

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Posgrados

**Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica Web con
OpenGIS para administrar los centros de educación en Ecuador**

Iván Patricio Ortega Salas

Richard Resl, Ph.Dc., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Magister en Sistemas de Información Geográfica

Quito, octubre de 2013

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Posgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica Web con
OpenGIS para administrar los centros de educación en Ecuador**

Iván Patricio Ortega Salas

Richard Resl, Ph.D.
Director de Tesis

Anton Eitzinger, Ms.
Miembro del Comité de Tesis

Richard Resl, Ph.D.
**Director de la Maestría en Sistemas
de Información Geográfica**

Stella de la Torre, Ph.D.
**Decana del Colegio de Ciencias
Biológicas y Ambientales**

Víctor Viteri Breedy, Ph.D.
Decano del Colegio de Posgrados

Quito, octubre de 2013

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Iván Patricio Ortega Salas

C. I.: 1713753711

Quito, octubre de 2013

DEDICATORIA

*A mi madre quien siempre me apoya y confía en mí
A mi esposa y mis hijos, quienes son mi impulso y mi fuerza para luchar a ser mejor cada día.
A toda mi familia quienes de una u otra manera ayudaron a que este sueño se pueda cumplir.*

RESUMEN

El uso de los sistemas de información geográfica ha ido creciendo en los últimos años y se ha convertido en una herramienta importante en la toma de decisiones de las instituciones y empresas. En este trabajo de investigación se presenta el desarrollo de un software web que permite la administración geográfica de los centros educativos del Ecuador.

El SIG de gestión educativa desarrollado en este proyecto proporciona un análisis geográfico a nivel de provincias y cantones de: la cantidad de establecimientos educativos, la relación de alumnos por docente y la proporción del número de alumnos por centro educativo. A través de este programa se puede determinar las provincias y cantones que se encuentren con escasez o exceso de docentes o planteles educativos.

La aplicación ha sido desarrollada con herramientas open source; se ha utilizado las siguientes tecnologías: java, hibernate spatial, spring, gwt, geomajas, postgis, tomcat y uml. En la etapa de diseño los diagramas han sido elaborados utilizando uml. La información espacial ha sido migrada desde archivos shp hacia una base de datos espacial de postgis.

La potencia de los sistemas de información geográfica a través de la web ha mejorado con el uso de nuevas tecnologías open gis lo cual se demuestra en este trabajo ya que el programa no solamente permite visualizar los centros educativos sino que permite la búsqueda, creación, edición y eliminación de instituciones educativas utilizando el servicio de libre acceso de Open Street Map y los componentes de tecnología open gis.

ABSTRACT

The use of geographical information systems has been increasing in recent years and has become an important tool in making decisions of the institutions and companies. In this research work presents the development of a web software that allows geographic management schools of Ecuador.

The GIS education management developed in this project provides a geographical analysis concerning provinces and cantons of: the number of schools, the ratio of students per teacher and the ratio of the number of students per school. Through this program can determine the provinces and districts that are in shortage or excess of teachers or schools.

The application has been developed with open source tools; was used the following technologies: java, hibernate spatial, spring, gwt, geomajas, postgis, tomcat and uml. In the design phase diagrams were prepared using uml. The spatial information has been migrated from shp files to a spatial database postgis.

The power of geographic information systems via the web has improved with the use of new technologies open gis which is demonstrated in this work because the program can display not only schools but also the search,, creation, edition and elimination of educational institutions using the open access service of Open Street Map and open gis technology components.

Tabla de Contenido

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA.....	15
1.1 Introducción	15
1.2 Antecedentes	16
1.3 El problema	19
1.4. Objetivos	22
1.4.1. Objetivo General	22
1.4.2. Objetivos Específicos:.....	22
1.5 Hipótesis.....	22
1.6 Preguntas de investigación	24
1.7 Contexto y marco teórico.....	25
1.7.1 El propósito del estudio.	26
1.7.2 El significado del estudio.....	27
1.8 Presunciones del autor del estudio.....	27
1.9 Supuestos del estudio.	27
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.	29
2.1. Sistemas de Información Geográfica.	29
2.1.1. Origen de los SIG.	29
2.1.2. Componentes de los SIG.	30
2.1.3. Aplicaciones de los SIG.....	33
2.2. Open GIS.....	35
2.3 Bases de Datos Espaciales.....	43
2.3.1 Bases de Datos Relacionales.	43

2.3.2 Bases de Datos Espaciales.....	44
2.3.3 Postgis.....	44
2.4. Desarrollo de Sistemas de Información.....	45
2.4.1. Fases Tradicionales del Desarrollo de Software.....	45
2.4.2. UML.....	46
2.4.3. MSF.....	46
2.5. GIS en la Educación.....	47
2.5.1. La Educación.....	47
2.5.2. Software Educativo.....	47
2.5.3. Sistemas de Información Geográficos para Administrar la Educación.....	48
3. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	49
3.1. Justificación de la metodología seleccionada.....	50
3.2. Herramientas de investigación utilizadas.....	50
3.2.1. Hardware.....	50
3.2.2. Software.....	51
3.3. Descripción del entorno del experimento.....	51
3.3.1. Género.....	51
3.3.2. Características especiales relacionadas con el estudio.....	51
3.4. Fuentes y recolección de datos.....	52
3.4.1. Adquisición de la información geográfica de los centros educativos del Ecuador.....	52
3.4.2. Adquisición de la información geográfica de las provincias y cantones del Ecuador....	55
3.4.3 Resumen de la información geográfica obtenida.....	59
3.5. Desarrollo del Sistema de Información Geográfica.....	59
3.5.1. Análisis del SIG Web de Educación.....	59
3.5.2. Diseño del SIG Web de Educación.....	64

3.5.3 Implementación del SIG Web de Educación.	81
3.5.4 Pruebas del SIG Web de Educación.....	85
4. ANÁLISIS DE DATOS.....	94
4.1 Detalles del Análisis.....	94
4.1.1. Número de Centros por Provincia.....	94
4.1.2. Número de Centros por Cantón.....	97
4.1.3. Número de Alumnos por Centro Educativo (Provincial).....	101
4.1.4. Número de Alumnos por Centro Educativo (Cantonal).....	103
4.1.5. Número de Alumnos por Docente (Provincial).....	107
4.2 Importancia del Estudio.	113
5. CONCLUSIONES.....	115
5.1. Respuesta a las preguntas de investigación.....	115
5.2. Limitaciones del Estudio.....	116
5.3. Recomendaciones para futuros estudios.....	116
6. MATERIAL DE REFERENCIA.....	118
6.1. Referencias.....	118
6.2. Anexos.....	121
6.2.1. Anexo A: Manual de Instalación.....	121
6.2.2. Anexo B: Migración de los datos geográficos de SHP a Postgis.....	129

Lista de Figuras

Figura 1. Componentes de un Sistema de Información Geográfica	30
Figura 2. Portal del Sistema Nacional de Información.	52
Figura 3. Enlace a los datos geográficos de los centros educativos.	53
Figura 4. Guardar el archivo CENTRO EDUCATIVO de tipo rar.....	53
Figura 5. Contenido después de descomprimir el archivo CENTRO EDUCATIVO.rar.	54
Figura 6. Contenido después de descomprimir el archivo CENTRO EDUCATIVO.rar. ...	54
Figura 7. Portal del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.	55
Figura 8. Sección de la división político administrativa del Ecuador dentro del portal del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.	55
Figura 9. Lista de los datos geográficos de la División Político Administrativa se escoge la del año 2012.....	56
Figura 10. Descarga del SHAPEFILE Nacional por Provincias Actualizada al 31-12-2012.	56
Figura 11. Guardar el archivo 2012_nacional_por_provincias.zip.	57
Figura 12. Contenido después de descomprimir el archivo 2012 nacional por provincias.zip.	57
Figura 13. Descarga del SHAPEFILE Nacional por Cantones Actualizada al 31-12-201258	
Figura 14. Guardar el archivo 2012_nxcantones.zip.	58
Figura 15. Contenido después de descomprimir el archivo 2012_nxcantones.zip.....	59
Figura 16. Modelo de casos de uso del SIG de gestión educativa de Ecuador.....	63
Figura 17. Diagrama de secuencia Gestión de Centros Educativos.....	72
Figura 18. Diagrama de secuencia Consulta Número de Centros Educativos por Provincia.	73
Figura 19. Diagrama de secuencia Consulta Número de Centros Educativos por Cantón.	74

Figura 20. Diagrama de secuencia Consulta Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Provincia.	75
Figura 21. Diagrama de secuencia Consulta Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Cantón.	76
Figura 22. Diagrama de secuencia Consulta Número de Alumnos por Docente de cada Cantón.....	77
Figura 23. Diagrama de secuencia Consulta Número de Alumnos por Docente de cada Cantón.....	78
Figura 24. Diseño de clases.	79
Figura 25. Modelo Entidad - Relación.....	80
Figura 26. Creación de la base de datos geográfica app.	81
Figura 27. Código fuente en Eclipse	85
Figura 28. Ejecución del SIG Web en una laptop Toshiba.	86
Figura 29. Ejecución del SIG Web en un computador de escritorio.	87
Figura 30. Ejecución del SIG Web en una tablet Samsung Galaxy.	87
Figura 31. Ejecución del SIG Web en una iPad 3ra generación.	88
Figura 32. Activar de Capa.	89
Figura 33. Desactivar Capa.	89
Figura 34. Activar etiquetas	90
Figura 35. Desactivar etiquetas.....	90
Figura 36. Formulario de Búsqueda.....	91
Figura 37. Centro educativo encontrado	91
Figura 38. Información de los atributos de un centro educativo.	91
Figura 39. Ingreso de información de los atributos de un centro educativo.	92
Figura 40. Centro educativo creado	92
Figura 41. Selección del centro educativo a eliminar.	93
Figura 42. Centro educativo eliminado.	93

Figura 43. Mapa del Número de centros por Provincia.....	95
Figura 44. Mapa del Número de Centros por cantón.	98
Figura 45. Número de centros por cantón con acercamiento y etiquetas.....	99
Figura 46. Mapa del Número de Alumnos por Centro Educativo (Provincial).	101
Figura 47. Mapa del Número de alumnos por centro a nivel cantonal.	104
Figura 48. Mapa del Número de alumnos por centro a nivel cantonal (Aumento y etiquetas).....	105
Figura 49. Mapa del Número de alumnos por docente a nivel provincial.	108
Figura 50. Mapa del Número de alumnos por docente a nivel cantonal.	110
Figura 51. Mapa del Número de alumnos por docente a nivel cantonal (Aumento y etiquetas).....	111

Lista de Tablas

TABLA 1. Información de los datos geográficos de los archivos descargados.....	59
TABLA 2 Modelo de casos de uso, funciones que el actor puede ejecutar sobre el SIG.	62
TABLA 3. Provincias con mayor número de centros educativos.....	96
TABLA 4. Provincias con menor número de centros educativos.....	97
TABLA 5. Cantones con mayor número de centros educativos.....	100
TABLA 6. Cantones con menor número de centros educativos.....	100
TABLA 7. Relación de alumnos por centro a nivel provincial.....	103
TABLA 8. Cantones con menor número de alumnos por centro educativo.....	106
TABLA 9. Cantones con mayor número de alumnos por centro educativo.....	107
TABLA 10. Número de alumnos por profesor a nivel provincial .	109
TABLA 11. Cantones con menor número de alumnos por docente.....	112
TABLA 12. Cantones con mayor número de alumnos por docente.....	113

1. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA

1.1 Introducción

Desde hace mucho tiempo los establecimientos de educación primaria y secundaria no han estado ubicados geográficamente de manera proporcional; este problema se ha tratado de ir solucionando con el pasar de los años por parte de las entidades encargadas de la administración de la educación a través de censos y estudios; por lo que en los últimos años en algunas escuelas y colegios se ha llegado al punto de dar preferencia en las matrículas a los estudiantes que viven más cerca del centro educativo. Sin embargo el problema no es tan simple ya que en la educación están involucrados muchos aspectos como por ejemplo: número de profesores, número de estudiantes, número de aulas, calidad de la educación, suministros escolares de los estudiantes, servicios básicos de la institución educativa, calidad de la infraestructura, instalaciones, número de áreas deportivas, número de áreas recreativas, entre otros. Este trabajo consiste en desarrollar un sistema de información geográfica open source que permita gestionar de manera organizada, flexible y sencilla la ubicación de los establecimientos educativos en el Ecuador y su relación con los diferentes aspectos educativos; con la finalidad de tener las mejores instituciones educativas ubicadas geográficamente de manera uniforme en el país para que la mayoría de estudiantes tenga acceso a una buena educación sin importar el lugar en el que viva.

En este documento al lector se le presentará: los antecedentes, el problema, los objetivos, la hipótesis y los supuestos del trabajo de investigación. A continuación se realizará la revisión de literatura y marco teórico de las tecnologías,

metodologías, conceptos y bases de datos necesarios para el desarrollo de un sig en la educación. También se le mostrará al lector la metodología y diseño de la investigación que abarca principalmente las fases del desarrollo del sig de administración educativa. Lo siguiente que contiene este documento es el análisis detallado de los datos, las conclusiones, las recomendaciones y finalmente las referencias.

1.2 Antecedentes

La educación a través del tiempo ha tenido varios cambios y ha ido evolucionando con el propósito de mejorar y estar disponible para la mayoría de estudiantes del país; sin embargo el problema es complejo y proviene del rápido crecimiento poblacional que se produce en todas las áreas geográficas del país. Para satisfacer la gran demanda en educación los gobiernos e instituciones del estado han implementado varias acciones por ejemplo el ministerio de educación en enero del año 2010 implantó la reorganización territorial que plantea lo siguiente:

” El Nuevo Modelo de Gestión Educativa (NMGE) es un proyecto que inició su gestión en enero de 2010, y plantea la reestructuración del Ministerio de Educación para garantizar y asegurar el cumplimiento del derecho a la educación. Es decir, busca influir de manera directa sobre el acceso universal y con equidad a una educación de calidad y calidez, lo que implica ejecutar procesos de desconcentración desde la Planta Central hacia las zonas, distritos y circuitos, para fortalecer los servicios educativos y aproximarlos hacia la ciudadanía, atendiendo las realidades locales y culturales ” (Ministerio de Educación del Ecuador, 2010) <http://educacion.gob.ec/category/reorganizacion-territorial-i/>. Consultado el 4 de Mayo de 2013.

En la actualidad la meta es brindar establecimientos educativos a la mayoría de alumnos del país inclusive a quienes se encuentran en zonas aisladas; para cumplir con este propósito las organizaciones educativas como el ministerio de educación deben apoyarse en la tecnología específicamente en el uso de sistemas de información geográfica. En los años 60 y 70 fue el origen de los sistemas de información geográfica desde entonces han ido evolucionando. Los SIG en la actualidad son una pieza fundamental para que los gobiernos puedan administrar de manera óptima los servicios que se brinda a la sociedad como: salud, educación, administración catastral, control del tráfico, seguridad, construcción, mantenimiento de vías, protección ambiental, servicios básicos y muchos más. *“La tecnología GIS, estructuras de datos y las técnicas analíticas se van integrando progresivamente en una amplia gama de operaciones de gestión y toma de decisiones. Numerosos ejemplos de las aplicaciones de los SIG están disponibles en diferentes periódicos y son temas frecuentes de presentaciones en conferencias de ciencias naturales y sociales.”* (Fazal, 2008).

La investigación de este trabajo se justifica en hacer uso de los SIG para ubicar geográficamente a las escuelas y colegios; obteniendo datos estadísticos de algunos aspectos educativos los mismos que servirán para realizar un análisis espacial y obtener conclusiones y recomendaciones que permitirán mejorar la gestión de las instituciones encargadas de la administración educativa.

Los SIG proporcionan grandes beneficios al ser aplicados en la educación. Los SIG permiten identificar lugares en donde hace falta centros educativos, definir líneas de transporte escolares, establecer lugares óptimos para la construcción de bibliotecas, museos y áreas deportivas para los estudiantes

Para mejorar la educación en el país siempre ha sido de gran ayuda realizar censos y estadísticas; por lo que sería de gran ayuda utilizar los SIG para determinar áreas geográficas con exceso o escasez de instituciones educativas. Otro punto importante es identificar el tipo de institución educativa es decir determinar geográficamente si un establecimiento de enseñanza es público o privado ya que a lo largo de la educación en el país se ha podido apreciar una gran diferencia entre estos 2 tipos de educación; aunque con el pasar de los años y en la actualidad este tramo entre la educación pública y privada se ha ido acortando, en este tiempo se puede encontrar escuelas y colegios públicos de gran calidad que tienen muy buena infraestructura. Si se maneja esta clasificación con la ayuda de un SIG se podrá determinar en qué zonas, ciudades o provincias del país hacen falta centros educativos de tipo público o privado.

En años pasados se ha descuidado la educación especial, la que en la actualidad se está tratando de mejorar; entonces para apoyar a una distribución geográfica óptima es necesario identificar y analizar con un SIG la ubicación de centros de educación para personas especiales ya que se debe brindar las mismas oportunidades de aprendizaje a todas las personas sin discriminación ya que la educación debe ser inclusiva y todos tienen derecho a aprender.

Después de haber revisado todos estos antecedentes de la educación en el país; se justifica el trabajo con SIG ya que se podrá realizar el ingreso de las instituciones educativas en una base de datos geográfica para posteriormente visualizar las escuelas y colegios en un mapa vía web para realizar análisis y utilizar el SIG como el principal instrumento para la realización de la toma de decisiones a nivel educativo en el país.

Dentro del campo de los sistemas de información geográfica hay una tendencia llamada open gis que ha ido creciendo rápidamente en estos últimos años en gran medida por la ayuda del internet y de varios proyectos basados en tecnologías open source. Se pueden mencionar varias herramientas utilizadas para open gis que han ido apareciendo: para el manejo de base de datos espaciales es de gran apoyo las funcionalidades brindadas por postgresql y postgis, para la programación de aplicaciones gis de escritorio es de gran ayuda java y geotools, para el desarrollo de aplicaciones web o geoportales es de gran utilidad tecnologías como tomcat, apache, java, php, web map services, web feature services, web mapping y hacer uso de estándares del Open Geospatial Consortium.

1.3 El problema

El acceso a una buena educación para cualquier alumno de primaria o secundaria en el país sin importar el lugar geográfico en el que se encuentre ha sido por mucho tiempo un gran problema que las autoridades estatales han tratado de ir solucionando; sin embargo no se hacía uso de datos de información geográfica. En los últimos años se ha realizado un levantamiento de información geográfica de los planteles educativos en el país y por esta razón en la actualidad se puede obtener esta información del sitio web del Sistema Nacional de Información SNI en formato de shp en el siguiente enlace:

<http://www.sni.gob.ec/web/guest/coberturas>.

Es positivo que se busque apoyo en la información espacial para mejorar la educación; el problema se presenta en utilizar de manera apropiada la

información recopilada e integrarla en un Sistema de Información Geográfica para realizar la mayor cantidad de análisis y de esa manera tomar las mejores decisiones para mejorar la distribución de la ubicación geográfica de escuelas y colegios en el país. Con el objetivo de solucionar este problema y de aprovechar de la mejor forma la información disponible en este trabajo de investigación se implementará un SIG utilizando tecnologías de información open source ya que estas herramientas de información cada vez son acogidas mayoritariamente sobre todo por instituciones del sector público; al utilizar un SIG se podrán hacer consultas de manera dinámica a diferencia de tener la información solamente en mapas de forma estática. Las mejoras que se quieren realizar por la administración actual en el aspecto educativo son positivas para lo cual se menciona los siguientes datos del año 2012: *“En 2012 fueron atendidos 1.350 establecimientos educativos. Asimismo, se construyeron y pusieron en funcionamiento 18 Unidades Educativas del Milenio, de este tipo de instituciones 27 están en etapa de construcción y 58 en planeación”* (Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica [andes], 2013) <http://www.andes.info.ec/es/actualidad/ecuador-apuntala-talento-humano-traves-conocimiento-educacion.html>. Para mejorar esta planificación en educación sería un gran valor agregado hacer uso de un sistema de información geográfica como una herramienta para la toma de decisiones.

El problema principal que se debe tratar de resolver con la gestión de un SIG es la distribución geográfica inequitativa de escuelas y colegios en el país de algunas zonas geográficas. Para un manejo óptimo de los datos se debe utilizar una base de datos geográfica para seguir la tendencia del open source en este trabajo se utilizará la base de datos Postgis.

Para el desarrollo del SIG se utilizará el lenguaje de programación java apoyándose proyectos open source como: hibernate spatial, geotools, gwt y geomajas.

Para presentar la información a los usuarios de manera sencilla y poder analizar el problema se utilizará una visualización a través de un servidor web Tomcat para que se pueda observar la información geográfica de los planteles educativos a través de navegadores como internet explorer, mozilla, safari, google chrome entre otros.

Con el uso del SIG a más de visualizar las ubicaciones geográficas también se pueden realizar consultas a través de sus atributos espaciales y no espaciales e incluso formular consultas complejas en las que se mezcle lo espacial y no espacial de esta manera el SIG se convierte en un gran apoyo para tomar medidas y decisiones basadas en un análisis estadístico.

“¿Para qué un SIG en el sector educativo? Esta es la plataforma tecnológica que integra cobertura, calidad e infraestructura, entre otras variables que hacen referencia al sector educativo nacional y que apoya la toma de decisiones de las entidades territoriales (secretarías de educación), instituciones de educación, alcaldías, gobernaciones y otros entes que desarrollan estrategias y operaciones en el sector”. (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2013)
<http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-190792.html>.

De las investigaciones realizadas existe una deficiencia a nivel mundial en la implementación de un sistema de información geográfica web dinámico utilizando open gis para educación ya que la mayoría de proyectos se basa en SIG con funcionalidades estáticas o visualizadores web los cuales no permiten editar o

agregar nuevos centros educativos directamente en el mapa a través del browser del SIG.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar y desarrollar un sistema de información geográfica que permita administrar, visualizar y consultar centros educativos primarios y secundarios en el Ecuador, utilizando tecnologías de Open Source.

1.4.2. Objetivos Específicos:

- Analizar el número de institutos educativos y docentes a nivel de cantones y provincias.
- Obtener un mapa interactivo que permita a los usuarios realizar consultas de forma fácil y sencilla.
- Administrar la información espacial y no espacial de los centros educativos.
- Utilizar herramientas open source para el desarrollo del sistema geográfico de administración de centros educativos.
- Almacenar los datos del SIG en una base de datos geográfica.

1.5 Hipótesis

En este trabajo de investigación la hipótesis principal es: El desarrollo y uso de un sistema de información geográfica web mejora la planificación de la educación primaria y secundaria en el Ecuador.

Una hipótesis de las principales causas para que en varias zonas geográficas del país exista una distribución inequitativa se debe a que no se realiza un análisis geoestadístico profundo y de forma dinámica para lo cual se plantea como una

hipótesis de solución la utilización de un sistema de información geográfica web open gis ya que al ser un SIG que utiliza la web facilita el acceso de los usuarios al sistema ya que no tienen que instalar ningún programa cliente en su computador y simplemente abriendo un navegador de internet pueden acceder a la visualización y administración de la información geográfica y de sus atributos.

Es importante determinar los planteles educativos que se encuentran en una provincia y su distribución geográfica así como también su número de profesores para evitar que existan escuelas o colegios donde la cantidad de estudiantes asignados a un profesor sea excesiva mientras que en otros establecimientos educativos el número de alumnos por profesor y aula sea poca. Para optimizar el rendimiento y la distribución espacial de instituciones educativas para niños y jóvenes es recomendable apoyarse en sistemas de información geográfica los cuales ayudan a identificar los posibles sectores geográficos en donde se esté distribuyendo de manera correcta los sitios educativos y también en donde se organice de forma no muy adecuada a los planteles educativos.

Al hacer uso de tecnologías open gis en el desarrollo del sistema de información geográfica de educación se tiene un gran beneficio en la disminución de costos ya que los SIG propietarios por lo general tienen precios muy altos; pero la ventaja no es solamente en el aspecto económico sino también en el utilizar librerías, framework, base de datos y estándares abiertos que facilitan el mantenimiento y la integración de los SIG con otros sistemas de información.

Otro beneficio de los open gis es poder seleccionar una gama de productos para trabajar de forma independiente en cambio con el software propietario se está dependiente de la arquitectura y extensiones de archivo impuestos por las empresas dueñas de los sig que nos son libres lo que puede complicar la

integración de los sistemas de información geográfica con otros sistemas de información internos o externos; ya que se tienen que desarrollar interfaces adicionales o utilizar librerías propias del sig que no es abierto.

En este trabajo de investigación para apoyar el desarrollo de la hipótesis se empleará la base de datos geográfica postgis que proporciona un amplio conjunto de funciones que permiten ejecutar consultas espaciales y no espaciales las mismas que ayudarán a construir varios filtros para obtener centros educativos que cumplan requisitos específicos y también para clasificar a cada provincia en una determinada categoría dependiendo del promedio global de la agrupación de las instituciones educativas después de cuantificar algún atributo. *“Postgis tiene numerosas funciones que no se encuentran ni siquiera en oferentes comerciales. En general tiene más formatos de salidas que las ofertas comerciales y su velocidad es igual o a veces superior que los comerciantes comunes de necesidades espaciales”* (Obe & Hsu, 2011).

Los sig abiertos tienen un gran potencial al apoyarse en las definiciones del OGC Open Geospatial Consortium cuyo objetivo es la integración entre sig y el uso de estándares abiertos para facilitar el intercambio de información geográfica entre usuarios y sistemas.

1.6 Preguntas de investigación

- Cómo y hasta qué punto los sistemas de información geográfica mejoran la organización de la ubicación de los centros educativos en el país ?.

Para responder esta pregunta se debe realizar una comparación entre el análisis que se puede desarrollar con información no espacial de los planteles educativos y con las diferentes consultas y análisis dinámicos que se pueden realizar sobre la

información geográfica a través del uso de los SIG. Se debe determinar si con el uso de SIG se pueden clasificar las provincias de acuerdo a los atributos de las escuelas y colegios del Ecuador.

Para apoyar la respuesta de investigación se debe desarrollar un sig que permita ubicar geográficamente a cada escuela y colegio del Ecuador. El sig también debe facilitar la generación de reportes cuantitativos.

- Cómo y hasta qué punto los centros educativos de las provincias del Ecuador tienen una relación equitativa entre número de estudiantes y número de profesores ?.

En esta pregunta se debe analizar cuantitativamente la relación entre número de estudiantes sobre número de profesores para identificar las provincias que contienen centros educativos con un número adecuado de profesores y cuales provincias tienen escasez de profesores.

1.7 Contexto y marco teórico.

- Para considerar el problema de este trabajo de investigación se utiliza el siguiente contexto:
- Un servidor web de aplicaciones Tomcat el cual permite desplegar el proyecto web el mismo que debe tener agrupadas todas las librerías en un archivo final que debe tener una extensión war.
- Una base de datos geográfica postgres con la extensión postgis, para almacenar los datos espaciales y no espaciales.
- El lenguaje de programación que se utilizará en todas las capas de la aplicación será java ya que posee una gran portabilidad y es orientado a objetos.

- La construcción del SIG se la realizará utilizando el IDE de desarrollo eclipse.
- Se utilizará una capa de fondo raster que se integre con el SIG y que muestre las calles, ciudades y provincias utilizando la información geográfica de open street map.
- Para la persistencia y la ejecución de queries espaciales y no espaciales entre la aplicación y la base de datos geográfica se utilizará hibernate spatial.
- Para controlar la capa de negocio el sig se apoyará en spring framework por su gran desempeño y es fácilmente reusable.
- La capa de presentación y visualización se desarrollará utilizando librerías de GWT google web toolkit ya que permite ocultar la complejidad de ajax y de java script; además su diseño gráfico es muy amigable.
- El framework principal que se utilizará para agrupar todos los componentes antes mencionados será geomajas que es un proyecto creado en Bélgica que contiene sus propias librerías java y organiza el funcionamiento de todas las capas del sistema de información geográfica web permitiendo a los desarrolladores extender su código y cambiar las necesidades de acuerdo a los requerimientos específicos del SIG.

1.7.1 El propósito del estudio.

Se desea comprobar o no el impacto de un Sistema de Información Geográfica Web para mejorar la administración la educación en el Ecuador.

Desarrollar un SIG que permita visualizar y ubicar geográficamente las escuelas y colegios en el territorio ecuatoriano.

Evaluar el desempeño y flexibilidad del SIG desarrollado principalmente con el framework geomajas, spring, gwt, postgis, java, hibernate spatial y tomcat.

1.7.2 El significado del estudio.

Este estudio es de gran importancia para instituciones que tengan relación con la gestión educativa ya que permitirá proporcionar un sistema web con una tecnología diferente y libre para que se puedan realizar análisis estadísticos y espaciales de los centros educativos del Ecuador. Este proyecto de investigación también será útil para desarrolladores de aplicaciones GIS que deseen aplicar nuevas tecnologías de open gis pueden tomar como referencia este estudio y considerar las conclusiones y recomendaciones finales.

1.8 Presunciones del autor del estudio.

- Se presume que los datos que se obtendrán del sistema nacional de datos no son muy antiguos y la posición geográfica de las escuelas y colegios es la más aproximada.
- Las versiones de software de los componentes open source que se descargan para la realización de este trabajo de investigación se presume que son las más actuales y se cambiarán solamente si existen problemas de compatibilidad.
- Se presume que todos los libros, revistas, artículos y demás fuentes de información que se utilizan en este proyecto tienen contenido que pretenden mayoritariamente reflejar la verdad basados en experimentos e investigaciones comprobables.

1.9 Supuestos del estudio.

- Se supone que las tecnologías de open source: tomcat, java, spring, hibernate spatial, ogc, postgis, geomajas, eclipse y gwt permiten obtener como producto

final un sistema de información geográfica web que presente las escuelas y colegios del Ecuador.

- Otro supuesto se basa en que al utilizar tecnologías open gis se genera un sig web que maneje formas y colores para representar a los objetos espaciales y sea amigable para el usuario de la aplicación. De las investigaciones realizadas se supone que este trabajo de investigación y desarrollo es uno de los primeros que se realiza utilizando open gis en el campo de la educación.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.

2.1. Sistemas de Información Geográfica.

Los SIG son sistemas informáticos que permiten: administrar, actualizar, visualizar y manejar la información geográfica. *“Un Sistema de Información Geográfica es una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñada para capturar, almacenar, manejar, analizar, modelar y representar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión”* (Sastre, 2010). En esencia los SIG son tecnologías que haciendo uso de los computadores almacenan los datos geográficos de las entidades y sus atributos en bases de datos espaciales para consultar y presentar los objetos en interfaces gráficas permitiendo a los usuarios resolver las preguntas de ¿qué elemento existe en un punto geográfico? o ¿dónde está una entidad en la superficie de la tierra?.

Los SIG son un soporte para la toma de decisiones para resolver un problema relacionado con aspectos geográficos cuantitativos o cualitativos.

2.1.1. Origen de los SIG.

Desde hace muchos años antes de la aparición de las computadoras los seres humanos han tratado de representar la información geográfica de una forma gráfica en mapas. Los primeros mapas desarrollados por cartógrafos servían para mostrar principalmente geología, topología y rutas.

“El pionero de la epidemiología, el Dr. John Snow proporcionaría, allá por 1854, el clásico ejemplo de este concepto cuando cartografió la incidencia de los casos de cólera en un mapa del distrito de Soho en Londres. Este protoSIG permitió a Snow localizar con precisión un pozo de agua contaminado como fuente causante

del brote.” (Sastre, 2010). Este pequeño ejemplo muestra el gran potencial que se podía tener al realizar análisis geográfico por lo que para la solución de varios problemas relacionados con entidades espaciales se acudía a los mapas.

La presentación de los mapas a través de computadoras se inició en la los años 60, en 1969 se forma la empresa ESRI, en 1970 existe un dominio del laboratorio de Harvard, en los años 80 y 90 se realiza la comercialización y los SIG se convierten en un gran negocio, a partir del año 2000 empieza la era de la explotación y actualmente los SIG siguen evolucionando y creciendo con la ayuda del internet, dispositivos móviles, GPS y OpenGIS. La mayoría de entidades públicas y privadas hacen grandes inversiones en la obtención de datos y en el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica.

2.1.2. Componentes de los SIG.

Los componentes de los sistemas de información geográfica se detallan a continuación y se muestran en la figura 1.

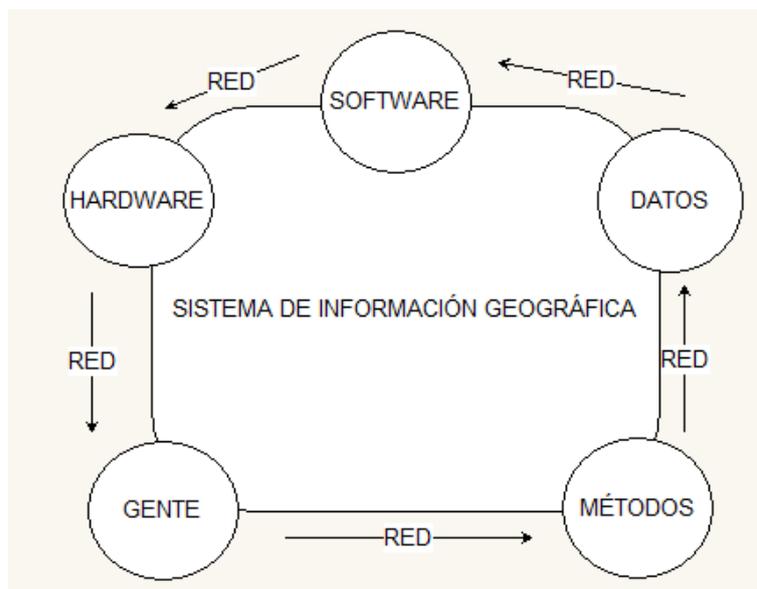


Figura 1. Componentes de un Sistema de Información Geográfica

2.1.2.1. Hardware.

Consiste en los computadores y servidores en los cuales se instala y ejecuta la aplicación del SIG y la base de datos geográfica; en este componente se debe escoger un equipo que tenga memoria, procesador y almacenamiento adecuados para correr el software.

2.1.2.2. Software.

Este componente proporciona una aplicación que tiene: las funcionalidades y herramientas necesarias para almacenar, administrar, analizar y visualizar la información geográfica. El programa del SIG puede ser un cliente que se instala en cada computador personal también puede ser una aplicación web de intranet o internet en este caso el software debe instalarse en un servidor robusto y los usuarios acceden a través de un navegador. Las aplicaciones también pueden dividirse en propietarias y en programas de software libre.

2.1.2.3. Datos.

Los datos se componen de registros que tienen la información geográfica y atributos no espaciales, esta información puede estar almacenada en archivos o en base de datos. Los datos pueden ser obtenidos localmente por la propia empresa a través de digitalización o gps, pueden ser comprados a un proveedor comercial de datos geográficos o se pueden descargar de forma gratuita de sitios web gubernamentales o privados que promueven la investigación.

2.1.2.4. Métodos.

El conjunto de un SIG necesita los métodos a utilizarse para completar las tareas y los procedimientos. Para la creación de mapas se puede utilizar un formato raster o un formato vector; la fuente de obtención de los mapas puede ser:

escaneando imágenes, comprando los mapas, a través de gps, utilizando teledetección o utilizando web service; pero es importante definir los métodos que se utilizan en cada proceso.

2.1.2.5. Gente.

Los sistemas de información geográfica están formados por un gran conjunto de personas. Los desarrolladores son los programadores que se encargan de la construcción y mantenimiento del software. Los administradores de las bases de datos o de los archivos de información geográfica son los responsables de administrar de forma óptima el almacenamiento y acceso a los datos de información geográfica. Las personas que forman parte de infraestructura son los encargados de dar soporte y monitorear los computadores y servidores en donde esté instalado o ejecutándose las aplicaciones de SIG. El Analista de GIS es la persona que administra la información geográfica, visualiza, realiza estudios y genera reportes para apoyar la toma de decisiones de los gerentes o responsables del negocio de la empresa. Los usuarios finales son las personas que navegan a través de la información geográfica y revisan reportes con el objetivo de tomar acciones para mejorar la gestión de un problema general o específico.

2.1.2.6. Red.

Este componente es la unión y comunicación de todos los elementos anteriores. Las redes tienen un gran potencial ya sea en una intranet o en internet. La red permite comunicar y compartir información rápidamente. En el hardware debe estar instalado el software geográfico que contiene datos que fueron adquiridos utilizando varios métodos; estas tareas fueron desarrolladas por el recurso

humano y todo este conjunto de aspectos están comunicados y relacionados en una red.

2.1.3. Aplicaciones de los SIG.

El gran crecimiento que han tenido los SIG se debe a su gran potencial para agrupar y presentar gran cantidad de información geográfica y por ayudar a resolver problemas relacionados con varias áreas. A continuación se muestra varios ejemplos de aplicaciones de los SIG:

- **Salud:** En el área de la salud los sistemas de información espacial pueden ayudar a localizar hospitales y centros de salud así como también a definir en qué zonas hay déficit de establecimientos de salud. Otra información importante de los SIG sería el de ubicar los lugares en los cuales una enfermedad, epidemia o plaga afecta cuantitativamente más que en otros sitios para identificar fuentes de infección, hacer campañas de erradicación y enviar médicos y establecer nuevos centros de salud.
- **Planificación de territorio y catastro:** Los SIG son muy útiles para gestionar el uso y crecimiento organizado del territorio. Los municipios pueden ubicar las zonas que actualmente están habitadas y establecer los mejores lugares para la construcción de nuevas urbanizaciones y viviendas.
- **Recursos naturales:** La conservación del medio ambiente con el pasar de los años ha sido un tema muy importante los SIG apoyan con sus funcionalidades a determinar las zonas protegidas, los sitios donde existen especies en peligro de extinción, la ubicación de los bosques que más han sufrido la tala de árboles, los lugares más contaminados entre otros.

- **Servicio eléctrico:** Las empresas que administran el servicio eléctrico pueden utilizar los SIG para ubicar la casa de un cliente que haya solicitado soporte por algún problema; también pueden establecer en el mapa del SIG las ubicaciones de los alambres que sirven para proporcionar energía eléctrica y que recorren toda la ciudad.
- **Servicio de agua potable:** Los SIG proporcionan a las empresas que distribuyen el agua potable la funcionalidad de mostrar en un mapa digital la red de tubería y la red de alcantarillado con el objetivo de facilitar el mantenimiento y de solucionar cualquier desperfecto que pueda presentarse en la red de agua potable.
- **Transporte:** Con los SIG se puede determinar las rutas más congestionadas y los caminos con menos tráfico. Esta información puede servir para que cualquier persona pueda conocer que ruta es la que le conviene más y también puede ayudar a las autoridades encargadas del control del tránsito para que puedan gestionar de mejor manera las calles y avenidas más problemáticas y de esta forma disminuir el tráfico.
- **Agricultura:** En la agricultura se puede utilizar los SIG para visualizar los cultivos de la plantación, las plantas enfermas, las zonas más productivas, las nuevas plantaciones, los lugares que han sido fertilizados, los sitios que necesitan que se realice una labor o que se pase una maquinaria. También se puede generar reportes para conocer las áreas más productivas.
- **Geomarketing:** El objetivo de un negocio es hacer llegar un producto a la mayor cantidad de clientes de una ciudad o país por lo cual los SIG pueden ayudar a los analistas de marketing a ubicar los sitios donde deben intensificar sus campañas de publicidad para generar más ventas y ganancias.

- **Educación:** Los SIG ayudan en la educación ubicando las escuelas, colegios y universidades de una ciudad o país; también se puede realizar un análisis geográfico para determinar las zonas que necesitan que se construyan más centros educativos y los sitios en donde se necesita que se aumenten el número de docentes.

2.2. Open GIS.

La tecnología Open GIS utiliza frameworks open source que permiten desarrollar software flexible y abierto ya que incorpora varios estándares. Los sistemas open gis han aumentado en los últimos años en gran medida por la ayuda del internet. A continuación se presentan varios conceptos relacionados con los Open GIS.

2.2.1. Software propietario y open source.

Las aplicaciones que funcionan con el esquema de una licencia de software privativo tienen muchas restricciones como por ejemplo: no se puede tener acceso al código fuente es como una caja cerrada, no lo puedo compartir con otras personas que no hayan adquirido derechos sobre la licencia y en la mayoría de casos se debe pagar un valor monetario por el software.

Por otro lado el open source debe cumplir con varios criterios como: libre redistribución no se debe restringir a un tercero la entrega de un programa, el software debe incluir el código fuente, se debe respetar la integridad del código fuente del autor, se debe permitir modificaciones en el código, no se debe discriminar a las personas ni al uso de la licencia, los derechos de uso de la licencia deben aplicarse a todos quienes se redistribuya el producto, la licencia no

debe ser específica de un producto, la licencia no debe restringir otro software y la licencia debe ser tecnológicamente neutral. (Open Source Initiative (OSI), 2007).

2.2.2. Servidor Web.

Un servidor web es una aplicación instalada en un servidor que atiende las peticiones realizadas por clientes a través de browser, el servidor web procesa las peticiones y envía respuestas que son presentadas en los navegadores. El protocolo utilizado para la comunicación entre el servidor y los clientes es http. Existen varios servidores web; los de tipo propietario como por ejemplo Internet Information Services, WebSphere Application Server, Oracle Web Logic; también existen los servidores web de tipo open source entre los que se puede mencionar están: Apache, Tomcat, Jboss, Glassfish, Jetty. Para que un servidor web como tomcat pueda ejecutar una aplicación las librerías del sistema deben estar agrupadas en un archivo final de tipo war.

2.2.3. Java.

Java es un lenguaje potente y muy utilizado alrededor del mundo. *“Java es un lenguaje de programación creado para satisfacer una necesidad de la época (así aparecen todos los lenguajes) planteada por nuevos requerimientos hacia los lenguajes existentes.”* (Sánchez, 2004). Java es un lenguaje basado en la programación orientada a objetos, es portable lo que quiere decir que los programas son independientes de la plataforma pudiendo ejecutarse en cualquier tipo hardware, posee un garbage collector que se encarga de liberar la memoria que no se está usando esta es una gran ventaja en comparación con otros lenguajes como C en el que la liberación de memoria se tenía que hacer de forma manual en el código fuente.

Los programas de java para poder ser ejecutados necesitan de un programa conocido como la máquina virtual de Java (JVM). Al ser java un lenguaje orientado a objetos utiliza los siguientes conceptos: abstracción que reúne las características y comportamientos de un objeto, el encapsulamiento para reunir a los elementos de una misma entidad y el polimorfismo que permite a diferentes funciones de diferentes objetos utilizar el mismo nombre pero tener un comportamiento diferente.

2.2.4. GeoTools.

GeoTools es un open source (LGPL) desarrollado con librerías Java que proporciona funcionalidades para la manipulación de los datos geoespaciales que pueden ser utilizadas para la implementación de Sistemas de Información Geográfica. *“Las estructuras de datos de la librería de GeoTools están basadas sobre las especificaciones del Open Geospatial Consortium (OGC)”* (GeoTools, 2012). GeoTools puede ser utilizado por aplicaciones de escritorio y también por web services. Entre sus principales características se tiene: utiliza la suite de topología de java JTS, accede a los datos de los SIG a través de archivos y base de datos espaciales, utiliza XML para enlazar contenido GML, soporta los formatos raster y vector y posee jdbc para soportar las siguientes bases de datos: db2, h2, mysql, oracle, postgis, spatialite y sqlserver.

2.2.5. Hibernate Spatial.

Hibernate Spatial es una extensión del framework de Hibernate que tiene funciones desarrolladas para el manejo de datos geográficos. Hibernate Spatial es de código abierto y al igual que Hibernate utiliza la licencia LGPL.

Este componente permite trabajar con los datos geográficos de una manera estandarizada y proporciona una interfaz entre bases de datos para el almacenamiento de datos geográficos y las funciones de consulta.

Hibernate Spatial utiliza Java Topology Suite (JTS) como su modelo de geometría esta tecnología se aplica en la mayoría de RDBMS con soporte de datos espaciales. Hibernate Spatial soporta la mayoría de las funciones de la OGC y soporta las siguientes bases de datos: Oracle 10g/11g, Postgresql/Postgis, MySQL, Microsoft SQL Server y H2/GeoDB.

2.2.6. Spring.

Es un framework de desarrollo open source que sirve para la gestión de los servicios de las aplicaciones Java. Con base en un principio de diseño llamado Inversión de Control, Spring es una infraestructura J2EE potente pero ligero que no requiere el uso de EJBs. Reduce en gran medida la complejidad del uso de interfaces y simplifica el desarrollo de aplicaciones.

2.2.7. GWT.

“Google Web Toolkit es un entorno de desarrollo Java, basado en Software libre y que permite escribir aplicaciones AJAX fácilmente” (Mejías, 2008). GWT es un framework desarrollado por la empresa google que tiene por objetivo el permitir escribir las aplicaciones en código Java y después transformarlo a JavaScript, HTML y CSS. El código generado por GWT es más eficiente que el escrito manualmente.

Para programar en GWT se pueden utilizar los IDE de Eclipse o de NetBeans. Las aplicaciones generadas por GWT ejecutan código Java del lado del servidor, utiliza el protocolo RPC para la comunicación entre el cliente y el servidor, a través de llamadas asíncronas. GWT posee las siguientes características:

componentes gráficos dinámicos y reusables, soporte para ejecutar y depurar en Java, integración con Junit para realizar pruebas de funcionamiento, controlar las diferentes propiedades del navegador web y es un lenguaje de código abierto.

2.2.8. Eclipse.

Es un IDE de desarrollo que sirve principalmente para implementar aplicaciones Java. Esta aplicación es open source y posee varias herramientas para el desarrollo de sistemas informáticos.

Eclipse tiene la siguiente estructura: un menú para seleccionar las opciones de programación, un navegador que permite explorar todas las carpetas del código fuente, un editor de texto que sirve para modificar el código y se considera como la parte central de Eclipse dependiendo del tipo de archivo se puede visualizarlo de forma gráfica o en modo texto, tiene herramientas para ejecutar las aplicaciones en modo debug, se integra con sistemas que sirven para la administración de las versiones del código fuente como por ejemplo SVN y permite importar plugins que contienen nuevas funcionalidades. Con eclipse se puede desarrollar aplicaciones para las siguientes tecnologías: Java, J2EE, Servlets, Jsp, Swing, JFrame, EJB, Hibernate, JSF, Rich Faces, MyFaces, Prime Faces, XML, Spring, Struts, Html, GWT y muchas más.

2.2.9 Web Mapping.

El Web Mapping es el proceso de diseñar, implementar y visualizar mapas en la World Wide Web. Esta tecnología sirve para analizar y presentar mapas principalmente a través de navegadores de internet, dispositivos móviles y teléfonos inteligentes.

El objetivo es el de presentar los mapas en la web no solamente de manera estática sino también dinámica, separando las diferentes capas del sistema,

permitiendo acceder a los atributos de las entidades espaciales, ejecutar consultas espaciales, hacer uso de símbolos formas y colores para representar los diferentes elementos geográficos del mapa y permitir a los usuarios el acceso rápido y sencillo a la información geográfica ya que en los clientes no es necesario instalar ninguna aplicación sino solamente acceder a través del navegador web.

2.2.10. OGC.

Las siglas OGC significan Open Geospatial Consortium. “*Open Geospatial Consortium (OGC) es un consorcio internacional, formado por un conjunto de empresas, agencias gubernamentales y universidades, dedicado a desarrollar especificaciones de interfaces para promover y facilitar el uso global de la información espacial.*” Masó, Pomakis & Julia (Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), 2010).

El objetivo de OGC es la definición de estándares abiertos para que el uso de sistemas de información geográfica sea transparente y la integración entre varios proyectos de SIG sea sencilla. Entre los servicios más importantes del OGC se pueden mencionar al WMS y al WFS. A pesar de su gran éxito en varios SIG se puede tener problemas sobre todo cuando se trabaja con grandes capas de una resolución muy alta o cuando se realizan consultas complejas sobre una enorme cantidad de registros.

2.2.11. WMS.

El Web Map Service es un servicio web que permite desplegar mapas en formato digital en un browser. Los mapas producidos por el WMS también pueden ser generados en formatos gif, jpeg o png. El servicio acepta peticiones http que son

enviadas desde el cliente; el servidor procesa las solicitudes y devuelve la respuesta. El WMS tiene 3 tipos de operaciones:

- GetCapabilities: Presenta la información de los metadatos.
- GetFeatures: Muestra información de features especiales del servicio que pueden ser presentados en el mapa.
- GetMap: Presenta el mapa generado de acuerdo al formato especificado y a los parámetros de consulta establecidos.

2.2.12. WFS.

El Web Feature Service es un servicio web del OGC que permite acceder a la base de datos de forma estandarizada; los datos consisten en atributos y en registros espaciales. *“Las operaciones de manipulación de datos incluyen la habilidad de:*

- 1. Crear un nuevo featureinstance.*
- 2. Borrar un featureinstance.*
- 3. Actualizar un featureinstance.*
- 4. Obtener o consultar features basados en limitaciones espaciales y no-espaciales.”*

Eintzinger, Belgiu y Jimenez (2012).

Las 3 principales operaciones de WFS son:

- GetCapabilities: Permite obtener información de las operaciones de WFS y de los tipos de feature que están disponibles.
- GetFeature: Ejecuta un select en un sistema de bases de datos relacional.
- DescribeFeatureType: Se describe un formato XML de uno o más tipo de Features.

2.2.13. Open Street Maps.

Es un proyecto libre formado por comunidades que trabaja de forma colaborativa para crear mapas libremente editables por todo el mundo. Se presume que los datos que se obtendrán del sistema nacional de datos no son muy antiguos y la posición geográfica de las escuelas y colegios es la más aproximada.

El levantamiento de la información es realizado por voluntarios que consideran la contribuyen constantemente con el proyecto. Open Street Map permite a los Sistemas de Información Geográfica integrarse utilizando los protocolos y estándares especificados. Es muy útil en la integración con Geoportales y con SIG que son publicado a través de la WEB; se pueden presentar los mapas con diferentes estilos y métodos de visualización. Se pueden acceder a los mapas de Open Street Maps a través de navegadores web o de dispositivos móviles.

2.2.14. Geomajas.

Geomajas es un framework open source GIS que permite desarrollar aplicaciones para la web que permite visualizar y editar los datos geográficos. *“Geomajas ha integrado la seguridad y es infinitamente escalable. Es compatible con los estándares OGC como el WMS, WFS, etc, y también es compatible con bases de datos espaciales.”* (Geomajas, 2012).

Geomajas fue desarrollado en Bélgica al integrarlos con tomcat, jetty o jboss funcionacomo un servidor de mapas dinámicos.

La aplicación Geomajas tiene elementos de WebMapping y permite la integración con cualquier ERP o Geoportal de una empresa. Este framework está desarrollado en java apoyándose en proyectos como: Spring Framework, GeoTools, Hibernate Spatial y GWT. Puede funcionar con Open Street Map,

Google Maps, archivos SHP, Postgis, Oracle Spatial y otras bases. Soporta los formatos Raster y Vector.

2.3 Bases de Datos Espaciales.

A continuación se revisarán definiciones generales de bases de datos relacionales, espaciales y en especial de Postgis que es la base de datos geográfica que se utiliza en este trabajo de investigación.

2.3.1 Bases de Datos Relacionales.

Debido a la complejidad y varios problemas que se tiene al guardar los datos en un sistema de archivos se originaron las bases de datos. *“Una base de datos de un Sistema de Información es la representación integrada de los conjuntos de entidades instancia correspondientes a las diferentes entidades tipo del Sistema de Información y de sus interrelaciones. Esta representación informática debe poder ser utilizada de forma compartida por muchos usuarios de distintos tipo”* (Camps, 2002).

Las bases de datos utilizan un programa llamado SGDB Sistema Gestor de Base de Datos que permite almacenar la información para posteriormente acceder a los datos de forma rápida y estructurada a través de consultas de SQL.

Un SGDB permite realizar operaciones de ingreso, eliminación, actualización y consulta de datos administrando de forma segura los roles y usuarios definidos.

Las bases de datos almacenan sus datos en tablas que son colecciones de filas que tienen claramente definidos los tipos de datos y longitudes de cada registro.

Para obtener un buen diseño de estas tablas y de toda la base de datos de un sistema de información es recomendable elaborar un diagrama entidad relación, el siguiente paso es diseñar el modelo relacional y finalmente aplicar el proceso

de normalización que consiste en seguir varias reglas con el objetivo de evitar problemas como: la redundancia de datos, inconsistencia de datos, evitar problemas de actualización de datos y proteger la integridad de los datos.

2.3.2 Bases de Datos Espaciales.

Las bases de datos espaciales se encargan de almacenar y administrar datos espaciales y atributos no espaciales; para poder realizar este manejo se requieren funciones adicionales en comparación con las bases de datos relacionales.

“Una base de datos espacial es una base de datos que define los tipos de datos espaciales para los objetos geométricos y le permite almacenar datos geométricos en tablas de una base de datos regular.” (Obe & Hsu, 2011).

Para realizar consultas geográficas es necesario utilizar SQL espacial. Las bases de datos espaciales deben ser capaces de almacenar estructuradamente puntos, líneas y polígonos con sus respectivas posiciones geográficas.

Existen varias bases de datos geográficas entre las que se puede señalar: Postgis, Oracle Spatial, H2- GeoDB, SQL Server With Spatial y MySQL Spatial.

2.3.3 Postgis.

Postgis es una extensión de la base de datos open source PostgreSQL. Postgis permite realizar análisis espacial, procesamiento espacial y consultas espaciales. Postgis posee un gran número de objetos y funciones espaciales y posee un buen desempeño. *“PostGIS utiliza una tabla llamada geometry_columns para almacenar metadatos asociados a las columnas de geometría en la base de datos”* (Obe & Hsu, 2011).

Para la administración de Postgis se tiene una herramienta llamada PgAdmin y para visualizar gráficamente la información espacial se puede utilizar el programa

OpenJUMP. Para configurar Postgis es necesario tener previamente instalada una base de datos Postgres y después agregar la extensión de Postgis.

2.4. Desarrollo de Sistemas de Información.

2.4.1. Fases Tradicionales del Desarrollo de Software.

Las fases tradicionales del desarrollo de software son:

2.4.1.1. Análisis.

En esta etapa de desarrollo se realiza una especificación de requerimientos de la organización, se definen claramente todas las necesidades del negocio y del usuario del sistema propuesto. Se debe detallar las funcionalidades generales y específicas que se requieren del nuevo software. Los servicios, validaciones y objetivos del sistema se deben definir a partir de consultas a los usuarios.

2.4.1.2. Diseño.

Esta fase divide al sistema en unidades manejables llamadas módulos que representan una parte pequeña del sistema global. *“El proceso de diseño de sistemas divide los requerimientos en sistemas de hardware o de software. Establece una arquitectura completa del sistema.”*(Sommerville, 2002). En el diseño se puede utilizar varios diagramas principalmente el de casos de uso para representar de forma gráfica los procesos generales del sistema. Otro diagrama recomendable es el de clases; para la diagramación se recomienda el uso del lenguaje de modelado UML.

2.4.1.3. Implementación.

En esta fase es cuando se realiza la programación del código de cada uno de los módulos del sistema y se crean las bases de datos. Este trabajo se puede realizar

entre varias personas. Lo importante es que el funcionamiento de cada módulo cumpla con la especificación del sistema y la arquitectura definida en el diseño.

2.4.1.4. Pruebas.

Las pruebas deben realizarse de forma unitaria en cada módulo y también en forma integrada en el sistema de forma global. *“Los programas o las unidades individuales de programas se integran y prueban como un sistema completo para asegurar que se cumplan los requerimientos de software.”*(Sommerville, 2002). Las pruebas que se realizan son de funcionamiento pero también se pueden realizar pruebas de desempeño.

2.4.2. UML.

El lenguaje unificado de modelado es un lenguaje gráfico que sirve para modelar, documentar y visualizar los módulos, procesos, secuencias, funciones y objetos del sistema. El lenguaje UML no sirve para programar sino solamente para diagramar. Permite a los desarrolladores de software construir diseños que capturen sus ideas y se las puedan transmitir a los usuarios u otros expertos informáticos. Con UML se pueden modelar diagramas de estado, actividades, secuencia, clases y casos de uso.

2.4.3. MSF.

Microsoft Solutions Framework (MSF) es una metodología de desarrollo que tiene principios, modelos, conceptos y guías para el desarrollo de sistemas informáticos. *“Microsoft Solutions Framework (MSF) es un enfoque personalizable para entregar correcta y más rápidamente soluciones tecnológicas, con menos personas y menos riesgo, pero con resultados de más calidad.”* (Microsoft, 2012). La metodología posee nueve principios fundamentales, roles y sus elementos claves son: alinear los objetivos de la organización, definir objetivos y roles,

implementar un proceso, administrar riesgos y tener respuestas eficientes a los cambios.

2.5. GIS en la Educación.

En esta sección se analiza y estudia la parte conceptual de la educación, sus software y su relación con Sistemas de Información Geográfica.

2.5.1. La Educación.

La educación es el proceso de transmitir conocimientos de valores y conocimientos. *“La educación busca la perfección y la seguridad del ser humano. Es una forma de ser libre. Así como la verdad, la educación nos hace libres”* (León, 2007). La educación se divide en: infantil, primaria, secundaria y superior. En este trabajo de investigación se trabajara con la educación primaria y secundaria. Con frecuencia se atribuye que el progreso y desarrollo depende principalmente de la educación de sus habitantes, por eso los gobiernos trabajan mucho en la reducción del analfabetismo y en la construcción de escuelas y colegios. Las escuelas y colegios pueden dividirse en laicas, religiosas, municipales, públicas o privadas.

2.5.2. Software Educativo.

En la actualidad existe una gran cantidad de software disponible para la educación con el uso del Internet y de los dispositivos móviles están aplicaciones van cada vez en aumento.

Existen aplicaciones educativas que se encuentran en dispositivos móviles o en portales web cuyo objetivo principal es la enseñanza interactiva de materias como matemáticas, ciencias sociales, gramática, ciencias naturales y muchas más. A través del internet también se puede encontrar muchas fuentes de consulta de las

diferentes ciencias por ejemplo el portal de wikipedia es una gran biblioteca virtual de conocimientos colaborativos.

También existen sistemas de información que sirven para administrar los datos de escuelas o colegios la información que se puede manejar es: nombre de los alumnos, nombre de los profesores, las aulas, las materias, la hora de entrada y salida, las calificaciones, las fotos de los estudiantes, los datos personales de alumnos, entre otros.

2.5.3. Sistemas de Información Geográficos para Administrar la Educación.

Existen varias aplicaciones SIG para la educación las funciones generales se basan en aplicaciones de escritorio como ArcMap y la funcionalidad principal solamente es la de presentar geográficamente la ubicación de los centros educativos. Se encuentra aplicaciones SIG que permiten visualizar las rutas escolares. También hay otros SIG para educación en portales que presentan los puntos de las instituciones educativas generalmente usando google maps. En este trabajo de investigación el objetivo es más amplio ya que se desea desarrollar un SIG web que a más de visualizar las escuelas y colegios también permita crear, modificar, eliminar y ver los atributos de los establecimientos educativos a través del mapa presentado en la web. También se desea realizar un análisis geográfico, clasificar los datos del número de profesores y utilizar una base de datos geográfica postgis.

3. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el desarrollo de software es importante seguir fases y estándares que se encuentran definidos en las metodologías de desarrollo de sistemas informáticos. Las dos principales metodologías utilizadas en la Ingeniería de Software son: RUP (Rational Unified Process) y MSF (Microsoft Solution Framework) por lo que se debe evaluar entre estas dos opciones y elegir a la que más beneficie en la construcción de este proyecto. Para el desarrollo del Sistema de Información Geográfica Web de administración de los centros educativos se utilizará la metodología de Microsoft Solution Framework ya que esta metodología provee un campo de trabajo más sencillo, flexible e ideal para proyectos que no son muy grandes como es el caso de este proyecto de investigación. *“MSF distingue entre dos tipos de puntos de control: puntos de control importantes y puntos de control provisionales. Los puntos de control importantes marcan la finalización de actividades principales y de entregas principales, incluido el final de las actividades planeadas para un seguimiento especificado. Los puntos de control provisionales los define el equipo para indicar el progreso dentro en un seguimiento y para dividir los esfuerzos importantes en fragmentos manejables.”* (Microsoft, 2012).

La metodología MSF es ideal para este proyecto ya que trabaja con fases en las cuales se debe elaborar varios productos entregables, MSF también permite realizar los modelos de casos de uso para conceptualizar los procesos y servicios de negocio del SIG. En el diseño de la investigación se utilizará un análisis de datos cuantitativo especificando adecuadamente los rangos de valores.

El SIG que se desarrolla en este proceso de investigación cumplirá con los estándares del OGC en los módulos de la aplicación en los cuales se pueda aplicar esos conceptos. Esta parte es importante ya que al utilizar estándares abiertos y escalables el mantenimiento e integración de la aplicación será sencilla y flexible.

3.1. Justificación de la metodología seleccionada

Al seleccionar la metodología de desarrollo Microsoft Solutions Framework MSF es posible cumplir con el desarrollo del SIG de educación ya que es flexible, sencillo y utiliza fases para la construcción de la aplicación; al contrario de RUP que es una metodología más exigente dirigida para proyectos grandes en los cuales intervienen varias personas con roles y funciones de gran alcance; en definitiva RUP es una metodología muy compleja para este trabajo de investigación que podría impedir la finalización del desarrollo del SIG. Se aplicarán normas del OGC porque es muy útil e importante utilizar estándares abiertos en los SIG.

Con MSF se podrá finalizar el desarrollo del SIG y permitirá responder a la pregunta de investigación y saber si los Sistemas de Información Geográfica pueden ayudar a mejorar la organización de la ubicación de los centros educativos en el país; si se puede lograr obtener un análisis de datos cuantitativo se podrá determinar si los SIG pueden colaborar con la gestión de la educación.

3.2. Herramientas de investigación utilizadas.

3.2.1. Hardware

Un computador Toshiba con las siguientes características:

- Procesador Intel Core i3.
- Memoria RAM mínima de 4 GB.
- Espacio en disco duro mínimo de 1 GB.

3.2.2. Software

- Sistema operativo Windows XP.
- Servidor Tomcat 7.0.
- IDE de desarrollo Eclipse.
- Programa para elaboración de diagramas StarUML 5.0.
- Lenguaje de programación Java JDK 5.
- GeoTools.
- Hibernate Spatial.
- Spring Framework.
- Google Web Toolkit.
- Servidor de Mapas Geomajas.
- PostGIS 1.5.

3.3. Descripción del entorno del experimento.

3.3.1. Género.

En este proyecto no es importante el número de género de estudiantes ni tampoco de docentes.

3.3.2. Características especiales relacionadas con el estudio.

Participarán todos los centros educativos que se encuentren registrados en censo de educación del año 2008 publicado en el portal del Sistema de Información y

que la fuente es el Ministerio de Educación. El alcance del estudio aplica a las 24 provincias de la República del Ecuador.

3.4. Fuentes y recolección de datos.

Para la adquisición de la información geográfica de las escuelas y colegios no se utilizará un GPS debido a que para realizar un censo geográfico de educación a nivel nacional se necesitan muchas personas; sería casi imposible para una sola persona recorrer todo el país registrando la información espacial y de atributos de cada escuela y colegio del Ecuador.

Los datos son obtenidos a través de la página web del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos y también del portal del Sistema Nacional de Información ya que estos datos son de libre acceso siempre que sean utilizados en proyectos de investigación sin fines de lucro. En este caso se hará uso de los datos ya que se trata de un proyecto de investigación que tiene por objetivo mejorar el desarrollo del país apoyando a la educación con un sistema que pueda mejorar la distribución geográfica de los centros educativos del Ecuador.

3.4.1. Adquisición de la información geográfica de los centros educativos del Ecuador.

Para descargar la información geográfica de centros educativos se debe ingresar a la página del Sistema Nacional de Información como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Portal del Sistema Nacional de Información.

Para descargar los datos se debe ingresar a la base de datos de información geográfica del SNI <http://www.sni.gob.ec/web/quest/coberturas> y seleccionar el enlace Centro Educativo del año 2008 en el cual la fuente es el Ministerio de Educación como se presenta en la figura 3 y se da clic en el ícono de descarga:

INFORMACIÓN 1:50.000		ACTUALIZACIÓN: 01/DIC/2011					
SISTEMAS	OBJETO	FUENTE	AÑO	TIPO	DESCRIPCIÓN	DESCARGA	METADATO
Sistema de Asentamientos Humanos	CENTRO EDUCATIVO	MINISTERIO DE EDUCACIÓN	2008	PUNTO	Localización de centros educativos, nombre, tipo, especialidad		

Figura 3. Enlace a los datos geográficos de los centros educativos.

En la siguiente pantalla se escoge la opción Guardar archivo para descargar el archivo de datos en una carpeta del disco duro del equipo en donde se tiene instalada la base de datos Postgis y dar clic en el botón Aceptar como se muestra en la figura 4.

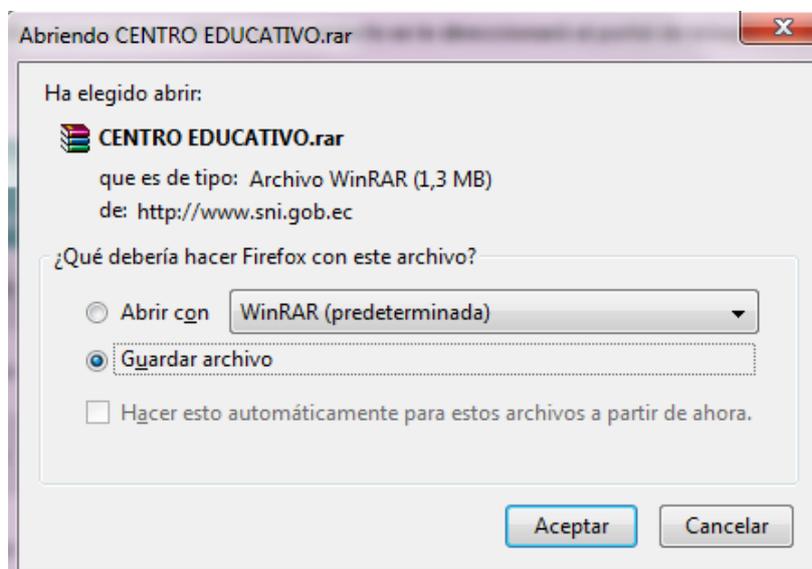


Figura 4. Guardar el archivo CENTRO EDUCATIVO de tipo rar.

Después de haber descargado los archivos y guardarlos en el disco duro se debe descomprimir la carpeta, se observa que la información adquirida está en formato shp que podría ser abierto con ArcMap o con cualquier otra herramienta de SIG

que pueda abrir este tipo de archivos; en este trabajo de investigación en la fase de implementación se migrarán los datos a una base de datos geográfica Postgis; a continuación se muestran los archivos descargados en la figura 5.

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
CENTRO EDUCATIVO.dbf	19/10/2010 13:37	Archivo DBF	35.377 KB
CENTRO EDUCATIVO.prj	08/04/2009 18:35	Archivo PRJ	1 KB
CENTRO EDUCATIVO.sbn	07/04/2010 14:30	Archivo SBN	233 KB
CENTRO EDUCATIVO.sbx	07/04/2010 14:30	Archivo SBX	7 KB
CENTRO EDUCATIVO.shp	20/10/2010 9:58	Archivo SHP	710 KB
CENTRO EDUCATIVO.shp.xml	06/07/2012 11:11	Documento XML	15 KB
CENTRO EDUCATIVO.shx	20/10/2010 9:58	Archivo SHX	203 KB

Figura 5. Contenido después de descomprimir el archivo CENTRO EDUCATIVO.rar.

A continuación en la figura 6. se muestra una parte de la información de los metadatos del archivo de los centros educativos la cual también se encuentra en el portal del Sistema Nacional de Información:

Reference system info			
Code	32717		
Data quality info			
Hierarchy level	Dataset: Information applies to the dataset		
Statement	CARTOGRAFÍA BASE ESCALA 1:50.000 QUE INCLUYE CURVAS DE NIVEL, COBERTURA VIAL, RÍOS PROPORCIONADA POR EL IGM; COBERTURA DE USOS DEL SUELO ELABORADO EN CLIRSEN, LÍMITES PARROQUIALES DEL INEC, BASES DE DATOS MINISTERIO DE EDUCACION		
Description	CALCULO DE TIEMPO NECESARIO PARA CRUZAR UNA DISTANCIA ESTABLECIDA, RASTERIZACION DE COBERTURAS, SOBREPOSICIÓN DE COBERTURAS CON APLICACIÓN DE PESOS, OBTENCIÓN DE LA SUPERFICIE DE COSTOS O FRICCIÓN, OBTENCIÓN DE LA CAPA DE COSTO - DISTANCIA A LOS CENTROS DE EDUCACION. TAMAÑO DE CELDA IGUAL A 15 METROS, VECTORIZACIÓN DE SUPERFICIE COSTO DISTANCIA A PARTIR DE RECLASIFICACION, VALIDACION TOPOLOGICA CON TOLERANCIA DE 0.001 M		
Description	IGM, CLIRSEN, MINISTERIO DE EDUCACIÓN		
Denominator	50000		
Code	SHP		
Version	ARCGIS 9.2		
Metadatos			
File identifier	a5bf2cba-e255-48e6-9e92-8061ff5bc46b		
Language	Spanish; Castilian		
Character set	UTF8: 8-bit variable size UCS Transfer Format, based on ISO/IEC 10646		
Date stamp	2011-11-16T16:02:26		
Metadata standard name	ISO 19115:2003/19139		
Metadata standard version	1.0		
Metadata author			
Individual name	ANA PAULINA CORONEL	Voice	593-2 2543193
Organisation name	CENTRO DE LEVANTAMIENTOS INTEGRADOS DE RECURSOS NATURALES POR SENSORES REMOTOS	Facsimile	593-2 2555454
Position name	TECNICO GEOMATICO	Delivery point	SENIERGUES E4-676 Y GENERAL PAZ Y MIÑO. EDIFICIO IGM 2DO Y 4TO PISO
Role	Author: Party who authored the resource	City	QUITO
		Administrative area	PICHINCHA
		Postal code	17-08-8216
		Country	ECUADOR
		Electronic mail address	paulina.coronel@clirsen.gob.ec

Figura 6. Contenido después de descomprimir el archivo CENTRO EDUCATIVO.rar.

3.4.2. Adquisición de la información geográfica de las provincias y cantones del Ecuador.

El siguiente paso es descargar la información geográfica de las provincias y cantones ya que en este proyecto se desea relacionar las capas de provincias, cantones y ubicaciones de los establecimientos educativos. Para descargar la información de las provincias se debe ingresar al portal del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC <http://www.inec.gob.ec/home/> como se presenta en la figura 7.



Figura 7. Portal del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

Dentro de la página web del INEC se debe acceder a la sección División Político Administrativa del Ecuador figura 8.

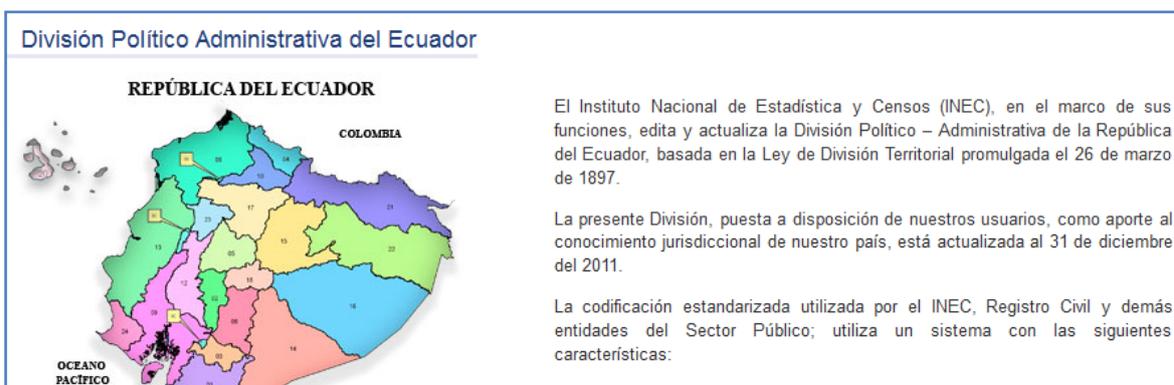


Figura 8. Sección de la división político administrativa del Ecuador dentro del portal del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

En la parte inferior de la sección política administrativa se encuentra una lista de la información geográfica que se desea descargar ordenada descendientemente por año. Se seleccionan los datos del 2012 por ser los más actuales y a continuación se da clic en el enlace de División Político Administrativa 2012 como se muestra en la figura 9.

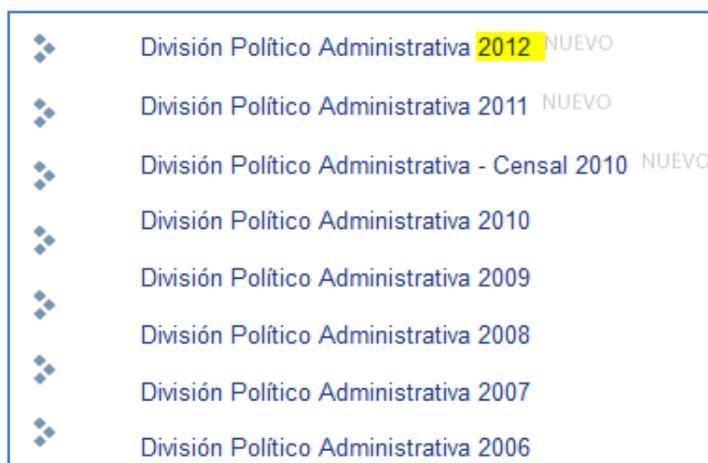


Figura 9. Lista de los datos geográficos de la División Político Administrativa se escoge la del año 2012.

En la siguiente ventana; para descargar los datos geográficos de las provincias se da clic en la opción Descargar SHAPEFILE Nacional por Provincias Actualizada al 31-12-2012 como se muestra en la figura 10.

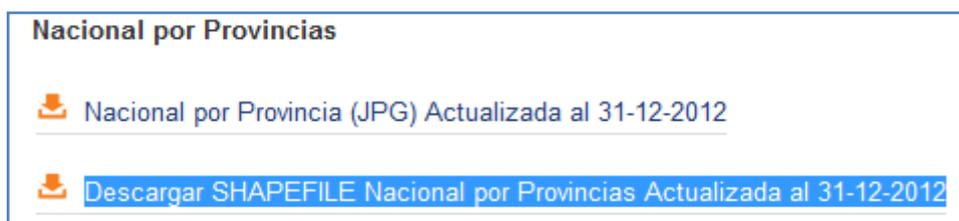


Figura 10. Descarga del SHAPEFILE Nacional por Provincias Actualizada al 31-12-2012.

Se escoge la opción guardar como se muestra en la figura 11. y se almacena el archivo de provincias en el disco del computador donde se tiene instalado postgis.

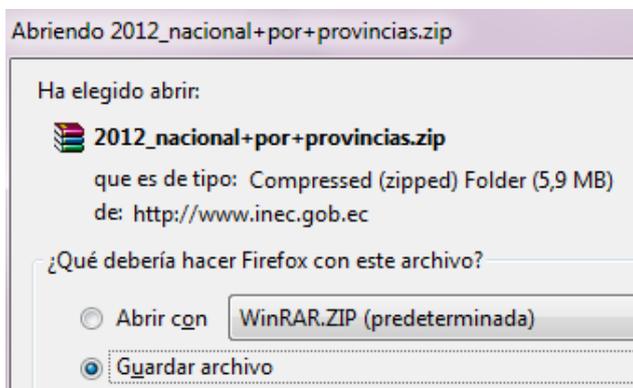


Figura 11. Guardar el archivo 2012_nacional_por_provincias.zip.

Al finalizar la descarga del archivo de provincias y luego de haberlo guardado en el disco duro se descomprime el archivo; se observa que la información adquirida está en formato shp que podría ser abierto con ArcMap o con cualquier otra herramienta de SIG que pueda abrir este tipo de archivos; en este trabajo posteriormente en la etapa de implementación los datos se migran a postgis. En la figura 12. se muestran los archivos descomprimidos de provincias.

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
nxprovincias.dbf	25/02/2013 10:40	Archivo DBF	9 KB
nxprovincias.prj	25/02/2013 10:40	Archivo PRJ	1 KB
nxprovincias.sbn	25/02/2013 10:40	Archivo SBN	1 KB
nxprovincias.sbx	25/02/2013 10:40	Archivo SBX	1 KB
nxprovincias.shp	25/02/2013 10:40	Archivo SHP	8.532 KB
nxprovincias.shp.xml	25/02/2013 10:40	Documento XML	10 KB
nxprovincias.shx	25/02/2013 10:40	Archivo SHX	1 KB

Figura 12. Contenido después de descomprimir el archivo 2012 nacional por provincias.zip.

En la misma página se descarga los datos geográficos de los cantones para lo cual se da clic en la opción Descargar SHAPEFILE Nacional por Cantones Actualizada al 31-12-2012 como se presenta en la figura 13.



Figura 13. Descarga del SHAPEFILE Nacional por Cantones Actualizada al 31-12-2012

Se elige la opción guardar como se observa en la figura 14. y se almacena el archivo 2012_nxcantones.zip en el disco duro:

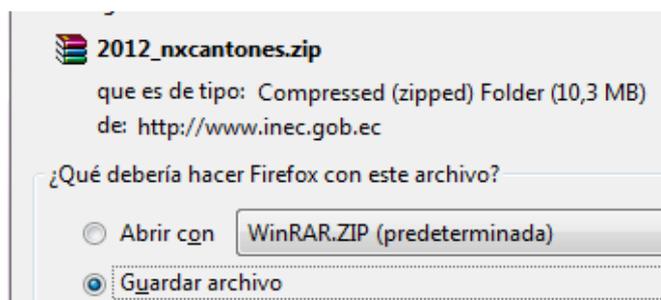


Figura 14. Guardar el archivo 2012_nxcantones.zip.

Al terminar la descarga en el disco se descomprime el archivo y se observa que la información adquirida está en formato shp que podría ser abierto con ArcMap o con cualquier otra herramienta de SIG que pueda abrir este tipo de archivos.

A continuación se muestran los archivos descomprimidos:

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
 nxcantones.dbf	25/04/2013 8:51	Archivo DBF	226 KB
 nxcantones.prj	25/04/2013 8:51	Archivo PRJ	1 KB
 nxcantones.sbn	25/04/2013 8:51	Archivo SBN	3 KB
 nxcantones.sbx	25/04/2013 8:51	Archivo SBX	1 KB
 nxcantones.shp	25/04/2013 8:51	Archivo SHP	17.668 KB
 nxcantones.shp.xml	25/04/2013 8:51	Documento XML	14 KB
 nxcantones.shx	25/04/2013 8:51	Archivo SHX	2 KB

Figura 15. Contenido después de descomprimir el archivo 2012_nxcantones.zip.

3.4.3 Resumen de la información geográfica obtenida.

A continuación se presenta la tabla 1. con toda la información de los datos geográficos que han sido obtenidos:

Descripción	Fuente	Año	Tipo	Descarga
Centros Educativos del Ecuador	Ministerio de Educación	2008	Punto – SHP	Portal del Sistema Nacional de Información http://www.sni.gob.ec
Provincias del Ecuador	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos	2012	Polígono - SHP	Portal del INEC http://www.inec.gob.ec
Cantones del Ecuador	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos	2012	Polígono - SHP	Portal del INEC http://www.inec.gob.ec

TABLA 1. Información de los datos geográficos de los archivos descargados.

3.5. Desarrollo del Sistema de Información Geográfica.

3.5.1. Análisis del SIG Web de Educación.

En esta etapa se detallarán los requerimientos del sistema de información geográfica, el modelo de casos de uso y el diagrama de casos de uso.

3.5.1.1. Requerimientos del Sistema de Información Geográfica.

En este punto del trabajo de investigación se detallan los requerimientos con los que debe cumplir el sistema de información geográfica para administrar las instituciones educativas en Ecuador:

- Gestionar los Centros Educativos

El sistema permitirá al internauta gestionar los Centros Educativos como es el de ingresar, editar, buscar y eliminar, con la finalidad de que los responsables de la gestión educativa puedan mejorar la ubicación geográfica de los diferentes establecimientos educativos.

Además el sistema permitirá, navegar, aumentar y disminuir el tamaño del mapa, medir la distancia existente desde un centro educativo hasta un lugar seleccionado y visualizar detalladamente información de los distintos establecimientos educativos en el mapa geográfico.

- Consultar Número de Centros Educativos por Provincia

El sistema permitirá al internauta consultar en el mapa el número de los centros educativos por provincia con la finalidad de establecer que provincias carecen de centros educativos.

- Consultar Número de Centros Educativos por Cantón

El sistema permitirá al internauta consultar en el mapa el número de los centros educativos por cantón con la finalidad de establecer que cantones carecen de centros educativos.

- Consultar Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Provincia

El sistema permitirá al internauta consultar en el mapa el número de alumnos por centro educativo de cada provincia con la finalidad de determinar que provincia tiene un exceso o déficit de centros educativos.

- Consultar Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Cantón

El sistema permitirá al internauta consultar en el mapa el número de alumnos por centro educativo de cada cantón con la finalidad de determinar que cantón tiene un exceso o déficit de centros educativos.

- Consultar Número de Alumnos por Docente de cada Provincia

El sistema permitirá al internauta consultar en el mapa el número de alumnos por docente en cada provincia para determinar las provincias que tienen un exceso o déficit de docentes en cada provincia.

- Consultar Número de Alumnos por Docente de cada Cantón

El sistema permitirá al internauta consultar en el mapa el número de alumnos por docente en cada cantón para determinar los cantones que tienen un exceso o déficit de docentes en cada cantón.

3.5.1.2. Modelo de casos de uso.

En este modelo se define al actor principal del sistema y se describen en la tabla 2. las funciones que puede ejecutar sobre el sistema.

Actor	Descripción
Internauta	<p>Es la persona que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gestiona los Centros Educativos. • Consulta Número de Centros Educativos por Provincia. • Consulta Número de Centros Educativos por Cantón. • Consulta Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Provincia. • Consulta Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Cantón. • Consulta Número de Alumnos por Docente de cada Provincia. • Consulta Número de Alumnos por Docente de cada Cantón.

TABLA 2 Modelo de casos de uso, funciones que el actor puede ejecutar sobre el SIG.

3.5.1.3. Modelo de casos de uso.

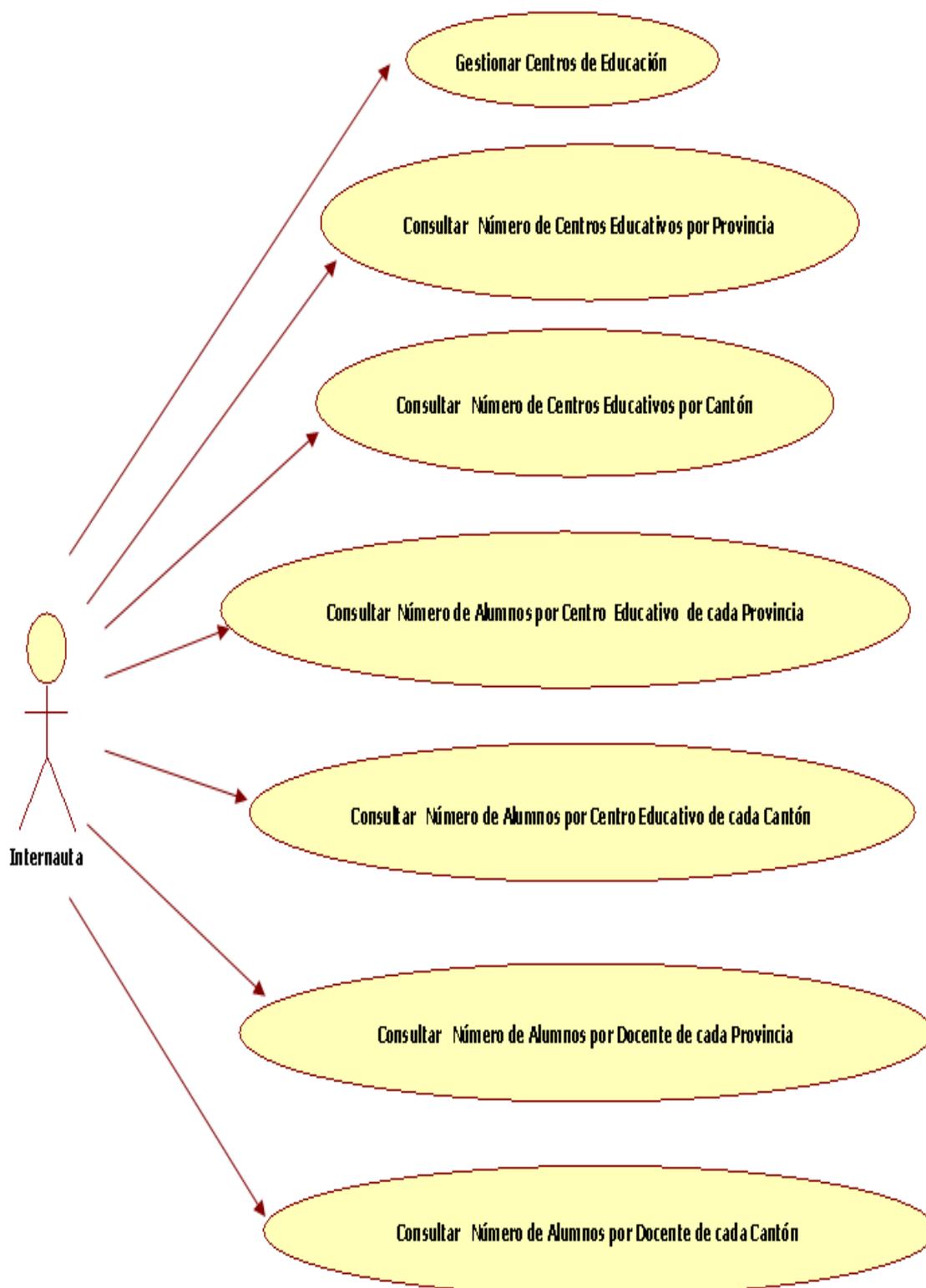


Figura 16. Modelo de casos de uso del SIG de gestión educativa de Ecuador.

3.5.2. Diseño del SIG Web de Educación.

3.5.2.1. Descripción de Casos de Uso.

CASO DE USO 01: Gestión de Centros Educativos

Nombre del Caso de uso	Gestionar Centros Educativos
Descripción	Permite gestionar y visualizar información de los Centros Educativos, además permite elegir varias opciones de navegación en el mapa geográfico.
Actores	Internauta
Precondición	
Poscondición	Tener registrado todos los Centros Educativos que serán ubicados en el mapa geográfico.
Pasos:	
<p>ESCENARIO 1: Nuevo</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema presenta mapa geográfico 2. El actor deshabilita el resto de Capas. 3. El actor habilita Capa: Centros Educativos. 4. El sistema presenta Capa: Centros Educativos. 5. El actor selecciona botón: Modo de Edición. 6. El sistema presenta el mapa en Modo de Edición 7. El actor se ubica en el mapa geográfico y selecciona la dirección donde será creado el Centro Educativo. 8. El actor presiona Clic Derecho. 9. El sistema despliega Ventana con varias opciones. 10. El actor solicita Crear Nueva Entidad. 	

11. El sistema despliega Ventana Crear Nueva Entidad

12. El actor ingresa los siguientes datos:

- Nombre Centro Educativo.
- Número de alumnos.
- Número de Docentes.

13. El actor ingresa.

14. El sistema Guarda.

ESCENARIO 2: Editar

1. El sistema presenta mapa geográfico.

2. El actor deshabilita el resto de Capas.

3. El actor habilita Capa: Centros Educativos.

4. El sistema presenta Capa: Centros Educativos.

5. El actor selecciona botón Modo de Edición.

6. El sistema presenta el mapa en Modo de Edición.

7. El actor selecciona un Centro Educativo.

8. El actor presiona Clic Derecho.

9. El sistema despliega Ventana con varias opciones.

10. El actor solicita Editar Entidad

11. El sistema despliega Ventana Editar Entidad

12. El actor puede modificar los siguientes datos:

- Nombre Centro Educativo.
- Número de alumnos.
- Número de Docentes.

13. El actor ingresa Cambios.

14. El sistema Guarda.

ESCENARIO 3: Eliminar

1. El sistema presenta mapa geográfico
2. El actor deshabilita el resto de Capas.
3. El actor habilita Capa: Centros Educativos.
4. El sistema presenta Capa: Centros Educativos.
5. El actor selecciona botón: Modo de Edición.
6. El sistema presenta el mapa en Modo de Edición.
7. El actor selecciona un Centro Educativo.
8. El actor presiona Clic Derecho.
9. El sistema despliega Ventana con varias opciones.
10. El actor solicita Eliminar Entidad
11. El sistema despliega Ventana Eliminar Entidad.
12. El sistema solicita Confirmación.
13. El actor confirma eliminar Entidad (Centro Educativo).

ESCENARIO 4: Navegar

1. El sistema presenta mapa geográfico
2. El actor deshabilita el resto de Capas.
3. El actor habilita Capa: Centros Educativos.
4. El sistema presenta Capa: Centros Educativos.
5. El sistema permite visualizar botones para la navegación:
6. El actor puede seleccionar los siguientes Botones:
 - **Zoom**
 - **Mover**
 - **Buscar**

- **Medir**

7. El sistema permite al actor navegar en el mapa según el botón seleccionado.

CASO DE USO 02: Consulta Número de Centros Educativos por Provincia

Nombre del Caso de uso	Consultar Número de Centros Educativos por Provincia
Descripción	Permite consultar en el mapa geográfico el número de los centros educativos por provincia.
Actores	Internauta
Precondición	Tener ingresados los Centros Educativos
Poscondición	Obtener datos geoestadísticos.
Pasos:	
ESCENARIO 1:Normal	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema presenta mapa geográfico 2. El actor deshabilita el resto de Capas. 3. El actor habilita Capa: Número de Centros Educativos por Provincia. 4. El sistema presenta Capa: Número de Centros Educativos por Provincia. 5. El actor selecciona botón: Mostrar Etiquetas. 6. El sistema despliega valores numéricos en el mapa geográfico. 	

CASO DE USO 03: Consulta Número de Centros Educativos por Cantón

Nombre del Caso de uso	Consultar Número de Centros Educativos por Cantón
Descripción	Permite consultar en el mapa geográfico el número de los centros educativos por cantón.
Actores	Internauta
Precondición	Haber ingresado los Centros Educativos
Poscondición	Obtener datos
Pasos:	
ESCENARIO 1: Normal	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema presenta mapa geográfico 2. El actor deshabilita el resto de Capas. 3. El actor habilita Capa: Consulta Número de Centros Educativos por Cantón. 4. El sistema presenta Capa: Consulta Número de Centros Educativos por Cantón. 5. El actor selecciona botón: Mostrar Etiquetas. 6. El sistema despliega valores numéricos en el mapa geográfico. 	

CASO DE USO 04: Consulta Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Provincia.

Nombre del Caso de uso	Consultar Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Provincia
Descripción	Permite consultar en el mapa geográfico el número de Alumnos por Centro Educativo de cada Provincia.

Actores	Internauta
Precondición	Haber ingresado el número de alumnos de los Centros Educativos
Poscondición	Obtener datos geoestadísticos.
Pasos:	
ESCENARIO 1:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema presenta mapa geográfico 2. El actor deshabilita el resto de Capas. 3. El actor habilita Capa: Consulta Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Provincia. 4. El sistema presenta Capa: Consulta Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Provincia. 5. El actor selecciona botón: Mostrar Etiquetas. 6. El sistema despliega valores numéricos en el mapa geográfico. 	

CASO DE USO 05: Consulta Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Cantón.

Nombre del Caso de uso	Consultar Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Cantón
Descripción	Permite consultar en el mapa geográfico el número de Alumnos por Centro Educativo de cada Cantón
Actores	Internauta
Precondición	Haber ingresado el número de alumnos de los Centros Educativos
Poscondición	Obtener datos geoestadísticos.

Pasos:
ESCENARIO 1: Normal <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema presenta mapa geográfico 2. El actor deshabilita el resto de Capas. 3. El actor habilita Capa: Consulta Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Cantón. 4. El sistema presenta Capa: Consulta Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Cantón. 5. El actor selecciona botón: Mostrar Etiquetas. 6. El sistema despliega valores numéricos en el mapa geográfico.

CASO DE USO 06: Consulta Número de Alumnos por Docente de cada Provincia.

Nombre del Caso de uso	Consultar Número de Alumnos por Docente de cada Provincia
Descripción	Permite consultar en el mapa geográfico el número de Alumnos por Docente de cada Provincia.
Actores	Internauta
Precondición	Haber ingresado el número de alumnos y docentes de los Centros Educativos
Poscondición	Obtener datos geoestadísticos.
Pasos:	
ESCENARIO 1: Normal <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema presenta mapa geográfico 2. El actor deshabilita el resto de Capas. 3. El actor habilita Capa: Consulta Número de Alumnos por Docente de cada Provincia. 4. El sistema presenta Capa: Consulta Número de Alumnos por Docente de cada 	

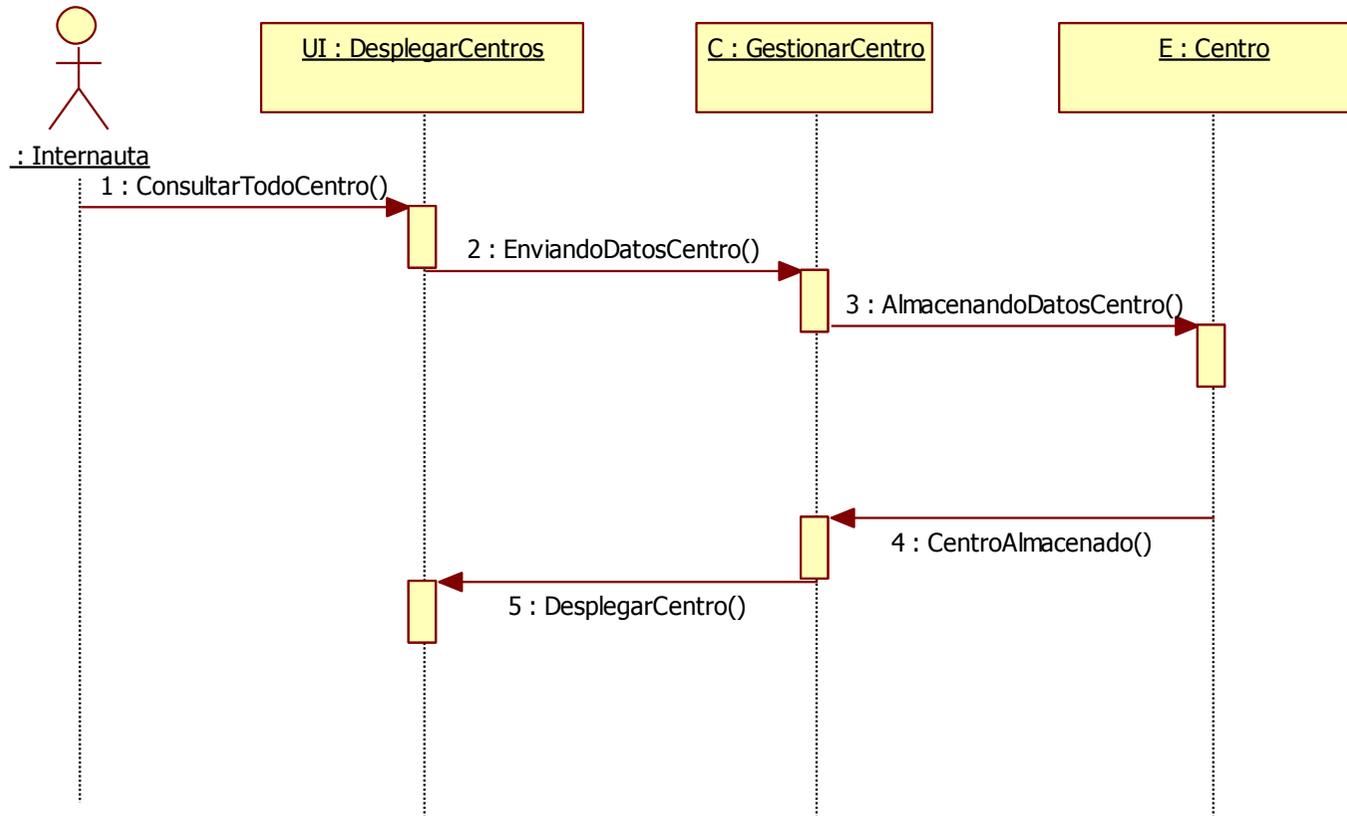
<p>Provincia.</p> <p>5. El actor selecciona botón: Mostrar Etiquetas.</p> <p>6. El sistema despliega valores numéricos en el mapa geográfico.</p>

CASO DE USO 07: Consulta Número de Alumnos por Docente de cada Cantón.

Nombre del Caso de uso	Consultar Número de Alumnos por Docente de cada Cantón
Descripción	Permite consultar en el mapa geográfico el número de Alumnos por Docente de cada Cantón.
Actores	Internauta
Precondición	Haber ingresado el número de alumnos y docentes de los Centros Educativos
Poscondición	Obtener datos geoestadísticos.
Pasos:	
ESCENARIO 1: Normal	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema presenta mapa geográfico 2. El actor deshabilita el resto de Capas. 3. El actor habilita Capa: Consulta Número de Alumnos por Docente de cada Cantón 4. El sistema presenta Capa: Consulta Número de Alumnos por Docente de cada Cantón 5. El actor selecciona botón: Mostrar Etiquetas. 6. El sistema despliega valores numéricos en el mapa geográfico. 	

3.5.2.2. Diagrama de Secuencias.

A continuación se presenta los diagramas de Secuencia para cada Caso de Uso anteriormente descritos.

Secuencia C/U 01: Gestión de Centros Educativos**Figura 17.** Diagrama de secuencia Gestión de Centros Educativos.

Secuencia C/U 02: Consulta Número de Centros Educativos por Provincia

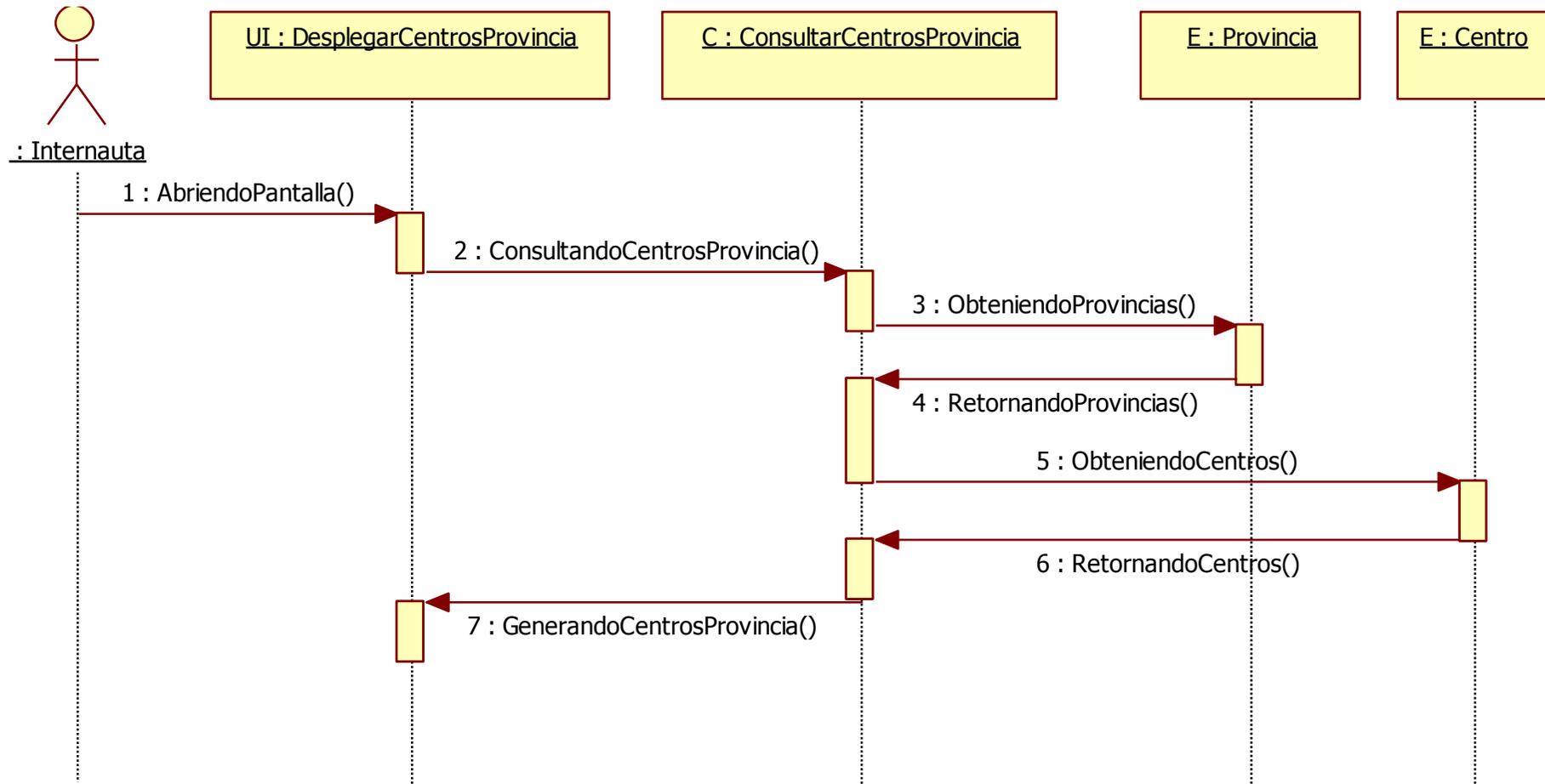


Figura 18. Diagrama de secuencia Consulta Número de Centros Educativos por Provincia.

Secuencia C/U 03: Consulta Número de Centros Educativos por Cantón

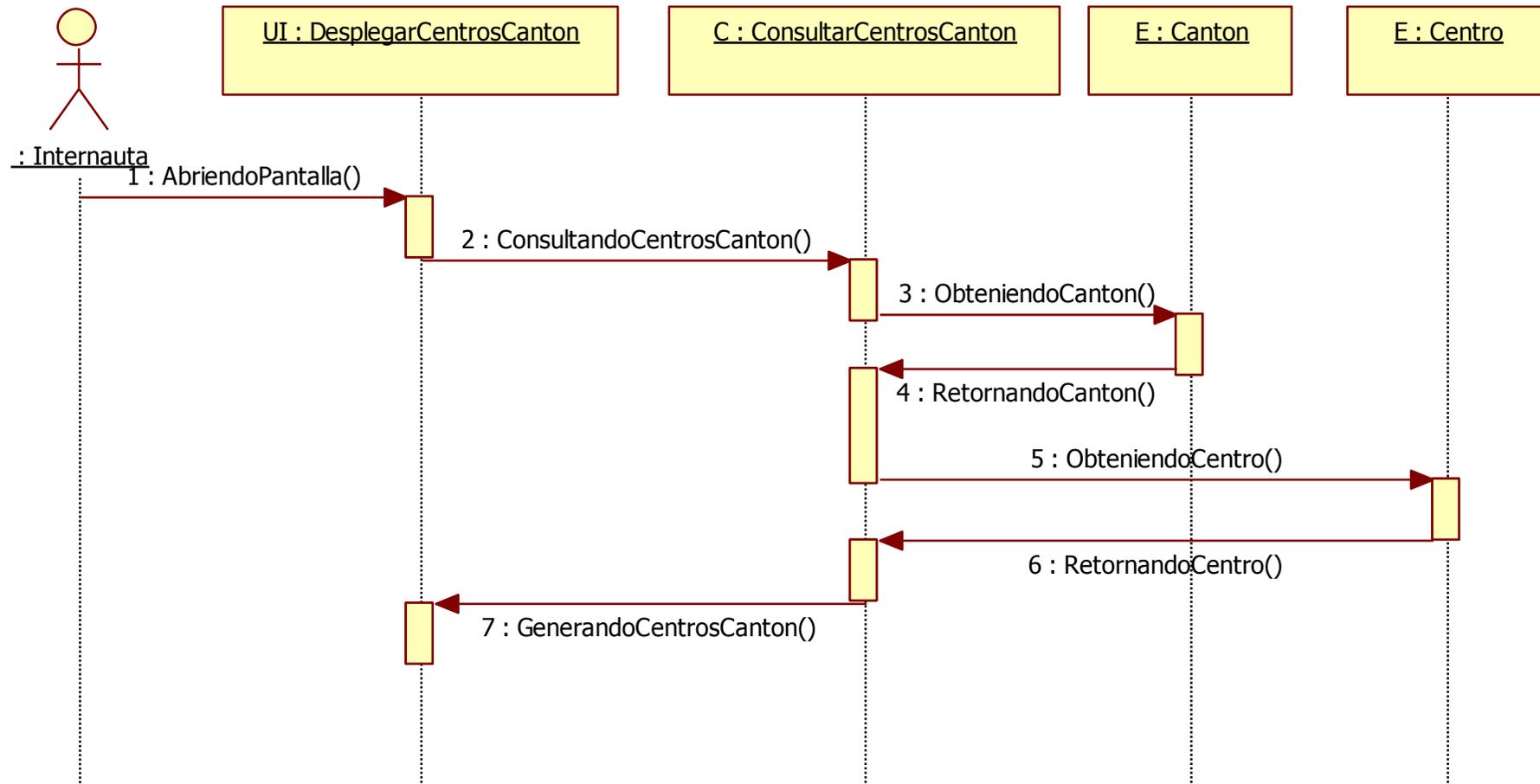


Figura 19. Diagrama de secuencia Consulta Número de Centros Educativos por Cantón.

Secuencia C/U 04: Consulta Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Provincia.

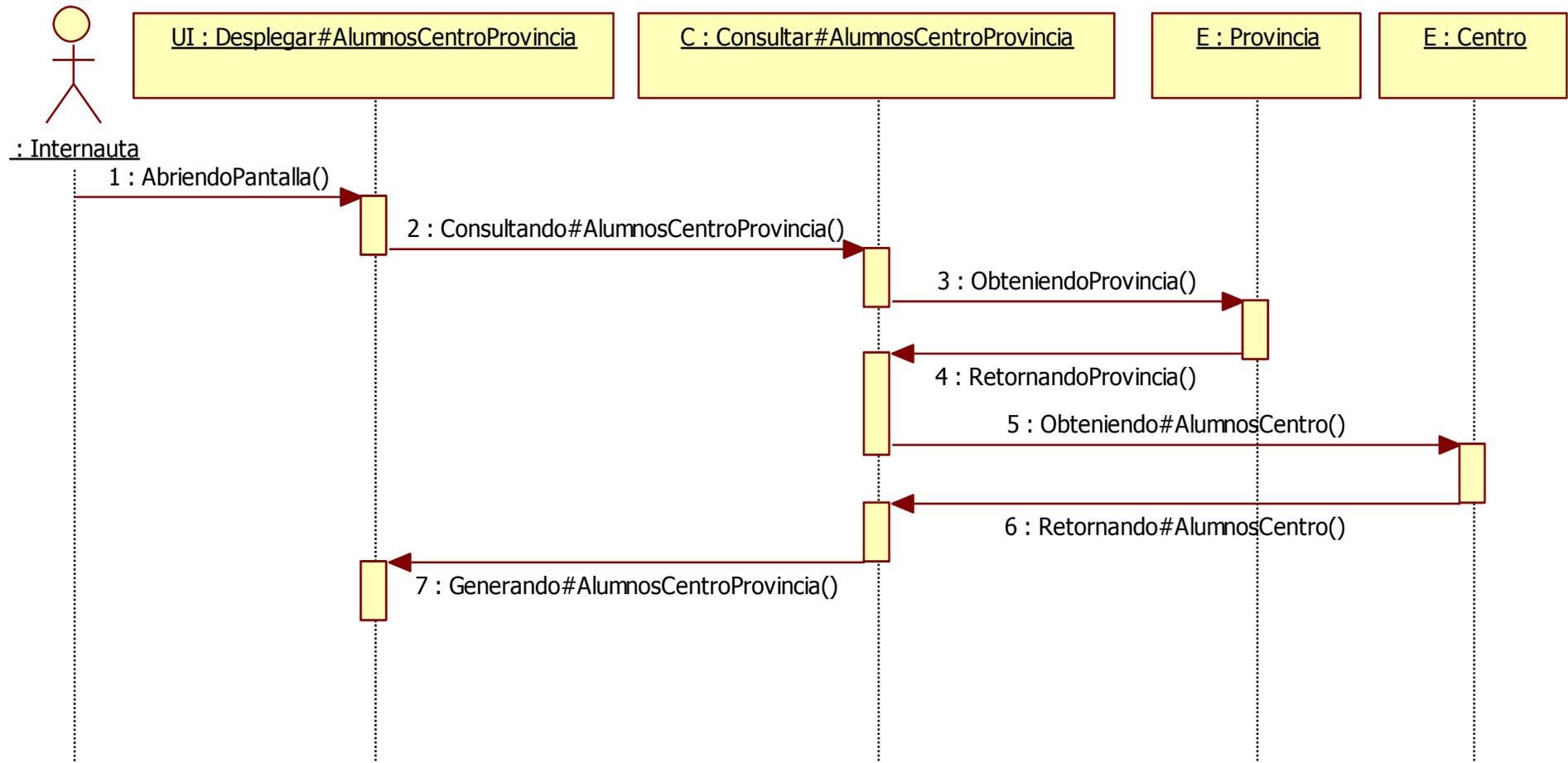


Figura 20. Diagrama de secuencia Consulta Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Provincia.

Secuencia C/U 05: Consulta Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Cantón.

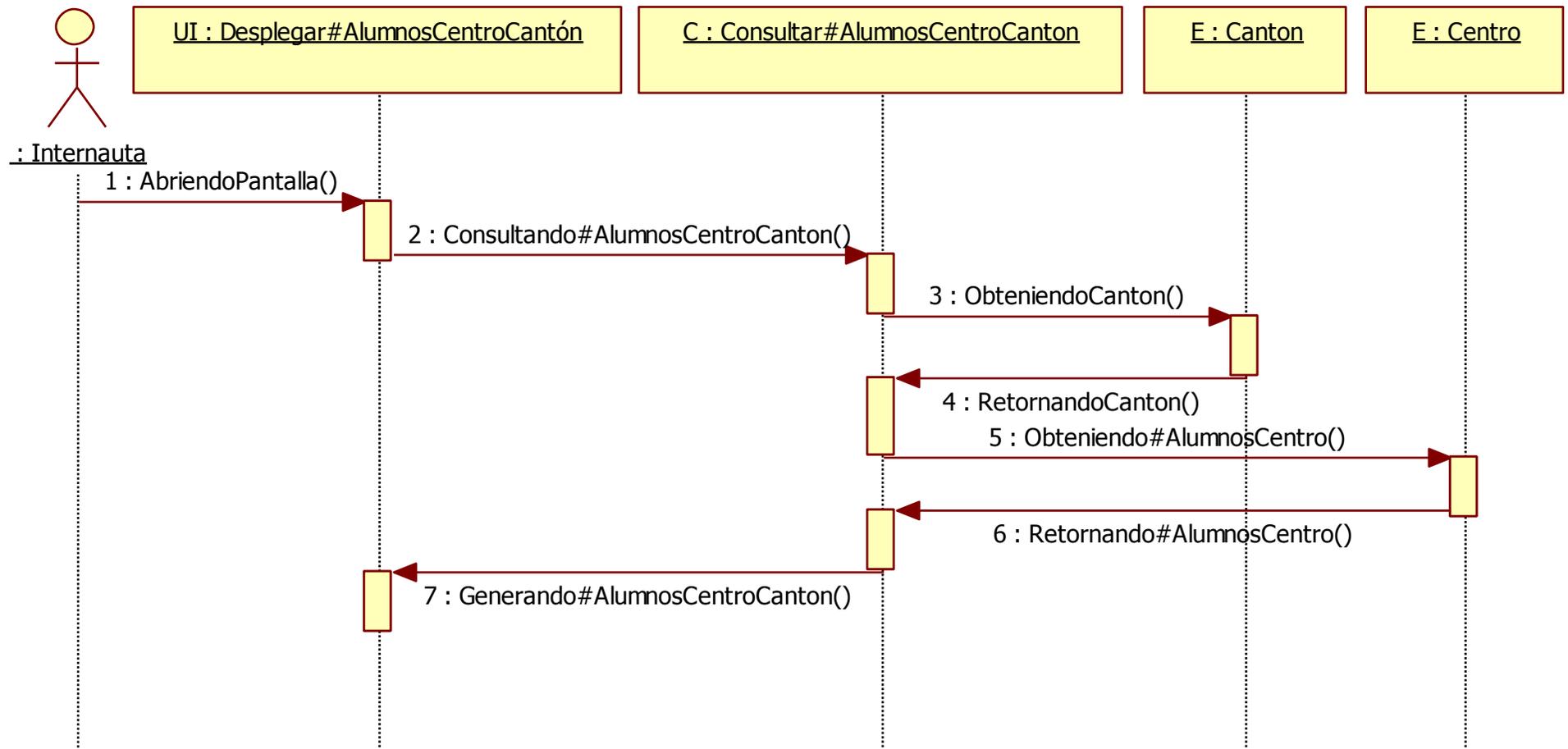


Figura 21. Diagrama de secuencia Consulta Número de Alumnos por Centro Educativo de cada Cantón.

Secuencia C/U 06: Consulta Número de Alumnos por Docente de cada Provincia.

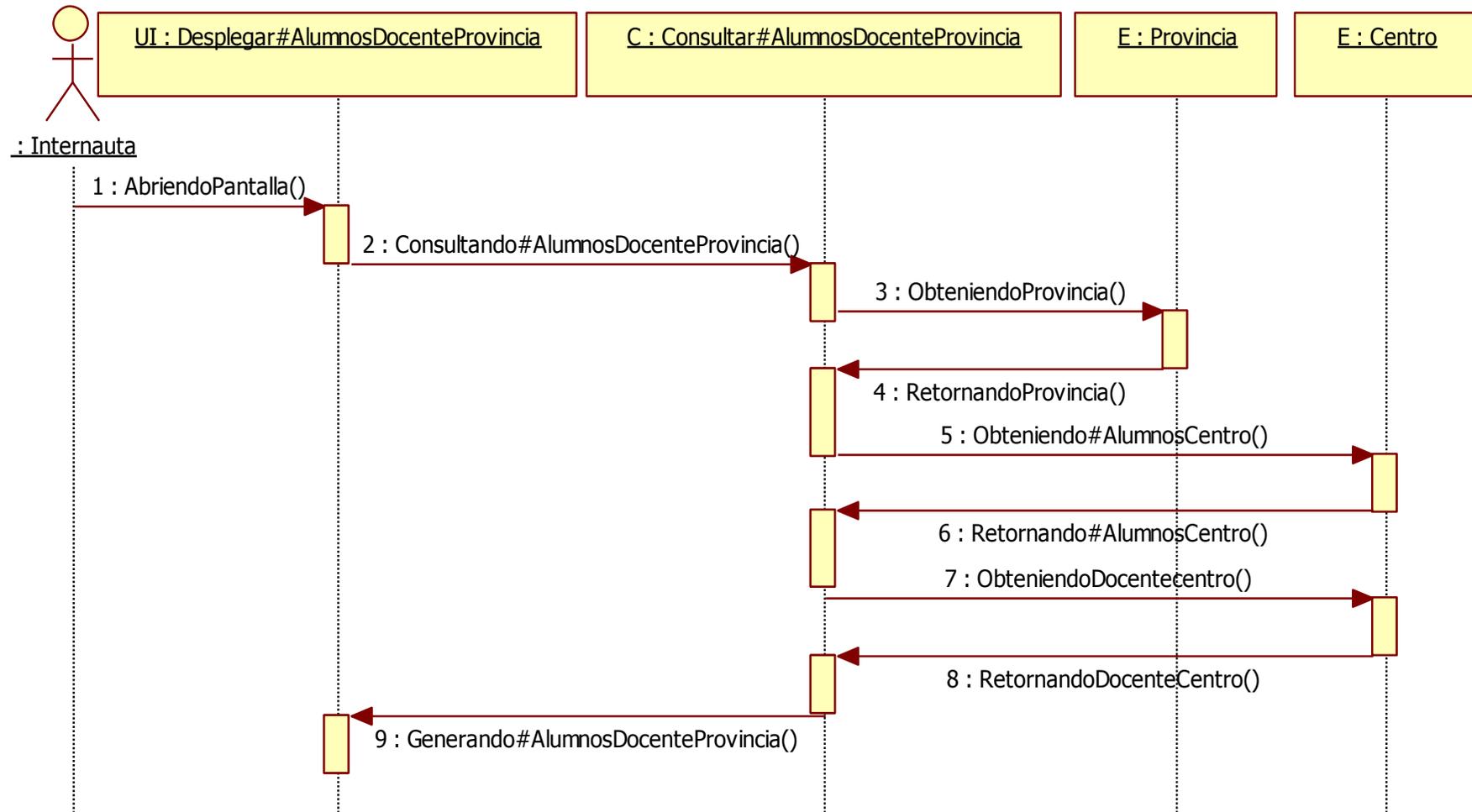


Figura 22. Diagrama de secuencia Consulta Número de Alumnos por Docente de cada Cantón.

Secuencia C/U 07: Consulta Número de Alumnos por Docente de cada Cantón.

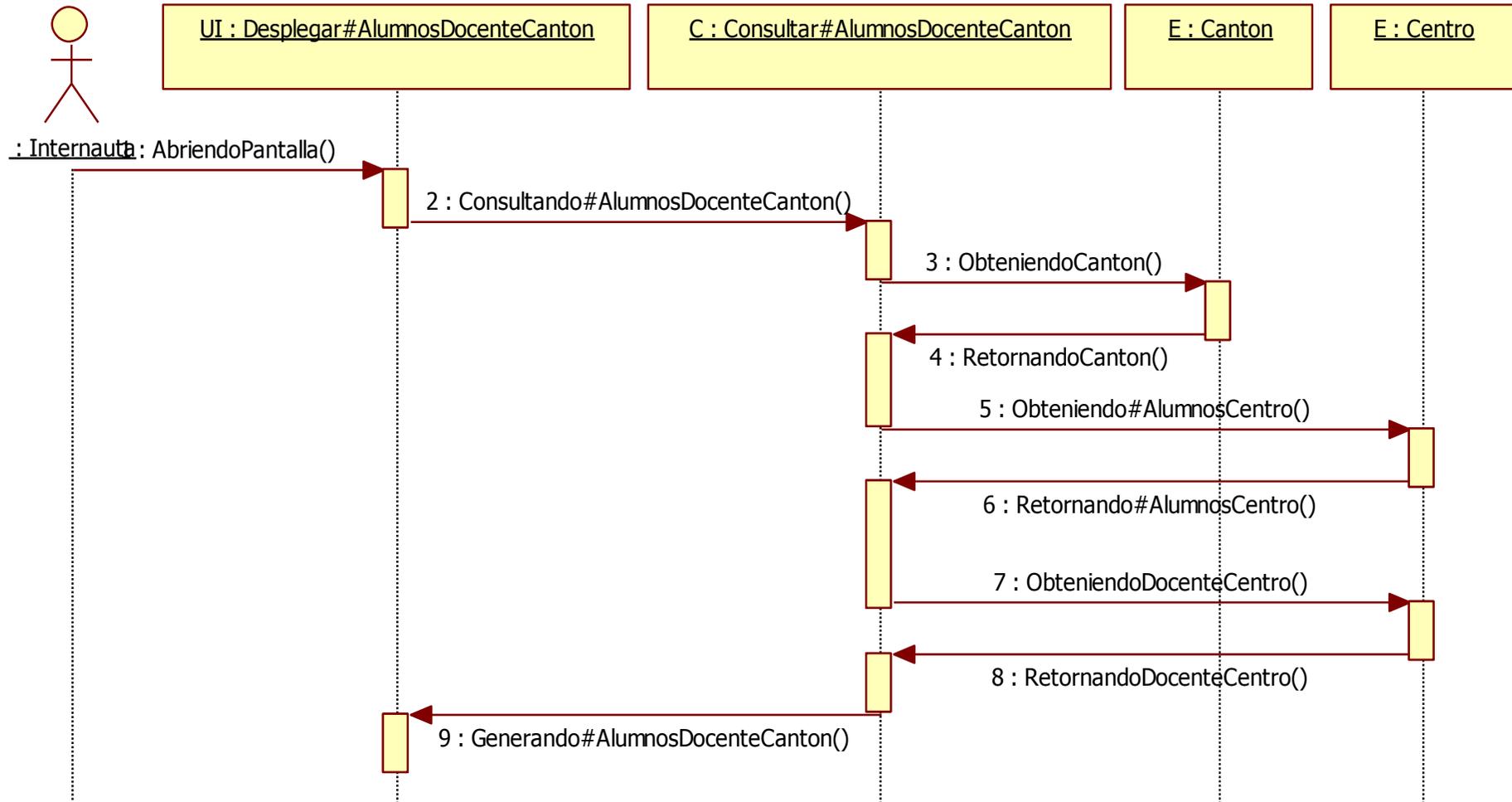


Figura 23. Diagrama de secuencia Consulta Número de Alumnos por Docente de cada Cantón.

3.5.2.3. Diseño de Clases.

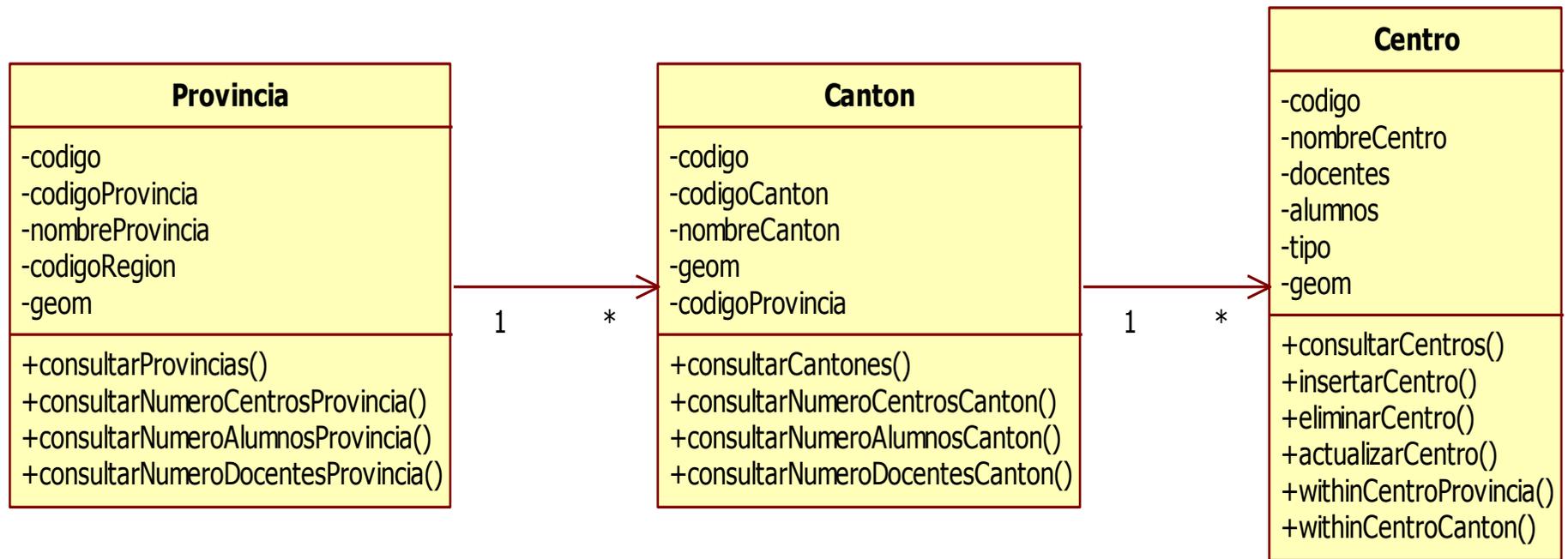


Figura 24. Diseño de clases.

3.5.2.3. Modelo Entidad – Relación.

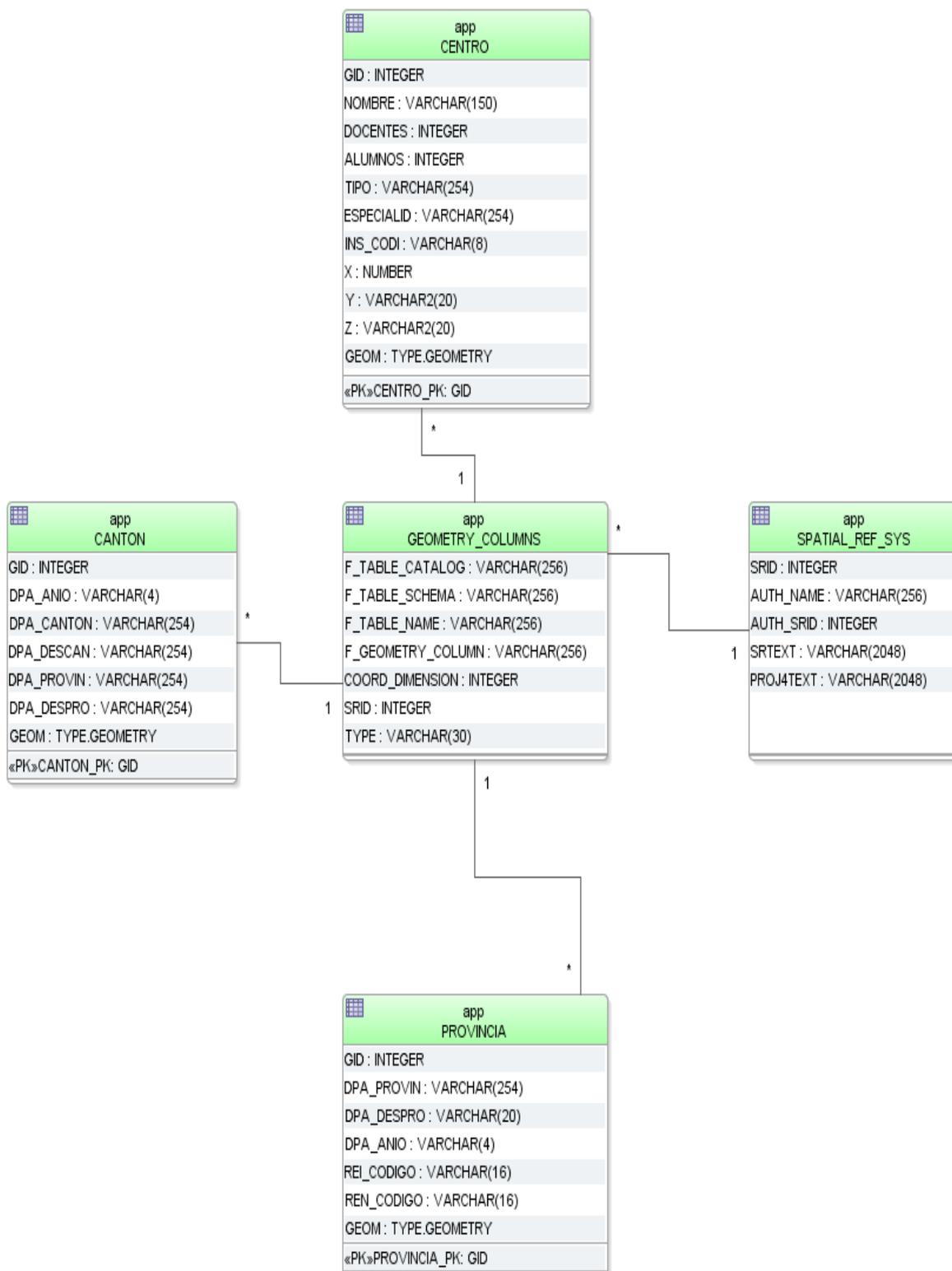


Figura 25. Modelo Entidad - Relación.

3.5.3 Implementación del SIG Web de Educación.

3.5.3.1. Creación de la Base de Datos Geográfica.

Un requisito previo a la creación de la base de datos es tener instalado postgresql y postgis, los detalles de la instalación se describen en la sección de anexos de este trabajo de investigación.

Para la creación de la base de datos geográfica app utilizando una plantilla de postgis se debe ingresar a postgresql a través de la herramienta PgAdmin y ejecutar el siguiente comando: `create database app with template template_postgis`. Como se muestra en la figura 26.

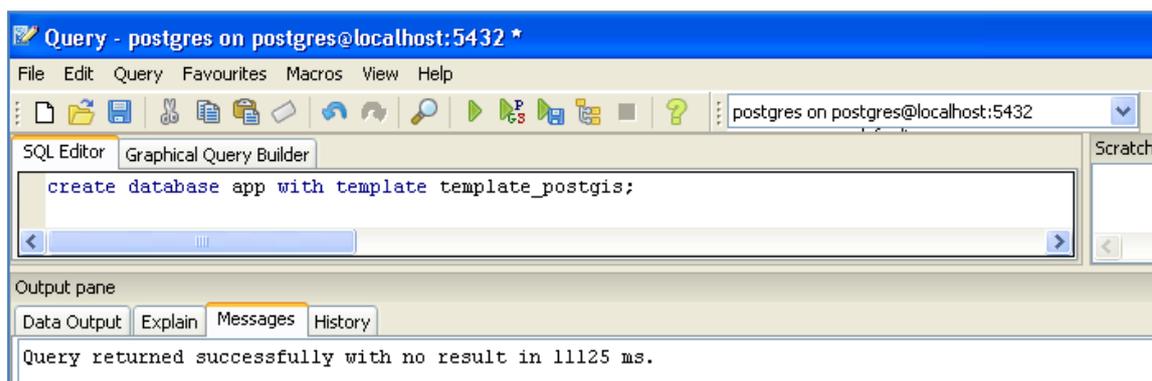


Figura 26. Creación de la base de datos geográfica app.

A continuación se realiza la migración de datos para lo cual se siguen los pasos detallados en el Anexo B de este trabajo de investigación.

3.5.3.2 Programación.

Para la programación se utilizan las siguientes tecnologías:

- **Java:** Lenguaje de programación de software libre escogido por ser portable para cualquier sistema operativo, trabaja con orientación a objetos, posee un api

bien estandarizado, y tiene un buen desempeño porque tiene el Garbage Collector encargado de liberar la memoria que no se está utilizando.

- **Eclipse:** Herramienta de desarrollo para java que se selecciona porque proporciona muchas opciones que facilitan la programación de aplicaciones web basadas en librerías y frameworks de java. Permite utilizar varias perspectivas, trabajar con varios proyectos a la vez, ejecutar en modo debug y generar automáticamente los archivos ejecutables.

- **Geotools:** Librerías de java que permiten comunicarse con la base de datos y devolver sus registros con la información geográfica.

- **Hibernate Espacial:** Librerías construidas en java que permiten comunicarse directamente con la base de datos espacial para realizar operaciones de ingreso, eliminación, actualización y consulta de datos. Se escoge esta tecnología porque permite realizar selecciones espaciales y maneja varios tipos de relaciones de tablas como uno a muchos y también muchos a muchos.

- **Spring:** Framework desarrollado en java que permite gestionar los servicios del negocio utilizando hibernate se selecciona por ser open source, por tener gran desempeño y porque se puede utilizar en un servidor web que no sea de componentes como por ejemplo tomcat.

- **Google Web Toolkit:** Lenguaje basado en java y desarrollado por google. Se escoge este lenguaje porque se utiliza para aplicaciones web, sus componentes son estéticamente visuales, tiene elementos que sirven para presentar la información geográfica y también porque este lenguaje genera java script con ajax.

- **Geomajas:** Visor de mapas y framework de desarrollo de SIG que integra varios proyectos de java para presentar la información geográfica. Se seleccionó porque

puede integrarse con una base de datos geográficos como Postgis, también porque utiliza spring hibernate, porque está construido con el lenguaje de programación java y porque puede ejecutarse en un servidor web como tomcat.

- **Tomcat:** Es un servidor web que permite desplegar las aplicaciones para que pueden ser accedidas local o remotamente a través de un browser. Se escogió este servidor web porque se integra transparentemente con las librerías de hibernate y spring, su uso es sencillo, no es tan pesado como un servidor de componentes por ejemplo jboss y porque es uno de los principales servidores utilizados para desplegar aplicaciones java web.

Para el desarrollo del Sistema de Información Geográfica de Administración de la Educación se han programado los siguientes componentes:

- **carpeta client:** En esta carpeta se programan las interfaces gráficas de la capa de presentación del SIG, las librerías de GWT son utilizadas para la creación de estas clases. En esta carpeta se ubican por ejemplo la clase Application.java que es la pantalla principal del sistema; también se encuentra la clase Search.java que sirve para presentar la interfaz gráfica el momento que se desea realizar búsquedas en el sistema.

- **carpeta server:** En esta carpeta se implementan las clases de hibernate que sirven para comunicarse directamente con la base de datos postgis con el objetivo de realizar operaciones de consulta y persistencia. En este repositorio están las siguientes clases: Canton.java, Provincia.java y Centro.java.

- **carpeta hibernate:** En este folder se encuentran los archivos que sirven para presentar las capas y leyendas que se presentan en el Sistema de Información Geográfica de la gestión de la Educación. Las clases que se encuentran en este directorio utilizan las clases de hibernate que se encuentran en la carpeta server de acuerdo a la configuración de spring.

- **carpeta lib:** Se deben copiar todas las librerías y archivos jar de todos los frameworks que estemos usando en el desarrollo de la aplicación.

- **carpeta geotools:** En esta carpeta están las clases que sirven para mostrar las capas y leyendas que se presentan en el SIG de Educación pero que no requieren realizar consultas espaciales entre dos tablas sino solamente queries espaciales y no espaciales sobre una sola tabla.

- **carpeta webapp:** Esta carpeta es la principal ya que es el directorio raíz aquí se ubican la imagen favicon.ico que es la imagen que aparece en el browser al abrir el sistema. También se encuentra la página principal del sistema index.html, también está el archivo de configuración de estilos css.

- **carpeta WEB-INF:** En esta carpeta se encuentran la mayoría de archivos de configuración de la aplicación. El archivo principal de esta carpeta es el web.xml ya que es en donde se configuran los principales parámetros de la aplicación web.

Al final al terminar la programación de todas las clases se empaquetan todos los componentes en un solo archivo war este archivo se despliega en el servidor web tomcat. En este proyecto de investigación el archivo se llama centros.war .

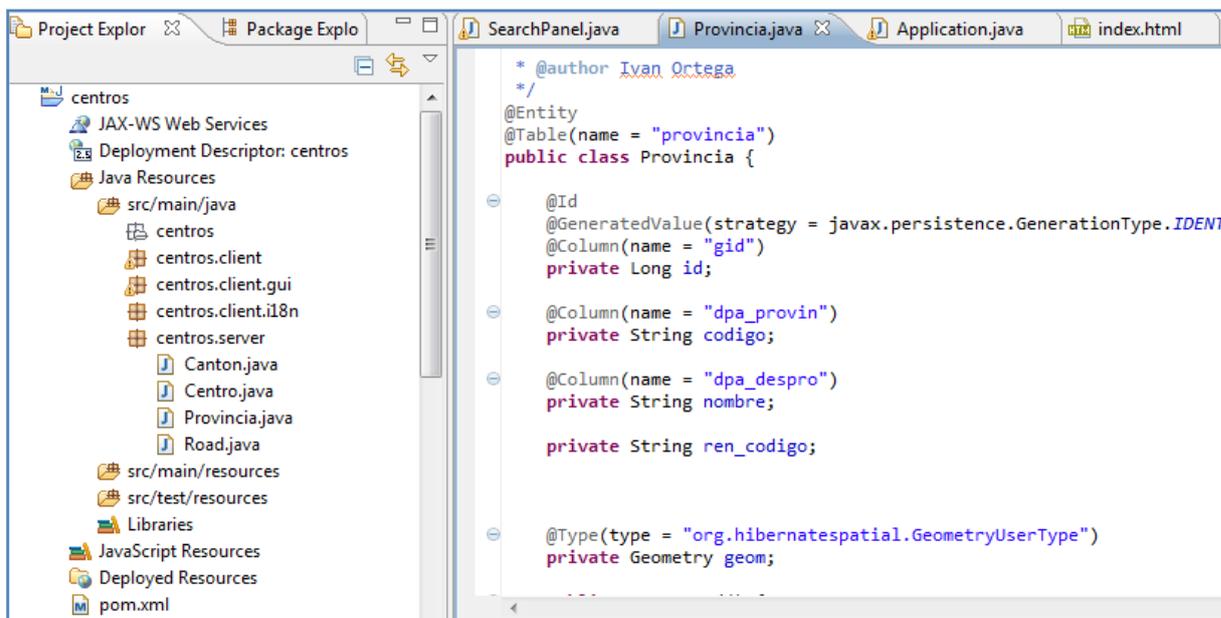


Figura 27. Código fuente en Eclipse

3.5.4 Pruebas del SIG Web de Educación.

Una vez finalizada la fase de implementación se procede a realizar las pruebas del

sistema de información geográfica de gestión educativa para lo cual se realizarán pruebas de portabilidad en varios navegadores y dispositivos móviles. También se realizarán pruebas funcionales del sistema.

3.5.4.1 Pruebas de portabilidad.

Equipo: Laptop Toshiba Satellite Core i3.

Sistema operativo: Windows 21.0

Navegador web: Mozilla Firefox.

Resultado: Exitoso.

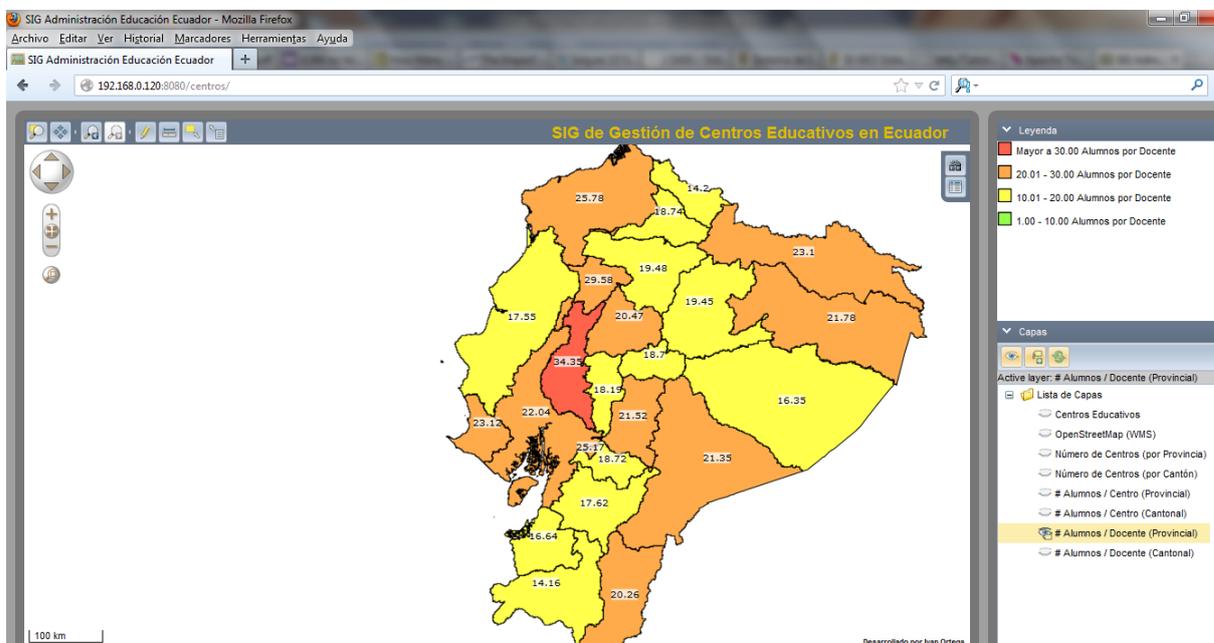


Figura 28. Ejecución del SIG Web en una laptop Toshiba.

Equipo: Computador de escritorio Intel Pentium 4.

Sistema operativo: Windows XP.

Navegador web: Internet Explorer 8.

Resultado: Exitoso.

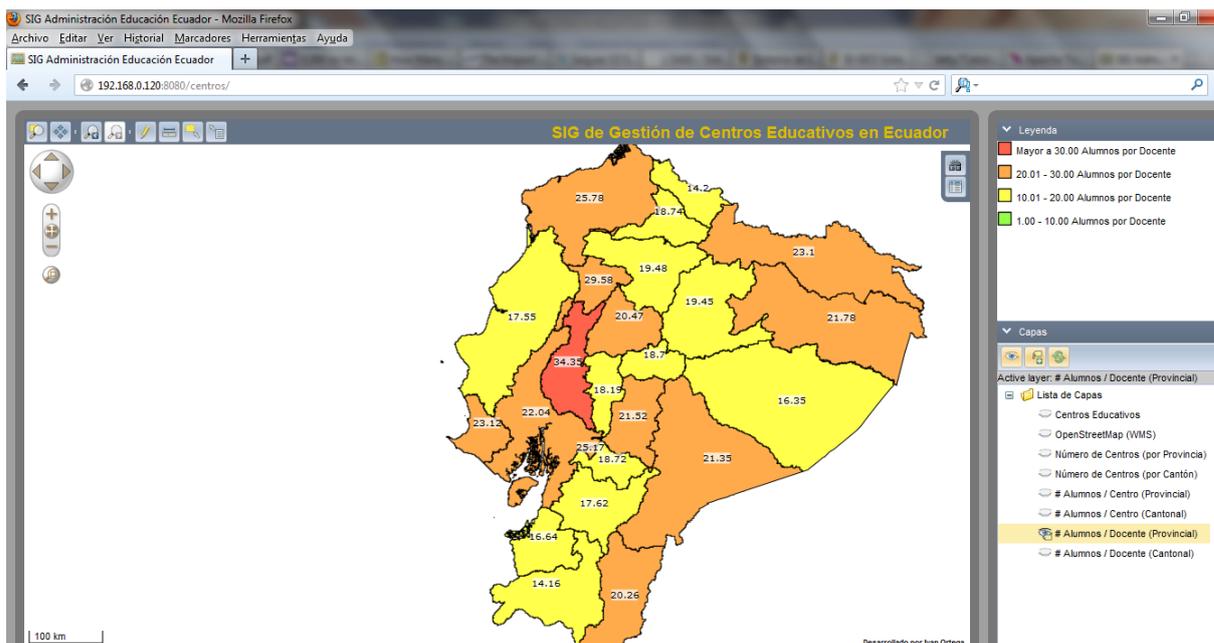


Figura 29. Ejecución del SIG Web en un computador de escritorio.

Equipo: Tablet Samsung Galaxy Tab GT-P5113

Sistema operativo: Android 4.1.1

Navegador web: Google Chrome.

Resultado: Exitoso.

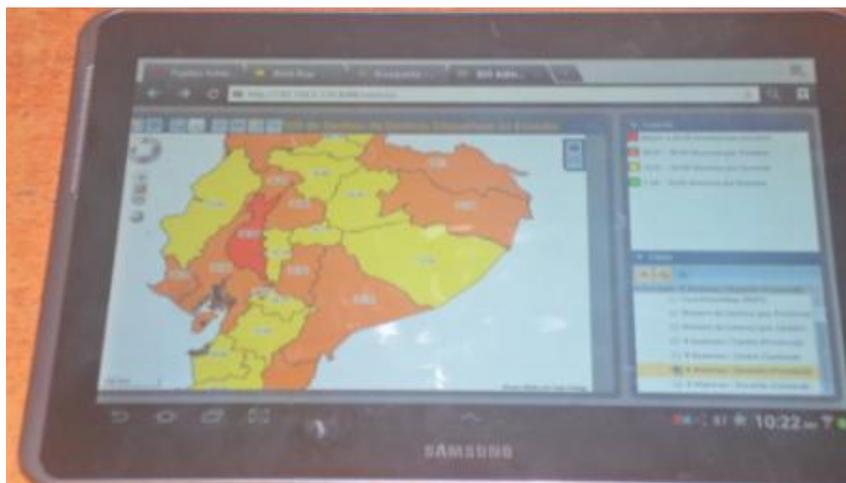


Figura 30. Ejecución del SIG Web en una tablet Samsung Galaxy.

Equipo: iPad 3ra generación.

Sistema operativo: iOS 6.

Navegador web: Safari.

Resultado: Exitoso.

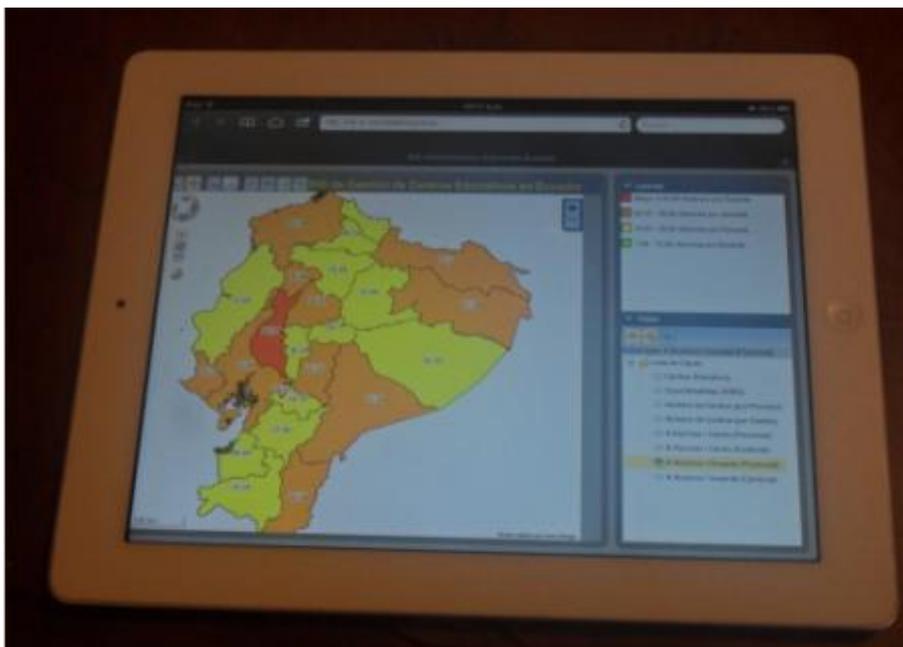


Figura 31. Ejecución del SIG Web en una iPad 3ra generación.

3.5.4.2. Pruebas de funcionamiento.

En estas pruebas se verifica el correcto funcionamiento de las principales opciones del SIG de administración de centros educativos.

- **Activar y Desactivar Capa:**

Al dar clic en la capa número de Alumnos por Centro (Cantonal) y después dar clic en el botón de hacer la capa visible el mapa aparece y cuando se hace clic en el mismo botón el mapa desaparece

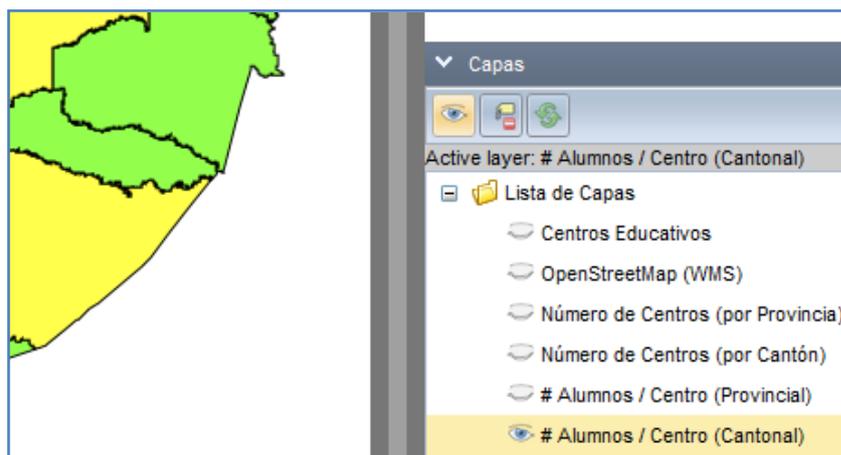


Figura 32. Activar de Capa.

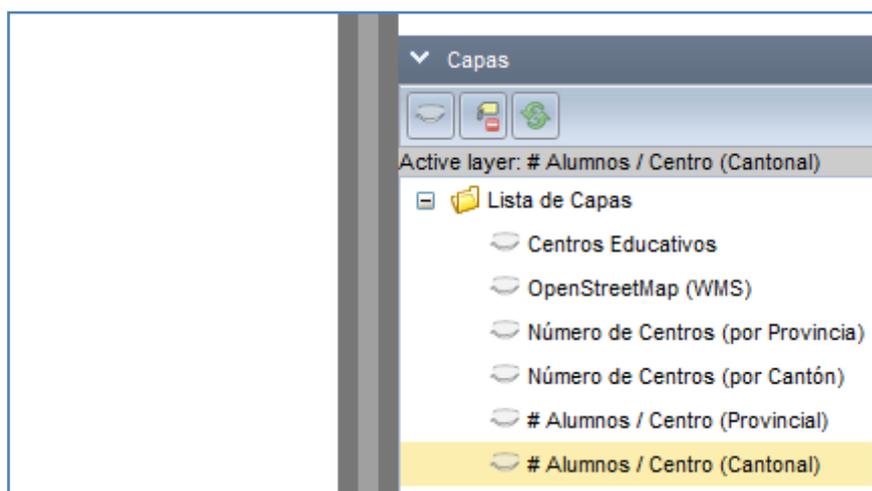


Figura 33. Desactivar Capa.

- **Colocar etiquetas en los elementos geográficos:**

Al dar clic en el botón hacer etiquetas visibles se presentan en el mapa los rótulos con el valor del atributo y si se da clic sobre el mismo botón desaparecen.

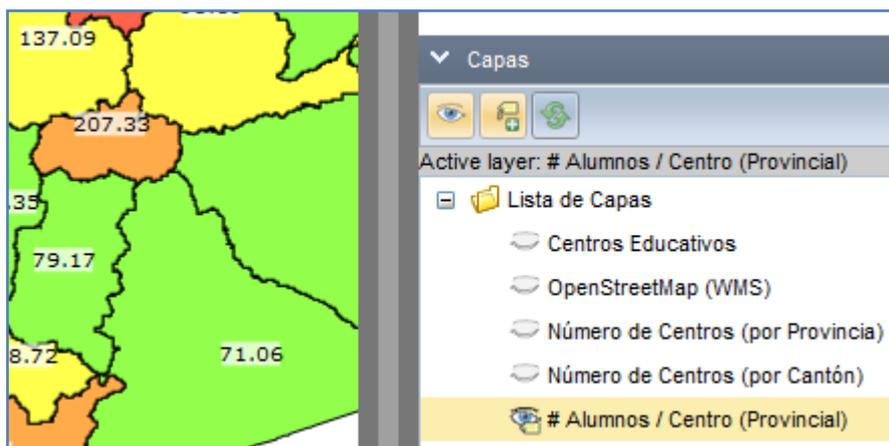


Figura 34. Activar etiquetas

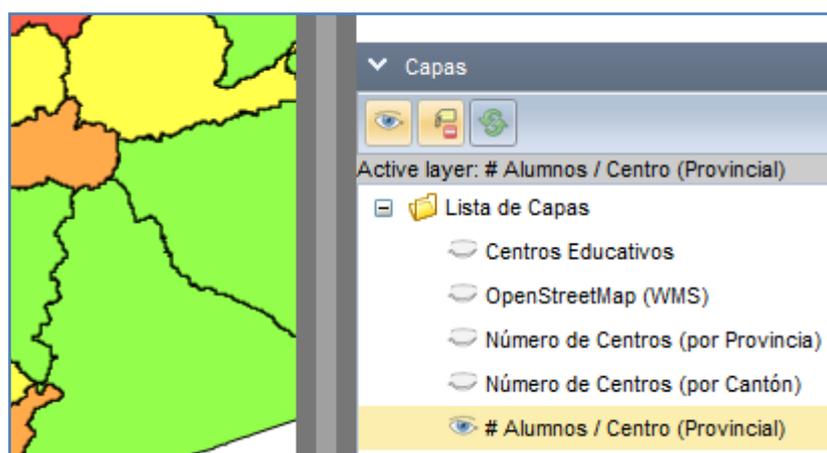


Figura 35. Desactivar etiquetas

- **Búsqueda:**

Al dar clic en el botón de búsqueda se abre una pantalla para seleccionar la capa en la cual se quiere realizar la búsqueda después de ingresar el valor a encontrar se da clic en buscar y aparece el centro educativo con la información de sus atributos.

Search in layer : Centros Educativos

Matches one Matches all

Attribute	Operator	Value
Nombre	is equal to	LOS PINOS

Buttons: Search, Reset, +, -

Figura 36. Formulario de Búsqueda.

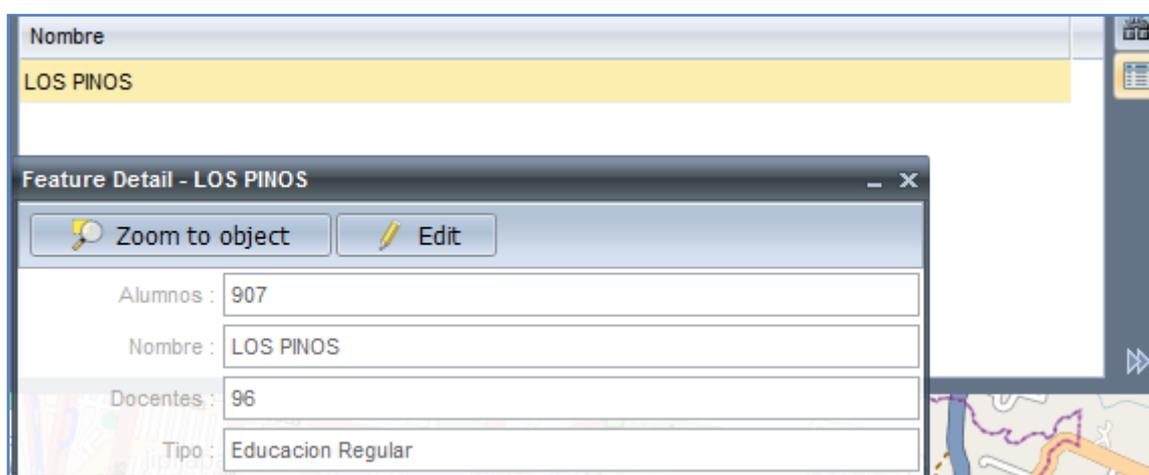


Figura 37. Centro educativo encontrado

- **Consulta de Información:**

Al dar clic en el botón Mostrar Información de una entidad y seleccionar un centro educativo nos devuelve la información de sus atributos.

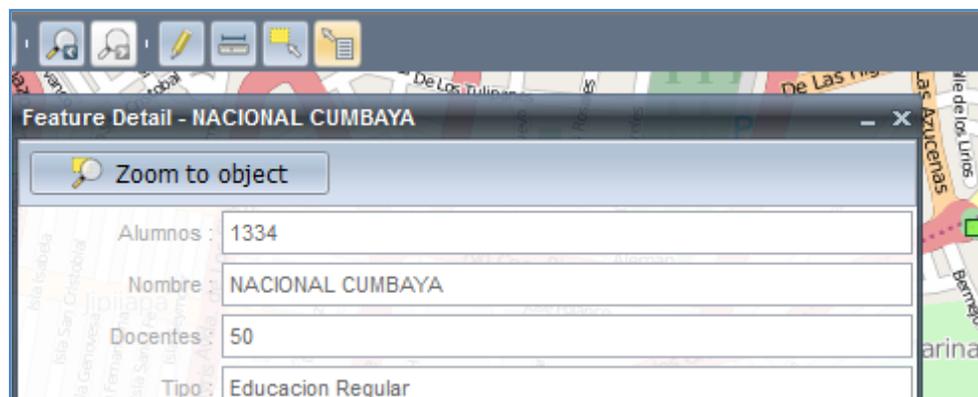


Figura 38. Información de los atributos de un centro educativo.

Ingreso de un centro educativo:

Se da clic en el botón de modo edición, se selecciona una dirección en este ejemplo se va a crea un nuevo centro educativo en las calles 10 de Agosto y Mariana de Jesús, se da clic en crear nueva entidad, se ingresan los atributos, se guarda la información y aparece en el mapa el nuevo establecimiento educativo.

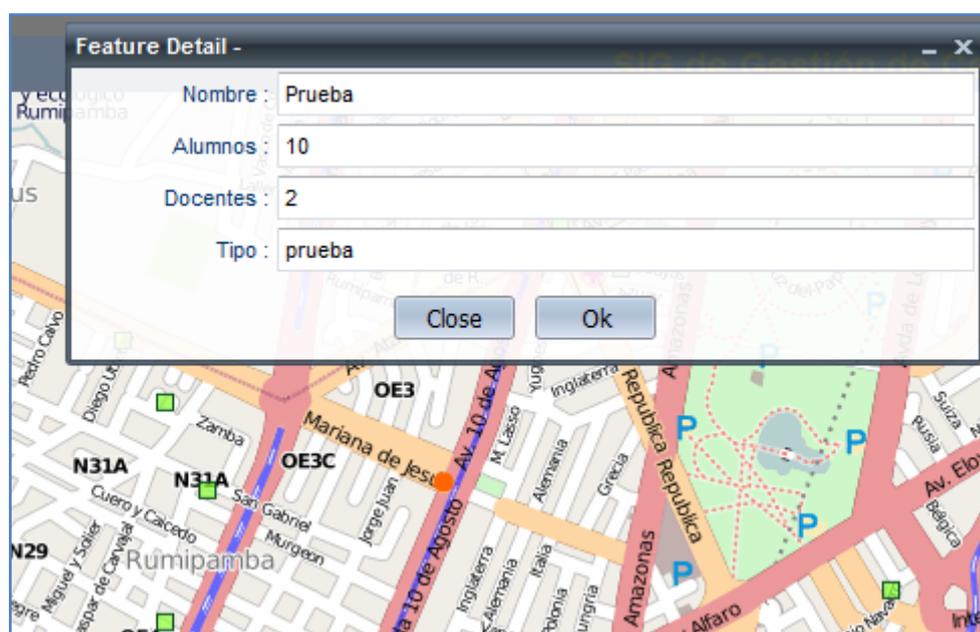


Figura 39. Ingreso de información de los atributos de un centro educativo.



Figura 40. Centro educativo creado

- **Eliminación de un centro educativo:**

Se da clic en el botón de modo edición, se selecciona el centro educativo que se desea quitar, se da clic en la opción eliminar entidad y la institución educativa desaparece del mapa.

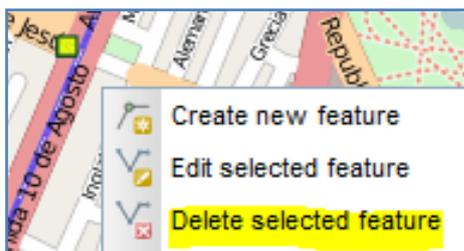


Figura 41. Selección del centro educativo a eliminar.

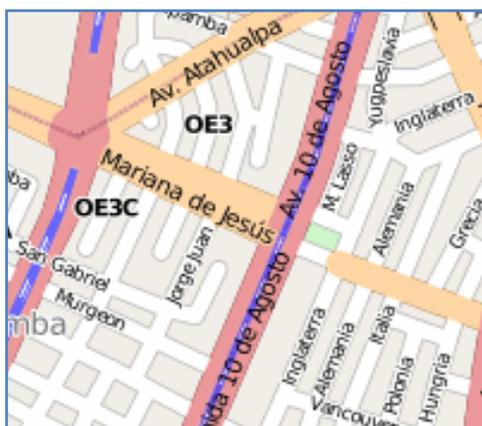


Figura 42. Centro educativo eliminado.

4. ANÁLISIS DE DATOS.

4.1 Detalles del Análisis.

Para realizar el estudio de los datos de este trabajo de investigación se aplicará un análisis cuantitativo de la información que estará conformada por tres aspectos: número de centros, relación de número de estudiantes sobre el número de establecimientos educativos de un cantón o provincia y finalmente la relación de número de alumnos por cada docente en una superficie geográfica.

El análisis se aplica de lo general a lo específico; primero se realiza un estudio a nivel de provincias, en la siguiente etapa se revisa los datos agrupados por cantones y finalmente se administran los datos a nivel de detalle individualmente en cada establecimiento educativo.

Al permitir realizar estos tipos de análisis a través de un SIG se confirma que el uso de un sistema de información geográfica web mejora la planificación de la educación primaria y secundaria en el Ecuador y se responde a las preguntas de investigación.

4.1.1. Número de Centros por Provincia.

Tipo de análisis: Cuantitativo.

Método de clasificación: Equal Interval con un valor de intervalo de 600.

Tipo de dato: Entero.

Operación: Número de centros devueltos de la consulta espacial WITHIN de los puntos centros educativos que se encuentran dentro del polígono provincia.

Descripción: En este análisis se obtiene un reporte del número de instituciones educativas que tiene cada provincia.

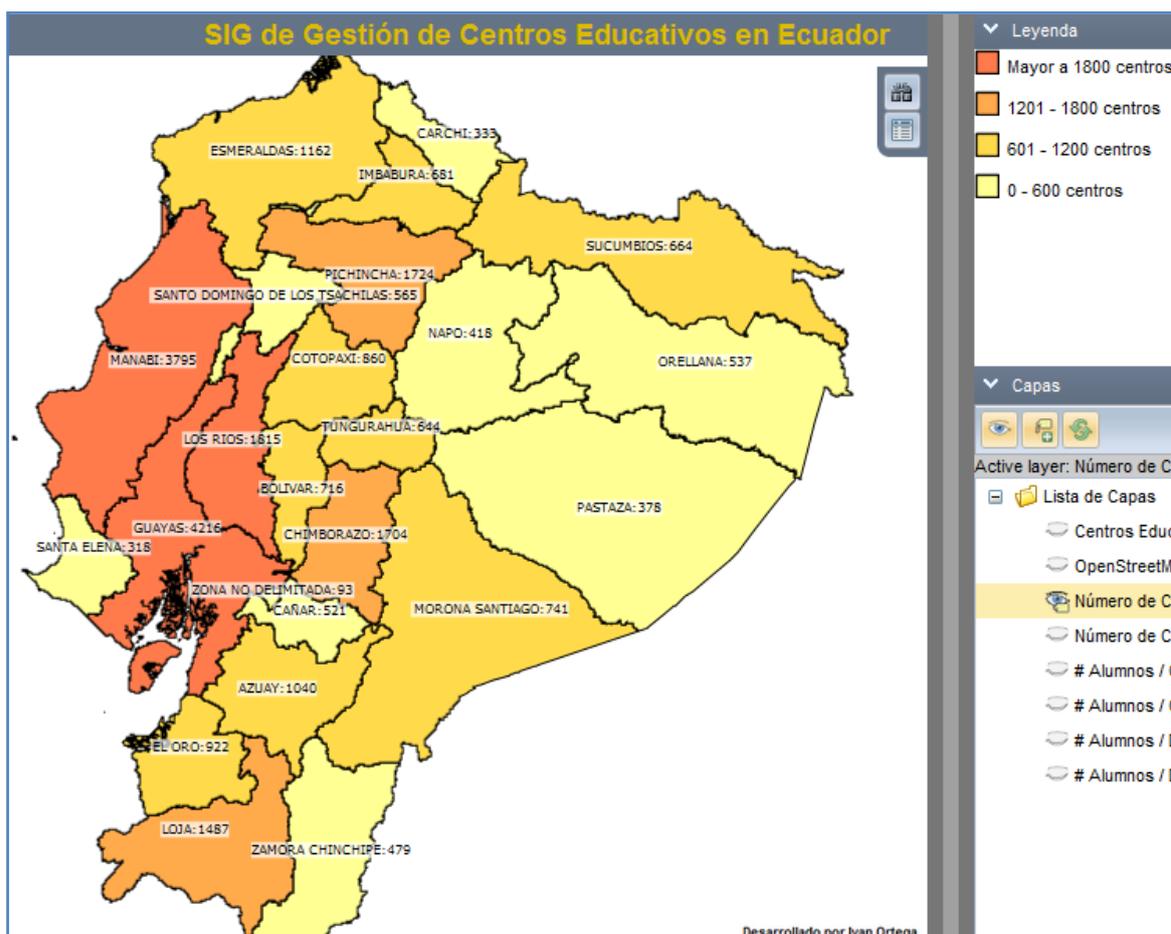


Figura 43. Mapa del Número de centros por Provincia.

El objetivo de este reporte es el de conocer la cantidad de centros educativos de cada provincia para identificar en que provincias existen más establecimientos educativos y efectuar un análisis más detallado. El hecho de que una provincia tenga más o menos institutos educativos no significa que su situación educativa esté bien o mal, ya que depende de la población y número de estudiantes que tenga; el análisis con relaciones de número de estudiantes se lo realiza más adelante.

De lo que se observa en el mapa se puede distinguir claramente que las provincias con mayor número de establecimientos de educación son las de la

costa, seguidas por las de la sierra, con pocos centros educativos están las provincias de la región oriental y finalmente se encuentra la región insular.

Las 5 provincias con más establecimientos educativos en orden descendente son: Guayas, Manabí, Los Ríos, Pichincha y Chimborazo. Es interesante observar que la provincia de Pichincha tiene menos centros educativos que Manabí y Los Ríos a pesar de que Pichincha tiene el segundo lugar en población de acuerdo a la información del portal del INEC. No se debe adelantar criterios de que Pichincha este mal educativamente sino que se debe realizar un análisis más completo y detallado por lo cual los otros reportes de análisis geoespacial del SIG son de mucha ayuda e importancia. Se puede crear un supuesto de que Pichincha tiene menos centros debido a que sus escuelas y colegios son más grandes, para confirmar o desmentir este supuesto se necesita acudir al reporte de alumnos por profesor a nivel provincial.

A continuación se presenta la tabla con las 5 provincias que lideran la posición de tener más establecimientos educativos en orden descendente:

Provincia	Número de Centros Educativos
Guayas	4216
Manabí	3795
Los Ríos	1815
Pichincha	1724
Chimborazo	1704

TABLA 3. Provincias con mayor número de centros educativos.

Finalmente se analizan las 5 provincias con menor número de centros educativos y son: Galápagos, Santa Elena, Carchi, Pastaza y Napo. La principal razón de que estas provincias no tengan muchos centros educativos se debe principalmente a que la población de estas provincias es pequeña.

A continuación se presenta la tabla con las 5 provincias que tienen el menor número de establecimientos educativos en orden ascendente:

Provincia	Número de Centros Educativos
Galápagos	35
Santa Elena	318
Carchi	333
Pastaza	378
Napo	418

TABLA 4. Provincias con menor número de centros educativos.

4.1.2. Número de Centros por Cantón.

Tipo de análisis: Cuantitativo.

Método de clasificación: Equal Interval con un valor de intervalo de 100.

Tipo de dato: Entero.

Operación: Número de centros devuelto de la consulta espacial WITHIN de los puntos centros educativos que se encuentran dentro del polígono cantón.

Descripción: En este análisis se obtiene un reporte geográfico del número de instituciones educativas que tiene cada cantón.

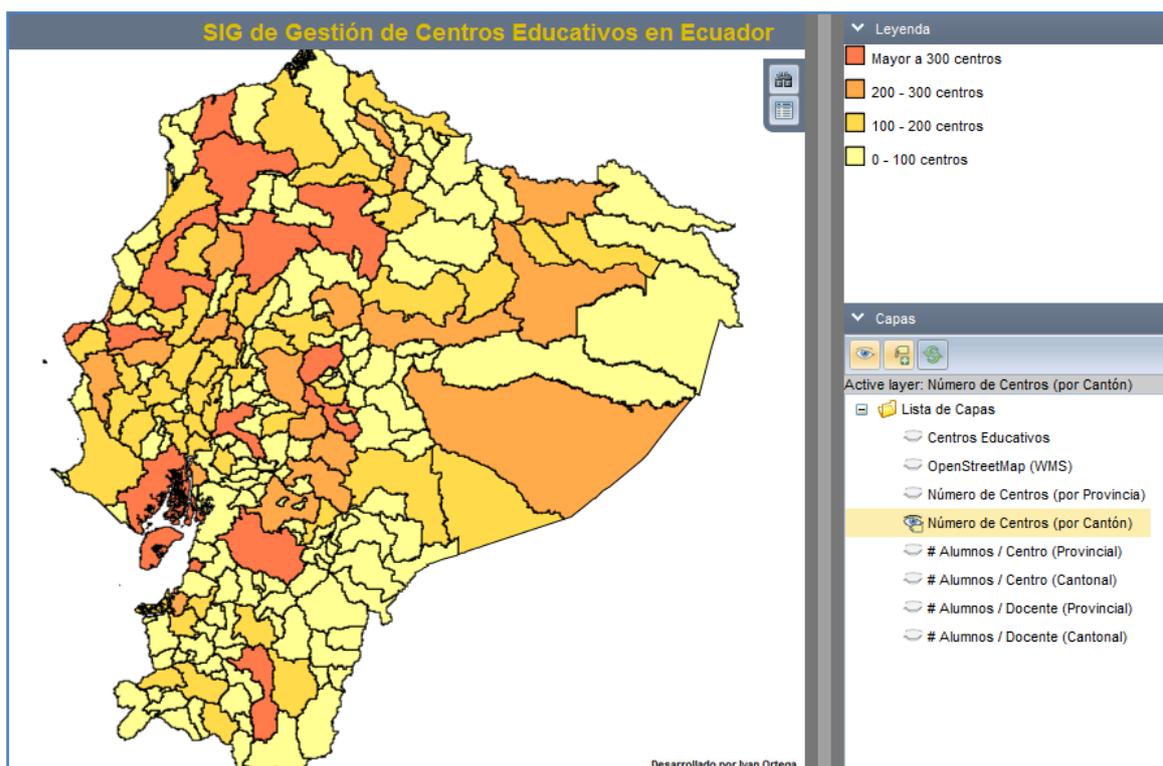


Figura 44. Mapa del Número de Centros por cantón.

El objetivo de este reporte es conocer la cantidad de centros educativos de cada cantón para identificar los cantones con una cantidad alta y baja de centros educativos.

De manera general se puede observar que los cantones con mayor población y los más importantes del país son los que tienen más instituciones educativas. En la Costa la mayoría de cantones tiene un número de centros educativos estable ni muy alto ni muy bajo. En varios cantones del Oriente y en muchos de la Sierra se visualiza que tienen pocos centros educativos.

A través del SIG web se puede realizar un acercamiento y colocar etiquetas para visualizar de forma más clara la cantidad de centros de cada cantón:

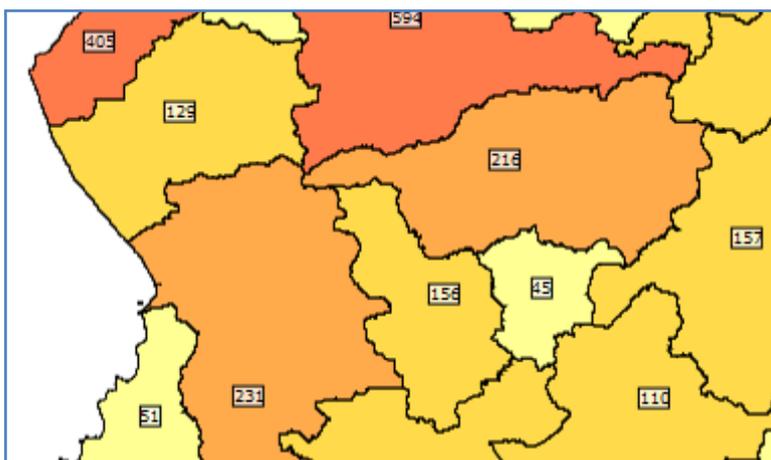


Figura 45. Número de centros por cantón con acercamiento y etiquetas.

El tener muchos o pocos centros educativos todavía no es una muestra de una buena o mala distribución geográfica de los centros educativos ya que aquí se involucran aspectos como el tamaño de los centros y el número de los docentes en cada cantón por lo cual lo que reportes de número de alumnos por centro y por docente son muy importantes. El reporte actual ayuda a establecer los cantones que más importantes debido a su número de establecimientos educativos.

Los cantones que tienen más establecimientos de educación son los más importantes del país en primer lugar se tiene a Guayaquil que es el cantón con mayor número de habitantes, después viene Quito que por ser capital del Ecuador y tener una población muy extensa posee un alto número de centros, en tercer lugar está Portoviejo a pesar de tener menos población que Cuenca, en cuarto lugar está Santo Domingo que se conoce que es un cantón con mucha población y en el quinto lugar está el cantón de Cuenca.

A continuación se presenta la tabla con los 5 cantones que lideran la posición de tener más establecimientos educativos en orden descendente:

Provincia	Cantón	Número de Centros Educativos
Guayas	Guayaquil	2101
Pichincha	Quito	1315
Manabí	Portoviejo	594
Santo Domingo de los Tsáchilas	Santo Domingo	565
Azuay	Cuenca	546

TABLA 5. Cantones con mayor número de centros educativos.

Los cantones con menos centros educativos son por lo general cantones pequeños en superficie y con poca población.

A continuación se presenta la tabla con los 5 cantones que tienen el menor número de centros educativos en orden ascendente:

Provincia	Cantón	Número de Centros Educativos
Azuay	El Pan	6
Azuay	Santa Elena	6
Galápagos	Carchi	8
Azuay	San Fernando	9
Galápagos	San Cristóbal	10

TABLA 6. Cantones con menor número de centros educativos.

4.1.3. Número de Alumnos por Centro Educativo (Provincial).

Tipo de Análisis: Cuantitativo.

Método de clasificación: Equal Interval con un valor de intervalo de 80.

Operación:

Suma del número de alumnos de cada centro devuelto de la consulta espacial WITHIN de los puntos centros educativos que se encuentran dentro del polígono provincia dividido para el número de centros devueltos de la consulta espacial WITHIN de los puntos centros educativos que se encuentran dentro del polígono provincia ($\#alumnosProvincia / \#centrosProvincia$).

Descripción: En este análisis se obtiene un reporte del número de estudiantes asignados por cada centro educativo agrupados a nivel provincial.

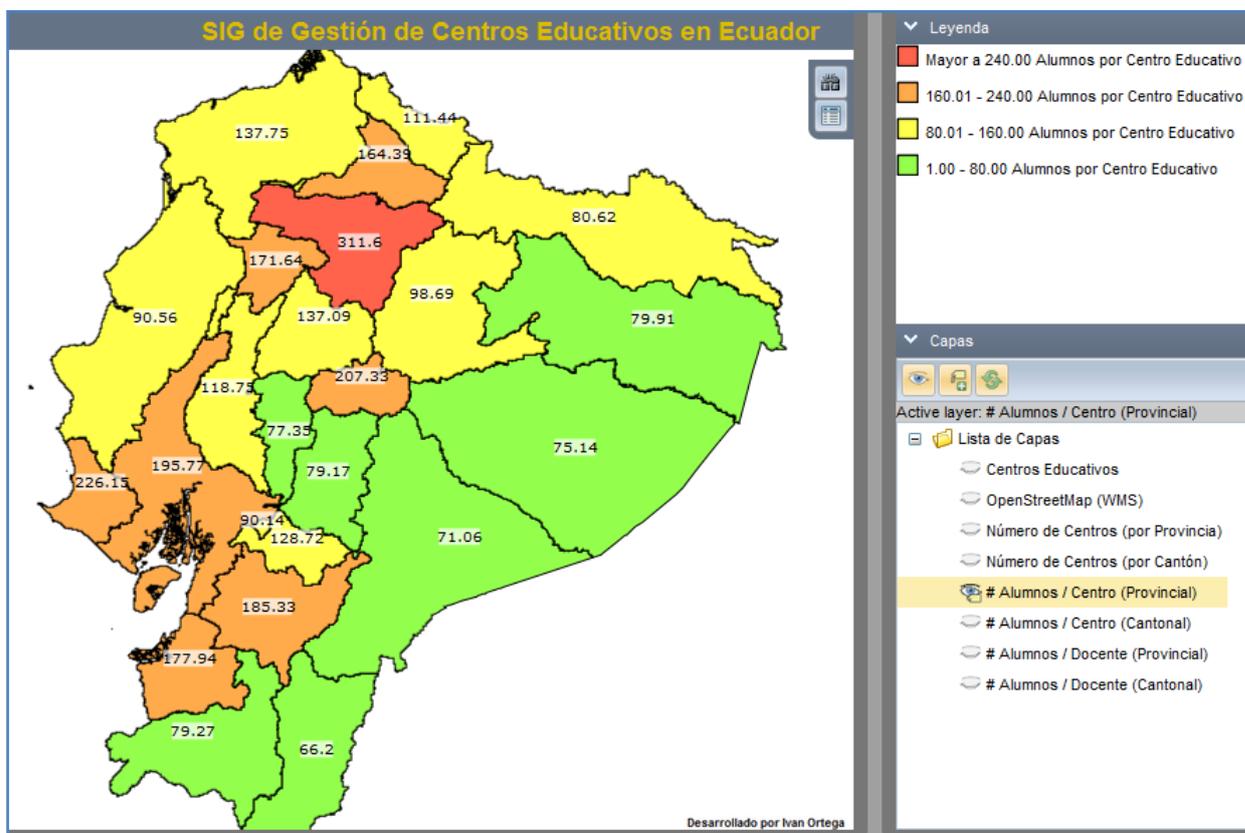


Figura 46. Mapa del Número de Alumnos por Centro Educativo (Provincial).

La finalidad de este mapa es presentar el promedio de la cantidad de estudiantes asignados por cada establecimiento educativo. Se suman todos los estudiantes de la provincia y se divide para la el número de centros de la provincia de esta manera se obtiene la relación cantidad de alumnos por centro educativo.

Al realizar un análisis espacial se puede concluir que las provincias que mantienen una buena relación entre alumnos y centros son Bolívar, Chimborazo, Loja y las ubicadas en la región oriental ya que la mayoría de provincias no tiene más de 80 estudiantes por centro de educación en la figura estas provincias han sido pintadas de color verde y se puede establecer que se encuentran bien pero no se puede dar una conclusión final de que toda la educación esta perfecta porque faltan analizar otros aspectos como infraestructura, acceso vial a las instituciones educativas, número de docentes, número de personas que no estudian y calidad de la enseñanza pero esos aspectos no están incluidos en el alcance de este trabajo de investigación. El siguiente intervalo está formado por provincias que tienen desde 81 hasta 160 alumnos por centro educativo se encuentran principalmente provincias del norte del país como Sucumbíos, Napo, Carchi, Esmeraldas, Manabí y también se encuentran a Los Ríos, Cotopaxi y Cañar. En el siguiente segmento que agrupa a las instituciones educativas desde 161 hasta 240 centros ya se deben estudiar medidas para aumentar el número de instituciones educativas las provincias que forman parte son de Costa centro – sur y también pocas provincias de la sierra como Azuay, Imbabura y Tungurahua. Finalmente con una relación de 310.74 alumnos por centro educativo se encuentra la provincia de Pichincha en la que se deben tomar medidas inmediatas para aumentar el número de escuelas y colegios debido principalmente por el crecimiento poblacional que posee al ser una provincia importante.

Número de Alumnos por Centro Educativo	Provincias
1 – 80	Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Pastaza, Bolívar, Chimborazo, Loja y Orellana.
81 – 160	Sucumbíos, Manabí, Napo, Carchi, Los Ríos, Cañar, Cotopaxi y Esmeraldas.
161 – 240	Imbabura, Santo Domingo de los Tsáchilas, El Oro, Azuay, Guayas, Galápagos, Tungurahua y Santa Elena.
Mayor 240	Pichincha.

TABLA 7. Relación de alumnos por centro a nivel provincial.

4.1.4. Número de Alumnos por Centro Educativo (Cantonal).

Tipo de análisis: Cuantitativo.

Método de clasificación: Equal Interval con un valor de intervalo de 80.

Tipo de dato: Decimal.

Operación:

Suma del número de alumnos de cada centro devuelto de la consulta espacial WITHIN de los puntos centros educativos que se encuentran dentro del polígono cantón dividido para el número de centros devueltos de la consulta espacial WITHIN de los puntos centros educativos que se encuentran dentro del polígono cantón ($\#alumnosCanton / \#centrosCanton$).

Descripción: En este análisis se obtiene un reporte del número de estudiantes asignados por cada centro educativo agrupados a nivel cantonal.

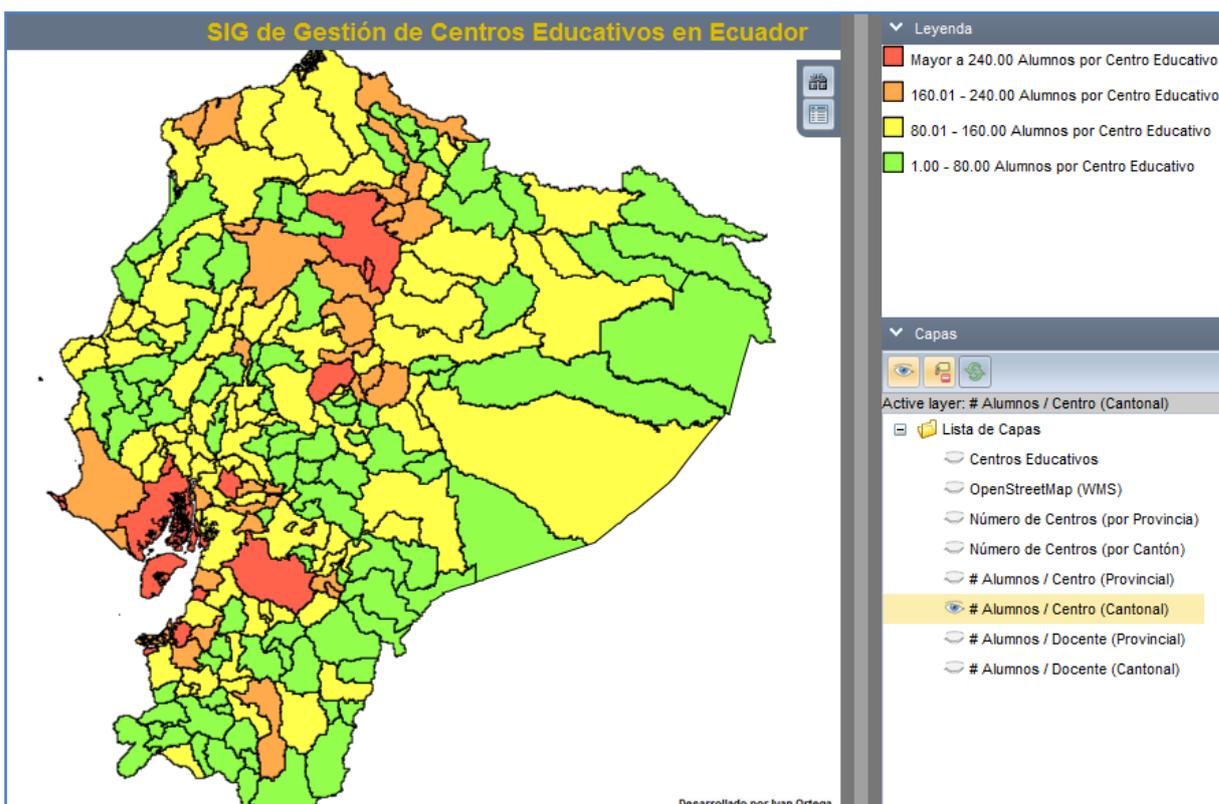


Figura 47. Mapa del Número de alumnos por centro a nivel cantonal.

El propósito de esta capa de información geográfica es presentar el promedio del número de estudiantes asignados por cada establecimiento educativo del cantón. Para obtener esta relación se suman todos los estudiantes del cantón y se divide para el número total de centros de ese cantón de esta manera se obtiene la relación cantidad de alumnos por centro educativo a nivel cantonal.

Este reporte es muy interesante ya que a comparación con el mapa provincial en este análisis geográfico se puede observar de manera más detallada la relación del número de estudiantes por cada centro educativo.

En el mapa se puede observar que se encuentran con un número adecuado de instituciones educativas principalmente los cantones de la región amazónica, costa y sierra central y también en el sur del país. De manera aceptable se

El siguiente paso consiste en identificar a los cantones con mayor y menor número de estudiantes por establecimiento educativo.

En los cantones que tienen menor número de estudiantes por centro educativo no se debe aumentar instituciones de educación a corto plazo ya que se tienen suficientes centros. Lo que se debe hacer en estos cantones es realizar un estudio de que esos valores significan que hay centros educativos suficientes o por el contrario que las personas no están interesadas en estudiar con lo que puede aumentar el analfabetismo.

A continuación se presenta la tabla con los 5 cantones que tienen menor número de estudiantes por centro educativo en orden ascendente:

Provincia	Cantón	Número de Alumnos por Centro Educativo.
Loja	Sozoranga	26.52
Sucumbíos	Putumayo	31.35
Loja	Zapotillo	32.09
El Oro	Chilla	33.19
Loja	Gonzanama	34.04

TABLA 8. Cantones con menor número de alumnos por centro educativo.

Los cantones con mayor número de alumnos por centros educativos están ubicados de manera general en las ciudades más importantes del país ya que el interés por estudiar es más alto y el aumento de crecimiento poblacional es rápido. En estos cantones se deben tomar medidas para aumentar la cantidad de escuelas y colegios.

A continuación se presenta la tabla con los 5 cantones que tienen mayor número de estudiantes por centro educativo en orden descendente:

Provincia	Cantón	Número de Alumnos por Centro Educativo.
Pichincha	Rumiñahui	367.49
Pichincha	Quito	352.53
El Oro	Huaquillas	297.77
Santa Elena	La Libertad	285.54
Santa Elena	Santa Elena	276.56

TABLA 9. Cantones con mayor número de alumnos por centro educativo.

4.1.5. Número de Alumnos por Docente (Provincial).

Tipo de Análisis: Cuantitativo.

Método de clasificación: Equal Interval con un valor de intervalo de 10.

Decimal.

Operación:

Suma del número de alumnos de cada centro devuelto de la consulta espacial WITHIN de los puntos centros educativos que se encuentran dentro del polígono provincia dividido para el número de docentes de cada centro devueltos de la consulta espacial WITHIN de los puntos centros educativos que se encuentran dentro del polígono provincia (#alumnosProvincia / #docentesProvincia).

Descripción: En este análisis se obtiene un reporte geográfico del radio alumno – profesor a nivel provincial.

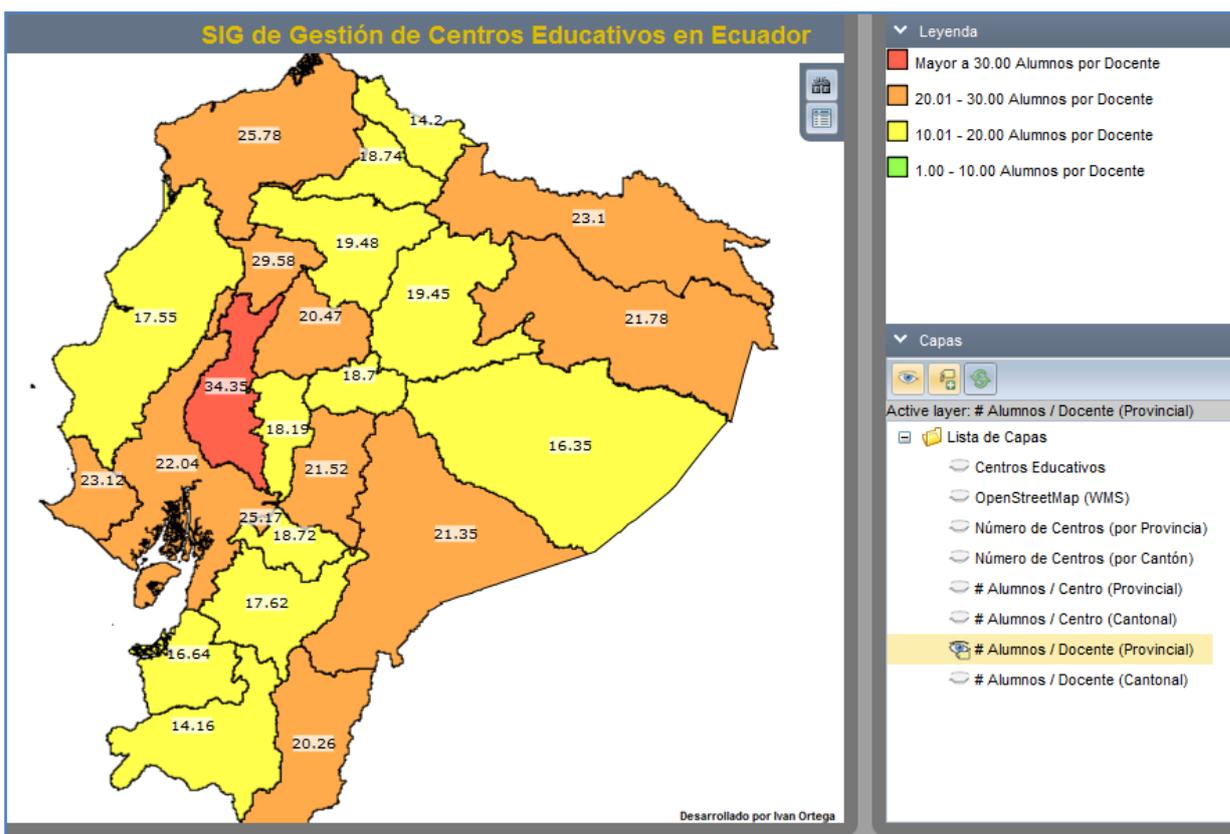


Figura 49. Mapa del Número de alumnos por docente a nivel provincial.

El análisis del radio alumno - profesor es muy importante ya que permite manejar un número adecuado de estudiantes por cada docente. “Relación estudiante-profesor es el número de estudiantes que asisten a una escuela, dividido por el número de profesores de la institución. Por ejemplo, una relación alumno-maestro de 10:1 indica que hay 10 alumnos por cada maestro.” (Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Student%E2%80%93teacher_ratio. Consultado el 16 de Junio de 2013).

Se ha establecido un rango de 10 ya que de acuerdo al análisis de los especialistas de educación un excelente número de estudiantes para el aprendizaje sería de 10; pero si el número de estudiantes por profesor es

aproximadamente 20 es un valor bueno para el aprendizaje. Si el número de estudiantes por docente está en el segmento de 20 a 30 es un valor normal que debe irse mejorando. Pasados los 30 alumnos por profesor los expertos internacionales de educación indican que pueden presentarse una serie de problemas.

“El maestro de la clase primaria no debe ser responsable de más de 25 alumnos por clase, y en los primeros grados no debe tener más de 20 alumnos por clase.”

(Sizer, 2012, <http://www.ncte.org/positions/statements/whyclasssizematters>.

Consultado el 16 de Junio de 2013.)

En el mapa se puede observar que las provincias que tienen un buen radio alumno – profesor están distribuidas principalmente en la Sierra excluyendo a Cotopaxi y Chimborazo, en este segmento también se encuentran Galápagos, El Oro, Manabí, Napo y Pastaza. En el radio de 20.99 – 30 se encuentran todas las provincias restantes con excepción de la provincia de Los Ríos en la cual se tienen que ejecutar acciones de inmediato para aumentar el número de docentes.

Radio Alumnos – Profesor	Provincias
11 – 20	Galápagos, Loja, Carchi, Pastaza, El Oro, Manabí, Azuay, Bolívar, Tungurahua, Cañar, Imbabura, Napo, Pichincha.
21 – 30	Zamora Chinchipe, Cotopaxi, Morona Santiago, Chimborazo, Orellana, Guayas, Sucumbíos, Santa Elena, Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas.
Mayor a 31	Los Ríos.

TABLA 10. Número de alumnos por profesor a nivel provincial .

4.1.6. Número de Alumnos por Docente (Cantonal).

Tipo de Análisis: Cuantitativo.

Método de clasificación: Equal Interval con un valor de intervalo de 10.

Tipo de dato: Decimal.

Operación:

Suma del número de alumnos de cada centro devuelto de la consulta espacial WITHIN de los puntos centros educativos que se encuentran dentro del polígono cantón dividido para el número de docentes de cada centro devueltos de la consulta espacial WITHIN de los puntos centros educativos que se encuentran dentro del polígono cantón (#alumnosCanton / #docentesCanton).

Descripción: En este análisis se obtiene un reporte geográfico del radio alumno – profesor a nivel cantonal.

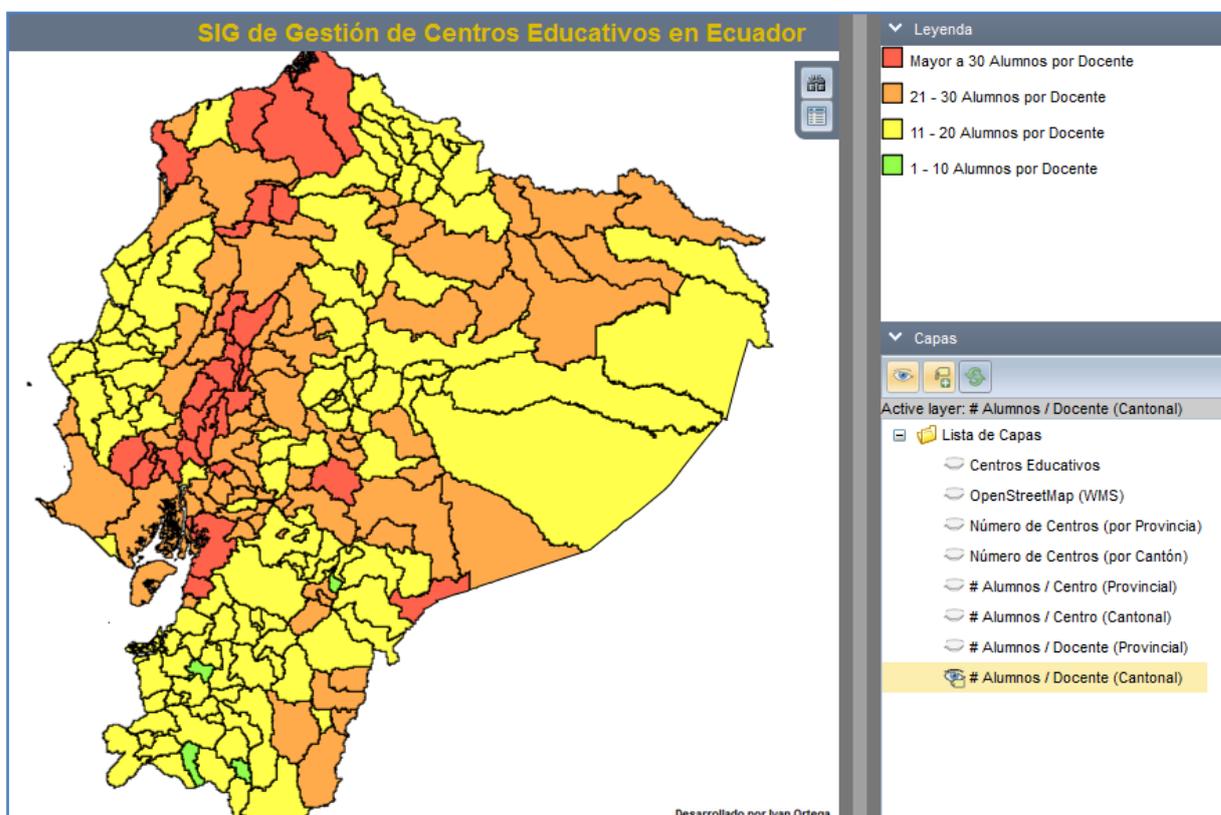


Figura 50. Mapa del Número de alumnos por docente a nivel cantonal.

En el mapa se puede observar que la mayoría de cantones tiene un radio alumno – profesor bueno que no superan los 20 alumnos por docente. Después se encuentra en menor cantidad provincias que deben planificar el incremento de docentes a corto plazo. Finalmente se observa a pocos cantones que se encuentran en una situación de riesgo y deben tomar medidas inmediatamente para aumentar la cantidad de instructores.

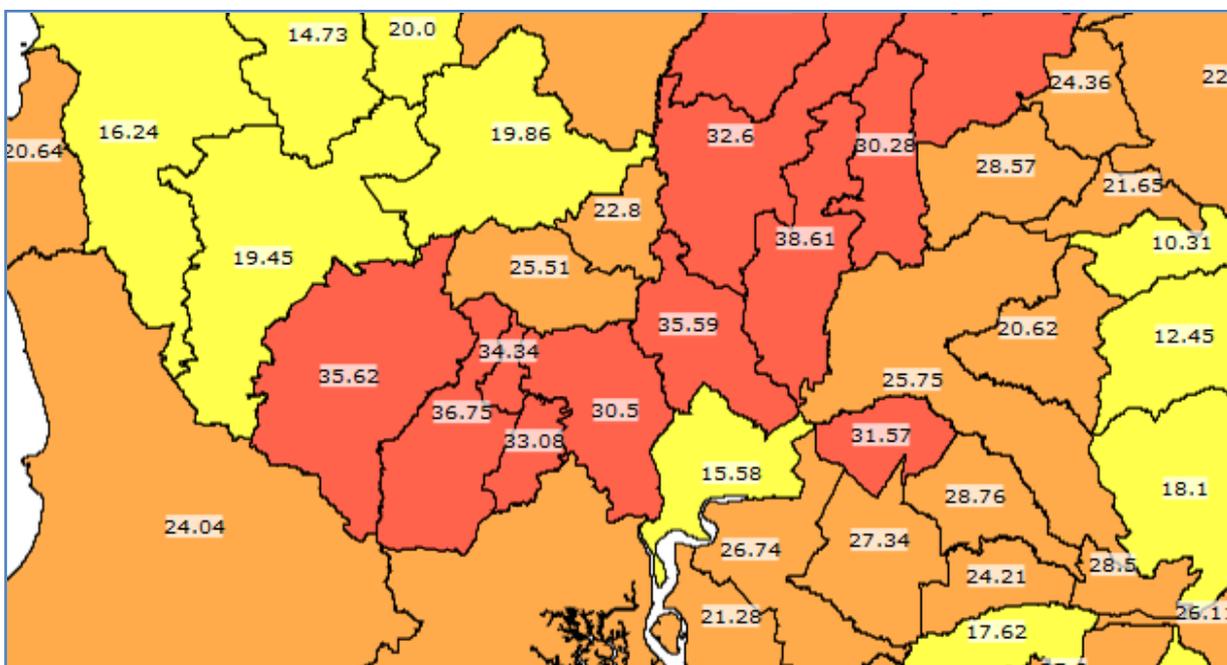


Figura 51. Mapa del Número de alumnos por docente a nivel cantonal (Aumento y etiquetas).

Se aumenta el mapa y se colocan etiquetas para realizar un análisis más detallado de una determinada zona geográfica y poder evaluar los cantones cercanos.

Es importante también consultar los valores menores y mayores de este reporte. En los cantones que tienen menor número de estudiantes por docente no se debe aumentar docentes inmediatamente sino que se debe complementar el estudio analizando otros factores como: porcentaje de analfabetismo en el cantón, estadística de las personas que no asisten a la escuela o colegio y se dedican a otras actividades.

A continuación se presenta la tabla con los 5 cantones que tienen menor número de estudiantes por docente en orden ascendente:

Provincia	Cantón	Número de Alumnos por Centro Educativo.
Loja	Sozoranga	8.06
El Oro	Atahualpa	8.91
Loja	Quilanga	9.23
Azuay	El Pan	10.00
Loja	Bolívar	10.31

TABLA 11. Cantones con menor número de alumnos por docente.

Los cantones con mayor número en el ratio de alumnos-profesor deben tomar rápidamente medidas para solucionar el problema de tener profesores con una excesiva cantidad de estudiantes. Se debería aumentar el número de docentes en estos cantones.

Provincia	Cantón	Número de Alumnos por Centro Educativo.
Los Ríos	Buena Fe	47.45
Los Ríos	Valencia	44.63
Los Ríos	Quevedo	42.34
Los Ríos	Palenque	40.77
Los Ríos	Mocache	39.07

TABLA 12. Cantones con mayor número de alumnos por docente.

4.2 Importancia del Estudio.

Este estudio contribuye para mejorar la gestión de educación en el Ecuador. Este trabajo de investigación proporciona un SIG que quiere ayudar a las autoridades encargadas del control de la Educación a administrar los atributos espaciales y no espaciales de los centros educativos de forma sencilla. También se desea proporcionar una herramienta de análisis geográfico de gestión educativa para facilitar la toma de decisiones de las personas e instituciones que administran la educación en el país con el objetivo de beneficiar a estudiantes, escuelas y colegios de todo el país.

Este trabajo pretende que se haga uso de los Sistemas de Información Geográfica para analizar la educación en el país ya que al utilizar sistemas de información que no manejan información espacial es muy difícil y complejo

determinar si la distribución geográfica de los establecimientos educativos es correcta en cambio en SIG es más sencillo como se ha demostrado con en este trabajo de investigación a través de un SIG se puede conocer: cuales son las provincias y cantones con mayor o menor número de instituciones educativas, cuales son las provincias y cantones que requieren tener más centros educativos y finalmente cuales son las provincias que requieren aumentar el número de docentes.

5. CONCLUSIONES.

5.1. Respuesta a las preguntas de investigación

- Se confirma que la utilización de Sistemas de Información Geográfica apoya de manera muy importante la administración de centros educativos en el Ecuador, en este trabajo de investigación se ha demostrado que con un SIG se puede gestionar de forma sencilla y efectiva la información espacial y no espacial de una institución educativa.

Con la ayuda de los sistemas de información geográfica las personas responsables del control de la educación pueden obtener de forma más rápida y flexible reportes de varios aspectos de la situación de la educación en una determinada provincia, zona geográfica o cantón. En este trabajo de investigación se realiza un análisis de datos a través de los SIG lo que permite determinar que cantón o provincia necesitan más centros educativos o docentes.

- A través del Sistema de Información Geográfica se logró establecer que la relación entre el número de estudiantes y profesores es buena ya que se tiene hasta un máximo de 20 alumnos por profesor en aproximadamente la mitad de provincias del país principalmente en las provincias de la Sierra; sin embargo sería recomendable realizar otro censo de educación para contar con información más actual y exacta. Existe otro segmento de provincias que tienen más de 20 y pueden llegar hasta los 30 alumnos por profesor en este caso en esas provincias se debe planificar a corto

plazo el incremento de docentes; en este segmento se encuentran gran parte de las provincias de la Costa y el Oriente.

- En la provincia de Los Ríos se encuentra el valor más alto con 34.35 alumnos por docente, esta cantidad esta fuera de los otros rangos por lo cual en la provincia de Los Ríos se deben tomar medidas inmediatas para aumentar docentes y solucionar este problema.

5.2. Limitaciones del Estudio

- La información de los centros educativos está basada en datos del año 2008 que es la más actual que se posee en el Sistema de Información Nacional. Otra limitación es el equipo utilizado para la instalación de la base de datos ya que es una computadora y no un servidor como lo tienen las grandes instituciones.
- Los sistemas de información geográfica suelen en ocasiones demorar la presentación de sus elementos geométricos por lo cual es importante realizar las configuraciones necesarias para que el tiempo de respuesta sea el menor posible.

5.3. Recomendaciones para futuros estudios

- Seguir investigando las tecnologías relacionadas con el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica ya que cada vez van aumentando, mejorando y simplificando la implementación de los SIG.
- Utilizar los SIG en nuevos campos de aplicación ya que los beneficios que el área investigada recibe son grandes porque se puede obtener información espacial y no espacial de forma fácil y sencilla en comparación

con los sistemas de información tradicionales. Como se reflejó en este trabajo de investigación se pudo conocer fácilmente los cantones y provincias que tienen un número de establecimientos educativos adecuados y también cuales tienen escasez de instituciones educativas.

- Continuar realizando investigaciones sobre otros factores que contribuyan con el mejoramiento de la educación en el país ya que es un aspecto clave para el desarrollo y mejoramiento de la patria porque los niños y jóvenes de nuestro territorio son el futuro y quienes tomarán decisiones más adelante.
- Se sugiere utilizar una base de datos como Postgis ya que posee un gran número de tipos de datos y de funciones geográficas que son un valioso aporte el momento de realizar consultas espaciales; en este trabajo ayudaron para conocer cuántos puntos de los centros educativos se encuentran dentro del polígono de cada provincia y de esa manera establecer el número de establecimientos educativos que tiene cada provincia.
- Utilizar el lenguaje de programación java para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica ya que es un lenguaje potente, portable, con buen desempeño, orientado a objetos, con un Api de librerías ordenado y estandarizado que permite construir aplicaciones web de una manera rápida y organizada.

6. MATERIAL DE REFERENCIA.

6.1. Referencias

- Sastre, P. (2010). Sistemas de Información Geográfica (SIG): Técnicas básicas para estudios de biodiversidad. Instituto Geológico y Minero de España.
- Fazal, S. (2008). GIS Basics. New Delhi, New Age International Limited.
- Navarro, A. & Plana, A. (2011). Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática. Barcelona, Editorial UOC.
- Jaramillo, J. (2013). Ecuador apuntala su talento humano a través del conocimiento y la educación. Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica. En: <http://www.andes.info.ec/es/actualidad/ecuador-apuntala-talento-humano-traves-conocimiento-educacion.html> Consultado el 14 de Junio de 2013.
- Open Source Initiative. (2012). The Open Source Definition. En: <http://opensource.org/osd> Consultado el 8 de Abril de 2013.
- Brittain, J. & Darwin, I. (2010). Tomcat: The Definitive Guide. O'Reilly & Associates.
- Sánchez, J. (2004). Java 2 incluye Swing, Threads, programación en red, JavaBeans, JDBC y JSP / Servlets. Sun Microsystems.
- GeoTools. (2012). GeoTools. En: <http://docs.geotools.org/latest/userguide/geotools.html> Consultado el 28 de Abril de 2013.
- HibernateSpatialOrg. (2013). Hibernate Spatial. En: <http://www.hibernate.org/> Consultado el 02 de Mayo de 2013.
- Mejías, J. (2008). Manual de GWT. España, Creative Commons.
- Pivotal. (2013). Spring. En: <http://www.springsource.org/> Consultado el 06 de Mayo de 2013.
- Walls, C. & Breidenbach, R. (2005). Spring In Action. Manning Publications.

- Cook, J. (2012). Web Mapping? Why? How?. En: http://www.archaeogeek.com/talks/Why_Web_Mapping.pdf Consultado el 12 de Mayo de 2013.
- Haklay, M. & Singleton, A. (2008). Web Mapping 2.0: The Neogeography of the GeoWeb. En: <http://week9neogeog.pbworks.com/w/page/f/Web+Mapping+2.0+The+Neogeography+of+the+GeoWeb.pdf> Consultado el 15 de Mayo de 2013.
- Neumann, A. (2008). Web Mapping and Web Cartography. En S. Shekar y H. Xiong (Eds.), Encyclopedia of GIS. Springer.
- Open Geospatial Consortium. (2013). OGC Standards. En: <http://www.opengeospatial.org/standards/is> Consultado el 19 de Mayo de 2013.
- Maso, J. & Julia, N. (2010). Historia y estado actual del futuro estándar Web Map Tiling Service del OGC. En: http://www.creaf.uab.es/mirammon/publicat/abstract/jidee08/Abstract_Historia_y_estado_actua_del_futuro_WMMS.pdf Consultado el 24 de Mayo de 2013.
- Esri. (2012). Tutorial de publicación de servicios WFS. En: http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/pdf/tutorial_publishing_wfs_services.pdf Consultado el 28 de Mayo de 2013.
- Geomajas Org. (2013). What is Geomajas ?. En: <http://www.geomajas.org/> Consultado el 2 de Junio de 2013.
- Cabanes, N. (2007). Introducción a las Bases de Datos. En: <http://www.nachocabanes.com/tutors/ibd006.pdf> Consultado el 4 de Junio de 2013.
- Rob, P. & Coronel, C. (2004). Sistemas de Bases de Datos: Diseño, Implementación y Administración. Mexico, Thomson.
- Paré, R. (2008). Bases de Datos. UOC, La universidad virtual.
- Microsoft. (2012). Descripción general de Microsoft Solutions Framework (MSF). En: <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/jj161047.aspx> Consultado el 5 de Junio de 2013.
- Schmuller, J. (2004). Aprendiendo UML en 24 horas. Prentice Hall.

- León, A. (2007). Qué Es La Educación. En: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/20200/2/articulo2.pdf>
Consultado el 12 de Junio de 2013.
- Eintzinger, A. Belgiu, M. & Jimenez, L. (2012). Web Features Services. UNIGIS en América Latina.
- Brookshear, G. (2004). Introducción a las Ciencias de la Computación. Cuarta Edición. Delaware, Addison – Wesley Iberoamericana.
- Sommerville, I. (2002). Ingeniería de Software. Sexta Edición. México, Pearson Educación.
- Obe, R. & Hsu, L. (2011). PostGIS In Action. Stamford, by Manning Publications.

6.2. Anexos

6.2.1. Anexo A: Manual de Instalación.

A.1. Requerimientos del Sistema

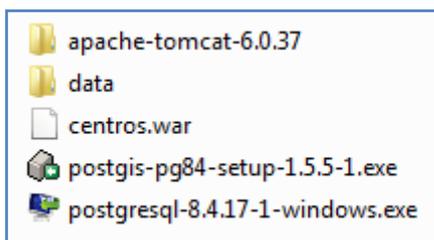
Se puede el Sistema de Información Geográfica en un computador o servidor que tenga características similares o superiores a las indicadas a continuación:

- Procesador Core 2 DUO.
- Memoria RAM mínima de 4GB.
- Espacio en disco duro de 1 GB.
- Tarjeta de red configurada con una dirección IP.
- Sistema Operativo Windows XP.
- Se debe tener instalado JDK 1.5.

A.2. Contenido de la Carpeta Instaladores

La carpeta de instaladores que se incluye en el CD junto a la tesis tiene el siguiente contenido:

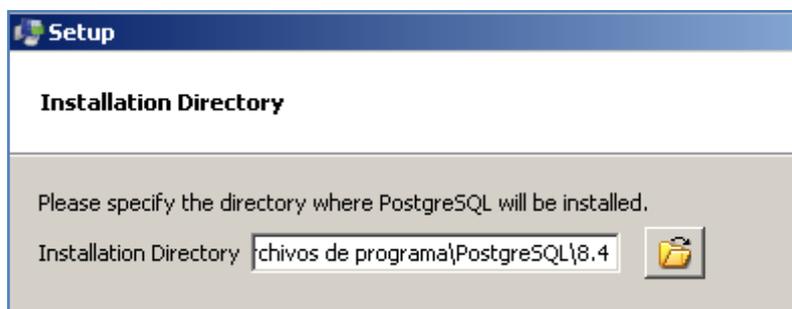
- Instalador de postgresql 8.4.
- Instalador de postgis 1.5.
- Directorio data que contiene los datos del SIG de gestión educativa.
- Directorio apache – tomcat 6.
- Archivo del proyecto del SIG centros.war



A.3. Instalación de PostgreSQL

Para realizar la instalación del servidor de base de datos postgresQL se deben realizar los siguientes pasos:

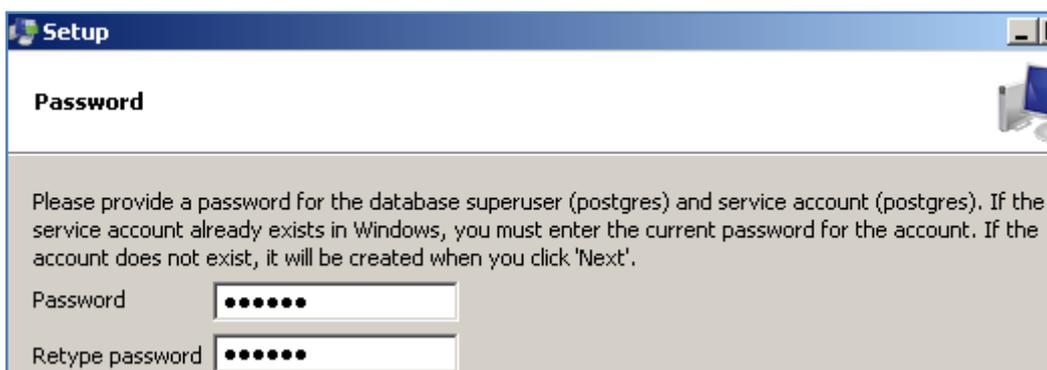
- Dar doble clic en el instalador de postgresql 8.4., se abre la ventana de instalación y se da clic en siguiente.
- Después aparece una ventana solicitando el directorio en donde se instalará postgresql; se selecciona C:\Archivos de programa\PostgreSQL\8.4



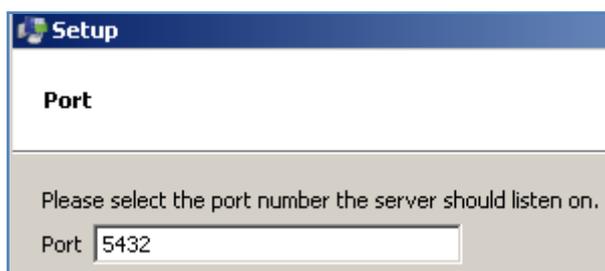
- Luego se muestra una pantalla solicitando la información de la carpeta en donde se guardarán los datos se especifica C:\Archivos de programa\PostgreSQL\8.4\data



- En la pantalla siguiente se debe escribir la clave para este proyecto se usa 123456 como contraseña.

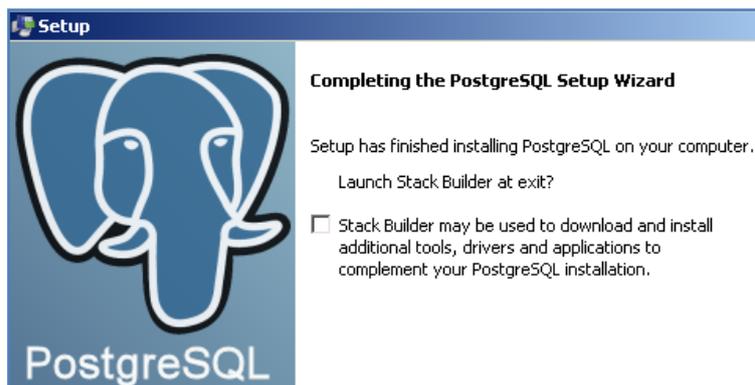


- En la siguiente interfaz se debe especificar el puerto; se ingresa 5432.

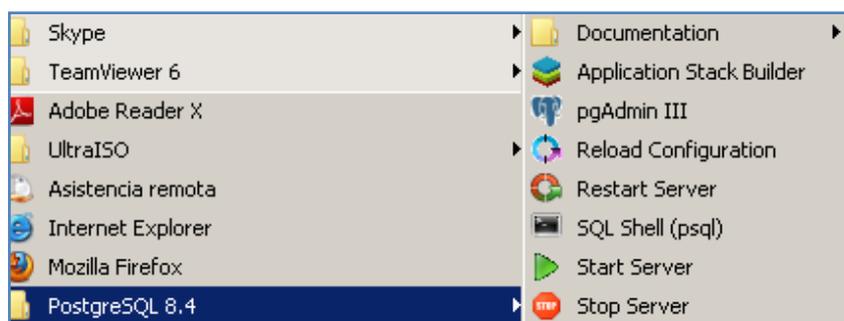


- A continuación se abre una ventana de opciones avanzadas en la cual se da clic en Siguiente.

- Después aparece una pantalla indicando que postgresql está lista para empezar la instalación, se da clic en Siguiente.
- Aparece una pantalla indicando que la instalación ha finalizado, se quita el checkbox de Stack Builder y se da clic en Finalizar.



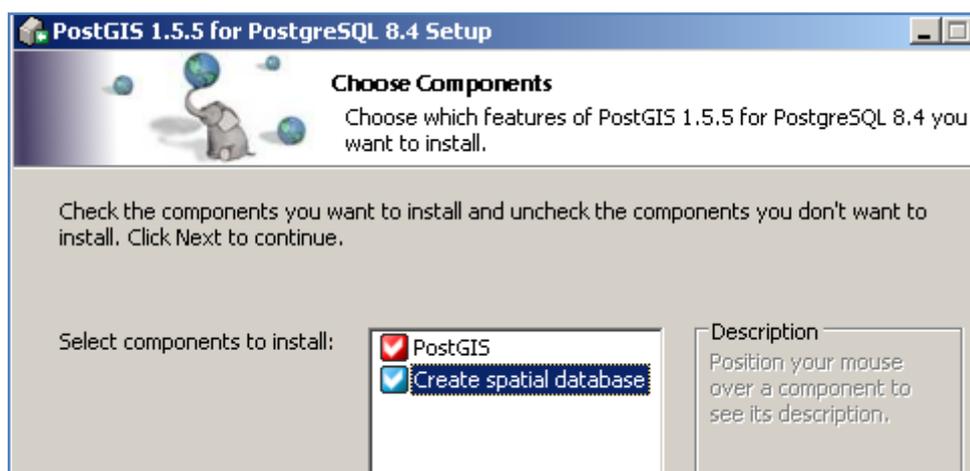
- Se puede comprobar la instalación ingresando a postgresql a través del botón de Inicio, luego clic en Todos los Programas y clic en el menú de PostgreSQL.



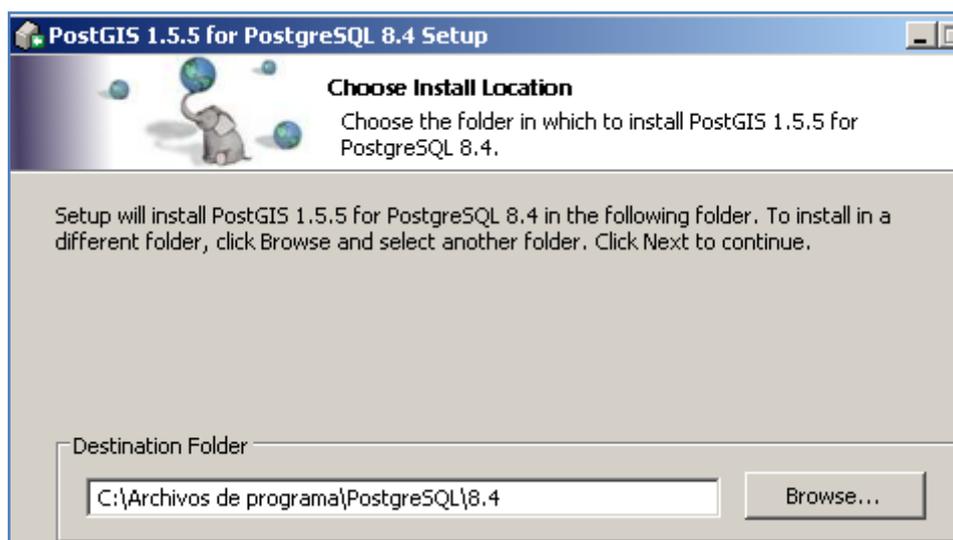
A.4. Instalación de PostGIS

Para realizar la instalación de la extensión PostGIS sobre la base de datos PostgreSQL se deben seguir los siguientes pasos:

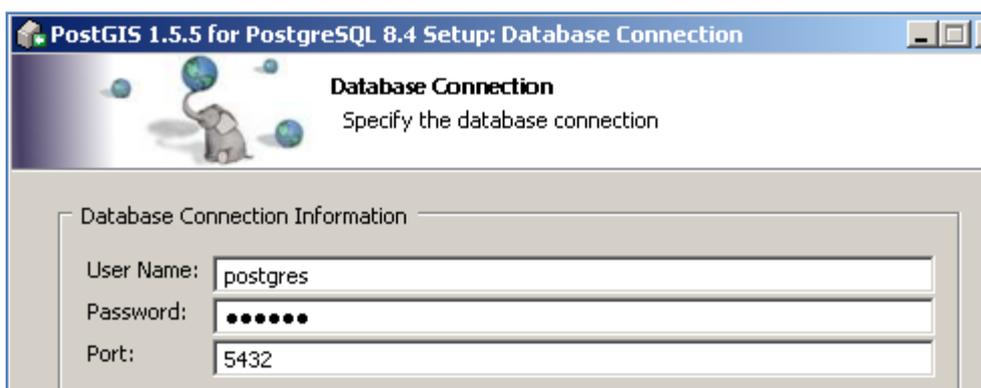
- Dar doble clic en el instalador de postgis 1.5., se abre la ventana de instalación, se lee los términos de la licencia y se da clic en aceptar.
- Después aparece una ventana solicitando los componentes que se quiere instalar, se seleccionan PostGIS y también creación de una base de datos espacial y se da clic en Siguiente; esto es muy útil ya que se instala una base de datos plantilla que sirve para crear nuevas bases de datos geográficas basadas en esta plantilla.



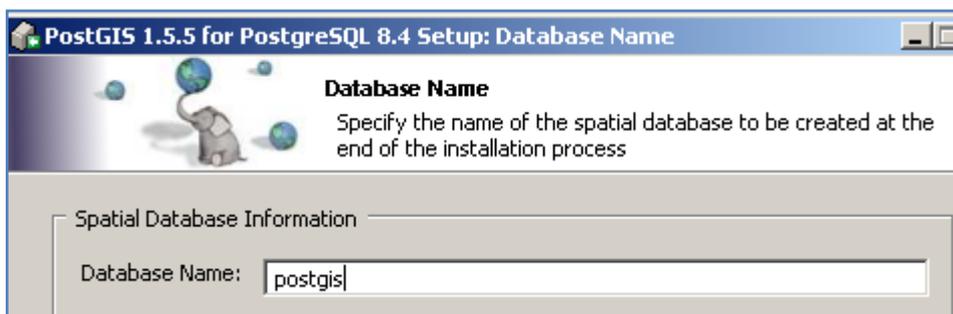
- Luego se muestra una pantalla solicitando la información de la ruta de la base postgresql que deseamos utilizar para instalar postgis, se selecciona C:\Archivos de programa\PostgreSQL\8.4



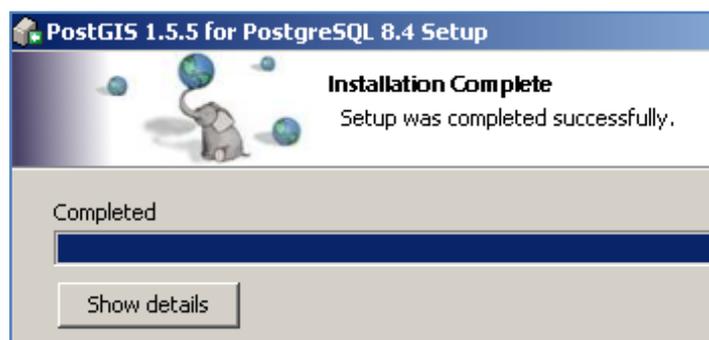
- En la pantalla siguiente se debe escribir: en nombre de usuario postgres, en clave 123456 y en puerto 5432.



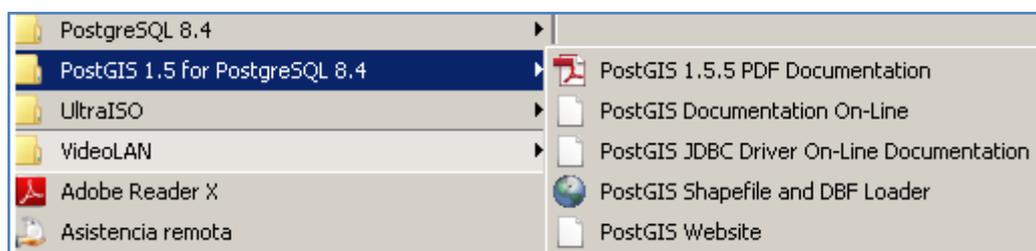
- En la siguiente ventana se escribe el nombre de la base de datos postgis.



- Después se presenta una ventana preguntando si se quiere habilitar el plugin de shp2pgsql, se da clic en Si.
- Finalmente se muestra una ventana que indica la finalización de la instalación.

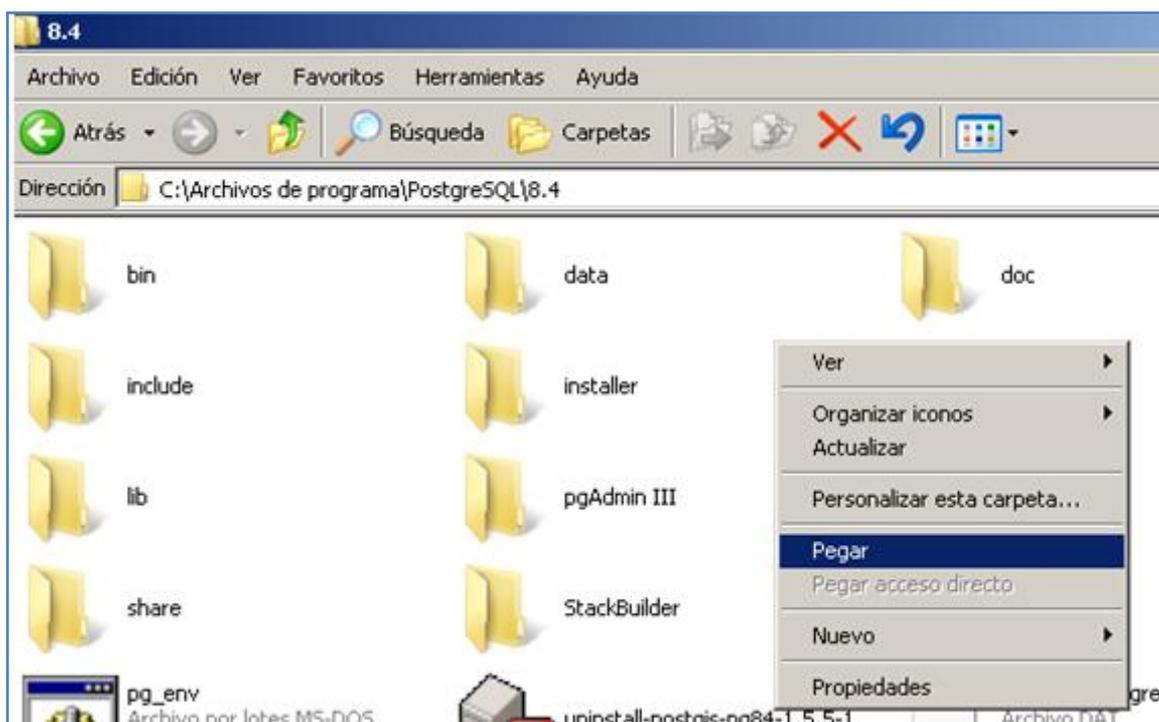


- Se puede comprobar la instalación ingresando a postgres a través del botón de Inicio, luego clic en Todos los Programas y clic en el menú de PostGIS.



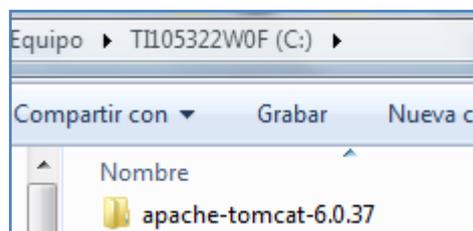
A.5. Copia de Datos

Se debe sobrescribir todo el directorio data de la carpeta instaladores por el directorio: C:\Archivos de programa\PostgreSQL\8.4\data con la finalidad de que los datos geográficos de centros, cantones y provincias se carguen a la nueva base de datos instalada.



A.6. Copia de Tomcat

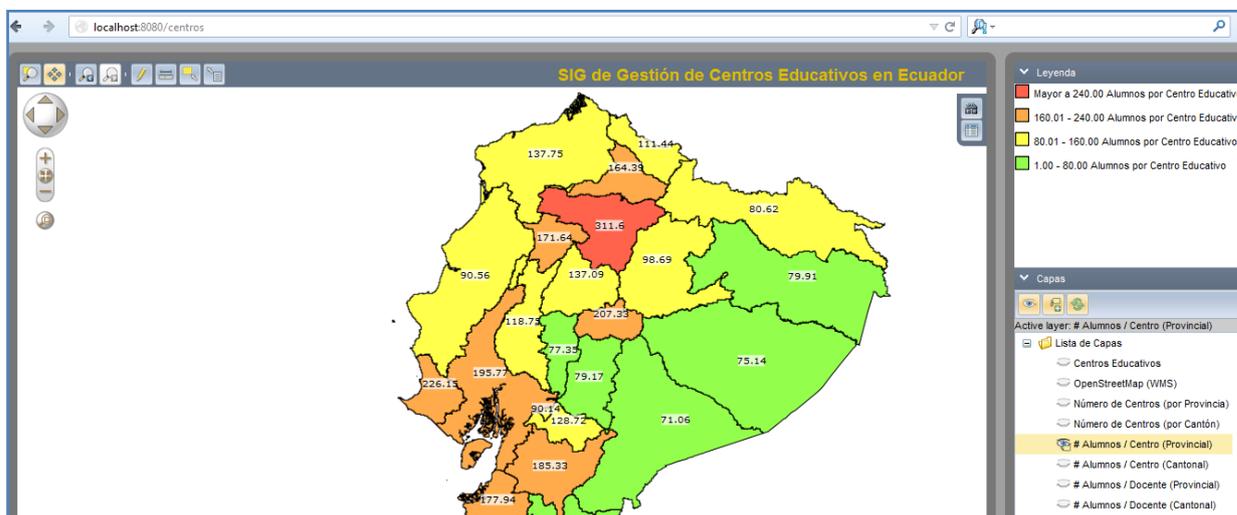
Se copia la carpeta apache tomcat desde el directorio instaladores hacia el disco C del equipo en el que se instala el servidor web.



A.7. Despliegue del archivo centros.war

- Se arranca el servidor tomcat haciendo doble clic sobre el archivo startup.bat que se encuentra en la siguiente ruta: C:\apache-tomcat-6.0.37\bin.
- Se copia el archivo centros.war desde la carpeta de instaladores hacia el directorio C:\apache-tomcat-6.0.37\webapps, se debe esperar unos 20 segundos aproximadamente para que el tomcat termine de desplegar el proyecto del SIG de gestión de centros.

- Finalmente se ingresa a un browser y se escribe la siguiente dirección <http://localhost:8080/centros> si el Sistema de Información Geográfica se instaló de manera correcta significa que la instalación fue exitosa.



6.2.2. Anexo B: Migración de los datos geográficos de SHP a Postgis.

Para migrar la información espacial de los centros educativos, las provincias y los cantones desde los archivos SHP hacia la base de datos espacial Postgis se utilizan las herramientas PostGIS Shapefile y DBF Loader.

El orden que se va a utilizar para realizar la migración es: provincia, cantones y por último los centros educativos. Para poder realizar la migración es necesario tener instalada la base espacial Postgis y haber descargado los datos geográficos como se mostró en la sección 3.3 de obtención de los datos geográficos.

Para empezar con la migración se debe abrir la herramienta de importación de Postgis para lo cual se da clic en Inicio / Programas / PostGIS 1.5 for PostgreSQL 8.4 / PostGIS Shapefile and DBF Loader. Como se muestra en la figura 3.26.

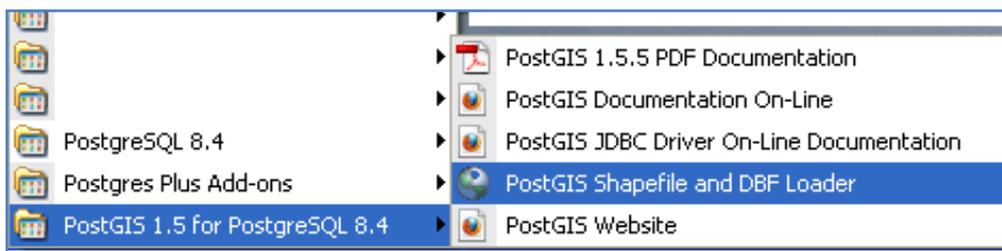


Figura B.1. Ejecución de la herramienta PostGIS Shapefile and DBF Loader.

Para la migración de los datos geográficos primero se da clic en el botón de Options; después aparece una pantalla con varias configuraciones de las cuales se seleccionan las opciones de: Create spatial index automatically alter load y la de Load into GEOGRAPHY column y se da clic en OK. Como se muestra en la figura B.2.

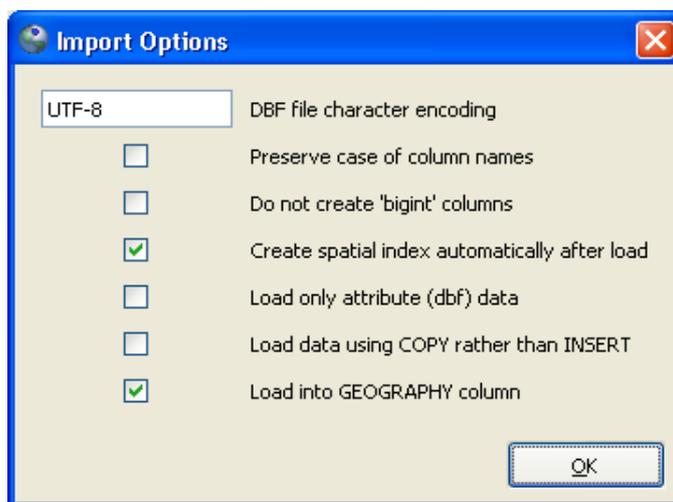


Figura B.2. Ventana de configuración de las opciones de importación.

B.1. Migración de los datos geográficos de las provincias de Ecuador.

En la ventana principal de migración de las provincias como se presenta en la figura B.3 se deben realizar las siguientes configuraciones:

- En el campo de Shape File se escoge el archivo nxprovincias.shp.

- En la sección PostGIS Connection se establecen los valores para la conexión con la base de datos PostGIS.
- En username se coloca postgres que es el usuario administrador de postgres..
- En el campo de Password se ingresa la contraseña del usuario postgres.
- En Server Host se pone la dirección de la computadora en la que se encuentra instalada la base de datos postgres, si la base de datos se encuentra en el mismo computador desde el que se está realizando la migración se debe colocar localhost. En este caso se utiliza el mismo equipo.
- Se escribe el número del puerto de Postgis que es el 5432.
- En Database se ingresa el nombre de la base de datos en la que se creará la tabla de provincia y se importarán los datos geográficos en este trabajo de investigación la base de datos se llama app.
- En el área de Configuration se deben ingresar valores relacionados con la migración de los datos geográficos.
- En el campo Destination Schema se coloca public que es el nombre del esquema en el que se creará la tabla de las provincias.
- En SRID se debe colocar el número que representa al sistema de coordenadas geográfico que tiene el archivo nxprovincias.shp. El sistema de coordenadas geográfico del archivo shp de provincias es GCS_WGS_1984 al consultar el valor SRID de este sistema geográfico en la tabla spatial_ref_sysde postgres se obtuvo el valor de 4326.
- En el campo Destination Schema se coloca public que es el nombre del esquema en el que se creará la tabla de las provincias.

- En el campo Destination Table se escribe provincia que el nombre de la tabla que se creará en Postgis.
- En Geometry Column se debe colocar el nombre de la columna que almacenará el valor geográfico de cada registro de la tabla provincia. Se escribe Geom.
- Finalmente se da clic en el botón Import y empieza la importación de los datos geográficos, al finalizar la migración aparece el mensaje Shapefile import completed que indica que la importación a Postgis terminó de forma exitosa.

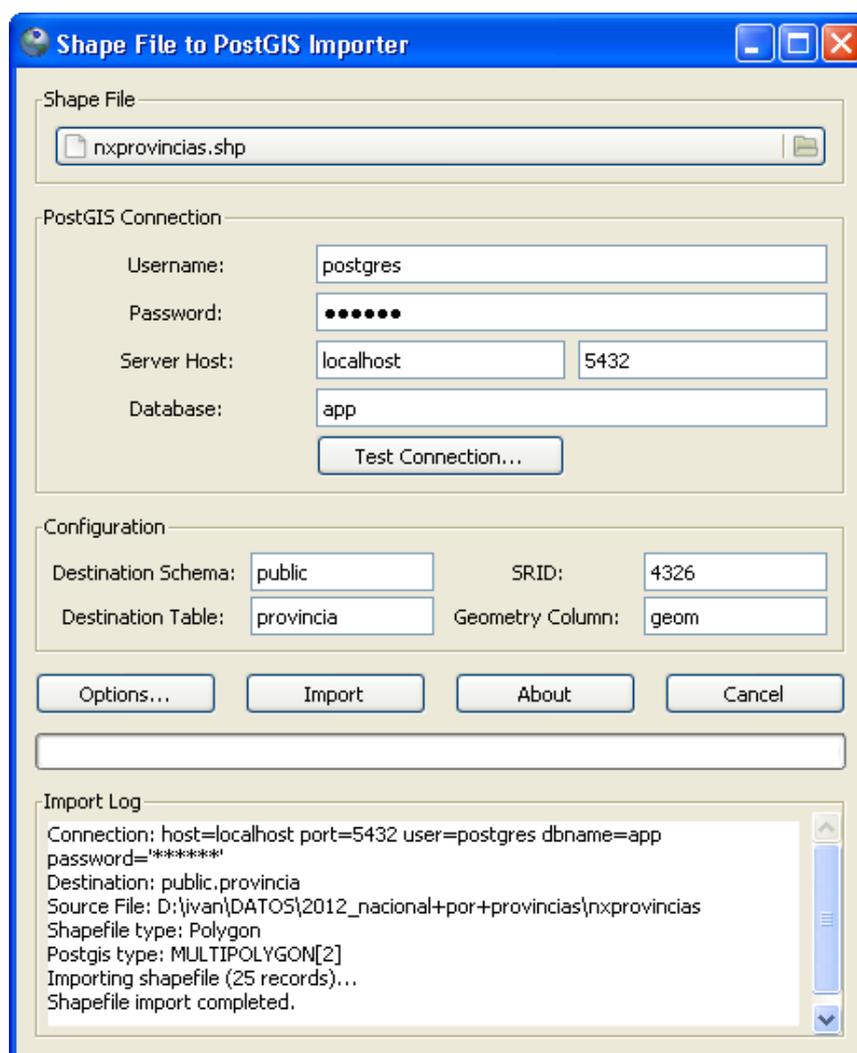
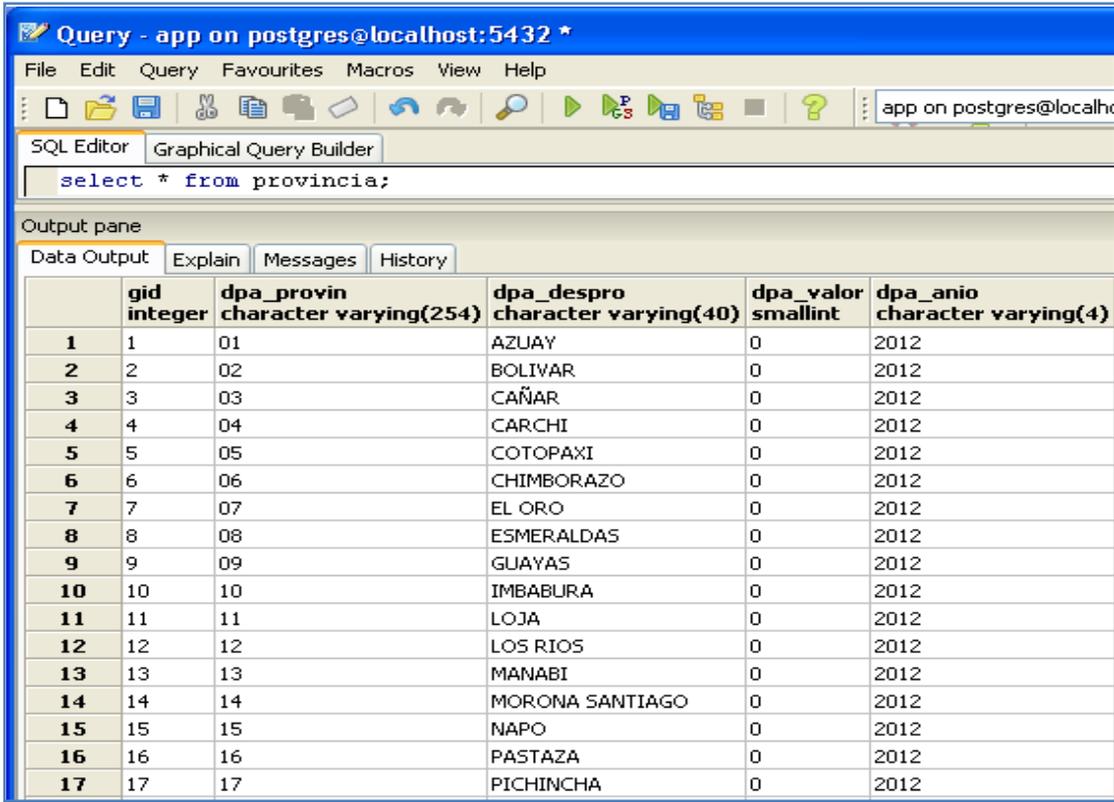


Figura B.3. Ventana de migración de los datos geográficos de provincias.

Para verificar que la importación se realizó correctamente se utiliza la herramienta pgAdmin de PostgreSQL, se ingresa a la base de datos app, se abre un editor SQL y se realiza la consulta `select * from provincia;`



	gid integer	dpa_provin character varying(254)	dpa_despro character varying(40)	dpa_valor smallint	dpa_anio character varying(4)
1	1	01	AZUAY	0	2012
2	2	02	BOLIVAR	0	2012
3	3	03	CAÑAR	0	2012
4	4	04	CARCHI	0	2012
5	5	05	COTOPAXI	0	2012
6	6	06	CHIMBORAZO	0	2012
7	7	07	EL ORO	0	2012
8	8	08	ESMERALDAS	0	2012
9	9	09	GUAYAS	0	2012
10	10	10	IMBABURA	0	2012
11	11	11	LOJA	0	2012
12	12	12	LOS RIOS	0	2012
13	13	13	MANABI	0	2012
14	14	14	MORONA SANTIAGO	0	2012
15	15	15	NAPO	0	2012
16	16	16	PASTAZA	0	2012
17	17	17	PICHINCHA	0	2012

Figura B.4. Resultado de la migración de datos geográficos de las Provincias.

Se revisa también la estructura de las columnas de la tabla provincia, se verifica que la tabla tiene una columna llamada geom que sirve para almacenar toda la información geográfica de los puntos del polígono:

Column name	Definition	Inherit...
gid	serial NOT NULL	
dpa_provin	character varying(254)	
dpa_despro	character varying(40)	
dpa_valor	smallint	
dpa_anio	character varying(4)	
rei_codigo	character varying(16)	
ren_codigo	character varying(16)	
pee_codigo	character varying(3)	
geom	geography(MultiPolygon,4326)	

Figura B.5. Columnas de la tabla Provincia.

B.2. Migración de los datos geográficos de los cantones de Ecuador.

En la ventana principal de importación se deben realizar las siguientes configuraciones:

- En el campo de Shape File se escoge el archivo nxcantones.shp.
- En Username se coloca postgres que es el usuario administrador de postgis..
- En el campo de Password se ingresa la contraseña del usuario postgres.
- En Server Host se pone la dirección de la computadora de la base de datos en este caso se utiliza el mismo equipo por lo cual se escribe localhost.
- Se escribe el número del puerto de postgis que es el 5432.
- En Database se ingresa el nombre de la base de datos en la que se creará la tabla de cantón. La base de datos se llama app.
- En el campo Destination Schema se coloca public que es el nombre del esquema en el que se creará la tabla de los cantones.
- En SRID se debe colocar el número que representa al sistema de coordenadas geográfico que tiene el archivo nxcantones.shp. El sistema de coordenadas es GCS_WGS_1984 y de acuerdo a la tabla spatial_ref_sysde de postgis el valor SRID es 4326.

- En el campo Destination Table se escribe canton que es el nombre de la tabla que se creará en postgis.
- En Geometry Column se debe colocar el nombre de la columna que almacenará el valor geográfico de cada elemento de la tabla canton. Se escribe geom..
- Finalmente se da clic en el botón Import y empieza la importación de los datos geográficos de los cantones. El momento que aparece el mensaje Shapefile import completed la importación ha terminado exitosamente.

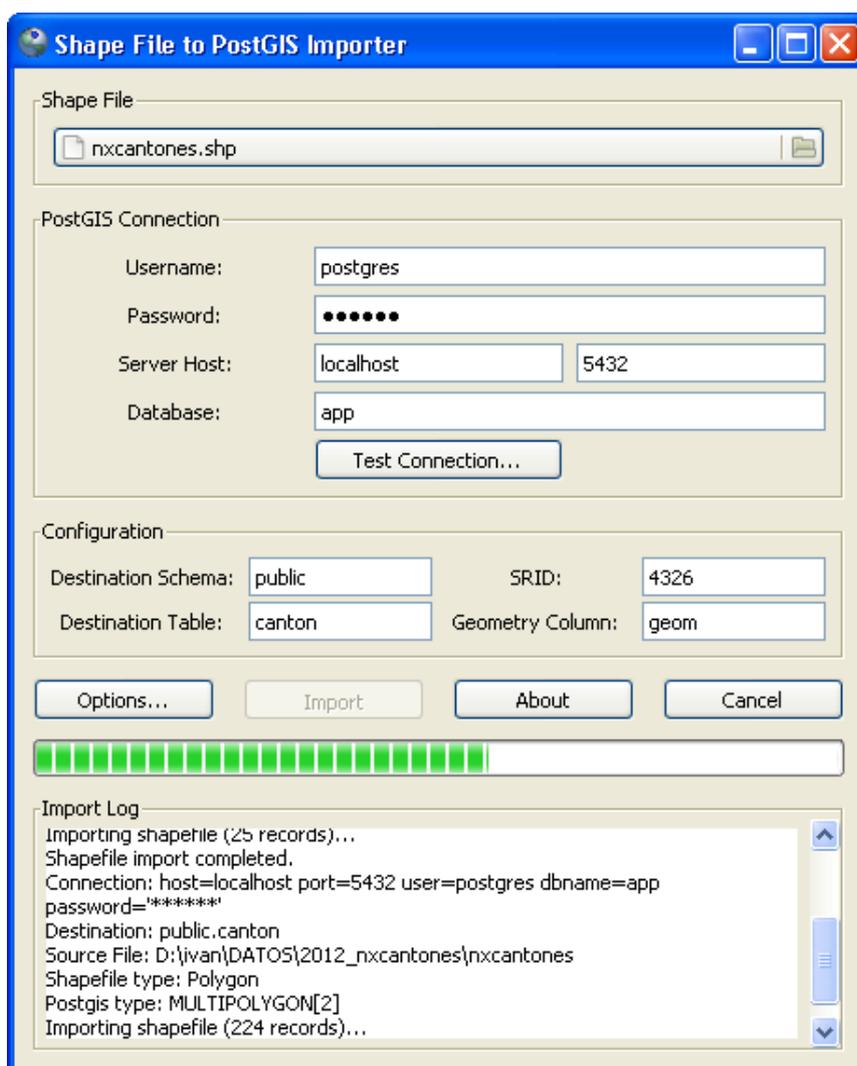
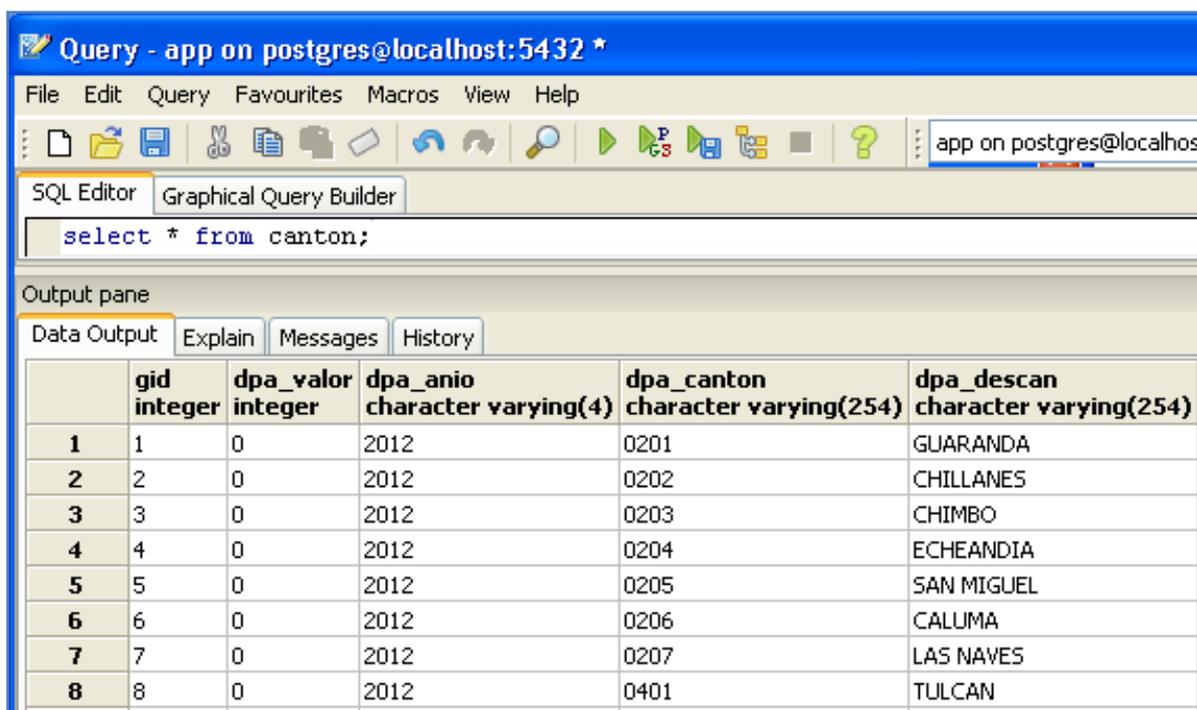


Figura B.6. Ventana de migración de los datos geográficos de cantones.

Para verificar que la importación se realizó correctamente se utiliza la herramienta pgAdmin de PostgreSQL, se ingresa a la base de datos app, se abre un editor SQL y se realiza la consulta `select * from canton;`:



The screenshot shows the pgAdmin interface with the SQL Editor containing the query `select * from canton;`. The Output pane displays the results of the query in a table format. The table has six columns: `gid` (integer), `dpa_valor` (integer), `dpa_anio` (character varying(4)), `dpa_canton` (character varying(254)), and `dpa_descan` (character varying(254)). The data is as follows:

	<code>gid</code> integer	<code>dpa_valor</code> integer	<code>dpa_anio</code> character varying(4)	<code>dpa_canton</code> character varying(254)	<code>dpa_descan</code> character varying(254)
1	1	0	2012	0201	GUARANDA
2	2	0	2012	0202	CHILLANES
3	3	0	2012	0203	CHIMBO
4	4	0	2012	0204	ECHEANDIA
5	5	0	2012	0205	SAN MIGUEL
6	6	0	2012	0206	CALUMA
7	7	0	2012	0207	LAS NAVES
8	8	0	2012	0401	TULCAN

Figura B.7. Resultado de la migración de los datos geográficos de cantón.

Se revisa la estructura y tipos de datos de las columnas de la tabla cantón. La columna que almacena la información geográfica es `geom`.

Column name	Definition	Inherit...
gid	serial NOT NULL	
dpa_valor	integer	
dpa_anio	character varying(4)	
dpa_canton	character varying(254)	
dpa_descan	character varying(254)	
dpa_provin	character varying(254)	
dpa_despro	character varying(254)	
geom	geography(MultiPolygon, 4326)	

Figura B.8. Columnas de la tabla cantón.

B.3. Migración de los datos geográficos de los centros educativos de Ecuador

Para la migración de los datos geográficos de los centros educativos de Ecuador.

En la ventana principal de importación se deben realizar las siguientes configuraciones:

- En el campo de Shape File se escoge el archivo CENTRO EDUCATIVO.shp.
- En Username se coloca postgres que es el usuario administrador de postgis..
- En el campo de Password se ingresa la contraseña del usuario postgres.
- En Server Host se pone la dirección del equipo donde se encuentra la base de datos; por encontrarse en la misma computadora en la que se realiza la migración se especifica el valor de localhost.
- Se escribe el número del puerto de postgis que es el 5432.
- En Database se ingresa el nombre de la base de datos en la que se creará la tabla de los centros educativos. El nombre que se escribe es app.

- En el campo Destination Schema se coloca public que es el nombre del esquema en el que se creará la tabla que almacena los registros de los centros educativos.
- En SRID se debe colocar el número que representa al sistema de coordenadas geográfico que tiene el archivo CENTRO EDUCATIVO.shp. El sistema de coordenadas es GCS_WGS_1984 y al consultar la tabla spatial_ref_sys de postgres se obtiene el valor SRID igual a 4326.
- En el campo Destination Table se escribe centro que es el nombre de la tabla que se creará en postgres.
- En Geometry Column se debe colocar el nombre de la columna que almacena el valor geográfico de cada registro de la tabla centro, el nombre es geom.
- Finalmente se da clic en el botón Import y empieza la importación de los datos geográficos de los cantones. El momento que aparece el mensaje Shapefile import completed la importación termina con éxito.

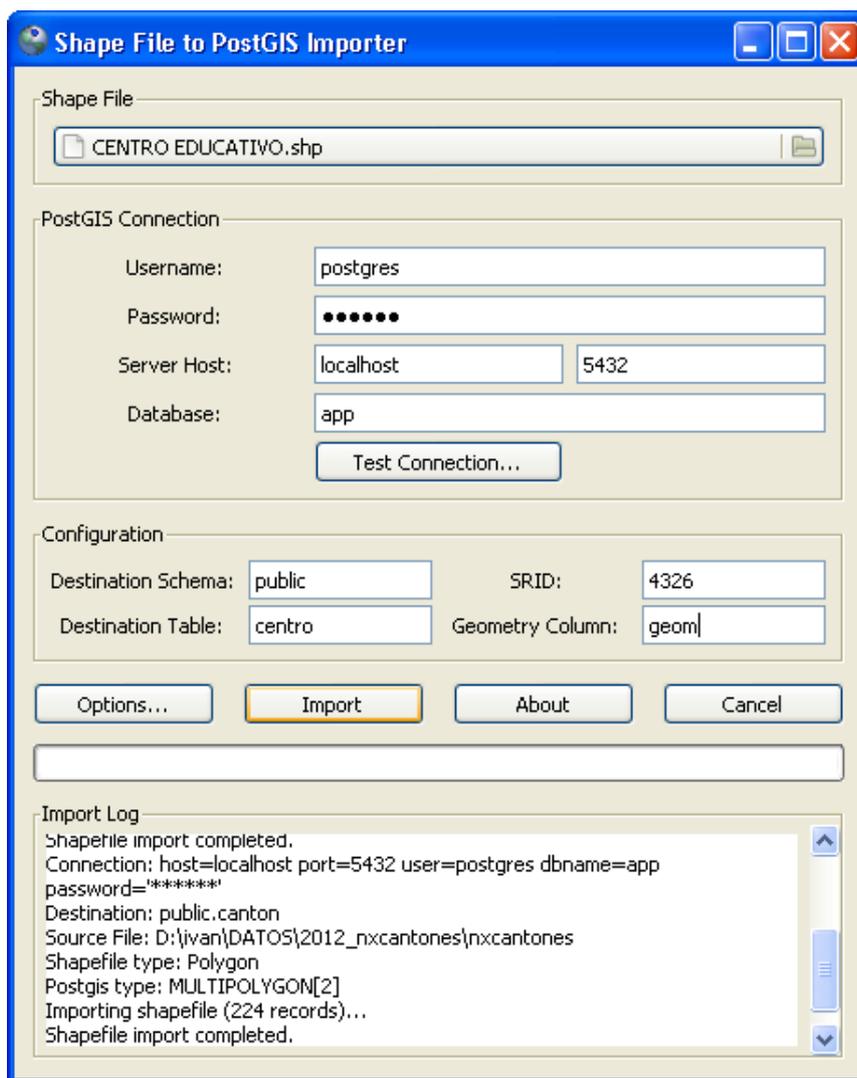


Figura B.9. Ventana de migración de los datos geográficos de centros educativos.

Para verificar que la importación se ejecutó de forma correcta se utiliza la herramienta pgAdmin de PostgreSQL, se ingresa a la base de datos app, se abre un editor SQL y se realiza la consulta `select * from centro`:

Query - app on postgres@localhost:5432 *

File Edit Query Favourites Macros View Help

SQL Editor Graphical Query Builder

```
select * from centro;
```

Output pane

Data Output Explain Messages History

	gid integer	nombre character varying(150)	docentes integer	alumnos integer	tipo character varying(254)	tipo_estab character vary
1	1	UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR ROSA	104	1451	Educacion Regular	Experimental
2	2	ALIANZA FRANCESA	8	75	Educacion Regular	Convencional
3	3	CEBCI	29	336	Educacion Regular	Convencional
4	4	MUNDO DE FANTASIA	5	69	Educacion Regular	Convencional
5	5	CHRISTIAN ACADEMY VICTORIA	16	83	Educacion Regular	Convencional
6	6	CENTRO EDUCATIVO ROUSSEAU	9	27	Educacion Regular	Convencional
7	7	INTERCULTURAL BILINGUE NARANCA Y	13	201	Educacion Regular	Convencional
8	8	SEIS DE JUNIO	1	23	Educacion Regular	Convencional

Figura B.10. Resultado de migración de los datos geográficos de centros educativos.

Se inspecciona la estructura y tipos de datos de las columnas de la tabla centro. La columna que almacena la información geográfica es geom que sirve para almacenar toda la información geográfica de los puntos de los establecimientos educativos de la centro. También se puede observar que no tiene ninguna columna que permita identificar a que cantón o provincia pertenece el centro educativo.

The screenshot shows a window titled 'Table centro' with a tabbed interface. The 'Columns' tab is selected, displaying a list of columns and their definitions. The columns are listed in a table with three columns: 'Column name', 'Definition', and 'Inherit...'. The 'Inherit...' column is currently empty for all entries.

Column name	Definition	Inherit...
gid	serial NOT NULL	
nombre	character varying(150)	
docentes	integer	
alumnos	integer	
tipo	character varying(254)	
tipo_estab	character varying(254)	
especialid	character varying(254)	
o3años	integer	
o4años	integer	
ogrado1	integer	
ogrado2	integer	
ogrado3	integer	
ogrado4	integer	
ogrado5	integer	
ogrado6	integer	
ogrado7	integer	
ogrado8	integer	
ogrado9	integer	
ogrado10	integer	
ocurso1	integer	
ocurso2	integer	
ocurso3	integer	
ociencias	integer	
otecnico	integer	
oartes	integer	
ocarrerasc	integer	
oartesanal	integer	
ins_codi	character varying(8)	
x	numeric	
y	numeric	
z	numeric	
geom	geometry	

Figura B.11. Columnas de la tabla centro.

