



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA**

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

**“SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
Y RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
A BASE DE DATOS EXTENSIONAL”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
Ingeniero en Ciencias de la Computación

PRESENTA:

Iraís Melina Chávez Huerta

ASESORES:

M.C. Hilda Castillo Zacatelco

Dr. Iván Olmos Pineda



Puebla, Pue.

2010

Agradecimientos

Gracias a mi madre por darme la vida, por haberme apoyado e impulsado siempre para lograr mis objetivos.

Gracias a mi padre por ser mi guía y mi amigo, por escucharme y darme sus mejores consejos.

Gracias a Alexander Ávila por apoyarme en mis casos atípicos, por estar conmigo en esta vida, por su amor y por ser uno de mis más grandes motivos.

Gracias a los profesores que tuve en la carrera por haber cultivado en mí la semilla para descubrir y aprender por mí misma y demostrar que siempre puedo ir tan lejos como yo quiera.

Gracias a mis asesores M.C. Hilda Castillo Zacatelco y Dr. Iván Olmos Pineda por compartir sus conocimientos conmigo y por el apoyo brindado durante la elaboración de este proyecto de tesis.

Gracias a la responsable del proyecto Dra. Claudia Zepeda Cortés y por haberme dado la oportunidad de formar parte del proyecto “Sistema de inferencia de información para apoyar el ataque de incendios forestales utilizando dispositivos móviles” con la elaboración del módulo “Sistema de Almacenamiento, Recuperación y Traducción de Información Geográfica a Base de Datos Extensional”.

Gracias al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla por el apoyo otorgado a través del “Programa de Becas-Tesis CONCYTEP 2010”, ya que además fue un gran estímulo para el desarrollo y finalización de esta tesis.

ÍNDICE

<i>Introducción</i>	5
<i>Justificación</i>	8
<i>Antecedentes</i>	9
<i>Planteamiento del Problema</i>	11
<i>Objetivos</i>	13
<i>Capítulo 1 Marco Teórico.</i>	14
1.1 ESTADO DEL ARTE	15
1.1.1 Incendios Forestales	15
1.1.2 Causas que provocan un incendio.....	16
1.1.3 Consecuencias de los incendios forestales en nuestro país	16
1.1.4 Aplicaciones y Tecnologías empleadas para detección y combate a incendios forestales en México y en el Mundo.	17
1.2 CONCEPTOS DE INGENIERÍA DE SOFTWARE.....	20
1.2.1 Modelos de Procesos del software	21
1.2.2 Modelo Lineal Secuencial o de Cascada	22
1.3 CONCEPTOS DE BASES DE DATOS	23
1.3.1 Sistema de Base de Datos	24
1.3.2 Sistema Administrador de Base de Datos.....	25
1.3.3 Bases de Datos Espaciales o Bases de Datos Geográficas	25
1.3.4 Sistemas de Bases de Datos Espaciales	26
1.3.5 Bases de Datos Extensionales	31
1.3.6 PostgreSQL y PostGIS.....	31
1.4 CONCEPTOS DE COMPILADORES	32
1.4.1 Análisis Léxico.....	32
1.4.2 Análisis Sintáctico	33
<i>Capítulo 2 Análisis y Especificación de Requerimientos del Sistema.</i>	34
2.1 ESPECIFICACIÓN DEL ÁMBITO DEL SISTEMA	35
2.2 Modelado del Sistema	36
2.3 Modelado de casos de uso	36
2.4 Especificación de Requerimientos	41

2.4.1. Requerimientos de la Interfaz de usuario.....	41
2.4.2. Requerimientos de software.....	41
2.4.3. Requerimientos de hardware	41
2.4.4. Requerimientos funcionales	42
2.4.5. Requerimientos de desempeño	43
2.5 Restricciones del sistema.....	43
<i>Capítulo 3 Diseño del Sistema.</i>	44
3.1 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA BASE DE DATOS ESPACIAL	45
3.1.1 Diseño conceptual de la Base de Datos Espacial.....	46
3.1.2 Diseño lógico de la Base de Datos Espacial.....	48
3.1.3 Modelo físico de la Base de Datos Espacial	51
3.1.4 Diccionario de Datos.....	52
3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO.....	52
3.3 DISEÑO DE LA INTERFAZ.....	52
3.4 DISEÑO DE LA TRADUCCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA A BASE DE DATOS EXTENSIONAL.....	55
3.4.1 Diseño del Autómata Finito Determinístico.....	56
3.4.2 Definición de la Gramática.....	58
3.4.3 Errores léxicos y sintácticos	69
<i>Capítulo 4 Implementación.</i>	70
4.1 IMPLANTACIÓN DE LA BASE DE DATOS GEOGRÁFICA CON POSTGRESQL Y POSTGIS	71
4.2 PROGRAMACIÓN: JAVA, NETBEANS, JDBC, POSTGRESQL Y POSTGIS	73
4.3 APLICACIÓN PARA REALIZAR CONSULTAS	74
4.4 TRADUCTOR DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA A BASE DE DATOS EXTENSIONAL.....	77
<i>Capítulo 5 Pruebas.</i>	80
<i>Resultados</i>	90
<i>Trabajo a Futuro</i>	91
<i>Conclusiones</i>	92
<i>Bibliografía y Referencias</i>	94

Introducción

Los incendios forestales cobran miles de hectáreas de bosques en nuestro país y el mundo año tras año, por ello es de vital importancia implementar proyectos que tengan como objetivo prevenir y ayudar a combatir de forma eficaz este tipo de siniestros. Con tal motivación un grupo de profesores de la Facultad de Ciencias de la Computación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, tuvo la iniciativa de realizar un proyecto que ayudara a las brigadas de ataque a incendios de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Puebla (SMRN) para obtener información sobre la zona en la que se haya presentado un incendio y así poder dirigirlos por la ruta más conveniente, o en caso de ser necesario indicarles la ruta de evacuación más adecuada. Dicho proyecto se titula “Sistema de inferencia de información para apoyar el ataque de incendios forestales utilizando dispositivos móviles” el cual se dividió en cuatro módulos que deben trabajar conjuntamente para alcanzar sus objetivos.

El presente proyecto de tesis “Sistema de Almacenamiento, Recuperación y Traducción de Información Geográfica a Base de Datos Extensional” es precisamente uno de dichos módulos, y su propósito consistió en realizar el análisis de un conjunto de datos espaciales adquirido por los responsables del proyecto y a partir de ahí realizar el diseño e implementación de una Base de Datos Espacial así como una aplicación que ayudara a la rápida consulta de los datos para que los resultados arrojados por dichas consultas pudieran ser traducidas al formato adecuado para una Base de Datos Extensional mediante la definición de una gramática libre de contexto, lo cual se vería reflejado en hechos que servirían para que conjuntamente a los otros módulos del proyecto de origen se puedan tomar decisiones que ayuden a las brigadas de ataque de incendios a realizar su actividad de forma más rápida y segura, ya que la información que se les envíe les orientará previamente sobre la zona de incendio a la que se dirigen.

Personalmente las Bases de Datos y los Compiladores fueron las materias más apasionantes en toda mi carrera, y tener la oportunidad de combinarlas en un proyecto que además forma parte de otro más grande e importante fueron sin duda

las razones que me motivaron para aceptar realizar este proyecto de tesis. Particularmente me resultó de sumo interés la posibilidad de poder llevar los registros de una Base de Datos a hechos conformando una nueva Base de Datos Extensional en la que la información mantiene un formato especial para el cual se definen y describen cada una de las sentencias que forman parte de ella mediante una gramática nueva que se adecua a los requerimientos del sistema al que pertenece este proyecto de tesis.

La tesis se ha estructurado en cinco capítulos, el primero conforma el marco teórico que involucra precisamente todos los aspectos teóricos que sirvieron de respaldo para el desarrollo del proyecto, incluyendo conceptos importantes sobre Bases de Datos, Compiladores, Ingeniería de Software así como algunas tecnologías que han sido aplicadas para la detección y combate a incendios forestales.

El capítulo dos presenta el análisis y la especificación de los requerimientos del sistema, realizando el modelado mediante diagramas de casos de uso y especificando los requerimientos y restricciones del mismo.

En el capítulo tres se realiza el diseño del sistema, el cual se encuentra dividido en tres partes: el diseño de la Base de Datos Espacial, el diseño de la interfaz del sistema y el diseño de una gramática que cumple con todos los requerimientos del sistema al que pertenece este proyecto de tesis para la traducción de la información geográfica a hechos.

En el capítulo cuatro se muestra la implementación del sistema, desde la instalación de las herramientas de software necesarias para la Base de Datos y para la programación del sistema hasta la implementación de la aplicación para realizar consultas y la traducción a hechos de la cual se muestra el diagrama de clases y el diagrama de flujo del sistema.

En el capítulo cinco se realizaron las pruebas a todo el sistema, tanto a la realización de las consultas paso a paso como a la traducción a hechos de los resultados obtenidos para cada consulta, obteniendo tras ello un archivo de tipo texto que contiene dicha traducción en el formato que se definió con la gramática libre de contexto en el tercer capítulo.

Finalmente se incluye en el Cd adjunto a esta tesis el manual de usuario, el manual técnico, el diccionario de datos de la Base de Datos Espacial, el software utilizado para la implantación de la misma en el servidor y para la implementación del sistema, así como el API (del inglés Application Programming Interface) que contiene la documentación de todas las clases que fueron programadas en Java para la aplicación del sistema.

Justificación

Esta tesis es importante debido a que forma parte de un sistema más grande que está enfocado a ayudar y facilitar la forma en la que el personal y las brigadas de la SMRN realizan sus labores en el momento en el que ocurre un incendio forestal. Así, con este sistema se podrán realizar consultas a la Base de Datos Espacial (que contendrá todos los datos importantes de las zonas que vigila el personal de la SMRN por medio de las cámaras de video que poseen), todo esto de la manera más fácil y rápida posible mediante el uso de una aplicación diseñada e implementada utilizando software libre, y evitando así el proceso tan lento de buscar de entre muchas notas y papeles los datos que se requieren en un momento tan importante como lo es cuando ocurre un incendio.

Es necesario que la tecnología se aplique para ayudar a resolver problemas tan comunes pero a la vez tan complejos que no sólo afectan a una zona como es el caso de la ocurrencia de un incendio, sino que nos afectan a todos por igual, ya que estos desastres implican muchas veces no sólo pérdidas económicas, sino incluso pérdidas humanas y ecológicas irreparables.

Antecedentes

Los incendios forestales han tenido gran relevancia en los últimos años debido a que contribuyen de gran manera a la deforestación y sus consecuencias como la erosión de los suelos o el cambio en la estructura y composición de los bosques así como por su participación directa en el incremento de bióxido de carbono en la atmósfera.

Cuando ocurre un incendio son muchos los aspectos que se ven involucrados y muchas las pérdidas que se pueden tener, por ejemplo árboles, flora, fauna, vidas humanas o incluso ecosistemas completos. Los árboles son de gran relevancia en todo ecosistema, ya que éstos son los encargados de limpiar el aire que respiramos mediante sus procesos de fotosíntesis; de filtrar el agua hacia el subsuelo mediante sus raíces alimentando así la tierra y haciendo que ésta sea fértil y contribuyendo a que se mantengan los mantos acuíferos; de albergar gran variedad de fauna y en algunos casos de alimentarnos con su fruto. Si una zona es deforestada, el suelo se hace estéril y la vida casi imposible, ya que todo en la naturaleza necesita un equilibrio para que continúe de forma adecuada, y fenómenos como los incendios no controlados pueden llegar a devastar zonas completas haciendo en muchos casos irreparables los daños al ecosistema.

Se estima que gran cantidad de incendios es provocado por la acción del hombre, y el ser humano debería ser el encargado de cuidar y mantener el equilibrio en nuestro planeta, desgraciadamente se ocupa más por cualquier actividad que poco o nada contribuye con el bienestar común, sino sólo individual y se desarrolla tecnología con otros objetivos mientras debería utilizarse más para resolver y ayudar en este tipo de problemas que no sólo afectan a ciertas zonas, sino a todo el medio ambiente.

Los primeros meses de cada año son en los que se reportan la mayor cantidad de incendios forestales en nuestro país. El aumento de las temperaturas y la escasez de lluvias hacen que nuestros bosques y pastizales puedan prenderse fácilmente. El pasado 2009 miles de hectáreas de bosques fueron devoradas por el fuego, y aun cuando diversas corporaciones hicieron grandes esfuerzos por combatirlo, quedó demostrado que nuestra preparación y organización frente a este tipo de fenómenos,

en ocasiones imprevisibles, resultaron limitadas, y se hizo evidente la falta de vinculación y estrategias entre los organismos encargados de combatir los incendios y la sociedad en su conjunto.

La Comisión Nacional Forestal registró tan sólo durante el primer semestre del año pasado 7700 incendios forestales, donde las entidades que reportan mayor cantidad de incendios son el Estado de México, Distrito Federal, Michoacán, Puebla, Chihuahua, Tlaxcala, Chiapas, Hidalgo, Veracruz y Jalisco. En nuestro país, la SMRN colocó cámaras de video en diferentes zonas de nuestro estado, mismas que son controladas y monitoreadas de forma remota mediante pantallas LCD con el objetivo de detectar posibles incendios forestales, y cuando un incendio es detectado se informa a las brigadas correspondientes encargadas de atacar dicho siniestro de cuál es la zona afectada. Con el objetivo de poder ayudar a estas brigadas a realizar su trabajo de forma más ágil, segura y eficiente, surge la idea por parte de un grupo de profesores investigadores de la Facultad de Ciencias de la Computación, de desarrollar un sistema llamado “Sistema de Inferencia de información sobre la zona de riesgo para la toma de decisión de las brigadas de ataque de incendios” cuyo objetivo principal será enviar información útil a dichas brigadas para su toma de decisiones en el ataque al siniestro y en la definición de un plan de evacuación en caso de ser necesario, mismo que las ayudará proponiendo la mejor ruta posible para evacuar cualquier zona afectada. Dicho sistema fue diseñado en cuatro módulos independientes que interactúan entre sí para realizar sus tareas, de aquí que en particular esta tesis se ocupa de uno de esos módulos al que se denominó “Sistema de Almacenamiento, Recuperación y Traducción de Información Geográfica a Base de Datos Extensional”, el cual debe permitir almacenar y recuperar información geográfica de alguna de las regiones del estado de Puebla que están siendo monitoreadas por el sistema de detección de incendio de la SMRN.

El propósito del sistema propuesto es facilitar la realización de sus tareas a todas las personas que intervienen en el ataque al incendio y en la organización de los planes de evacuación en caso necesario, apoyándolas para lograr que las brigadas sepan por dónde combatir y hacia dónde evacuar a las personas que se encuentren en peligro de la forma más eficiente posible.

Planteamiento del Problema

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Puebla (SMRN) es uno de los organismos encargados de detectar y combatir focos de incendio en diversas zonas boscosas de nuestro estado de la manera más oportuna que les es posible, ya que únicamente cuenta con las cámaras de video, las cuales son constantemente vigiladas por el personal, quienes, en caso de detectar un incendio informan a las brigadas del siniestro y son estas quienes acuden al lugar para detener el avance y extinguir el incendio.

Sin embargo, la SMRN no cuenta con sistema alguno que permita tanto al personal como a las brigadas la realización más eficiente y rápida de su trabajo, y suelen monitorear las áreas dependiendo de la época del año en la que se encuentre basándose únicamente en su experiencia personal, ya que saben cuáles son las zonas en las que se deben enfocar más en cierta temporada. Además, no cuentan con un sistema que permita realizar las consultas sobre las zonas donde se ha detectado algún incendio para que de forma rápida puedan obtener información que les ayude a las brigadas a agilizar el proceso de extinguir el fuego (como por ejemplo, ubicar la fuente de agua más cercana) y/o evacuar la zona por el camino más conveniente en caso de ser necesario, por lo que para llevar a cabo estas tareas es necesario que recurran una serie de registros impresos (que ellos mismos se encargan de llenar a mano) en busca de los datos que necesiten respecto a las zonas donde han ocurrido los incendios y ubican dichas zonas en un mapa impreso, y al mismo tiempo las brigadas encargadas del combate al fuego, no cuentan con mayor información sobre la zona a la que se dirigen, lo que dificulta los planes de evacuación debido a que se desconoce en su mayoría la zona afectada.

Así, en el presente proyecto de tesis se debe resolver el problema mencionado desarrollando una aplicación que le permita al personal de la SMRN conectarse a una Base de Datos Espacial que almacenará los datos geográficos o espaciales de las zonas que vigilan las cámaras de la secretaría, y así poder realizar consultas de forma rápida, mismas que podrán ser traducidas por la misma aplicación a hechos, los cuales se almacenarán en un archivo de texto que podrá ser utilizado por los otros

módulos del sistema al cual pertenece este proyecto de tesis y así en conjunto se podrá inferir información sobre la zona en la que se haya presentado algún incendio y orientar a las brigadas encargadas del combate y extinción del fuego con la información más relevante de la zona a la que se dirigen.

Para tener un conjunto de datos suficiente, los profesores encargados del proyecto realizaron la compra de datos geográficos al Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI) de tres de las zonas ubicadas en el Estado de Puebla que vigila una de las cámaras de la SMRN, para que con todos los datos y capas con las que se cuenta se pueda iniciar el desarrollo, implantación y pruebas de cada uno de los módulos del sistema.

Objetivos

OBJETIVO GENERAL.

Diseño e implementación de una Base de Datos Espacial para una zona de incendio forestal que ayude a la rápida consulta de los datos para la toma de decisiones de las brigadas de ataque de incendios. Además, Diseño e implementación de un traductor de datos espaciales almacenados en una Base de Datos Espacial a el formato adecuado para una Base de Datos Extensional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Obtener los metadatos de las capas de calles, caminos, veredas, poblaciones, fuentes de agua, tipos de suelo y vegetación con los que se cuenta, para a partir de los mismos diseñar una base de datos espacial.
2. Filtrar los datos espaciales relacionados con las capas de interés.
3. Diseñar e implementar una serie de consultas acerca de la información espacial.
4. Definición de una gramática libre de contexto que permita traducir los datos espaciales o geográficos.
5. Diseño e implementación de un traductor de las consultas de datos espaciales a una Base de Datos Extensional (hechos).

Capítulo 1

Marco Teórico.

1.1. Estado del Arte

1.2. Conceptos de Ingeniería de Software

1.3. Conceptos de Bases de Datos

1.4. Conceptos de Compiladores

En este capítulo se desarrolla el marco teórico a partir del cual se realizará el proceso de desarrollo del sistema. En el estado del arte se ejemplifican algunas tecnologías importantes que han sido desarrolladas en nuestro país y el resto del mundo para la detección y combate al fuego y posteriormente se abordan los conceptos más importantes de la teoría sobre Bases de Datos, Compiladores e Ingeniería de Software, mismos que servirán de base para el desarrollo de este proyecto.

1.1 ESTADO DEL ARTE

1.1.1 Incendios Forestales

Un incendio forestal es un fenómeno que en caso de no ser controlado a tiempo puede llegar a terminar con bosques o ecosistemas enteros. Estos fenómenos contribuyen de manera directa en la deforestación y sus consecuencias como la erosión del suelo, el cambio en la estructura, composición y biodiversidad del ecosistema como son árboles, flora o fauna y en algunos casos la pérdida de vidas humanas.

Como seres humanos, obtenemos gran cantidad de materias primas de los bosques, como son la leña, madera, resinas, alimentos silvestres, y plantas medicinales entre otros; sin embargo, existen otros beneficios que son de gran valor para nosotros, como el agua limpia de los ríos y manantiales que nacen o se alimentan de los mantos acuíferos del bosque así como también el aire limpio que podemos respirar. Por todo esto, las áreas forestales constituyen uno de los bienes más importantes con los que podemos contar no sólo en nuestro país, sino en nuestro planeta, y es importante realizar los esfuerzos necesarios para poder conservarlos y detener su deterioro y desaparición, ya que cuando se deforesta alguna zona ya sea por la tala o por incendios naturales o provocados por los seres humanos, las pérdidas que se tienen son muy grandes, ya que al no tener árboles que son de los principales sustentos de estos ecosistemas, el suelo pierde su fertilidad haciendo que la vida ahí sea casi imposible[1].

Se estima que gran cantidad de los incendios que ocurren anualmente son provocados por la acción del hombre, ya sea por turistas que no apagan correctamente sus fogatas o las colillas de cigarros que tiran al suelo o incluso por el calentamiento y combustión (debido a la acción del sol) de los envases y basura que dejan tirada, ya que, en algunos casos los rayos solares actúan como lo hace una lupa bajo el rayo de este astro y, al estar una zona en época de sequía o de poca lluvia, es más fácil y rápido que comience el incendio y se extienda con gran velocidad exterminando todo cuanto esté a su paso, si es que esta situación no se detecta y controla de manera oportuna.

Como seres humanos debemos estar conscientes y hacer conscientes a los que se encuentran a nuestro alrededor sobre los desastres que podemos provocar por nuestra ignorancia o falta de interés en el cuidado de nuestro planeta y sumar esfuerzos no sólo para prevenir estos desastres, sino también para detectarlos y controlarlos de manera rápida desarrollando tecnología que sirva para estos fines.

1.1.2 Causas que provocan un incendio

Los incendios son uno de los principales factores de destrucción de los bosques, y para que se inicie sólo se necesita de material inflamable (como hojarasca seca o envases y basura inflamable), calor (que aumenta en temporadas de sequía y en los meses calurosos), oxígeno y un poco de viento (ya que es un agente que aviva el fuego y lo puede llegar a extender de manera rápida e incontenible).

Muchas son las causas que pueden dar origen a un incendio: las naturales (que provocan cerca del 7% de incendios), como un rayo, una chispa al caer sobre el suelo seco o quizá una simple gota de rocío que puede actuar como una lupa; las humanas accidentales, como la acción imprudente de un turista que no apaga correctamente una fogata (el 8.5% de los incendios) o que tira una colilla de cigarro aún encendida (que produce el 10% de los incendios); y las humanas intencionales, como cuando los ganaderos queman los pastizales con el fin de que la hierba renazca tierna para su ganado, o cuando los agricultores queman los restos de sus anteriores cosechas creyendo que las cenizas sirven de fertilizante, o para crear nuevas tierras de cultivo con la técnica de roza, tumba y quema de zonas arboladas que ha destruido miles de hectáreas de bosques y selvas (cerca del 54% de los incendios tienen este origen), o peor aún, los incendios provocados por las disputas de tierras entre diferentes comunidades (16% de los casos) [10].

1.1.3 Consecuencias de los incendios forestales en nuestro país

En nuestro país se reporta la mayor cantidad de incendios forestales durante los meses calurosos en los que el incremento de la temperatura y la escasez de lluvias hacen que los bosques y pastizales puedan incendiarse con mayor facilidad. En nuestro país existen varias instituciones gubernamentales que colaboran en el

combate a los incendios, como son SEDENA, CORENA, INIFAP, SEMARNAT, SAGAR, CONAGUA, el Cuerpo de Bomberos, Protección Civil, entre otras; también existen diversas asociaciones civiles y organismos no gubernamentales que en caso de emergencia también se movilizan y colaboran para sofocar los incendios. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos que todos realizan, es necesario además hacer buen uso de la tecnología para mejorar la manera en la que se detectan y combaten estos fenómenos, introduciendo elementos de planeación y organización que permitan la correcta aplicación de los recursos y la movilización adecuada de personal capacitado para orientar y encabezar el combate al fuego de la manera más eficaz posible [1].

1.1.4 Aplicaciones y Tecnologías empleadas para detección y combate a incendios forestales en México y en el Mundo.

Frente al cada vez más preocupante problema de la degradación del medio ambiente y de los recursos naturales que son ocasionados por los incendios forestales así como de las numerosas pérdidas materiales y humanas, en muchos países como México, Chile, Canadá, EEUU, Francia, España, y Alemania entre otros, se están aplicando nuevas tecnologías y metodologías orientadas a la prevención, detección oportuna y combate efectivo contra incendios forestales que cada año terminan con millones de hectáreas y cobran un precio muy alto debido a todas las consecuencias biológicas que esto acarrea e incluso llegan a perderse numerosas vidas.

Las tecnologías actuales de teledetección, los sistemas de información geográfica (SIG) y las técnicas modernas de procesamiento de datos permiten un seguimiento en tiempo real del estado de nuestros recursos naturales. La utilización de todas estas herramientas y su vinculación con los sistemas de comunicación disponibles (como son telefonía celular e Internet) garantizan la difusión y transferencia de la información de forma más operativa, eficiente y económica.

A continuación se presentan algunos ejemplos de diversas aplicaciones en otros países en los cuales aplican la tecnología con el fin de detectar oportunamente los incendios forestales:

- En Sudáfrica, la empresa Digital Imaging Systems, ideó, patentó y comercializó en el año 2000 un sistema de cámaras controladas informáticamente que detectan el humo durante el día y el calor durante la noche. Este sistema es llamado Firehawk™, cuyas cámaras giran 360° cada cuatro minutos (y llegan a detectar fuego a una distancia de hasta 20 km en un día despejado) emite alertas tempranas que permiten a los equipos encargados de extinguir el fuego llegar al incendio de manera rápida ya que la detección trata de ser lo más oportuna posible para así evitar que el incendio se haya extendido demasiado para poder controlarlo. Este mismo sistema se ha utilizado en California desde el año 2006 [6].
- En Canadá han establecido un Sistema Espacial de Gestión de Incendios (SFMS) que se encarga de vigilar y predecir el comportamiento de los incendios forestales basándose en las condiciones meteorológicas, vegetación, topografía, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, precipitaciones y gran cantidad de datos reunidos a lo largo de 50 años de investigación por el Servicio Forestal de Canadá. Toda esta información se obtiene de una red de bases de datos y es analizada con modelos de predicción meteorológica para generar predicciones cuantitativas sobre el riesgo de incendio que puede haber en alguna zona así como el comportamiento del fuego, y todas estas predicciones son utilizadas por el personal de Servicios de Extinción para decidir las medidas de prevención o las estrategias a tomar respecto a la extinción [2].
- En España, la compañía Gesmacom ha implementado con éxito un proyecto llamado Versi para la vigilancia, detección y seguimiento de incendios forestales y consiste en un conjunto de cámaras térmicas, cámaras CCTV de altas capacidades, un sistema de geo-referenciación, equipos de comunicaciones, equipos informáticos y software. Este sistema permite detectar incendios bajo condiciones ambientales adversas así como en entornos aislados y alejados de zonas habitadas en las que dicha detección es difícil mediante la simple inspección visual, además de ayudar al combate al incendio proporcionando a sus usuarios un seguimiento termográfico y en tiempo real de los focos de incendio, así como su localización precisa sobre el

mapa cartográfico de la zona, y esto también permite realizar el seguimiento desde el centro de control a las brigadas de extinción para orientar su trabajo.[6]

- En Chile se utiliza un sistema de redes inalámbricas de sensores [7] localizados a nivel del suelo y sotobosque así como imágenes satelitales para el monitoreo de la parte superior del bosque, se integran a un sistema de software y hardware, para la detección de focos de incendio en tiempo real y el monitoreo del estado de combustibles forestales.
- En EEUU, se cuenta con diversos sistemas de sensores remotos para la detección de incendios y el uso de sistemas integrados de observación para el seguimiento de las coberturas y cambios en el uso del suelo.
- Enfocado en la región de América del Norte (Canadá, EEUU y México), existe un Sistema de Información Geográfico que hace uso del servicio de información satelital y permite entre otras cosas la detección de focos de calor utilizando algoritmos desarrollados por la Universidad de Wisconsin, la NASA y la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration que es una agencia federal de los EEUU concentrada en la condición de los océanos y la atmósfera). Sin embargo, se llega a dar el caso en el cual algunos focos de calor no son incendios forestales, sino ruido debido a problemas con los satélites que utilizan [11].

En nuestro país también se cuenta con diversas tecnologías para la prevención, detección y combate de incendios forestales. A continuación se listan algunos ejemplos de esto:

- En Tamaulipas, la Comisión Nacional Forestal utiliza tecnología satelital para detectar la presencia de fuego en zonas forestales con el objetivo de atender de manera más rápida estos siniestros [4].
- En Guadalajara, el Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara desarrollaron un sistema que analiza las condiciones atmosféricas de la zona y permite conocer las posibilidades de que ocurra un incendio

forestal, de ésta manera, mediante una página web, los cuerpos de protección civil pueden prevenir de manera más oportuna este tipo de siniestros [4].

- El Instituto de geografía de la UNAM desarrolló un proyecto denominado “Aplicación y desarrollo de técnicas de percepción remota y SIG para el análisis y monitoreo de los Recursos Naturales”, que se enfoca principalmente en el desarrollo de la vegetación, la temperatura de la superficie terrestre, el riesgo de incendios forestales y la identificación de áreas quemadas [9].
- En Puebla, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SMRN) cuenta con un conjunto de cámaras de vigilancia con el propósito de detectar y combatir rápidamente los incendios forestales. Este sistema de vigilancia fue entregado por el gobierno alemán a la institución mediante la empresa Strehle & Partner Ingenieure (SPI), la cual desarrolló un software que permite detectar el punto exacto donde se localice u ocurra un incendio forestal. Las cámaras pueden rotar 360°, con lo cual se pueden tomar distintas fotografías en tiempo real y realizar un análisis sobre la variación de la tonalidad agrícola, forestal o industrial [8].

1.2 CONCEPTOS DE INGENIERÍA DE SOFTWARE

El software se ha convertido en un elemento clave en la evolución de los sistemas y productos informáticos, y sirve como base para la investigación científica moderna, la resolución de problemas de ingeniería y para ayuda a la toma de decisiones. Sin embargo, para diseñar y construir un software exitosamente es necesario aplicar un enfoque de ingeniería, de manera que el producto final sea de calidad y satisfaga las necesidades de los usuarios, sea fácil de modificar y de utilizar y funcione correctamente todo el tiempo.

El *proceso* de desarrollo de software proporciona la estructura desde la que se puede establecer un detallado plan para el desarrollo del software. Los *métodos* de la Ingeniería de Software indican «cómo» construir técnicamente el software y abarcan tareas como el análisis de requisitos, diseño, construcción de programas, pruebas y

mantenimiento. Las *herramientas* de la Ingeniería de Software proporcionan un enfoque automático o semi-automático para el proceso y para los métodos.

Independientemente del área de aplicación, tamaño o complejidad de un proyecto, el trabajo asociado a la ingeniería del software se puede dividir en tres fases genéricas [35]:

- La fase de *definición*: Se centra sobre el qué. El que desarrolla el software intenta identificar qué información ha de ser procesada, qué función y rendimiento se desea, qué comportamiento del sistema, qué interfaces van a ser establecidas, qué restricciones de diseño existen, y qué criterios de validación se necesitan para definir un sistema correcto. Por tanto, han de identificarse y analizarse los requisitos clave del sistema y del software.
- La fase de *desarrollo*: Se centra en el cómo. Involucra el diseño del software, generación de código y prueba del software. Un ingeniero del software intenta definir cómo han de diseñarse las estructuras de datos, cómo ha de implementarse la función dentro de una arquitectura de software, cómo han de implementarse los detalles procedimentales, cómo han de caracterizarse interfaces, cómo ha de traducirse el diseño en un lenguaje de programación y cómo ha de realizarse la prueba.
- La fase de *mantenimiento*: Se centra en el cambio que va asociado a la corrección de errores, a las adaptaciones requeridas a medida que evoluciona el entorno del software y a cambios debidos a las mejoras producidas por los requisitos cambiantes del cliente. Durante la fase de mantenimiento se encuentran cuatro tipos de cambios: corrección, adaptación, mejora y prevención.

1.2.1 Modelos de Procesos del software

Se llama paradigma de ingeniería del software o modelo de proceso a alguna estrategia de desarrollo de software que involucre al proceso, métodos, herramientas

y las fases genéricas de la ingeniería. Se han propuesto varios modelos de procesos para la ingeniería del software diferentes, cada uno con ventajas e inconvenientes, pero todos tienen una serie de fases genéricas en común [35]:

- Modelo Lineal Secuencial o de Cascada
- Modelo de Construcción de Prototipos
- Modelo de Desarrollo Rápido de aplicaciones (DRA)
- Modelos Evolutivos:
 - Modelo Incremental
 - Modelo Espiral
 - Modelo Espiral WinWin
 - Modelo de Desarrollo Basado en Componentes
 - Modelo de Desarrollo Concurrente
 - Modelo de Métodos Formales
 - Modelo de Técnicas de Cuarta Generación

1.2.2 Modelo Lineal Secuencial o de Cascada

Para desarrollar este proyecto se ha elegido el modelo lineal secuencial o de cascada, ya que por las características del mismo, es al que mejor se puede adaptar. Este modelo se muestra en la figura 1.

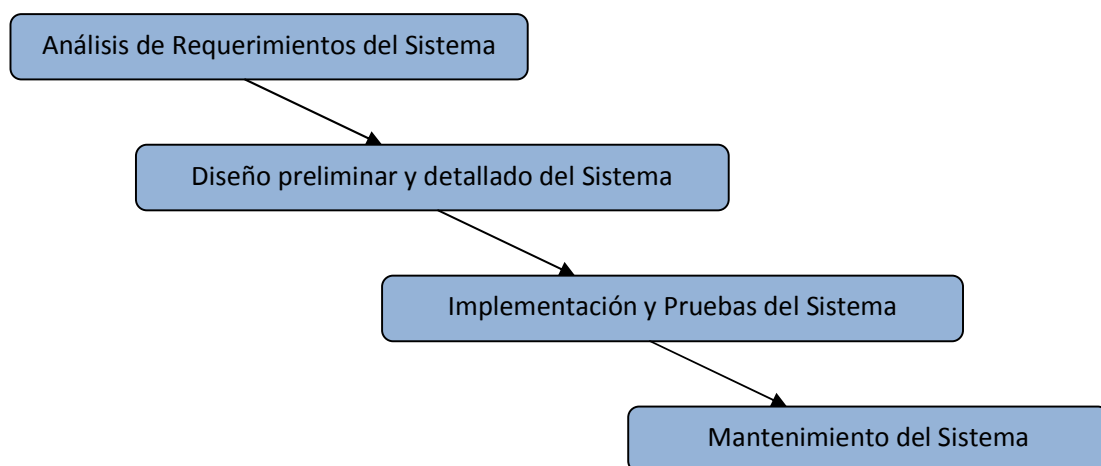


Figura 1. Modelo lineal secuencial o de cascada

1.3 CONCEPTOS DE BASES DE DATOS

Las Bases de Datos desempeñan en la actualidad un papel crucial en casi todas las áreas de aplicación de las computadoras, como son en los negocios, ciencias, industria, ingeniería, medicina, educación, etc., y conforme avanza la tecnología se ha hecho cada vez más necesario el almacenamiento de gran cantidad de datos, siendo éste considerado como parte fundamental de los Sistemas de Información. Para tener una correcta organización del almacenamiento de los datos, es necesario tomar en cuenta que éstos deben ser precisos y consistentes (es decir, cumplir con la integridad), así como tener con una eficiente actualización y recuperación ya que deben estar disponibles en el momento que el usuario requiera utilizarlos.

Los datos se pueden definir como descripciones básicas de cosas, acontecimientos, actividades y transacciones que se pueden registrar, clasificar y almacenar pero no se organizan de acuerdo a algún significado específico ya que éste es únicamente implícito. Los datos pueden ser por ejemplo, numéricos, alfanuméricos, figuras, sonidos e imágenes, sin embargo, para comprender la forma y estructura de los datos se requiere toda la información que describe a los datos mismos, es decir metadatos [12], los cuales, representan un dato definido en cualquier lenguaje y lo llevan a un diccionario de datos. En la Tabla 1 se pueden ver algunos ejemplos de datos.

Dato	Tipo de Dato (Dominio)	Valor
Número	Entero	5
Nombre	Cadena	María
Dirección	Cadena	5 de mayo #1910

Tabla 1. Ejemplos de Datos, tipos de datos y valores que almacenan los datos.

Una Base de Datos es una colección de datos persistentes¹ lógicamente relacionados y con un significado inherente que representan algún aspecto del mundo real, y es

¹ Una vez almacenados en la Base de Datos por el DBMS (Database Management System) posteriormente sólo pueden ser removidos por alguna solicitud explícita al mismo DBMS, y no por ejemplo al finalizar la ejecución de algún programa.

diseñada e implantada junto con diversas aplicaciones para cumplir un propósito específico, ya que está dirigida a un grupo de usuarios interesados en el contenido de dicha base de datos [13].

En ocasiones se describe a las Bases de Datos como una colección autodescriptiva de registros integrados, dicha descripción de los elementos que son de interés se conoce con el nombre de catálogo o diccionario de datos, y es aquí donde se guardan información detallada respecto a los diversos esquemas (externo, conceptual, interno) y sus transformaciones correspondientes (externo/conceptual y conceptual/interno), así como tablas, índices, usuarios, restricciones de integridad y seguridad, etc.[14].

1.3.1 Sistema de Base de Datos

Los Sistemas de Base de Datos son sistemas computarizados que se utilizan para almacenar gran cantidad de datos y actualizarlos sin la necesidad de reescribir los programas y aplicaciones que hagan uso de los mismos (independencia entre los programas y los datos), permitiendo además a sus usuarios la recuperación de la información con base en peticiones.

Un Sistema de Base de Datos se compone de cuatro partes principales [14]:

- Datos
- Usuarios: Diseñadores de bases de datos, Programadores de aplicaciones, Usuarios finales, Administrador de Datos (DA: Data Administrator), Administrador de Base de Datos (DBA: Database Administrator).
- Hardware: todos los dispositivos que se emplean para contener los datos almacenados, así como los procesadores y memoria principal para apoyar la ejecución del software
- Software: el más importante es el Sistema Administrador de Base de Datos (DBMS: Database Management System), además de programas y aplicaciones desarrollados específicamente para hacer uso de la Base de Datos, herramientas de desarrollo de aplicaciones, generadores de informes, entre otros.

1.3.2 Sistema Administrador de Base de Datos

Las bases de datos se pueden crear y mantener con un grupo de programas de aplicación escritos específicamente para esa tarea o bien mediante un Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD; en inglés DBMS: Database Management System) que permite la creación, modificación y actualización de la Base de Datos, así como la recuperación de datos y la generación de reportes [13].

El DBMS se encarga de recibir y manejar todas las solicitudes de acceso a la Base de Datos que vienen generalmente de las aplicaciones de las que hacen uso los usuarios finales, así la función principal del DBMS es ocultar a los usuarios los detalles a nivel de hardware que no necesitan conocer y manejar todas las operaciones del mismo usuario expresadas en términos de un nivel más alto de percepción, haciendo más fácil la interacción entre el usuario y la Base de Datos [14].

1.3.3 Bases de Datos Espaciales o Bases de Datos Geográficas

En muchas aplicaciones es necesario modelar los datos en la dimensión espacial, por ejemplo en el contexto de Diseño Asistido por Computadora, diseño arquitectónico y de ingeniería civil o de la cartografía y los estudios geológicos. En este sentido los modelos de datos actuales son deficientes, y a pesar de los trabajos existentes en este campo, existen grandes diferencias debido a los requerimientos de cada sistema así como los distintos dominios² y las operaciones pertinentes para cada aplicación.

En una Base de Datos Geográfica se almacenan datos de tipo espacial y temporal acerca de fenómenos naturales, características artificiales, límites, propiedades, etc., mismos que se obtienen de fuentes como fotografías satelitales, por lo que la cantidad de datos que se guardan tiende a ser elevada [16]. Estos datos pueden ser discretos (puntos en un espacio n-dimensional o instancias específicas de tiempo) o continuos (líneas, regiones, intervalos de tiempo) y se representan por elementos geométricos

² Algunas aplicaciones requieren el modelado en dos dimensiones y los datos que se almacenan en la Base de Datos son puntos, segmentos de líneas, rectángulos y polígonos; otras aplicaciones requieren el modelado en tres dimensiones y los datos básicos son curvas y superficies definidas por parámetros.

como polígonos (polygons), líneas (lines) o puntos (points) y se definen junto con atributos (datos no espaciales) que describen dichos datos, por ejemplo el nombre de un río o una localidad.

Existen diversas alternativas comerciales y libres para implementar Bases de Datos Espaciales y Sistemas de Información Geográfica, por ejemplo: Oracle Spatial, ArcSDE, IBM DB2 Spatial y PostgreSQL/PostGIS.

1.3.4 Sistemas de Bases de Datos Espaciales

Un Sistema de Base de Datos Espacial es un Sistema de Base de Datos que ofrece soporte para tipos de datos espaciales en su modelo de datos y un lenguaje de consulta, proporcionando seguridad e integridad a los datos, así como indización espacial y algoritmos para realizar consultas espaciales. En la Figura 2 se muestra la arquitectura de un Sistema de Base de Datos Espacial.

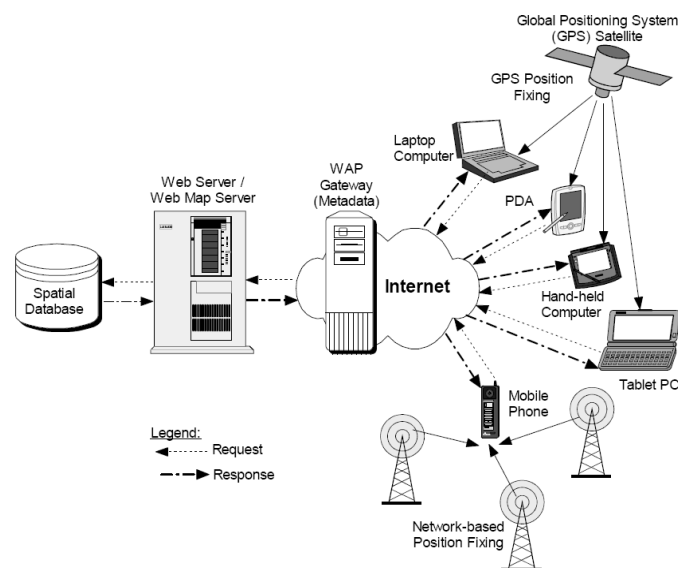


Figura 2. Arquitectura de un Sistema de Bases de Datos Espacial.

Existen dos formas básicas para el almacenamiento y manipulación de Datos espaciales:

- Modelo Vectorial: Esta representación es la más básica y la más utilizada ya que hace uso de coordenadas discretas para representar las características

geográficas en forma de puntos, líneas y polígonos (en la Figura 3 se muestran ejemplos de datos geográficos almacenados en dichas formas).

- Punto: Representa a un punto sobre la superficie terrestre determinado por sus coordenadas, latitud y longitud. Con un punto se pueden representar por ejemplo: localidades, edificios, etc.
- Línea: Se representan por una sucesión de puntos y se pueden representar las carreteras, las líneas de transmisión de energía, los ríos, acueductos, etc.
- Polígono: Se representan por medio de un conjunto de líneas y puntos cerrados para formar una zona definida. Con este tipo se modelan las superficies tales como: mapas de bosques, municipios, áreas de influencia de fenómenos meteorológicos, etc.

La información sobre puntos, líneas y polígonos se almacena como una colección de coordenadas (por ejemplo: latitud, longitud, o coordenadas X,Y), que dependen principalmente del tipo de proyección cartográfica y Datum³ que se este utilizando. Por ejemplo en México el INEGI presenta sus mapas topográficos en una Proyección Cónica Conforme de Lambert (CCL), sistema de coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator), Datum NAD27 e ITRF92, lo que da como resultado obtener coordenadas en metros.

³ Un datum de referencia (modelo matemático) es una superficie constante y conocida utilizada para describir la localización de puntos sobre la tierra. Existen cientos de datums de referencia desarrollados para referenciar puntos en determinadas áreas convenientes para esa área. Los datum más comunes en las diferentes zonas geográficas son: América del Norte: NAD27 (utilizado por el INEGI), NAD83 y WGS84, Brasil: SAD 69/IBGE, España: ED50, desde el 2007 el ETRS89 en toda Europa.

El datum WGS84, que es casi idéntico al NAD83 utilizado en América del Norte, es el único sistema de referencia mundial utilizado hoy en día y es el datum estándar por defecto para coordenadas en los dispositivos GPS comerciales.

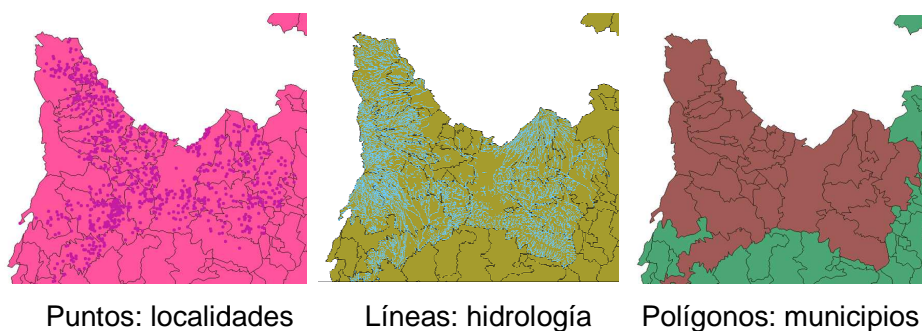


Figura 3. Los puntos son almacenados utilizando sus coordenadas, y las líneas se almacenan como una serie de puntos [28].

En la mayoría de SIG, software CAD y aplicaciones de mapeo se utilizan más los datos vectoriales por ser más rápidos, ya que contienen menor cantidad de datos y se escalan fácilmente, además se pueden exportar a formatos vectoriales tales como archivos shape, DXF, DWG, SVC y ASV.

Esta forma proporciona información que posee una expresión espacial claramente definida, por ejemplo: fuentes de agua, vías de comunicación, infraestructuras, etc.

- Modelo “Raster”: Es semejante a una imagen, en la cual el espacio se divide en una matriz de celdillas o píxeles de igual tamaño y cada pixel tiene asociada una posición geográfica que viene determinada por las coordenadas, elevación, y algún atributo relevante como color o id; la representación de los elementos se realiza señalando la existencia o no de ellos dentro de cada píxel [21] y el tamaño de la celda define el nivel de detalle de la información.

Los datos de este modelo se adquieren por sensores de satélites de alta resolución o sensores transportados por aviones como GeoEye-1, Worldview-2, Worldview-1, QuickBird o Ikonos. La resolución espacial se determina por la resolución del dispositivo que se utilice así como la calidad de la fuente de datos original. Debido a que una imagen raster debe tener píxeles para todas las ubicaciones espaciales, el tamaño del área representada está bastante limitada y cuando la resolución espacial se duplica, el tamaño total de una

imagen raster en 2D se incrementa 400%, ya que el número de píxeles es duplicado en ambas dimensiones X y Y.

Esta forma proporciona información cuya expresión espacial no está claramente definida, por ejemplo: la topografía de un terreno, variables climáticas, masas de vegetación, áreas inundables, etc.

En general, el modelo vectorial produce archivos de tamaño más pequeño que las imágenes raster porque solo se almacenan las coordenadas de los puntos, mientras que estas últimas requieren espacio para cada píxel.

Un mapa está representado por un gran conjunto de información vectorial que se organiza en “Niveles o Capas” las cuales están formadas por geometrías o shapes de un mismo tipo y almacenan tanto la dirección de los archivos fuente como las propiedades de despliegue de la información. Existen diversos formatos de archivos que se utilizan para el almacenamiento de los datos geométricos y sus correspondientes atributos descriptivos:

- Shapefile (*.shp): Almacena las geometrías o shapes que pueden ser: Shape nulo, Punto, Polilínea, Polígono, Multipunto, PuntoZ, PolilíneaZ, PolígonoZ, MultipuntoZ, PuntoM, PolilíneaM, PolígonoM, Multipatch.
- DBase (*.dbf): Almacena los atributos descriptivos.
- Index (*.shx): Archivo de índice. La correspondencia entre los registros de un dbf y un shp es de uno a uno⁴.

Así mismo, los “Metadatos” proporcionan validez y credibilidad a los datos del SIG ya que documentan las distintas capas de información incluyendo información como nombre, descripción, autor, fecha de creación, objetivo, sistema de proyección, fuentes utilizadas, propiedad etc. En la Figura 4 se puede observar una superposición espacial de capas como se realiza en ArcGIS.

⁴ El dbf y el shx deben tener el mismo nombre que tiene el shp para ser reconocidos como parte de él.

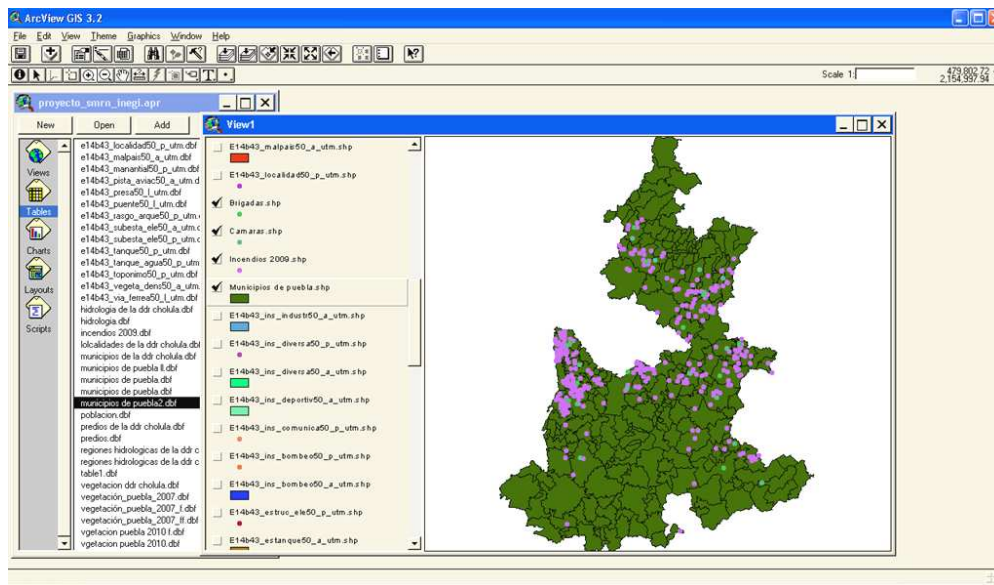


Figura 4. Al sobreponer todas las capas se combina la información espacial con los atributos de cada una para obtener una capa combinada.

Existen distintas formas de análisis espacial (por ejemplo los de contigüidad, proximidad, de superficie, de red y los basados en un mínimo de elementos), las cuales abarcan operaciones relacionales, espaciales y lógicas. Este análisis espacial resulta de utilidad en la evaluación de capacidad, estimación, predicción, interpretación y comprensión de los fenómenos espaciales, ya que además de poder conocer la localización de un objeto espacial y una descripción del mismo a través de sus atributos o características propias, podemos conocer también sus relaciones con los objetos espaciales que se encuentran a su alrededor (Topología). A esta relación de un objeto espacial con otro comúnmente se le llama "Relación espacial", por ejemplo: podemos saber ¿qué fuentes de agua están "cerca de" algún lugar donde ha ocurrido un incendio?, ¿cuáles localidades se encuentran "dentro de" la zona de peligro?, ¿qué tipo de vegetación se encuentra "junto a" la zona de incendio?, ¿qué existe en una ubicación dada?, ¿cuáles son las características del área alrededor de cierta ubicación?, operaciones de límites como ¿qué existe dentro de una región específica?, operaciones lógicas sobre elementos espaciales que responden a ciertas condiciones con base en sus atributos más que en su ubicación, y finalmente, uniones espaciales (comúnmente denominadas "superposición de polígonos"), es decir, ¿dónde se encuentra algo?.

1.3.5 Bases de Datos Extensionales

Una Base de Datos puede ser vista en cualquier momento como un conjunto de relaciones explícitas (o relaciones base) donde cada una contiene un conjunto de tuplas explícitas [14]. Así, una Base de Datos es considerada como una combinación entre una Base de Datos Extensional y una Base de Datos Intencional.

La Base de Datos Extensional es la que contiene los datos que se pueden ver como axiomas base o hechos (que corresponden a los valores en los dominios y a las tuplas en las relaciones base), y la Base de Datos Intencional es la que contiene vistas de la Base de Datos y que se pueden ver como axiomas deductivos y restricciones de integridad o reglas. Así, el significado de la Base de Datos consiste de un conjunto de teoremas que pueden ser deducidos a partir de axiomas, y la ejecución de una consulta llega a ser conceptualmente un proceso de demostración de teoremas.

Los Sistemas de Bases de Datos sirven para manejar los datos y los metadatos, que juntos constituyen conocimientos extensionales o conocimientos incorporados en hechos [14].

1.3.6 PostgreSQL y PostGIS

Postgres se define como un potente Sistema de Bases de Datos Objeto-Relacional por parte de sus realizadores que admite definición y procesamiento de reglas [33], este sistema es software libre y es una alternativa a otros sistemas de bases de datos de código abierto (como MySQL, Firebird y MaxDB), así como sistemas propietarios como Oracle o DB2.

PostgreSQL es una versión de Postgres que utiliza principalmente como lenguaje de consulta a la base de datos SQL. Admite varios lenguajes procedurales como: Java, Perl, Python, Ruby, Tcl, C/C++, así como su lenguaje nativo (PL/PGSQL) que es muy similar al PL/SQL de Oracle.

PostGIS es un módulo que añade soporte de objetos geográficos a la Base de Datos Relacional PostgreSQL para su utilización en SIG, también es software libre (GPL) y ha sido un componente importante para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica y proyectos Open Source con componente espacial. En PostGIS los tipos de Geometrías son: point, linestring, polygon, multipoint, multilinestring, multipolygon, geometrycollection.

Se pueden utilizar expresiones SQL simples para realizar consultas espaciales, es decir, para poder determinar relaciones espaciales y operaciones espaciales como distancia, contigüidad, contenido, área, longitud, intersección, unión y proximidad o buffer.

1.4 CONCEPTOS DE COMPILADORES

Tradicionalmente se concibe un compilador como un programa que traduce un programa fuente de alto nivel a uno de bajo nivel ya sea ensamblador o lenguaje máquina. Sin embargo, hay lugares donde la tecnología de compiladores se aplica, por ejemplo la parte del análisis de un compilador es parecida a los formadores de texto, compiladores de circuitos e intérpretes de consultas como lo es SQL.

Un compilador se puede separar en 6 fases bien definidas, cada una de las cuales va transformando el programa fuente de una representación a otra. En la figura 5 se puede ver cada una de estas etapas.

1.4.1 Análisis Léxico

El análisis léxico o exploración es un análisis lineal que se realiza al código fuente, el cual se lee de izquierda a derecha y se agrupa en componentes léxicos o tokens, que son secuencias de caracteres con un significado específico. Su función principal consiste en leer carácter a carácter la cadena que conforma el programa o código fuente y armar con estos un conjunto de componentes léxicos o tokens para su salida. Las técnicas para construir analizadores léxicos también se pueden aplicar a otras áreas, como a los lenguajes de consulta y sistemas de recuperación de información.

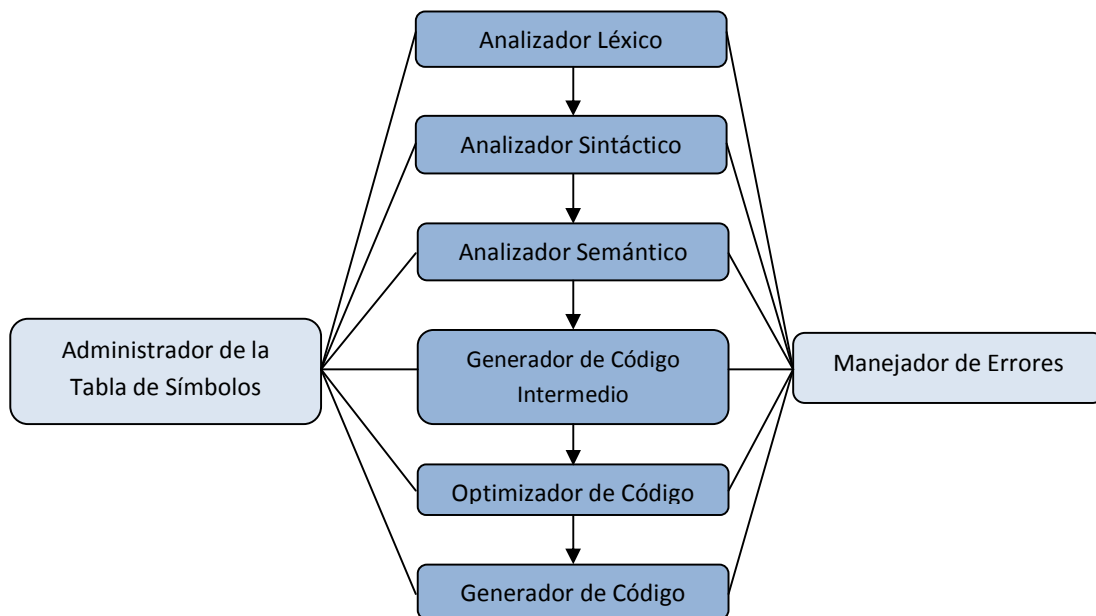


Figura 5. Fases de un compilador

1.4.2 Análisis Sintáctico

El análisis sintáctico es un análisis jerárquico en el que los componentes léxicos que se obtuvieron en la fase anterior se agrupan jerárquicamente como formando un árbol con un significado específico. Para llevar a cabo este análisis es necesario tener una gramática que especifique la sintaxis del lenguaje. Una gramática describe de forma natural la estructura jerárquica de muchas construcciones de los lenguajes de programación y tiene 4 componentes principales:

1. Un conjunto de componentes léxicos denominados símbolos terminales.
2. Un conjunto de no terminales.
3. Un conjunto de producciones.
4. Un símbolo inicial, que es un elemento del conjunto de no terminales.

De las producciones de una gramática se derivan cadenas de componentes léxicos que proceden del símbolo inicial y forman el lenguaje que es aceptado por dicha gramática.

Capítulo 2

Análisis y Especificación de Requerimientos del Sistema.

2.1. Especificación del Ámbito del Sistema

2.2. Modelado del Sistema

2.3. Modelado de Casos de Uso

2.4. Especificación de Requerimientos

2.5. Restricciones del Sistema

El desarrollo de un proyecto de software comienza con la planificación del mismo, en la cual se analiza el trabajo a realizar y los recursos necesarios para su realización. El análisis de requisitos del software puede dividirse en cinco áreas: (1) reconocimiento del problema, (2) evaluación y síntesis, (3) modelado, (4) especificación y (5) revisión. Una vez recopilados los requisitos, estos se agrupan por categorías y se organizan en subconjuntos, se estudia cada requisito en relación con el resto, se examinan los requisitos en su consistencia, completitud y ambigüedad, y se clasifican en base a las necesidades de los usuarios [35].

2.1 ESPECIFICACIÓN DEL ÁMBITO DEL SISTEMA

El “*Sistema de Almacenamiento, Recuperación y Traducción de Información Geográfica a Base de Datos Extensional*” debe tener una interfaz fácil de utilizar que permita realizar consultas a una Base de Datos Espacial y traducir esos resultados a una Base de Datos Extensional (hechos). Se diseñará la Base de Datos Espacial que almacenará datos geográficos referentes al Estado de Puebla como son municipios, hidrología, curvas de nivel, vegetación, localidades, etc.; y a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SMRN) como brigadas, cámaras, etc.

La aplicación se desarrollará utilizando Java como lenguaje de programación y con JDBC (Java DataBase Connectivity, que es el API que permite realizar operaciones con Bases de Datos desde un entorno Java) debe conectarse a la Base de Datos Espacial cuyo DBMS será PostgreSQL que empleando la extensión PostGIS, hará posible el manejo de los datos geográficos y la realización de consultas espaciales.

La interfaz estará formada por dos partes principales: la interfaz de consulta y la interfaz de traducción de los resultados de la consulta a hechos. Respecto a la primera parte, debe presentarse de manera agradable y sencilla al usuario, de forma que realizar consultas a la Base de Datos Espacial resulte lo más fácil y rápido posible. Para la segunda, el software deberá ser capaz de traducir los resultados de las consultas a hechos y se creará un archivo de texto en el cual se guardará dicha traducción, mismo que estará listo para que los otros módulos del sistema del cual este proyecto forma parte puedan utilizarlo para completar sus tareas. Los archivos deberán tener una estructura simple y entendible que estará dada por una gramática libre de contexto.

A continuación se realiza la descomposición de todas las funciones importantes del software:

- Diseño de la Base de Datos Espacial
- Implantación de la Base de Datos Espacial
- Interfaz de consultas a la Base de Datos Espacial
- Implementación de la aplicación de consultas

- Definición de gramática para la traducción
- Interfaz de traducción
- Implementación de la traducción

2.2 Modelado del Sistema

Los modelos se crean para entender mejor aquello que se va a construir, y todos los sistemas basados en computadora pueden modelarse mediante la transformación de la información empleando una arquitectura del tipo entrada-proceso-salida. Para desarrollar el modelo de sistema, se emplea un esquema de modelado del sistema [35], en el cual se asignan elementos a cada una de las cinco regiones de tratamiento del esquema: (1) interfaz de usuario, (2) proceso de entrada, (3) tratamiento y control del sistema, (4) proceso de salida y (5) mantenimiento y autocomprobación.

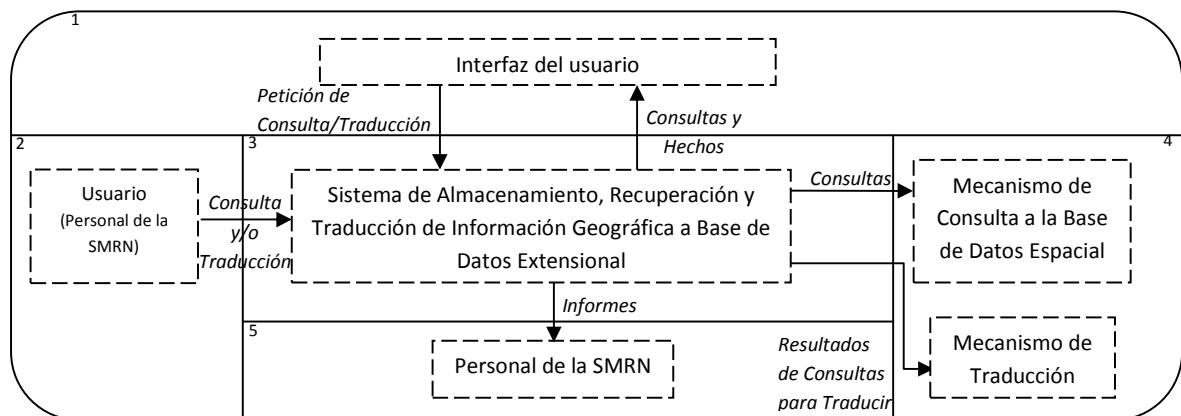


Figura 6. Plantilla del modelo del Sistema de Almacenamiento, Recuperación y Traducción de Información Geográfica a Base de Datos Extensional.

2.3 Modelado de casos de uso

Un modelo se puede ver como una simplificación de la realidad o de un sistema, en este caso, el sistema se modelará utilizando UML (Unified Modeling Language) para crear una representación visual de los casos de uso mediante diagramas a diferentes niveles de abstracción, los cuales nos proporcionan una descripción clara y sin ambigüedades de cómo el usuario final interactúa con el sistema y viceversa. Los

diagramas de casos de uso contienen casos de uso y actores, siendo estos últimos las entidades que interactúan con el sistema. Se puede decir, que en general, un caso de uso es, simplemente, un texto escrito que describe el papel de un actor que interactúa con el acontecer del sistema. En la figura 8 se muestra el diagrama de casos de uso del sistema⁵.

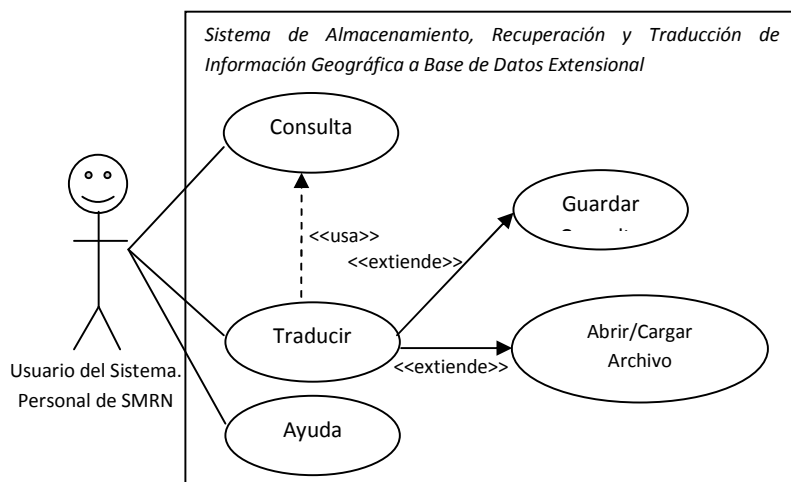


Figura 7. Diagrama de Casos de uso del Sistema de Almacenamiento, Recuperación y Traducción de Información Geográfica a Base de Datos Extensional.

A continuación se describen los casos de uso del diagrama:

Identificador	Consultas
Descripción	El actor requiere realizar consultas a la Base de Datos Espacial y el sistema lo guiará para realizar su consulta.
Actores	Un usuario del sistema, específicamente personal de la SMRN.
Disparador	El usuario abre la aplicación del sistema y da click en la opción de "Nueva Consulta" del menú "Consulta"
Precondiciones	El usuario ha abierto la aplicación, la cual se ha conectado a la Base de Datos Espacial.
Curso de acción principal:	
1	El sistema despliega primero una lista de las tablas de la Base de Datos Espacial.
2	El usuario elige una o más tablas de la Base de Datos Espacial.
3	El sistema muestra los atributos de la(s) tabla(s) seleccionadas por el usuario en una lista y mediante botones ">>" o "<<" puede agregar o quitar atributos a otra lista donde selecciona

⁵ La relación << usa >> se utiliza cuando se tiene una parte del comportamiento común a más de un caso de uso, y no se desea almacenar una copia en cada caso de uso de la descripción de este comportamiento. La relación <<extiende>> se utiliza cuando un caso de uso base tiene ciertos puntos de extensión en los cuales dependiendo de ciertos criterios se va a realizar una interacción adicional; en otras palabras, esta relación describe un comportamiento opcional del sistema.

4	<p>únicamente aquellos atributos que le interesan para realizar su consulta. Una vez seleccionados aquellos atributos que desee, da click en el botón “Siguiente”.</p> <p>El usuario desea realizar una consulta con condiciones (Proyección): El sistema muestra la lista de atributos seleccionados y el usuario da click en uno de ellos.</p>
5	<p>El sistema habilita una serie de opciones de botones “=, <, >, <=, >=, AND, OR, NOT” y el usuario da click en alguno de ellos.</p>
6	<p>El sistema habilita una lista donde se muestran todos los posibles valores que puede elegir para el atributo que previamente seleccionó, y da click en alguno de ellos. En la parte inferior se encuentra un área de texto en la que el usuario ve cómo se van formando las condiciones de su consulta.</p>
7	<p>El usuario termina de formar sus condiciones y da click en el botón “Realizar Consulta”. El usuario puede ver el resultado de la consulta en una tabla y obtener información sobre lo que ha consultado.</p>

Curso de acción alterno

3a	<p>El usuario da click en el botón de “Atrás” y deberá volver a elegir una tabla para realizar su consulta o modificar la lista de atributos que seleccionó.</p>
4a	<p>El usuario desea realizar una consulta sin condiciones (Selección): El usuario da click en el botón “Realizar Consulta”. El usuario puede ver el resultado de la consulta en una tabla y obtener información sobre lo que ha consultado.</p>

Curso de acción excepcional

4b.1	<p>El usuario da click en el botón “Limpiar”, el área de texto donde se formaban las condiciones se limpia y el usuario debe volver a formar dichas condiciones (Proyección) o dar click en el botón “Realizar Consulta” (Selección).</p>
4b.2	<p>El usuario da click en el botón “Atrás” deberá volver a elegir una tabla para realizar su consulta o modificar la lista de atributos que seleccionó.</p>
7b	<p>El servidor o la base de datos se encuentran inaccesibles. Se le indica al usuario que la operación fue insatisfactoria a causa de problemas técnicos, se le insta a intentarlo más tarde.</p>

Postcondiciones	<p>El usuario obtiene una tabla con el resultado de sus consultas a la Base de Datos Especial.</p>
------------------------	--

Cuadro 1. Consultas

Identificador	Guardar Consulta
Descripción	<p>El actor requiere realizar almacenar en un archivo el resultado de la consulta que ha realizado a la Base de Datos Espacial.</p>
Actores	<p>Un usuario del sistema, específicamente personal de la SMRN.</p>

Disparador	El usuario ha realizado una consulta (caso de uso del cuadro 1) y da click en el botón “Traducir”
Precondiciones	El usuario ha abierto la aplicación, la cual se ha conectado a la Base de Datos Espacial.
Curso de acción principal:	
1	El sistema muestra una ventana emergente donde el usuario coloca el nombre que quiere dar al archivo, por default la extensión será .txt ya que el resultado de la consulta realizada se guardará en formato de texto.
2	
3	El usuario da click en “Guardar”
4	El sistema realiza la traducción muestra un mensaje al usuario informando que la consulta ha sido guardada exitosamente.
Curso de acción alterno	
3a	El usuario da click en el botón de “Cancelar”.
Postcondiciones	El usuario obtiene un archivo de tipo texto en el que el resultado de sus consultas a la Base de Datos Especial ha sido guardado.

Cuadro 2. Guardar Consulta

Identificador	Traducir
Descripción	El actor requiere la traducción de ciertos datos geográficos a una Base de Datos Extensional (hechos).
Actores	Un usuario del sistema, específicamente personal de la SMRN.
Disparador	El usuario da click en la opción “Traducir” del menú “Traducción”.
Precondiciones	El usuario ha abierto la aplicación, la cual se ha conectado a la Base de Datos Espacial y ha realizado al menos una nueva consulta (caso de uso del cuadro 1)
Curso de acción principal:	
1	El sistema verifica que al menos se haya realizado una consulta.
2	
3	El sistema realiza la traducción a hechos de los resultados de la consulta.
4	El sistema muestra una ventana emergente donde el usuario coloca el nombre que quiere dar al archivo, por default la extensión será .txt ya que la traducción de la consulta realizada se guardará en formato de texto.
5	El usuario coloca el nombre y da click en “Guardar”. El sistema almacena los hechos en un archivo de texto con el nombre que ha dado el usuario y muestra al usuario los hechos que se han obtenido de la traducción.
Curso de acción alterno	
1a	El sistema informa al usuario que para realizar la traducción primero debe realizar una consulta (caso de uso del cuadro 1).
4a	El usuario da click en “Cancelar” y no se realiza ni se almacena la traducción.

Postcondiciones	Se ha obtenido un archivo de texto que contiene la traducción de la consulta del usuario en forma de hechos.
------------------------	--

Cuadro 3. Traducir

Identificador	Abrir/Cargar Archivo
Descripción	El actor requiere abrir un archivo para visualizar la traducción de alguna consulta realizada a la Base de Datos Extensional (hechos).
Actores	Un usuario del sistema, específicamente personal de la SMRN.
Disparador	El usuario da click en la opción "Abrir/Cargar Archivo" del menú "Traducción".
Precondiciones	El usuario ha abierto la aplicación.
Curso de acción principal:	
1	El sistema muestra una ventana emergente donde el usuario seleccionará el archivo *.txt que contiene la traducción que desea visualizar.
2	El usuario selecciona el archivo y da click en "Abrir".
3	El sistema abre el archivo realiza el análisis del mismo *.txt para verificar que se trata de un archivo que almacena la traducción de una consulta.
4	
5	El sistema abre el archivo y lo muestra al usuario.
Curso de acción alterno	
2a	El usuario da click en "Cancelar" y no se abre ningún archivo.
3a	El sistema informa mediante una ventana emergente que el archivo no contiene la traducción de alguna consulta, o que dicha traducción contiene errores y por lo tanto no puede abrirse.
Postcondiciones	El usuario puede visualizar el archivo de texto de la traducción de alguna consulta.

Cuadro 4. Abrir/Cargar Archivo

Identificador	Ayuda
Descripción	Proporciona información que ayude al usuario a utilizar la aplicación.
Actores	Un usuario del sistema.
Disparador	El usuario da click en la opción "Abrir/Cargar Archivo" del menú "Traducción".
Precondiciones	El usuario ha abierto la aplicación.
Curso de acción principal:	
1	El usuario inicia el caso de uso desde la ventana principal de la aplicación dando click en la opción "Contenido" del menú "Ayuda".
	El sistema muestra una guía para realizar consultas, traducir consultas y cargar archivos de solicitud de hechos.

Curso de acción alterno	No existe curso de acción alterno.
Postcondiciones	No existen postcondiciones para este caso de uso.

Cuadro 6. Ayuda

2.4 Especificación de Requerimientos

La Especificación del Sistema es el producto final sobre los requisitos del sistema obtenido. A continuación se describen los requerimientos de software y hardware así como los requerimientos funcionales, de desempeño y de diseño.

2.4.1. Requerimientos de la Interfaz de usuario

Permitirá al usuario realizar consultas de forma fácil y rápida, así como la traducción de dichas consultas a hechos, los cuales podrán ser interpretados a su vez por los otros sistemas externos que han solicitado la información; todo esto de forma sencilla y guiando al usuario en el proceso.

2.4.2. Requerimientos de software

La aplicación del sistema se desarrollará utilizando Netbeans IDE 6.8, y JDK 6 o posterior para Windows XP; la Base de Datos Espacial estará soportada y será administrada por PostgreSQL y PostGIS; y el sistema operativo en el que se ejecutará la aplicación es Windows XP, ya que todos los equipos de la SMRN cuentan con este sistema instalado.

2.4.3. Requerimientos de hardware

Para que la aplicación del sistema se pueda ejecutar adecuadamente se necesita un equipo de cómputo que cumpla mínimamente con las siguientes especificaciones:

- Procesador Pentium 4 1.8Ghz
- Disco Duro 2Gb disponibles
- Memoria RAM (mayor a 256Kb preferentemente).
- Sistema operativo Windows XP

El usuario podrá hacer uso de la aplicación desde cualquier equipo en el que se encuentre la misma, si la Base de Datos se encuentra localmente no se requerirán más cosas. Sin embargo, si el usuario se encontrara en un equipo distinto, se necesitaría una conexión a Internet o a la Red local que le permita a la aplicación conectarse con la Base de Datos Espacial ya que se necesitarán la dirección IP del servidor donde se encuentra implantada la Base de Datos.

2.4.4. Requerimientos funcionales

R1. El sistema se comunica con el DBMS que gestiona una Base de Datos Espacial para realizar consultas de forma rápida y poder traducir dichas consultas a hechos

Asistente para Consultas

Permitirá realizar consultas a la Base de Datos Espacial.

Requerimientos

Rq.1 Deberá permitir realizar consultas sobre los datos geográficos de las tablas que pertenecen a la Base de Datos Espacial.

Rq.2 Deberá guiar al usuario en el proceso de consulta mediante la selección rápida de los parámetros de la misma.

Traductor de Consultas a Hechos

Permitirá realizar la traducción de los resultados de las consultas en una Base de Datos Extensional (Hechos).

Requerimientos

Rq.1 Deberá traducir los resultados de las consultas en hechos mediante una gramática definida capaz de ser entendida por los módulos externos del sistema del cual este proyecto forma parte.

Rq.2 Deberá escribir línea a línea los hechos obtenidos después de su traducción en un archivo de texto, el cual a su vez, podrá ser interpretado y utilizado por los sistemas externos que requieran dicha Base de Datos Extensional.

2.4.5. Requerimientos de desempeño

Para un óptimo desempeño de la aplicación el usuario deberá cubrir con los requerimientos mínimos de hardware, para que de esta manera no tenga problemas con los procesos de consulta y traducción, por lo que algunas limitaciones de hardware (como poca memoria RAM en el equipo del usuario) podrán afectar la apreciación de todos los elementos que lo conforman o incluso pueden afectar el tiempo de procesamiento de las consultas.

2.5 Restricciones del sistema

Se deben tomar en cuenta diversos aspectos a la hora de diseñar tanto la base de datos como la aplicación, ya que el primero debe contemplar todas las capas que son relevantes para el sistema; para el segundo, se debe realizar una aplicación con un diseño sobrio pero a la vez atractivo al usuario y fácil de utilizar.

Capítulo 3

Diseño del Sistema.

3.1. Análisis y Diseño de la Base de Datos Espacial

3.2. Diseño del Sistema de Almacenamiento

3.3. Diseño de la Interfaz

3.4. Diseño de la Traducción de Información Geográfica a Base de Datos Extensional

Para realizar el diseño de la Base de Datos Espacial, es necesario analizar los datos con los que se cuenta, y posteriormente realizar el diseño conceptual, lógico y físico de la Base de Datos. En este capítulo se realiza todo este proceso, así como también el diseño de todo el sistema, tanto en la parte de la aplicación de las consultas como en la traducción de los resultados a hechos, para lo cual se realiza y explica el diseño de una gramática que cumpla con todos los requerimientos del sistema al que pertenece este proyecto de tesis.

3.1 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA BASE DE DATOS ESPACIAL

El conjunto de datos que se tienen provienen de la SMRN, quienes han proporcionado datos geográficos de las brigadas, cámaras, curvas de nivel, municipios, localidades y distritos de desarrollo rural (DDR) del estado de Puebla; y del INEGI se tiene mayor cantidad de datos geográficos, como caminos, calles, puentes, fuentes de agua, vegetación, curvas de nivel, linderos. Para la realización de las pruebas del sistema al que pertenece este proyecto se eligió la cámara que se encuentra ubicada en la zona de Flor del Bosque, misma que vigila también otras zonas como Atlixco, Huejotzingo y Flor del Bosque; los datos que fueron adquiridos en el INEGI pertenecen a estas 3 zonas geográficas, las cuales cuentan con casi el mismo número de capas.

Los niveles o capas que se tienen se listan a continuación:

Brigadas	Caseta de Peaje	Localidad
Cámaras	Cementerio	Malpais
Carreteras_Puebla	Conducto	Manantial
Coordinaciones Regionales	Corriente de Agua	Pista_Aviación
Curvas de Nivel_250	Corriente de	Presa
Curvas_de_Nivel_DDR	Cuerpo de Agua	Puente
_Cholula_250	Curva de nivel	Rasgo_Arqueológico
DDR Cholula	Edificación	Subestación_Elétrica
Acueducto	Estanque	Tanque
Área de Cultivo	Estructura Elevada	Tanque_agua
Área Urbana	Instalación Bombeo	Topónimo
Área Verde	Instalación Comunicación	Vegetación_densa
Banco_Material	Instalación deportiva	Vía_férrea
Bordo	Instalación diversa	Hidrología
Calle	Instalación industrial	Población
Camino	Lindero	Predios
Canal	Linea_comunicación	Vegetación_densa
Carretera	Linea_transporte	

De la anterior lista de capas, cabe resaltar que se tienen datos a escalas diferentes, es decir, los datos del INEGI tienen escala 1:50 000, y los datos de la SMRN tienen escala 1:250 000, por lo tanto la exactitud de estos datos se puede notar fácilmente utilizando ArcVIEW como se muestra en la figura 8. Sin embargo, se ha llegado a la conclusión de que todas las capas útiles sean implantadas en la Base de Datos Espacial, ya que para los fines de este proyecto lo que se requiere es tener un

conjunto suficiente y lo más completo posible de datos, ya que se realizarán consultas y la escala de visualización no tiene repercusión alguna para el cumplimiento de los objetivos.

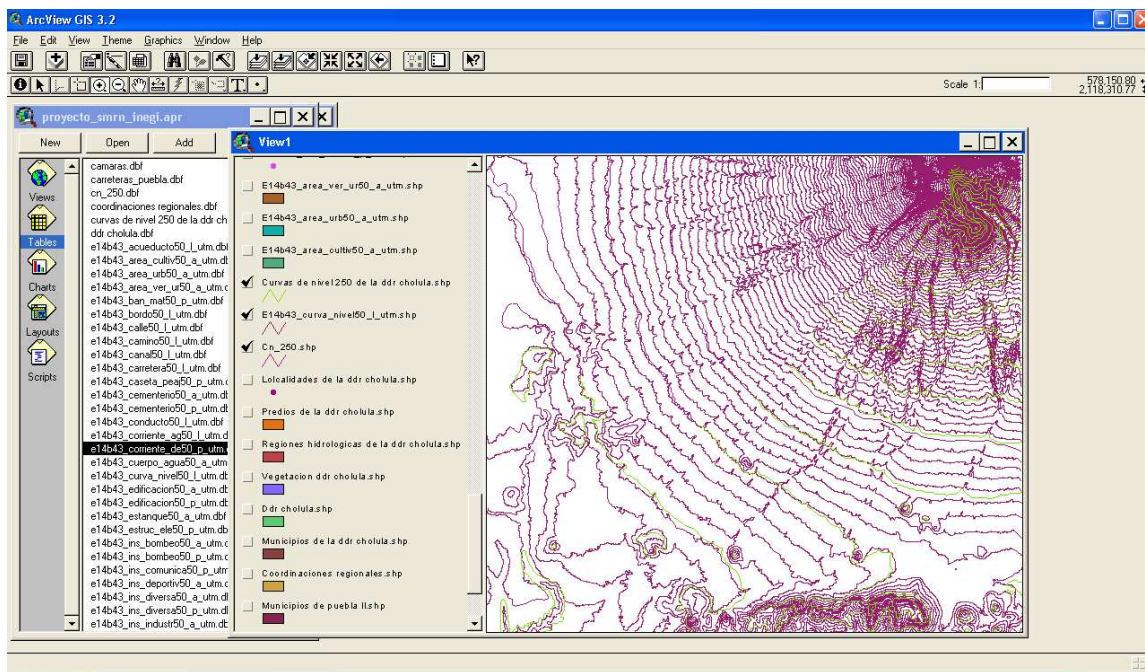


Figura 8. Visualización de las capas en ArcView GIS3.2; se pueden notar las capas de curvas de nivel del INEGI (morado) tienen mucha mayor exactitud que las de la SMRN (verde), ya que la escala a la que se encuentran los datos del INEGI tiene un mayor grado de detalle.

Al ser este sistema un prototipo, se trabajará por el momento únicamente con las capas de la zona que vigila la cámara de Flor del Bosque (Atlixco y Huejotzingo), pero la Base de Datos Espacial contendrá al conjunto completo de capas como se mencionó anteriormente.

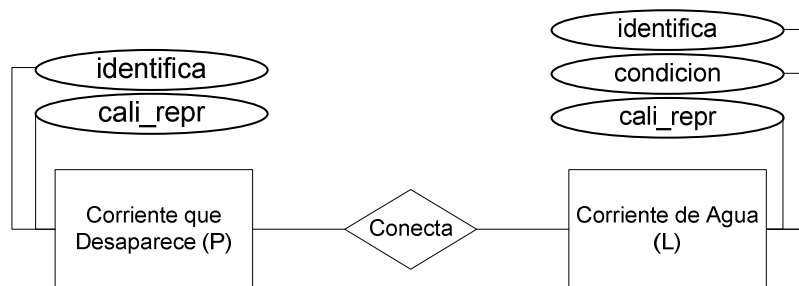
3.1.1 Diseño conceptual de la Base de Datos Espacial

El modelo conceptual para una base de datos espacial se refiere a la forma como están caracterizados los elementos del mundo real cuando se almacenan en la base de datos. En este modelo se encuentra una descripción detallada de cada una de las entidades, el diseño de las tablas y los niveles de información gráfica, con sus

atributos, identificadores, relaciones, y geometría (punto, línea o polígono); que constituyen la base de datos espacial. Existen varios diagramas para representar el modelo conceptual como el E-R o UML.

Cada una de las capas se puede ver como una entidad, y la figura 9 muestra el diagrama E-R de la Base de Datos Espacial para las entidades “Acueducto” y “Corriente que desaparece” (las demás entidades se pueden encontrar en el Anexo al final de esta tesis). Cabe resaltar que las relaciones que mantienen las entidades entre sí no son explícitas como lo son para una Base de Datos Relacional, ya que al tratarse de capas y datos geográficos estas relaciones vienen implícitas en el campo geométrico y pueden ser la relación conecta y la relación comparte; y son el DBMS PostgreSQL y la extensión PostGIS quienes hacen posible la realización de consultas espaciales sobre esos datos. En la página web del INEGI se descargó el diccionario de datos topográficos de la escala 1:50 000 que corresponden a los datos que fueron adquiridos, y a través de los datos que se obtuvieron en el mismo, fue posible la realización de los siguiente diagramas E-R para cada una de las capas con las respectivas relaciones conecta o comparte que mantienen entre sí.

Algunas entidades vienen en capas separadas con casi el mismo nombre debido a que se representan mediante distintos tipos geométricos, por ejemplo, existe la capa canal pero el tipo geográfico que utiliza es un punto, pero también existen las capas canal con el tipo línea, y canal con el tipo polígono (ya que se trata de superficie o área).



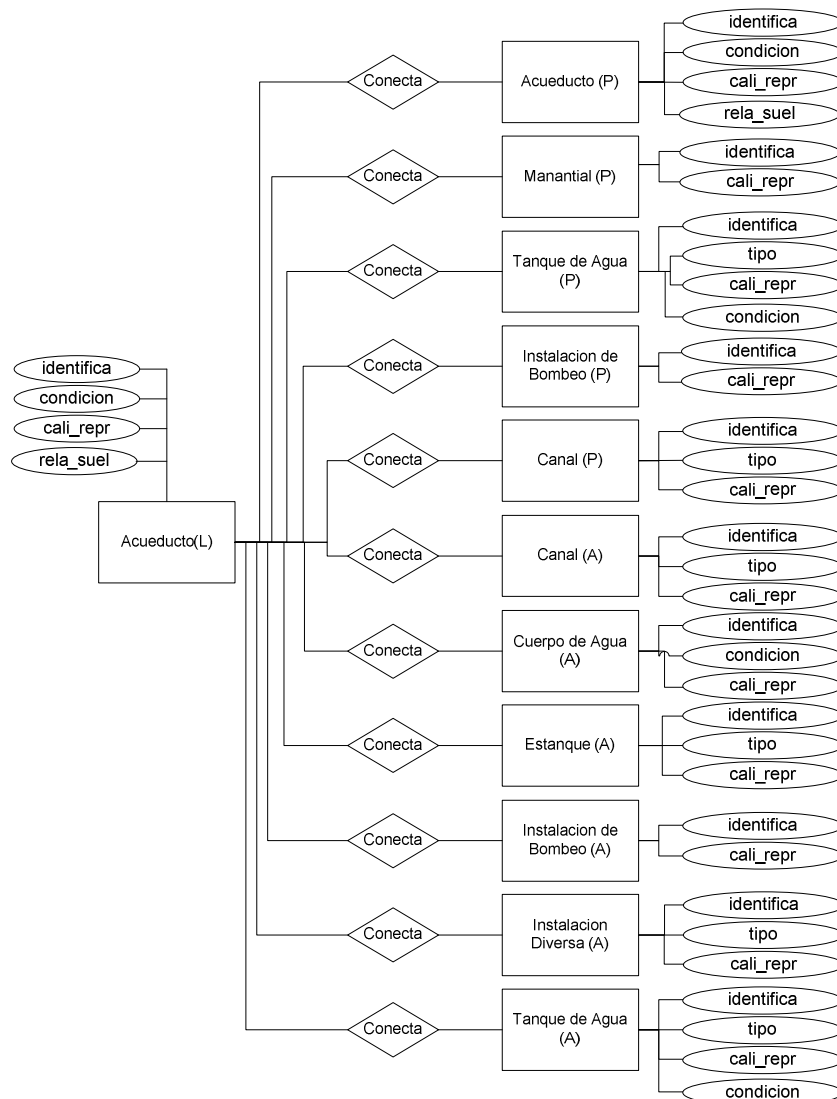


Figura 9. Diagrama E-R para la Base de Datos Espacial. Cada una de las entidades se verá como una capa de la Base de Datos, el diseño en sí se presenta de forma simple, ya que no existen otras relaciones o vínculos explícitos, debido a que esta relación entre entidades en más bien interna y viene dada por el tipo de dato geométrico que se esté utilizando, siendo mediante éste último la forma en la que el DBMS puede saber, por ejemplo qué ríos están cerca de alguna localidad.

3.1.2 Diseño lógico de la Base de Datos Espacial

Del diagrama E-R de la sección anterior, cada una de las entidades se materializa en una tabla de la siguiente manera:

ACUEDUCTO(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR, RELA_SUEL)
 AREA_URBANA(#IDENTIFICA, CALI_REPR)
 AREA_VERDE_URBANA(#IDENTIFICA, CALI_REPR)
 AREA_CULTIVO(#IDENTIFICA, CALI_REPR)
 BRIGADA(#NO_DE_BRI, NOMBRE_DE_, MUNICIPIO, X, Y)
 CARRETERA(#IDENTIFICA, NUMERO, ADMINISTRA, CONDICION, DERE_TRAN, TIPO, NUM_CARR, CALI_REPR, JURISDICCI)
 CALLE(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR)
 CAMARA(#NO_, NOMBRE, LONG_G, LONG_M, LONG_S, LAT_G, LAT_M, LAT_S, X, Y, UBICACIÓN, DOMICILIO)
 CAMINO(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR)
 CANAL(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR)
 CONDUCTO(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR, NUMERO, RELA_SUEL)
 CORRIENTE_AGUA(#IDENTIFICA, CALI_REPR, CONDICION)
 CORRIENTE_DESAPARECE(#IDENTIFICA, CALI_REPR)
 CUERPO_AGUA(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR)
 BORDO(#IDENTIFICA,, CALI_REPR)
 EDIFICACION(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR)
 ESTANQUE(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR)
 INST_BOMBEO(#IDENTIFICA, CALI_REPR)
 INST_COMUNICACION(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR)
 INST_DEPORTIVA_RECREATIVA(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR)
 INST_DIVERSAS(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR)
 INST_INDUSTRIAL(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR)
 LINDERO(#IDENTIFICA, CALI_REPR)
 LINEA_COMUNICACIÓN(#IDENTIFICA, CONDICION, TIPO, CALI_REPR, RELA_SUEL)
 LINEA_TRANSMISIÓN(#IDENTIFICA, CONDICION, TIPO, CALI_REPR)
 LINEA_TRANSPORTE(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR, CONDICION)
 LOCALIDAD(#IDENTIFICA, CVE_LOCAL, CVE_MUN, CVE_EDO, CLASE, NOMBRE, NOMBRE_REG, POBLACION, TERMINO_GE, CALI_REPR, CONDICION, SITUACION_FIS, LOC_CONURB, MUN_CONURB, EDO_CONURB, VALIDA_NOM, CATEGORIA, ELEVACION, LATITUD, LONGITUD, X_UTM, Y_UTM, X_CCL, Y_CCL)
 TOPONIMO(#IDENTIFICA, NOMBRE, NOMBRE_REG, TERMINO_GE, CALI_REPR, CLASE, LATITUD, LONGITUD, X_UTM, Y_UTM, X_CCL, Y_CCL)
 MALPAIS(#IDENTIFICA, CALI_REPR)
 MANANTIAL(#IDENTIFICA, CALI_REPR)
 PUENTE(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR, CONDICION)
 PRESA(#IDENTIFICA, CONDICION)
 RASGO_ARQUEOLOGICO(#IDENTIFICA, CALI_REPR, CONDICION)
 SUBESTACION_ELECTRICA(#IDENTIFICA, CALI_REPR, CONDICION)
 TANQUE(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR)
 TANQUE_AGUA(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR, CONDICION)
 VEGETACION_DENSA(#IDENTIFICA, CALI_REPR)
 VIA_FERREA(#IDENTIFICA, TIPO, CALI_REPR, CONDICION)

En las siguientes tablas se muestra como ejemplo el modelo lógico de una de las entidades de la Base de Datos Espacial basado en el diagrama E-R del modelo conceptual (Las demás entidades se pueden encontrar en el diccionario de datos que se encuentra en el Cd anexo a esta tesis).

<i>Nombre De la Entidad: Carretera</i>		<i>Nombre de la Tabla: Carretera</i>		
#IDENTIFICA	NUMERO	ADMINISTRA	CONDICION	DERE_TRAN
Clave Primaria				
INT	INT/STRING	STRING	STRING	STRING
6	3/7	12	12	5

TIPO	NUM_CARR	CALI_REPR	JURISDICCI
STRING	STRING	STRING	STRING
11	15	8	5

Caracterización de la entidad Carretera

ATRIBUTOS	DESCRIPCIÓN DE ATRIBUTOS
1 #IDENTIFICA	Código de identificación de la carretera
2 NUMERO	Número de carretera (Puede tener o no)
3 ADMINISTRA	Tipo de administración de la carretera: Federal, Estatal, Concesionada, N/A
4 CONDICION	Condición de uso actual de la carretera: En operación.
5 DERE_TRAN	Derecho de Tránsito de la Carretera: Libre, Cuota, N/A
6 TIPO	Tipo de Carretera: Pavimentada, Terracería
7 NUM_CARR	Número de carriles de la carretera: Un carril, Dos carriles, Tres carriles, Cuatro carriles, Seis carriles.
8 CALI_REPR	Definida
9 JURISDICCI	Lugar o Estado de jurisdicción de la carretera: Pue., Tlax., Fed., N/A

Tabla 2. Modelo lógico para la entidad Carretera

3.1.3 Modelo físico de la Base de Datos Espacial

El modelo físico corresponde a la implantación de la Base de Datos en un equipo de cómputo, el cual soportará al DBMS (PostgreSQL), así como a la implementación del programa o software que hará uso de la Base de Datos Espacial. Así mismo el modelo físico de la Base de Datos incluye todo tipo de archivos que proporcionen información espacial relacionada con la Base de Datos, tales como imágenes (fotográficas, de satélite, aerofotografías, etc.), el diccionario de datos y los metadatos de cada entidad que conforme la Base de Datos Espacial. Para este proyecto no se hace uso de las imágenes (ortofotos) que se adquirieron en el INEGI, ya que tanto el modelado como la visualización de las mismas corresponden a los otros módulos o sistemas que complementan a este proyecto. En la figura 10 se puede ver un esquema general del modelo físico para la Base de Datos Espacial, así como un diseño general para la interfaz del sistema.

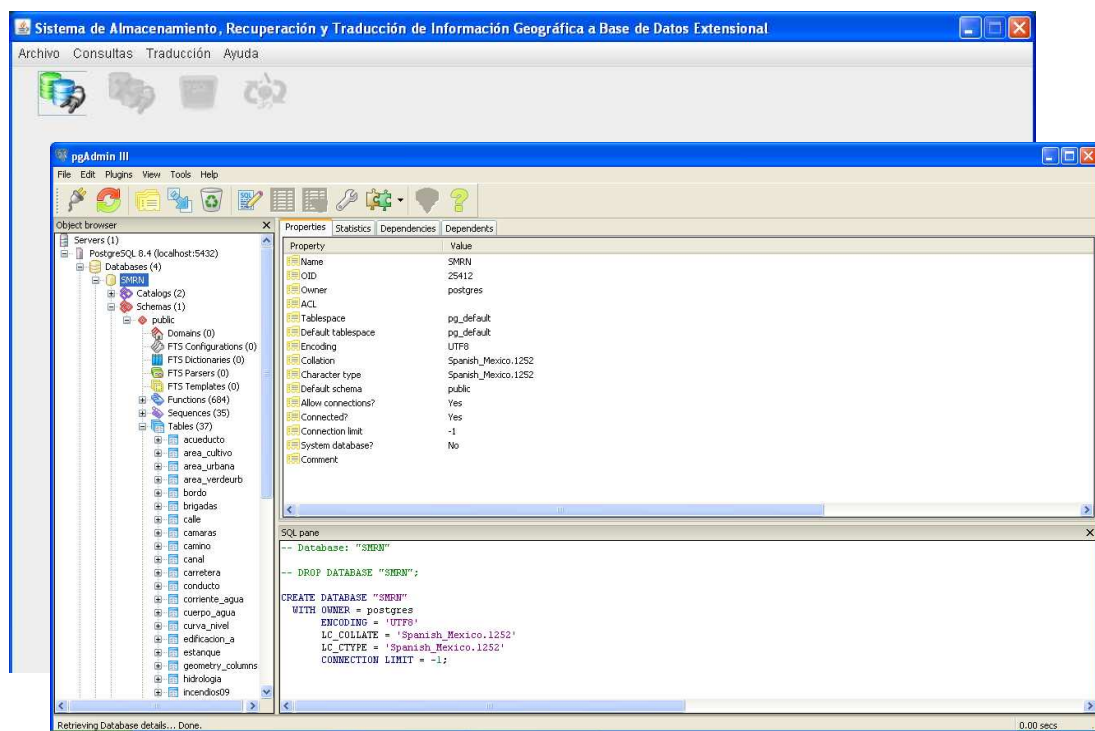


Figura 10. Diseño general de la interfaz de la aplicación e Implantación física del “Sistema de Almacenamiento, Recuperación y Traducción de Información Geográfica a Base de Datos Extensional” utilizando PostgreSQL y PostGIS.

3.1.4 Diccionario de Datos

Los software de gestión de bases de datos convencionales y de bases de datos espaciales, tienen la funcionalidad de generar el diccionario de datos en forma automática, el cual contiene la denominación técnica de las entidades, su definición, geometría, criterio de registro, fuente de los datos, atributos, dominio (posibles valores del campo), relaciones y restricciones, entre otros. Haciendo uso de esta funcionalidad de PostgreSQL, una vez implantada la Base de Datos Espacial se obtiene el diccionario de datos para cada tabla (El diccionario se puede encontrar en el Cd anexo a esta tesis).

3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

En la figura 10 de la sección anterior se puede ver el diseño físico general del sistema. El esquema que se muestra en la figura 11 muestra de forma general la forma de almacenamiento y la salida del sistema.

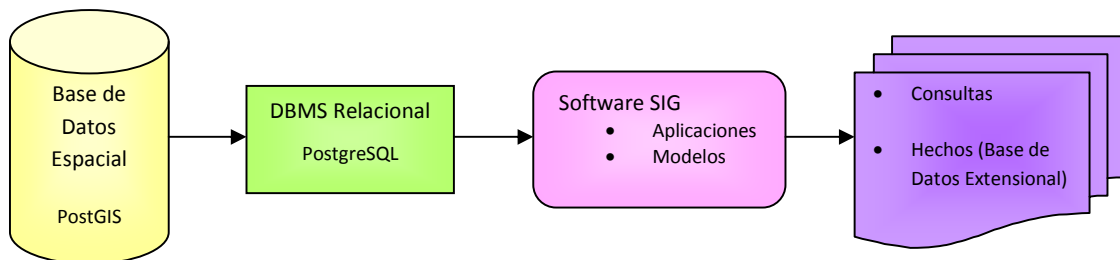


Figura 11. Para este sistema se hará uso de PostgreSQL como DBMS y la extensión PostGIS para el manejo de datos geográficos, en la parte de software se encuentra la aplicación que se desarrollará en Java y que permitirá realizar tanto la consulta como la traducción a hechos de los resultados.

3.3 DISEÑO DE LA INTERFAZ

En las siguientes figuras se muestra una representación esquemática de la interfaz de la aplicación por medio de elementos básicos. En la figura 12 se muestran los elementos que ejemplifican cada parte que conformará las interfaces.

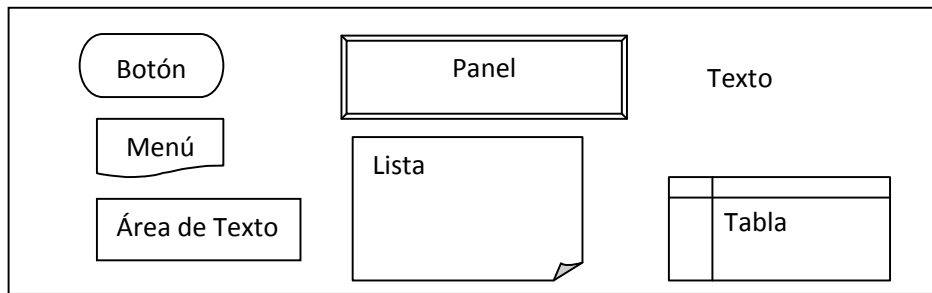


Figura 12. Elementos de las interfaces.

Pantalla Principal

Esta pantalla es el centro de la aplicación y será donde se muestren las demás pantallas de la interfaz para realizar consultas o traducciones. Se muestra en la parte superior la barra de Menús, y en el centro un panel donde se mostrará

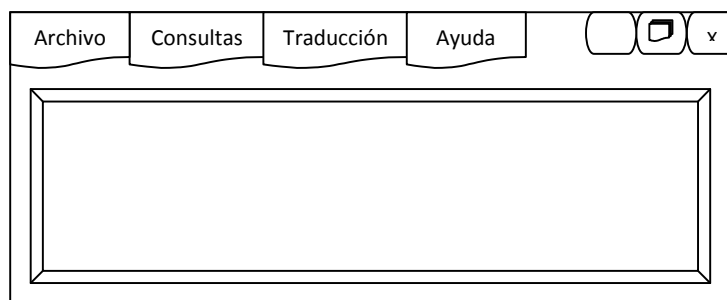


Figura 13. Pantalla Principal.

Pantalla de Consulta Normal

Muestra la forma en la que el usuario realizará las consultas mediante la selección de diversas opciones (Listas, casillas de verificación, selección de ítems, etc.) con las cuales se irá conformando la consulta con o sin condiciones especiales y en la parte posterior el botón "Realizar Consulta".

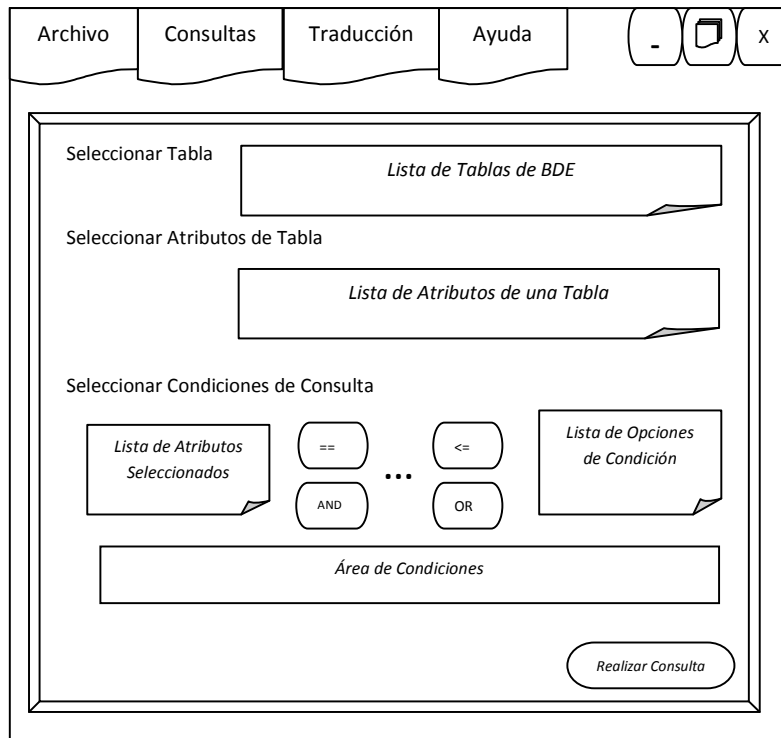


Figura 14. Pantalla de Consultas.

Pantalla de Resultados de Consulta

Muestra un panel principal con los resultados de la consulta en forma de tablas.

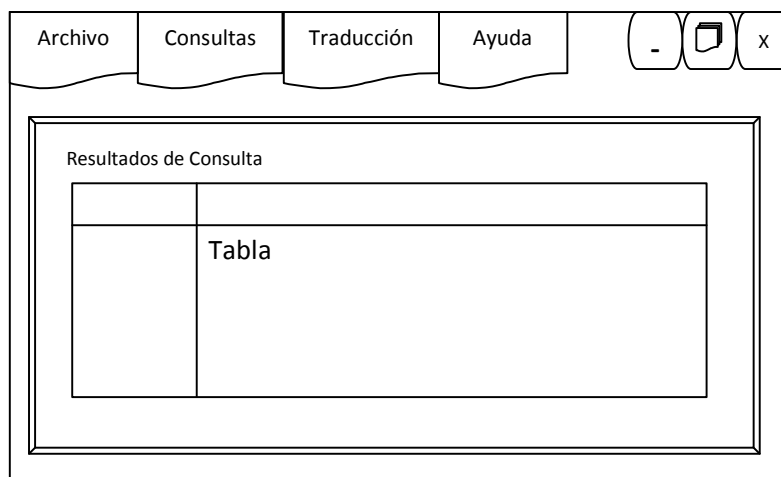


Figura 15. Pantalla de Resultados de Consulta.

Pantalla de Traducción

Muestra un panel principal donde se visualiza el archivo que contiene la traducción de la consulta especificada, y en la parte posterior un área de texto en la que se informa al usuario los resultados del proceso de análisis (léxico, sintáctico y semántico) y traducción de la consulta a hechos.

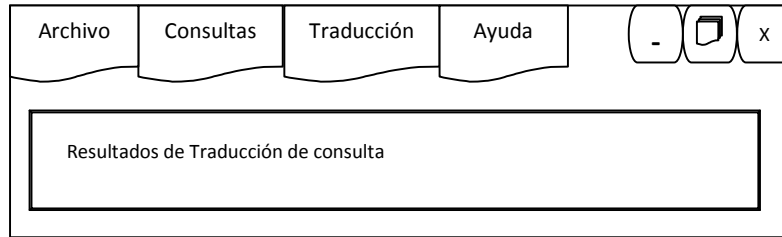


Figura 16. Pantalla de Traducción.

Pantalla de Ayuda

Muestra la ayuda orientada al desarrollador. Describe los métodos y clases usados en la construcción del Visor.

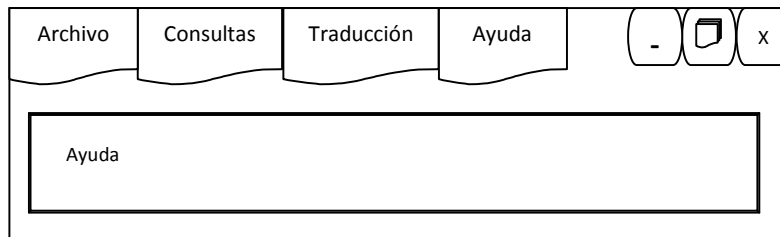


Figura 17. Pantalla de ayuda.

3.4 DISEÑO DE LA TRADUCCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA A BASE DE DATOS EXTENSIONAL

Para realizar una traducción de los resultados de una consulta a hechos, se debe tomar en cuenta que los datos que se van a traducir se encuentran en una tabla, por lo tanto se debe recorrer registro a registro dicha tabla de resultados e ir traduciendo cada uno de ellos a hechos en el formato adecuado, para ello se define una gramática

libre de contexto que cumpla con los requerimientos del sistema del cual este proyecto forma parte.

Para este proyecto se necesita que la aplicación sea capaz de leer archivos en formato *.txt cuyo contenido sea la traducción a hechos de alguna consulta, es decir, el sistema no debe permitir leer cualquier archivo de texto, por lo que antes de mostrar el contenido al usuario debe analizar dicho archivo y verificar que se trate de un archivo cuyo contenido sea permitido, para ello se define junto con la gramática un autómata finito determinístico, por medio del cual se implementará un analizador léxico que tendrá interacción con un analizador sintáctico que acepte la gramática que se define en las siguientes secciones.

3.4.1 Diseño del Autómata Finito Determinístico

El alfabeto empleado para este autómata está formado por el siguiente conjunto:

$$\Sigma = \{ '(', ')', ',', '.', '_', \{a-z\}, \{0-9\} \}$$

En la figura 18 se muestra el diagrama de transiciones del AFD que acepta:

- Acepta los símbolos terminales: () , _ .
- Identificadores (formados por: una letra seguida de N letras y/o dígitos)
- Números Enteros

Por default 'otro' está definido como: tab '\t' o Enter '\n'

Cualquier otro símbolo que no pertenezca a las cadenas que acepta el autómata provocará un error léxico, ya que dicho carácter no es aceptado por el mismo, y cualquier token formado que no corresponda a tiras específicas o tiras no específicas será también un error.

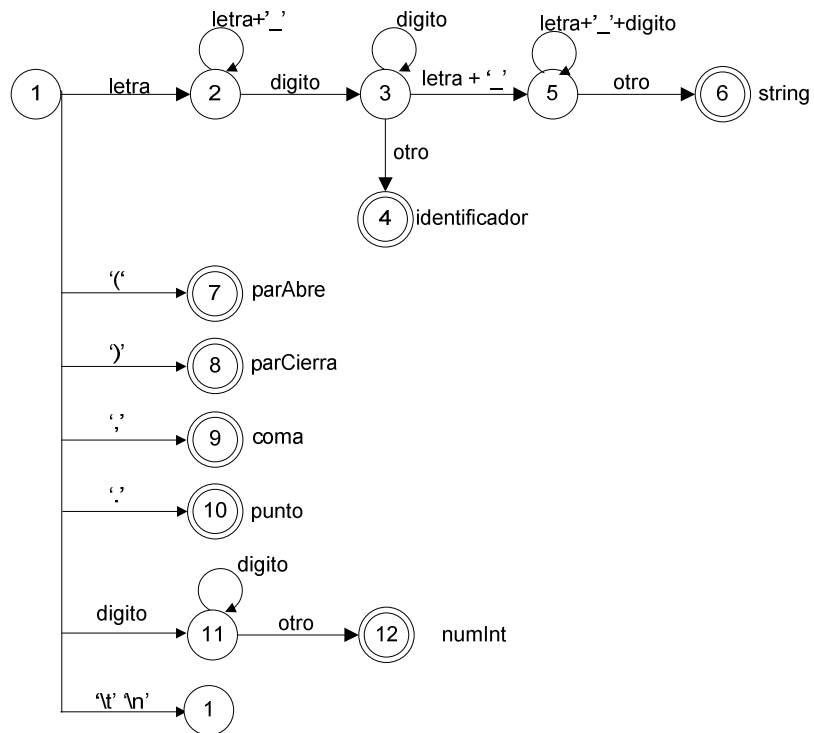


Figura 18. Autómata Finito Determinístico.

3.4.1.1 Tabla de Transiciones

A continuación se muestra la tabla de transiciones del AFD:

	letra	digito	()	,	.	_	otro	Token
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	2	11	7	8	9	10	0	1	
2	2	3	0	0	0	0	2	0	
3	5	3	4	4	4	4	5	4	
4	-	-	-	-	-	-	-	-	identificador
5	5	5	6	6	6	6	5	6	
6	-	-	-	-	-	-	-	-	string
7	-	-	-	-	-	-	-	-	parAbre
8	-	-	-	-	-	-	-	-	parCierra
9	-	-	-	-	-	-	-	-	coma
10	-	-	-	-	-	-	-	-	punto
11	12	11	12	12	12	12	12	12	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	numInt

Tabla 3. Tabla de Transiciones del Autómata Finito Determinístico.

3.4.1.2 Descripción de Componentes Léxicos

La tabla 4 muestra una descripción de los componentes léxicos o tokens que se pueden generar.

Lexema	Token	Valor
Secuencia de dígitos enteros.	numInt	Valor numérico de la secuencia.
Secuencia de letra(s) y/ó número(s), iniciando con una letra.	identificador	Ninguno
(parAbre	Ninguno
)	parCierra	Ninguno
.	punto	Ninguno
,	coma	Ninguno
Secuencia de letra(s) y números separados por ' _ ' e iniciando con una letra.	string	Ninguno.

Tabla 4. Descripción de Tokens.

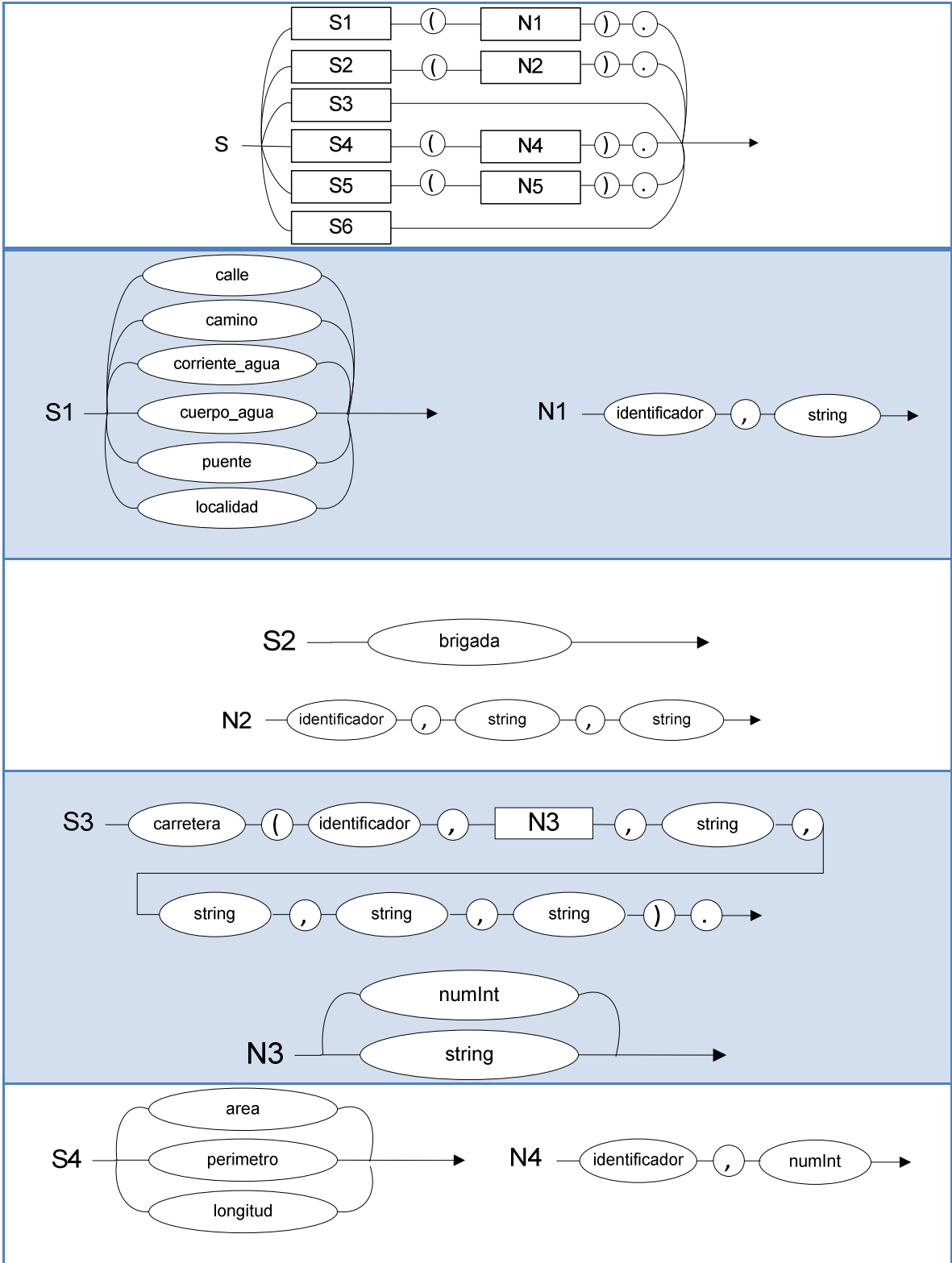
3.4.2 Definición de la Gramática

Por medio de la definición de la gramática de un lenguaje podemos generar todas las posibles sentencias que sintácticamente serán correctas y aceptadas como parte de dicho lenguaje. A continuación se define la gramática que se utilizará para realizar posteriormente la traducción a hechos de los resultados de las consultas y en la figura 19 se muestran los diagramas de la gramática:

```

S -> S1(N1) | S2(N2) . | S3 | S4(N4) . | S5(N5) . | S6
S1-> calle | camino | corriente_agua | cuerpo_agua | puente | localidad
N1-> identificador, string
S2-> brigada | camara
N2-> identificador, string, string, string, string
S3-> carretera( identificador, N3, string, string, string,
string) .
N3-> numInt | string
S4-> area | perimetro | longitud
N4-> identificador, numFloat
S5-> contiene | dentode | intersecta | cruza | cercano
N5-> identificador, identificador
S6-> toponimo( identificador, string, string, string) .

```



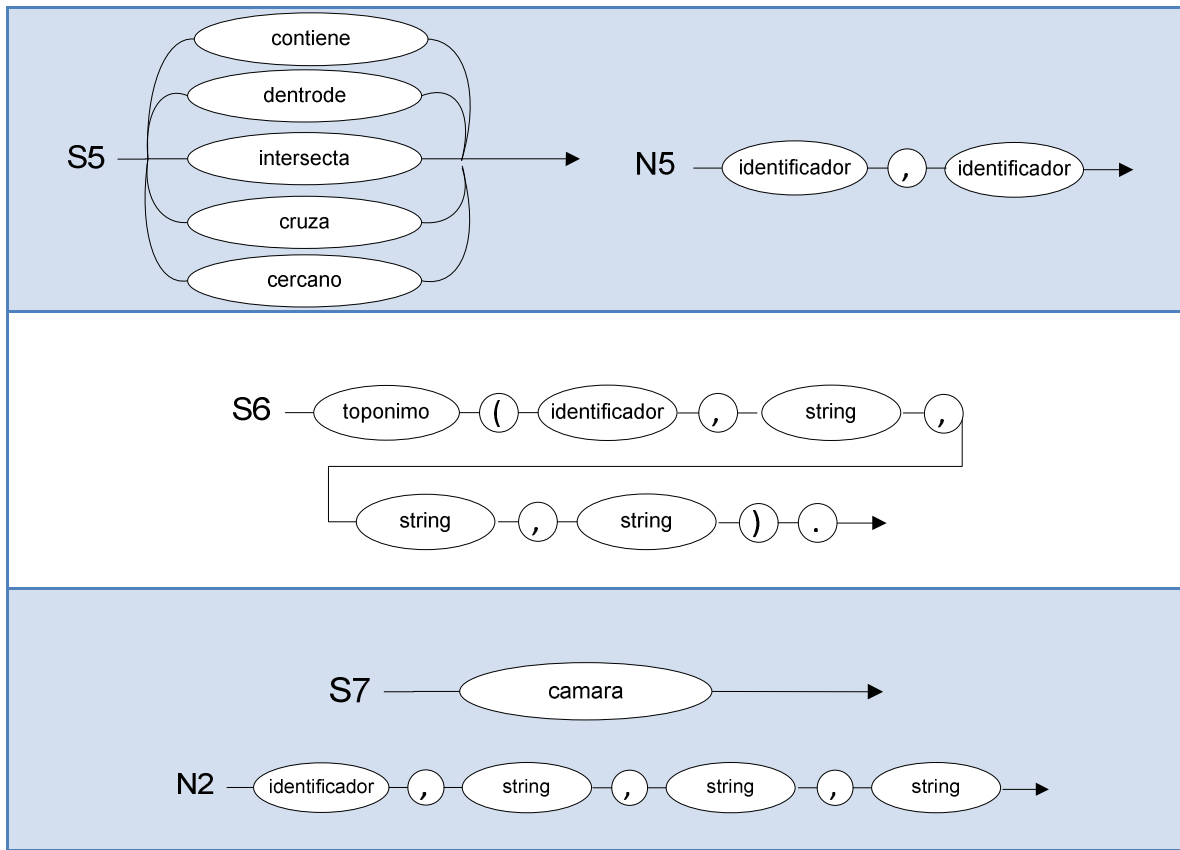


Figura 19. Diagrama de la Gramática para la traducción de Consultas.

3.4.2.1 Modificación de la Gramática a LL(1)

Se puede ver que ninguna de las producciones de la gramática tienen recursión izquierda directa ni indirecta, así como tampoco es posible realizar factorización izquierda, por lo tanto para verificar que cumple con la condición LL(1) se realiza el cálculo del conjunto predictivo.

```

S -> S1(N1)
S -> S2(N2) .
S -> S3
S -> S4(N4) .
S -> S5(N5) .
S -> S6
S -> S7(N7) .
S1-> calle|camino|corriente_agua|cuerpo_agua|puente|localidad
N1-> identificador,string
S2-> brigada

```

N2-> identificador,string,string
 S3-> carretera(identificador,N3,string,string,string,
 string).
 N3-> numInt|string
 S4-> area|perimetro|longitud
 N4-> identificador,numInt
 S5-> contiene|dentrode|intersecta|cruza|cercano
 N5-> identificador,identificador
 S6-> toponimo(identificador,string,string,string).
 S7-> camara
 N7-> identificador,string,string,string

*PREDICT(S -> S1(N1))= {calle, camino, corriente_agua, cuerpo_agua,
 puente, localidad}*
*PRI(S1)={calle,camino,corriente_agua,cuerpo_agua,puente,local
 idad}*

PREDICT(S -> S2(N2))= {brigada}
PRI(S2)={brigada}

PREDICT(S -> S3))= {carretera}
PRI(S3)={carretera}

PREDICT(S -> S4(N4))= {area, perímetro, longitud}
PRI(S4)={area, perímetro, longitud}

*PREDICT(S -> S5(N5))= {contiene, dentrode, intersecta, cruza,
 cercano}*
PRI(N5)={contiene, dentrode, intersecta, cruza, cercano}

PREDICT(S -> S6)= {toponimo}
PRI(S6)={toponimo}

PREDICT(S -> S7(N7))= {camara}
PRI(S7)={camara}

*PREDICT(S1-> calle|camino|corriente_agua|cuerpo_agua|puente
 |localidad) = {calle|camino|corriente_agua|cuerpo_agua
 |puente|localidad}*

PREDICT(S2-> brigada) = {brigada}

*PREDICT(S3->carretera(identificador,N3,string,string,string,
 string).) = {carretera}*

PREDICT(S4-> area|perímetro|longitud) = {area,perímetro,longitud}

*PREDICT(S5-> contiene|dentrode|intersecta|cruza|cercano)
 = { contiene|dentrode|intersecta|cruza|cercano }*

PREDICT(S6-> toponimo(identificador,string,string,string).)
 = {toponimo}

PREDICT(S7-> camara) = {camara}

PREDICT(N1-> identificador,string) = {identificador}

PREDICT(N2-> identificador,string,string) = {identificador}

PREDICT(N3-> numInt) = {numInt}

PREDICT(N3-> string) = {string}

PREDICT(N4-> identificador,numFloat)= { identificador }

PREDICT(N5-> identificador,identificador)= { identificador }

PREDICT(N7-> identificador,string,string,string) = {identificador}

Como puede verse, las intersecciones de los conjuntos predictivos para cada una de las producciones de un mismo símbolo No Terminal son todas vacías, por lo tanto nuestra gramática cumple con la condición LL(1). El analizador sintáctico consistirá de un conjunto de funciones recursivas (una por cada símbolo No Terminal de la gramática) diseñadas a partir de las producciones que se tienen y el hecho de que la gramática cumpla con esta condición asegura que el analizador sintáctico descendente recursivo no tendrá problema para identificar de qué tipo de producción se trata.

3.4.2.2 Descripción de la Gramática

Todos los datos que se utilizan para llevar a cabo la traducción son datos reales que se obtienen de la Base de Datos Espacial. Cabe destacar que:

- El 'identificador' de todas las sentencias se forma con el nombre de la entidad seguido de una secuencia de números que viene dada precisamente por el identificador que tiene ese registro en la tabla de la Base de Datos.
- La gramática acepta únicamente letras minúsculas y sin acentos, así que en caso de existir registros tipo varchar, char o string en alguna tabla, el sistema realizará la operación necesaria para convertir toda la cadena a letras minúsculas y quitar los acentos.

- Todas las cadenas tienen guión bajo ‘_’ que sustituye al espacio en blanco.
- En el caso de tratarse de números, cuando se traducen hechos como el área, perímetro o longitud de alguna entidad, se obtienen números flotantes, sin embargo, para adecuar dichos números a la forma que requiere el sistema al que pertenece el presente proyecto de tesis, fue necesario aplicar el redondeo de tales números, que aunque en la consulta se puedan ver completos, para la traducción se redondean.
- En la base de datos se puede llegar a dar el caso de tener registros con: N/A (no aplica) o S/N (sin número), para ello se cambia la ‘/’ por un ‘_’ para que siga siendo tomado como un string, ya que además la ‘/’ no está definida dentro de los símbolos permitidos por la gramática.
- El guión medio ‘-’ que se encuentra en algunas cadenas también es sustituido por guión bajo ‘_’, ya que en una Base de Datos Extensional, el guión medio se suele aplicar para realizar operaciones.
- Algunos registros de tipo string en la Base de Datos incluyen el punto ‘.’, el cual para la traducción es eliminado de la cadena para no confundir ese punto con el punto final de cada hecho.
- Todas las sentencias (hechos) finalizan con un punto ‘.’

A continuación se describen cada una de las sentencias de la gramática de manera que se pueda comprender la estructura y los dominios de las mismas. Se presenta primero la sentencia que se forma con la gramática definida previamente, después el significado de ‘string’ para esa sentencia, se describe cada componente de la sentencia y finalmente se muestra un ejemplo:

```
calle(identificador,string).
calle(identificador, tipo de calle).
```

- *identificador: calle + identificador de la tabla (6 dígitos)*
- *tipo de calle: calle de primer orden, calle de segundo orden, calle de tercer orden, calle de cuarto orden.*
 - *calle de primer orden: boulevard, periférico, eje vial, viaducto, avenida principal*

- *calle de segundo orden: avenidas y calles de menor importancia que las definidas para el primer orden. Vialidad principal dentro de localidades pequeñas que sirven de enlace entre carreteras que las cruzan.*
- *calle de tercer orden: calles de tránsito local dentro de un área urbana*
- *calle de cuarto orden: calles de tránsito local dentro de áreas diversas*
- *Ejemplo: calle(calle135240 ,calle_de_primer_orden) .*

`camino(identificador ,string) .`
camino(identificador , tipo de camino)

- *identificador: camino + identificador de la tabla(6 o 7 dígitos)*
- *tipo de camino: brecha, vereda.*
 - *brecha: generalmente es posible la circulación de un vehículo*
 - *vereda: solo circulan personas y animales*
- *Ejemplo: camino(camino135240 ,brecha) .*

`corriente_agua(identificador ,string) .`
corriente_agua(identificador , tipo de corriente de agua) .

- *identificador: corriente_agua + identificador de la tabla(7 dígitos)*
- *tipo de corriente de agua: intermitente, perenne.*
 - *intermitente: con presencia de agua en determinadas épocas del año*
 - *perenne: con presencia de agua permanentemente*
- *Ejemplo: corriente_agua(corriente_agua1352402 ,perenne) .*

`cuerpo_agua(identificador ,string) .`
cuerpo_agua(identificador , tipo de cuerpo de agua) .

- *identificador: cuerpo_agua + identificador de la tabla(6 dígitos)*
- *tipo de cuerpo de agua: intermitente, perenne.*
 - *intermitente: con presencia de agua en determinadas épocas del año*
 - *perenne: con presencia de agua permanentemente*
- *Ejemplo: cuerpo_agua(cuerpo_agua135240 ,perenne) .*

`puente(identificador ,string) .`

puente(identificador, tipo de puente).

- *identificador: puente +identificador de la tabla(4 o 5 dígitos)*
- *tipo de puente: colgante, levadizo, para canal, peatonal, otro.*
 - *colgante: suspendido por cables de acero, generalmente para uso de personas y animales.*
 - *levadizo: que tiene una plataforma movable.*
 - *para canal: usado para soportar un cauce artificial.*
 - *peatonal: para uso de peatones.*
 - *otro: el puente tiene un uso diferente de los anteriores.*
- *Ejemplo: puente(puente135240,peatonal).*

localidad(identificador, string).

localidad(identificador, nombre de la localidad).

- *identificador: localidad +identificador de la tabla(6 dígitos)*
- *Ejemplo: localidad(localidad135240,atlisco).*

brigada(identificador, string, string).

brigada(identificador, nombre de la brigada, municipio de brigada).

- *identificador: brigada + identificador de la tabla(1 o 2 dígitos)*
- *numero de brigada: 1 o 2 dígitos*
- *Ejemplo: brigada(brigada10, huauchinango, huauchinango).*

camara(identificador, string, string, string).

camara(identificador, nombre de la cámara, ubicación de cámara, domicilio de la cámara).

- *identificador: cámara + identificador de la tabla(1 o 2 dígitos)*
- *Ejemplo: camara(camara17, camara_alemana, flor_del_bosque, domicilio_conocido).*

carretera(identificador, numInt, string, string, string, string).

ó

`carretera(identificador, string, string, string, string, string).`

`carretera(identificador, número de carretera, tipo de carretera, derecho de tránsito, condición, número de carriles).`

- *identificador: carretera + identificador de la tabla:6 dígitos*
- *número de carretera:3 dígitos, ninguno*
- *tipo de carretera: pavimentada, terracería*
- *derecho de tránsito de la carretera: cuota, libre, no aplica*
 - *cuota (con pago de peaje)*
 - *libre (sin pago de peaje)*
 - *restringido (de acceso exclusivo)*
 - *no aplica (la carretera está fuera de uso o en construcción)*
- *condición de la carretera: en operación, en construcción*
- *número de carriles de la carretera: un carril, dos carriles, tres carriles, cuatro carriles, cinco carriles, seis carriles, más de seis carriles, no aplica (la carretera está fuera de uso o en construcción)*
- *Ejemplo:*
`carretera(carretera135240, 150, pavimentada, cuota, en_operación, cinco_carriles).`

`area(identificador, numInt).`
`perímetro(identificador, numInt).`
`longitud(identificador, numInt).`

- *Identificador: identificador de calle, camino, corriente de agua, puente, localidad, carretera o topónimo*
- *Ejemplo:*
`area(area_urbana23036, 14281).`
`perímetro(area_cultivo215418, 75).`
`longitud(camino1473367, 1327).`

`contiene(identificador, identificador).`
`dentrode(identificador, identificador).`
`intersecta(identificador, identificador).`
`cruxa(identificador, identificador).`

cercano(identificador,identificador).

- *Identificador: identificador de calle, camino, corriente de agua, puente, localidad, carretera o topónimo*

- *Ejemplos:*

```
contiene(area_cultivo215079,acueducto24753).
dentrode(cuerpo_agua371420,area_verde_urbana7098).
intersecta(camino1473367,carretera357491).
cruza(puente37827,carretera357464).
cercano(cuerpo_agua215121,area_cultivo349196).
```

toponimo(identificador,string,string,string).

toponimo(identificador,nombre,clase,término).

- *identificador: toponimo + identificador de la tabla:6 dígitos*
- *nombre: nombre del topónimo*
- *clase: áreas de referencia, servicios e instalaciones, elementos orográficos, elementos hidrográficos.*
- *término: aeropuerto, arroyo, banco de material, barranca, bordo muro de contención, calle, canal, cañada, ceja, centro de estudios superiores, centro de investigación, centro recreativo, centro turístico, cerro, cordón, estación de ferrocarril, estanque, indeterminada, llano, loma, lugar, manantial, mesa, monumento u obelisco, pico, planta de tratamiento de agua, planta hidroeléctrica, presa cortina de la presa, puente, puerto orográfico, rio, subestación eléctrica, volcán, zona arqueológica, zona industrial.*
- *Ejemplo: toponimo(toponimo595826,río_alse seca,elementos_hidrográficos,río).*

Para llevar a cabo el proceso de traducción se debe tomar en cuenta qué tipo de consulta se ha realizado, para lo cual se pueden tener los siguientes casos:

- **Selección y Proyección:** Se tiene la selección de los registros que cumplen con ciertas condiciones ó la proyección de algún(os) atributo(s) de una tabla. En este caso el sistema únicamente deberá verificar que es posible realizar la

traducción (ya que no todas las tablas cuentan con suficientes atributos que nos permitan obtener datos descriptivos que puedan escribirse como hechos) y realizar dicho proceso o informar al usuario que la tabla que ha elegido para realizar la consulta no contiene mayor información para poder traducir a hechos. A continuación se muestra un ejemplo de la traducción de una consulta a las tablas camino y puente:

carretera(carretera357412,190,libre,pavimentada,dos_carriles,federal).

puente(puente37853,en operación,peatonal).

- Join entre dos tablas: Puede ser alguna de las siguientes operaciones espaciales: Intersección, Cruza, Dentro de, Contiene, longitud, área, perímetro. En este caso es posible realizar la traducción para cualquier tabla, ya que los hechos que se obtendrán serán por ejemplo:

cruza(puente37853,carretera357412).

longitud(carretera357412,2393).

Con ayuda de la traducción se puede deducir información de la consulta a hechos de manera más fácil visualmente hablando. Para el ejemplo anterior podemos saber cuáles son las características de una carretera y que un puente peatonal cruza dicha carretera. Todos los datos que se obtienen y se traducen se obtienen de la Base de Datos Espacial haciendo uso de la consulta que ha realizado el usuario y quizá en algún caso sea necesario realizar una consulta de manera transparente en la cual se puedan traducir los datos necesarios para cada tabla, si es que la tabla admite la traducción.

La traducción será entonces de sentencias del tipo de los ejemplos anteriores, y cada sentencia de la traducción se guardará en un archivo de tipo texto. Los archivos *.txt generados por el sistema no contendrán errores y podrán visualizarse de manera inmediata en la interfaz; sin embargo, cualquier archivo *.txt puede ser modificado desde fuera del sistema por algún usuario y puede ser posible que al modificarlo incurra en errores léxicos o sintácticos, por lo cual se debe diseñar un autómata finito determinístico y una gramática libre de contexto que permitan leer los archivos *.txt que contengan únicamente traducciones correctas de hechos, es decir, el sistema no

deberá permitir abrir cualquier tipo de archivo, y si el archivo que se intenta abrir sí contiene una traducción de hechos pero tiene errores porque ha sido modificado, entonces se informa al usuario que el archivo no puede abrirse porque contiene errores léxicos o sintácticos y se le indica en qué línea se encuentra el error.

3.4.3 Errores léxicos y sintácticos

Cuando se encuentra un error léxico o sintáctico, se termina en ese momento la ejecución del análisis. Se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Hay un error léxico si:
 - El token formado no corresponde ni a tiras específicas ‘, () .’ o no específicas (identificadores y strings o palabras reservadas).
 - El carácter leído no pertenece al lenguaje.
- Hay un error sintáctico si:
 - El token o símbolo de preanálisis no corresponde al que se esperaba.
 - El token recibido no pertenece al conjunto predictivo de una producción.

Capítulo 4

Implementación.

4.1. Implantación de la Base de Datos Espacial con PostgreSQL y PostGIS

4.2. Lenguaje de Programación

4.3. Aplicación para realizar consultas

4.4. Traductor de información geográfica a Base de Datos Extensional

En este capítulo se muestra cómo se realizó la instalación de las herramientas de software necesarias para la implantación y administración de la Base de Datos Espacial, así como para el desarrollo de la aplicación para realizar consultas y la traducción a hechos de la cual se muestra el diagrama de clases y el diagrama de flujo del sistema.

4.1 IMPLANTACIÓN DE LA BASE DE DATOS GEOGRÁFICA CON POSTGRESQL Y POSTGIS

Se utilizará el siguiente software para la implantación de la Base de Datos Extensional:

- PostgreSQL 8.4
- PostGIS 1.4.0
- JDBC 4

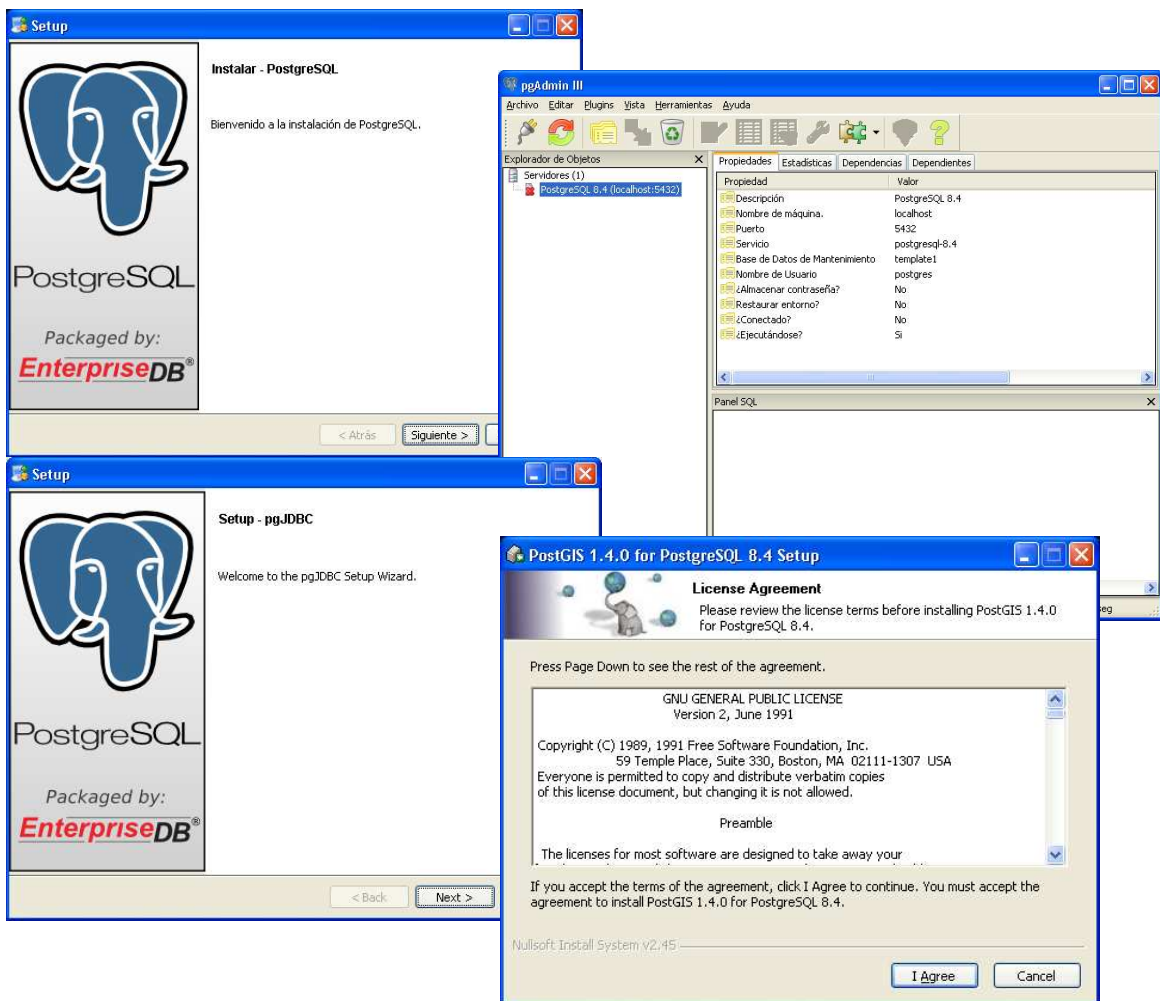
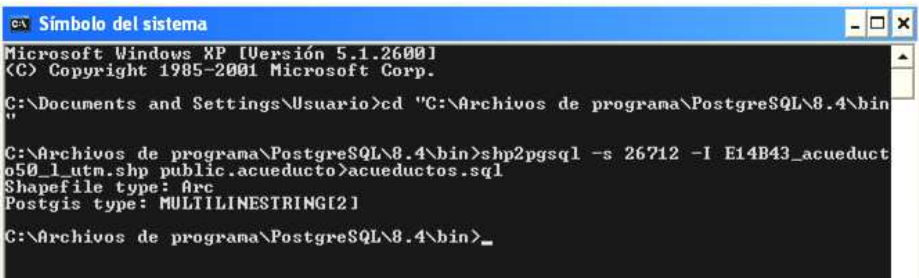


Figura 21. Instalación de PostgreSQL, PosGIS y JDBC.

Para realizar la implantación de la Base de Datos Espacial, se crea en PostgreSQL una Base de Datos Espacial que lleva el nombre de la localidad a la que pertenecen los datos geográficos, esto debido a que se tiene un conjunto muy grande de datos que pertenecen hasta el momento a tres zonas distintas y para realizar una consulta, por ejemplo a la zona de Flor del Bosque, no se necesitan los datos que pertenecen a la zona de Huejotzingo, y viceversa, y en caso de encontrarse todo en una misma Base de Datos la consulta podría tomar mucho más tiempo ya que debe realizarse bajo un conjunto mayor, en cambio si permanecen separados cada subconjunto en su propia Base de Datos Espacial, el usuario puede elegir rápidamente bajo qué área se realizará la consulta y al momento de realizarla, esta se hará bajo un conjunto de datos más pequeño, lo que permitirá que esta se realice hasta cierto punto con mayor rapidez. Las capas con las que se cuenta mantienen entre sí relaciones implícitas que hacen que los datos se emparejen (respecto a su ubicación), por lo que únicamente es necesario exportar las capas (específicamente archivos shape) a la Base de Datos Espacial. En la figura 22 se muestra un ejemplo de este proceso y en la figura 23 muestra la Base de Datos Espacial ya implantada en PostgreSQL. En el manual técnico se encuentra una descripción detallada de todo el proceso necesario para realizar la importación de las capas (tal como se obtienen del INEGI) a la Base de Datos Espacial en PostgreSQL.



```
ca Símbolo del sistema
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Usuario>cd "C:\Archivos de programa\PostgreSQL\8.4\bin"

C:\Archivos de programa\PostgreSQL\8.4\bin>shp2pgsql -s 26712 -I E14B43_acueducto50_1_utm.shp public.acueducto>acueductos.sql
Shapefile type: Arc
Postgis type: MULTILINESTRING[2]

C:\Archivos de programa\PostgreSQL\8.4\bin>_
```

*Figura 22. Proceso de Exportación de archivos *.shp para su posterior implantación en la Base de Datos Espacial en PostgreSQL. El comando shp2pgsql nos da como salida un archivo *.sql, el cual posteriormente se ejecutará en el DBMS y tras esto se tendrá la tabla perteneciente a la capa exportada.*

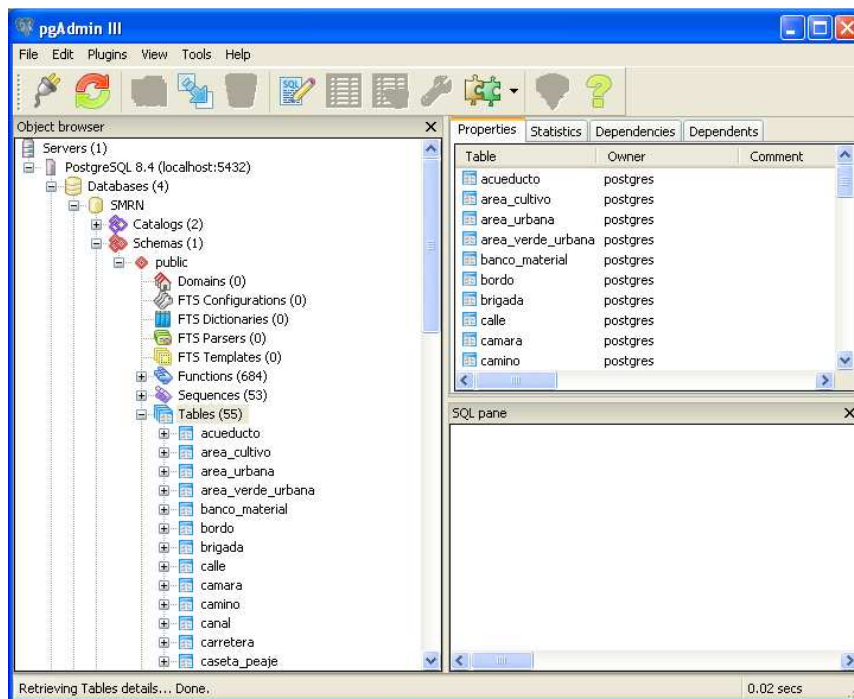


Figura 23. Base de Datos Espacial en PostgreSQL.

4.2 PROGRAMACIÓN: JAVA, NETBEANS, JDBC, POSTGRESQL Y POSTGIS

Para realizar la programación de la aplicación se utilizará:

- Netbeans 6.8
- JDK 1.6

Para realizar la conexión entre la aplicación que se desarrolla en Java mediante el IDE Netbeans, es necesario incluir las librerías de PostgreSQL y PostGIS al proyecto como se muestra en la figura 24 y tras esto iniciar con la implementación del código del programa.

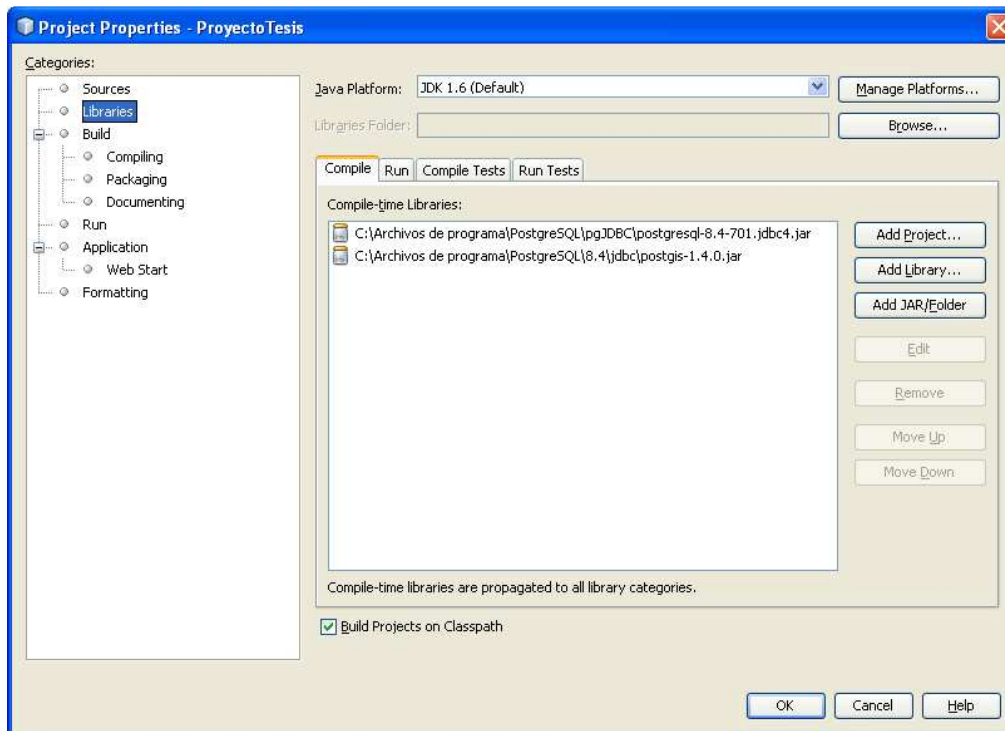


Figura 24. Se añaden las librerías PostgreSQL y PostGIS para la conexión a la Base de Datos Espacial y la recuperación de datos geométricos.

4.3 APLICACIÓN PARA REALIZAR CONSULTAS

La figura 25 muestra el diagrama de clases del sistema, para el cual se crearon 7 clases que hacen posible la realización de consultas y el proceso de traducción de las mismas.

La clase interfaz es la encargada del manejo de todos los eventos que en ella ocurren y es la clase principal, entre los objetos más importantes que la conforman se encuentran los que hacen posibles las consultas y la obtención de los resultados. La clase Querys es la encargada de realizar la conexión, desconexión y consultas a la base de datos. La clase Attribute sirve a la clase Querys únicamente para el almacenamiento de los atributos de una tabla dada en una lista. Finalmente la clase ConvesorResultSetADefaultTableModel se encarga de configurar la tabla en la que el usuario podrá ver los registros resultantes de su consulta.

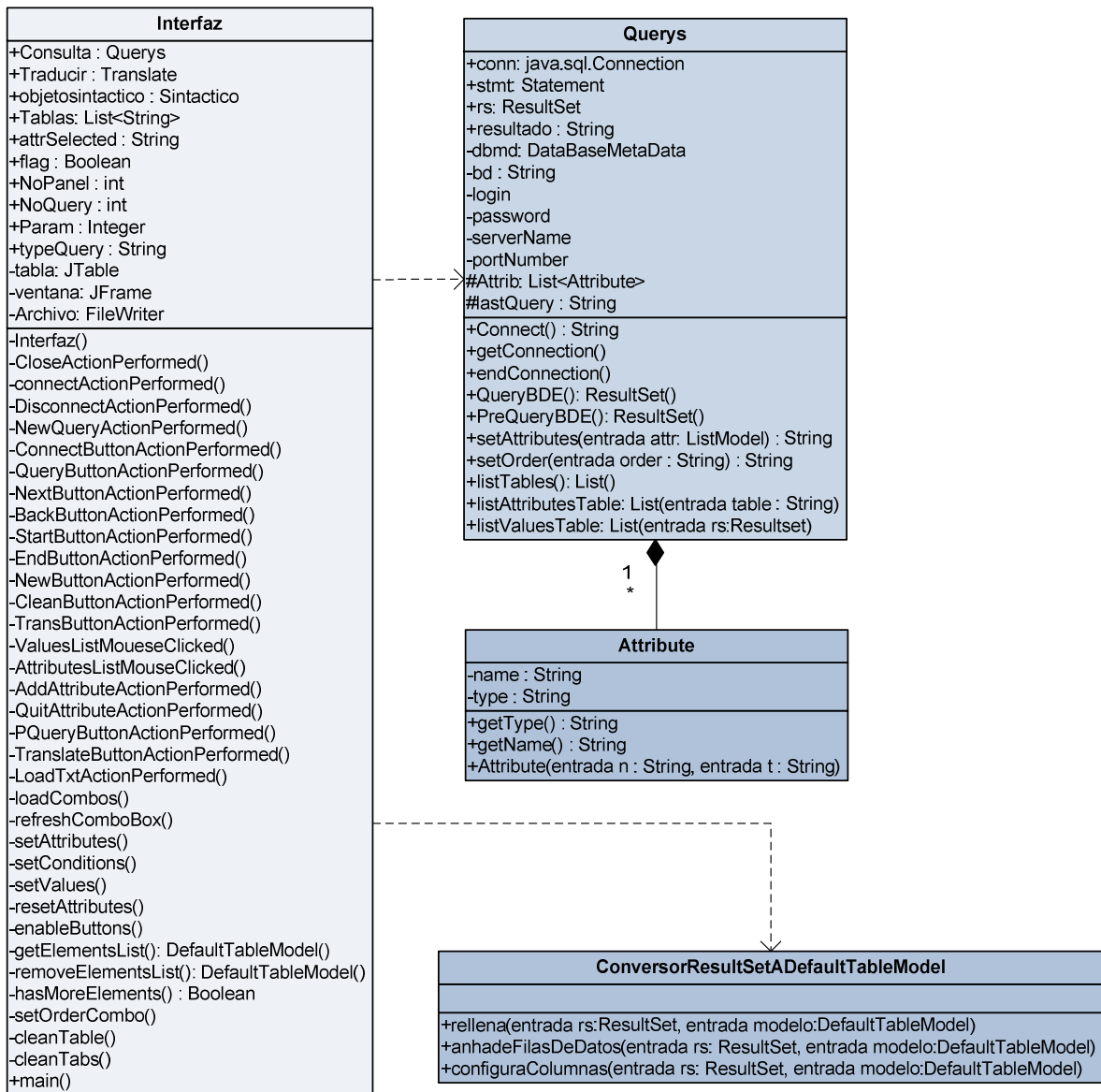


Figura 25. Diagrama de Clases para las consultas.

Para implementar las consultas espaciales, se hizo uso de las operaciones que nos proporciona PostGIS para el manejo de datos geográficos como son:

- *ST_INTERSECTS(G1,G2)*
- *ST_CROSSES(G1,G2)*
- *ST_DWITHIN(G1,G2,D)*

- *ST_CONTAINS(G1,G2)*
- *ST_ASTEXT(G1)*
- *ST_AREA(G1)*
- *ST_LENGTH(G1)*
- *ST_PERIMETER(G1)*

Donde G1 y G2 son datos geométricos de alguna entidad dada, y D es el parámetro de distancia en metros.

Las consultas que se implementaron y que hacen uso de dos tablas (joins) han sido optimizadas con ayuda del álgebra relacional para que así al tener un conjunto grande de datos en la Base de Datos Espacial se realicen de forma más rápida y eficiente. La forma en la que se realizó la optimización se muestra a continuación:

Sean *A* y *B* dos tablas, sea *n* la cardinalidad de *A*, sea *m* la cardinalidad de *B*, sea *AXB* el producto cruz entre la tabla *A* y la tabla *B*, y sean las formas de realizar una consulta con dos tablas:

1. *SL_{Atributos} AXB WHERE condiciones*
2. *SL_{Atributos} A X SL_{Atributos} B WHERE condiciones*

Para realizar la consulta de la expresión 1 primero se realiza el producto cruz de *A* y *B*, dándonos como resultado un conjunto con *nxm* registros, del cual posteriormente se seleccionan los atributos requeridos y finalmente se elige aquellos que cumplen las condiciones especificadas. Para realizar la consulta de la expresión 2, primero se seleccionan los atributos necesarios de la tabla *A* y por otra parte se seleccionan los atributos necesarios de la tabla *B*, lo cual reduce el tamaño de las tablas, posteriormente se realiza el producto cruz de *A* y *B* (teniendo ya un conjunto mucho menor al que se produce con la expresión anterior), se seleccionan aquellos registros que cumplen con las condiciones especificadas y finalmente se seleccionan los atributos que se desean de ambas tablas. La forma en la que se realiza la consulta con la segunda expresión nos demuestra que la cardinalidad de esta es mucho menor que la cardinalidad de la primera expresión.

$$SL_{Atributos} A \times SL_{Atributos} B \ll SL_{Atributos} AXB$$

Para ejemplificar esto se muestra una consulta que realiza la junta de las tablas A y B en las cuales la condición a cumplir es la intersección entre los tipos geométricos de A y B⁶:

```
SELECT A.identifica,A.tipo,B.identifica,B.condicion,B.tipo FROM A INNER JOIN B ON ST_INTERSECTS(A.the_geom,B.the_geom)
```

Y a continuación se muestra la misma consulta pero escrita de manera optimizada con ayuda del álgebra relacional, y aunque parece ser más larga, resulta mucho más eficiente que la anterior, logrando con ello la optimización del tiempo de respuesta del sistema:

```
SELECT A.tipo,B.tipo,B.condicion FROM (SELECT identifica,tipo,the_geom FROM A) AS T1 INNER JOIN (SELECT identifica,condición,tipo,the_geom FROM B) AS T2 ON ST_INTERSECTS(T1.the_geom,T2.the_geom)
```

4.4 TRADUCTOR DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA A BASE DE DATOS EXTENSIONAL

La figura 26 muestra el diagrama de las clases que se emplean para realizar el proceso de traducción de información geográfica a hechos. La clase Translate es la encargada de traducir el contenido de una tabla resultado de alguna consulta, y almacenar dicha traducción en el formato adecuado utilizando para ello la gramática que fue definida en el capítulo anterior; así mismo se encarga de leer y analizar los archivos *.txt y permitir o no mostrar su contenido. La clase Sintáctico se encarga con ayuda e interacción de la clase Léxico de analizar el contenido de un archivo de texto y verificar que se trata de una traducción correcta de hechos, es decir, el archivo

⁶ La operación *ST_INTERSECTS* es una de las que nos ofrece PostGIS para el manejo de datos espaciales, y hace uso de dos parámetros de tipo geométrico o espacial, en este caso del atributo geométrico *the_geom* de cada tabla.

contiene únicamente sentencias bien formadas basadas en la gramática definida, de lo contrario, se informará al usuario mediante la clase Interfaz que el archivo contiene errores léxicos o sintácticos o que su contenido no corresponde a la traducción de hechos. Finalmente el clase TxTFilter sirve únicamente para controlar el tipo de archivos que se muestren para que el usuario pueda elegir abrir archivos de tipo *.txt.

En la Base de Datos existen muchas tablas que no contienen mayor información descriptiva, ya que únicamente tienen el atributo “identifica” que es la llave primaria para cada registro, el atributo “the_geom” que es donde se almacena la información geográfica o espacial de dicho registro; ya que las tablas de este tipo no nos proporcionan mayor información descriptiva se excluyeron para el diseño de la gramática por lo tanto no admitirán la traducción y el usuario podrá ver un mensaje de aviso para estos casos. Las tablas que no admiten traducción en sí mismas son: acueducto, area_cultivo, area_urbana, area_verde_urbana, banco_material, bordo, canal, conducto, corriente_desaparece, cuerpo_agua, edificación, estanque, instalación_bombeo, instalación_comunicación, instalación_diversa, instalación_industrial, lindero, línea_comunicación, línea_transporte, malpaís, manantial, presa, puente, rasgo_arqueológico, subestación_eléctrica, tanque, tanque_agua, vegetación_densa, vía_férrea. Sin embargo, para la traducción de consultas predefinidas, donde se hace uso de las operaciones espaciales como intersección, cruza, contención, etc. si admiten la traducción con todas las tablas, ya que para ese tipo de hechos se utiliza el identificador de cada entidad, tal como se definió en el capítulo 3.

Las tablas que fueron utilizadas para el diseño de la gramática y consecuentemente la traducción a hechos son las siguientes: brigada, calle, cámara, camino, carretera, corriente_agua, localidad, topónimo.

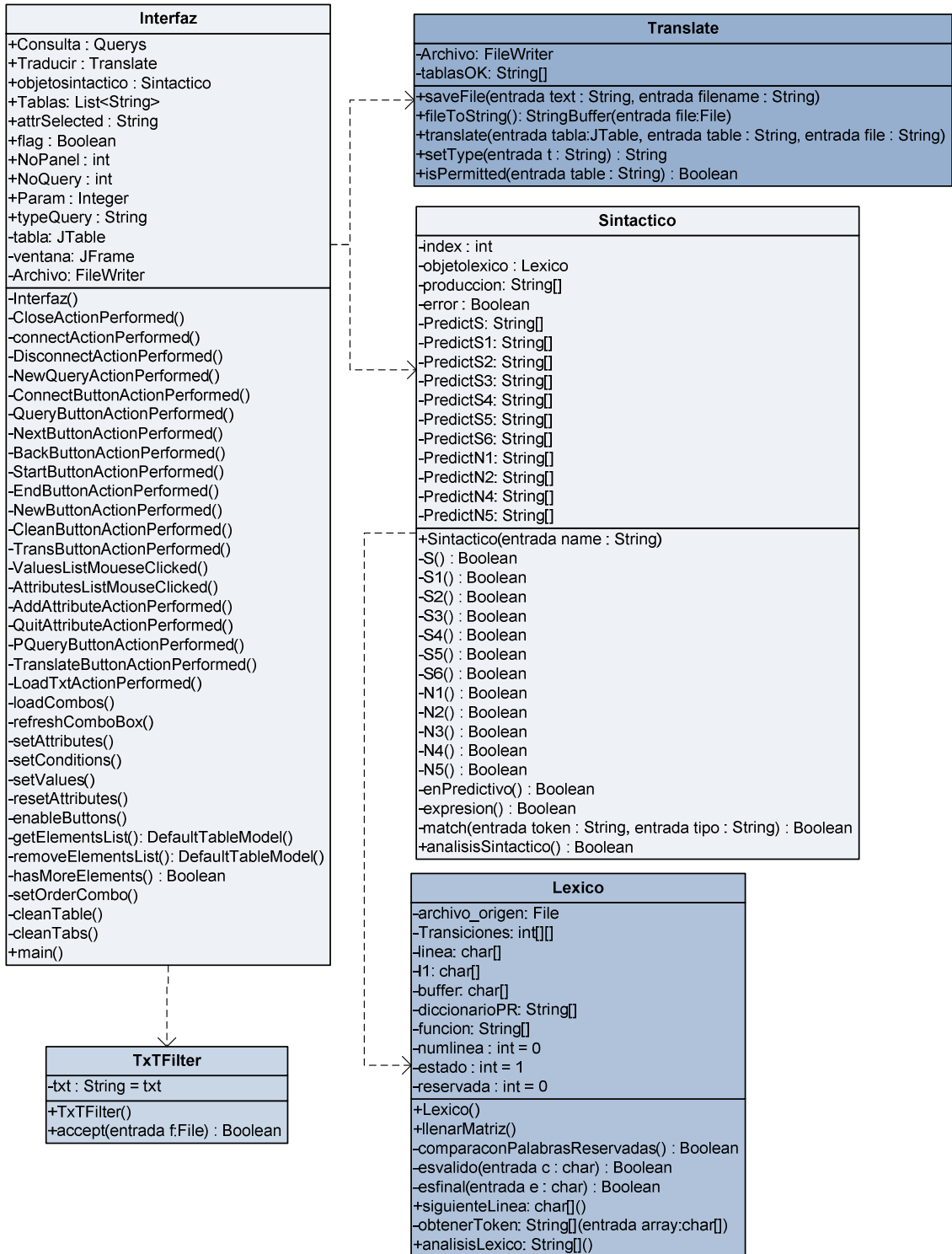


Figura 26. Diagrama de Clases para el traductor.

Capítulo 5

Pruebas.

5.1. Aplicación para realizar consultas

5.2. Traducción de información geográfica a Base de Datos Extensional

Este capítulo muestra las pruebas que se realizaron a la aplicación para las consultas a la Base de Datos Espacial y para la traducción de los resultados de dichas consultas a hechos. Para ello se muestra la forma en la que el usuario va realizando las consultas paso a paso, los mensajes de aviso o error que puede encontrar, y la forma en la realiza la traducción de manera sencilla y rápida, obteniendo tras este proceso un archivo de texto que contiene los resultados de su traducción con el formato que se definió en la gramática libre de contexto en el capítulo tres.

5.1 APLICACIÓN PARA REALIZAR CONSULTAS

Las siguientes figuras muestran la interfaz gráfica y un ejemplo de la creación de consultas con y sin condiciones, así como consultas predefinidas.

La figura 27 muestra la interfaz inicial del sistema, que al momento que el usuario presiona el botón “Conectar a la Base de Datos” muestra una ventana donde el usuario debe ingresar los datos necesarios para realizar la conexión a la Base de Datos Espacial. Los datos que se necesitan son la dirección IP del Servidor, el número de puerto del servidor en el cual se realizará la conexión, la Base de Datos a la que se conectará, el login y password para autenticar la conexión al servidor.

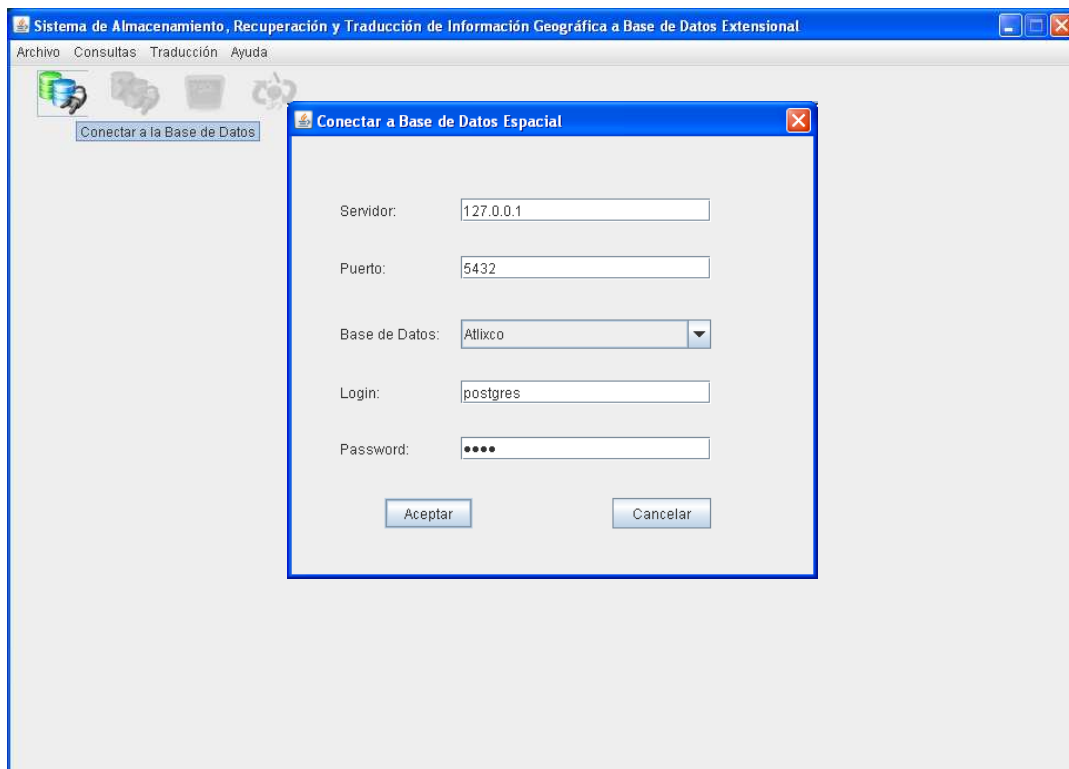


Figura 27. Interfaz de consultas y ventana de conexión al servidor.

Cuando el usuario da click en el botón “Aceptar”, el sistema intenta establecer la conexión al servidor y en caso de ser correctos los datos, se muestra una ventana de aviso de conexión exitosa, de lo contrario se muestra una ventana de error informando

al usuario que uno o más datos que introdujo son incorrectos y que vuelva a intentarlo. La figura 28 muestra los dos tipos de ventana que el sistema puede mostrar al usuario dependiendo del estado de la conexión al servidor.

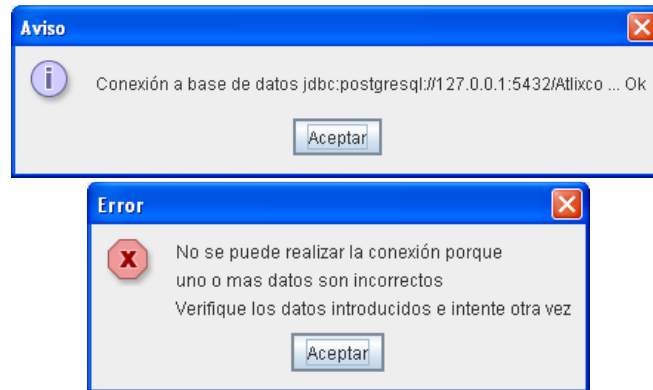


Figura 28. Ventanas emergentes de aviso del estado de la conexión.

Si la conexión al servidor fue exitosa, el sistema habilita las pestañas de “Consulta Predefinida”, “Consulta”, “Traducción” y “Mensajes” así como los botones correspondientes de “Desconectar”, “Consulta” y “Traducción”.

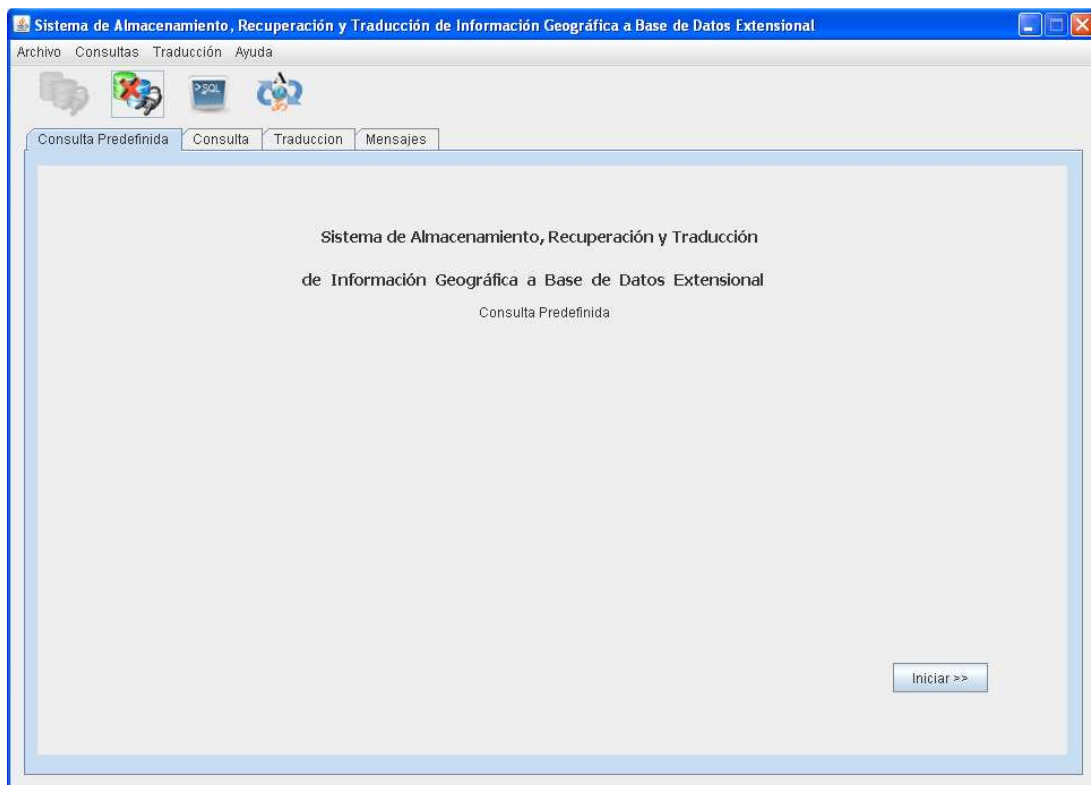


Figura 29. Interfaz de Consultas conectada exitosamente al servidor.

En la “Consulta predefinida” se diseñaron e implementaron una serie de consultas que hacen uso de los datos geométricos de cada una de las tablas de la Base de Datos para realizar consultas espaciales en una tabla o en la unión de dos tablas, para ello se aplican las operaciones espaciales que proporciona la extensión PostGIS y que facilitan el manejo de consultas espaciales. Las consultas predefinidas que el usuario puede realizar se muestran en la figura 30 y fueron diseñadas de esta manera porque son las consultas que el usuario puede realizar con más frecuencia y son las más convenientes para la realización de sus tareas, por ejemplo al detectar una zona de incendio y el personal de la SMRN desear obtener información sobre la zona del siniestro, las consultas que puede realizar con mayor urgencia y frecuencia son por ejemplo ¿cuáles es el cuerpo de agua que se encuentra más cercano a alguna zona? o ¿cuáles son las carreteras que intersectan cierta área urbana?, etc.

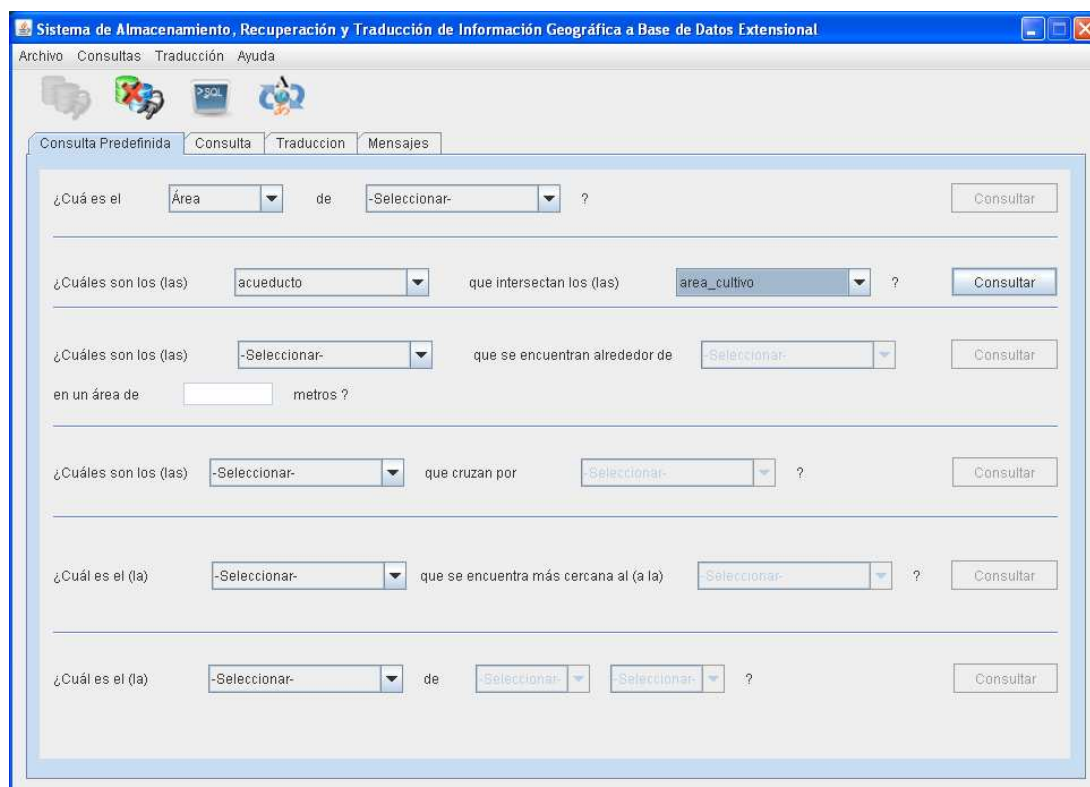


Figura 30. Consultas Predefinidas.

Cuando el usuario haya seleccionado las tablas para realizar una consulta predefinida y da click en el botón “Consultar”, el sistema presenta una o dos listas de atributos

(dependiendo el caso) en las cuales el usuario mediante los botones “>>” y “<<” puede agregar o quitar de su selección el o los atributos que le interese obtener para esa consulta, y debe al menos seleccionar un atributo de cada tabla para que el sistema habilite el botón de “Realizar Consulta”.

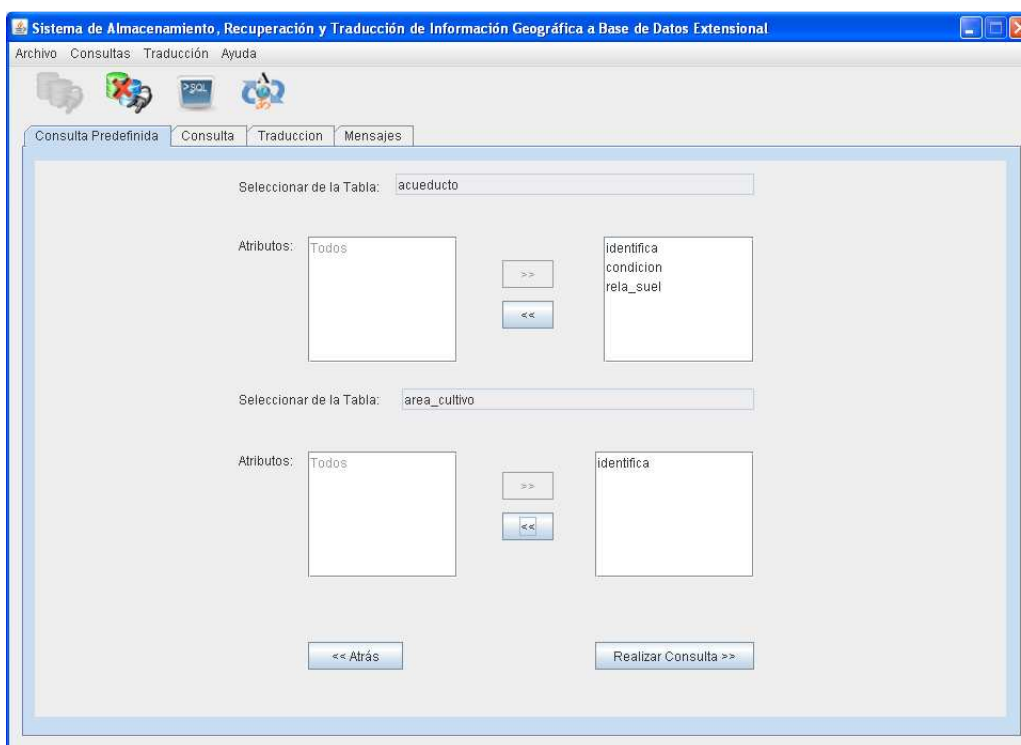


Figura 31. Selección de atributos de la(s) tabla(s) para realizar la consulta predefinida.

Una vez que el usuario da click en el botón “Realizar Consulta”, el sistema manda el query al servidor y este regresa los resultados, los cuales se muestran al usuario en forma de una tabla como se muestra en la figura 32. Aquí se presentan al usuario botones de “Atrás”, “Nueva Consulta”, “Traducir Consulta” y “Finalizar”.

En la pestaña “Consulta” el sistema muestra al usuario una lista con todas las tablas de la Base de Datos Espacial, y tras elegir una tabla se muestran en la lista inferior todos los atributos de dicha tabla y con los botones “>>” y “<<” el usuario debe agregar o quitar atributos a otra lista de selección; el usuario debe elegir al menos un atributo para que el sistema le permita avanzar en la construcción de su query, para lo cual habilita o deshabilita el botón “Siguiente” según lo que seleccione el usuario.

Sistema de Almacenamiento, Recuperación y Traducción de Información Geográfica a Base de Datos Extensional

Archivo Consultas Traducción Ayuda

Consulta Predefinida Consulta Traducción Mensajes

Tabla: acueducto, area_cultivo

identifica1	condicion1	reja_suel1	geometria1	identifica2	geometria2
10026	EN OPERACIÓN	SUBTERRÁNEO	MULTILINESTRING((557... 105238		MULTIPOLYGON(((5486...
10027	EN OPERACIÓN	SUBTERRÁNEO	MULTILINESTRING((557... 105238		MULTIPOLYGON(((5486...
10028	EN OPERACIÓN	SUBTERRÁNEO	MULTILINESTRING((549... 105238		MULTIPOLYGON(((5486...
10029	EN OPERACIÓN	SUBTERRÁNEO	MULTILINESTRING((555... 105238		MULTIPOLYGON(((5486...
10030	EN OPERACIÓN	SUBTERRÁNEO	MULTILINESTRING((555... 105238		MULTIPOLYGON(((5486...
10031	EN OPERACIÓN	SUBTERRÁNEO	MULTILINESTRING((549... 105238		MULTIPOLYGON(((5486...
10035	EN OPERACIÓN	SUBTERRÁNEO	MULTILINESTRING((550... 105238		MULTIPOLYGON(((5486...
10036	EN OPERACIÓN	SUBTERRÁNEO	MULTILINESTRING((565... 105238		MULTIPOLYGON(((5486...
10037	EN OPERACIÓN	SUBTERRÁNEO	MULTILINESTRING((565... 105238		MULTIPOLYGON(((5486...
10038	EN OPERACIÓN	SUBTERRÁNEO	MULTILINESTRING((550... 105238		MULTIPOLYGON(((5486...
10039	EN OPERACIÓN	SUBTERRÁNEO	MULTILINESTRING((558... 105238		MULTIPOLYGON(((5486...
10040	EN OPERACIÓN	SUPERFICIAL	MULTILINESTRING((555... 105238		MULTIPOLYGON(((5486...
10033	EN OPERACIÓN	SUBTERRÁNEO	MULTILINESTRING((543... 65443		MULTIPOLYGON(((5444...
10034	EN OPERACIÓN	SUBTERRÁNEO	MULTILINESTRING((543... 65443		MULTIPOLYGON(((5444...

<<Atrás Nueva Consulta Traducir Consulta Finalizar

Figura 32. Resultados de una consulta a la Base de Datos.

Sistema de Almacenamiento, Recuperación y Traducción de Información Geográfica a Base de Datos Extensional

Archivo Consultas Traducción Ayuda

Consulta Predefinida Consulta Traducción Mensajes

Seleccionar de la Tabla: -Seleccionar-
 -Seleccionar-
 acueducto
 area_cultivo
 area_urbana
 area_verde_urbana
 banco_material
 bordo
 calle

Atributos:

<< Siguiete >>

Figura 33. Interfaz de Consulta normal.

Cuando el usuario ha seleccionado los atributos que desea de la tabla a la cual realizará una consulta, el sistema muestra la interfaz que se muestra en la figura 35 en la cual se irán conformando la lista de condiciones en caso de que el usuario las requiera, ya que puede omitir este paso y simplemente presionar el botón “Realizar Consulta” obteniendo así la proyección de una tabla; en caso de que el usuario desee establecer condiciones a su query, el sistema habilita y/o deshabilita de manera adecuada la lista de atributos, los botones y la lista de valores, para que con cada click que realiza el usuario, automáticamente se le va guiando en el proceso de construcción de su query. El usuario tiene la facilidad de ver en el cuadro de texto inferior cómo es que va armando las condiciones de su query, y puede en cualquier momento “Limpiar” esa área para comenzar de nuevo en caso de que se haya equivocado. La lista de valores que se muestran al usuario son todos aquellos valores que existen en la Base de Datos para el atributo que haya seleccionado, de esta manera, el usuario no podrá equivocarse al introducir en sus condiciones valores que no existen o no son reales. De la misma manera que en la figura 32, cuando el usuario da click en el botón “Realizar Consulta”, el sistema mostrará como regreso una tabla con los resultados de la consulta que haya realizado, con o sin condiciones. En caso de que alguna consulta no haya producido resultados (específicamente hablando de consultas predefinidas, ya que puede darse el caso por ejemplo de que no se encuentre ningún puente que intersecte alguna carretera) el sistema mostrará al usuario una ventana como en la figura 34, que le informa que su consulta no produjo resultados.

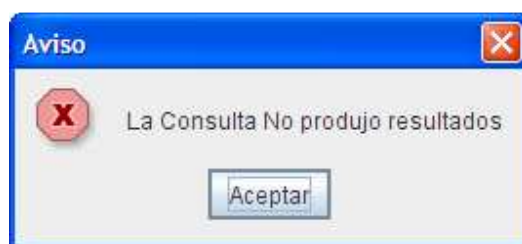


Figura 34. Una consulta que no produjo resultados.

En la pestaña de Mensajes el usuario podrá visualizar la lista de todas las consultas que ha realizado, así como los mensajes del sistema como son de conexión al servidor o informes sobre las traducciones que haya realizado.

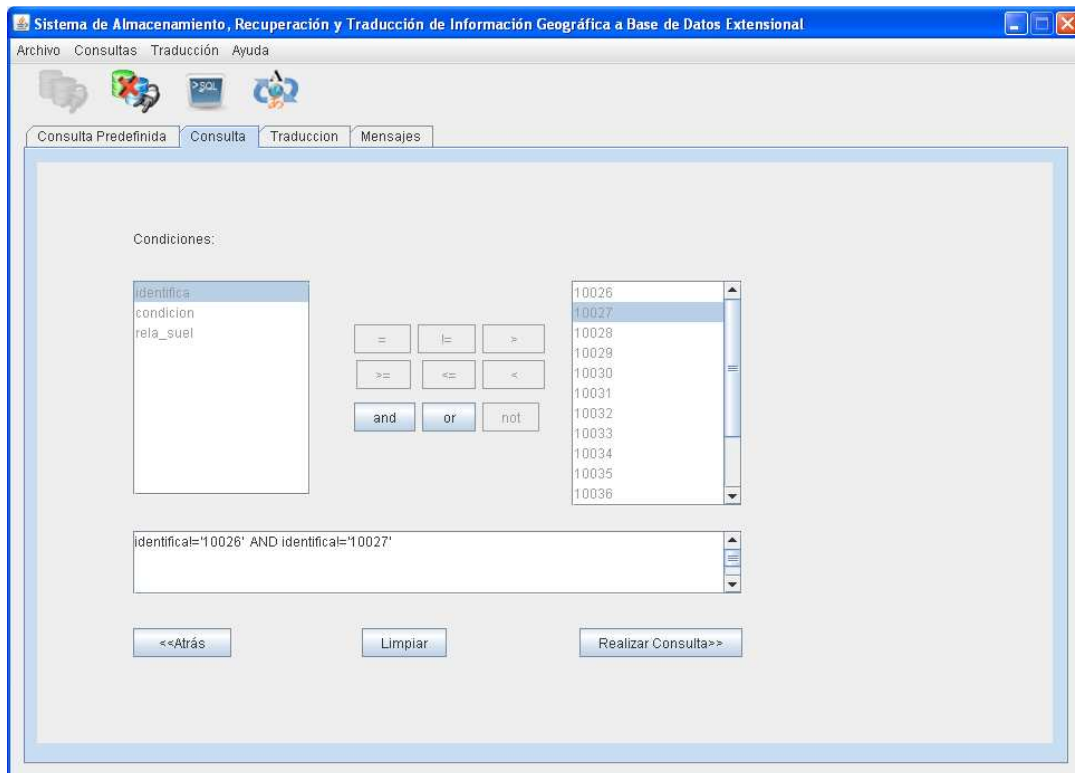


Figura 35. Condiciones de la consulta del usuario.

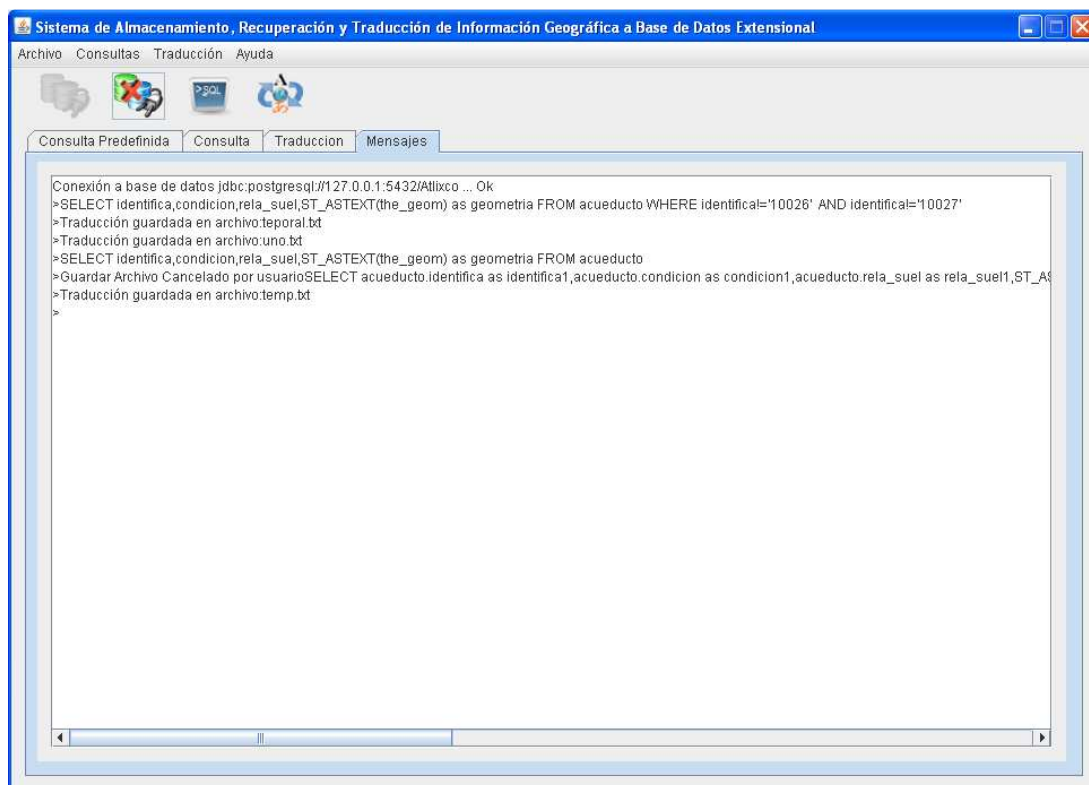


Figura 36. Pestaña de Mensajes del Sistema.

Si el usuario realiza la consulta a una tabla como 'acueducto' o 'área_urbana' por ejemplo, el sistema enviará un mensaje al usuario (como en la figura 37) de que la tabla que está consultando no admitirá traducción de su consulta, ya que los datos que se encuentran en la Base de Datos no son descriptivos para dichas tablas.

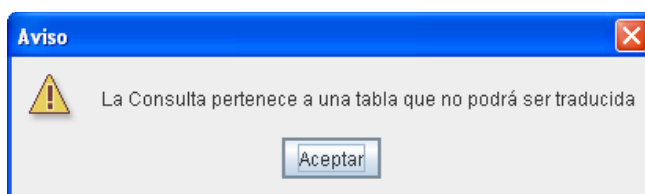


Figura 37. Guardar Traducción.

5.2 TRADUCCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA A BASE DE DATOS EXTENSIONAL

Las siguientes figuras muestran la interfaz gráfica y un ejemplo de la traducción a hechos de algunas consultas. Cuando el usuario da click en el botón "Traducir" el sistema muestra una ventana como en la figura 38 en la cual se debe escribir el nombre del archivo de texto en el que se guardará la traducción de la consulta.

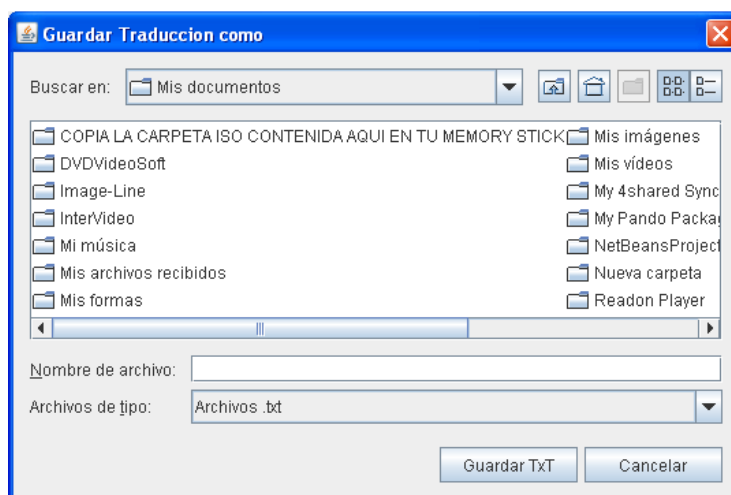


Figura 38. Guardar Traducción.

Una vez que el usuario ha escrito el nombre del archivo y da click en el botón "Guardar TxT", el sistema realiza la traducción de la consulta utilizando la gramática que fue diseñada para ello y dejando dicha traducción en el formato adecuado para

una Base de Datos Extensional. Una vez que el sistema realiza la traducción, le muestra al usuario el archivo en la pestaña "Traducción", y el usuario puede solo visualizar los hechos que conforman la Base de Datos Extensional resultado de la consulta que haya realizado. Así mismo, el usuario puede abrir el archivo de texto resultante de la traducción con cualquier programa que se lo permita (como el block de notas) y en la figura 40 se puede ver un ejemplo de los hechos que contiene un archivo de texto con la correcta traducción de una consulta a la tabla "Brigada". El archivo de texto que ahora contiene hechos que conforman una Base de Datos Extensional, puede ser utilizado por los otros módulos del sistema al cual este proyecto de tesis pertenece, pudiendo así inferir información sobre la zona que fue consultada.

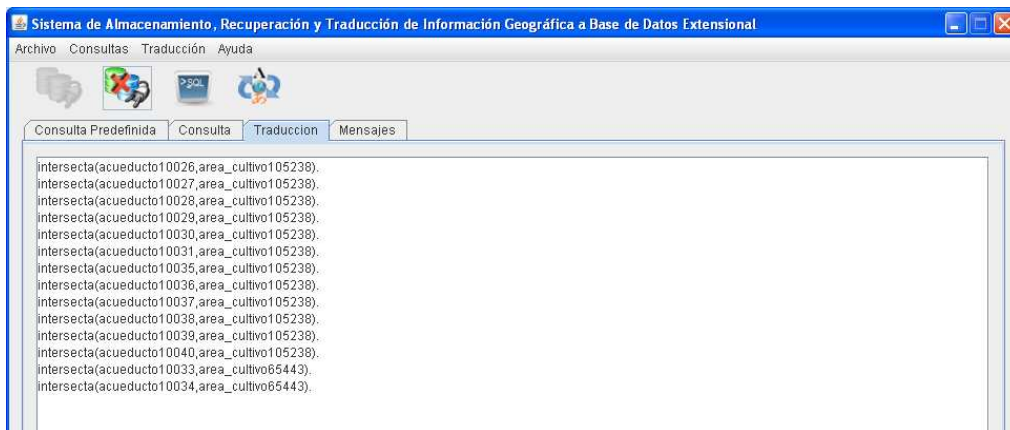


Figura 39. Traducción a hechos de una consulta.

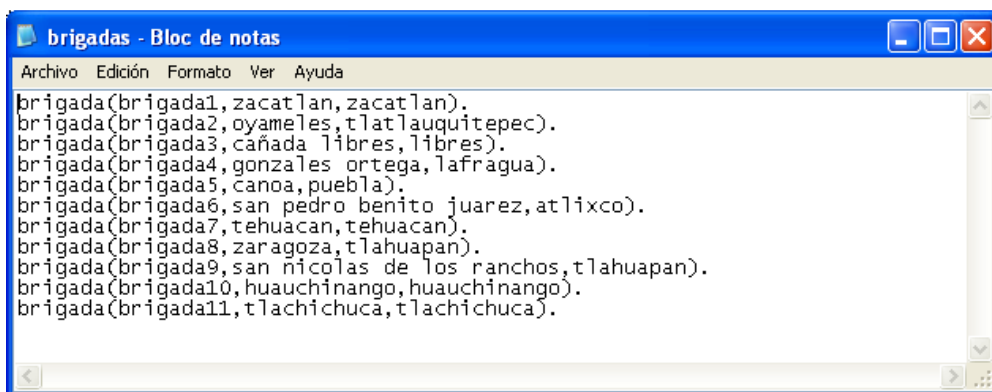


Figura 40. Archivo de texto que contiene los hechos resultantes de la traducción de la tabla "Brigada".

Resultados

Entre los principales resultados obtenidos en la tesis podemos encontrar que el usuario de la aplicación puede realizar de manera sencilla consultas con ayuda de la interfaz, ya que únicamente con botones y listas, seleccionando atributos y valores puede armar de forma rápida una consulta correctamente. Para lograr esto, primero se obtuvieron los metadatos de todas las capas del conjunto de datos adquirido al INEGI de manera que se pudiera comprender la estructura y relaciones que mantienen cada una de ellas para así poder filtrar los datos de interés para el sistema (como son acueductos, fuentes de agua, áreas urbanas, caminos, carreteras, canales de agua, puentes, etc.) y posteriormente poder importar dichos datos e implantar la Base de Datos Espacial en el servidor del sistema; posteriormente se diseñaron dos formas de realizar consultas, una general que permite consultar (proyección o selección) los datos de cada entidad, y otra predefinida, en la cual se diseñaron e implementaron una serie de consultas espaciales con ayuda de las operaciones que nos proporciona PostGIS y hacen uso de al menos dos tablas (joins), que permiten obtener información sobre los datos espaciales. Dichas consultas fueron optimizadas de forma que tras una serie de pruebas y comparaciones respecto a los tiempos, después de la optimización con ayuda del álgebra relacional, se obtuvieron mejores resultados en los tiempos de ejecución de los queries, garantizando así que al tener un gran conjunto de datos las consultas se realizaran de manera más eficiente. Una vez que las consultas se realizaron de forma satisfactoria se procedió a la definición de una gramática libre de contexto que permitiera traducir los resultados de cada consulta a sentencias bien formadas con el formato que tienen las Bases de Datos extensionales (hechos), en las que se incluye la información relevante y descriptiva de las entidades para cada registro resultante en la consulta. La gramática fue diseñada y definida para todas las sentencias diseñadas, de manera que sea de fácil comprensión como lo es la gramática de cualquier lenguaje de programación. La traducción de las consultas al formato que requiere una Base de Datos Extensional (hechos) se realiza de manera satisfactoria para todas las sentencias diseñadas.

Trabajo a Futuro

El presente proyecto de tesis forma parte del proyecto titulado “Sistema de Inferencia de información sobre la zona de riesgo para la toma de decisión de las brigadas de ataque de incendios” (llámese proyecto de origen) el cual está conformado por cuatro módulos que deben interactuar entre sí para poder obtener información relativa a los lugares donde se haya presentado algún incendio y que las brigadas de ataque deban movilizarse hacia dicho punto tengan un conocimiento previo sobre el lugar al que se dirigen y sobre la mejor ruta sugerida para tomar en caso de ser necesaria la evacuación de la zona.

Como trabajo futuro se proponen la complementación del presente proyecto de tesis con una parte gráfica dentro de la propia aplicación aquí desarrollada en implementada que permita al usuario (personal de la SMRN) la visualización gráfica de sus consultas en un mapa, de manera que el software que al final se obtenga tenga muchas más funcionalidades, ya que para un usuario normal puede resultar bastante útil visualizar en un mapa los resultados de sus consultas (como si se tratase del software de un Sistema de Información Geográfica) y así poder tener una perspectiva más amplia de las zonas consultadas en una misma aplicación, y la traducción de las consultas a hechos seguiría siendo útil e indispensable para los otros módulos del proyecto de origen. Para ello se proponen dos alternativas: realizar la implementación de la parte gráfica dentro del código del presente proyecto o complementar este proyecto de tesis con otro de los módulos del proyecto de origen, titulado “Sistema de modelado de Escenarios” que de igual manera fue desarrollado e implementado como una aplicación de software libre en lenguaje Java, es decir, que de ambas aplicaciones se haga una sola que permita la realización de las consultas de forma rápida a la Base de Datos Espacial y que la visualización de los resultados sea tanto en una tabla (como se hace hasta el momento) como gráficamente (que es la parte que se realizó en el otro módulo del proyecto de origen).

Conclusiones

El desarrollo de este sistema ha alcanzado los objetivos requeridos, ya que la aplicación en sí misma es fácil de utilizar y comprender, por lo que incluso usuarios con poco o nulo conocimiento sobre cómo realizar consultas a la Base de Datos Espacial pueden realizarlo sin mayor problema, ya que la aplicación guía al usuario a través de todo el proceso de armado de su consulta y está diseñada para que él se vea obligado a colocar en su query sentencias correctas con ayuda de botones y listas de manera sencilla para él.

Una de las partes más importantes en el desarrollo de este proyecto de tesis son la importación de los datos espaciales tal como se adquirieron del INEGI, ya que tras comprender cómo se conformaban los archivos que contenían los datos, con ayuda de los metadatos se comprendieron las relaciones que estos mantienen entre sí y la estructura de los mismos, y posteriormente se buscó y encontró la manera más eficiente para hacer uso de los datos que eran importantes para este proyecto (fuentes de agua, carreteras, caminos, puentes, etc.) y así importarlos a la Base de Datos Espacial que se implantó en el servidor del proyecto “Sistema de Inferencia de información sobre la zona de riesgo para la toma de decisión de las brigadas de ataque de incendios” al que pertenece este trabajo de tesis como uno de sus módulos. Para las futuras adquisiciones de datos del INEGI se puede encontrar todo este proceso con mayor detalle en el manual técnico de este proyecto.

Otra parte de suma importancia para este proyecto de tesis fue el diseño de una gramática libre de contexto que satisficiera los requerimientos del sistema al que pertenece este proyecto, ya que por una parte las sentencias debían poseer el formato que comúnmente se tiene para las Bases de Datos Extensionales y por otra la estructura de las sentencias bien formadas debían contener únicamente datos descriptivos de los registros resultantes de una consulta y tener un orden lógico o sintaxis de manera que los otros módulos que utilicen ese archivo de texto resultante puedan comprenderlo, para ello se realizó el diseño y detalló la estructura de cada

sentencia tendrá tras ser traducida en la aplicación, así, será fácil para los otros módulos comprender dicha gramática en base a la estructura que se ha diseñado.

Este proyecto de tesis ha dejado en lo personal, una experiencia de desarrollo de software tanto a nivel de implementación como de documentación, ya que al formar parte de un proyecto más grande que requiere la inferencia de información en busca de la mejor ruta que pueda seguir una brigada para combatir el fuego o la que deba tomar en caso de ser necesaria la evacuación, etc., se hizo necesario que cada parte de este sistema estuviese documentado de forma que para el desarrollo futuro que pueda tomar el “Sistema de Inferencia de información sobre la zona de riesgo para la toma de decisión de las brigadas de ataque de incendios” y en particular este “Sistema de Almacenamiento, Recuperación y Traducción de información geográfica a Base de Datos Extensional” se disminuya el trabajo respecto a la importación de los datos (ya que al tratarse de la parte del sistema que se encarga de la Base de Datos Espacial, es muy posible la futura adquisición de datos para poder inferir mayor información a partir de un conjunto cada vez más grande de datos) y se facilite la comprensión de la estructura gramatical de las sentencias que resultan de la traducción de las consultas a hechos por parte de los otros módulos del sistema, que requieran hacer uso de las traducciones para el desarrollo de sus tareas particulares.

Bibliografía y Referencias

[1] Fuente: México desconocido No. 257 / julio 1998

Fecha de Consulta: Febrero de 2010

[2] Nombre del Sitio: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual

Fecha de Consulta: Febrero de 2010

Dirección: http://www.wipo.int/wipo_magazine/es/2009/04/article_0008.html

[3] Nombre del Sitio: IDG Communications. Información On-line sobre tecnologías para empresas, profesionales y usuarios.

Fecha de Consulta: Febrero de 2010

Dirección: <http://www.idg.es/computerworld/La-tecnologia-como-arma-para-prevenir-incendios-fo/seccion-/noticia-59726>

[4] Nombre del Sitio: Planeta Azul, periodismo ambiental.

Fecha de Consulta: Febrero de 2010

Dirección: <http://www.planetaazul.com.mx/www/2010/02/11/conafor-usara-tecnologia-satelital-para-detectar-incendios/>

[5] Nombre del Sitio: Planeta Azul, periodismo ambiental.

Fecha de Consulta: Febrero de 2010

Dirección: <http://www.planetaazul.com.mx/www/2010/01/28/99-de-incendios-son-provocados-conafor/>

[6] Nombre del Sitio: Agencia ID, Investigación y Desarrollo. Periodismo en salud, ciencia y tecnología.

Fecha de Consulta: Febrero de 2010

Dirección: <http://www.invdes.com.mx/activacioncathistorial.asp?YearID=15&Year=2009&MesID=10&Mes=O ctubre&SubCategoriaID=1937&CategoriaID=3>

[7] Nombre del Sitio: GIS incendios forestales

Fecha de Consulta: Febrero de 2010

Dirección: <http://www.gisincendiosforestales.cl/sitiosinteres/sitiosinteres.php>

[8] Nombre del Sitio: Comunicación Social del gobierno del Estado de Puebla.

Fecha de Consulta: Febrero de 2010

Dirección: http://www.comunicacionsocial.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=17543&Itemid=60

[9] Nombre del Sitio: Red Latinoamericana de Teledetección e Incendios Forestales - RedLaTIF

Fecha de Consulta: Febrero de 2010

Dirección: <http://www.redlatif.org>

[10] Nombre del Sitio: México desconocido

Fecha de Consulta: Febrero de 2010

Dirección:<http://www.mexicodesconocido.com.mx/notas/3711-%C2%BFDe-qui%C3%A9n-es-el-bosque?>-
Los-incendios-forestales

[11] Nombre del Sitio: Detección de Incendios Forestales

Fecha de Consulta: Febrero de 2010

Dirección:<http://www.firedetect.noaa.gov/website/MexicoFire/viewer.htm>

[12] Elmasri, Ramez y Navathe, Shamkant B. *"Sistemas de Bases de Datos"*, Editoriakl Addison Wesley, Segunda Edición, Estados Unidos de América, 1997.

[13] Kendall & Kendall. *"Análisis y Diseño de Sistemas"*, Pearson Educación, Tercera Edición, México, 1997, pp. 585-590

[14] Date, C. J. *"Introducción a los Sistemas de Bases de Datos"*, Editorial Prentice Hall, Séptima Edición, México, 2001.

[15] Mena Frau Carlos, Ormazábal Rojas Yoni, Morales Hernández Yohana y Gajardo Valenzuela John. *"Spatial Accuracy in the creation of databases GIS, Raster and Vector models"*, Ingeniare Revista chilena de ingeniería, vol. 16 Nº 1, 2008, pp. 159-168

[16] Thomas M. Connolly y Carolyn E. Begg. *"Sistemas de Bases de Datos. Un enfoque práctico para diseño, implementación y gestión"*, Editorial Pearson Addison Wesley, 4º Edición, pp. 735, España, 2007.

[17] Keuffel Warren. *"Battle of the Modeling Techniques: A look at the Three Most Popular Modeling Notation for Distilling the Essence of Data"*, DBMS 9, No. 9, Agosto, 1996.

[18] M. Butenuth, G. Gösseln, M. Tiedge, Ch. Heipke, U. Lipeck and M. Sester. *"Integration of heterogeneous geospatial data in a federated database"*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.

[19] J. Bosque. *"Sistemas de Información Geográfica"*. Rialp S.A. Segunda Edición, p. 439. Madrid, España. 1997.

[20] C. Mena. *"Geomática para la ordenación del territorio"*, Editorial Universidad de Talca, Chile, p. 316. 2005.

[21] Y. Lee, Z. Li and Y. Li. *"Taxonomy of space tessellation"*, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. 55, pp. 139-149. 2000

[22] M. DeMers. *"GIS Modeling in Raster"*, John Wiley and Son, p. 208. New York, USA. 2001.

[23] M. Calvo. *"Sistemas de Información Geográfica Digitales. Sistemas Geomáticos"*. Vitoria: Instituto Vasco de Administración Pública y Fundación EUSKOIKER, p. 616. España. 1993.

[24] P. Burrough and R. McDonnell. *"Principles of Geographical Information Systems"*. Oxford University Press. New York, USA, pp. 333. 1998.

[25] H. Samet. *"Applications of spatial data structures: Computer graphics, image processing, and GIS"*. Addison-Wesley Longman Publishing Co. Inc, p. 507. Boston. 1990.

[26] Vicente González José Luis y Behm Chang Virginia. *“Consulta, edición y análisis espacial con ArcGIS 9.2”*, Junta de Castilla y León Consejería de Medio Ambiente, 2008

[27] Kothuri Ravi, Godfrind Albert y Beinat Euro. *“Pro Oracle Spatial for Oracle Database 11g”*, APRESS, United States of America, 2007.

[28] Nombre del Sitio: Satellite Imaging Corporation
Fecha de Consulta: Abril de 2010
Dirección: <http://www.satimagingcorp.com/svc/raster-vector.html>

[29] Nombre del Sitio: Aula TI
Fecha de Consulta: Abril de 2010
Dirección: <http://www.aulati.net/?tag=google-maps>

[30] Nombre del Sitio: Wikipedia
Fecha de Consulta: Abril de 2010
Dirección: http://es.wikipedia.org/wiki/Proyecci%C3%B3n_conforme_de_Lambert;
http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Transverse_Mercator_coordinate_system

[31] Nombre del Sitio: National Geo-spatial Intelligence Agency
Fecha de Consulta: Abril de 2010
Dirección: <http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tm8358.1/tr83581b.html#ZZ18>

[32] Harmon John E., Anderson Stephen J. *“The desing and implementation of Geographic Information Systems”*, Edit. John Wiley and Sons Inc., United States of America, 2003, pp. 71, 72.

[33] Lockhart Thomas. *“Manual de usuario de PostgreSQL”*, Postgres Global Development Group, 1999.

[34] Sethi, Aho. *“Compiladores, Principios, Técnicas y Herramientas”*,

[35] Pressman Roger. *“Ingeniería de Software, un enfoque práctico”*, Editorial Mx Graw Hill, Quinta Edición, España, 2002.

[36] Weitzenfeld Alfredo. *“Ingeniería de Software Orientada a Objetos con UML, Java e Internet”*, Editorial Cengage (Thomson) Learning, Septiembre, 2004

[37] Nombre del Sitio: Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC
Fecha de Consulta: Mayo 2010
Dirección: http://www.igac.gov.co:8080/igac_web/UserFiles/File/ciaf/TutorialSIG_2005_26_02/paginas/bd_basededatosespacial.htm