servicios, los dominios de contexto de usuario, Servicios Web y dominios de aplicación de servicios. El establecimiento de las relaciones entre estos dominios, es lo que permitió hacer una vinculación entre una solicitud contextualizada con los Servicios Web más adecuados. Estos dominios y sus relaciones se describen en 4 diferentes ontologías, cada una de las cuales intervienen en diferentes capas de la arquitectura. Esto permite que se tenga la posibilidad de reutilizar e incluso extender o cambiar la definición de un dominio con facilidad. También se modelaron los componentes necesarios para la manipulación y consulta del conocimiento almacenado en estas ontologías utilizando un motor de inferencia.

La unión de estos componentes y su forma de interacción permitieron obtener como resultado un medio para que usuarios finales busquen, invoquen y visualicen desde sus dispositivos de *Cómputo Móvil*, Servicios Web semánticamente descritos, tomando en consideración la información contextual que enmarca una solicitud de servicio.

También se obtuvo un medio para que los proveedores de servicios publiquen y clasifiquen sus Servicios Web, dentro de un registro semántico, dotándolos de una representación semántica, con lo cual es posible vincularlos con las solicitudes de los usuarios.

## **1.4. Estructura de la tesis**

En el Capítulo 2 se brinda una revisión del estado del arte y de los trabajos relacionados con el desarrollo de esta tesis. En el Capítulo 3 se presenta el modelado de los componentes participantes en la arquitectura propuesta y la interacción entre los mismos. En el Capítulo 4 se encuentra descrita la implementación de los componentes de la arquitectura y la tecnología utilizada para ello. En el Capítulo 5 se presentan las pruebas realizadas a los componentes construidos y los resultados obtenidos. Finalmente en el Capítulo 6 se presentan las conclusiones de este trabajo y las posibles líneas de trabajo a futuro. El Anexo 1 describe los Servicios Web construidos para la realización de las pruebas necesarias.



# Capítulo 2

## Estado del arte

En este capítulo se presenta un marco de referencia sobre las áreas de interés relacionadas con el desarrollo del presente trabajo. Posteriormente se abordan una serie de trabajos relacionados con las áreas descritas, describiendo objetivos y aportes que se ha tomado de ellos.

### 2.1. Dispositivos móviles

De acuerdo con los datos del Observatorio Europeo de la Tecnología de la Información (EITO) [9], para el año 2010 existían alrededor de 5 mil 100 millones de teléfonos móviles en el mundo, lo cual representa que aproximadamente existen 2 dispositivos de éste tipo por cada 3 personas. Si a esto se le agrega otros tipos de dispositivos móviles como lo son las computadoras portátiles, PDA(*Personal Digital Assistant*)'s, tabletas, entre otros, se puede observar la tendencia de que estos dispositivos sean el medio principal para conectarse al mundo digital.

El Cómputo Móvil tiene como finalidad el tratamiento automático de información por medio de dispositivos computacionales con capacidad de movilidad y con acceso digital a fuentes de información vía una infraestructura de comunicación. Éste se ha desarrollado en gran medida por la gran proliferación de dispositivos de cómputo con carácter de movilidad, que además cuentan con buenas capacidades de procesamiento de información y bajo consumo de energía. Los sistemas de Cómputo Móvil se caracterizan porque su traslado físico es fácil de realizar además de que sus capacidades computacionales pueden ser utilizadas mientras se encuentran en movimiento [10].

Existen cuatro piezas fundamentales que constituyen el problema de movilidad: el usuario móvil, el dispositivo móvil, la aplicación móvil y la red móvil [10]. Se distingue al usuario móvil del convencional por lo que se le llama la condición de movilidad, es decir el primero se caracteriza por:

- Estar en movimiento, al menos ocasionalmente, alternando entre ubicaciones tanto conocidas como desconocidas.

- La atención del usuario no se centra principalmente en la tarea de cómputo que realiza. Al estar en movimiento requiere atender otras actividades.
- Requerir que los tiempos de respuesta de un sistema sean cortos pero con alto grado de interactividad.
- Cambiar de manera frecuente o abruptamente de tareas.
- Requerir acceso a la información digital en cualquier momento y en cualquier lugar.

De la misma manera que con los usuarios, los sistemas de Cómputo Móviles cuentan con un conjunto de propiedades que hacen que se distingan de los sistemas de cómputo convencionales. A este conjunto de propiedades se les conoce como dimensiones de movilidad, las cuales son:

- Conciencia de la ubicación.
- Calidad de servicio de la conectividad de red (QoS).
- Capacidad de dispositivo limitada.
- Fuente de alimentación limitada.
- Soporte para una amplia variedad de interfaces de usuario.
- Proliferación de plataformas móviles.
- Transacciones activas.

El trabajar con dispositivos móviles tiene complicaciones, por ejemplo, implica enfrentar problemas como la capacidad limitada de procesamiento y de memoria, lo cual agrega complejidad por la reducción de tamaño de las aplicaciones y el consumo restringido de energía.

La evolución de las tecnologías de comunicación inalámbrica ha sido un factor predominante para la adopción de los dispositivos móviles. Hasta el día de hoy existen tres diferentes generaciones de redes de comunicación móvil [3]. En la primera generación (1G) las tecnologías de telefonía inalámbrica son los celulares análogos introducidos en los 80's y son utilizados hasta que son remplazados por los teléfonos celulares digitales de la segunda generación (2G) en los 90's. Algunos ejemplos de los estándares utilizados en la 1G son NMT (Nordic Mobile Telephone) [11], usado en los países nórdicos y AMPS (Advanced Mobile Phone System) [12] utilizado en Estados Unidos. Para la 2G están GSM (Global System for Mobile Communication) [13], PDC (Personal Digital Cellular) [14] y la versión estadounidense del estándar CDMA (IS-95) [15].

La tercera generación (3G) se presenta en octubre de 2001, a través de las redes WCDMA [16] habilitadas en Japón. Los servicios asociados con la 3G proveen la habilidad de transmitir datos de voz, además transmitir datos por ejemplo descargar información, intercambiar correos electrónicos y mensajes instantáneos.



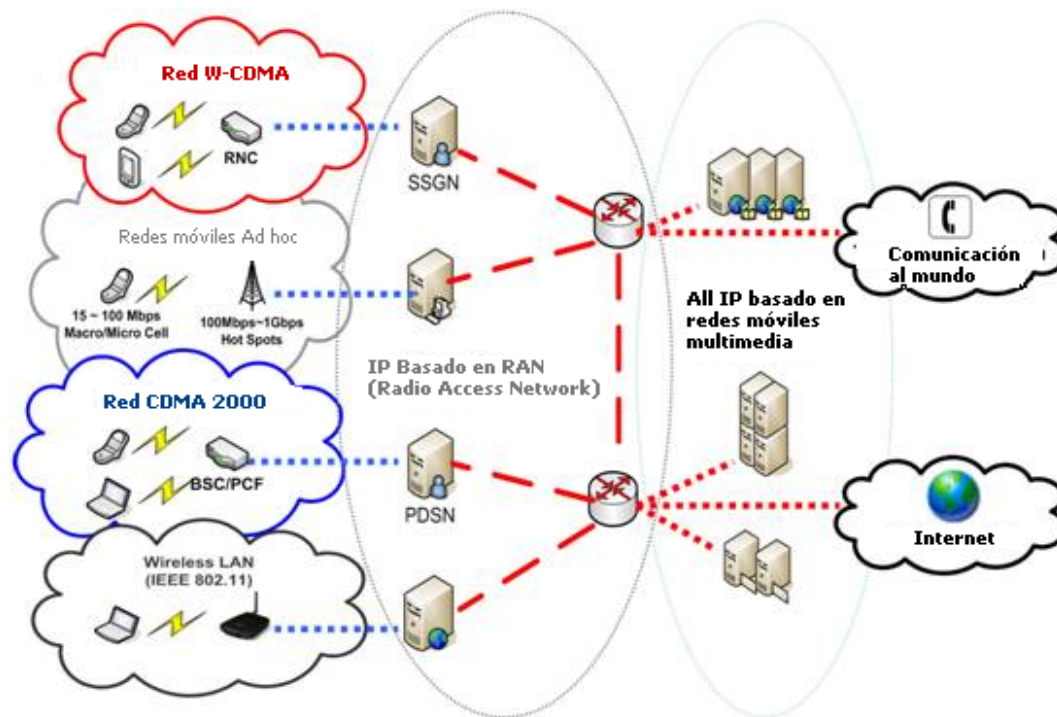


Figura 2.1: Generación 4G

La cuarta generación 4G es el paso siguiente en la evolución de las tecnologías de comunicación inalámbrica. La infraestructura de esta tecnología consiste de un conjunto de diversas redes IP como protocolo en común, orientándose a los servicios All-IP [17] como se describe en la figura 2.1 [18].

En resumen, existe una clara tendencia hacia la convergencia digital en donde voz, video y datos en general, sean pasados por Internet.

## 2.2. Web móvil

Cuando se habla de Web móvil se hace referencia al concepto de tener una Web que pueda ser accesible desde cualquier lugar, sin importar el tipo de dispositivo de cómputo con el que se cuente. Para ello la W3C lanzó la iniciativa de la Web móvil en busca de resolver los problemas de interoperabilidad y usabilidad que dificultan actualmente el acceso a Internet desde los dispositivos móviles [2]. Algunos de los beneficios más importantes de la Web móvil son [19]:

- Se puede acceder a la información digital en cualquier momento y en cualquier lugar donde exista cobertura de telefonía celular. Al liberar esta información de

las limitantes de un escritorio o de una búsqueda de un punto de acceso WiFi [20] cercano, los usuarios pueden recuperar e intercambiar información rápidamente.

- Proporciona conectividad amplia, de acuerdo con Informa Telecoms & Media [21], se estimaba que en el año 2010 la mitad de la población mundial tendría acceso a internet a través de un dispositivo móvil.
- Permite a los servicios aprovechar las capacidades de los dispositivos móviles, como hacer clic en un número de teléfono para llamar o agregarlo a la libreta de direcciones del dispositivo.
- Puede proporcionar servicios que sean sensibles a la ubicación, esto permite reducir los pasos necesarios para que el usuario alcance el contenido útil, con la menor cantidad de esfuerzo.

### 2.3. Servicios Web

Un servicio Web es un componente de software identificado por una URI (Uniform Resource Identifier) [5], el cual puede ser accedido mediante protocolos y estándares basados en Internet utilizando la descripción de su interfaz de comunicación descrita en un formato procesable por una máquina, por ejemplo el lenguaje WSDL (Web Services Description Language) [22]. El Servicio Web está diseñado para soportar interoperabilidad entre sistemas sobre una red. Otros sistemas interactúan con los Servicios Web de la manera descrita en su descripción usando mensajes SOAP (Simple Object Access Protocol) [23], típicamente enviados usando HTTP con una serialización XML [24].

Una característica de las aplicaciones compuestas por Servicios Web, es que éstas pueden estar dispersas por la red, escritos en diferentes lenguajes de programación y en ambientes de ejecución diferentes, sin que esto impida que puedan interactuar entre sí. De esta manera, la interoperabilidad entre los diferentes componentes de un sistema, e incluso entre aplicaciones, se favorece.

Como parte de la infraestructura para la utilización de los servicios Web, existen diversos directorios en los cuales se deposita la información de los servicios permitiendo así el desarrollo de aplicaciones con funcionalidades desarrolladas por terceros.

La arquitectura para la utilización de los servicios Web se muestra en la figura 2.2 [5]. El consumidor consulta un repositorio o registro de servicios Web, que es nutrido con las interfaces de los servicios por parte del proveedor. El registro da al consumidor la descripción del servicio para que éste pueda hacer la petición del servicio al proveedor correspondiente, quien a su vez brinda la respuesta al consumidor.

Esta arquitectura está construida sobre estándares definidos por las organizaciones OASIS(Organization for the Advancement of Structured Information Standards)<sup>1</sup> y la W3C (World Wide Web Consortium)<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup><http://www.oasis-open.org/>

<sup>2</sup><http://www.w3.org/>

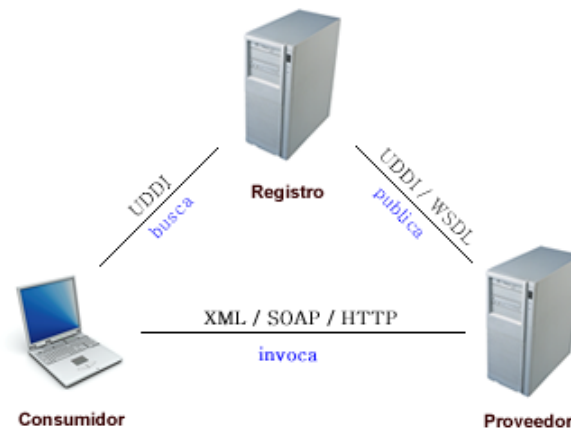


Figura 2.2: Componentes de arquitectura de Servicios Web

## 2.4. Servicios Web semánticos y ontologías

Aunque la arquitectura de Servicios Web tiene la ventaja de brindar interoperabilidad entre diferentes plataformas, carece de la expresividad necesaria para detallar la funcionalidad de los servicios. Esto significa que en la mayoría de los casos, el consumo de servicios se hace de forma manual y con documentación poco descriptiva. Por esta razón surgen los Servicio Web Semánticos [25], los cuales son el resultado de la unión de la tecnología de Servicios Web y la tecnología de la Web semántica [6].

La Web Semántica propone una visión de la Web en donde los contenidos y servicios cuentan con significado, de forma que puedan ser interpretados por otros programas [43]. La Web, puede verse como una gran fuente de información, la cual puede ser modelada con el propósito de compartir y reutilizar conocimiento. La Web semántica pretende habilitar a los usuarios para realizar búsquedas más precisas de información y servicios de acuerdo a sus necesidades.

La Web Semántica también provee la infraestructura necesaria para publicar e interpretar descripciones ontológicas de términos y conceptos. Estos son representados en ontologías. También provee las técnicas necesarias para el razonamiento sobre los conceptos definidos y brinda los medios para obtener correspondencias entre conceptos descritos en diferentes ontologías de tal forma que se habilita una interoperabilidad semántica entre servicios Web.

Una ontología se define como una especificación formal de una conceptualización compartida [7]. En otras palabras, define los términos y relaciones básicas que comprenden el vocabulario de un tópico de área, así como las reglas para combinar los términos y relaciones para definir extensiones al vocabulario. Además, puede verse a las ontologías como un sistema para la representación de una base de conocimiento.

Las ontologías se han desarrollado dentro de la comunidad de investigación de Modelado del Conocimiento [42], con el fin de facilitar el intercambio y reutilización del conocimiento. Estas proveen una gran capacidad de expresividad al momento de hacer el

modelado del dominio de conocimiento, lo que permite que éste pueda ser comunicado entre personas y sistemas de aplicación heterogéneos y distribuidos.

Al igual que con la arquitectura de Servicios Web, la Web Semántica establece estándares los cuales tiene su base en URI's y XML Schema. Los actuales componentes del marco de trabajo de la Web Semántica son: RDF[39], RDF-Schema [40], y el lenguaje OWL(Web Ontology Language) [41].

Por su parte, los Servicio Web Semánticos son servicios que se describen a sí mismos y son susceptibles al descubrimiento, composición e invocación automática [5]. Dicho de otra manera, los servicios Web semánticos están habilitados con una descripción de sí mismos más formal, lo cual permite que sean interpretados por otros programas.

La descripción semántica de los Servicios Web va a permitir que las tareas de composición e invocación de servicios, entre diferentes usuarios y dominios sean automáticas. Existen tecnología para Servicios Web que solo proveen una descripción a nivel sintáctico, lo que provoca que tanto consumidores como proveedores tengan dificultad para representar el verdadero significado de los parámetros de entrada y salida de los servicios. Estas limitaciones pueden ser superadas mediante la representación semántica de los servicios mediante la utilización de una ontología de servicios, habilitando a las maquinas interpretar sus capacidades y hacer la integración con el respectivo dominio de conocimiento al que pertenece cada servicios.

## 2.5. Sistemas basados en contexto

Bajo la premisa de que las aplicaciones necesitan reaccionar de acuerdo al medio que rodea al usuario surgen los sistemas basados en contexto.

Se denomina contexto a “cualquier información que puede ser usada para caracterizar la situación de una entidad, siendo ésta una persona, un lugar, un objeto que se considera relevante en la interacción entre un usuario y la aplicación” [8]. De esta manera, los sistemas que son capaces de extraer, interpretar y utilizar la información del entorno, se les conoce como sistemas consientes del contexto.

Para la representación del contexto extraído se hace uso de ontologías. Esto permite que se dote a la información que caracteriza determinada situación, de un significado que puede ser interpretado por una máquina.

## 2.6. Trabajos relacionados

A continuación se muestran algunos de los resultados publicados en los temas y aéreas de investigación descritas anteriormente y que han servido como comparativo y guía del trabajo descrito en esta tesis.

La literatura es amplia, pues se tratan de temas de actualidad, pero se eligieron sólo los siguientes trabajos, tomando como criterio de selección, que describieran la representación

semántica del contexto, la descripción detallada de los conceptos de tecnologías de la Web semántica y Servicios Web y que la implementación haya sido preferentemente sobre dispositivos móviles.

A continuación se describen de manera general los trabajos seleccionados y las razones por las cuales han sido relevantes para el desarrollo del trabajo presentado en esta tesis.

- Sistema de información basado en contexto para dispositivos móviles [18]. Este trabajo es el precedente inmediato de la propuesta de solución descrita en esta tesis. Se presenta una aplicación sensible al contexto, concretamente el contexto de los usuarios de la aplicación, además de que es una aplicación adaptable a las condiciones en que se está ejecutando, de manera que transforma ese contexto en información útil. Esta información es representada mediante una ontología sobre la que es posible hacer inferencias para vincular la información requerida de una manera más acertada con el perfil del usuario que la necesita. Se desarrolló una aplicación genérica para dispositivos móviles con capacidad de extraer e interpretar el contexto del usuario. Además se auxilió de la tecnología GSP integrada en la mayoría de celulares inteligentes.

Este trabajo brinda un marco de referencia para poder generar la abstracción de los componentes arquitectónicos que integran la presente tesis.

- Ontology-Based Semantic Recommendation for Context-Aware E-Learning [26]. Este es un sistema de recomendación el cual está diseñado para sugerir información del material didáctico a estudiantes universitarios con respecto a sus áreas de estudio. Además, es capaz de asociar elementos pedagógicos para formar planes de estudio y presentarlos a los estudiantes.

Este trabajo describe un mecanismo para representar el perfil de los usuarios además de que muestra el mecanismo para lograr que la representación de la información de los usuarios por medio de ontologías sea explotada para asociar otro tipo de información, en este caso de material didáctico, con dichos usuarios.

- Context-aware Service Discovery in Mobile Heterogeneous Environments [27]. Este proyecto maneja el concepto de SMS (Simple Mobile Service) y se enfoca en cómo encontrar un servicio móvil, relacionándolo con las necesidades de los usuarios apropiadas a su contexto. Propone una solución híbrida que combina una solución basada en directorios y una solución peer-to-peer completamente distribuida.

De este trabajo es posible obtener una visión de trabajo a futuro y por tanto de posible evolución de la solución propuesta en esta tesis. Estos aspectos son importantes a considerar puesto que es necesario planear una solución con posibilidad de escalabilidad.

- SIMPLICITY [28]. El objetivo de este proyecto es el desarrollo de una arquitectura para la simplificación del diseño, desarrollo y evaluación de aplicaciones que

automáticamente se adapten al usuario, a los servicios y a los elementos físicos de la red.

Este trabajo permite observar algunos patrones de diseño interesantes para esta tesis, además de que es posible observar las tecnologías empleadas para los diferentes módulos que componen dicho proyecto.

- **MOBILEARN [29].** Proyecto que pretende explorar las posibilidades del uso de los dispositivos móviles para apoyar el aprendizaje en entornos inteligentes. Es realizado en colaboración con más de 15 universidades de todo el mundo junto con empresas multinacionales de telecomunicación (Nokia, Deutsche Telekom, Telecom Italia, Telefónica, COMPAQ).

El estudio de este proyecto muestra algunas de las tendencias que las principales empresas de desarrollo tecnológico móvil están siguiendo y que de una u otra forma determinan el campo de acción real de las investigaciones relacionadas con dispositivos móviles.

- **Design and Implementation of Web Service Based Intelligence Mobile Guidance System [30].** Este proyecto pretende satisfacer la demanda actual de viajes turísticos, explora el diseño de un sistema guía inteligente de servicios Web embebido. Hace uso de la tecnología GIS, proporcionando a los viajeros un servicio de acompañamiento turístico en cualquier momento y cualquier lugar, a través de servicios Web.

Este proyecto muestra además, un posible campo de acción a la cual se puede estar orientando las posibles implementaciones de sistemas que tomen como base la arquitectura modelada en esta tesis.

- **MORFEO MyMoSe Project [31].** El consorcio MORFEO ha realizado investigación en el área de búsqueda contextual aplicada al entorno de Web Móvil, desarrollando un sistema de recomendación sensible al contexto, el cual realiza sugerencias a los usuarios tomando como base las solicitudes ingresadas. Este sistema recoge datos y preferencias de los usuarios para poder definir su sistema.

Se maneja un modelo para la obtención del contexto de los usuarios usando ontologías para la representación del conocimiento, donde están incluidas todas las propiedades del ambiente del usuario y de sus intereses, definiendo para ello una taxonomía de clases y las propiedades, que se vinculan a conceptos similares y en caso de ser necesario una extensión al vocabulario definido, es posible agregar nuevas definiciones. Una vez que las propiedades han sido identificadas y definidas, no pueden ser removidas del modelo con el propósito de evitar rupturas en las dependencias de las propiedades. Este trabajo aumenta el marco de referencia para poder abstraer componentes necesarios para el diseño de la arquitectura propuesta en esta tesis.

- CYBERGUIDE [32]. Este proyecto está pensado para la asistencia en la exploración de entornos físicos y virtuales. El reconocimiento de personas en una reunión, realización de visitas guiadas, obtención de información del entorno (especies vegetales, monumentos), son algunos de los servicios que ofrece.
- Location-Based Novelty Index Value and Recommendation System and Method [33]. Este trabajo propone un esquema más amplio para la caracterización del contexto de los usuarios, pues toma aspectos como los son las condiciones climáticas, la velocidad, medio en que se transporta un usuario, entre otros. Otra característica es que guarda un histórico de los lugares visitados por el usuario y lo utiliza como factor para determinar recomendaciones.

El sistema propuesto recomienda actividades teniendo en cuenta el contexto, políticas de privacidad y preferencias de los usuarios, presentando una clasificación de actividades correspondientes a un conjunto específico de preferencias, teniendo, por ejemplo, que para las actividades de tipo “viajes” en el proceso de inferencia se consideran únicamente el conjunto de preferencias formadas pronóstico del tiempo, aerolíneas, hoteles y renta de autos.

Con el estudio de este trabajo es posible aumentar la visión de la información relevante que puede ser usada para aumentar la definición de contexto de usuario.

- Aplicación Web híbrida aplicada a servicios turísticos descritos semánticamente [34]. Esta aplicación Web está orientada al sector hotelero del puerto de Acapulco, México. Almacena la información en una ontología geográfica que describe servicios turísticos, tales como hospedaje y entretenimiento.

Este trabajo es también un marco de referencia para abstraer componentes que han de participar en la arquitectura propuesta en esta tesis, además de que ejemplifica un campo de acción real de este tipo de sistemas.

- An Ontology-Based Intelligent Mobile System for Tourist Guidance [35]. Este trabajo consiste en un sistema inteligente que es capaz de brindar información turística a los usuarios, usando como estructuración del conocimiento las ontologías.

Aporta un entendimiento de la importancia y la utilidad de las ontologías como modelo de representación del conocimiento para sistemas inteligentes.

- Situation-Aware Adaptive Recommendation to Assist Mobile Users in a Campus Environment [36]. Este artículo presenta un sistema de recomendación semántico que es consciente del contexto usando ontologías. Está planteado para usuario con dispositivos móviles. Muestra la información más relevante acerca de edificios e individuos de acuerdo la localización del usuario. Además se propone una red de ontologías para modelar el contexto, el perfil del usuario y el historial de recomendaciones.

Los conceptos, métodos, técnicas y enfoques importantes, presentados en este artículo son el modelado de situaciones y eventos, el uso de una ontología de contexto multidimensional y considerar un historial de sugerencias en el proceso de recomendación en el ámbito de un campus específico. Se propone además, una red de ontologías que está formada por cinco ontologías permitiendo que, además del contexto y perfil de usuario, en el proceso de inferencia se considera el historial de recomendaciones, el cual almacena las recomendaciones aceptadas previamente por los usuarios, para determinar cuáles son las recomendaciones más novedosas.

Este trabajo aumenta el campo de análisis para la abstracción de componentes y posibles tecnologías a utilizar en el modelado de la arquitectura propuesta en esta tesis.

- **Enabling Semantic Web Services. The Web Service Modeling Ontology [25].** Este trabajo ofrece un panorama del desarrollo de las tecnologías de la información que ha desembocado en el surgimiento de los servicios Web. Además describe lo que es una arquitectura orientada a servicios y como esta ha sido la arquitectura que mejor se ha adaptado al mundo de los servicios Web. También hace un análisis de lo que es la Web semántica y como los servicios Web evolucionan con las tecnologías brindadas por esta Web, hasta llegar a los servicios Web semánticos.
- **A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using The Protégé-OWL Plugin and CO-ODE Tools [37].** Este documento es un práctico manual para la implementación básica de una ontología usando el entorno de desarrollo Protégé. Proporciona los conceptos básicos para entender cómo escribir una ontología en OWL-DL, que componen la componen y como poder utilizar un razonador para revisar la consistencia lógica de la jerarquía de clases y los individuos pertenecientes a la ontología definida.
- **Proyecto JQuery Mobile [38].** El proyecto JQuery Mobile surge de los creadores del marco de trabajo JQuery, el cual es un proyecto que proporciona herramientas para generar páginas Web de manera sencilla y con gran calidad en sus interfaces de usuario. Se basa en un conjunto de interfaces de programación de aplicaciones escritas en Java Script, además de que usa la especificación de HTML5 con lo que las funcionalidades son mayores. JQuery Mobile tiene la filosofía de en lugar de escribir aplicaciones únicas para cada dispositivo móvil o sistema operativo, diseñar una única gran marca y personalizar la aplicación Web que funciona en todas las plataformas de los teléfonos inteligentes y la tabletas más populares.

Este proyecto es importante porque sirve como marco de trabajo para la Web móvil, la cual es una tecnología contemplada dentro de la arquitectura propuesta.

El estudio realizado de las propuestas anteriores, permitió obtener una gran cantidad de información de las áreas del conocimiento de interés para esta tesis. En las investigaciones descritas se abarcan áreas del conocimiento como lo son: sistemas sensibles al contexto,



movilidad en el acceso a la información, sistemas de recomendación, servicios Web y tecnologías de la Web semántica. Cada propuesta abarca más de una de estas áreas, sin embargo, en ninguna de ellas se aborda el problema del acceso a la información dependiendo del contexto del usuario junto con la posibilidad de la utilización de servicios Web semánticamente anotados, con lo que se posibilita a los usuarios finales, la obtención de servicios más acordes a sus necesidades reales, además de que todo esto sea a través de un dispositivo móvil.



# Capítulo 3

## Análisis y Diseño

En este trabajo se presenta un mecanismo de consumo inteligente de Servicios Web por parte de usuarios finales a través de un dispositivo móvil. Por un lado existe un conjunto de proveedores de servicios los cuales publican una serie de Servicios Web con el propósito de brindar determinadas funcionalidades a sus consumidores. Por otro lado se encuentran los usuarios finales, los cuales pretenden acceder a esos servicios ofertados en la red porque satisfacen acertadamente sus necesidades. La solución que se describe en esta tesis consiste de una arquitectura de software que proporcione la mediación entre los usuarios finales y los Servicios Web distribuidos en Internet, robusteciendo la búsqueda de un servicio, con la información obtenida del contexto en el que se lleva a cabo la solicitud. Esto contribuye a reducir el espacio de búsqueda además de brindar una interfaz adecuada para el consumo y visualización de las respuestas obtenidas de un determinado Servicio Web.

En la solución descrita en esta tesis, la información del proveedor, operaciones y parámetros de los Servicios Web se encuentran definidos en una ontología de servicios. De igual manera se mantiene una clasificación de los servicios en una ontología de dominios de aplicación. La información del contexto del usuario, compuesta por la información del perfil y ubicación geográfica del usuario, también está vinculada a estos dominios de aplicación, con lo que se obtiene un medio de vinculación entre Servicios Web y peticiones contextualizadas de usuario.

En este capítulo se presenta el resultado del análisis y diseño de la arquitectura propuesta, partiendo de lo general a lo particular, mostrando primero un esquema global de la arquitectura para posteriormente detallar los componentes participantes, separados en capas. Por último se presenta el diseño de la base de conocimiento necesaria para alcanzar la funcionalidad planteada.

### 3.1. Arquitectura general

Una arquitectura software define la descripción de los componentes computacionales y los subsistemas que conforman un sistema de software y cuáles son las relaciones entre ellos [44].

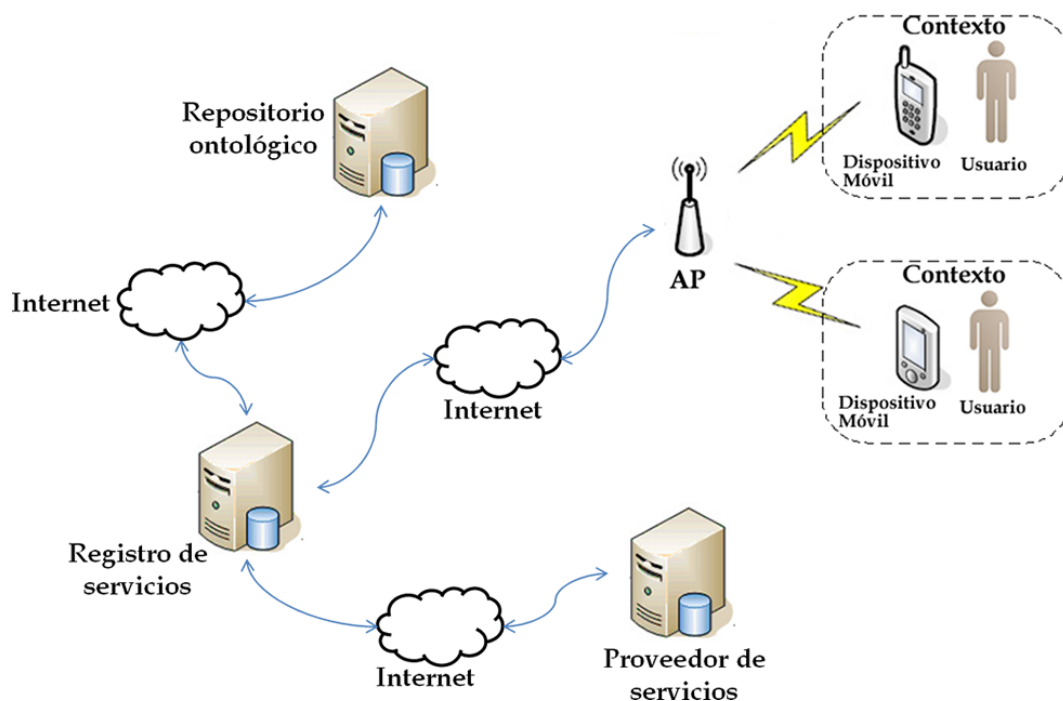


Figura 3.1: Componentes de arquitectura

Para poder definir una arquitectura de software es necesario tomar decisiones respecto a la organización de los sistemas, la elección de los componentes estructurales y como éstos se comportan y comunican entre sí. Es posible que estos componentes se agrupen y sean vistos como subsistemas con comportamiento e interfaces bien definidas.

Un componente de software, es una parte de un sistema que encapsula un comportamiento, el cual está diseñado de tal manera que es reemplazable y cuenta con una serie de interfaces para comunicarse con otros componentes. A nivel de programación se pueden representar como módulos, clases de objetos, conjuntos de funciones relacionadas, etc. [44].

Una vista global de los principales componentes que se proponen para la arquitectura propuesta se muestra en la figura 3.1.

En primer lugar se tiene un servidor el cual actúa como el proveedor de servicios, en donde diferentes proveedores registran sus Servicios Web y éstos son guardados en una base de conocimiento. Por otra parte, los usuarios acceden a esos servicios y tienen la posibilidad de consumirlos. Aparte de actuar como intermediario entre los usuarios y los proveedores de servicios, el servidor brinda una interfaz para la administración de la base de conocimiento alojada en el Repositorio Ontológico. Por su parte la base de conocimiento está compuesta de un motor de inferencias y consultas y por una serie de ontologías que describen el contexto del usuario, los Servicios Web y los dominios de aplicación de los servicios.

Del lado del cliente la información del perfil del usuario, sus intereses y su ubicación

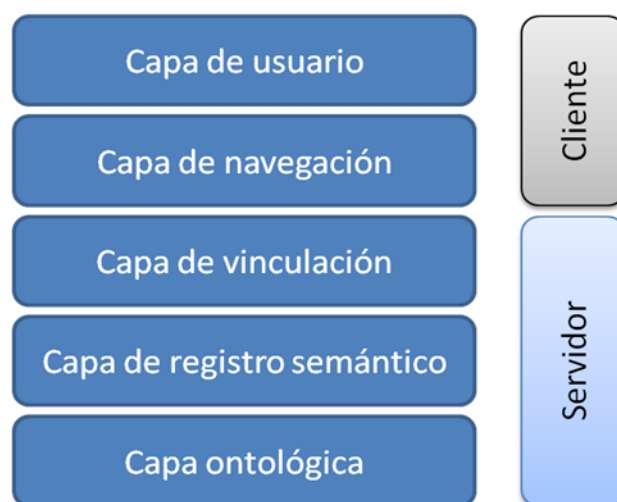


Figura 3.2: Capas de arquitectura

geográfica son incluidos como información de contexto. Esta información del contexto es utilizada para que el Proveedor de Servicios pueda brindar una respuesta más acertada al usuario. Opcionalmente, esta respuesta puede ser visualizada en un mapa, con la ayuda de un Servidor de Mapas.

### 3.1.1. Diseño por capas

Una vista de la arquitectura en capas permite distinguir de mejor manera los componentes que participan en la arquitectura propuesta. La figura 3.2 muestra cinco capas, dos de las cuales, las podríamos localizar del lado del cliente y las 3 restantes del lado del servidor.

**Capa de Usuario.** En esta capa se captura la información relevante para la interacción entre el usuario y los servicios disponibles en la red para complementar las solicitudes de los usuarios con información contextual y obtener respuestas considerando la semántica de la solicitud.

**Capa de Navegación.** En esta capa se estructuran las interfaces de usuario para el consumo de un Servicio Web y la representación de las respuestas generadas a una solicitud.

**Capa de Vinculación.** En esta capa se realiza la mediación entre las peticiones de los usuarios y los Servicios Web distribuidos en la red.

**Capa de Registro Semántico.** Esta capa tiene como función principal dotar a las interfaces de los Servicios Web de información semántica relevante para su correcta vinculación con las solicitudes de los usuarios.

**Capa Ontológica.** En esta capa se realiza la administración de la base de conocimiento definida como medio de representación del dominio consumo de servicios, que a su vez, incluye los dominios contexto de usuario, Servicios Web y dominios de aplicación de servicios.

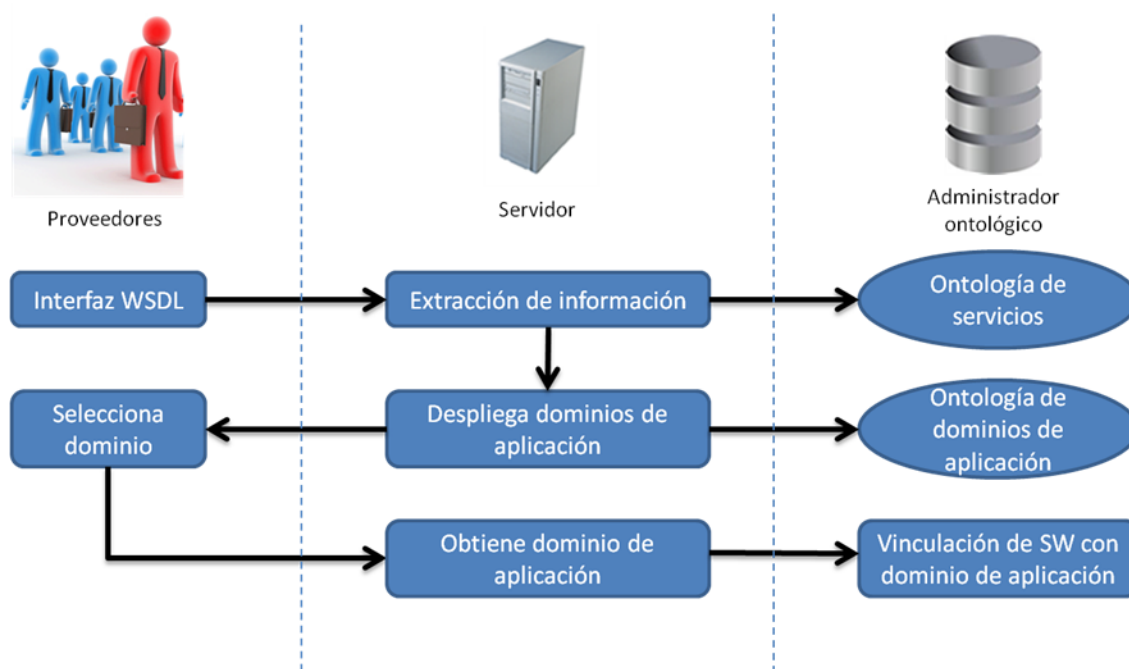


Figura 3.3: Registro de Servicios Web

## 3.2. Propuesta de solución

La propuesta de solución se centra en dos actividades principales para la interacción entre usuarios y proveedores de servicios. Estas dos actividades son el registro de Servicios Web en una base de conocimiento y el consumo del servicio por parte del usuario con características de movilidad.

### 3.2.1. Registro de Servicios Web

En la figura 3.3 se muestra el proceso de registro de Servicios Web. Los actores participantes son los proveedores, un servidor Web y un módulo de software denominado administrador ontológico.

El proveedor cuenta con la descripción de sus servicios en forma de interfaces descritas en el lenguaje WSDL. El proveedor facilita estas interfaces al servidor para que éste extraiga la información del servicio descrito. Esta información es dotada de significado, al ser almacenada en una base de conocimiento en forma de ontología de servicios, a través de un módulo de software denominado Administrador ontológico. Posterior a este proceso, se requiere que el proveedor describa el dominio de aplicación de sus servicios, esto se hace a través de la clasificación de los Servicios Web tomando como referencia otra ontología de dominios de aplicación.

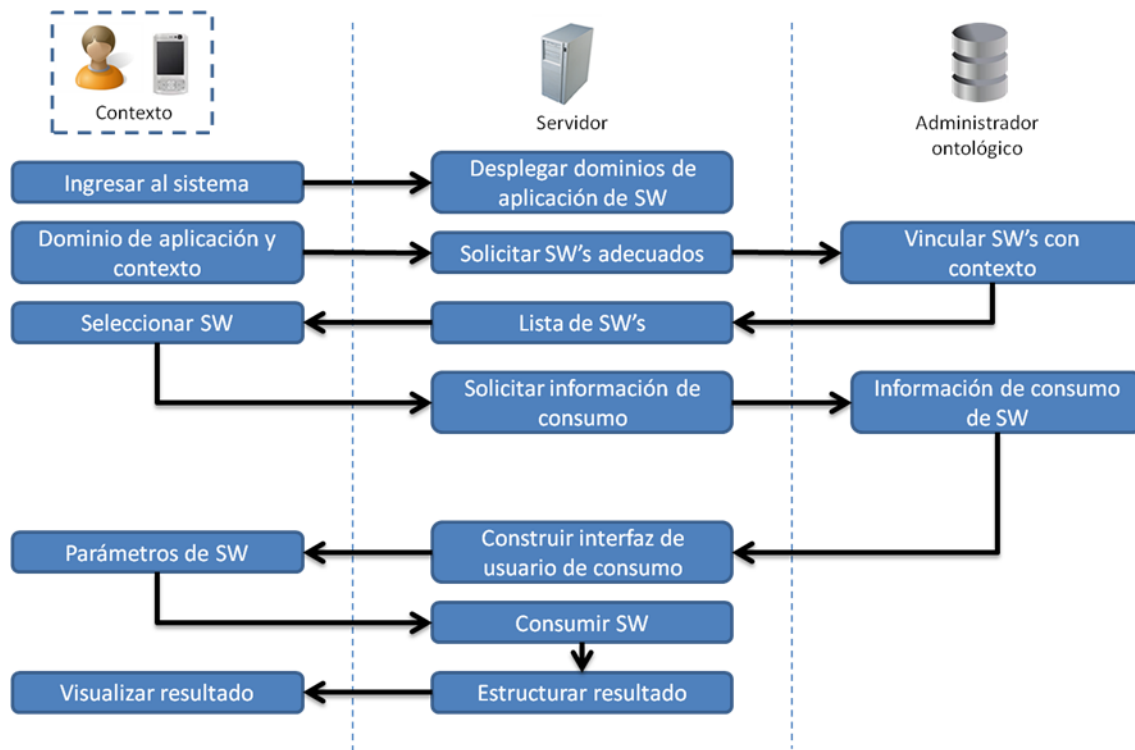


Figura 3.4: Registro de Servicios Web

### 3.2.2. Consumo de Servicios Web

La segunda actividad es el consumo de los Servicios Web por parte de los usuarios. En la figura 3.4 se muestra este proceso. En primer lugar el usuario ingresa al sistema a través de un nombre y una contraseña. El servidor, muestra los diferentes dominios de aplicación de Servicios Web para que el usuario seleccione alguno. Con la selección de dominio de aplicación y la información contextual del usuario, se establece la vinculación con un conjunto de Servicios Web que se adecuen a las condiciones de la consulta. El usuario selecciona un servicio en específico y el servidor consulta al administrador ontológico, el cual es el encargado de administrar la base de conocimiento, la información necesaria para poder consumir el servicio. El servidor arma la interfaz gráfica de usuario necesaria para que el usuario seleccione la operación a invocar e ingrese los parámetros necesarios. El servidor recibe estos datos e invoca el servicio, para después estructurar la respuesta y presentarla al usuario de manera amigable.

## 3.3. Modelado de la Capa de Usuario

### 3.3.1. Casos de uso de capa de usuario

La figura 3.5 muestra el diagrama de casos de uso correspondiente a la capa de usuario.

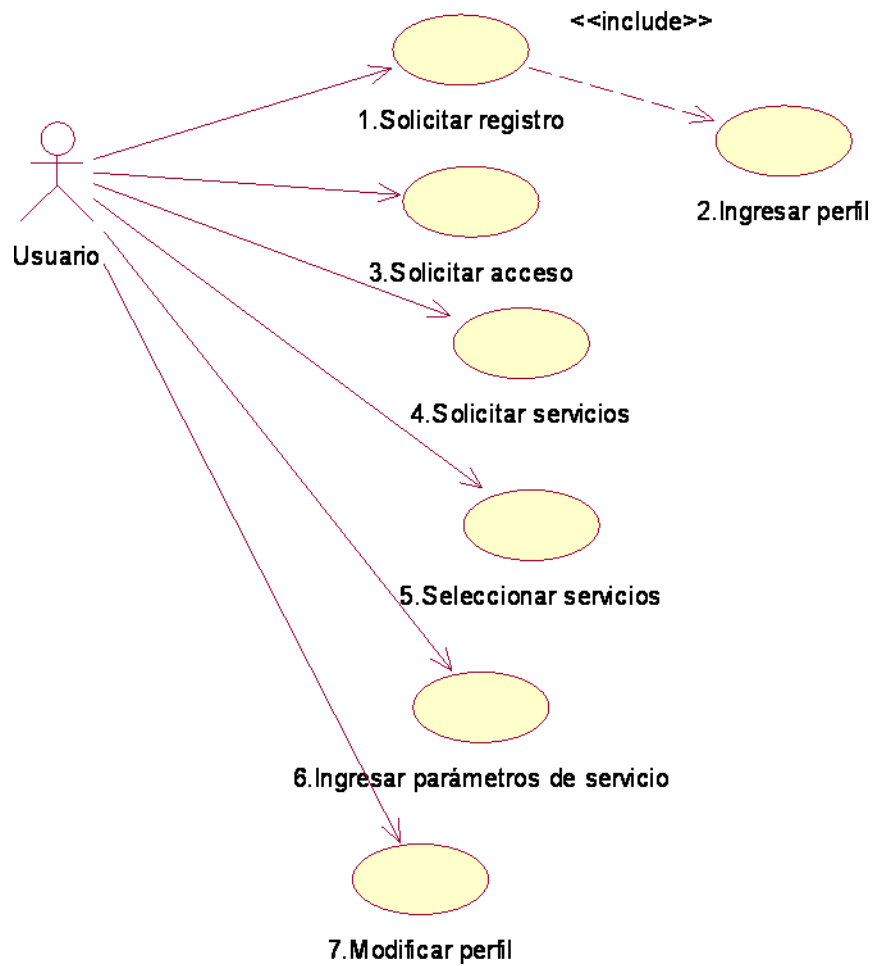


Figura 3.5: Digrama de casos de uso de capa de usuario.



## Actores

- Usuario. Es quien tiene la necesidad de acceder a un determinado servicio. Sus solicitudes están condicionadas a un determinado contexto y se hacen a través de un dispositivo móvil.

## Casos de Uso

1. Solicitar registro. Activado por el usuario que desea registrarse en el sistema, se realiza a través de su dispositivo móvil.
2. Ingresar perfil. Permite ingresar el perfil del usuario a la base de conocimiento para su representación semántica. Este procedimiento puede hacerse desde el registro del usuario o una vez que el usuario ya se encuentre registrado.
3. Solicitar acceso. Permite al usuario identificarse ante el sistema para poder hacer uso de los servicios disponibles para él. Para poder activar este caso de uso es necesario estar registrado en el sistema.
4. Solicitar servicios. Se obtiene una serie de Servicios Web que son mostrados al usuario de manera que estén relacionados con su contexto. Para solicitar los servicios es necesario estar registrado y haber ingresado su perfil.
5. Ingresar parámetros de servicio. El usuario introduce los parámetros necesarios para poder hacer la invocación de una determinada funcionalidad que brinda un Servicio Web. Para poder activar este caso de uso es necesario haber solicitado previamente los servicios disponibles.
6. Modificar perfil. El usuario puede modificar su perfil, con lo que puede cambiar el resultado de sus peticiones de Servicios Web. Para esto necesita haber llenado antes su perfil de usuario.

### 3.3.2. Secuencias de capa de usuario

#### Secuencia de registro de usuario

El proceso para que un usuario se registre en el sistema se muestra en la figura 3.6.  
*Mensajes de secuencia de registro de usuario*

- Solicitar registro. El usuario entra al sistema y solicita su registro
- Solicitar perfil de usuario. El sistema proporciona la interfaz necesaria para que el usuario ingrese sus datos.
- Ingresar perfil. El usuario ingresa su información personal, ocupación e intereses.
- Validación de perfil. El sistema hace la validación que los datos ingresados sean correctos.

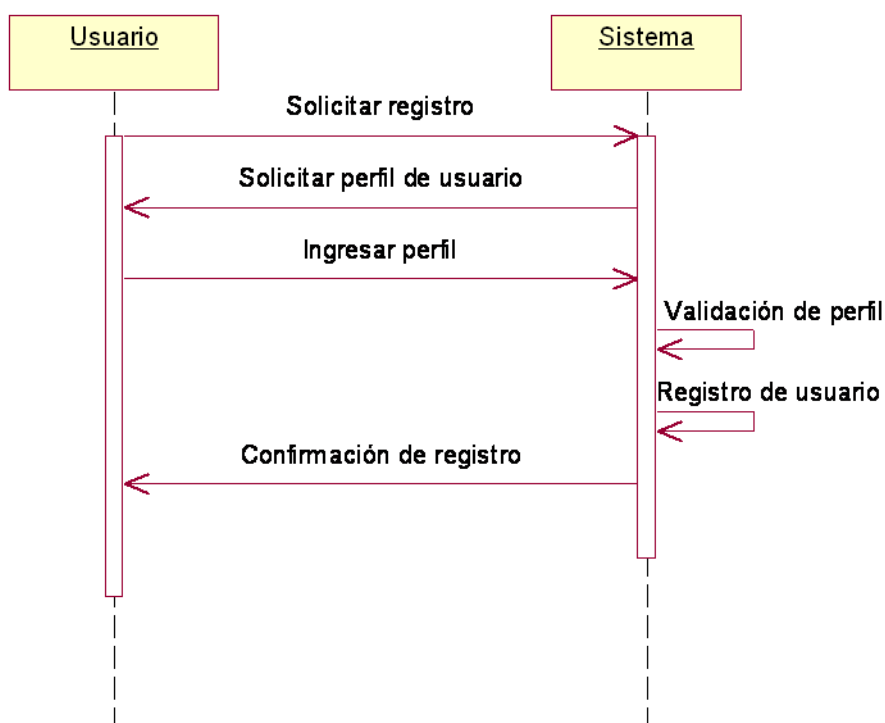


Figura 3.6: Digrama de secuencia de registro de usuario en el sistema.

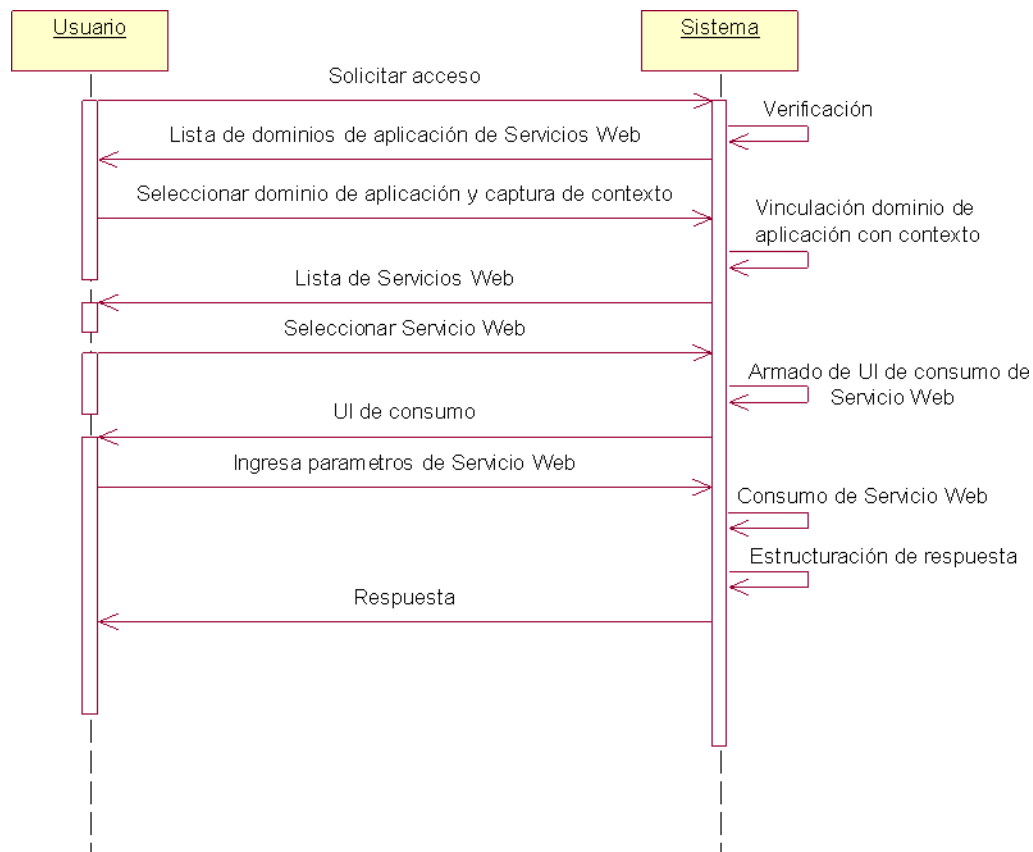


Figura 3.7: Digrama de secuencia de consumo de servicios.

- Registro de usuario. El sistema guarda los datos en la base de conocimiento.
- Confirmación de registro. El sistema confirma que los datos han sido guardados y que el usuario puede hacer uso del sistema con los datos ingresados.

### Secuencia de consumo de servicios

La secuencia para la selección y consumo de los Servicios Web se muestra en la figura 3.7.

#### *Mensajes de secuencia de consumo de servicios*

- Solicitar acceso. El usuario solicita el acceso al sistema por medio de su nombre de usuario y contraseña.
- Verificación. El sistema verifica que los datos de acceso sean correctos y correspondan entre sí.
- Lista de dominios de aplicación. El sistema muestra una lista de dominios de aplicación de servicios que forman parte de la base de conocimiento del sistema.

- Seleccionar dominio de aplicación. El usuario selecciona el dominio de aplicación del servicio que requiere.
- Vinculación dominio de aplicación con contexto. El sistema vincula la petición del usuario tomando como parámetros la selección de dominio de aplicación y el contexto del usuario.
- Lista de Servicios Web. El sistema devuelve al usuario una lista de servicios que se adaptan de mejor manera a la situación del usuario.
- Seleccionar Servicio Web. El usuario selecciona un servicio del conjunto de servicios recomendados por el sistema.
- Armado de UI de consumo de Servicio Web. El sistema arma la interfaz grafica de usuario necesaria para el consumo del servicio seleccionado.
- UI de consumo. El sistema muestra al usuario la interfaz construida.
- Ingresar parámetros de Servicio Web. El usuario ingresa los parámetros necesarios para la invocación del servicio.
- Consumo de Servicio Web. El servidor toma los parámetros ingresados por el usuario y hace la invocación del servicio.
- Estructuración de respuesta. El servidor toma el resultado de la invocación y estructura la respuesta para presentarla al usuario.
- Respuesta. La respuesta generada es presentada al usuario de manera amigable y tomando en cuenta su carácter de movilidad.

## 3.4. Modelado de la Capa de Navegación

### 3.4.1. Casos de uso de capa de navegación

La figura 3.8 muestra el diagrama de casos de uso correspondiente a la capa de navegación.

#### Actores

- Capa de usuario. Es la encapsulación del comportamiento del usuario que indirectamente activa los casos de uso descritos en este diagrama a través de un navegador web móvil.

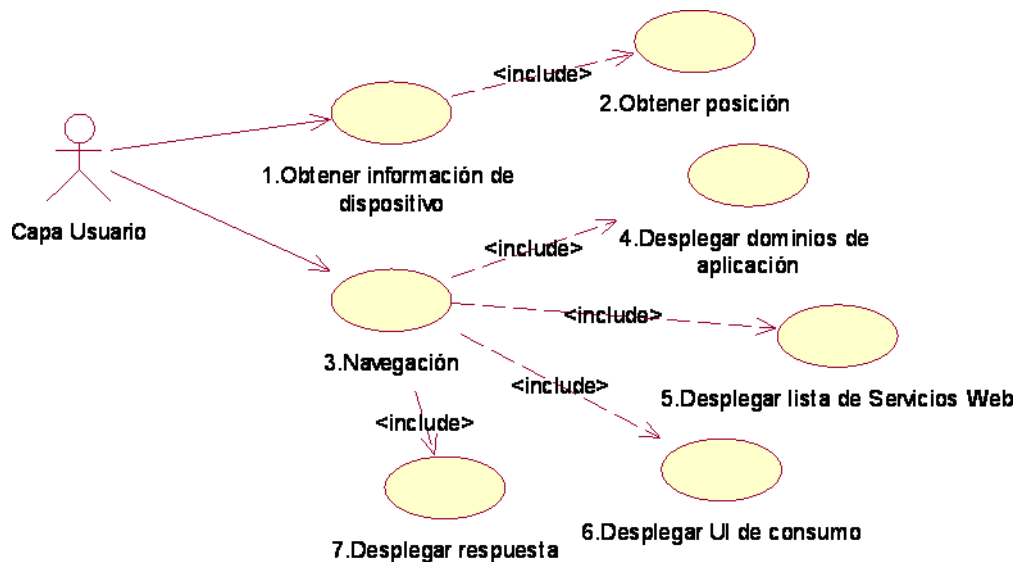


Figura 3.8: Digrama de casos de uso de capa de navegación.

### Casos de Uso

1. Obtener información de dispositivo. La capa de usuario, al solicitar un servicio, necesita obtener la información del dispositivo para complementar su petición.
2. Obtener posición. Se obtiene la posición geográfica del dispositivo móvil desde el cual se está haciendo una petición y que, debido a su naturaleza frecuentemente cambiante, requiere una atención especial.
3. Navegación. Se activa cuando desde la capa de usuario se ejecuta cualquier petición al sistema.
4. Desplegar dominios de aplicación. Se usa para desplegar los dominios de aplicación de los servicios almacenados en la base de conocimiento del sistema.
5. Desplegar lista de Servicios Web. Este caso de uso se activa cuando la capa de usuario solicita Servicios Web.
6. Desplegar UI de consumo. Se activa para mostrar a la capa de usuario, la interfaz grafica de usuario para hacer la invocación de un servicio seleccionado.
7. Desplegar respuesta. Se activa para mostrar de manera estructurada la respuesta de la invocación de un servicio Web invocado.

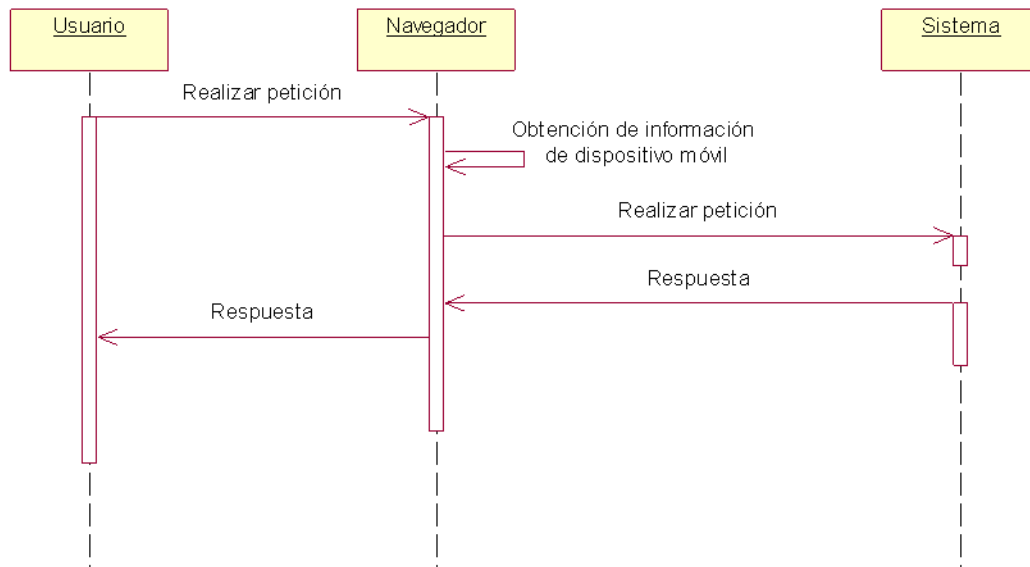


Figura 3.9: Digrama de secuencia de obtención de información contextual.

### 3.4.2. Secuencias de capa de navegación

#### Secuencia de obtención de información contextual

La figura 3.9 muestra el proceso para la obtención de información contextual del navegador web móvil.

*Mensajes de secuencia de obtención de información contextual*

- Realizar petición. El usuario realiza una petición a través de un navegador web móvil.
- Obtener información de dispositivo. El navegador Web móvil obtiene la información de localización geográfica del dispositivo móvil.
- Realizar petición. La petición se envía al sistema con la información contextual del usuario.
- Respuesta. El sistema genera una respuesta y ésta es presentada al usuario a través del navegador web.

## 3.5. Modelado de la Capa de Vinculación

### 3.5.1. Casos de uso de capa de vinculación

La Figura 3.10 muestra el diagrama de casos de uso correspondiente a la capa de vinculación.

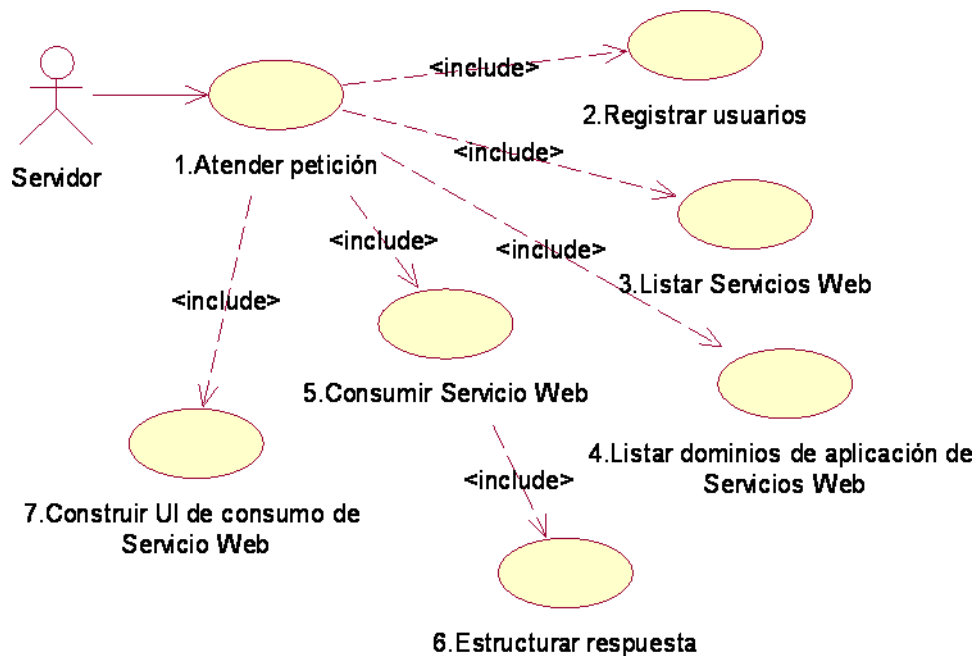


Figura 3.10: Digrama de casos de uso de capa de vinculación.

### Actores

- Servidor. Es el componente de software que actúa como intermediario entre los usuarios y los proveedores de servicios.

### Casos de Uso

1. Atender petición. Este caso de uso se encarga de escuchar y atender cada petición que los usuarios realizan.
2. Registrar usuarios. Se activa cuando un usuario solicita su registro, el servidor brinda la interfaz necesaria para que los datos del usuario sean almacenados en la base de conocimiento.
3. Listar Servicios Web. A través de este caso de uso se realizan las consultas a la base de conocimiento para poder mostrar a los usuarios una lista de Servicios Web disponibles.
4. Listar dominios de aplicación de Servicios Web. El servidor, consulta la base de conocimiento para poder mostrar a los usuarios una lista de dominios de aplicación de los Servicios Web disponibles.
5. Consumir Servicio Web. En este caso de uso el servidor toma los parámetros necesarios de invocación de un Servicio Web, los cuales fueron proporcionados por el usuario, para poder hacer el consumo de dicho servicio.

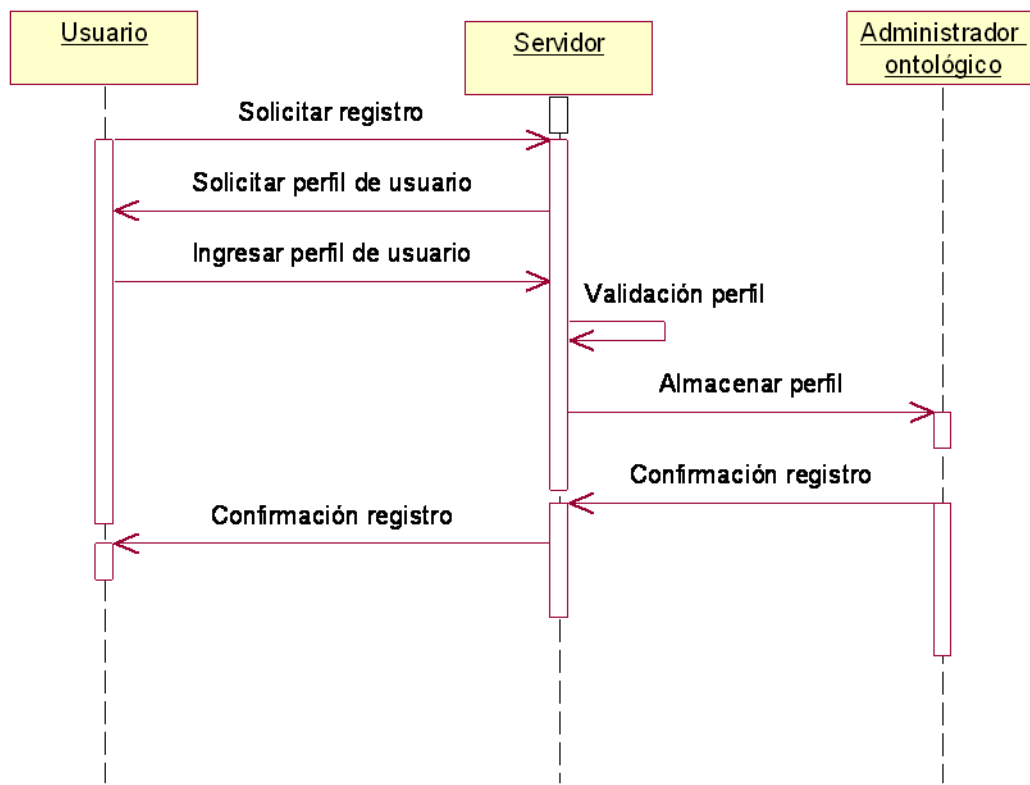


Figura 3.11: Digrama de secuencia de registro de usuario en la base de conocimiento.

6. Estructurar respuesta. El servidor toma el resultado de la invocación del Servicio Web y lo estructura para mostrarlo al usuario a través de su navegador web móvil.
7. Construir UI de consumo de Servicio Web. El servidor construye dinámicamente la interfaz de usuario para el consumo de un Servicio Web seleccionado.

### 3.5.2. Secuencias de capa de vinculación

#### Secuencia de registro de usuario

La figura 3.11 muestra la interacción entre el usuario, el servidor y el administrador ontológico para lograr que un usuario se registre en la base de conocimiento.

*Mensajes de secuencia de registro de usuario en la base de conocimiento*

- Solicitar registro. El usuario envía su solicitud de registro al servidor a través de su navegador web móvil.
- Solicitar perfil de usuario. El servidor solicita los datos generales del usuario, su ocupación y sus intereses.



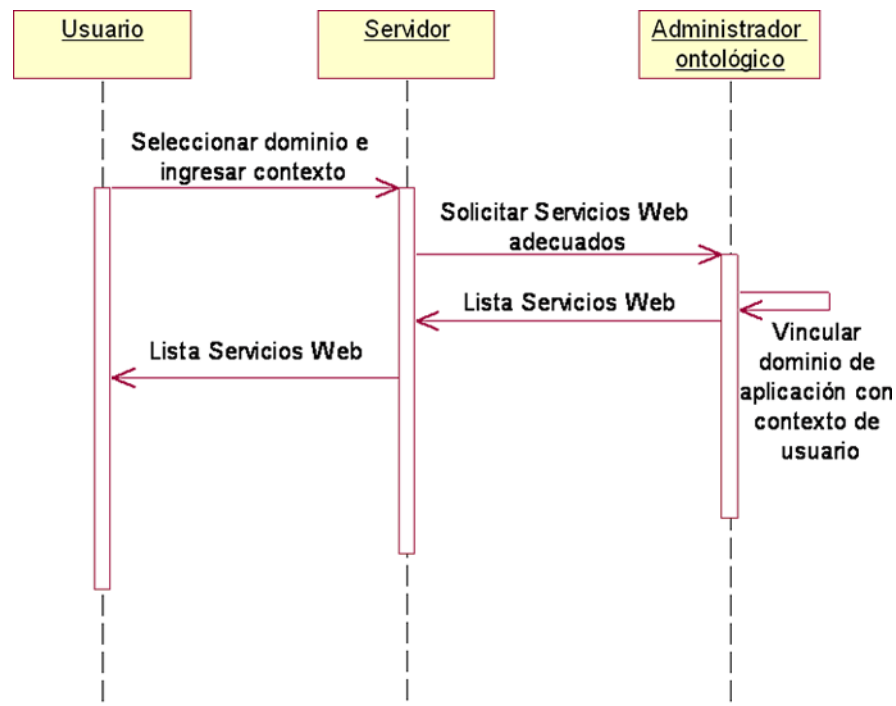


Figura 3.12: Digrama de secuencia de selección de servicios.

- Ingresar perfil de usuario. El usuario ingresa los parámetros solicitados por el servidor.
- Validación perfil. El servidor recibe y valida los datos.
- Almacenar perfil. El servidor almacena la información del usuario en la base de conocimiento a través del administrador ontológico.
- Confirmación registro. El administrador ontológico confirma el registro del usuario al servidor y éste a su vez, lo comunica al usuario.

### Secuencia de selección de servicios

La secuencia para la selección de los Servicios Web se muestra en la figura 3.12.

#### *Mensajes de secuencia de selección de servicios*

- Seleccionar dominio e ingresar contexto. El usuario selecciona un dominio de aplicación y el navegador web móvil obtiene la posición geográfica del usuario.
- Solicitar Servicios Web adecuados. El servidor toma la información contextual del usuario y consulta al administrador ontológico por la lista de Servicios Web más adecuados para la solicitud.

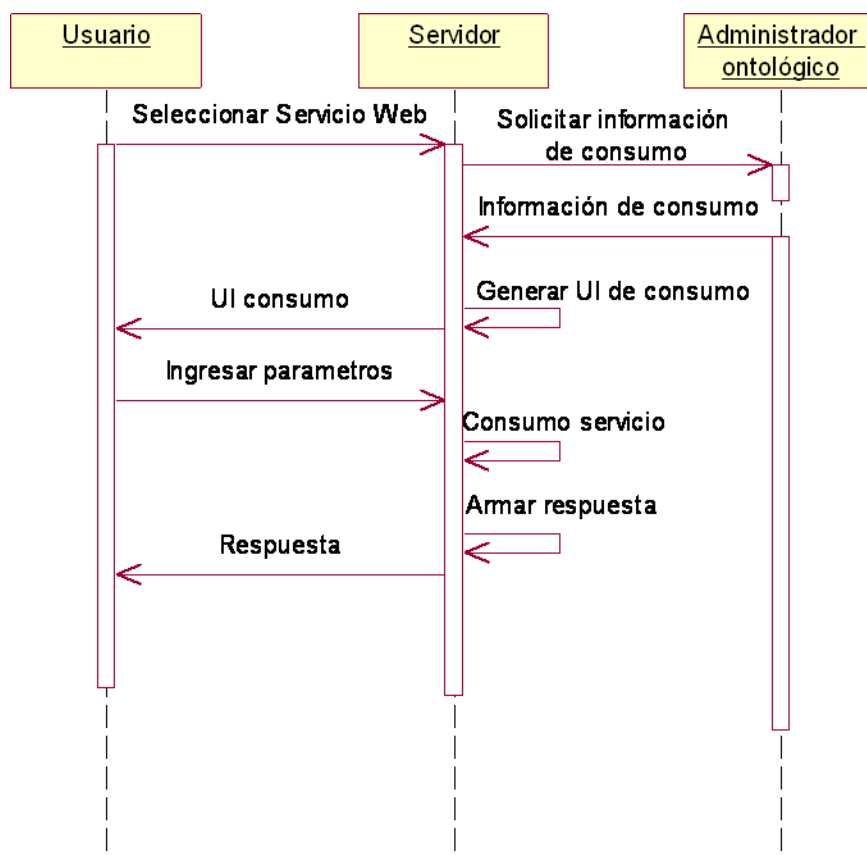


Figura 3.13: Digrama de secuencia de consumo de servicios.

- Vincular dominio de aplicación con contexto de usuario. El administrador ontológico, a través de reglas de inferencia, vincula los Servicios Web más adecuados a la solicitud del usuario.
- Lista Servicios Web. El administrador ontológico genera una lista de Servicios Web y el servidor estructura dicha lista para mostrarla al usuario.

### Secuencia de consumo de servicios

La secuencia para el consumo de los Servicios Web se muestra en la figura 3.13.

#### *Mensajes de secuencia de consumo de servicios*

- Seleccionar Servicio Web. El usuario selecciona un Servicio Web de los que el sistema le recomienda.
- Solicitar información de consumo. El servidor consulta al administrador ontológico la información de consumo del Servicio Web seleccionado por el usuario.
- Información de consumo. El administrador ontológico regresa al servidor la información de consumo almacenada en la base de conocimiento.

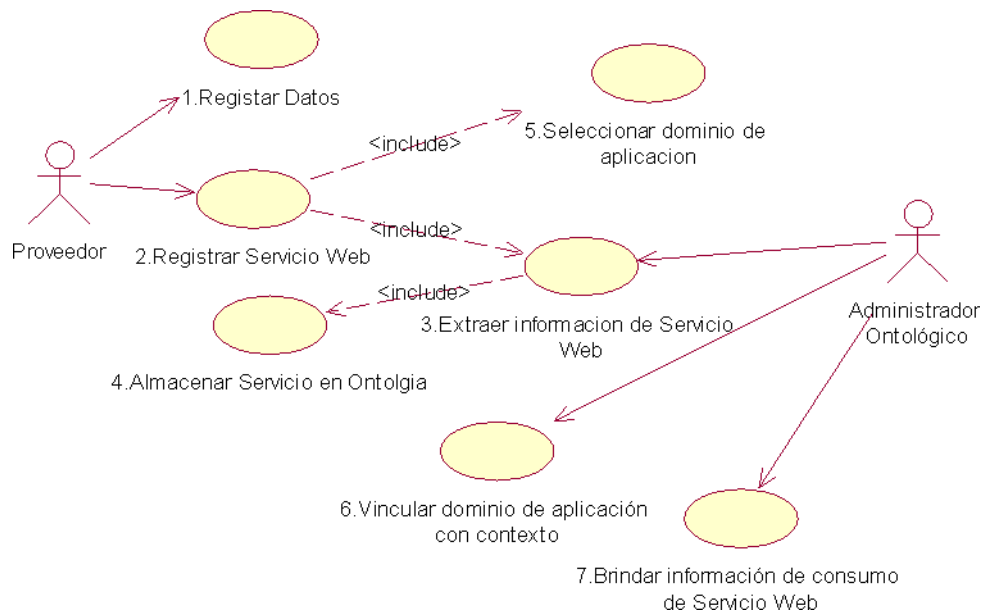


Figura 3.14: Digrama de casos de uso de capa de registro semántico.

- Generar UI de consumo. El servidor genera dinámicamente la interfaz de usuario para el consumo del servicio seleccionado.
- UI de consumo. La interfaz de consumo es mostrada al usuario a través de su navegador web móvil.
- Ingresar parámetros. El usuario ingresa los parámetros necesarios para el consumo del servicio.
- Consumo servicio. El servidor toma los parámetros de consumo e invoca al Servicio Web.
- Armar respuesta. El servidor toma el resultado de la invocación del servicio y arma estructura la respuesta para mostrarla al usuario.
- Respuesta. La respuesta es presentada al usuario a través de su navegador web móvil.

## 3.6. Modelado de la Capa de Registro Semántico

### 3.6.1. Casos de uso de capa de registro semántico

La figura 3.14 muestra el diagrama de casos de uso correspondiente a la capa de registro semántico.

### Actores

- Proveedor. Es quien brinda un determinado Servicio Web y publica su funcionalidad a través de una interfaz WSDL.
- Administrador Ontológico. Es el módulo de software encargado de administrar la base de conocimiento.

### Casos de Uso

1. Registrar datos. Es activado por el proveedor cuando desea registrarse en el sistema para poder publicar sus servicios.
2. Registrar Servicio Web. Este caso de uso tiene el objetivo de registrar un determinado Servicio Web que publica un proveedor. Para ello es necesario que el proveedor se encuentre previamente registrado en el sistema.
3. Extraer información de Servicio Web. Se utiliza en el proceso de registro de Servicio Web. A través de él, se extraen las características de los servicios: nombre, operaciones, parámetros de invocación y tipos de datos.
4. Almacenar Servicio en ontología. La información extraída del Servicio Web es almacenada en la base de conocimiento a través de este caso de uso.
5. Seleccionar dominio de aplicación. Sirve para clasificar un Servicio Web previamente registrado, dentro de un dominio de aplicación especificado por el proveedor del servicio.
6. Vincular dominio de aplicación con contexto. El administrador ontológico, a través de reglas de inferencia, vincula el contexto que acompaña una petición, con los servicios más adecuados para esa petición.
7. Brindar información de consumo de Servicio Web. El administrador ontológico obtiene la información necesaria para el consumo de un determinado Servicio Web a través de reglas de consulta a la base de conocimiento.

## 3.6.2. Secuencias de capa de registro semántico

### Secuencia de registro de Servicio Web

La figura 3.15 muestra la interacción entre el proveedor de servicios, el servidor y el administrador ontológico para lograr que un Servicio Web se registre en la base de conocimiento.

*Mensajes de secuencia de registro de Servicio Web en la base de conocimiento*

- Ingresar interfaz WSDL de Servicio Web. El proveedor ingresa la interfaz WSDL de su Servicio Web a través del servidor web.

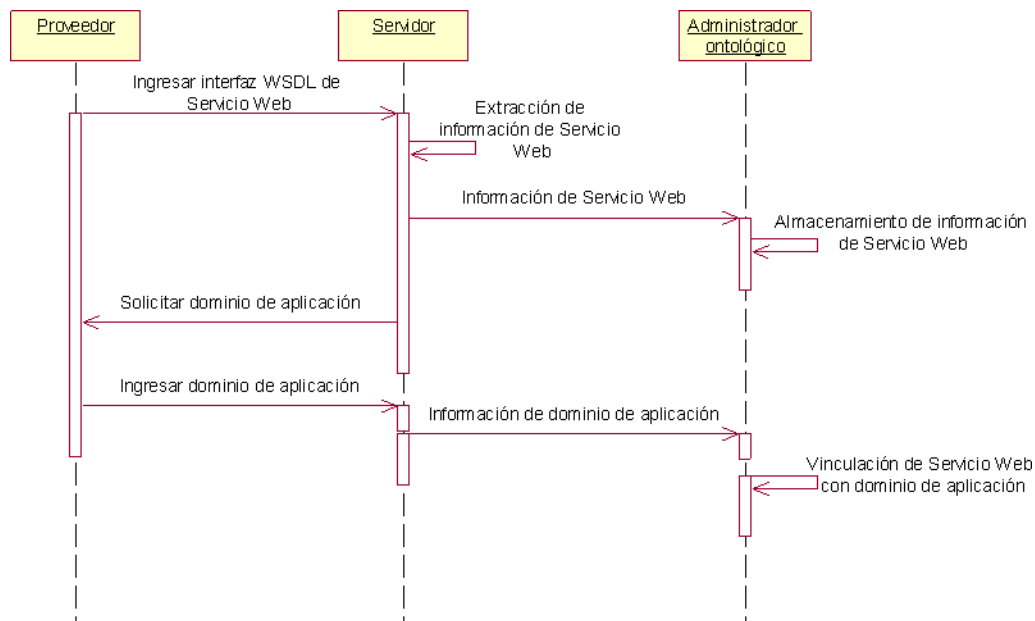


Figura 3.15: Digrama de secuencia de registro de Servicio Web en la base de conocimiento.

- Extracción de información de Servicio Web. El servidor extrae la información del servicio: nombre, operaciones, parámetros y tipos de datos.
- Información de Servicio Web. El servidor pasa al administrador ontológico la información del servicio.
- Almacenamiento de información de Servicio Web. El administrador ontológico almacena la información del servicio en la base de conocimiento.
- Solicitar dominio de aplicación. El servidor solicita al usuario un dominio de aplicación para clasificar al Servicio Web ingresado.
- Ingresar dominio de aplicación. El usuario selecciona un dominio de aplicación.
- Información de dominio de aplicación. El servidor comunica al administrador ontológico el dominio de aplicación seleccionado.
- Vinculación de Servicio Web con dominio de aplicación. El administrador ontológico genera las relaciones ente el usuario y el dominio de aplicación en la base de conocimiento.

### Secuencia de vinculación para el consumo de servicios

La secuencia de vinculación para el consumo de los Servicios Web se muestra en la figura 3.16.

*Mensajes de secuencia de vinculación para el consumo de servicios*

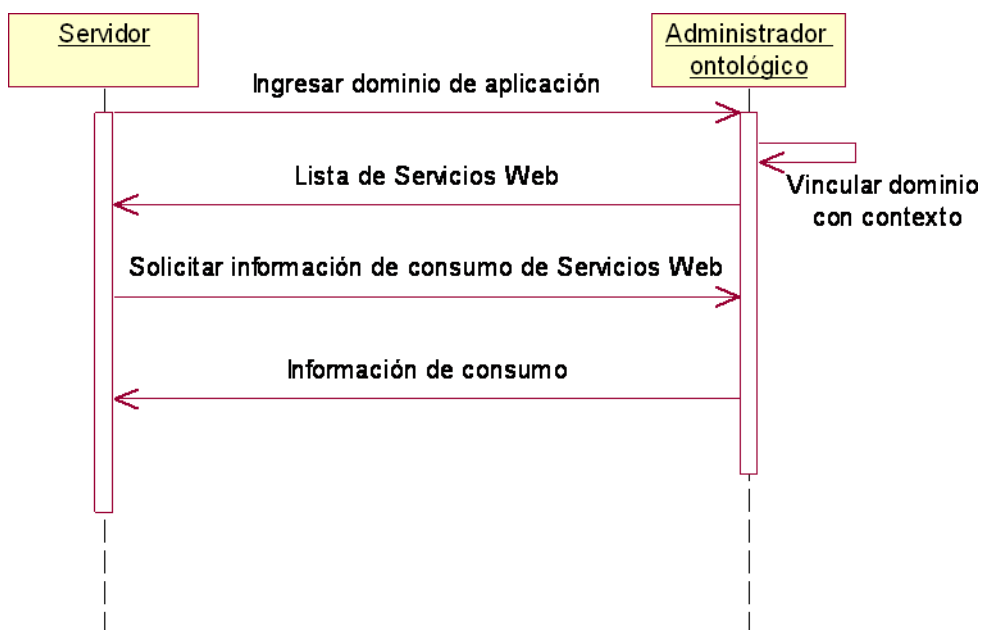


Figura 3.16: Digrama de secuencia de vinculación para el consumo de servicios.

- Ingresar dominio de aplicación. El usuario, a través del servidor, selecciona un dominio de aplicación el cual es comunicado al administrador ontológico.
- Vincular dominio con contexto. El administrador ontológico, a través de reglas de inferencia, vincula el dominio de aplicación seleccionado junto con la información de contexto del usuario, para generar una lista de recomendaciones de Servicios Web.
- Lista de Servicios Web. El administrador ontológico comunica la lista de servicios vinculados con la petición realizada.
- Solicitar información de consumo de Servicio Web. El servidor solicita la información de consumo de un determinado Servicio Web.
- Información de consumo. El administrador ontológico a través de reglas de consulta sobre la base de conocimiento obtiene la información requerida por el servidor.

## 3.7. Modelado de la Capa Ontológica

### 3.7.1. Casos de uso de capa ontológica

La figura 3.17 muestra el diagrama de casos de uso correspondiente a la capa ontológica.

#### Actores

- Administrador ontológico. Es el módulo de software encargado de administrar la base de conocimiento.

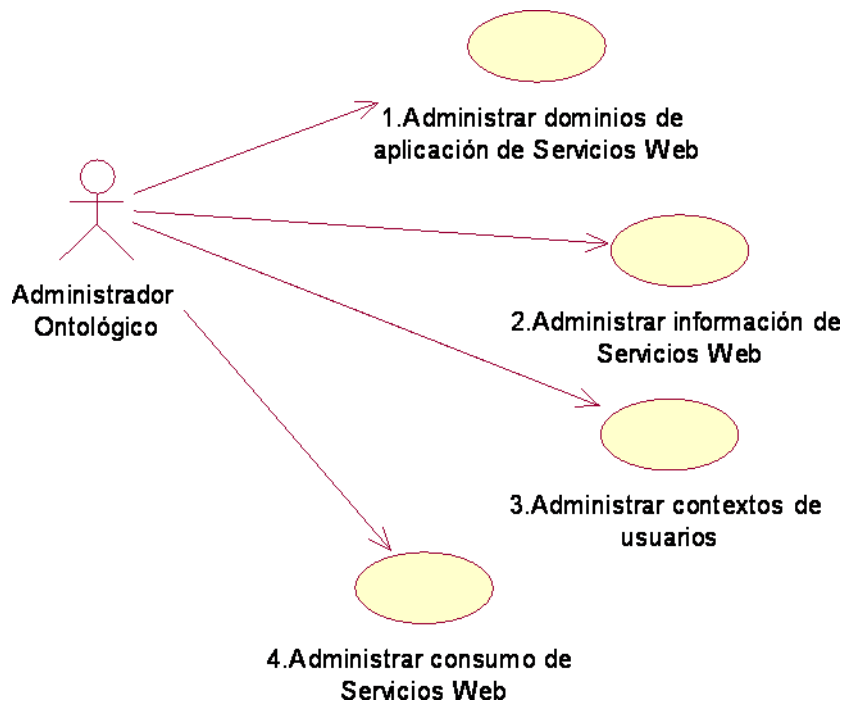


Figura 3.17: Digrama de casos de uso de capa ontológica.

### Casos de Uso

1. Administrar dominios de aplicación de Servicios Web. Encargado de hacer altas, bajas, consultas y cambios sobre la sección de la base de conocimiento encargada de almacenar los dominios de aplicación de un Servicio Web.
2. Administrar información de Servicios Web. Encargado de hacer altas, bajas, consultas y cambios sobre la sección de la base de conocimiento encargada de almacenar la información de los Servicios Web ingresados por los proveedores.
3. Administrar contextos de usuarios. Encargado de hacer altas, bajas, consultas y cambios sobre la sección de la base de conocimiento encargada de almacenar los contextos de los usuarios que requieren los Servicios Web.
4. Administrar consumo de Servicios Web. Encargado de hacer altas, bajas, consultas y cambios sobre la sección de la base de conocimiento encargada de los consumos de los Servicios Web.

### 3.7.2. Secuencias de capa ontológica

#### Secuencia de administración de base de conocimiento

La figura 3.18 muestra la interacción entre el servidor y el administrador ontológico para acceder a la base de conocimiento.

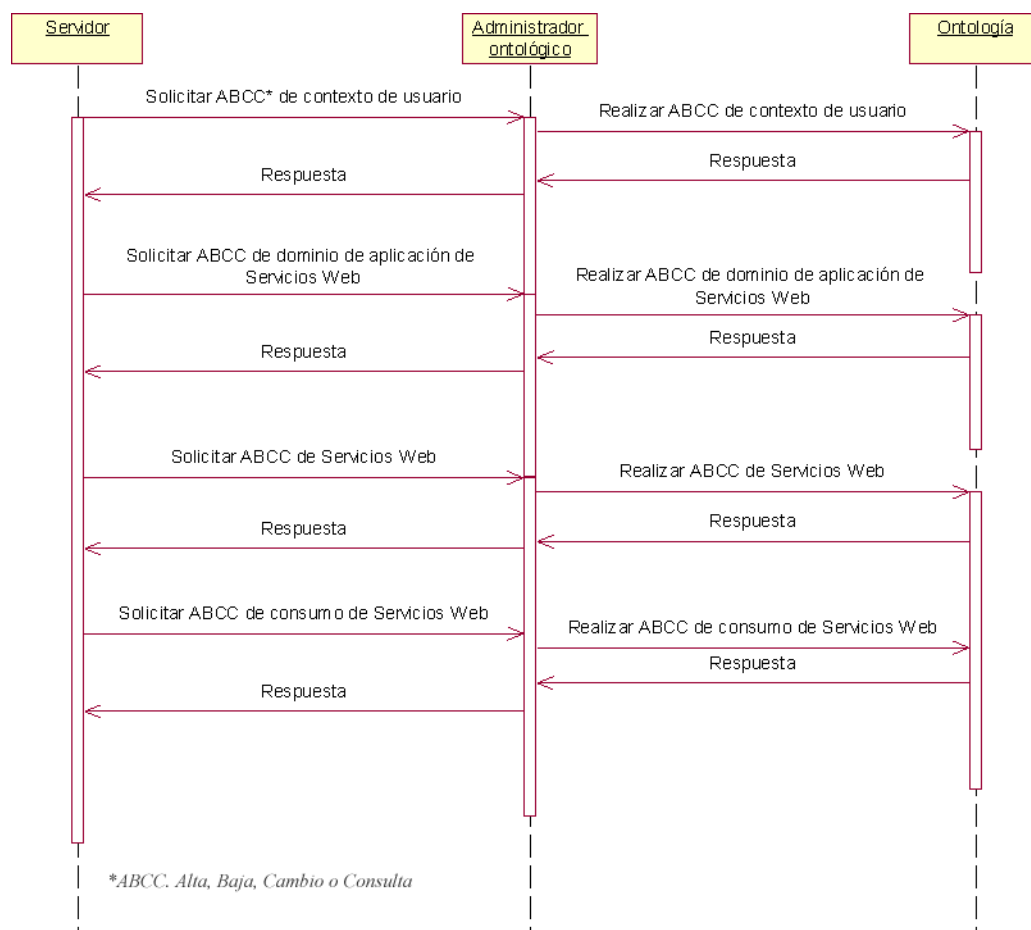


Figura 3.18: Digrama de secuencia de administración de base de conocimiento.



*Mensajes de secuencia de administración de base de conocimiento*

- Solicitar ABCC (Alta, Bajo, Cambio o Consulta) de contexto de usuario. El servidor solicita una alta, baja, cambio o consulta de un contexto de usuario.
- Realizar ABCC de contexto de usuario.
- Solicitar ABCC de dominios de aplicación. El servidor solicita una alta, baja, cambio o consulta de un domino de aplicación.
- Realizar ABCC de dominios de aplicación.
- Solicitar ABCC de Servicios Web. El servidor solicita una alta, baja, cambio o consulta de Servicio Web.
- Realizar ABCC de Servicios Web.
- Solicitar ABCC de consumo de Servicios Web. El servidor solicita una alta, baja, cambio o consulta de sobre la información de consumo de un Servicio Web.
- Realizar ABCC de consumo de Servicios Web.
- Respuesta. El administrador ontológico genera la respuesta al servidor dependiendo de la solicitud realizada.

### **3.8. Modelado de Base de Conocimiento**

La base de conocimiento necesaria para la implementación de la arquitectura propuesta consta de un conjunto de cuatro ontologías y un motor de inferencias como se muestra en la figura 3.19.

Para la elaboración de dichas ontología se requieren los siguientes pasos:

- Elaboración de una taxonomía de clases para la abstracción de las entidades y características del dominio a modelar. Para esto, se creará una jerarquía de clases y se especificarán los atributos de cada clase.
- Identificación y modelado de las relaciones entre las clases modeladas. Las relaciones entre las clases que conforman una ontología permiten vincular dichas clases, de manera que cada una de ellas representa un concepto dentro del dominio modelado y las relaciones son el vínculo por el cual esos conceptos interactúan entre sí.
- Axiomatización del modelo generado para el establecimiento de restricciones en las propiedades de las entidades y relaciones modeladas.
- Población de la ontología con instancias de las clases (individuos).
- Definición de reglas de inferencia sobre los individuos de la ontología.

El motor de inferencias tiene la capacidad para realizar consultas e inferencias utilizando el lenguaje SQWRL y SWRL respectivamente.

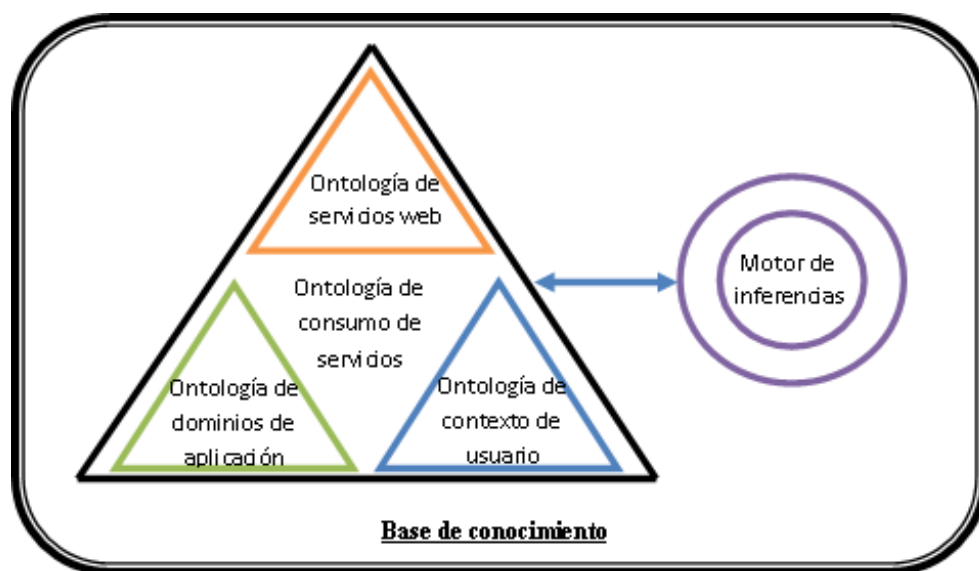


Figura 3.19: Digrama de casos de uso de capa ontológica.

### 3.8.1. Ontología de Contexto de Usuario

La ontología de contexto (figura 3.20) tiene como objetivo la representación el contexto de los usuarios tomando en cuenta sus datos generales, su ocupación, sus intereses y la información del dispositivo móvil que utiliza para interactuar con el sistema, concretamente, la información requerida tiene que ver sobre todo con su posición geográfica.

#### Descripción de clases

- **Interés.** Esta clase define una jerarquía mostrada en la Figura 3.21.
- **Registro Intereses.** Esta clase representa la interacción entre un usuario y sus intereses. Define una propiedad nivel\_interes que es una variable en un rango de 1 a 10, esto indica el nivel de interés que tiene un usuario en un determinado momento hacia un concepto en específico de los que se muestran en la figura 3.21.
- **Usuario.** Describe a un usuario y sus características generales representadas por nombre de usuario, fecha de nacimiento y sexo.
- **Ocupación.** Define la ocupación de un usuario. Cuenta con un campo de descripción de ocupación.
- **Dispositivo.** Define el dispositivo móvil con el que cuenta un usuario.
- **Posición.** Define las coordenadas geográficas de latitud y longitud obtenidas a través del dispositivo móvil.

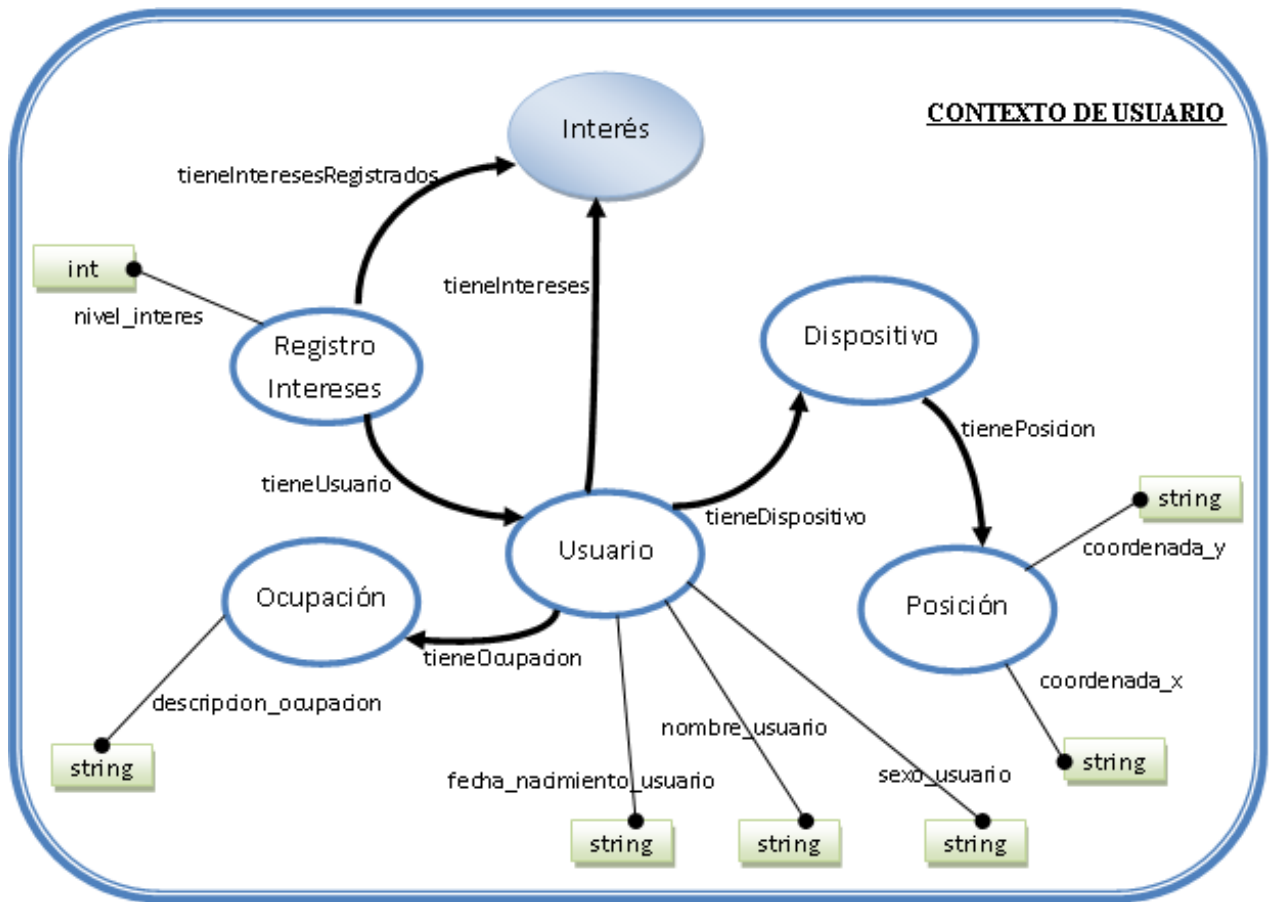


Figura 3.20: Ontología de Contexto de Usuario.

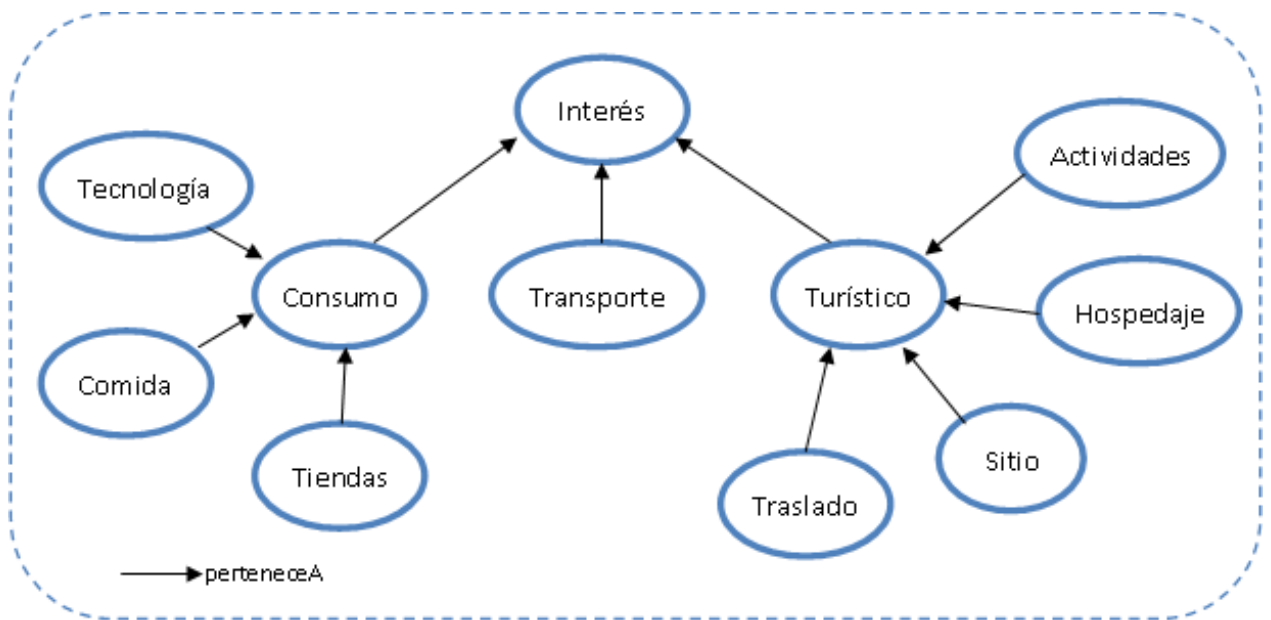


Figura 3.21: Clasificación de intereses.

Relación	Dominio	Rango	Cardinalidad
tieneInteresRegistrados	Registro Intereses	Interés	1 .. 1
tieneIntereses	Usuario	Interés	1 .. n
tieneUsuario	Registro Intereses	Usuario	1 .. 1
tieneDispositivo	Usuario	Dispositivo	1 .. 1
tienePosicion	Dispositivo	Posición	1 .. 1
tieneOcupacion	Usuario	Ocupación	1 .. n

Tabla 3.1: Descripción de relaciones de ontología de Contexto de Usuario

La descripción de relaciones de ontología de Contexto de Usuario se encuentra detallada en la tabla 3.1.

### 3.8.2. Ontología de Servicios Web

La ontología de Servicios Web (figura 3.22) describe los componentes que conforman un servicio. Esta ontología es poblada por el administrador ontológico cuando los proveedores publican sus interfaces WSDL en la capa de registro semántico. Esta ontología es la que permite que los Servicios Web ingresados sean dotados de información semántica.

#### Descripción de clases

- Proveedor. Define al individuo que publica sus Servicios Web. Se describe a través de un nombre de proveedor, contraseña, correo electrónico y una URL.
- Servicio. Define un Servicio Web ingresado por un proveedor. Se describe mediante un nombre de servicio y una URL de acceso.
- Tipo. Define los tipos de datos complejos utilizados dentro del servicio. Se describe mediante un nombre de tipo, una clase base y una bandera booleana que determina si es un tipo de datos comparable con información geográfica de longitud y latitud.
- Operación. Define las operaciones con las que cuenta un servicio.
- Variable. Define los valores de entrada y salida de una operación, además de que describe los componentes de un tipo de datos complejo.
- Ejemplar. Define un conjunto de valores que puede ser usado como referencia para asignar valor a una determinada variable.

La descripción de relaciones de ontología de Servicios Web se encuentra detallada en la Tabla 3.2.

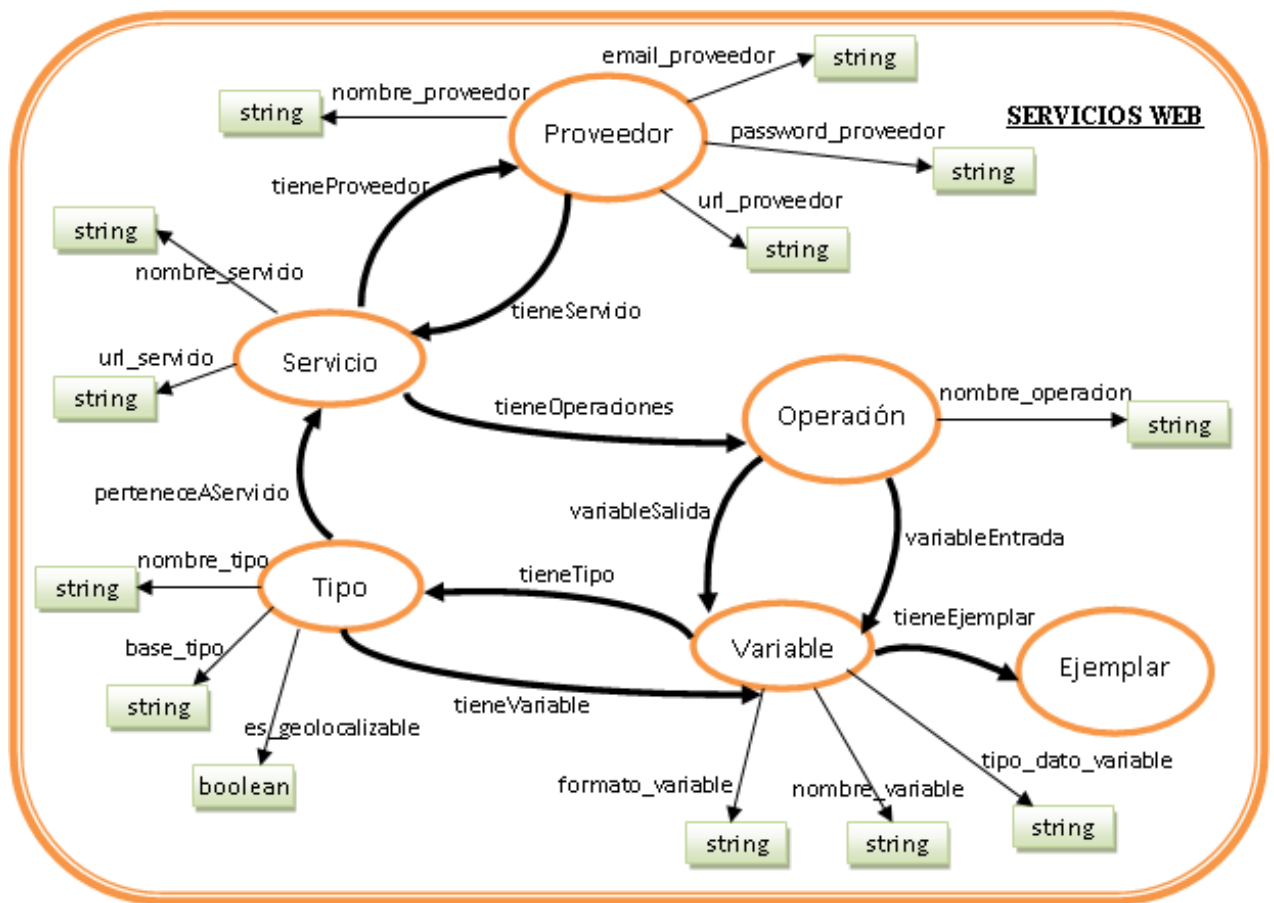


Figura 3.22: Ontología de Servicios Web.

Relación	Dominio	Rango	Cardinalidad
tieneProveedor	Servicio	Proveedor	1 .. 1
tieneServicio	Proveedor	Servicio	1 .. n
tieneOperaciones	Servicio	Operación	1 .. n
perteneceAServicio	Tipo	Servicio	1 .. 1
variableSalida	Operación	Variable	1 .. 1
variableEntrada	Operación	Variable	0 .. n
tieneTipo	Variable	Tipo	0, 1
tieneEjemplar	Variable	Ejemplar	0 .. n
tieneVariable	Tipo	Variable	1 .. n

Tabla 3.2: Descripción de relaciones de ontología de Servicios Web

### 3.8.3. Ontología de Dominios de Aplicación

La ontología de dominios de aplicación (figura 3.23) define una jerarquía de clases que permite clasificar los Servicios Web, los intereses de usuario y su ocupación. Esta clasificación va a permitir que se generen cruces intereses-SW y ocupaciones-SW. Esta ontología está diseñada para crecer dependiendo de qué tan variados sean los dominios de aplicación de los Servicios Web registrados.

#### Descripción de clases

- Nivel. Esta clase define 3 niveles: alto, medio y bajo, los cuales se refieren al nivel socioeconómico hacia el que va dirigido un Servicio Web. Este nivel es asociado a los usuarios dependiendo de su ocupación.
- Dominio. Define una clasificación de posibles campos de acción de los Servicios Web y los intereses de los usuarios

### 3.8.4. Ontología de Consumo de Servicios

La ontología de consumo de servicios (figura 3.24) puede verse como una meta-ontología que incluye las tres anteriores. En ella no se definen clases sino que únicamente las relaciones entre las clases de las tres diferentes ontologías. Es gracias a estas relaciones que se puede hacer la vinculación entre Servicios Web y contexto de usuario.

La descripción de relaciones de ontología de Consumo de Servicios se encuentra detallada en la Tabla 3.3.

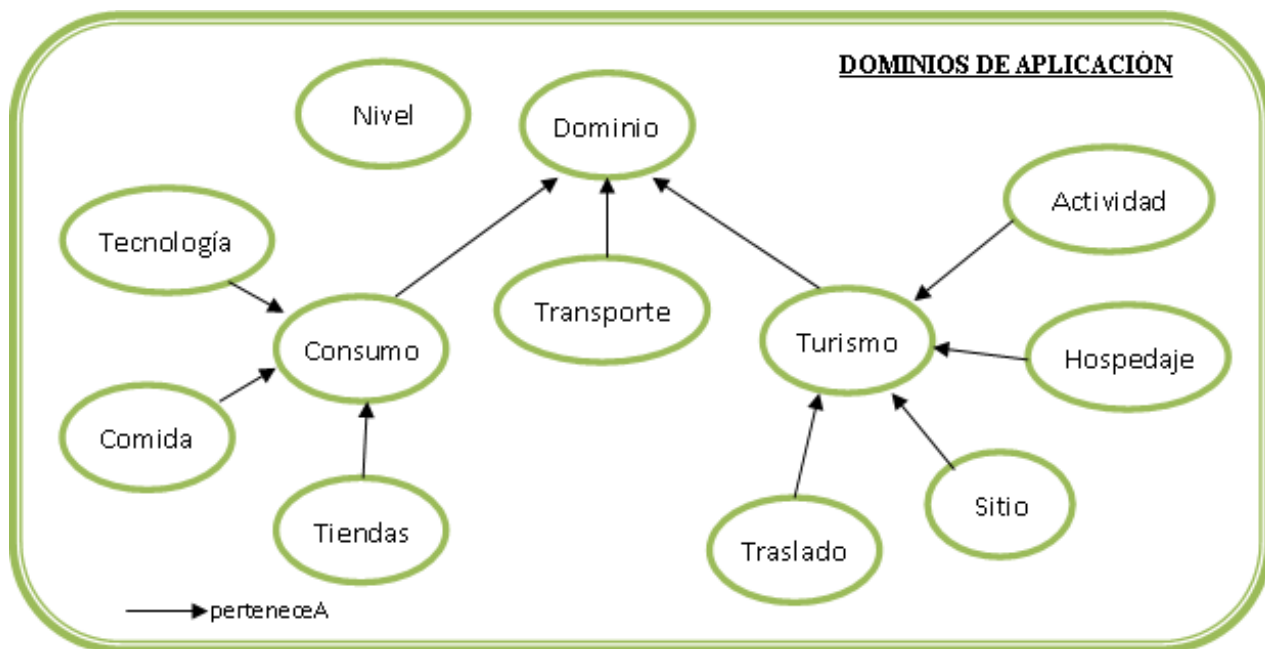


Figura 3.23: Ontología de Dominios de Aplicación.

Relación	Dominio	Rango	Cardinalidad
tieneRecomendacion	Usuario	Servicio	0 .. n
servicioTieneNivel	Servicio	Nivel	1 .. 1
servicioTieneDominio	Servicio	Domino	1 .. n
ocupacionTieneNivel	Ocupación	Nivel	1 .. 1
interesTieneDominio	Interés	Dominio	1 .. n

Tabla 3.3: Descripción de relaciones de ontología de Consumo de Servicios

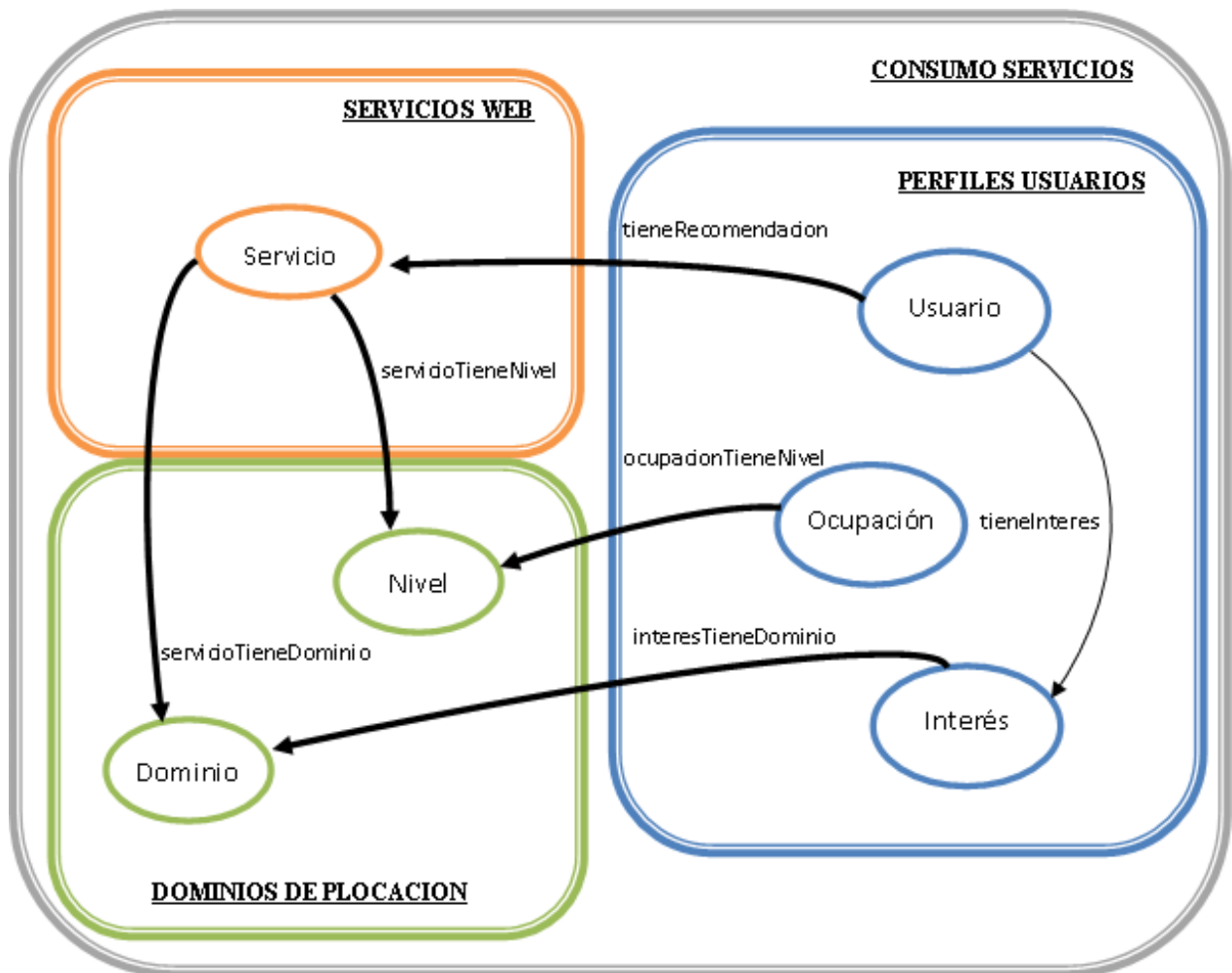


Figura 3.24: Ontología de Consumo de Servicios.



# Capítulo 4

## Implementación

En este capítulo se muestra la viabilidad de la arquitectura propuesta, para ello, se muestra la implementación de los componentes de software descritos en el capítulo 3 y que conforman cada capa de la solución propuesta. Los componentes se encuentran restringidos por las capacidades de las tecnologías existentes, por esta razón se utilizaron las tecnologías más actuales para su implementación.

La elaboración de la base de conocimiento requirió la construcción de tres diferentes ontologías que describen un dominio de aplicación particular, y de una cuarta ontología que engloba a estas tres y crea relaciones entre los conceptos de las 3 primeras. Cada una de estas ontologías intervienen en diferentes capas de la arquitectura, es decir, las capas usan determinada porción de la base de conocimiento. Para la manipulación y consulta del conocimiento almacenado en estas ontologías se utilizó un motor de inferencia con capacidad de ejecutar reglas en el lenguaje SWRL (Semantic Web Rule Language) y consultas SQWRL (Semantic Query-Enhanced Web Rule Language).

Para la capa de usuario el actor principal es el usuario final el cual, a través de su dispositivo móvil, hace uso de Servicios Web. Por ello su implementación se basó en la construcción de una parte de la base de conocimiento que modela las características que enmarcan su interacción con el sistema.

En el caso de la capa de navegación, el componente de interacción principal es un navegador web móvil. El conjunto de componentes de visualización y obtención de información se implementaron pensando en las características de dicho navegador.

Para el caso de la capa de vinculación se construyeron los componentes para la atención de las diferentes peticiones de los usuarios (registro de usuario, consulta de servicios, consumo de servicios, etc.), para la invocación de Servicios Web y para la interacción con la base de conocimiento. Se construyó además, una sección de la base de conocimiento que describe los posibles dominios de aplicación de los Servicios Web. Estos dominios de aplicación también son utilizados para clasificar los intereses y ocupación de los usuarios.

Para la capa de registro semántico fue necesario implementar un componente para el registro de proveedores y de sus Servicios Web. También se creó otra porción de la base de conocimiento que modela dichos Servicios Web para dotarlos de semántica. Por otra

parte, se implementó un componente para la extracción de la información de las interfaces de los Servicios Web, para almacenarlos en la base de conocimiento y además se creó un componente para la ejecución de reglas de consulta e inferencia sobre la base de conocimiento.

Para la capa ontológica se concluyó la implementación de la base de conocimiento con la inclusión de los dominios de contexto de usuario, dominios de aplicación y Servicios Web, en el dominio consumo de servicios. También se construyó un componente para realizar las tareas administrativas (altas, bajas, cambios y consultas) de los datos pertenecientes a dicha base de conocimiento.

## 4.1. Tecnología de implementación

### Lenguaje OWL

Para la representación de la base de conocimiento se utilizaron ontologías para la Web. Las ontologías son utilizadas para almacenar conocimiento acerca de un dominio de interés en específico, describiendo los conceptos de dicho dominio y las relaciones existentes entre estos conceptos. Para la escritura de las ontologías existen diferentes lenguajes sin embargo el más reciente estándar es el lenguajes OWL (Ontology Web Language) [47] definido por la W3C.

Las ontologías escritas en OWL pueden categorizarse en tres especies o sub lenguajes: OWL-Lite, OWL-DL y OWL-Full [37].

- OWL-Lite. Es el sub lenguaje sintácticamente más simple. Su objetivo es el de ser utilizado en situaciones en donde se requiera una jerarquía de clases simple y que cuente con restricciones simples. Por ejemplo, se contempla que OWL-Lite ofrecerá una ruta de migración rápida para los tesauros existentes y otras jerarquías conceptualmente simples.
- OWL-DL. Es mucho más expresivo que OWL-Lite y está basado en lógicas descriptivas, de ahí el sufijo DL. Las lógicas descriptivas son un fragmento de la lógica de primer orden y por lo tanto, son susceptibles de razonamiento automático. Esto hace posible calcular de forma automática la jerarquía de clasificación y verificar las inconsistencias en una ontología escrita en OWL-DL.
- OWL-Full. Es el sub lenguaje OWL más expresivo. Tiene como objetivo ser usado en situaciones en las cuales se requiere un alto grado de expresividad para describir un dominio. Además, no es posible realizar razonamiento automático en ontologías OWL-Full.

Existen muchos factores para decidir cuál es el sub lenguaje adecuado para utilizar en una determinada situación, sin embargo algunas reglas sencillas que pueden ayudar a la elección son:

- La elección entre OWL-Lite y OWL-DL puede ser en función de si las construcciones simples en OWL-Lite son suficientes o no.
- La elección entre OWL-DL y OWL-Full puede basarse en si es importante poder llevar a cabo el razonamiento automático en la ontología, o si es importante utilizar características de modelado muy expresivas y potentes, como pueden ser las meta-clase (clases de clases).

Para el caso de la arquitectura propuesta, se eligió el sub lenguaje OWL-DL puesto que se requería un nivel de expresividad intermedio y la capacidad para generar razonamiento automatizado en las ontologías generadas.

### Entorno de Desarrollo PROTÉGÉ

Protégé es un entorno de desarrollo de sistemas basados en conocimiento creado por Mark Musen [48]. Protégé es uno de los editores de ontologías OWL más utilizado y es de código abierto. Brinda una interfaz de usuario para facilitar la edición de ontologías y además de una serie de API's para la manipulación de ontologías vía código.

### API PROTÉGÉ

Para el caso de la manipulación de los individuos de la base de conocimiento se hace uso del API Protégé-OWL [49] que viene con el entorno de desarrollo. Ésta consiste en un conjunto de bibliotecas Java que permiten hacer la gestión de los datos de la base de conocimiento vía código Java.

### SWRL y SQWRL

SWRL (Semantic Web Rule Language) [50] es un lenguaje para la definición de reglas sobre una ontología OWL. Una ontología OWL contiene una secuencia de hechos y axiomas. Los axiomas pueden ser de varios tipos por ejemplo axiomas de clases, de subclases, de equivalencia de clases o bien restricciones sobre propiedades. SWRL propone una extensión de estos axiomas a través de axiomas de regla.

Un axioma de regla consta de un *antecedente* o *cuerpo* y de un *consecuente* o *cabeza*, cada uno de los cuales está compuesto por un conjunto de átomos, pudiendo ser un conjunto vacío. La sintaxis de un axioma de regla es:

```
Antecedente -> consecuente.
```

Dicho de otra manera, un axioma de regla define un conjunto de átomos antecedentes que, de ser verdaderos, implican que los átomos consecuentes sean también verdaderos.

SQWRL (Semantic Query-enhanced Web Rule Language) [51] se basa en el lenguaje de reglas SWRL. SQWRL toma a SWRL y lo trata como un patrón de especificación para consultas. Reemplaza el consecuente de la regla, con una especificación de recuperación,

además define un conjunto de operadores para la construcción de especificaciones de recuperación.

### **Razonador JESS**

Jess es un motor de reglas y entorno de programación escrito enteramente en lenguaje Java. Con este motor, se puede construir aplicaciones Java que tiene la capacidad de razonar usando conocimiento en forma de reglas declarativas. Jess es pequeño, ligero, y uno de los motores más rápidos de reglas disponibles [58].

Este motor de inferencia es utilizado en la capa de vinculación, para la ejecución de reglas escritas en el lenguaje SWRL.

### **JQuery Mobile**

La principal tecnología de implementación de esta capa es el marco de trabajo jQuery Mobile [38]. Éste consiste de una serie de librerías de Javascript que trabajan con la semántica de HTML, para asegurar la compatibilidad con cualquier dispositivo habilitado para la web. En los dispositivos que interpretan CSS y Javascript, jQuery Mobile aplica técnicas de mejora progresiva para la mejora discreta de la semántica de la página, ofreciendo una experiencia rica e interactiva que aprovecha el poder de jQuery y de CSS.

JQuery Mobile puede verse como un sistema de interfaz de usuario unificado, que funciona en todas las plataformas de dispositivos móviles más populares. Sus características principales son:

- Compatibilidad con un gran número de plataformas de móviles: iOS, Android, Blackberry, Palm WebOS, Nokia/Symbian, Windows Phone 7, MeeGo, Opera Mobile/Mini, Firefox Mobile, Kindle, Nook, y todos los navegadores modernos con niveles graduales de soporte.
- Peso ligero y tamaño mínimo de dependencias de imágenes para mayor velocidad de acceso.
- Arquitectura modular para construcciones personalizadas, que son optimizadas solo para las funciones necesarias para una aplicación particular.
- Manejo del marcado HTML5 [52] de páginas y su comportamiento para un desarrollo rápido y codificación mínima.
- Enfoque de mejora progresiva de contenido, aportando funcionalidad para teléfonos celulares, tabletas e incluso plataformas de escritorio, además de una experiencia de uso como la de aplicaciones instaladas en las nuevas plataformas móviles.
- Navegación enriquecida con el sistema de navegación Ajax, permitiendo navegación asíncrona

- Soporte para eventos táctiles y del ratón, simplificando el procesamiento de los métodos de entrada del usuario vía táctil o por el cursor de un ratón, mediante una API sencilla.

## **JSF**

Para crear contenido dinámico en una aplicación web existen diferentes herramientas como por ejemplo servlets, jsp's, asp's, etc. Una de las tecnologías más recientes para ello es el marco de trabajo Java Server Faces (JSF) [53]. Este marco de trabajo implementa el patrón de diseño modelo-vista-controlador (MVC) [44], el cual permite generar aplicaciones haciendo una clara distinción entre la interfaz grafica de usuario y la lógica de negocio, éstas son conectadas a través de componentes controladores.

Para la capa de navegación es importante la capacidad de generar interfaces gráficas de usuario considerando que el medio de despliegue es un dispositivo móvil con capacidades de cómputo limitadas y dimensiones de despliegue reducidas.

Existen diferentes extensiones al marco de trabajo JSF que permiten generar contenido con mayores capacidades de despliegue, dando como resultado interfaces gráficas de usuario más amigables. Una de estas extensiones es una biblioteca de componentes de código abierto PrimeFaces [54], la cual consiste en un amplio conjunto de más de 100 componentes para generar aplicaciones web. Algunas de las características más importantes de esta biblioteca son:

- Amplio conjunto de componentes.
- Construcción basada en Ajax y el estándar JSF 2.0.
- Ligera, en un solo archivo ejecutable, cero configuración y sin dependencias requeridas.
- Kit de herramientas para la creación de aplicaciones web móviles para dispositivos como iPhone, Palm, Android, Blackberry, Windows Mobile, etc. Estas herramientas utilizan el marco de trabajo jQueryMobile

Para la capa de vinculación, se utilizó la extensión de JSF Visual Web Pack, la cual consiste en una serie de librerías de etiquetas que encapsulan a una serie de componentes para la construcción de aplicaciones web. Está extensión viene integrada en el entorno de desarrollo integrado (IDE) NetBeans [55], que se utilizó para la codificación del componente para la atención de peticiones de los usuarios y el consumo de los Servicios Web.

## **Navegadores web móviles**

La evolución de las plataformas de los dispositivos móviles ha traído como consecuencia que sea posible tener aplicaciones cada vez más complejas ejecutándose en dichos dispositivos. Los navegadores web móviles son un ejemplo de ello. Conforme avanza el

tiempo, los navegadores de los dispositivos móviles cuentan con mayores capacidades y pueden interpretar los lenguajes estándares de la Web con mayor precisión y aprovechar sus capacidades.

Algunos de los navegadores web móviles más populares son: Opera Mobile, Opera Mini, Nokia Browser, Netfront, Safari, Internet Explorer Mobile, Teashark, Fire Fox Mobile, Bolt, entre otros. Los utilizados en este trabajo fueron Opera Mobile, Nokia Browser, Safari y Bolt.

### **JDOM y WSDL4J**

Para la extracción de la información de las interfaces WSDL de los Servicios Web en la capa de registro semántico, se utilizaron las bibliotecas JDOM [56] y WSDL4J [57]. JDOM provee una solución completa basada en una API Java para el acceso y manipulación de archivos XML. Es importante mencionar que WSDL es una extensión del lenguaje XML, por lo que esta API es de gran utilidad. JDOM se utilizó para la extracción del esquema de los documentos WSDL.

WSDL4J, también es una API de Java que permite la creación, manipulación y representación de documentos WSDL. Con esta herramienta es posible obtener información del nombre y URL del servicio, así como de sus operaciones y parámetros.

## **4.2. Modelo multidimensional de base de conocimiento**

La base de conocimiento se construyó con cuatro ontologías y un motor de inferencia (véase sección 8 del capítulo 3 Análisis y Diseño). Las ontologías representan los dominios de: Servicios Web, contexto de usuario, dominios de aplicación y en su conjunto representan el dominio consumo de Servicios Web.

La figura 4.1 muestra el modelo multidimensional de organización del conocimiento, cada plano representa una dimensión compuesta por una ontología, y su conjunto representa la ontología de consumo de servicios. También se incluye un conjunto de reglas de consulta e inferencia las cuales permiten preguntar y descubrir las relaciones que existen entre los conceptos (clases e individuos) de las diferentes ontologías. Este modelo multidimensional interactúa con una aplicación para la publicación de Servicios Web la cual provee información, y con un conjunto de aplicaciones móviles las cuales explotan esa información modelada y representada en el modelo ontológico.

La forma en que los conceptos de estas ontologías se relacionan entre sí se define en la ontología de consumo de Servicios Web. Estas relaciones son:

- Un Servicio Web es asignado a un dominio de aplicación. Con esto, se logra tener clasificado a los servicios dentro de una categoría específica, con lo que es posible acceder a un conjunto de ellos a través de la selección de un dominio de aplicación.

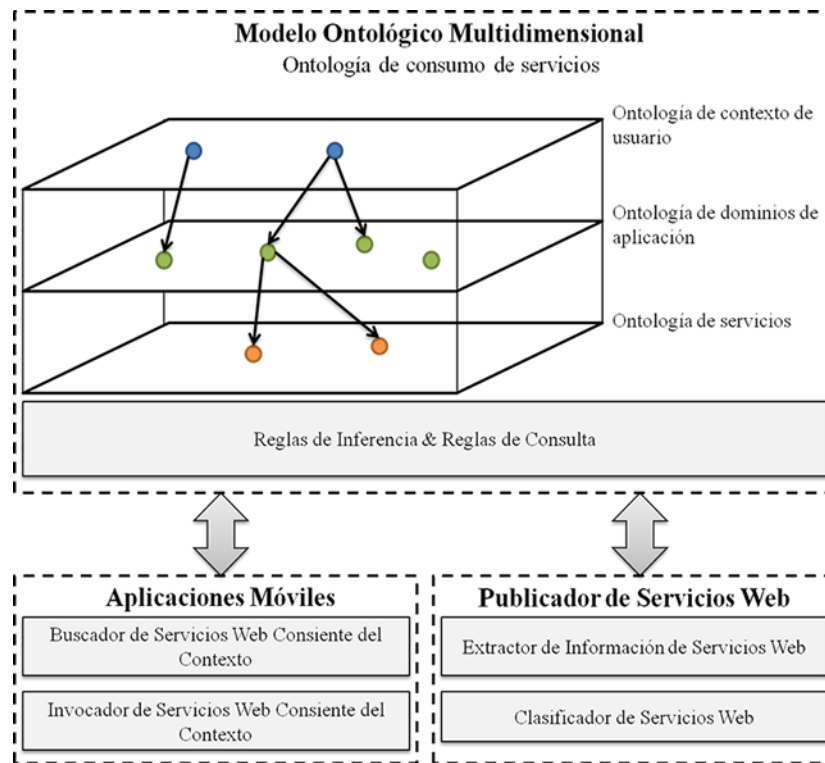


Figura 4.1: Modelo multidimensional de representación del conocimiento

- Los intereses de los usuarios son asignados a un dominio de aplicación. Esta vinculación permite que se tenga un medio de cruce entre intereses del usuario y Servicios Web que compartan un mismo dominio de aplicación.
- Los Servicios Web son vinculados a un nivel. Dicho nivel representa el estatus socioeconómico de la población a la que va dirigido un determinado Servicio Web.
- La ocupación del usuario es vinculada a un nivel. Con esto se clasifica a los usuarios según su ocupación. Además brinda un medio de cruce entre la ocupación del usuario y los Servicios Web que compartan un mismo nivel.
- Un Servicio Web es vinculado a un usuario. Si resulta que un Servicio Web es adecuado para un usuario, dependiendo de los criterios mencionados en las anteriores relaciones, se genera una relación de recomendación entre el Servicio Web y el usuario.

### 4.3. Implementación de capa de usuario

Con el propósito de adaptar la información de acuerdo a las características del usuario con capacidad de movilidad, es necesario abstraer las características que determinan la interacción entre ese usuario y un sistema de información.

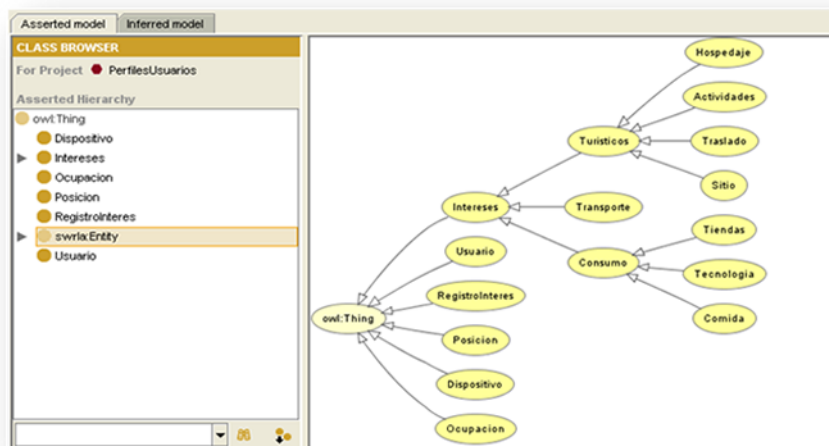


Figura 4.2: Ontología de contexto de usuario en Protégé

Esto se puede lograr a través de cualquier entidad, que se considere relevante para la definición de la interacción entre el usuario y el sistema de información. La adaptación de la información se enfoca en entregar la información pertinente, considerando la el perfil del usuario, más específicamente las preferencias descritas en dicho perfil.

### 4.3.1. Ontología “Contexto de usuario”

Para el caso de la implementación de la arquitectura descrita en este documento, se consideraron las características generales relevantes, de ocupación e intereses de los usuarios. También se tomó en cuenta que el usuario tiene capacidad de movilidad y que su medio de acceso a los Servicios Web es un dispositivo móvil. Estas características dieron como resultado una ontología de contexto de usuario como se muestra en la figura 4.2. Los pasos a seguir para implementar esta ontología fueron los siguientes:

- Elaboración de taxonomía de clases. Las entidades principales que se identificaron fueron:
  - **Usuario.** Esta clase describe al usuario que interactúa con el sistema. Se crearon para esta clase, propiedades de tipo de dato que representa el nombre, sexo y la fecha de nacimiento.
  - **Intereses.** Describe la jerarquía de intereses pertenecientes a un usuario.
  - **RegistroIntereses.** Define la cuantificación de intereses de un usuario. Cuenta con una propiedad de nivel de interés.
  - **Ocupación.** Define las ocupaciones que puede tener un usuario.
  - **Dispositivo.** Se refiere al dispositivo móvil desde el cual se accede al sistema de información. Cuenta con marca, modelo y número de teléfono.



- **Posición.** Se refiere a la encapsulación de los datos de longitud y latitud de un dispositivo móvil.
- Definición de relaciones entre clases y restricción de las mismas. Las relaciones entre las clases definidas se encuentran descritas en la tabla 3.1 del capítulo 3.
- Población de ontología. La generación de individuos se hace a través de una interfaz web desde el dispositivo móvil, donde los usuarios puede registrarse y capturar sus intereses. Para el caso de la posición de un dispositivo, la información es capturada por el navegador web del dispositivo móvil.

## 4.4. Implementación de capa de navegación

La capa de navegación tiene como responsabilidad la captura y despliegue de las interfaces gráficas de usuario. Estas requieren atención especial, puesto que se está trabajando en un ambiente móvil con capacidades de cómputo limitadas y dimensiones de despliegue pequeñas.

Es posible tener diferentes formas de despliegue de información en un dispositivo móvil. Por ejemplo, es posible generar una aplicación móvil nativa y establecer comunicación con el sistema de información a través de Internet. Otra opción es aprovechar las capacidades de los navegadores web móviles y de los lenguajes para la elaboración de aplicaciones para la Web. Dentro de este trabajo se decidió aprovechar la segunda opción, debido al auge de la web móvil [2].

### 4.4.1. Mecanismos de navegación

Las interfaces de usuario generadas se codificaron utilizando las librerías de etiquetas proporcionadas por PrimeFaces, utilizando el estándar JSF 2.0 y la semántica de HTML5. Específicamente, se usaron librerías optimizadas para dispositivos móviles.

El mapa de navegación de la aplicación de consumo de Servicios Web se muestra en la figura 4.3. Las interfaces participantes se describen a continuación:

- **Interfaz de inicio.** Ésta permite iniciar sesión a través de un nombre de usuario y contraseña o en caso de no ser un usuario registrado, permite ir a la interfaz de registro de nuevo usuario.
- **Interfaz de registro de usuario.** Brinda los medios para que un usuario nuevo cree una cuenta para acceder al módulo de consumo de Servicios Web.
- **Interfaz principal de cuenta.** Esta permite a los usuarios acceder a las opciones de administración de su información y a la búsqueda de Servicios Web.
- **Interfaz de administración de datos.** Permite visualizar y modificar los datos del usuario, además, brinda acceso a la opción de administración de intereses de usuario.

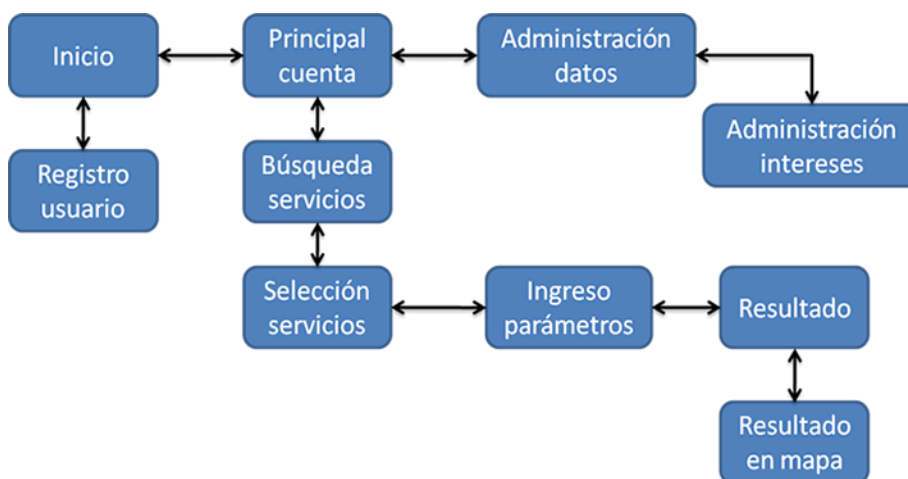


Figura 4.3: Mapa de navegación de módulo de consumo de Servicios Web

- **Interfaz de administración de intereses.** Muestra los intereses del usuario y permite modificarlos.
- **Interfaz de búsqueda de servicios.** Muestra los dominios de aplicación de los Servicios Web para que el usuario seleccione uno de su interés. También permite obtener la ubicación geográfica para complementar la búsqueda del usuario.
- **Interfaz de selección de servicios.** Muestra al usuario la lista de servicios que el módulo de consumo de servicios le recomienda.
- **Interfaz de ingreso de parámetros de servicio.** Permite ingresar los parámetros de un servicio elegido y hacer su invocación.
- **Interfaz de visualización de resultado.** Muestra la respuesta obtenida de invocación del servicio seleccionado.
- **Interfaz de visualización de resultado en mapa.** Muestra la respuesta obtenida de invocación del servicio seleccionado, en caso de que el resultado pueda visualizarse en un mapa.

## 4.5. Implementación de capa de vinculación

La capa de vinculación juega un papel muy importante para el funcionamiento de la arquitectura propuesta. Los componentes participantes en esta capa son los responsables de mediar la interacción entre los usuarios y los proveedores de servicios, de tal manera que es posible proporcionar y consumir servicios adecuados a las solicitudes contextualizadas de los usuarios.

La porción de la base de conocimiento construida para esta capa consiste en una clasificación de posibles dominios de aplicación de los servicios. Esta clasificación se vincula a los Servicios Web de los proveedores y también se vincula a los intereses y la ocupación de los usuarios.

#### **4.5.1. Componentes de vinculación**

La capa de vinculación contempla como actores principales a una aplicación web y un administrador ontológico. La aplicación web se encuentra montada sobre un servidor web encargado de atender peticiones HTTP hechas por los usuarios finales, las cuales incluyen: registro y validación de acceso de usuarios, listado de dominios de aplicación de Servicios Web, listado de Servicios Web, construcción de interfaz gráfica de usuario para el consumo de los Servicios Web, consumo de Servicios Web y estructuración de la respuesta generada para mostrarla al usuario final.

El administrador ontológico por su parte, es un módulo de software encargado de gestionar la información de contexto de usuarios, dominios de aplicación de servicios e información de los Servicios Web, la cual se encuentra almacenada en la base de conocimiento. Además de que vincula, a través de inferencias, la información del perfil de usuario y del contexto de la solicitud, con un dominio de aplicación de Servicios Web determinado, para generar respuestas acordes a las necesidades del usuario en el momento que se hace la solicitud. El proceso general para el consumo de Servicios Web es el siguiente (figura 4.4):

- En primera instancia el usuario accede al sistema a través de un nombre de usuario y una contraseña.
- El servidor solicita al administrador ontológico, la lista de dominios de aplicación de Servicios Web que se encuentran almacenados en la respectiva ontología.
- El servidor arma la interfaz de usuario necesaria para que se seleccione un dominio de aplicación en específico, una vez que el usuario selecciona uno, el servidor consulta al administrador ontológico aquellos Servicios Web que tienen ese dominio de aplicación. Esta selección es complementada con la información de contexto del usuario en el momento de la solicitud.
- El servidor busca, a través de su módulo de vinculación, los servicios más acordes al contexto del usuario.
- El servidor muestra al usuario la lista de los servicios Web disponibles resultantes de su solicitud.
- El usuario selecciona un Servicio Web y el servidor solicita al administrador ontológico la información necesaria para su consumo.

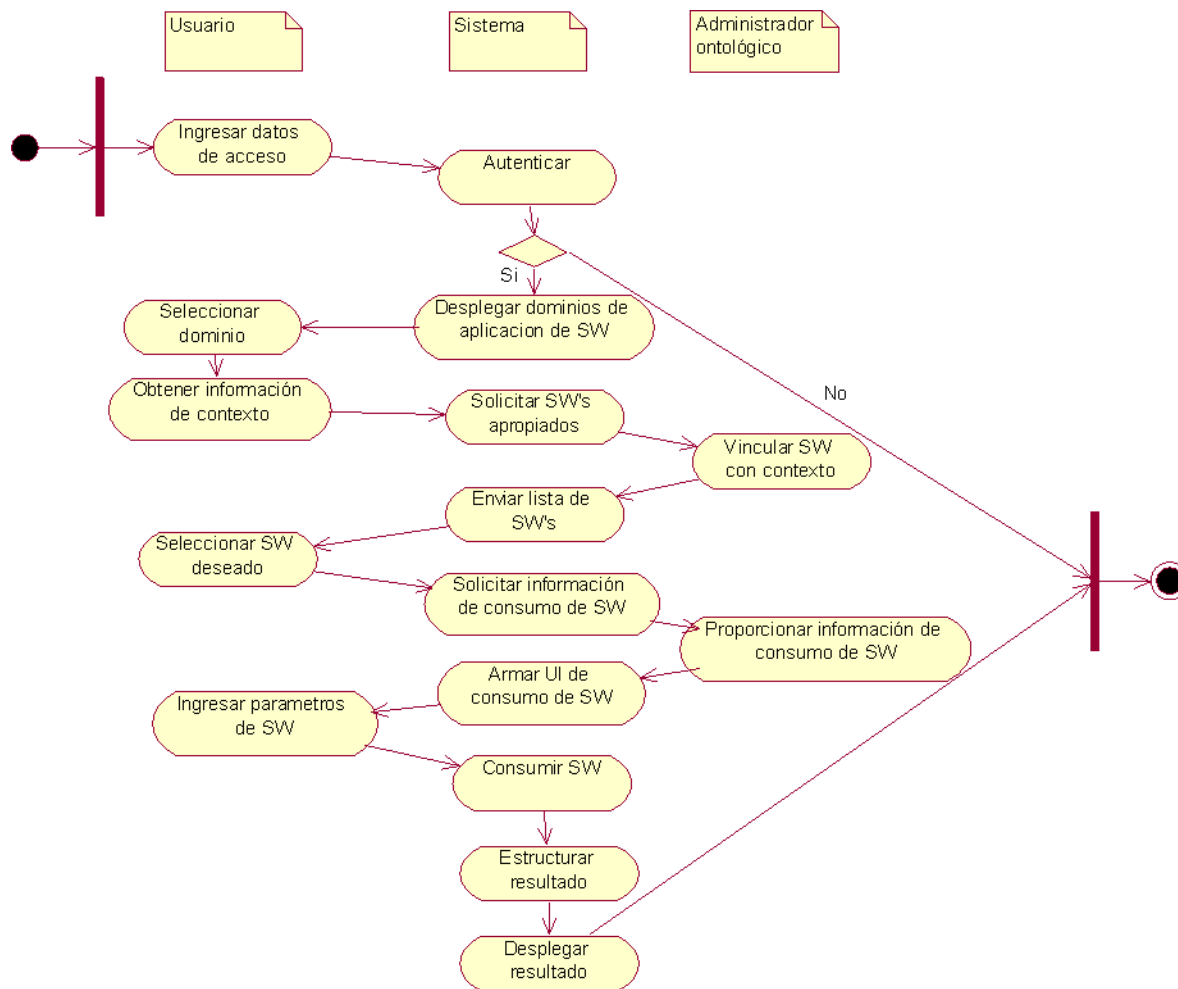


Figura 4.4: Diagrama de actividad de consumo de Servicios Web

- Con los datos del servicio, el servidor arma una interfaz para que el usuario seleccione determinada funcionalidad de las que ofrece el Servicio Web y a además pueda ingresar los parámetros necesarios para la invocación del servicio.
- El servidor toma los parámetros del usuario y consume el Servicio Web.
- El resultado de la invocación del servicio es procesado por el servidor y este genera la interfaz de usuario necesaria para mostrar ese resultado.

La vinculación de la solicitud contextual con los Servicios Web correspondientes, se puede realizar de tres maneras diferentes dependiendo de la naturaleza de la solicitud: una primera opción es atender la petición tomando en cuenta la información del perfil de usuario. La segunda opción es atender tomando en consideración la información de ubicación geográfica extraída del dispositivo móvil desde el cual se está haciendo la petición, o en un tercer caso se pueden usar ambas opciones.

Para el caso de la vinculación de una petición de Servicios Web con el perfil del usuario, la búsqueda es complementada tomando en cuenta que el perfil del usuario define también sus intereses que, de igual manera que los Servicios Web, están vinculados con dominios de aplicación, por lo que la incorporación de esta información hace que el conjunto de posibles respuestas tenga una cardinalidad menor, además de que es posible que los Servicios Web mostrados al usuario sean los más apropiados para él.

En el segundo caso, a la petición de un usuario se le agrega la información de la ubicación geográfica. Cuando el usuario selecciona un dominio de aplicación se le agrega a esta selección la información de la ubicación geográfica del usuario, que es capturada a través del dispositivo móvil desde el cual se está realizando la petición. El servidor solicita al administrador ontológico la lista de Servicios Web que cumplen con tener el dominio de aplicación solicitado. La búsqueda es complementada por el administrador ontológico vinculando este tipo de información contextual proporcionada en la solicitud con el tipo de información de respuesta que genera una determinada operación de un Servicio Web. Es decir, si una operación de un Servicio Web genera una respuesta que es posible comparar con la información de ubicación geográfica, entonces el servidor consume esa operación y compara el resultado con la información de ubicación proporcionada en la petición. Esto sucede con cada Servicio Web que concuerde con el dominio de aplicación seleccionado y que cuente con las operaciones que tengan como resultado información pertinente al contexto de la solicitud. Al final se obtiene un conjunto de Servicios Web que son presentados al usuario, ordenados en función del tipo de servicio proporcionado, y que sea el más acorde respecto a la ubicación geográfica de la solicitud realizada. Cabe resaltar que esta búsqueda requiere que se cuente con un tipo especial de Servicio Web, el cual tenga tipos de datos geolocalizables y su invocación no requiera parámetros de entrada.

La tercera opción es la de vincular una petición de Servicios Web tomando en consideración el perfil del usuario y su ubicación geográfica, información que en su conjunto representa el contexto de usuario. En esta opción se combina la funcionalidad de varios Servicios Web para obtener una respuesta más acertada. Cuando el servidor

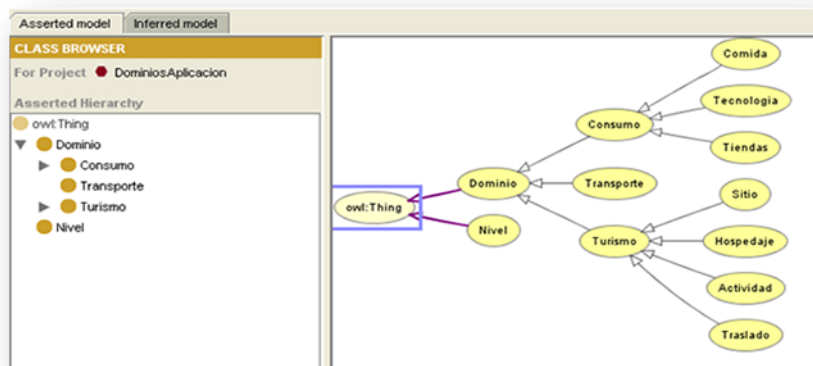


Figura 4.5: Ontología de dominios de aplicación en Protégé

recibe el dominio de aplicación seleccionado, junto con la ubicación geográfica del usuario, el administrador ontológico vincula esa información con determinados Servicios Web, obteniendo así, un listado de éstos. A la par se vincula el dominio de aplicación seleccionado con la información de los intereses de los usuarios y se obtiene una segunda lista de Servicios Web. Cada Servicio Web cuenta con la descripción de su proveedor, ésta es utilizada para vincular las dos listas de servicios obtenidas. El resultado es una tercera lista que contiene los Servicios Web de acuerdo al dominio de aplicación consultado y al contexto del usuario al momento de hacer la petición.

#### 4.5.2. Ontología “Dominios de aplicación”

El diagrama de clases de la ontología de dominios de aplicación se muestra en la figura 4.5. Los pasos a seguir para implementar esta ontología fueron los siguientes:

- Elaboración de taxonomía de clases. Las entidades principales que se identificaron fueron:
  - Dominio. Esta clase define una jerarquía de dominios de aplicación para los rubros de consumo, turismo y transporte. Estos dominios son vinculados a los Servicios Web y los intereses de los usuarios.
  - Nivel. Esta clase sirve para clasificar a los usuarios dependiendo de su ocupación. Los Servicios Web también son relacionados con un nivel dependiendo a qué tipo de usuarios desean enfocarse.
- Población de ontología. Los individuos pertenecientes a esta ontología son:
  - Individuos de la clase Comida
    - Regional
    - Tendencia gastronómica

- Individuos de la clase Tecnología
  - Computación
  - Electrónica
- Individuos de la clase Tiendas
  - Autoservicios
  - Departamentales
- Individuos de la clase Transporte
  - Cobro por distancia
  - Cobro por viaje
- Individuos de la clase Actividad
  - Aventura
  - Diversión
  - Formación
  - Pareja
- Individuos de la clase Hospedaje
  - Club
  - Descanso
  - Lujo
  - Trabajo
- Individuos de la clase Sitio
  - Arqueológico
  - Cultural
  - Internacional
  - Recreativo
  - Rural
- Individuos de la clase Traslado
  - Aéreo
  - Marítimo
  - Terrestre
- Individuos de la clase Nivel
  - Alto
  - Bajo
  - Medio

## 4.6. Implementación de capa de registro semántico

La capa de registro semántico permite a los proveedores publicar sus Servicios Web y almacenarlos en una sección de la base de conocimiento definida en la arquitectura propuesta. También es posible mantener un registro de los proveedores y de los servicios asociados a ellos.

La información de los Servicios Web es extraída de su interfaz WSDL, y se almacena en una ontología de Servicios Web. La información relevante del servicio comprende al proveedor, el nombre y URL del servicio, las operaciones y sus parámetros, además de los tipos de datos de los mismos.

### 4.6.1. Componentes de registro de proveedores y Servicios Web

El registro de proveedores y Servicios Web, se hace a través de una aplicación web que permite que diferentes proveedores publiquen sus servicios de una manera sencilla, utilizando únicamente la URL de la interfaz WSDL de su servicio. El mapa de navegación de esta aplicación web se muestra en la figura 4.6. La descripción de las páginas de dicha aplicación es la siguiente:

- **Página de inicio.** Brinda información básica del registro semántico de Servicios Web.
- **Página de registro de proveedores.** Permite que un proveedor no registrado cree una cuenta nueva ingresando sus datos.
- **Página de inicio de sesión.** Permite a los proveedores registrados entrar a su cuenta.
- **Página de listado de Servicios Web.** Muestra una lista de los Servicios Web almacenados en el registro semántico para que cualquier usuario pueda verlos.
- **Página principal de cuenta.** Es la página que se muestra al proveedor una vez que inicia su sesión.
- **Página de registro de Servicios Web.** Permite a los proveedores registrar sus Servicios Web a través del ingreso de la URL de la interfaz WSDL de su servicio.
- **Página de clasificación de servicios.** Permite vincular los Servicios Web con un dominio de aplicación.
- **Página de datos de proveedor.** Despliega los datos del proveedor.

A través de este registro semántico los proveedores ingresan la URL donde se encuentra la interfaz WSDL de su Servicio Web y se realiza la extracción y almacenamiento de la información de dicho servicio. Una vez que los Servicios Web están almacenados, es posible asignarles un dominio de aplicación. También es posible seleccionar un nivel que indica el tipo de usuarios al que va dirigido el Servicio Web dependiendo de su ocupación.



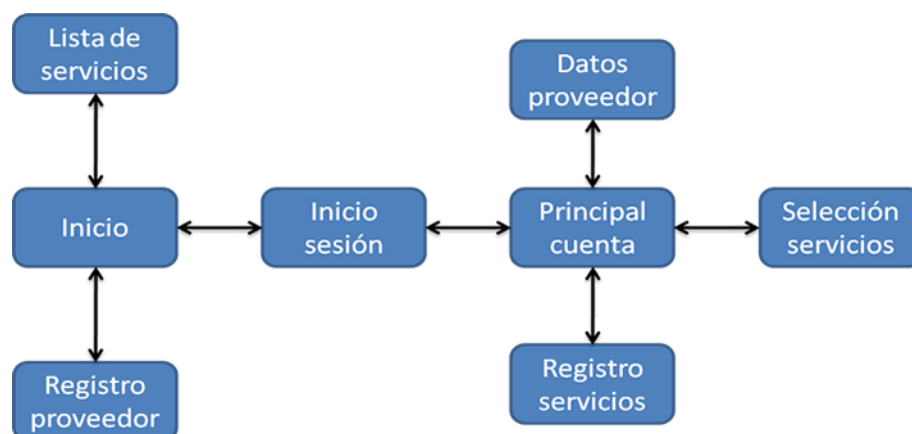


Figura 4.6: Mapa de navegación de registro semántico de Servicios Web

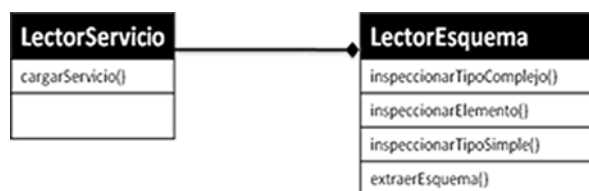


Figura 4.7: Clases para la extracción de información de Servicio Web

#### 4.6.2. Componente de extracción de información de Servicios Web

La extracción de la información del Servicio Web se realiza en dos partes, en primer lugar se extrae el esquema del archivo WSDL que contiene las definiciones de los tipos de datos y mensajes involucrados en el servicio y después se extrae la información propia del servicio, sus operaciones y parámetros.

La figura 4.7 muestra las dos clases importantes en la extracción de la información del Servicio Web. En primera instancia se encuentra la clase **LectorServicio**, la cual hace uso de la clase **LectorEsquema**. El método principal de la clase **LectorServicio** es el de `cargarServicio()`, el cual a través del API WSDL4J, obtiene el nombre del servicio y el nombre de las operaciones que realiza. Por su parte la clase **LectorEsquema** utiliza el API JDOM para interpretar el esquema definido en lenguaje XML-Schema y que contiene información de los tipos de datos complejos y simples que maneja el servicio, además de que contiene la información de los parámetros de entrada y salida de cada operación del servicio.

#### 4.6.3. Ontología “Servicios web”

La ontología de Servicios Web permite dotar de una representación semántica a los servicios de los proveedores. El diagrama de clases hecho en Protégé se muestra en la figura 4.8. Los pasos a seguir para implementar esta ontología fueron los siguientes:

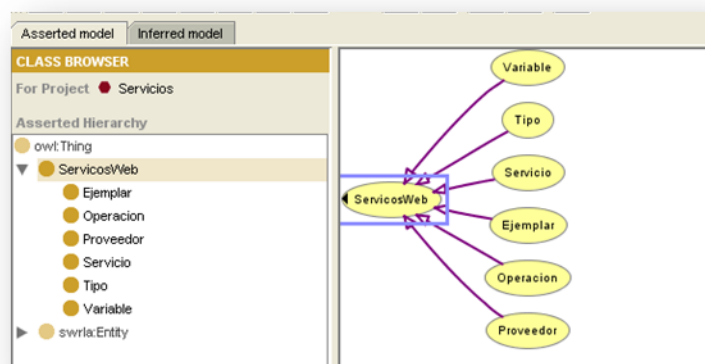


Figura 4.8: Ontología de Servicios Web en Protégé

- Elaboración de taxonomía de clases. Las entidades principales que se identificaron fueron:
  - **Proveedor**. Es importante considerar la información del proveedor ya que es posible vincular diferentes servicios de un mismo proveedor y obtener un comportamiento más complejo de la unión de servicios.
  - **Servicio**. Las características importantes son el nombre y la URL de acceso.
  - **Tipo**. Esta clase es representativa del esquema extraído del documento WSDL.
  - **Operación**. Esta clase representa las operaciones que un Servicio Web contiene.
  - **Variable**. Puede estar relacionada con una operación como de entrada o salida, también es posible que tenga un tipo de dato simple o que esté vinculada con un individuo de la clase **Tipo**.
  - **Ejemplar**. Esta clase representa posibles valores que pueden servir de referencia a los usuarios al momento de ingresar las variables de entrada para una operación determinada.
- Definición de relaciones entre clases y sus restricciones. Las relaciones entre las clases definidas se encuentran descritas en la tabla 3.2 del capítulo 3.
- Población de ontología. La generación de individuos se hace a través de la aplicación web de registro semántico de Servicios Web.

## 4.7. Implementación de capa ontológica

La capa ontológica encapsula las labores de administración de la base de conocimiento completa, es decir transacciones de altas, bajas, cambios y consultas de los individuos

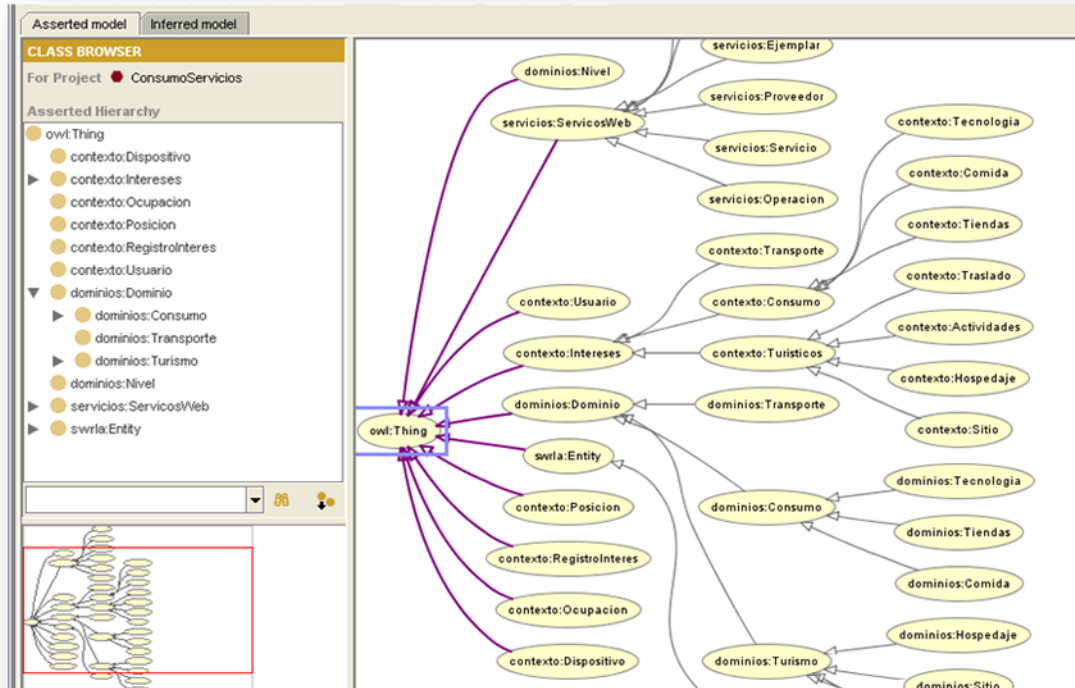


Figura 4.9: Ontología de consumo de servicios en Protégé

pertenecientes a las diferentes ontologías de contexto de usuario, dominios de aplicación y Servicios Web.

También define una ontología de consumo de servicios, la cual tiene como finalidad vincular las tres ontologías mencionadas y poder relacionar contextos de usuario y Servicios Web a través de los dominios de aplicación. Esta estructuración de la base de conocimiento proporciona una solución poco acoplada con capacidad de escalabilidad y reusabilidad.

#### 4.7.1. Ontología “Consumo de servicios”

La ontología de consumo de Servicios Web permite vincular las ontologías de contexto de usuario, dominios de aplicación y Servicios Web. Los pasos a seguir para implementar esta ontología fueron los siguientes:

- Inclusión de las ontologías de contexto de usuario, dominios de aplicación y Servicios Web como se muestra en la figura 4.9.
- Definición de relaciones entre clases y restricción de las mismas. Las relaciones entre las clases definidas se encuentran descritas en la tabla 3.3 del capítulo 3.

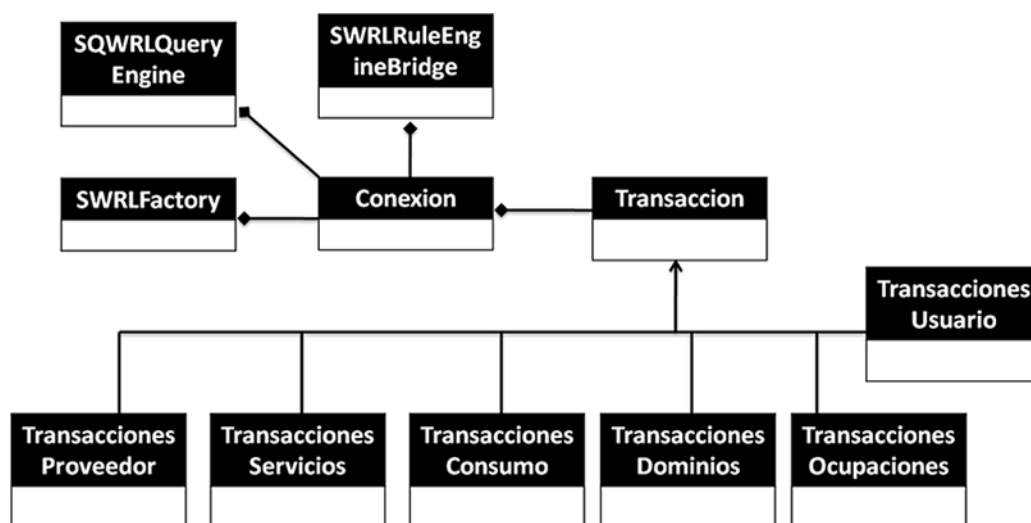


Figura 4.10: Clases principales para la consulta e inferencia de la base de conocimiento

#### 4.7.2. Componentes de consultas e inferencias

Para la administración de los individuos de la base de conocimiento se generaron dos clases una de conexión a la base de conocimiento y otra que encapsula las transacciones que se pueden realizar sobre los individuos. Las transacciones pueden ser crear individuos, crear relaciones de tipo de dato, crear relaciones de tipo objeto, obtener valor de propiedad y obtener individuos. Para cada conexión que se hace a la base de conocimiento, se instancian un motor de consulta y un motor de inferencias. La figura 4.10 muestra las clases principales que intervienen en este componente.

Las reglas de inferencia y consulta construidas en SWRL y SQWRL respectivamente, para la manipulación de la base de conocimiento se describen a continuación:

- Recomendación de servicio. Vincula una solicitud de usuario con los servicios acordes al dominio de aplicación seleccionado y el perfil del usuario.

```

contexto:Usuario(?u) ^ contexto:Intereses(?i) ^ dominios:Dominio(?d) ^
servicios:Servicio(?s) ^ contexto:tieneOcupacion(arcangel, ?o) ^
ocupacionTieneNivel(?o, ?N) ^ servicioTieneNivel(?s, ?N) ^ contexto:RegistroInteres
(?x) ^ contexto:tieneUsuario(?x, ?u) ^ contexto:tieneInteresesRegistrados(?x, ?i
) ^ interesTieneDominio(?i, ?d) ^ servicioTieneDominio(?s, ?d) ^ contexto:
nivel_interes(?x, ?n) ^ swrlb:greaterThan(?n, 5) ->
tieneRecomendacion(?u, ?s)
  
```

- Dominio de servicio. Permite obtener el dominio de aplicación de un determinado servicios.

```

servicioTieneDominio(?s, ?d) -> sqwrl:select(?d)
  
```

- Servicios de proveedor. Esta permite obtener los servicios relacionados a un proveedor específico.

```
dominios: Dominio(?d) ^ servicios: Servicio(?s) ^
servicios: tieneProveedor(?s, ?prov) ^ servicioTieneDominio(?s, ?d) ^
servicios: nombre_servicio(?s, ?nombre) ^ servicios: url_servicio(?s, ?url) ->
sqwrl: select (?s, ?nombre, ?url, ?d)
```

- Dispositivo de usuario. Esta regla permite obtener la información del dispositivo de un determinado usuario.

```
contexto: Dispositivo(?dispositivo) ^ contexto: tieneDispositivo(?u, ?dispositivo) ^
contexto: marca_dispositivo(?dispositivo, ?marca) ^
contexto: modelo_dispositivo(?dispositivo, ?modelo) ^
contexto: numero_telefono_dispositivo(?dispositivo, ?tel) ->
sqwrl: select (?dispositivo, ?marca, ?modelo, ?tel)
```

- Obtener dominios de aplicación. Permite obtener la clasificación de los dominios de aplicación definidos.

```
dominios: Dominio(?d) -> sqwrl: select (?d)
```

- Obtener intereses. Esta regla permite obtener la clasificación de intereses definidos en la base de conocimiento.

```
contexto: Intereses(?i) -> sqwrl: select (?i)
```

- Obtener ocupaciones. Regla para consultar las ocupaciones definidas en la base de conocimiento.

```
contexto: Ocupacion(?o) ^ contexto: descripcion_ocupacion(?o, ?d) -> sqwrl: select (?o,
?d)
```

- Registro intereses de usuario. Obtiene los niveles de interés que tiene un usuario específico, con respecto a los intereses definidos en la base de conocimiento.

```
contexto: RegistroInteres(?r) ^ contexto: tieneInteresesRegistrados(?r, ?i) ^
contexto: tieneUsuario(?r, imelda) ^ contexto: nivel_interes(?r, ?nivel) ->
sqwrl: select (?r, ?i, ?nivel)
```

Estas reglas son construidas y ejecutadas dinámicamente en el momento de que un usuario hace una búsqueda de servicios.



# Capítulo 5

## Pruebas y resultados

El funcionamiento de los componentes construidos para la arquitectura propuesta, se detallan en este capítulo. Se detalla en primera instancia la infraestructura requerida para la realización de las pruebas necesarias, posteriormente se describen los escenarios de prueba que se requirieron construir para probar la implementación en casos de estudio particulares. Después de esto se hace una descripción de las pruebas realizadas y los resultados obtenidos en el módulo de registro semántico de Servicios Web, el cual incluye los procesos de registro de proveedores, registro de Servicios Web y clasificación de dichos servicios. Se hacen pruebas sobre el módulo de consumo de servicios que incluye los procesos de registro y captura de perfil de usuario, además de la búsqueda, invocación y visualización de resultados de Servicios Web. Por último se hacen pruebas sobre la base de conocimiento con el fin de revisar las recomendaciones de servicios realizadas a los usuarios.

### 5.1. Infraestructura

Para la realización de las pruebas fue necesario contar con diversos equipos computacionales estacionarios y móviles.

En primer lugar, se necesitaron varios dispositivos móviles con capacidad de soportar la ejecución de un navegador Web Móvil, conexión a Internet vía WiFi y capacidad para navegación vía GPS o GPS-A. Se utilizaron varios modelos para poder simular diferentes escenarios de contexto de los usuarios. Los dispositivos con los que se realizaron las pruebas fueron:

- Smartphone Nokia N97 mini con 8 GB de memoria interna; SO Symbian version 9.4; S60 5th edition.
- iPAQ 610 HP Business Navigator; SO Microsoft® Windows Mobile® 6 versión Professional.
- Iphone 3G con 16 GB de memoria interna.

Se utilizó un equipo de cómputo para la instalación de un repositorio de Servicios Web y la de la base de conocimiento. Este equipo tiene las siguientes características:

- Sistema operativo: Ubuntu versión 9.10 con núcleo Linux 2.6.31-22 y GNOME 2.28.1
- Memoria RAM: 3.9 GB
- Procesador: 8 procesadores Intel(R) Core(TM) i7 CPU 930 @ 2.80 GHz

Fue necesario contar con una infraestructura de red WiFi estable para la realización de las pruebas necesarias, además del conjunto de emuladores y ambientes de desarrollo de los dispositivos móviles a utilizar. Se ocupó para estos fines la red WiFi del Departamento de Computación del CINVESTAV en la Unidad Zacatenco.

Otro aspecto importante a considerar fue la necesidad de contar con un lugar donde la recepción de la red celular fuera aceptable para poder encontrar la ubicación geográfica de los dispositivos móviles.

## 5.2. Casos de estudio

Los actores que interactúan con los componente construidos son, por un lado los proveedores, los cuales cuentan con un conjunto de Servicios Web que encapsulan determinado comportamiento, el cual puede servir como interfaz para un sistema de información de su propiedad. Por el otro lado, tenemos un conjunto de usuarios móviles que tienen una necesidad que puede ser resuelta por alguno de los servicios con los que cuentan los proveedores.

Estos actores interactúan con diferentes componentes de la arquitectura propuesta como lo muestra la figura 5.1.

Para el caso del registro semántico de Servicios Web, se simularon diferentes proveedores, los cuales publicaron diferentes Servicios Web (tabla 5.1), en el Anexo 1 se muestran todos los servicios implementados, su clasificación y los esquemas de bases de datos que se utilizaron para generar dichos servicios.

En este capítulo se muestra el caso de estudio de un proveedor de Servicios Web de transporte. Se muestra el seguimiento de los pasos que necesita dicho proveedor para registrarse, publicar y clasificar sus servicios.

Para el consumo de los servicios se hizo el registro de 6 diferentes usuarios, los cuales varían en su ocupación y nivel de interés hacia un determinado dominio de aplicación de servicios, con lo que los resultados en las peticiones de servicios de un usuario a otro pueden variar. En este capítulo se detallan los pasos que sigue cada usuario para registrarse e ingresar su perfil, además de buscar y consumir servicios acordes a su perfil.

Los Servicios Web implementados fueron publicados en un servidor Apache Tomcat [59], utilizando el motor de Servicios Web Axis 2 [60].



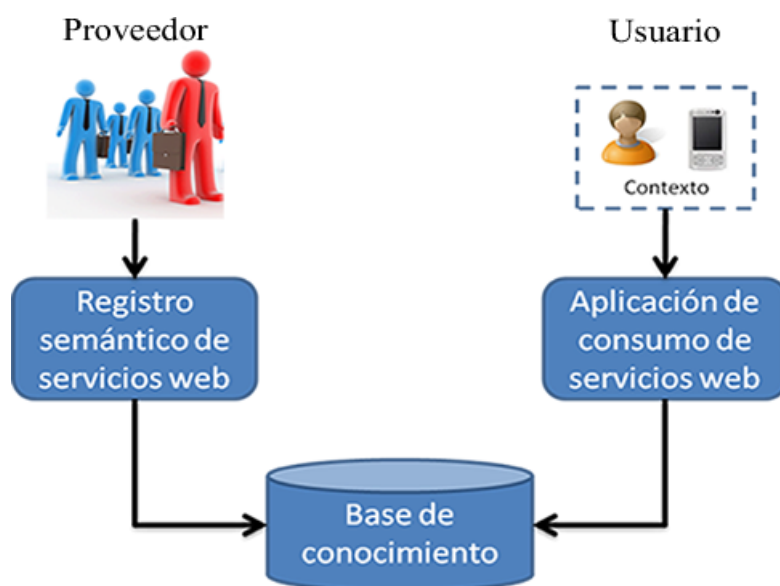


Figura 5.1: Interacción de actores con componentes de la arquitectura propuesta

Tipo servicios	Tipo proveedores				
	Transporte	Hoteles	Vuelos	Paseos	Ofertas
Ubicación	3	5	0	3	5
Tarifas	3	5	4	3	5
Itinerario	3	0	4	3	0
Disponibilidad	0	5	4	0	0
Vigencia	0	0	0	3	5
Reservaciones	0	5	4	3	0

Tabla 5.1: Relación de Servicios Web implementados

### 5.3. Registro semántico de Servicios Web

El registro semántico de Servicios Web consiste en una aplicación que permite el registro de proveedores y el registro y clasificación de Servicios Web. La interfaz de inicio se muestra en la figura 5.2, ésta cuenta con un menú en la parte superior con las siguientes opciones:

- Home. Permite acceder a la interfaz de inicio de la aplicación.
- Login. Direcciona a la interfaz de inicio de sesión de proveedores.
- Registro. Brinda acceso a la interfaz de registro de proveedores.
- Servicios. Esta opción muestra la interfaz de despliegue de los Servicios Web publicados.



Figura 5.2: Registro semántico de Servicios Web

stroSW/faces/Servicios.jsp

**Registro Semántico de Servicios Web**

Home Login Registro **Servicios**

**SERVICIOS DISPONIBLES**

ID Servicio	Nombre	URL
SER1	ServicioUbicacionEstacionMetro	http://148.247.102.22:8080/axis2/services/ServicioUbicacionEstacionMetro/
SER2	ServicioItinerarioMetro	http://148.247.102.22:8080/axis2/services/ServicioItinerarioMetro/
SER3	ServicioTarifaMetro	http://148.247.102.22:8080/axis2/services/ServicioTarifaMetro/
SER4	ServicioUbicacionParadaMetrobus	http://148.247.102.22:8080/axis2/services/ServicioUbicacionParadaMetrobus/
SER5	ServicioMetrobusItinerario	http://148.247.102.22:8080/axis2/services/ServicioMetrobusItinerario/
SER6	ServicioTarifasMetrobus	http://148.247.102.22:8080/axis2/services/ServicioTarifasMetrobus/
SER7	ServicioUbicacionTrenSuburbano	http://148.247.102.22:8080/axis2/services/ServicioUbicacionTrenSuburbano/
SER8	ServicioRecorridosSuburbano	http://148.247.102.22:8080/axis2/services/ServicioRecorridosSuburbano/
SER9	ServicioSuburbanoPrecio	http://148.247.102.22:8080/axis2/services/ServicioSuburbanoPrecio/
SER10	ServicioUbicacionInn	http://148.247.102.22:8080/axis2/services/ServicioUbicacionInn/

Página: 1 de 2

Figura 5.3: Lista de Servicios Web publicados en el Registro Semántico

La opción de *Servicios* (figura 5.3) cuenta con una tabla que despliega todos los Servicios Web disponibles en el registro semántico. Cuenta con tres campos: identificador, nombre y URL del servicio. La tabla permite ordenar la lista por cualquiera de los campos con los que cuenta y muestra los registros mediante un esquema de paginación.

Esta interfaz puede verla cualquier usuario sin necesidad de estar registrado en el sistema, con lo cual se pretende dar difusión a los Servicios Web publicados por los proveedores.

Las pruebas principales realizadas sobre este módulo son 3. A continuación se describen cada una de ellas.

### 5.3.1. Prueba de registro de proveedores

- **Objetivo.** Probar la funcionalidad del registro semántico de Servicios Web con respecto al proceso de registro de proveedores para comprobar el correcto almacenamiento de los datos dentro de la base de conocimiento.
- **Entorno de prueba.** Esta prueba se realizó dentro del registro semántico de Servicios Web. Se simularon un conjunto de 20 proveedores diferentes, éstos se encuentran

Transporte	Hoteles	Vuelos	Paseos	Ofertas
Metro	Fiesta Inn	Aviacsa	Travelocity	Sanborns
Metrobús	Fiesta Americana	Aeroméxico	Turissste	Chili's
Tren suburbano	Crowne Plaza	Volaris	Turistica 2000	Sam's Club
	Emporio	Inter Jet		Toks
	Sheraton			Steren

Tabla 5.2: Proveedores de Servicios Web

detallados en la tabla 5.2. En esta prueba se muestra el caso particular de un proveedor llamado *Sistema de Transporte Colectivo*.

■ Proceso.

- El proveedor *Sistema de Transporte Colectivo* entra a la aplicación web a través de la URL *http://148.247.102.22:8080/RegistroSW*.
- Se despliega la interfaz que se muestra en la figura 5.4 e ingresa los siguientes datos:
  - Nombre: Sistema de Transporte Colectivo
  - Sitio web: *http://www.metro.df.mx*
  - Email: *metro@df.gob.mx*
  - Login o nombre de usuario: metro
  - Contraseña: metro
- Por último da clic en el botón de *Registrar*.

■ Resultados.

- La información de los proveedores es almacenada en la ontología de consumo de servicios utilizando las definiciones de conceptos de la ontología de Servicios Web. Estos datos se almacenan en forma de individuo en la base de conocimiento.
  - El nombre del individuo corresponde al login o nombre de usuario que crea cada proveedor, por eso se verifica que dicho nombre no se encuentre ya registrado. Para el caso del registro del proveedor *Sistema de Transporte Colectivo*, el individuo se llama *metro*.
- Análisis de resultados. En total se registraron un total de 20 proveedores diferentes, almacenado sus datos en la base de conocimiento (figura 5.5) y esto se realizó sin inconvenientes. Esto permitió comprobar el correcto funcionamiento de este módulo.

troSW/faces/Registro.jsp

## Registro Semántico de Servicios Web

Home Login **Registro** Servicios

### NUEVO PROVEEDOR

Ingresa tus datos para poder tener acceso a los servicios de registro semántico de tus servicios Web.

Una vez registrado, puedes ingresar a tu sesión dando click en el siguiente enlace:

**INICIA TU SESIÓN**

Introduce tu nombre de usuario y contraseña

### CREAR UNA CUENTA

Información personal	INFORMACIÓN DE CUENTA
Nombre: <input type="text" value="Sistema de Transporte Colectivo"/>	Login: <input type="text" value="metro"/>
Sitio Web: <input type="text" value="http://www.metro.df.gob.mx/"/>	Password: <input type="password" value="****"/>
Email: <input type="text" value="metro@df.gob.mx"/>	Confirmar Password: <input type="password" value="****"/>

Figura 5.4: Registro de proveedor de servicios web

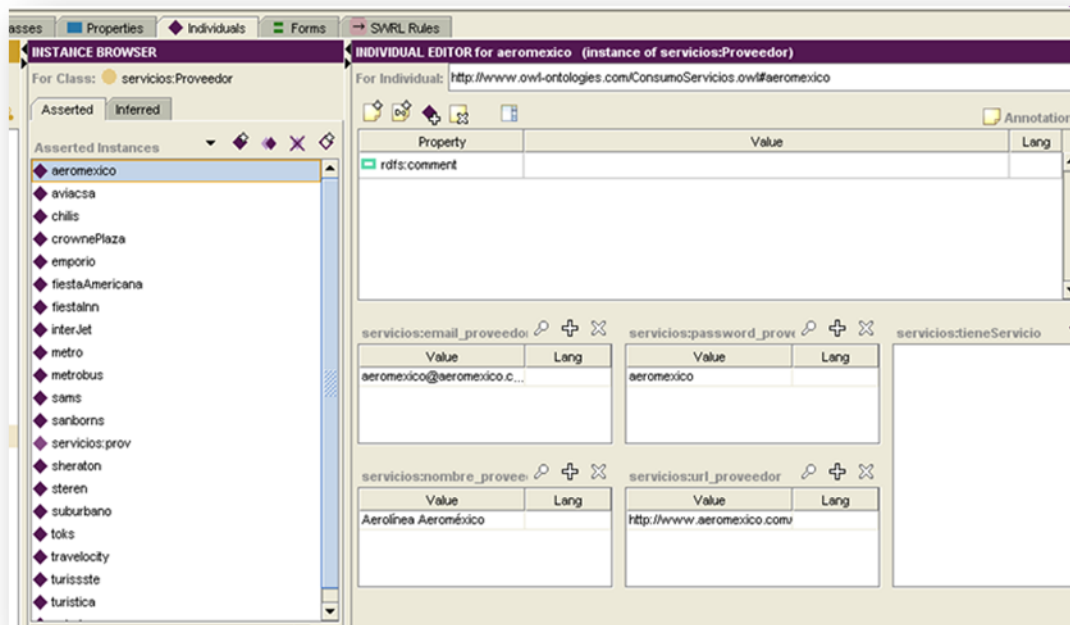


Figura 5.5: Población de base de conocimiento con proveedores

### 5.3.2. Prueba de registro de Servicio Web

- **Objetivo.** Probar la funcionalidad del registro semántico de Servicios Web con respecto al proceso de registro de servicios de proveedores. Con esto se busca comprobar que la extracción de la información de las interfaces WSDL de los servicios y su representación semántica se hace de manera correcta.
- **Entorno de prueba.** Para realizar esta pruebas se simularon los sistemas de información de los proveedores y se implementaron un total de 75 Servicios Web utilizando el motor Apache Axis 2.0. Para poder registrar un servicio, es necesario que el proveedor se encuentre registrado en el sistema.
- **Proceso.**
  - El proveedor entra a la aplicación web a través de la URL *http://148.247.102.22:8080/RegistroSW*.
  - Selecciona la opción de *Login* (figura 5.6).
  - El proveedor ingresa a su cuenta a través de su nombre de usuario y contraseña (figura 5.7). En el caso del proveedor *Sistema de Transporte Colectivo*, ingresa a su cuenta a través de su nombre de usuario *metro*.
  - El proveedor selecciona la opción *Registrar SW* (figura 5.8) e ingresa únicamente la URL de la interfaz WSDL de Servicio Web que desea publicar.

stroSW/faces/Login.jsp

## Registro Semántico de Servicios Web

Home **Login** Registro Servicios

### LOGIN

Para iniciar sesión es necesario estar registrado.

Si ya te encuentras registrado, sólo ingresa tus datos para tener acceso al servicio

De lo contrario puedes crear una cuenta dando click en el siguiente enlace:

**REGÍSTRATE AQUÍ**  
Rápido y fácil

#### INFORMACIÓN DE PROVEEDOR

Login:

Password:

Figura 5.6: Inicio de sesión de proveedores de servicios



Figura 5.7: Página de inicio de cuenta de proveedores de servicios





Figura 5.8: Registro de servicios web

El proveedor *Sistema de Transporte Colectivo*, cuenta con varios Servicios Web para registrar, uno de ellos el servicio `ServicioItinerarioMetro`, sus operaciones son:

- `LineaMetro descripcionLinea(String linea)`
- `EstacionMetro[] obtenerEstaciones(String linea)`
- `LineaMetro[] lineasDestinoInicio(String destino_inicio)`
- `LineaMetro[] lineasDestinoFinal(String destino_final)`
- `String obtenerFrecuenciaPaso(String linea)`
- `HorarioMetro[] obtenerHorarios(String linea)`
- Por último, el proveedor da clic en el botón de *Agregar*.

■ Resultados.

- Al iniciar sesión se establece una conexión con la base de conocimiento y se instancian los motores de consulta e inferencia sobre ella.
- La aplicación toma la URL ingresada y lee la interfaz WSDL para la extracción de información del servicio.
- En primer lugar se extrae la información del esquema de la interfaz, escrita en XM-Schema y obtiene la información de los tipos de datos complejos que utiliza el Servicio Web. Si es el caso, extrae la información de los tipos de datos simples, los cuales definen una serie de ejemplares para algunos parámetros de los servicios. Para el caso del servicio `ServicioItinerarioMetro`, los tipos de datos complejos y sus atributos son:
  - `LineaMetro`.
    - ◇ `String nombre_transporte`.
    - ◇ `String tipo`.
    - ◇ `String descripción`.
  - `EstacionMetro`.
    - ◇ `int numero`.
    - ◇ `String descripción`.
  - `HorarioMetro`.
  - `String línea`.
  - `String hora_inicio`.
  - `String hora_fin`.
  - `String dias_semana`.
- Del mismo esquema se toma los elementos que describen los parámetros de entrada y de salida de las operaciones. Del servicio `ServicioItinerarioMetro`, los atributos son:
  - `Parametros de entrada`

- ◇ String linea
  - ◇ String destino\_inicio
  - ◇ String destino\_final
  - ◇ String linea
  - ◇ String línea
- Parametros de salida
  - ◇ LineaMetro return
  - ◇ EstacionMetro[] return
  - ◇ LineaMetro[]return
  - ◇ String return
  - ◇ HorarioMetro[]return
- Se extrae la información propia del servicio como son su nombre y operaciones. Las operaciones del servicio `ServicioItinerarioMetro` son:
  - `descripcionLinea`
  - `obtenerEstaciones`
  - `lineasDestinoInicio`
  - `lineasDestinoFinal`
  - `obtenerFrecuenciaPaso`
  - `obtenerHorarios`

- Como último paso, se almacena la información en la ontología de consumo de servicios, creando un individuo correspondiente al servicio a publicar, se crea una relación entre dicho servicio y el proveedor. Se crean individuos para los tipos de datos complejos y se vinculan con el servicio. Posteriormente se crean individuos representativos de las operaciones, los parámetros de entrada y salida y los posibles ejemplares de los parámetros. Además se crean las relaciones entre esos individuos.

Para el caso del `ServicioItinerarioMetro` se crea un individuo llamado *SER1*, después se crea la relación con el individuo representativo del proveedor que lo está registrando, es decir, con el individuo *metro*. También se almacenan en forma de individuo los tipos de datos complejos (*TIP1*, *TIP2*, ..., *TIPN*), las operaciones (*OPE1*, *OPE2*, ..., *OPEN*), los parámetros de entrada/salida de las operaciones y los atributos de los tipos de datos complejos (*VARI*, *VAR2*, ..., *VARN*) para posteriormente crear las relaciones correspondientes entre ellos.

- Existe un caso particular en donde dependiendo del tipo de dato de retorno de una operación en un Servicio Web, se cataloga el tipo de dato como geolocalizable. Con esto, es posible hacer la visualización del resultado en un mapa. Un ejemplo de este caso particular es el del Servicio Web `ServicioUbicacionEstacionMetro` del proveedor *Sistema de Transporte Colectivo*, que cuenta con las operaciones:

- `DireccionTransporte direccionEstacionMetro(String descripcion)`
- `Posicion posicionEstacion(String descripcion)`

La operación `posicionEstacion` tiene como variable de salida un objeto de tipo `Posicion`, el cual define dos atributos enteros llamados `latitud` y `longitud`. El módulo de registro semántico de Servicios Web, identifica estos nombres y automáticamente señala ese tipo de dato como geolocalizable.

- **Análisis de resultados.** El proceso de registro de Servicios Web se encarga de extraer la información del servicio y dotarla de semántica, pidiéndole al proveedor únicamente la URL de la interfaz del servicio a publicar. Con este módulo se registraron de manera satisfactoria un total de 75 Servicios Web.

### 5.3.3. Prueba de clasificación de Servicios Web

- **Objetivo.** Probar la funcionalidad del registro semántico de Servicios Web con respecto al proceso de clasificación de servicios, para comprobar la correcta vinculación con los dominios de aplicación definidos en la base de conocimiento.
- **Entorno de prueba.** Es necesario que los Servicios Web a clasificar estén previamente registrados en la base de conocimiento. La clasificación la hace el proveedor del servicio una vez que inicia su sesión en el sistema.
- **Proceso.**
  - El proveedor selecciona la opción de *Clasificar SW* (figura 5.9).
  - El proveedor selecciona, a través de una lista desplegable, uno de los Servicios Web a clasificar y que previamente registró. Para el caso del *Sistema de Transporte Colectivo*, éste selecciona el servicio `ServicioItinerarioMetro`.
  - Después, escoge un dominio de aplicación, un subdominio, un tipo y un nivel a través de una lista desplegable. El servicio `ServicioItinerarioMetro` se clasificó de la siguiente manera:
    - Dominio: Transporte
    - Subdominio: (Ninguno)
    - Tipo: Cobro X viaje
    - Nivel: Bajo
  - Por último, da clic en el botón de *Clasificar*.
- **Resultados.**
  - La información de la clasificación de los Servicios Web, se almacenó en la base de conocimiento en forma de relación entre individuos.

stroSW/faces/VerServicios.jsp

## Registro Semántico de Servicios Web

**OPERACIONES**

- Inicio
- Registrar SW
- Clasificar SW**
- Mis datos
- Salir

PROVEEDOR: Sistema de Transporte Colectivo

### CLASIFICAR SERVICIOS WEB

Para poder tener una mejor descripción de los servicios web registrados es necesario seleccionar un dominio de aplicación para cada uno de ellos.

Selecciona un servicio, su dominio de aplicación y/o nivel

Servicio:

Dominio:

Subdominio:

Tipo:

Nivel:

#### DETALLE

Servicio:

Dominio:

Subdominio:

Tipo:

Nivel:

Figura 5.9: Clasificación de servicios web

- El tipo, dentro de la clasificación de un servicio, corresponde a un individuo representativo de un dominio de aplicación dentro de la ontología, el subdominio y dominio corresponden a la clase y superclase a la que pertenece dicho individuo respectivamente. El nivel por su parte, hace referencia al nivel socioeconómico de la población al que se quiera dirigir un determinado Servicio Web.
  - Esto significa que el individuo *SERI* que representa al servicio *ServicioItinerarioMetro*, se relacionó con el individuo *Cobro\_X\_viaje* el cual representa una clasificación de transportes dentro de la ontología de dominios de aplicación. Para el caso del nivel, sucede algo similar, el individuo *SERI* se relaciona con el individuo *Bajo*, que también se encuentra definido en la ontología de dominios de aplicación.
- Análisis de resultados. La clasificación de Servicios Web es sumamente importante, puesto que si un servicio no se clasifica, no es posible vincularlo con ninguna solicitud de consumo. Es importante detallar que esta clasificación es susceptible a ser ampliada. Con este módulo se clasificaron satisfactoriamente 75 servicios, con lo que su funcionalidad de comprobó.

#### **5.3.4. Análisis cualitativo de resultados del registro semántico de Servicios Web**

Los resultados obtenidos de la utilización de este módulo fueron:

- Una interfaz de registro de proveedores y Servicios Web en una base de conocimiento. Esto permite a los proveedores de Servicios Web publicar de manera sencilla sus servicios. Además, de manera transparente, la información se almacena en una base de conocimiento.
- La extracción de la información de los Servicios Web se hace de manera automática y esto facilita a los proveedores publicar sus servicios.
- Los servicios son almacenados en una base de conocimiento, con lo que se les dota de información semántica de manera automática.
- Los proveedores cuentan con una herramienta sencilla para administrar los servicios publicados y lo más importante, un medio de clasificarlos, con lo cual dotan de mayor semántica a sus servicios.
- El registro de proveedores y servicios se hace a través de una aplicación web, con lo que se cuenta con la posibilidad de tener acceso a esta aplicación desde cualquier lugar donde se cuente con acceso a Internet.

Navegador	Puntuación (Máxima 450 puntos)
Safari iOS 4.3	259 puntos
Opera Mobile 11	269 puntos
Bolt	268 puntos
NokiaBrowser 7	89 puntos

Tabla 5.3: Pruebas de compatibilidad de navegadores Web Móviles con HTML5

## 5.4. Consumo de servicios

El consumo de los Servicios Web por parte de los usuarios se realizó a través de una aplicación Web Móvil. Dicha aplicación está pensada para ser visualizada en un dispositivo móvil a través de un navegador web. Esto requirió hacer pruebas de compatibilidad de las herramientas requeridas para el desarrollo de esta aplicación, con algunos de los navegadores Web Móviles actuales. Para esto se utilizó la herramienta de prueba HTML5 Test [61], la cual es un indicador de qué tanto son compatibles los navegadores con la especificación estándar de HTML5, que es la especificación con la que se desarrolló el módulo de consumo de Servicios Web.

La tabla 5.3 muestra los resultados de las pruebas realizadas con algunos de los navegadores móviles más populares y con los que se probó el módulo de consumo de servicios.

El propósito de utilizar una aplicación Web Móvil es para que los usuarios no tengan que instalar una aplicación en su dispositivo, sólo contar con un navegador web y acceder a una URL. La figura 5.10 muestra la interfaz de inicio del módulo de consumo de servicios. En ella se puede iniciar sesión o ingresar a la opción de registro de usuario nuevo.

Las pruebas realizadas sobre este módulo fueron 4 y se detallan a continuación.

### 5.4.1. Prueba de registro de usuarios

- **Objetivo.** Probar la funcionalidad de la aplicación móvil de consumo de Servicios Web con respecto al proceso de registro de usuarios para comprobar el correcto almacenamiento de los datos dentro de la base de conocimiento.
- **Entorno de prueba.** Entorno de prueba. Esta prueba se realizó a través de un navegador Web Móvil. Se simularon un conjunto de 6 usuarios diferentes y estos se encuentran detallados en la tabla 5.4. En esta prueba se muestra el caso particular de un usuario llamado *Ángel*.
- **Proceso.**
  - El usuario *Ángel* entra a la aplicación web a través de la URL `http://148.247.102.22:8080/ConsumoServiciosWeb`.
  - Selecciona la opción de *Registro*.



Figura 5.10: Acceso al módulo de consumo de Servicios Web

ID usuario	Nombre	Fecha de nacimiento	Sexo	Ocupación	Nivel ocupación
arcangel	Ángel	24/11/1987	Hombre	Profesionista	Alto
imelda	Imelda	20/10/1975	Mujer	Artista	Alto
juan	Juan	26/11/1980	Hombre	Trabajador doméstico	Bajo
luz	Luz	12/12/1990	Mujer	Ayudante	Bajo
maria	María	16/07/1988	Mujer	Técnico	Medio
pablo	Pablo	14/05/1985	Hombre	Comerciante	Medio

Tabla 5.4: Usuarios registrados en la base de conocimiento

- Se despliega la interfaz que se muestra en la figura 5.11 e ingresa su información general:
  - Nombre: Ángel
  - Fecha de nacimiento: 24/11/1987
  - Sexo: Hombre
  - Nombre de usuario: arcangel
  - Contraseña: arcangel
- También ingresa los datos de su dispositivo móvil:
  - Marca: Nokia
  - Modelo: N97 mini
  - Número telefónico: 5555555555





Figura 5.11: Registro de usuario en el sistema

- Para el caso de la ocupación, existe una lista preestablecida con la clasificación nacional de ocupaciones dada por el INEGI [62]. De esta lista elige la opción de *Profesionista*.
- Por último da clic en el botón de *Registrar*.
- Resultados.
  - El proceso de registro de usuarios implica la creación de un individuo de la clase usuario en la ontología de consumo de servicios.
  - También se crea un individuo para representar el dispositivo y se vincula con el usuario.
  - La ocupación se establece mediante una relación entre el individuo usuario y uno de los individuos representativos de las diferentes ocupaciones definidas en la ontología de contexto de usuario.
  - Además, se crean individuos que representan los intereses del usuario, los cuales tienen definido un nivel de interés representado por un número que va del 1 al 10. Estos valores son modificados por el usuario en el momento que éste así lo decida. Para agilizar el proceso de registro, los individuos representativos de los intereses de usuario son creados de manera automática y se les asigna el un nivel de interés de 5, el cual representa un nivel intermedio en el nivel de interés hacia un dominio de aplicación.
  - En el caso del usuario *Ángel*, su nombre de usuario *arcangel*, sirvió como nombre para el individuo que lo representa en la ontología de consumo de

servicios. Este nombre ha de ser único, por lo que no es posible repetir ese mismo nombre de usuario para otra solicitud de registro.

- Una vez creado el individuo *arcangel*, se crea un individuo *DISI*, que representa el dispositivo móvil del usuario. Después de esto se crea una relación entre el individuo *arcangel* y el individuo *DISI*. En cuanto a los intereses del usuario se crean individuos *REG1*, *REG2*, ..., *REGN*, pertenecientes a la clase *RegistroInteres*, dichos individuos están relacionados con los individuos de la clase *Interes* que se encuentran ya establecidos en la ontología de contexto de usuario.
- Análisis de resultados. El total de usuarios registrados satisfactoriamente con este módulo dentro de la base de conocimiento fueron 6, con lo que la comprobó correcto funcionamiento.

#### 5.4.2. Prueba de captura de intereses

- Objetivo. Probar la funcionalidad de la aplicación móvil de consumo de Servicios Web con respecto al proceso de captura de intereses de usuarios, con lo cual se obtienen recomendaciones de servicios dependientes de éstos.
- Entorno de prueba. La interfaz principal de la cuenta del usuario se muestra en la figura 5.12, en ella se da un mensaje de bienvenida al sistema. Además, cuenta con las opciones de búsqueda de servicios y de administración de información del usuario en el menú principal. Antes de hacer una búsqueda de servicios, es necesario que el usuario entre en la opción de *Mis Datos*, para que modifique el grado de interés que tiene en esos momentos, hacia algún elemento del conjunto de intereses definidos en la base de conocimiento. Esta prueba se realizó con un usuario registrado en el sistema, en particular se sigue el caso del usuario *Ángel*.
- Proceso.
  - El usuario inicia sesión en el sistema.
  - Selecciona la opción de *Mis Datos* (figura 5.13), donde se muestran en primera instancia los datos generales del usuario y de su dispositivo, brindando la posibilidad de editarlos.
  - Después selecciona la opción de *Intereses* (figura 5.14).
  - Elige una categoría de intereses, después selecciona una sub categoría y por último, cambiar el valor del nivel de interés en la categoría seleccionada. Por ejemplo, si el usuario *arcangel* deseara establecer que sus interés en un momento determinado, son hacia una comida particular, como pueden ser las hamburguesas, tendría que seleccionar la categoría de *Consumo*, después la sub categoría de *Comida* y por último establecer un nivel mayor a 5 sobre el tipo de comida *Americana*.



Figura 5.12: Cuenta de usuario



Figura 5.13: Administración de información de usuarios



Figura 5.14: Administración de información de intereses de usuario

- Por último da clic en el botón de *Guardar*.
- Resultados.
  - Los cambios en los intereses se ven reflejados en los individuos *REG1*, *REG2*, ..., *REGN*, pertenecientes a la clase *RegistroInteres*, que son los que están relacionados con el usuario *arcangel*. El propósito de nivelar los intereses de usuario es el de ajustar las búsquedas de servicios a estos parámetros, que pueden variar en razón de la situación del usuario.
- Análisis de resultados. Los cambios en los niveles de intereses se aplicaron a cada uno de los usuarios registrados en la base de conocimiento. Los cambios se guardaron de manera correcta, con lo que la funcionalidad del módulo de captura de intereses se comprobó.

### 5.4.3. Prueba de consumo de servicios

- Objetivo. Probar la funcionalidad de la aplicación móvil de consumo de Servicios Web con respecto al proceso de búsqueda e invocación de servicios a través de una interfaz de usuario sencilla y amigable para el usuario.
- Entorno de prueba. En cuanto a la búsqueda y consumo de Servicios Web, el usuario selecciona la opción de servicios, la cual despliega los dominios de aplicación de los Servicios Web. Éstos son extraídos a través del motor de consulta a la base de



Figura 5.15: Búsqueda de Servicios Web

conocimiento instanciado al inicio de la sesión. En la prueba anterior el usuario estableció en 7 su nivel de interés por el tópicos de comida *Americana*.

■ Proceso.

- El usuario inicia sesión y selecciona la opción de *Servicios* (figura 5.15).
- Selecciona un dominio de aplicación de los que se muestran en la aplicación.
- El usuario selecciona un servicio que el sistema le recomienda tomando (figura 5.16). En el caso del usuario *arcangel*, cuyo interés prioritario son las hamburguesas, y que está catalogado por su ocupación como de un nivel socioeconómico alto, selecciona el dominio de aplicación *Consumo*, después selecciona el sub dominio *Comida*. Los resultados de la invocación son los siguientes servicios:
  - SER64. ServicioDeUbicacionChilis
  - SER65. SevicioDescuentoChilis
  - SER66. ServicioDuracionDescuentosChilis
- El usuario selecciona una operación del Servicio Web (figura 5.17), e ingresa los parámetros necesarios para su invocación. En el ejemplo del usuario *arcangel*, éste selecciona el servicio recomendado *ServicioDeUbicacionChilis*, y selecciona la operación *ubicacionChilis*, a través de las listas desplegables en la interfaz de consumo.
- Por último el usuario da clic en el botón *Invocar*.



Figura 5.16: Selección de Servicio Web



Figura 5.17: Ingreso de parámetros de Servicio Web

- Resultados.
  - La búsqueda de Servicios Web se hace a través de un proceso de vinculación usando reglas de inferencia, que son armadas de manera dinámica con los datos del usuario. Este proceso de vinculación se explica más a detalle en la siguiente sección.
  - El usuario *arcangel* tiene predilección por la comida *Americana*, por lo que el sistema busca los Servicios Web que tengan como dominio de aplicación la comida *Regional*. Además cumplen también con ser servicios orientados a personas de un nivel socioeconómico nivel alto. El sistema analiza su perfil y selecciona los servicios que estén más relacionados con él. Con esto es posible hacer que la lista de Servicios Web que se recomiendan al usuario, sean los más adecuados a sus intereses en el momento de la solicitud.
  - La interfaz de consumo de los servicios es armada dinámicamente utilizando la información de los Servicios Web almacenada en la base de conocimiento. En el caso de la operación `ubicacionChilis`, cuenta con un parámetro de entrada llamado `nombre` y es de tipo cadena de caracteres.
- Análisis de resultados. La cantidad de búsquedas y selección de servicios fueron variadas. Con cada variación del perfil del usuario fue posible obtener nuevas recomendaciones de servicios para los usuarios.

#### 5.4.4. Prueba de visualización de resultados de invocación.

- Objetivo. Probar la funcionalidad de la aplicación móvil de consumo de Servicios Web con respecto al proceso de estructuración de resultados de la invocación de un servicio para ser presentados al usuario.
- Entorno de prueba. Cuando el usuario selecciona la opción de *Invocar*, la aplicación web toma información ingresada por el usuario y arma la solicitud del servicio para hacer la invocación directamente al proveedor de dicho servicio. Después se toma el resultado y se estructura, tomando en cuenta el tipo de dato de retorno del servicio.
- Proceso.
  - El usuario selecciona la opción de *Invocar*.
  - El resultado se muestra al usuario. La interfaz de despliegue se muestra en la figura 5.18.

Para el caso del Servicio Web `ServicioDeUbicacionChilis`, el tipo de retorno es un dato complejo de la clase `UbicacionChilis` y que cuenta con los atributos:

    - String proveedor
    - String sucursal



Figura 5.18: Despliegue de resultado de Servicio Web

- String dirección
- Cuando el tipo de retorno de una determinada operación es geolocalizable, se complementa la visualización del resultado obtenido con el despliegue en un mapa, para ello el usuario selecciona de opción de *Ver Mapa* (figura 5.19).  
Dentro del mismo servicio `ServicioDeUbicacionChilis` se encuentra este caso. Cuando el usuario selecciona la operación `coordenadasChilis`, el sistema identifica que el tipo de retorno es un dato complejo de la clase `Posicion`, el cual está definido dentro de la base de conocimiento como geolocalizable, con lo que el usuario puede ver el resultado en un mapa.
- Resultados.
  - La visualización de las respuestas de los Servicios Web, se hizo a través de la creación dinámica de la interfaz de despliegue. La información para armar dichas interfaces se extrajo de la base de conocimiento.
  - La visualización de los mapas se logró con la utilización del servicio de GoogleMaps [46].
- Análisis de resultados. La estructuración de los resultados de la invocación de los Servicios Web permitió tener un medio más amigable para visualizar dichos resultados.





Figura 5.19: Despliegue de respuesta de Servicio Web en un mapa

#### 5.4.5. Análisis cualitativo de resultados de la aplicación de consumo de Servicios Web

Una característica importante a resaltar del módulo de consumo de Servicios Web es su capacidad de capturar la información necesaria de los usuarios para poder generar un perfil de ellos y generar así, consultas acordes a su perfil. También, es de resaltar su capacidad de capturar las variaciones en los intereses y en la localización del usuario.

Este módulo funciona como un asistente para la invocación de Servicios Web, ya que va llevando al usuario a través del proceso de búsqueda, selección, ingreso de parámetros y visualización de los resultados de un determinado Servicio Web.

Los resultados obtenidos de este módulo son los siguientes: Aplicación de consumo de Servicios Web compatible con los navegadores Web Móviles más populares.

- Registro de usuarios y su perfil en la base de conchiendo, con lo que el usuario obtiene una cuenta en el sistema, desde la cual puede modificar su información de perfil y hacer consumo de Servicios Web.
- Capacidad de captura de las variaciones en el contexto del usuario a través de la variación en los niveles de intereses de los usuarios y de su localización geográfica.
- Consumo guiado de Servicios Web, lo que incluye búsqueda, selección, ingreso de parámetros y visualización de los resultados.
- El módulo de consumo de Servicios Web consiste en una aplicación Web Móvil, con

lo que es posible acceder a ella desde un dispositivo móvil que cuente con conexión a Internet.

## 5.5. Vinculación de servicios

La vinculación entre el dominio de aplicación, que selecciona un usuario al momento de comenzar una búsqueda de servicios, con la información de contexto que rodea la solicitud, es decir, la información de intereses, ocupación y localización del usuario, permite hacer la selección de los Servicios Web más adecuados a la solicitud del usuario.

Para probar la funcionalidad de esta vinculación se realizaron diferentes búsquedas con diferentes parámetros de contexto de los usuarios.

### 5.5.1. Prueba de recomendación de servicios

- **Objetivo.** Probar la funcionalidad del mecanismo de vinculación de Servicios Web para comprobar el grado de relevancia que tiene cada recomendación hecha por el sistema.
- **Entorno de prueba.** La vinculación se hizo a través de reglas de inferencias escritas en SWRL, y ejecutadas a través del módulo de consumo de Servicios Web, mediante la invocación del motor de inferencias *Jess*. Se analiza a detalle el caso del usuario *Ángel* descrito en la sección anterior, el cual tiene todos los rubros de interés con un nivel de 5, excepto el interés por la comida *Americana* que lo tiene en un nivel de 7.
- **Proceso.**
  - El usuario *Angel* entra a la aplicación web a través de la URL `http://148.247.102.22:8080/ConsumoServiciosWeb`.
  - Selecciona la opción de *Servicios* y selecciona el dominio de aplicación *Consumo* y el subdominio *Comida*.
- **Resultados.**
  - Para el caso de una búsqueda específica de Servicios Web, la regla de inferencia es la siguiente:

```
contexto:Usuario(?u) ^ contexto:Intereses(?i) ^ dominios:Dominio(?d) ^
servicios:Servicio(?s) ^ contexto:tieneOcupacion(arcangel, ?o) ^
ocupacionTieneNivel(?o, ?N) ^ servicioTieneNivel(?s, ?N) ^ contexto:
RegistroInteres(?x) ^ contexto:tieneUsuario(?x, ?u) ^ contexto:
tieneInteresesRegistrados(?x, ?i) ^ interesTieneDominio(?i, ?d) ^
servicioTieneDominio(?s, ?d) ^ contexto:nivel_interes(?x, ?n) ^ swrlb:
greaterThan(?n, 5) ->
tieneRecomendacion(?u, ?s)
```

- Las variables de `contexto:Usuario(?u)`, `dominios:Domino(?d)`, son variables que se obtienen al momento de realizar una búsqueda.

- El significado de la regla es el siguiente:
  - Se existe un usuario  $u$  que tiene una ocupación  $o$ .
  - Y la ocupación  $o$  tiene un nivel  $N$ .
  - Y el usuario  $u$  está relacionado con un interés  $i$ , a través de un registro de interés  $x$ .
  - Y el interés  $i$  tiene el dominio de aplicación  $d$ .
  - Y el servicio  $s$  también tiene el mismo nivel  $N$  y dominio  $d$ .
  - Y el nivel de interés  $n$  del usuario  $u$  es mayor a 5.
  - Entonces el motor de inferencia hace la recomendación del servicio  $s$  al usuario  $u$ .

La ejecución de esta regla para el usuario *Ángel*, da como resultado la recomendación de los servicios:

- SER64. ServicioDeUbicacionChilis
- SER65. SevicioDescuentoChilis
- SER66. ServicioDuracionDescuentosChilis

- 
- Análisis de resultados. La cantidad de búsquedas de servicios con diversos parámetros fueron variadas, sin embargo se analizaron un total de 15 ejecuciones de las cuales se obtuvieron las métricas de precisión y exhaustividad, para medir la validez de las recomendaciones realizadas a los usuarios. La tabla 5.5 detalla las pruebas realizadas, el usuario involucrado en ellas y los parámetros de dominio de aplicación e intereses que se utilizaron para las búsquedas.

Los resultados de las pruebas realizadas se muestran en la tabla 5.6. En ella se muestran el número de Servicios Web que se consideran relevantes para la prueba específica. Un servicio se considera *relevante* si cumple con la regla de inferencia para la búsqueda de servicios ya descrita en el punto anterior. La medida de *precisión* indica el resultado de dividir el número de *Servicios Web relevantes recomendados* entre el número total de *Servicios Web recomendados*. Por su parte la *exhaustividad* es el resultado de dividir el número de *Servicios Web relevantes recomendados* entre el número total de *Servicios Web relevantes*. Ambas medidas son indicativo cuantitativo de la relevancia de las recomendaciones hechas por el sistema y su valor óptimo es de 1 [45].

Como se observa en la tabla 5.6, para la mayoría de las pruebas los resultados fueron óptimos, sin embargo en el caso de la prueba *P03*, la búsqueda del usuario era con respecto a comida *China*, la cual tiene dominio de aplicación *Consumo - Comida - Regional*. Si bien es cierto que los servicios que se recomendaron cumplían perfectamente con la regla de inferencia para la búsqueda de servicios, sin embargo, la utilidad de los servicios no fue del todo correcta para el usuario. Este

ID Prueba	Usuario	Dominio de aplicación seleccionado	Nivel de Intereses
P01	Arcángel	Consumo - Comida	Americana = 7
P02	Arcángel	Consumo - Comida	Carnes = 8
P03	Arcángel	Consumo - Comida	China = 6, Pizza = 9
P04	Imelda	Turismo - Hospedaje	Negocios = 8
P05	Imelda	Turismo - Hospedaje	Resort = 10
P06	Imelda	Turismo - Hospedaje	Tiempo compartido = 6, Negocios = 9
P07	juan	Turismo - Traslado	Avión = 7
P08	juan	Turismo - Traslado	Autobús = 9
P09	juan	Turismo - Traslado	Avión = 7, Autobús = 9
P10	maria	Consumo - Tiendas	Abarrotes = 9
P11	maria	Consumo - Tiendas	Regalos = 6
P12	maria	Consumo - Tiendas	Panadería = 7 Perfumería = 10
P13	pablo	Turismo - Actividad	Romance = 9
P14	pablo	Turismo - Actividad	Retiro espiritual = 7
P15	pablo	Turismo - Actividad	Excursión = 8

Tabla 5.5: Detalle de parametros utilizados para pruebas de vinculación

caso particular tiene que ver con la posible ambigüedad que puede existir cuando un proveedor clasifica un servicio en uno u otro dominio de aplicación.

También se ejemplifican casos en donde los parámetros ingresados no generan una respuesta (*P08*, *P11* y *P15*), esto es debido a la cantidad limitada de Servicios Web con los que se cuenta en relación con la amplia variedad de intereses definidos para un usuario.

### 5.5.2. Análisis cualitativo de resultados de la vinculación de Servicios Web

Los resultados obtenidos del módulo de vinculación son:

- Un medio de recomendación de Servicios Web a los usuarios basado en la selección de un dominio de aplicación y el contexto de los usuarios al momento de realizar la solicitud.
- Manejo de ontologías en capas, con lo cual fue posible separar el modelo de datos, de los individuos en sí.
- La vinculación de conceptos de 3 diferentes ontologías, a través de relaciones definidas en una cuarta ontología que incluía las 3 anteriores.
- Inferencias y consultas realizadas a través de un lenguaje basado en lógica de primer orden, con lo que se logró una mayor expresividad en consultas como en inferencias, sobre los individuos de las ontologías.

ID Prueba	SW Relevantes	SW Recomendados	SW Recomendados Relevantes	Precisión	Exhaustividad
P01	3	3	3	1	1
P02	3	3	3	1	1
P03	3	6	3	0.5	1
P04	4	4	4	1	1
P05	4	4	4	1	1
P06	4	4	4	1	1
P07	8	8	8	1	1
P08	0	0	0	-	-
P09	8	8	8	1	1
P10	3	3	3	1	1
P11	0	0	0	-	-
P12	3	3	3	1	1
P13	5	5	5	1	1
P14	5	5	5	1	1
P15	0	0	0	-	-

Tabla 5.6: Resultados de pruebas de vinculación



# Capítulo 6

## Conclusiones y trabajo a futuro

### 6.1. Conclusiones

La combinación de las tecnologías de la Web Semántica, la Web Móvil y los Servicios Web utilizadas para el desarrollo de esta tesis, permitió generar una serie de componentes de software capaces de trabajar en conjunto y con la capacidad de brindar una funcionalidad específica, acorde a las características que definen a un usuario en un determinado contexto.

La descripción semántica de ese contexto y de los Servicios Web, a los cuales puede tener acceso el usuario, permite una vinculación entre conceptos que es aprovechada para generar respuestas más acordes a las necesidades de los usuarios. Esto es posible gracias a la realización de la descripción semántica de los conceptos que participan en la arquitectura propuesta, así como las relaciones que guardan entre sí dichos conceptos, a través del uso de una base de conocimiento conformada de ontologías para la Web.

La definición de diferentes dominios en diferentes ontologías (de Servicios Web, de contexto de usuario y de dominios de aplicación de servicios) permite generar una solución modular, susceptible de ser ampliada, sin que ello afecte el funcionamiento de la arquitectura en general.

La definición de dominios en forma separada, permite hacer un manejo adecuado del grado de dinamismo con el que los conceptos incrementan su población de individuos, permitiendo trabajar las ontologías en capas, es decir, definir una ontología que incluyera a las demás (ontología de consumo de Servicios Web), en la cual se definan relaciones entre conceptos de diferentes ontologías, y sobre la cual se generen los individuos de los conceptos con mayor grado de dinamismo (ontologías de Servicios Web y de contexto de usuario).

Esto dejó en claro la posibilidad de mantener separada la definición de los conceptos, de los individuos de una ontología, para su posible utilización en otras aplicaciones. En cuanto a los individuos o instancias de esos conceptos, es posible almacenarlos en una ontología diferente y que trate una aplicación particular, como sucede en el caso de esta tesis, en donde se está tratando el dominio consumo de Servicios Web.

La creación de un repositorio semántico de Servicios Web brinda la posibilidad a diversos proveedores, de obtener un grado mayor de alcance en la utilización de sus servicios. Se observó que la representación semántica de los Servicios Web, es posible realizarla prescindiendo del anotado semántico sobre las interfaces WSDL de los servicios. En lugar de ello es posible analizar el contenido de la interfaz y corresponderlo con un esquema ontológico, extrayendo las características más importantes y almacenándolas como parte de la base de conocimiento.

Por otra parte, la obtención del contexto del usuario de un sistema de información, se ve ampliamente favorecida con la utilización de dispositivos de Cómputo Móvil. Las características cada vez más desarrolladas de los dispositivos computacionales, principalmente la movilidad, permiten un acercamiento al contexto que define la interacción de un usuario con un sistema de cómputo. Para el caso particular de ésta tesis, esta característica permitió capturar las variantes en los niveles de interés de los usuarios e incluso su posición geográfica.

Para poder hacer uso de las capacidades de los dispositivos móviles es necesario pensar en aplicaciones que se adecúen a las características con las que cuentan dichos dispositivos. Existen diferentes alternativas para crear aplicaciones móviles, sin embargo, fue posible observar en el desarrollo de esta tesis, que las aplicaciones de la web móvil son una buena opción. Éstas aprovechan el potencial de los estándares que existen para la Web, además de que hacen uso de las cada vez más desarrolladas capacidades de los navegadores web móviles, con lo cual se obtiene el beneficio de no estar generando aplicaciones nativas para cada una de las muchas plataformas de dispositivos móviles.

Es importante resaltar la capacidad que tiene las ontologías para representar conceptos y sus relaciones, sin embargo, las ontologías por sí mismas no dotan de inteligencia a una aplicación, es necesario contar con un conjunto de reglas y un motor que las ejecute, para lograr extender el conocimiento que almacena la ontología. De acuerdo a lo observado con el desarrollo del trabajo descrito en este documento, la utilización de reglas de inferencia escritas en un lenguaje basado en lógica de primer orden como lo es SWRL, permite tener buena expresividad para generar nuevo conocimiento o simplemente consultar el ya existente.

Una problemática importante que se enfrentó en la realización de este trabajo, es la velocidad con que las tecnologías de implementación en el área de aplicaciones web móviles van desarrollándose. El ritmo acelerado con que se van incrementando los avances computacionales enfocados a los dispositivos móviles, exige estar al pendiente de ellos.

## **6.2. Trabajo a futuro**

El trabajo realizado permitió ver líneas de trabajo que pueden ayudar a la mejora y crecimiento de la solución planteada en esta tesis. Uno de los puntos importantes es la revisión dinámica de la consistencia lógica de ontologías que participan en una base de conocimiento. Esto permitirá tener una certeza de que los individuos de las ontologías cumplen completamente con las restricciones definidas para ellos en cada clase.



Las definiciones de conceptos establecidas en las ontologías de una base de conocimiento, son susceptibles de aumentar su capacidad descriptiva a través del aumento de la axiomatización de restricciones sobre dichos conceptos, por lo que también se vuelve un área de mejora importante para la definición de una base de conocimiento.

Es posible mejorar en la tecnología de implantación de la solución propuesta, puesto que a la fecha se han publicados nuevos estándares de las tecnologías utilizadas. Esto permitiría tener una aplicación más dinámica y con la posibilidad de aumentar sus capacidades.

La extracción de la descripción de los Servicios Web a través del análisis de su interfaz WSDL, es un área que aún tiene un amplio panorama por explorar, ya que el esquema del servicio se encuentra escrito en XML-Schema, lenguaje que tiene muchas variantes y además los mensajes son enviados por SOAP, protocolo que puede aportar datos importantes a la descripción semántica de un Servicio Web.

La clasificación de los Servicios Web es un área compleja en la que es posible seguir trabajando con el propósito de lograr un mejor acomodo de los servicios en uno o varios dominios de aplicación. Es posible obtener una clasificación dinámica que pueda ser propuesta por los proveedores y los usuarios de servicios.

En cuanto a la definición del dominio contexto de usuario, se tienen muchos factores que caracterizan la interacción entre un usuario y una aplicación, por lo que es posible aumentar dicha definición agregando nuevos conceptos y relaciones, describiendo de una manera más robusta el contexto de los usuarios.

Por su parte, el almacenamiento de los individuos en la ontología implica problemas de rendimiento, por ello es necesario combinar la funcionalidad de las ontologías con medios de almacenamiento más eficiente, como lo son las bases de datos. El generar un esquema de correspondencia entre un esquema de base de datos y una ontología es una línea de acción que hay que trabajar.

Otro factor de gran relevancia es el trabajo que se puede hacer sobre una base de conocimiento, al generar reglas de inferencias para generar nuevo conocimiento, esto abre la posibilidad de tener la capacidad de predecir los posibles comportamientos de los usuarios con respecto a un dominio de aplicación en específico.



# Capítulo 7

## Anexo 1

Las aplicaciones construidas para probar la funcionalidad de la arquitectura propuesta, tienen como materia prima a los Servicios Web para poder funcionar. Los Servicios Web funcionan como una interfaz entre aplicaciones, encapsulando comportamiento y acceso a un determinado sistema de información.

Para realizar las pruebas necesarias, hubo necesidad de construir una serie de Servicios Web basados en casos de estudios específicos. Los casos de estudio seleccionados para la creación de servicios fueron:

- Sistema de transportes (figura 7.1)
- Sistema de hoteles (figura 7.2)
- Sistema de vuelos (figura 7.3)
- Sistema de paseos (figura 7.4)
- Sistema de ofertas (figura 7.5)

Los Servicios Web construidos, sus operaciones y su clasificación se enlistan a continuación:

Transporte

- Metro. Dominio: Transporte - Cobro X viaje
  - ServicioUbicacionEstacionMetro
    - DireccionTransporte direccionEstacionMetro(String descripcion)
    - Posicion posicionEstacion(String descripcion)
  - ServicioItinerarioMetro
    - LineaMetro descripcionLinea(String linea)
    - EstacionMetro[] obtenerEstaciones(String linea)
    - LineaMetro[] lineasDestinoInicio(String destinoinicio)

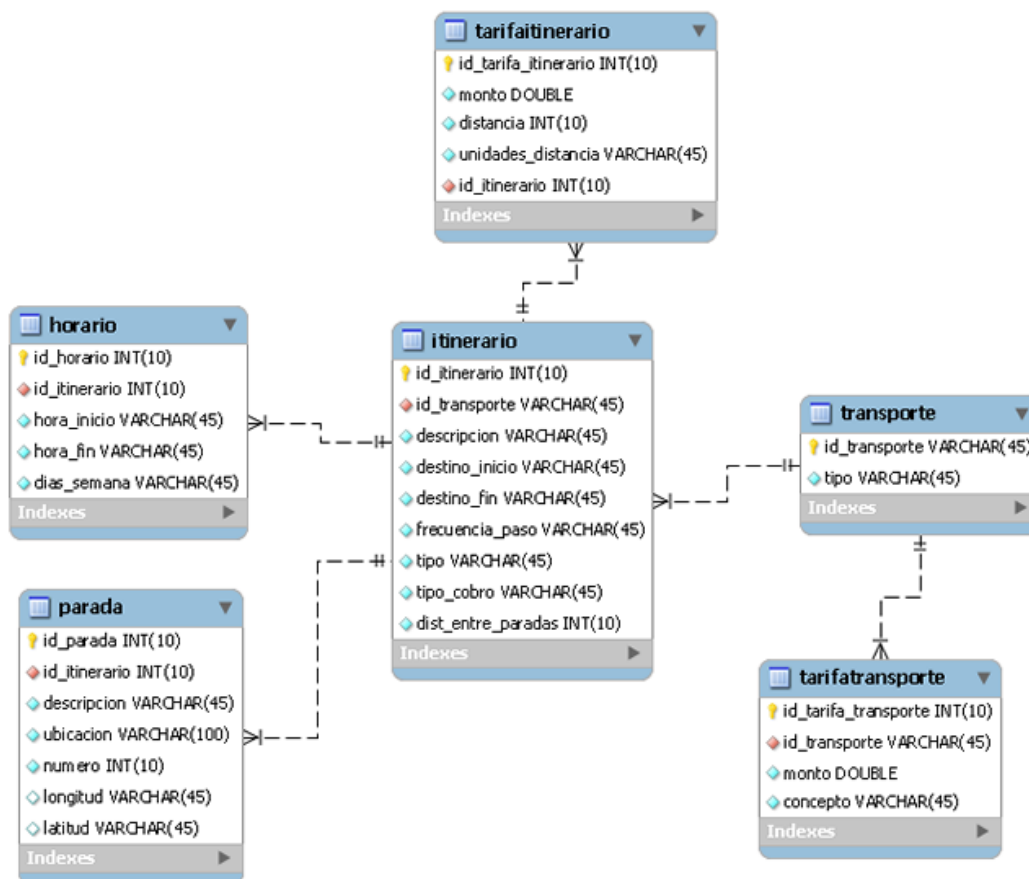


Figura 7.1: Esquema de base de datos de sistema de transportes

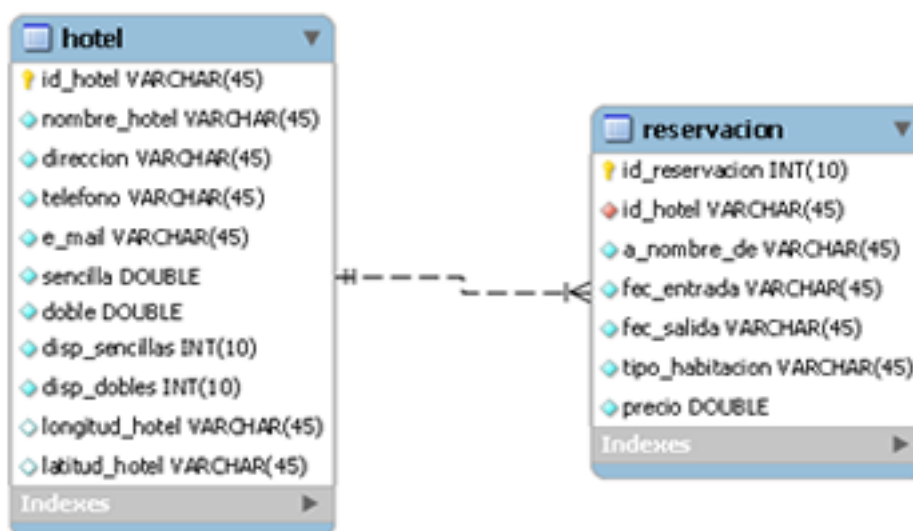


Figura 7.2: Esquema de base de datos de sistema de hoteles

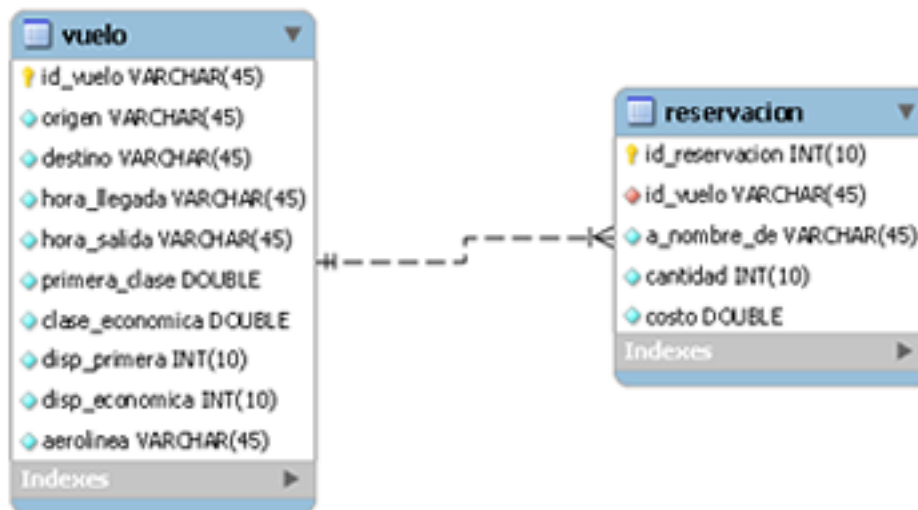


Figura 7.3: Esquema de base de datos de sistema de vuelos

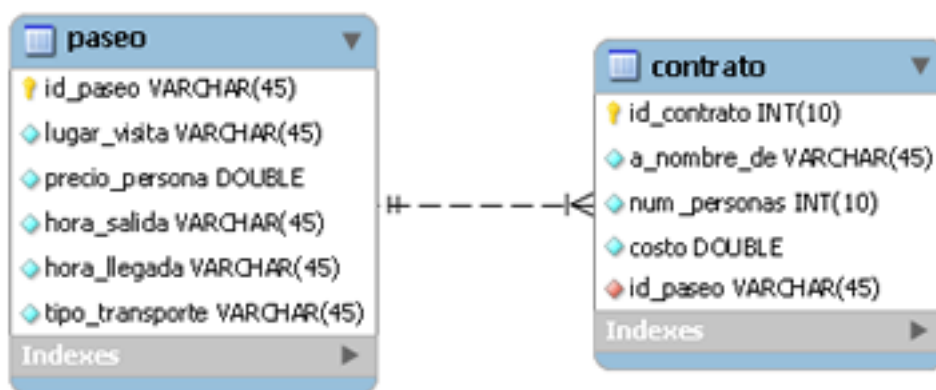


Figura 7.4: Esquema de base de datos de sistema de paseos

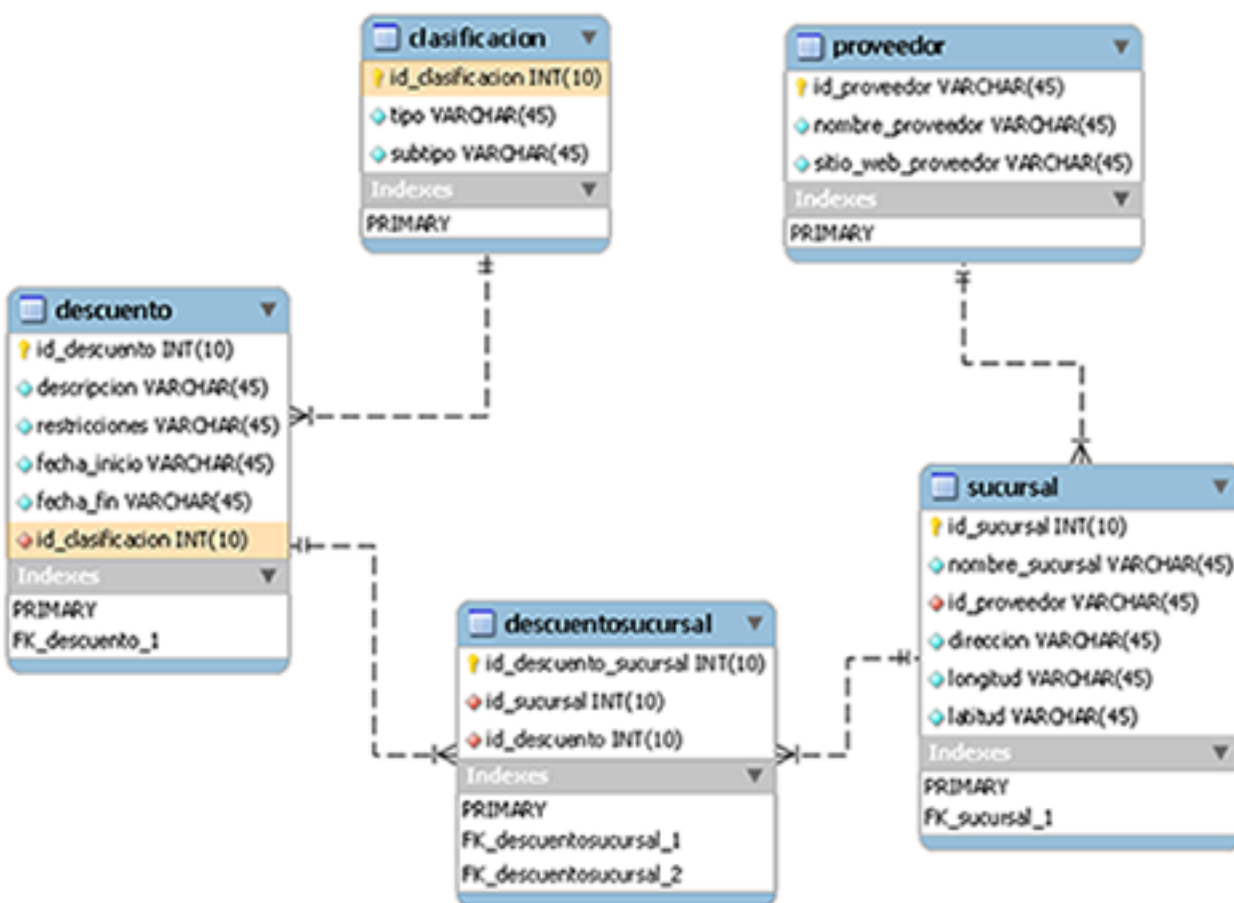


Figura 7.5: Esquema de base de datos de sistema de ofertas

- LineaMetro[] lineasDestinoFinal(String destinofinal)
- String obtenerFrecuenciaPaso(String linea)
- HorarioMetro[] obtenerHorarios(String linea)
- ServicioTarifaMetro
  - TarifaMetro tarifaMetro()
- Metrobús. Dominio: Transporte - Cobro X viaje
  - ServicioUbicacionParadaMetrobus
    - DireccionMetrobus direccionParada(String nombreparada)
    - Coordenadas localizacionParada(String nombreparada)
  - ServicioMetrobusItinerario
    - MetrobusLinea lineaDetalle(String linea)
    - MetrobusParada[] paradasDeLinea(String linea)
    - MetrobusLinea[] lineasConDestinoInicio(String destinoinicio)
    - MetrobusLinea[] lineasConDestinoFinal(String destinofinal)
    - String verFrecuenciaDePaso(String linea)
    - MetrobusHorario[] horariosLinea(String linea)
  - ServicioTarifasMetrobus
    - PrecioItinerario[] tarifasMetrobus()
    - PrecioItinerario tarifaLineaMetrobus(String linea)
- Tren Suburbano. Dominio: Transporte - Cobro X distancia
  - ServicioUbicacionTrenSuburbano
    - DireccionEstacion direccionEstacion(String estacion)
    - LocalizacionEstacion localizacionEstacion(String estacion)
  - ServicioRecorridosSuburbano
    - TrenSuburbanoRuta detalleDeLinea(String nombrelinea)
    - TrenSuburbanoEstacion[] verEstaciones(String nombrelinea)
    - TrenSuburbanoRuta[] lineasConInicio(String destinoinicio)
    - TrenSuburbanoRuta[] lineasConFinal(String destinofinal)
    - String frecuenciaDePaso(String nombrelinea)
    - TrenSuburbanoHorario[] verHorarios(String nombrelinea)
  - ServicioSuburbanoPrecio
    - PrecioSuburbano[] preciosSuburbano()
    - PrecioSuburbano precioLienaSuburbano(String linea)

Hoteles

- Fiesta Inn. Dominio: Turismo - Hospedaje - Trabajo
  - ServicioUbicacionInn
    - DireccionINN direccionHotel(String id)
    - Posicion posicionHotel(String id)
  - ServicioDisponibilidadInn
    - int habitacionesDisponibles(String tipohabitacion)
  - ServicioPreciosInn
    - double precioHabitacionSensilla()
    - double precioHabitacionDoble()
    - double calculaCosto(int numerohabitaciones,int numerodias,String tipohabitacion)
  - ServicioReservacionInn
    - Reservacion registraReservacion(String anombrede, String fechaentrada, String fechasalida, String tipohabitacion)
- Fiesta Americana. Dominio: Turismo - Hospedaje - Descanso
  - ServicioLocalizacionAmericana
    - FiestaAmericanaDireccion direccionFiestaAmericana(String idhotel)
    - Coordenadas coordenadasFiestaAmericana(String idhotel)
  - ServicioHabitacionesDisponiblesFiestaAmericana
    - int CantidadHabitacionesDisponibles(String habitaciontipo)
  - ServicioTarifasAmericana
    - double costoHabitacionSensilla()
    - double costoHabitacionDoble()
    - double costo(int numhabitaciones, int numdias,String tipohabitacion)
  - ServicioFiestaAmericanaReservaciones
    - Reservacion reservacion(String nombre, String fechaentrada, String fechasalida, String tipohabitacion)
- Crowne Plaza. Dominio: Turismo - Hospedaje -Club
  - ServicioUbicacionCrowne
    - DireccionCrowne direccionCrowne(String idhotel)
    - LocalizacionCrowne coordenadasCrowne(String idhotel)
  - ServicioCrownePlazaDisponibilidad
    - int cupoHabitacion(String tipo)



- ServicioCrowneTarifas
  - double habitacionSensillaPrecio()
  - double habitacionDoblePrecio()
  - double habitacionPrecio(int numhabitaciones, int numdias,String tipohabitacion)
- ServicioReservacionHabitacionesCrown
  - Reservacion reservacionCrowne(String anombrede, String entradafecha, String salidafecha, String habitacion)
- Emporio. Dominio: Turismo - Hospedaje - Lujo
  - ServicioLocalizacionEmporio
    - EmporioAddress direccionEmporio(String idhotel)
    - EmporioPosition localizacionEmporio(String idhotel)
  - ServicioEmporioDisponibilidad
    - int cantidadSuitesDesocupadas(String tipo)
  - ServicioDePreciosHotelEmporio
    - double tarifaSensilla()
    - double tarifaDoble()
    - double tarifahabitacion(int nhabitaciones, int ndias,String tipohabitacion)
  - ServicioEmporioRegistro
    - Reservacion reservarHabitacion(String nombre, String entradafecha, String salidafecha, String habitaciontipo)
- Sheraton. Dominio: Turismo - Hospedaje - Lujo
  - ServicioSheratonUbicacion
    - DireccionSheraton direccionSheraton (String id)
    - CoordinadasSheraton localizacionSheraton(String id)
  - ServicioCupoSheraton
    - int habitacionesDisponiblesSheraton(String habitaciontipo)
  - ServicioTarifasSheraton
    - double suiteSensillaTarifa()
    - double suiteDobleTarifa()
    - double tarifaSuites(int cantidadhabitaciones, int cantidaddias,String tipohabitacion)
  - ServicioRegistroHotelSheraton

- Reservacion registroHabitacion(String anombre, String fechaentrada, String fechasalida, String tipohabitacion)

## Vuelos

- Aviacsa. Dominio: Turismo - Traslado - Aereo
  - ServicioPreciosAviacsa
    - double precioVuelo(String clavevuelo, String clase)
    - Vuelo vueloMasBarato(String origen, String destino, String clase)
  - ServicioItinerarioAviacsa
    - DetalleVuelo obtenerItinerarioVuelo(String idvuelo)
    - DetalleVuelo[] obtenerVuelosConOrigen(String origen)
    - DetalleVuelo[] obtenerVuelosConDestino(String destino)
  - ServicioDisponibilidadAviacsa
    - int lugaresDisponibles(String clavevuelo, String clase)
  - ServicioReservacionAviacsa
    - Reservacion reservaVuelo(String clavevuelo, String anombrede, int cantidad, String clase)
- Aeroméxico. Dominio: Turismo - Traslado - Aereo
  - ServicioTarifasAeromexico
    - double vueloTarifa(String idvuelo, String clase)
    - Vuelo vueloMasBaratoAeromexico(String ciudadsalida, String ciudadllegada, String clase)
  - ServicioAeromexicoItinerarioDeVuelos
    - Descripcion verItinerarioVuelo(String idvuelo)
    - Descripcion[] vuelosOrigen(String lugarorigen)
    - Descripcion[] vuelosDestino(String lugardestino)
  - ServicioDisponibiliadaEnVuelosAeromexico
    - int disponibiliadaLugares(String vuelo, String clase)
  - ServiciosDeReservacionesAeromexico
    - Reservacion reservaLugarEnVuelo(String idvuelo, String anombre, int cantidad, String clase)
- Volaris. Dominio: Turismo - Traslado - Aereo
  - ServicioVolarisPrecios
    - double precioDeVuelo(String identificadorvuelo, String clase)

- Vuelo vueloMasBaratoVolaris(String lugarorigen, String lugardestino, String clase)
- ServicioItinerariosVolaris
  - InfoVuelo obtenerItinerarioVueloVolaris(String idvuelo)
  - InfoVuelo[] verVuelosConSalidaEn(String lugar salida)
  - InfoVuelo[] verVuelosConLlegadaEn(String lugar llegada)
- ServicioVolarisReservaciones
  - Reservacion hacerReservacion(String vuelo, String nombrecliente, int numlugares, String clase)
- ServicioVolarisDisponibilidad
  - int obtenerNumeroDeLugaresDisponibles(String idvuelo, String clase)
- InterJet. Dominio: Turismo - Traslado - Aereo
  - ServicioInterJetTarifas
    - double tarifaDeVuelo(String idvuelo, String clase)
    - Vuelo vueloInterJetMasBarato(String origenciudad, String destinociudad, String clase)
  - ServicioInterJetItinerarios
    - InformacionDeVuelo itinerarioVuelo(String idvuelo)
    - InformacionDeVuelo[] vuelosConSalida(String salida)
    - InformacionDeVuelo[] vuelosConLlegada(String llegada)
  - ServicioInterJetDisponibilidadVuelos
    - int verCantidadLugaresDisponibles(String clavevuelo, String clase)
  - ServicioInterJetReservacion
    - Reservacion reservacionDeVuelo(String vuelo, String nombre, int cantidadlugares, String clase)

#### Paseos

- Travelocity. Dominio: Turismo - Actividad - Aventura
  - ServicioUbicacionTravelocity
    - DireccionTravelocity direccionTravelocity(String agencia)
    - Posicion posicionTravelocity(String agencia)
  - ServicioItinerarioTravelocity
    - Paseo[] verPaseos(String lugar visita)
    - Paseo detallePaseo(String idpaseo)

- ServicioTarifasTravelocity
  - double precioPaseo(String idpaseo)
- ServicioTravelocityReservacion
  - Registro contrataPaseo(String idpaseo, String anombrede, int lugares)
- ServicioVigenciaPasosTravelocity
  - String vigenciaPaseo(String idpaseo)
- Turissste. Dominio: Turismo - Actividad - Formación
  - ServicioDeUbicacionTurissste
    - SedeTurissste sedeTurissste(String nombreagencia)
    - Coordenadas coordenadasTurissste(String nombreagencia)
  - ServicioInfoItinerarioTurissste
    - Paseo[] consultarPaseosA(String destino)
    - Paseo verPaseo(String idpaseo)
  - ServicioTarifaTurissste
    - double verTarifaPaseo(String idpaseo,int lugares)
  - ServicioTurisssteDeReservaciones
    - Registro nuevoPaseo(String clavepaseo, String anombrede, int numpersonas)
  - ServicioTurisssteVigencias
    - String fehcaSalidaPaseo(String idpaseo)
- Turistaca 2000 Dominio: Turismo - Actividad - Pareja
  - ServicioTuristica2000Localizacion
    - LocalizacionTuristica ubicacionTuristica(String nombreagencia)
    - CoordenadasTuristica coordenadasTuristica(String nombreagencia)
  - ServicioTuristica2000Itinerario
    - Paseo[] paseosALugar(String sitio)
    - Paseo detallePaseoTuristica(String paseo)
  - ServicioTuristica2000Precios
    - double obtenerPrecioPaseo(String idpaseo,int cantidadlugares)
  - ServicioReservacionesTuristica2000
    - Registro contratarPaseo(String idpaseo, String nombre, int numpersonas)
  - ServiciosTuristica2000VigenciasPaseos
    - String fechaLimiteContratacionPaseo(String idpaseo)

---

## Ofertas

- Sanborns. Dominio: Consumo - Tiendas - Departamentales
  - ServiciosSanbornsUbicacion
    - DireccionSanborns direccionSanborns(String nombresucursal)
    - Posicion posicionSanborns(String nombresucursal)
  - ServicioOfertasSanborns
    - Clasificacion[] clasificacionDescuentos()
    - Descuento[] consultarDescuentos(String tipo, String subtipo)
    - Descuento verDescuento(int id)
  - ServicioVigenciaSanbornsDescuentos
    - String descuentoPeriodo(int clavedescuento)
- Chilis. Dominio: Consumo - Comida - Tendencia gastronómica
  - ServicioDeUbicacionChilis
    - UbicacionChilis ubicacionChilis(String nombre)
    - Coordenadas coordenadasChilis(String nombre)
  - SevicioDescuentoChilis
    - Clasificacion[] tipoDescuentos()
    - Descuento[] verDescuentosChilis(String tipo, String subtipo)
    - Descuento detalleDescuento(int iddescuento)
  - ServicioDuracionDescuentosChilis
    - String periodoDescuento(int id)
- Sams. Dominio: Consumo - Tiendas - Autoservicio
  - ServiciosLocalizacionSams
    - SamsDireccion direccionSams(String nombresucursal)
    - CoordenadasSams posicionSams(String nombresucursal)
  - ServicioSamsTarifaDescuento
    - Clasificacion[] mostrarClasificacionesDescuentos()
    - Descuento[] mostrarDescuentos(String tipo, String subtipo)
    - Descuento mostrarDetalleDescuento(int iddescuento)
  - ServicioVigenciaDescuentoSams
    - String verVigenciaDescuento(int iddescuento)
- Toks. Dominio: Consumo - Comida - Regional

- ServicioToksLocalizacion
  - LocalizacionToks toksDireccion(String sucursal)
  - PosicionToks toksCoordenadas(String sucursal)
- ServicioToksDescuentos
  - Clasificacion[] getClasificaciones()
  - Descuento[] verDescuentosToks(String tipo, String subtipo)
  - Descuento descripcionDescuento(int iddescuento)
- ServicioToksVigenciaDescuentos
  - String vigenciaDescuentoToks(int iddescuento)
- Steren. Dominio: Consumo - Tecnología - Electrónica
  - ServicioUbicacionSteren
    - SterenAddress ubicacionSteren(String nombresucursal)
    - GeoposicionSteren geoposicionSteren(String nombresucursal)
  - ServicioOfertasSteren
    - Clasificacion[] verClasificaciones()
    - Descuento[] obtenerDescientosSteren(String tipo, String subtipo)
    - Descuento detalleDescuento(int iddescuento)
  - ServicioSeternDescuentosVigencia
    - String vigenciaDescuento(int clave)

# Bibliografía

- [1] K. Daniel Wong. *Wireless Internet Telecommunication*. Editorial Artech House, 2005.
- [2] Mobile Web Initiative. *The Web and Mobile Devices*. 2010. Disponible en <http://www.w3.org/Mobile/>. Accedida marzo 2011
- [3] Yongwan Park and Fumiyuki Adachi. *Overview of mobile communication*. Editorial Springer, 2007.
- [4] Web Services. *Web Services Activity*. 2002. Disponible en <http://www.w3.org/2002/ws/>. Accedida septiembre 2010
- [5] L. Cabral, J. Domingue, E. Motta. *Approaches to Semantic Web Services: An Overview and Comparisons*. Proceedings First European Semantic Web Symposium (ESWS2004), The SemanticWeb: Research and Applications, Lecture Notes in Computer Science 3053(LNCS3053), pages pp. 225-239, Heraklion, Crete, Greece
- [6] Pablo Castells, *La Web Semántica*. C. Bravo, M. A. Redondo (Eds.), Sistemas Interactivos y Colaborativos en la Web. Ediciones de la Universidad de Castilla - La Mancha, 2003, ISBN: 84-8427-352-0, pp. 195-212
- [7] Gruber, T.R., *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*, International Journal of Human and Computer Studies, 43(5-6): 907-928. 1995
- [8] Anind K. Dey. *Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications*. PhD thesis, Georgia Institute of Technology, Noviembre 2000.
- [9] EITO. *European Information Technology Observatory*. 2008-2011. Disponible en <http://www.eito.com/>. Accedida enero 2011
- [10] Reza B'Far, *Mobile Computing Principles*, First Edition, Cambridge University Press, USA 2005.
- [11] NMT. *Nordic Mobile Telephone*. 2010. Disponible en [http://en.wikipedia.org/wiki/Nordic\\_Mobile\\_Telephone](http://en.wikipedia.org/wiki/Nordic_Mobile_Telephone). Accedida marzo 2011
- [12] AMPS. *Advanced Mobile Phone System*. 2011. Disponible en [http://en.wikipedia.org/wiki/Advanced\\_Mobile\\_Phone\\_System](http://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Mobile_Phone_System). Accedida marzo 2011

- [13] GSM. *GSM World*. 2011. Disponible en <http://www.gsmworld.com/>. Accedida marzo 2011
- [14] Personal Digital Cellular. *Personal Digital Cellular*. 2011. [http://es.wikipedia.org/wiki/Personal\\_Digital\\_Cellular](http://es.wikipedia.org/wiki/Personal_Digital_Cellular). Accedida marzo 2011
- [15] CDMA. *IS-95*. 2010. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/IS-95>. Accedida marzo 2011
- [16] WCDMA. *WCDMA*. 2011. Disponible en <http://en.wikipedia.org/wiki/WCDMA>. Accedida marzo 2011
- [17] Yongwang Park and Fumiyuki Adachi. *Overview of mobile communication*. Editorial Springer, Berlin, 2007.
- [18] P. Sánchez, *Sistema de información basado en contexto para dispositivos móviles*, Tesis Maestría, Departamento de computación, CINVESTAV, Diciembre 2009.
- [19] Ronan Cremin, et. al., *DotMobi Mobile Web Developer Guide*, Primera edición, mTLD, Irlanda, 2007.
- [20] WiFi. *WiFi*. 2011. Disponible en <http://www.wi-fi.org/>. Accedida marzo 2011
- [21] Informa Telecoms & Media . *Informa Telecoms & Media*. 2011. Diponible en <http://www.informatm.com/itmgcontent/icomms>. Accedida marzo 2011.
- [22] WSDL. *WSDL*. 2011. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/WSDL>. Accedida febrero 2011
- [23] SOAP. *SOAP*. 2011. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/SOAP>. Accedida enero 2011
- [24] W3C Consortium. *Web Services Architecture*. 2004. Disponible en <http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-arch-20040211/#whatis>. Accedida Marzo 2011
- [25] Lausen, H et al., *Enabling Semantic Web Services*. The Web Service Modeling Ontology, 1st Edition, Editorial Springer, Berlin, 2007.
- [26] Zhiwen Yu, et. al., *Ontology-Based Semantic Recommendation for Context-Aware E-Learning*, Ubiquitous Intelligence and Computing 4th International Conference, vol. 4611, pp. 898, Hong Kong, China, July 2007
- [27] N. Blefari-Melazzi et. al., *Context-aware Service Discovery in Mobile Heterogeneous Enviroment*, Mobile and Wireless Communications Summit, pp. 5-7, Budapest, septiembre 2007
- [28] symplificiti. *symplificiti*. 2010. Disponible en <http://oxygen.lcs.mit.edu/>. Accedida septiembre 2010



- 
- [29] MOBILEARN. *MOBILEARN*. 2010. Disponible en <http://www.mobilearn.org/>. Accedida septiembre 2010
- [30] Zhizheng ZHOU et. al., *Design and Implementation of Web Service Based Intelligence Mobile Guidance System*, International Conference of Environmental Science and Information Application Tecnology, IEEE Computer Society, p.p. 653-655, Wuhan, China 2009
- [31] Álvaro Zubizarreta et. al., *Extracting geographic context from the web: Georeferencing in MyMose*, In 31st European Conference on Information Retrieval, ECIR 2009, Toulouse, France, April 6-9, Lecture Notes in Computer Science. Springer. 2009
- [32] CYBERGUIDE. *CYBERGUIDE*. 2010. Disponible en <http://www.cc.gatech.edu/fce/cyberguide/>. Accedida septiembre 2010
- [33] Eero Rasanen et. al., *Location-Based Novelty Index Value and Recommendation System and Method*, Patent N° 2008021421, United States Patent Application, 10 Sep 2009
- [34] Roberto Zagal-Flores et. al., *Diseño de una aplicación Web híbrida aplicada a servicios turísticos descritos semánticamente*, Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, 2008
- [35] Toby H. W. Lam et al., *An Ontology-Based Intelligent Mobile System for Tourist Guidance*, Studies in Computational Intelligence (SCI) 115, pp. 381-406, Springer 2008
- [36] Amel Bouzeghoub et al., *Situation-Aware Adaptive Recommendation to Assist Mobile Users in a Campus Environment*, aina, pp.503-509, 2009 International Conference on Advanced Information Networking and Applications, Bradford, United Kingdom. May 2009
- [37] Matthew Horridge et al., *A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using The Protégé-OWL Plugin and CO-ODE Tools*, Edition 1.0, The University Of Manchester, August 27, 2004
- [38] JQuery Mobile. *JQuery Mobile*. 2010. Disponible en <http://jquerymobile.com/>. Accedida diciembre 2010
- [39] Klyne G., Carroll J.J. (eds.). *Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax*. W3C Proposed Recommendation. <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>. Accedida marzo 2011
- [40] Brickley D., Guha R.V. (eds.). *RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema*, W3C Proposed Recommendation. <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>. Accedida marzo 2011

- [41] Bechhofer S., Dean M., Van Harmelen F., Hendler J., Horrocks I., McGuinness D., Patel-Schneider P., Schreiber G., Stein L. *OWL Web Ontology Language Reference*, W3C Proposed Recommendation. <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>. Accedida marzo 2011
- [42] Gruber T. R. *A Translation Approach to Portable Ontology Specifications*. Knowledge Acquisition, 5(2), 1993
- [43] Berners-Lee, T. Hendler, J. Lassila. *The Semantic Web. Scientific American*, Vol. 284 (4), 2001, pp. 34-43
- [44] Teniente E., Olvié A., Mayol E., Gómez C. *Diseño de sistemas software en UML*. Primera Edición. Edicions UPC. Barcelona 2003.
- [45] Baeza-Yates R., Ribero-Neto B. *Modern Information Retrieval*. Addison-Wesley, New York 1999.
- [46] Google Maps. *Google Maps*. 2011. Disponible en <http://maps.google.com.mx/>. Accedida marzo 2011
- [47] OWL. *OWL Web Ontology Language*. 2004. Disponible en <http://www.w3.org/TR/owl-features/>. Accedida marzo 2011
- [48] Protégé. *Protégé*. 2011. Disponible en <http://protege.stanford.edu/>. Accedida marzo 2011
- [49] Protégé OWL API. *Protégé OWL API*. 2011. Disponible en <http://protege.stanford.edu/plugins/owl/api/>. Accedida marzo 2011
- [50] SWRL. *SWRL*. 2011. Disponible en <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>. Accedida marzo 2011
- [51] SQWRL. *SQWRL*. 2011. Disponible en <http://protege.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?SQWRL>. Accedida marzo 2011
- [52] W3C Consortium. *HTML 5*. 2011. Disponible en <http://www.w3.org/TR/html5/>. Accedida julio 2011
- [53] Oracle Mojarra JavaServer Faces. *JSF*. 2011. Disponible en <http://javaserverfaces.java.net/>. Accedida julio 2011
- [54] PrimeFaces. *PrimeFaces*. 2011. Disponible en <http://www.primefaces.org/>. Accedida septiembre 2011
- [55] NetBeans. *NetBeans*. 2011. Disponible en <http://netbeans.org/>. Accedida mayo 2011
- [56] JDOM. *JDOM*. 2011. Disponible en <http://www.jdom.org/>. Accedida julio 2011

- [57] WSDL4J. *WSDL4J*. 2011. Disponible en <http://wsdl4j.sourceforge.net/>. Accedida julio 2011
- [58] JESS. *JESS*. 2011. Disponible en <http://www.jessrules.com/>. Accedida julio 2011
- [59] Apache Tomcat. *Apache Tomcat*. 2011. Disponible en <http://tomcat.apache.org/>. Accedida julio 2011
- [60] Apache Axis 2. *Apache Axis 2*. 2011. Disponible en <http://axis.apache.org/axis2/java/core/>. Accedida julio 2011
- [61] The HTML5 Test. *The HTML5 Test*. 2011. Disponible en <http://html5test.com/>. Accedida julio 2011
- [62] INEGI. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. 2011. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/>. Accedida julio 2011