

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN TYT Ltda**  
**TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES**

**DIANA JIMENA PACHECO SOLANO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**  
**BUCARAMANGA**

**2006**

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN TYT Ltda**  
**TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES**

**DIANA JIMENA PACHECO SOLANO**  
**COD. 2000819**

**JOSÉ CÁRCAMO SEPÚLVEDA**  
**Director Práctica Empresarial**  
**Docente UIS**

**OSCAR GONZÁLEZ PIMENTEL**  
**Tutor Práctica Empresarial**  
**Gerente TYT Ltda**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**  
**BUCARAMANGA**

**2006**

**TITULO:** PRACTICA EMPRESARIAL EN TYT LTDA \*

**AUTOR:** DIANA JIMENA PACHECO SOLANO \*\*

**PALABRAS CLAVE:** SIG, mapa vectorial, herramientas de usuario final, datos espaciales, geocódigo, formato SHAPE; PQR, RUP, casos de uso.

## RESUMEN

Durante la práctica empresarial se abarcaron principalmente dos temas: uno de ellos fue el eje de la práctica y se estudió durante la mayor parte del tiempo, es el relacionado con Sistemas de Información Geográfica (SIG); el otro tema se realizó durante el último período de la práctica empresarial, y es el desarrollo de la fase de inicio del módulo de Peticiones, Quejas y Reclamos (PQR) para empresas de acueducto, el cual hace parte de un proyecto que se desarrolla en La Empresa.

Con respecto a los SIG, se estudiaron cuatro subtemas principales; primero, el manejo de herramientas de usuario final para la realización de análisis espacial con el fin de apoyar la toma de decisiones en problemas reales que hacen uso de información geográfica; segundo, la utilización de rutinas de código para obtener información acerca de la geometría de los elementos que conforman cada capa perteneciente a un mapa vectorial; tercero, se realizó y analizó el proceso de geocódigo, para obtener la posición geográfica de un conjunto de direcciones teniendo el mapa del lugar donde deberán ubicarse; cuarto y último, el estudio de la estructura del formato de archivo SHAPE de ESRI.

La fase de inicio del módulo de PQR, se basó en la metodología RUP y las actividades que se realizaron corresponden al modelado del negocio y lo requisitos. Para ello, se participaron de charlas por parte de los Ingenieros de TYT Ltda., se hizo la lectura y análisis de documentos relacionados al módulo y a empresas de acueducto, se visitaron sitios web de empresas de este tipo, y se participó en charlas con expertos en el tema. Al final de éste último período se obtuvo un documento de especificaciones en el cual se plantean los requerimientos del módulo, y una lista inicial de casos de uso.

\* Trabajo de Grado

\*\* Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.  
Director/Tutor Empresarial: Ing. Oscar González Pimentel.

**TITLE:** ENTERPRISE PRACTICE IN TYT LTDA \*

**AUTHOR:** DIANA JIMENA PACHECO SOLANO\*\*

**KEY WORDS:** GIS, Vectorial map, end user tools, geographic information, geocoding, SHAPE, PQR, RUP, use case.

### **ABSTRACT**

During the enterprise practice two subjects were included mainly: one of them was the axis of the practice and it studied during most of the time, it is related to Geographic Information Systems (GIS); the other subject was made during the last period of the enterprise practice, and is the development of Queries and Complaints Module initial phase (PQR) for aqueduct companies, which are component of a project that is developed in TYT Ltda.

Respect to GIS, four main subjects studied; first, the handling of end user tools for the accomplishment of spatial analyst with the purpose of supporting the decision making in real problems that make use of geographic information; second, the use of routines of code to obtain data about the elements's geometry that conform each layer pertaining to a vectorial map; third, the process of geocoding was made and analyzed, to obtain the geographic position of a set of directions being had the map of the place where they will have to be located; fourth and last one, the study of the structure of the file format SHAPE of ESRI.

The Queries and Complaints Module initial phase (PQR) was based on RUP methodology and the activities that were made correspond to business modeling and requirements. For it, TYT Ltda's Engineers perform conference about the module, took the reading and analysis of documents related to module and aqueduct companies, Web sites of companies of this type were visited, and participated in conference them with experts in the subject.

\* Graduation Work

\*\* Physical – Mechanical Engineering's Faculty  
System Engineering and Computer science school. UIS  
Director. José Cárcamo Sepúlveda  
Tutor: Ing. Oscar González Pimentel.

## DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar hasta aquí y por rodearme de aquellas personas que me ayudaron a lograrlo.

A mi mami, Gladys María, el ejemplo que siempre he seguido y cuyos esfuerzos, sacrificios, consejos y enseñanzas hicieron posible este gran logro.

A mi papi, Alirio, mis hermanos, Amanda y JoseA, y mi sobrino, Juan Camilo.

***Porque el amor de mi familia es fundamental para lograr las metas más importantes de mi vida.***

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ingeniero Oscar Gonzáles, por darme la oportunidad de entrar a su empresa y por la confianza depositada. A los ingenieros y accionistas de TYT Ltda., por todas sus enseñanzas.

A Holmand Darío, por su cariño, su apoyo, sus consejos, su compañía, por los momentos felices y por estar ahí en aquellas situaciones que pudieron hacerme decaer. A su familia, Luz Estella y Tata por hacerme sentir como un miembro más de ella.

A mi familia, mi abuela Delia, mi abuelo Feliciano, mi tías, tíos, primas y primos..., por su apoyo, consejos, su confianza y porque siempre me recordaron que mis cualidades me ayudarían a alcanzar esta meta.

Al profesor Enrique Sarmiento, una gran persona que fue pieza clave en formación como profesional; a Guillermo Hernández y al grupo GEMA por que gracias a ello conocí el mundo de los SIG.

A mis compañeros de TYT Ltda., Jason y Julio César, y los de la carrera, Lizet, Saúl, Laura, Linderman, Oscar, Johan,...y todos los que aquí no nombro pero que se convirtieron en amigos incondicionales y que estuvieron ahí en los momentos que más los necesité.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>12</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>14</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
OBJETIVOS GENERALES	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>18</b>
<b>1 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL</b>	<b>20</b>
1.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	21
1.1.1 Las herramientas SIG	21
1.1.2 Uso de los SIG en Colombia	28
1.1.3 Herramientas de análisis espacial	30
1.1.4 Geocódigo	32
1.1.5 Formatos de archivos	36
<b>2 METODOLOGÍA</b>	<b>41</b>
<b>3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</b>	<b>44</b>
3.1 MANEJO DE FUNCIONES PARA REALIZAR OPERACIONES SOBRE MAPAS EN ARCGIS 8.1	44
3.2 EXTENSIONES	45
3.2.1 Spatial Analyst	45
3.3 UTILIZACIÓN DE RUTINAS DE CÓDIGO	51
3.4 GEOCODIGO	57
3.5 FORMATOS DE ARCHIVOS DE ALMACENAMIENTO DE MAPAS VECTORIALES	65
<b>4 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL MÓDULO DE PQR</b>	<b>70</b>

4.1	FORMATOS Y ESTÁNDARES DE LA EMPRESA-----	70
4.2	METODOLOGÍA RUP Y LENGUAJE UML-----	72
4.2.1	Metodología RUP-----	72
4.2.2	UML y el Proceso Unificado de Desarrollo-----	75
4.3	REVISIÓN DE DOCUMENTOS RELACIONADOS CON EL MÓDULO DE PQR DE EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS-----	79
4.4	IDENTIFICACIÓN DE LOS CASOS DE USO-----	81
	<b>CONCLUSIONES-----</b>	<b>84</b>
	<b>RECOMENDACIÓN-----</b>	<b>87</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----</b>	<b>88</b>
	<b>ANEXO: EASY CALCULATE-----</b>	<b>91</b>

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Interfaz Gáfica de ArcMap .....	23
Ilustración 2: Interfaz Gráfica ArcCatalog (Contents Tab) .....	24
Ilustración 3: Interfaz Gráfica ArcCatalog (Preview Tab).....	25
Ilustración 4: Interfaz Gráfica ArcCatalog (Metadata Tab) .....	25
Ilustración 5: Interfaz Gráfica ArcToolbox .....	27
Ilustración 7: Proceso para realizar geocódigo en ArcGis.....	35
Ilustración 8: Organización del main file .....	38
Ilustración 9: Estructura del main file.....	39
Ilustración 10: Rangos de distancias.....	48
Ilustración 13: Resultado del análisis espacial .....	50
Ilustración 15: Insertar nuevos campos al .dbf .....	54
Ilustración 16: Nombre y tipos numéricos de los campos agregados.....	55
Ilustración 17: Resultados de los campos agregados .....	55
Ilustración 18: Acceso a la calculadora de campos.....	56
Ilustración 19: Calculador de campos .....	56
Ilustración 20: Capa resultante de los centroides.....	57
Ilustración 21: Estilos localizadores de direcciones.....	59
Ilustración 22: Configuración de los estilos de localización de direcciones.....	59
Ilustración 23: Malla Vial de Bucaramanga .....	60

Ilustración 24: Tabla de atributos asociada a la malla vial de Bucaramanga .....	61
Ilustración 25: Direcciones a geocodificar .....	62
Ilustración 26: Resultado del proceso de geocódigo .....	63
Ilustración 27: Resultado del proceso de geocódigo .....	64
Ilustración 28: Estructura del main file.....	66
Ilustración 29: Estructura de un archivo con extensión shp .....	67
Ilustración 30: Encabezado de un archivo shx .....	68
Ilustración 31: Fases e Iteraciones de la Metodología RUP.....	74
Ilustración 32: Fases de desarrollo.....	76
Ilustración 33: Ejemplo de un diagrama de caso de uso .....	79
Ilustración 34: Formato para la descripción de los casos de uso .....	82

## INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Información Geográfica tienen diversas funciones, la básica y que comúnmente se muestra es la de visualización gráfica de mapas y sus atributos, es decir, la información espacial asociada, sin embargo esta es sólo una pequeña parte de un SIG, ya que lo realmente útil es su capacidad para realizar análisis de datos, teniendo en cuenta que la información que se maneja es de tipo espacial.

Actualmente se encuentran en el mercado gran variedad de herramientas que ayudan a hacer análisis espacial, éstas son llamadas *herramientas SIG* y son sólo el software que hace parte del *Sistema de Información Geográfica*. Es importante tener claro la diferencia entre lo uno y lo otro, un Sistema de Información Geográfica es el conjunto de muchos elementos, personas, software, hardware e información geográfica, que permiten validar, integrar, manipular, analizar y representar datos sobre un medio digital, mientras que la herramienta SIG es sólo el software que nos ayuda a realizar dicho análisis.

Cada una de estas herramientas poseen funciones básicas de edición similares, a lo largo de este libro se mostrarán algunas de ellas, sin embargo el propósito de la práctica consiste en estudiar y analizar funcionalidades avanzadas que incluyen estas herramientas y que requieren de conocimientos previos para ser utilizadas.

Por otra parte, se estudian los formatos que utilizan los archivos para mapas vectoriales, cómo es su estructura y de qué manera pueden usarse para generar nuevos mapas vectoriales haciendo uso de las herramientas propias de La Empresa y no del software que se encuentra en el mercado.

Por último, se toca un tema un poco aislado a los SIG, pero que permitió aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera sobre las metodologías de desarrollo de software y por medio del cual se participó en uno de los proyectos que actualmente se está desarrollando en la empresa TYT Ltda.

## **IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

La Empresa TYT Ltda requiere profundizar en el campo de los Sistemas de Información Geográfica, porque el mercado así lo amerita, conocer el uso avanzado de las herramientas de usuario final con las que cuentan pero de las cuales se utilizan sólo sus funciones básicas.

La idea como empresa desarrolladora de software es poder contar con sus propios productos en el mercado y se busca obviamente, que éstos sean de la mejor calidad, por ello se necesitan tener pautas de comparación entre los resultados de las herramientas desarrolladas en La Empresa con los resultados que arrojan las herramientas que se encuentran en el mercado, y de esta manera poder mejorar en las posibles fallas. La investigación sobre geocódigo y el estudio de formatos de archivos para mapas vectoriales, permitirán realizar esta comparación, ya que estos temas se encuentran en expectativa para futuros proyectos.

Otro tema de interés, que es importante conocer para otros desarrollos que se presenten, es el del manejo de la protección de la propiedad intelectual de los mapas.

Los conocimientos sobre SIG que se han adquirido previamente, ayudan a comenzar la práctica con ideas claras de lo que se quiere hacer, como se puede

observar, se basará en la investigación de temas específicos que a su vez tocan diferentes campos de un SIG.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GENERALES**

- ✓ Revisar el estado del arte para el manejo de funciones avanzadas de herramientas de usuario final para la edición de mapas vectoriales y su integración con componentes externos.
- ✓ Documentar los formatos de archivo más comunes de almacenamiento de mapas vectoriales, indicando su estructura, forma de manejo y limitaciones.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Estudiar y analizar la estructura que poseen los formatos de archivo de almacenamiento para mapas vectoriales de los principales tipos (puntos, líneas y polígonos), usados por algunas herramientas SIG de usuario final que se encuentran en el mercado.

- ✓ Analizar funciones no comunes en las herramientas SIG de usuario final, de manera que permitan por medio de programación hacer uso de algunas utilidades que no se muestran de manera explícita en el software.
  
- ✓ Adquirir un buen manejo de cada una de las herramientas, conocer sus funcionalidades, y determinar por medio de pruebas y análisis qué limitaciones puede presentar cada una de ellas.
  
- ✓ Estructurar requerimientos ya levantados para adecuarlos a la metodología del proceso de desarrollo de software para el módulo de PQR (Peticiónes, Quejas y Recursos).
  
- ✓ Investigar la forma como se realiza geocódigo en herramientas de usuario final.
  
- ✓ Realizar pruebas y documentar cada uno de los objetivos propuestos.

## JUSTIFICACIÓN

Inicialmente, la propuesta de esta práctica empresarial se realiza en vista de una serie de necesidades que actualmente posee la empresa Tecnologías de Información y telecomunicaciones (TYT Ltda.) relacionada con algunos conceptos de Sistemas de Información Geográfica (SIG), luego, en el transcurso de la misma se planteó la posibilidad de cambiar un objetivo de los propuestos por otro que hace referencia al manejo de metodologías de desarrollo de software, teniendo en cuenta que La Empresa así lo requirió.

Una vez aprobado por el comité de proyectos, éste último tema fue incluido en la práctica Empresarial, y de esta manera se puede observar que la práctica aplica a dos grandes campos, uno corresponde al uso de SIG, sus herramientas y formatos, el otro, a la aplicación de metodologías de desarrollo de software.

Con respecto a los SIG, para TYT Ltda es prioridad tener herramientas básicas para el manejo a bajo nivel de formatos de mapas vectoriales y conocer más acerca de las herramientas de usuario final que actualmente existen en el mercado para realizar análisis espaciales y extraer información de los mapas.

Otro aspecto importante para el desarrollo de la práctica empresarial, es la adecuación de algunos requerimientos que ya estaban planteados en TYT Ltda,

haciendo uso de algunas metodologías del proceso desarrollo de software, con el fin de aplicarlo a un proyecto que se va a realizar en dicha empresa.

Realizando éste proyecto como Práctica Empresarial, el estudiante ampliará los conocimientos adquiridos en la academia con experiencia laboral, y se conocerán diferentes tipos de tecnologías que se usan actualmente en las empresas. De igual forma, se tendrá la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera con respecto a metodologías y diseño de sistemas. De esta manera, el estudiante se relacionará directamente con el ámbito profesional y laboral.

## **1 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL**

Durante el desarrollo de la práctica empresarial se exploraron una serie de conceptos, que en su gran mayoría fueron de gran importancia para lograr los resultados esperados.

Como se ha podido observar, el tema central de esta práctica corresponde a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que a su vez está dividido en una serie de subtemas los cuales comprenden cada uno de los objetivos específicos planteados.

De igual manera, se mostrarán los conceptos básicos de la metodología de desarrollo de software que se utilizó para llevar a cabo el último período de la práctica, que consistió en aplicar esta metodología a requerimientos que fueron levantados previamente.

Los temas que a continuación se tratan dan un bosquejo de la magnitud y el campo de acción en el que se pueden aplicar los SIG.

## **1.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Las definiciones que se encuentran sobre los SIG son muy variadas y dependen del punto de vista de quien las diga, sin embargo, muchas de esas opiniones coinciden en que existen elementos básicos que lo conforman y que su característica principal es la información que manejan, teniendo en cuenta esto, un SIG podría definirse como una tecnología de manejo de la información que consta principalmente de cuatro elementos: software, hardware, datos geográficos y un equipo de personas que lo usen y administren.

### **1.1.1 Las herramientas SIG**

Lo que se pretende con el manejo de herramientas SIG de usuario final en el desarrollo de esta práctica es encontrar utilidades no comunes, sin embargo, para ello es necesario primero conocer aquellas tareas básicas que sería capaz de realizar cualquier herramienta de este tipo.

Para llevar a cabo este estudio se utilizaron varias herramientas de usuario final, sin embargo, por su parecido en las funciones, en el libro se explicarán los conceptos haciendo uso de la más completa de ellas.

La herramienta SIG que fue base para casi todo el desarrollo de la práctica, es ArcGis de ESRI, las razones por las que se escogió fueron, el amplio mercado

que la utiliza, su robustez, la gran cantidad de funcionalidades que maneja, y principalmente, porque es la que TYT Ltda utiliza en sus proyectos.

ArcGis es un conjunto de aplicaciones integradas: ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox, que permiten realizar mapeo, administración y edición de datos, análisis geográfico y geoprocésamiento, entre otras.

A continuación se hará una breve descripción de cada una de las aplicaciones que forman parte de ArcGis.

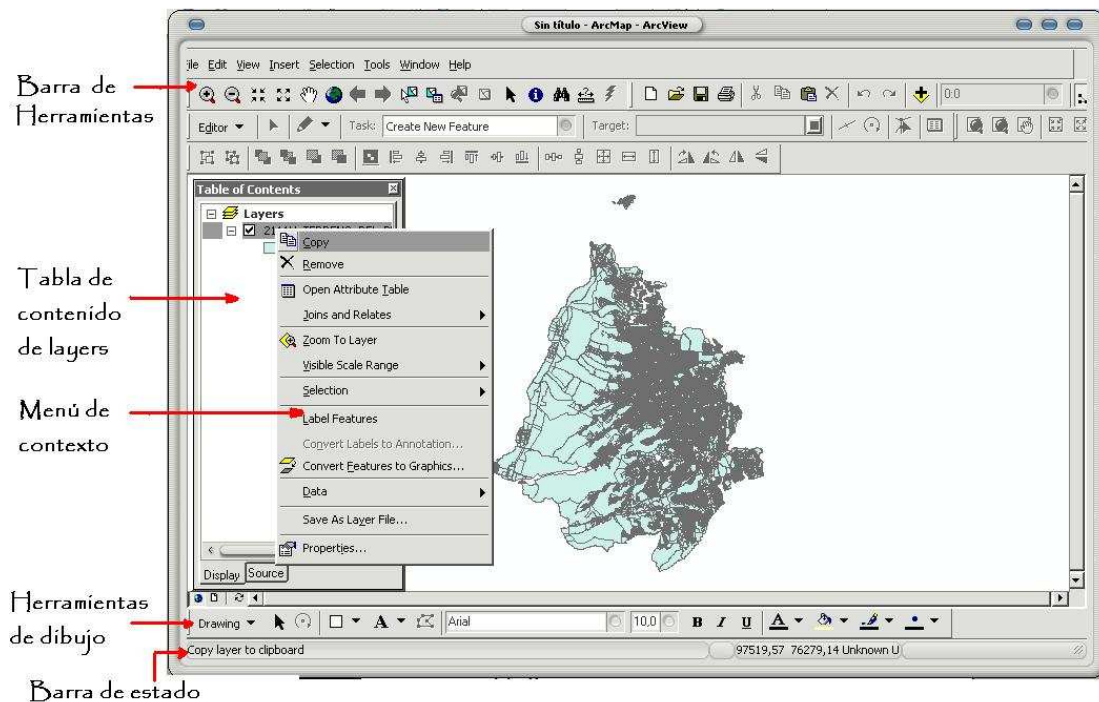
### **ArcMap**

Es la aplicación central de ArcGIS Desktop. Esta aplicación SIG se usa para todas las actividades relacionadas al mapeo, incluyendo cartografía, análisis de mapas y edición. En ella se trabaja esencialmente con mapas. Tiene un diseño de página que contiene una ventana geográfica, o una vista con una serie de layers, leyendas, barras de escalas, flechas indicando el norte y otros elementos.

Partes de la interfaz gráfica:

- ▶ Tabla de contenido: muestra el listado de layers que van a ser visualizados en el Data View.
- ▶ Herramientas de visualización: zoom in, zoom out, pan, selección por atributos, selección con el Mouse, dar el tamaño original del mapa.
- ▶ Simbología: variedad en los tipos de simbología, color, símbolos proporcionales y graduales, manejo de múltiples atributos.

- ▶ Manipulación Gráfica: manejo de color, etiquetas, diferentes escalas, definición de queries.



**Ilustración 1: Interfaz Gráfica de ArcMap**

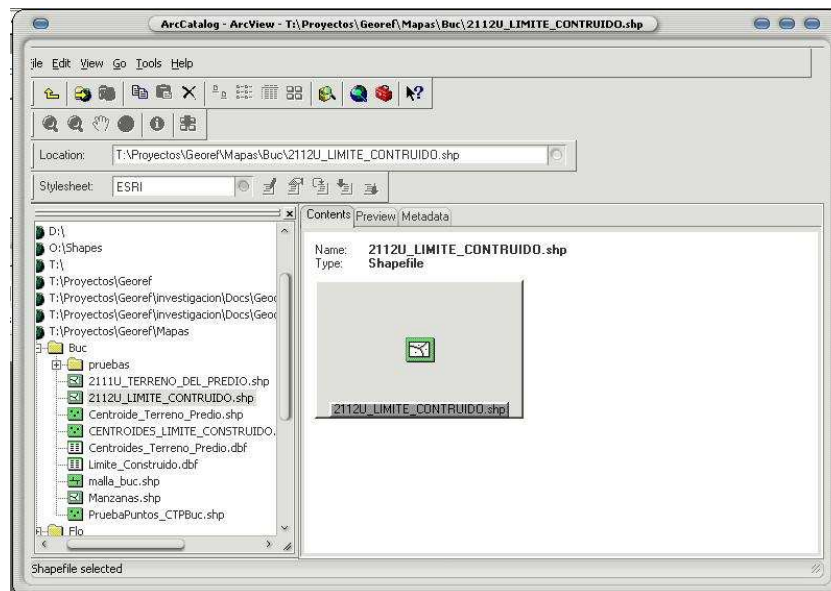
## ArcCatalog

Después de estudiar las posibilidades que ofrece ArcMap, se comenzó a indagar sobre ArcCatalog, otra de las aplicaciones que conforman a ArcGis.

ArcCatalog ayuda a organizar y administrar todos los datos SIG. Incluye herramientas para explorar y encontrar información geográfica, grabar y visualizar metadatos, tener una rápida visión de cualquier conjunto de datos, definir la estructura del diseño de los layers con datos geográficos y funciones para el geoprocetamiento.

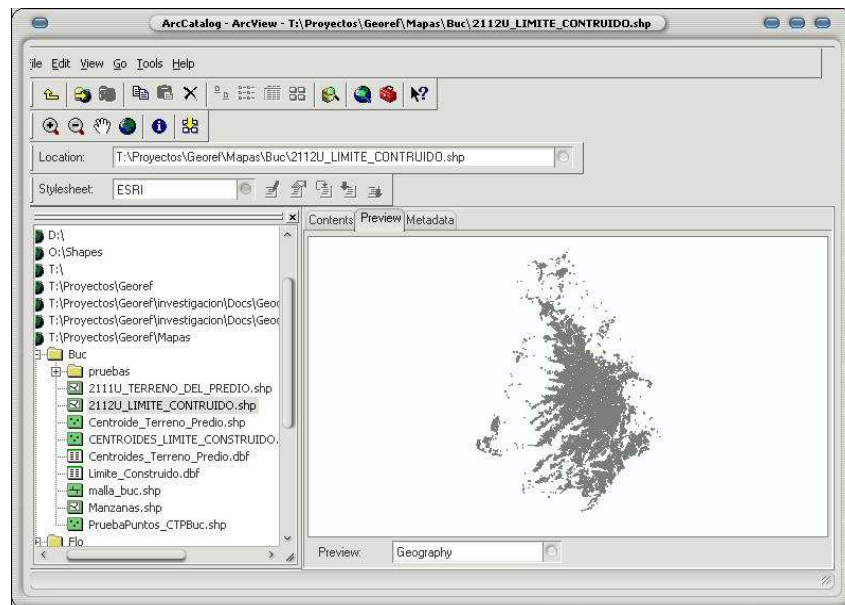
La interfaz Gráfica de ArcCatalog presenta tres formas diferentes de ver la información:

- ▶ Contents Tab: Muestra el árbol de directorios y su contenido, indicando el nombre y tipo de cada archivo.



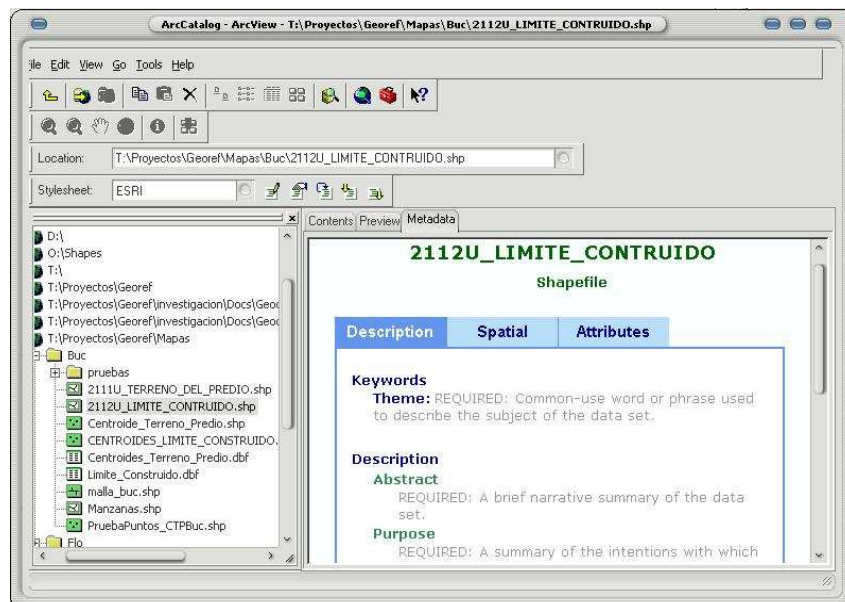
**Ilustración 2: Interfaz Gráfica ArcCatalog (Contents Tab)**

- ▶ Preview tab: Esta vista permite dos opciones de visualización mediante una caja de selección, una es la geografía del shape y la otra es la tabla de atributos asociada a dicha capa.



**Ilustración 3: Interfaz Gráfica ArcCatalog (Preview Tab)**

- ▶ Metadata tab: muestra los metadatos de cada capa, esta información está organizada en tres grupos: description, spatial, attributes




**Ilustración 4: Interfaz Gráfica ArcCatalog (Metadata Tab)**

Esta última es importante porque que muestra la información ligada al mapa, aquella información que no se ve al cargar las capas ni las tablas asociadas, si no que describe qué clase de datos puede encontrar en él, fechas, tema específico, lugares, etc.

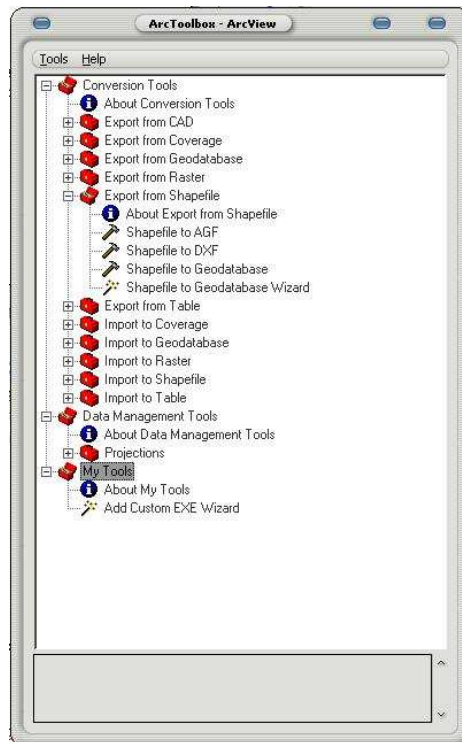
### **ArcToolbox**

La tercera aplicación que hace parte de ArcGis es ArcToolbox, una aplicación sencilla que contiene muchas herramientas SIG para usar en el geoprocesamiento de datos: combinar capas de información y manipular datos, entre otros. Se usa en conjunto con ArcCatalog.

Existen dos versiones de ArcToolbox: una completa que viene con el software ArcInfo y una versión más simple o liviana que viene con el software ArcEditor y ArcView, siendo ésta última la que se emplea en el transcurso de la práctica.

Es posible acceder a ArcToolbox desde inicio/programas/arcgis/ArcToolbox o bien desde ArcCatalog directamente mediante el botón Launch ArcToolbox .

La interfaz gráfica de ArcToolbox no se emplea para la visualización de mapas, sólo contiene un árbol con funciones de conversión y manejo de herramientas para ArcGis.



**Ilustración 5: Interfaz Gráfica ArcToolbox**

#### ► Conversion Tools

Se puede exportar archivos de CAD, coberturas de ArcGis, Geodatabase, Raster, Shapefile, Table a formatos como GDB (geodatabases), MrSID para el caso de Raster, INFO a DBASE para tablas, entre otros.

Es posible importar archivos a coberturas de ArcGis, geodatabases, shapefiles, raster, y tablas a Grid, shapefiles y otros.

#### ► Data Management Tools

En esta opción se manejan las proyecciones para los mapas.

## ► My Tools

Permite el uso de aplicaciones ajenas a ArcGis, ya sean ejecutables o librerías (dll's). Una de las condiciones para que las aplicaciones personalizadas funcionen correctamente con ArcToolbox es usar algunas librerías propias de ESRI, la mayoría de las cuales son registradas al instalar el software. Aquellas que no sean registradas, se pueden agregar desde la carpeta *bin* de ArcGis.

### 1.1.2 Uso de los SIG en Colombia<sup>1</sup>

En Colombia se han desarrollados Sistemas de Información Geográfica en Empresas Colombianas especialistas en cada área como los son:

- Gobierno
- Planeación
- Seguridad y defensa
- Prevención
- Catastro
- Telecomunicaciones
- Transporte
- Servicios públicos
- Salud
- Agricultura



Ilustración 6: SIG en Colombia

---

<sup>1</sup> Tomado de Introducción a los Sistemas de Información Geográfica, Ing. Guillermo Hernández

- Medio Ambiente
- Petróleo y Gas
- Cartografía
- Educación
- Geociencias

Entre los proyectos más destacados se tienen:

- Diagnóstico Jurídico Catastral de los predios de ECOPETROL en los territorios nacionales
- Comisión Nacional de Regalías CNR - Sistema de información para la interventoría financiera y administrativa de proyectos -SIFA
- IDU - Sistema de Información Geográfica como apoyo a la gestión de Valorización
- EAAB – Implementación de un SIG Unificado Empresarial y su integración con SAP R/3
- BAVARIA – Aplicación SIG para la creación de sectores de preventa
- SECRETARIA DE EDUCACIÓN DISTRITAL – Navegador Pedagógico
- IICA - Plan de Ordenamiento Ambiental para la Zona de Reserva Campesina – El Pato Balsillas
- DAMA – Sistema de Información Ambiental para la ciudad de Bogotá
- CORANTIOQUIA – Implementación del portal SIG de Corantioquia
- DRUMOND – Generación de Cartografía Base y Temática desde estereo pares IKONOS

- IDEAM - Sistema de Información geográfica SIG WEB para el despliegue y actualización de la información cartográfica digital de las corporaciones autónomas regionales e IDEAM
- METROSEGURIDAD 1-2-3 Número Único de Seguridad y Emergencias de Medellín.

### **1.1.3 Herramientas de análisis espacial**

Son muchas las áreas de investigación que hacen uso de la información geográfica o espacial, como se mencionó anteriormente, los campos de aplicación son muy variados, principalmente aquellos que necesitan relacionar los datos con su ubicación y cómo influye esa localización en el ambiente que los rodea. Por esto, el análisis espacial ha tomado cada vez más importancia en el mundo.

En el mercado existen herramientas que prestan funcionalidades para facilitar la realización de este tipo de análisis. En el caso de ArcGis, se manejan extensiones de acuerdo a la clase de estudio que se vaya a realizar. Por otra parte, brinda la posibilidad de realizar operaciones entre capas para el mismo propósito.

Las operaciones entre capas que posee ArcGis (ArcView) son: Dissolve, Merge, Clip, Intersect, Union.

Para realizar estas operaciones es necesario tener las capas activas y hacer uso del menú *Tools, GeoProcessing Wizard*, utilidad que muestra las alternativas de operaciones posibles.

**Dissolve** combina los elementos adyacentes que tengan un mismo valor, basándose en el campo (de la tabla de atributos) deseado. Es útil para establecer áreas adyacentes que compartan características similares.

**Merge** hace la unión entre dos capas. Los datos geométricos de la nueva capa deben ser calculados, ya que ArcMap *no* lo hace automáticamente.

**Clip** realiza el corte de una capa, basándose en la forma de otra que esté superpuesta a la primera. Los campos de las capas no se combinan.

**Intersect** hace la intersección geométrica entre varias capas, combinando a su vez las tablas de atributos de cada una.

**Union** combina las capas y sus datos para convertirlas en una sola capa. Esta operación sólo se usa para mapas de polígonos.

Para cada una de las operaciones descritas anteriormente se obtiene como resultado una nueva capa.

#### 1.1.4 Geocódigo

Geocódigo es el proceso de asignar latitud y longitud a un punto, basado en datos como direcciones de la calle, ciudad, estado y código postal, que son suministrados en una tabla independiente.

Esencialmente, una dirección incluye cualquier tipo de información que distinga un lugar, por ello es posible encontrar diferentes formas de definir direcciones según la ciudad o población en la cual nos encontremos en determinado momento. Para realizar el proceso de geocódigo es importante tener en cuenta este factor, saber cómo es la nomenclatura para las direcciones y escoger el formato que más se ajuste a dicha nomenclatura.

Para visualizar los datos en un mapa, primero debe asignar coordenadas X e Y a cada registro. Esto se hace mediante la comparación de dos tablas, una la del mapa que se va a utilizar, y la otra, las direcciones que deseen buscarse.

Es importante conocer los datos que se tienen y saber para qué desea utilizarlos antes de seleccionar un método de geocodificación. Para tener claro qué se va a hacer, se deben plantear algunos interrogantes:

¿Qué tipo de información geográfica hay en la base de datos?

¿De qué tipo de direcciones, pueblos, ciudades, códigos postales, estados, países dispone? ¿Hay alguna información que pueda ser ambigua? Por ejemplo, si tiene

una base de datos de las direcciones de calles de clientes, ¿tiene una dirección 125 Main Street en Kansas y otra 125 Main Street en Santa Mónica?.

Esto para el caso en los que los códigos postales son parte fundamental a la hora de ubicar un lugar. En el caso específico de Colombia, se podría decir que la ambigüedad se presentaría en aquellas ciudades donde se maneja nomenclatura que incluyen los puntos cardinales, por ejemplo, se debe diferenciar entre la carrera 93 # 15-30 Norte y la carrera 93 # 15-30 Sur.

Para evitar irregularidades, se debe limitar la búsqueda incluyendo demarcaciones de ciudades o códigos postales.

¿Qué tipo de mapas se deben utilizar?

Los mapas que se emplearán en la codificación deben estar al mismo nivel de detalle de los datos que posea el usuario, por ejemplo, si desea geocodificar una base de datos de clientes en ciudades por direcciones de calles, necesitará mapas de dichas ciudades que abarquen hasta el nivel de calles. Un mapa que no maneje la información de las calles de la ciudad no le permitirá tener los resultados correctos.

¿Qué nivel de precisión geográfica deben tener los datos?

El nivel de precisión lo determinará las necesidades del usuario y qué tipo de uso le va a dar a los resultados. Si se intenta determinar lugares precisos en los cuales ha habido, por ejemplo, robos, incendios, accidentes, entonces la precisión

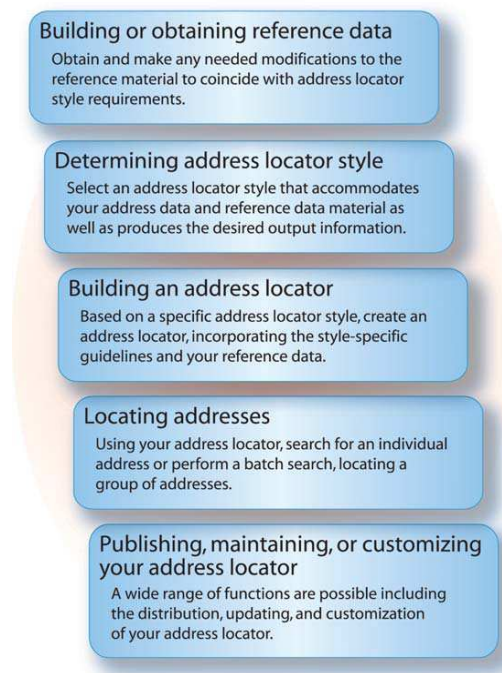
de los datos debe incluir las calles y carreras, es decir, las direcciones que más se acerquen a la realidad.

Por otra parte, si sólo necesita observar información por regiones o grandes áreas, como es el caso de zonas para clientes potenciales, mediciones de temperatura, regiones de alta peligrosidad, entonces no se va a necesitar tanta precisión en los datos, basta con tener mapas sin un nivel tan detallado de datos, pero si, con la información requerida para el proceso de geocodificación.

En cuanto a las formas de realizar geocódigo, en el mercado se encuentran herramientas que ofrecen opciones para llevar a cabo este proceso, sin embargo, depende de la precisión de los datos y del método de geocodificación que se utilice.

En la ilustración 6 se muestran los pasos a seguir para realizar geocódigo en ArcGis.

La primera parte consiste en obtener los datos de referencia, es decir, aquella tabla en la cual se encuentran las direcciones que se quieren ubicar sobre el mapa.



**Ilustración 7: Proceso para realizar geocódigo en ArcGis**

Luego, se determina el localizador de direcciones más apropiado según la nomenclatura que se utilice. ArcGis brinda una serie de estilos predeterminados, sin embargo, en su mayoría corresponden a nomenclaturas usadas en Norteamérica y algunos países europeos, pero aún así, es posible hacer uso de estos estilos ya que los datos de referencia pueden escribirse según el estilo que se vaya a utilizar. Algo que se debe tener en cuenta es el tipo de mapa vectorial que se va a emplear ya que los estilos se aplican según el tipo de mapa.

Después se construye el localizador de direcciones basado en un estilo específico, esto es, ingresar los datos de referencia, y qué posición van a ocupar dentro del localizador de direcciones.

Una vez hecho lo anterior, ya es posible comenzar a ubicar las direcciones sobre el mapa, esto puede hacerse para una dirección o para un grupo de direcciones.

Para hacer este proceso, se utilizan las aplicaciones ArcCatalog y ArcMap de ArcGis.

### 1.1.5 Formatos de archivos

Los formatos pueden definirse como el conjunto de reglas mediante las cuales se pueden organizar datos, es decir, la forma cómo se almacena la información. En el caso específico de los formatos de mapas vectoriales, se dice que son formas de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y todos los atributos asociados a dichos elementos.

El análisis se hará específicamente para el formato shape de ESRI, el cual está compuesto por tres archivos básicos: .shp, .shx y el .dbf. Cada uno de estos archivos almacena una parte importante del shapefile, como se verá a continuación:

- ✓ **.shp**: características geométricas de los objetos.
- ✓ **.shx**: índice de las características geométricas.
- ✓ **.dbf**: información de los atributos que está asociada a los objetos.

Un shapefile almacena de alguna manera el tipo de geometría y la información asociada a los atributos de cada elemento que conforman las capas vectoriales. La facultad de crear topología es una de las principales características que diferencian a un SIG de otros sistemas de información.

La información gráfica en este tipo de formatos se representa internamente por medio de segmentos orientados de rectas o vectores. De este modo un mapa queda reducido a una serie de pares ordenados de coordenadas, utilizados para representar puntos, líneas y superficies.

La gran ventaja de este tipo de formatos es que permiten dibujar rápidamente y brindan opciones para editar los mapas, además de ocupar poco espacio en disco, esto teniendo en cuenta que muestra los mapas obviamente como imágenes.

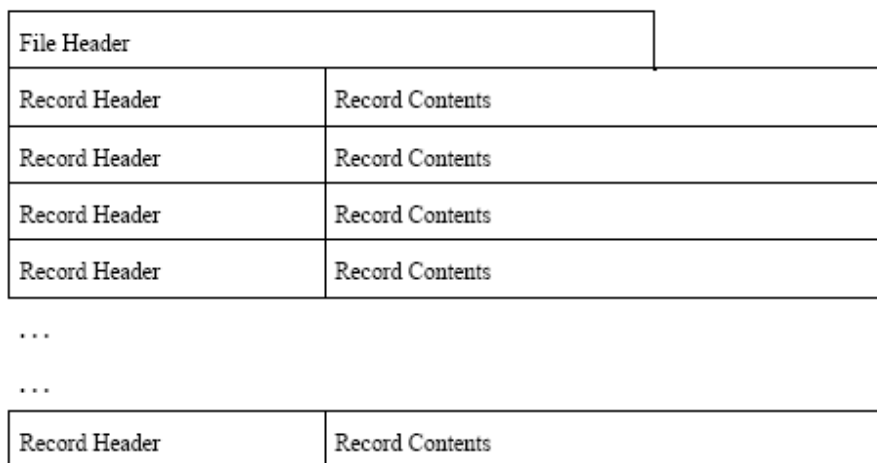
Como se mencionó anteriormente, un shapefile está compuesto por un archivo principal, un archivo de índices y un archivo dBase. El archivo principal contiene la información geométrica de los objetos, sus vértices y segmentos, el archivo dBase relaciona los atributos a cada uno de los elementos que se encuentran en el archivo principal, y el archivo de índices se encarga de relacionar los dos anteriores.

Cuando se va a crear un shapefile, se debe tener en cuenta que cada uno de los archivos debe tener el mismo nombre para que puedan relacionarse entre si, por

ejemplo, si el nombre del shape es departamentos.shp, el archivo de índices y el dBase deben llamarse departamentos.shx y departamentos.dbf respectivamente.

Los tipos numéricos que se almacenan en un shapefile son Integer (32 bits) y Double (64 bits). Los números de punto flotante deben ser valores numéricos. Los valores infinito positivo, infinito negativo y Not-a-Number, no son permitidos en shapefiles, sin embargo, soportan valores que llaman “no data”, éstos son cualquier número de punto flotante menor que  $-10^{38}$ .

Con respecto a la estructura del main file<sup>2</sup> se puede decir que está compuesto por un encabezado de longitud fija, seguido por el conjunto de registros que lo componen, el cual tiene una longitud variable.



**Ilustración 8: Organización del main file**

<sup>2</sup> Archivo principal, .shp

La siguiente figura muestra la descripción de la estructura del encabezado para el main file:

Position	Field	Value	Type	Byte Order
Byte 0	File Code	9994	Integer	Big
Byte 4	Unused	0	Integer	Big
Byte 8	Unused	0	Integer	Big
Byte 12	Unused	0	Integer	Big
Byte 16	Unused	0	Integer	Big
Byte 20	Unused	0	Integer	Big
Byte 24	File Length	File Length	Integer	Big
Byte 28	Version	1000	Integer	Little
Byte 32	Shape Type	Shape Type	Integer	Little
Byte 36	Bounding Box	Xmin	Double	Little
Byte 44	Bounding Box	Ymin	Double	Little
Byte 52	Bounding Box	Xmax	Double	Little
Byte 60	Bounding Box	Ymax	Double	Little
Byte 68*	Bounding Box	Zmin	Double	Little
Byte 76*	Bounding Box	Zmax	Double	Little
Byte 84*	Bounding Box	Mmin	Double	Little
Byte 92*	Bounding Box	Mmax	Double	Little

\* Unused, with value 0.0, if not Measured or Z type

**Ilustración 9: Estructura del main file**

El Byte Order indica la manera cómo se va a leer el archivo en su forma hexadecimal, puede ser big endian<sup>3</sup> o little endian<sup>4</sup>.

Es importante aclarar que en el byte 24 se guarda la longitud del archivo que está dada en palabras de 16 bits (2 bytes), para no cometer errores a la hora de calcular esta cantidad.

<sup>3</sup> Ordenador de gran memoria que guarda la señal mas importante en sucesión de señales más bajas (según orden de importancia)

<sup>4</sup> Ordenador cuya memoria guarda el chipboard abierto según el orden de importancia

El tipo de shape difiere de acuerdo a la siguiente relación:

0: Null Shape

1: Punto

3: Polilínea

5: Polígono

En el caso del archivo .shx, la estructura de su encabezado es igual a la del archivo principal, sólo difieren en su tamaño.

El archivo del dBASE (dbf) contiene las características de los elementos del shape. Su formato es un archivo estándar de DBF usado en aplicaciones de hoja de cálculo en Windows™ y DOS.

## 2 METODOLOGÍA

La investigación es un proceso que, mediante la aplicación del método científico, procura obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento.<sup>5</sup>

Para aplicar este proceso debe recoger, registrar y analizar los resultados obtenidos, pero antes es fundamental plantearse una metodología que lo guíe a lo largo de su investigación.

La metodología que se usó para el desarrollo de la práctica se basó en cinco fases:

### 1. Identificación de los temas:

En esta fase se determina el contenido que se abarcará durante el desarrollo de la práctica empresarial. Se tienen en cuenta los temas principales de acuerdo a los objetivos planteados, sin embargo, durante el transcurso de las otras fases de la metodología es posible que aparezcan nuevos interrogantes que ameriten la inclusión de algunos temas adicionales.

---

<sup>5</sup> El Proceso de la investigación científica, Mario Tamayo y Tamayo.

## **2. Investigación:**

Comprende la búsqueda de información relacionada con cada uno de los temas planteados. Los principales medios para obtener dicha información van a ser el Internet, textos y documentos proporcionados por La Empresa .

## **3. Extracción de la Información:**

En esta fase se determina que elementos tienen un aporte significativo a cada uno de los temas relacionados.

## **4. Pruebas:**

Se realizarán pruebas con el fin de verificar la funcionalidad y calidad de algunos componentes y su integración con herramientas SIG

## **5. Documentación:**

Durante esta fase se materializa de manera escrita los resultados obtenidos en la práctica, indicando especificaciones, limitaciones, y recomendaciones de cada uno de los tópicos investigados

El desarrollo de esta metodología permite que la investigación se centre en los temas que realmente aporten al cumplimiento de los objetivos planteados, en algunos casos es necesario volver a alguna fase anterior con el fin de corregir o replantear algunos conceptos.

### **3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

La herramienta SIG sobre la cual se basó la investigación es ArcGis 8.1 debido a que es la que se utiliza en La Empresa. Cabe resaltar que aunque ésta fue la herramienta usada, el principal objetivo es estudiar los conceptos que hay detrás de ese tipo de herramientas con el fin de hacer uso de ellos en cualquier situación.

Con respecto a ArcGis 8.1 es importante tener en cuenta que se está hablando de ArcGis en el nivel mínimo de funcionalidad, es decir, ESRI posee dentro de el concepto ArcGis tres niveles de funcionalidad en tres productos: Arcview, ArcEditor y ArcInfo, siendo éste último el de más capacidades tanto de edición gráfica como de análisis geográficos, entre otras.

#### **3.1 MANEJO DE FUNCIONES PARA REALIZAR OPERACIONES SOBRE MAPAS EN ARCGIS 8.1**

Las herramientas de usuario final brindan utilidades con el fin de hacer menos complejo el análisis espacial y de esta manera ayudar para que el analista se ocupe en plantear los modelos y estudiar los resultados obtenidos.

En el caso de ArcGis 8.1, se encuentran cinco operaciones básicas para realizar sobre mapas, que se mencionaron en el capítulo dos, ellas son: dissolve, merge, clip, intersect, union.

## **3.2 EXTENSIONES**

Una extensión de ArcGis es una herramienta que se puede cargar cuando se necesite una funcionalidad adicional. Varias extensiones vienen incorporadas con ArcGis, como también existen “extensiones opcionales” que proporcionan un análisis más avanzado y otras capacidades funcionales.

Las extensiones que vienen con ArcGis depende del tipo de licencia que se adquiera para el mismo, como ejemplos se pueden mencionar: spatial analyst, 3D analyst, geostatistical analyst, arcpublisher, arcreader, ésta última es gratuita.

Se realizaron ejercicios de prueba para la extensión Spatial Analyst, para tener acceso a cualquiera de ellas desde ArcMap, en el menú *Tools/Extensiones*, se escoge la que va a ser usada.

### **3.2.1 Spatial Analyst<sup>6</sup>**

El Análisis espacial se utiliza como apoyo en la toma de decisiones mediante el procesamiento de datos espaciales. Es una de las extensiones más importantes

---

<sup>6</sup> De aquí en adelante, análisis espacial.

de ArcGis, proporciona características espaciales de gran alcance para el modelamiento y el análisis tales como:

- Crear, consultar, mapear y analizar píxeles basado en datos del tipo Ráster.
- Realizar análisis integrado de ráster/vector.
- Álgebra de mapas
- Consultar información a través de capas de datos múltiples.
- Integrar completamente datos ráster con fuentes de datos tradicionales del tipo vector.

El análisis espacial es una gran ayuda en la toma de decisiones, algunos de los ejercicios realizados incluían la ubicación de un nuevo aeropuerto y una nueva escuela dados una serie de parámetros y condiciones especiales.

En la realización de estos ejercicios se tuvieron en cuenta algunos conceptos como la proyección y las unidades adecuadas correspondientes al mapa con el fin de obtener más exactitud en los resultados.

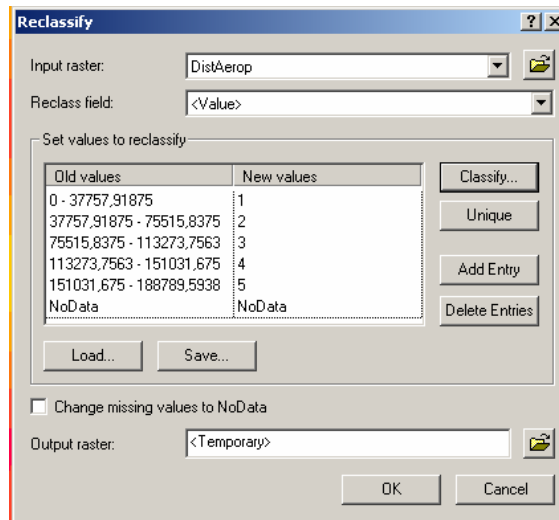
Con respecto a las proyecciones, en ArcMap se encuentran de manera predefinida dos grandes grupos: Geographic Coordinate Systems y Projected Coordinate Systems, cada uno compuesto por una considerable cantidad de opciones de las cuales podemos escoger la que más se acople a nuestro mapa.

A continuación se dará un breve bosquejo de uno de los ejercicios realizados, la intención es mostrar rápidamente qué tan útil puede llegar a ser el análisis espacial en nuestro medio.

El ejemplo tiene como propósito hallar la ubicación para un nuevo aeropuerto teniendo en cuenta que no debe estar a menos de 150 km de los aeropuertos existentes y además debe estar cerca de una alta densidad de pequeñas poblaciones.

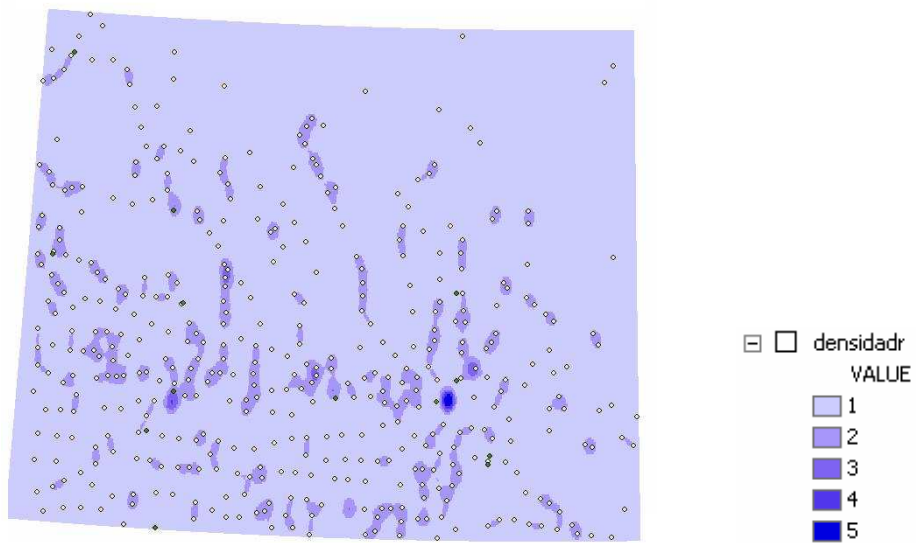
Lo que se hizo al principio del ejercicio fue obtener una capa ráster de la capa de puntos de los aeropuertos para determinar la distancia. Esta capa ráster son círculos concéntricos a cada aeropuerto divididos en 5 clases, se puede determinar en qué sector debería estar ubicado el nuevo aeropuerto según la distancia que tenga éste con respecto a otros. El número de clases se puede elegir con la opción Reclassify del Spatial Analyst.

Como se puede observar a continuación, el rango de distancia que nos interesa se encuentra en las clases 4 y 5 (150 km).

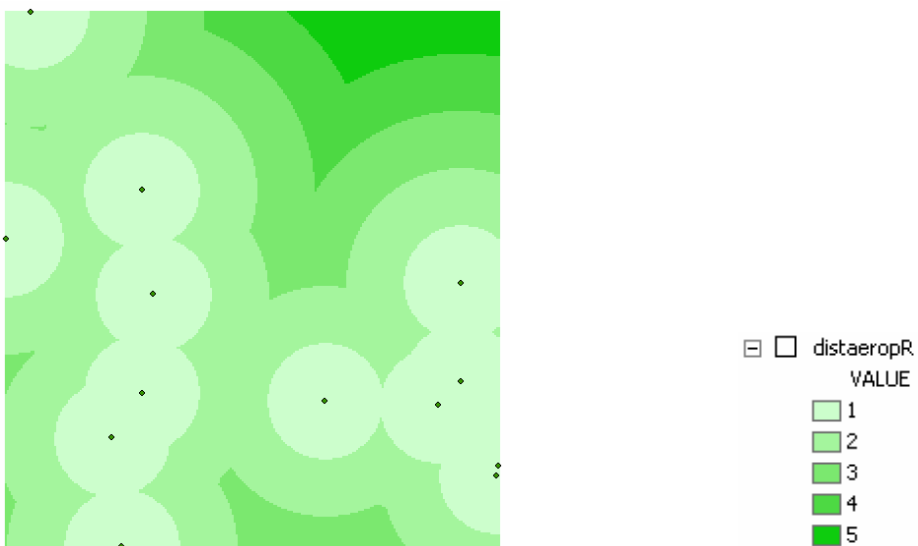


**Ilustración 10: Rangos de distancias**

Luego, es necesario hallar la ubicación de acuerdo a la densidad de pequeñas poblaciones. Hallar las pequeñas poblaciones implica seleccionar aquellas que tengan un determinado número de habitantes, la utilidad *Query Builder* de *Propiedades del layer* permite seleccionar mediante algún campo de la tabla asociada al shape los registros que nos interesan, en este caso las poblaciones se encuentran divididas por rangos así que se escogió aquellas que estuvieran entre 0 y 5000 habitantes, luego con la propiedad *Density* del *Spatial Analyst* es posible crear una nueva capa raster donde se muestra una escala de colores según la densidad de pequeñas poblaciones que haya en el lugar.

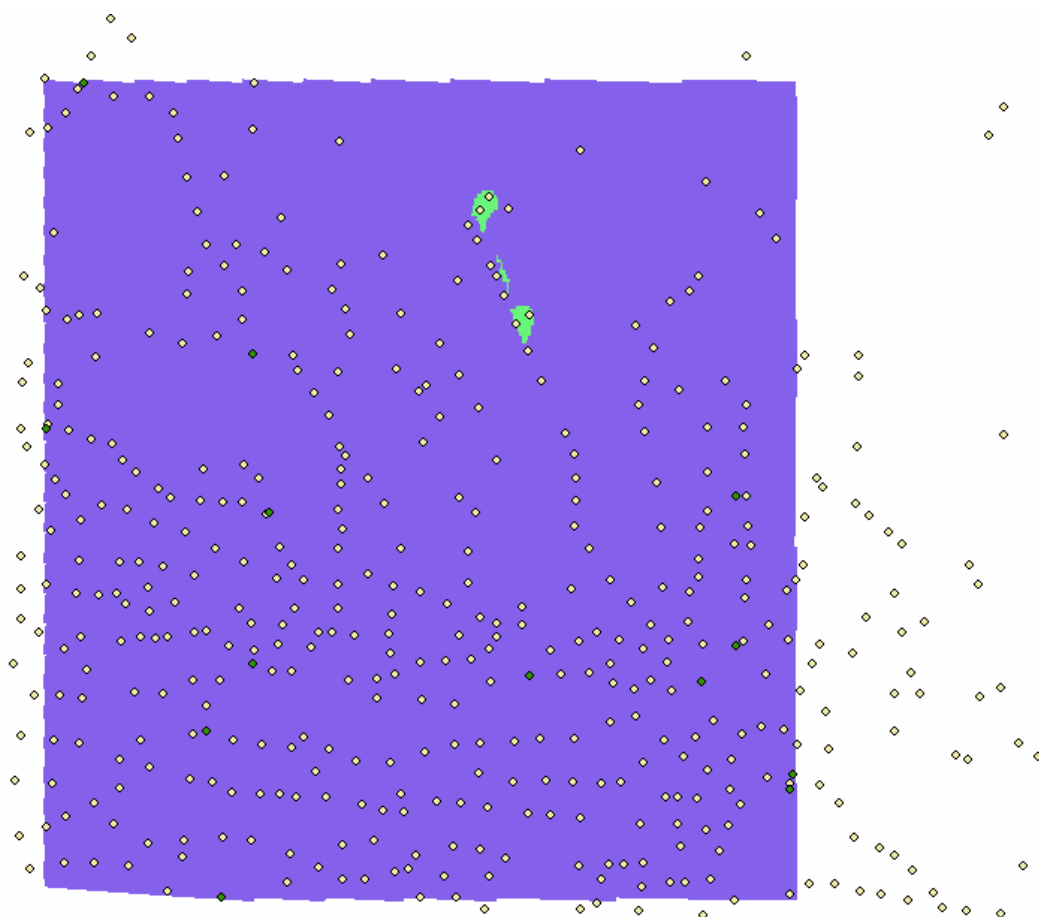


**Ilustración 11: Densidad de pequeñas poblaciones**



**Ilustración 12: Distancia a los aeropuertos**

Una vez hecho el cálculo para cada una de las condiciones, se procede a unirlos para obtener el resultado final, para ello se utilizó la opción *Raster Calculator* del Spatial Analyst, en la que se pidió obtener una capa donde la densidad de las pequeñas poblaciones fuera mayor o igual que 2 (la densidad es mayor a medida que se intensifica el color) y la distancia a los aeropuertos fuera mayor o igual que 4. El resultado que se obtuvo fue la capa que se ve a continuación en la cual el color verde representa las zonas en las que puede ubicarse el nuevo aeropuerto.



**Ilustración 13: Resultado del análisis espacial**

Esta es sólo una pequeña muestra de qué clase de análisis se puede hacer con esta extensión, y plantear soluciones a problemas que son influenciados por la ubicación geográfica de determinado elemento. Es muy amplio el campo de aplicación que es capaz de cubrir esta herramienta, puede ser empleada en análisis de mercados y estudios de marketing en general, hidrología, modelamiento de superficies y muchas otras.

Con la investigación echa se pudo observar que ArcGis es una herramienta bastante poderosa, que no tiene limitaciones en cuanto a análisis espacial y procesamiento de datos pues aquellas utilidades que no se encuentren pueden crearse en código VBA y añadirlas a sus aplicaciones o con la ayuda de las extensiones que ofrece ESRI para dicho procesamiento.

### **3.3 UTILIZACIÓN DE RUTINAS DE CÓDIGO**

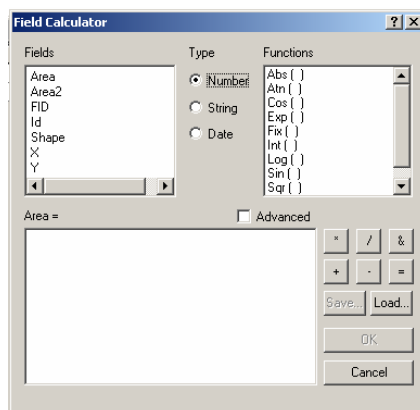
ArcGis da la posibilidad de agregar rutinas de código para acceder a funciones extras, cuando el usuario necesite información del mapa a la cual no puede acceder directamente sobre la interfaz gráfica.

En esta parte de la investigación se conoció el lenguaje VBA (Visual Basic for applications) para ArcGis y se ejecutaron rutinas de código que permitieron acceder a información para crear nuevo mapas.

EasyCalculate es una herramienta que la compañía lan-ko GIS ofrece de manera gratuita para utilizar con ArcGis, observando el código que traen estas funciones y algunas guías, se empezaron a realizar pruebas para hallar nuevos atributos sobre los mapas.

Esta herramienta puede usarse de dos maneras: una, directamente sobre el nuevo campo de la tabla de atributos, y la segunda, desde el editor de Visual Basic por medio de dos módulos que vienen hechos en este mismo lenguaje.

Para utilizarla directamente, se abre la tabla de atributos de la capa y se adiciona un nuevo campo, el cual va a contener los registros que se desean adicionar, luego, sobre el nuevo campo se da clic derecho y *calculate values*, aquí muestra el siguiente cuadro de diálogo:



**Ilustración 14: Field Calculator**

En este cuadro se puede escoger el campo, el tipo de dato que va a retornar y la función pertinente, o chequear el checkbox *Advanced*, con el cual aparece la ventana que pide el código VBA y la variable que va a retornar, aquí puede

implementar directamente la función que le retorne los datos que requiera, o cargar, mediante el botón *Load...* los archivos de EasyCalculate, éstos archivos tienen extensión *.cal*.

Sin embargo, aunque puede implementarse la función sobre el Field Calculator, esto no nos muestra en dónde se encuentran errores en caso de que los haya, es decir, no permite compilar nuestros proyectos. Para ello puede usar el Visual Basic Editor que encuentra en el menú *Tools, Macros, Visual Basic Editor*.

EasyCalculate tiene dos módulos que permiten agregar funciones para calcular valores a los registros de nuestro shape, estos módulos son: *EC\_RunCalculator* y *EC\_Expressions*.

Con EasyCalculate se pueden calcular valores según el tipo de mapa vectorial que este usando, por ejemplo, hallar coordenadas, puntos medios, puntos inicial y final, área, y da la posibilidad para calcular valores de acuerdo a nuestras necesidades, teniendo conocimientos previos de programación.

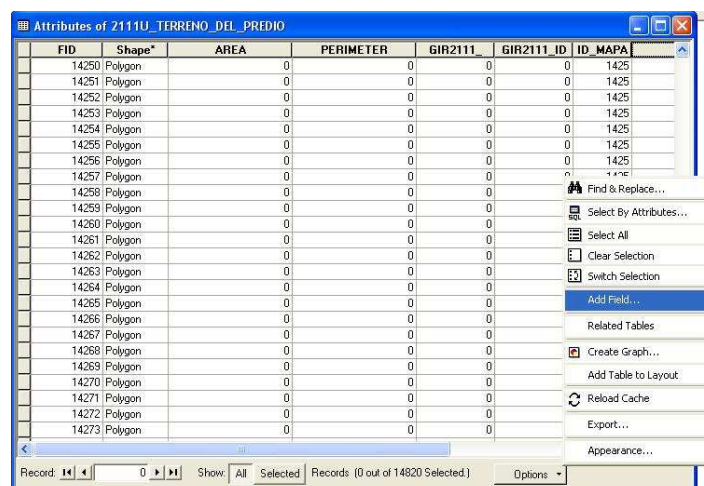
Se hicieron pruebas sobre los mapas para obtener datos geométricos de las características que lo conforman, en las cuales se requirió el uso de rutinas de código o de las funciones de EasyCalculate, por ejemplo, hallar los centroides de todos los polígonos que conforman el mapa como el fin de crear un nueva capa con esta información, conocer las coordenadas iniciales y finales de una polilínea

para conocer su *bounding box*<sup>7</sup>, hallar las coordenadas de un punto, recortar pedazos de un shape para realizar pruebas sobre este y no sobre todo el mapa.

El siguiente es un ejemplo de este tipo de actividades, y consiste en hacer un mapa de puntos con los centroides de un mapa de polígonos.

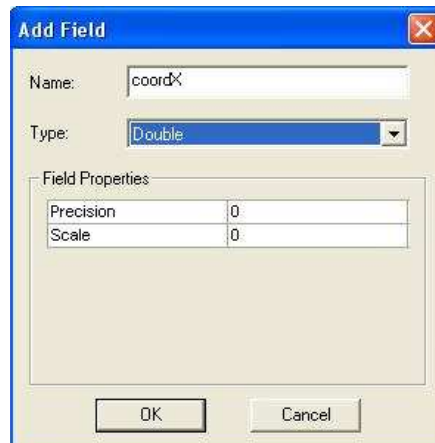
Lo primero que se hace es abrir el shape sobre el cual se va a trabajar, luego se abre su tabla de atributos para añadir un nuevo campo sobre el que se guardan los valores de la coordenada x del centroide. Para esto, desde la tabla se accede al botón '*Options*' y la opción '*Add Field*', luego en la ventana de diálogo que aparece se ingresa el nombre del campo, que en ese caso será llamado '*coordX*' y cuyo tipo numérico es '*double*'.OK.

Las siguientes ilustraciones dan una idea del anterior procedimiento.



**Ilustración 15: Insertar nuevos campos al .dbf**

<sup>7</sup> Mínimo rectángulo que puede encerrar la línea




**Ilustración 16: Nombre y tipos numéricos de los campos agregados**

Para hallar la coordenada Y se hace el mismo procedimiento. Entonces, en la tabla se pueden observar dos campos nuevos: 'coordX' y 'coordY'.

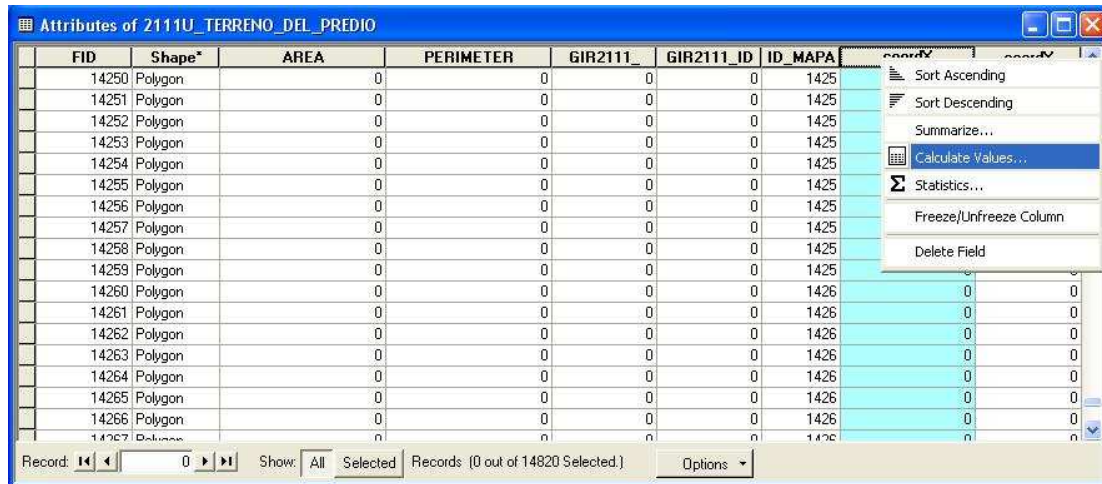
FID	Shape*	AREA	PERIMETER	GIR2111_	GIR2111_ID	ID_MAPA	coordX	coordY
14250	Polygon	0	0	0	0	1425	0	0
14251	Polygon	0	0	0	0	1425	0	0
14252	Polygon	0	0	0	0	1425	0	0
14253	Polygon	0	0	0	0	1425	0	0
14254	Polygon	0	0	0	0	1425	0	0
14255	Polygon	0	0	0	0	1425	0	0
14256	Polygon	0	0	0	0	1425	0	0
14257	Polygon	0	0	0	0	1425	0	0
14258	Polygon	0	0	0	0	1425	0	0

**Ilustración 17: Resultados de los campos agregados**

El siguiente paso es ir al Editor Toolbar  y en el menú Editor escoger la opción *Start Editing* para empezar a editar la tabla del shape.

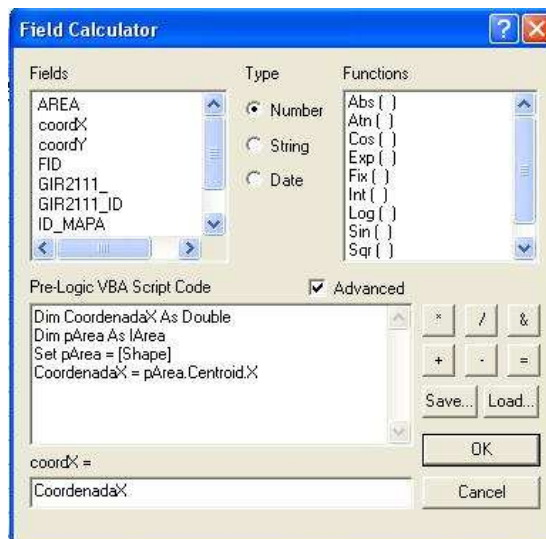
Posteriormente, se selecciona esa nueva columna creada situándonos en su encabezado y haciendo click:

Una vez seleccionada la columna, con el botón derecho se accede a la opción 'Calculate Values' (la calculadora de campos).



**Ilustración 18: Acceso a la calculadora de campos**

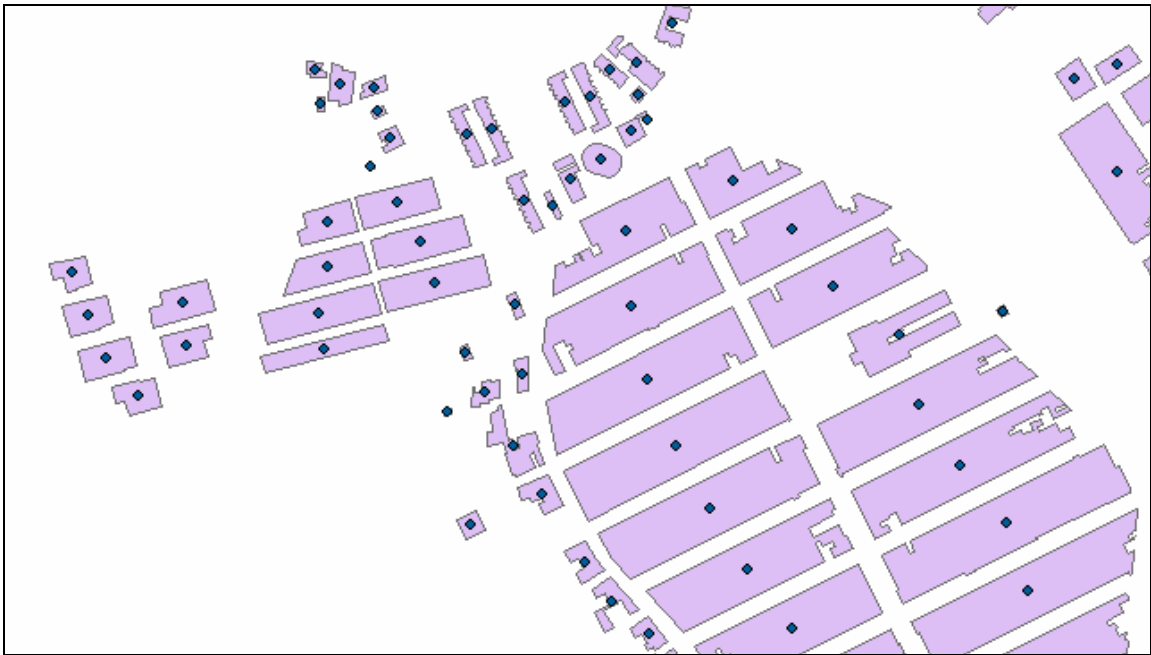
Al seleccionar la opción aparece la ventana Field Calculador, la opción 'Advanced' permite que aparezca una nueva entrada de texto llamada 'Pre-Logic VBA Script Code', es allí donde se introduce el código que permitirá obtener las coordenadas del centroide.



**Ilustración 19: Calculador de campos**

En caja de texto donde aparece *coordX=* se escribe el nombre de la variable que va a retornar el valor de la coordenada, en este caso la coordenada X.

Este procedimiento se repite para calcular la coordenada Y. De esta manera se obtiene una nueva capa:



**Ilustración 20: Capa resultante de los centroides**

### **3.4 GEOCODIGO**

El objetivo de la geocodificación es colocar objetos de punto en la base de datos, es decir, obtener un nuevo mapa vectorial de tipo punto. A esta tabla se le denominará tabla de *destino*. Las coordenadas geográficas proceden de una tabla de *origen*, que es una tabla representable. Entonces, para geocodificar un registro es necesario emparejar una dirección de la tabla de destino con una dirección de

la tabla de origen, y obtener coordenadas geográficas de la tabla de origen y utilizarlas para crear un objeto de punto en la tabla de destino.

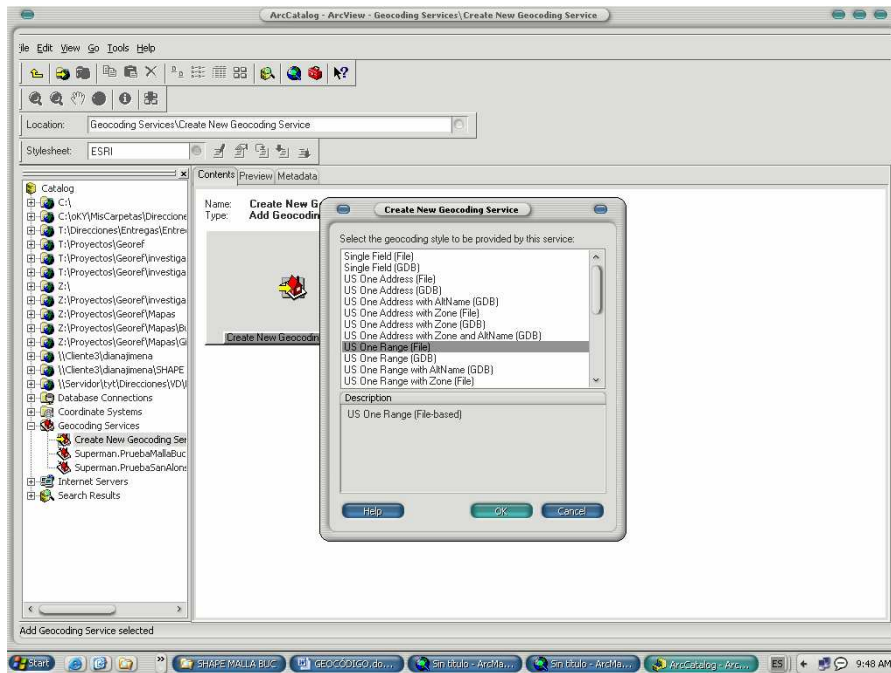
Según lo que se pudo observar durante las pruebas que se llevaron a cabo, la mayoría de los problemas que se presentan al realizar la geocodificación están en el primer paso, emparejar direcciones de las tablas de origen y destino.

Durante la ejecución de este proceso es muy importante tener claro cada concepto para que de esta manera se puedan suministrar los datos correctamente.

El siguiente ejemplo muestra cómo se hace geocódigo utilizando ArcGis 8.1, el estilo que más se acomoda a las direcciones de Bucaramanga para esta versión es US One Range (File-based).

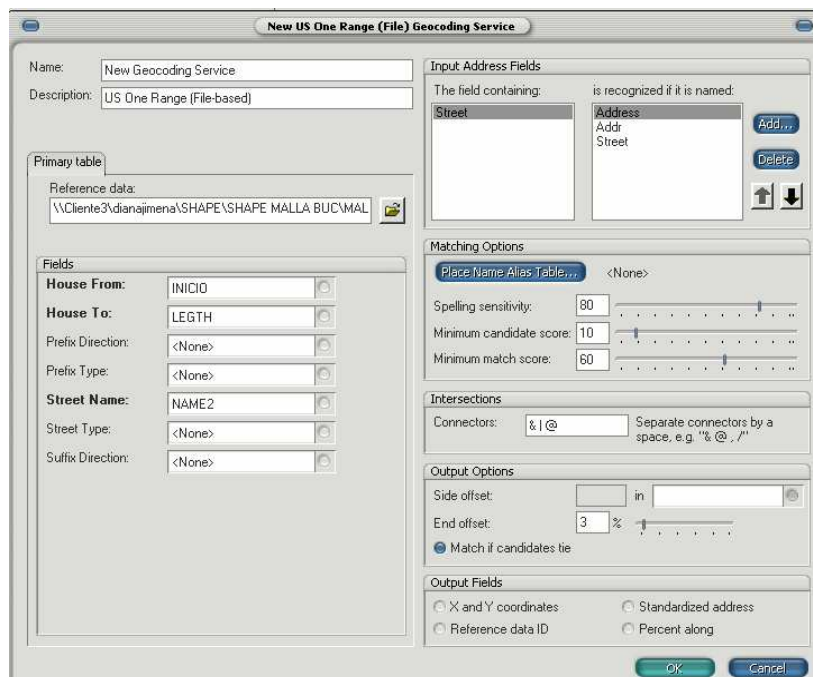
Para realizar el ejemplo se va a utilizar un localizador de direcciones, que es la combinación de la localización específica de los datos de referencia y ciertas pautas de estilo específicas basadas en el estilo de localizador de dirección seleccionado.

Entonces, es necesario, como primera medida crear un localizador de direcciones, para ello se usa ArcCatalog, se despliega la estructura de árbol y se hace clic sobre Geocoding Services, Create New Geocoding Service, luego aparece una ventana con todos los estilos que están disponibles para ArcGis, dentro de ellos se elige US One Range (File).



**Ilustración 21: Estilos localizadores de direcciones**

Luego aparece la siguiente ventana en la cual se dan los datos para el estilo:



**Ilustración 22: Configuración de los estilos de localización de direcciones**

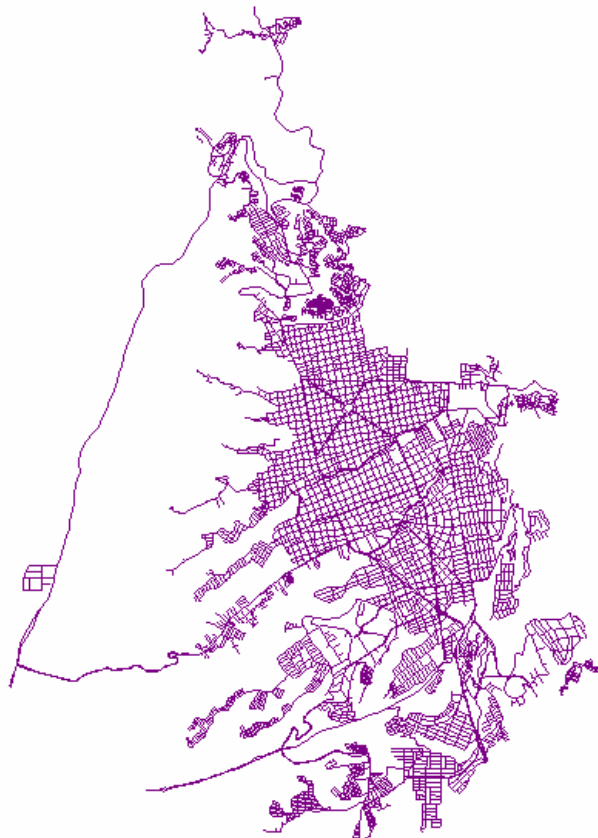
**Referente Data:** en dónde estarán ubicados los datos de referencia o sea la malla vial.

**House From:** dónde comienza el la línea sobre la cual se encuentra ubicado el inmueble. En este caso el campo que da esa información se llama INICIO.


**House To:** longitud de la línea. En esta malla vial se llama LEGTH.

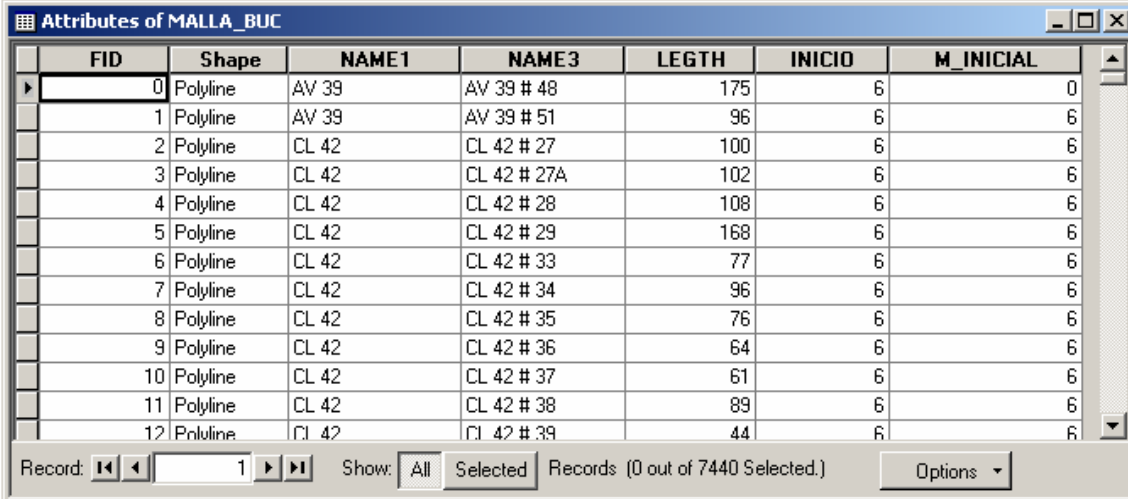
**Street Name:** es el nombre de la vía sobre la cual se encuentra la dirección a ubicar.

Los campos correspondientes a *House From*, *House to* y *Street Name* se encuentran en el archivo con extensión dbf asociado al shape de la malla vial.



**Ilustración 23: Malla Vial de Bucaramanga**

En ArcMap, se abre la malla vial y la tabla de direcciones que se desean ubicar, mediante el botón *Add Data* .



FID	Shape	NAME1	NAME3	LEGTH	INICIO	M_INICIAL
0	Polyline	AV 39	AV 39 # 48	175	6	0
1	Polyline	AV 39	AV 39 # 51	96	6	6
2	Polyline	CL 42	CL 42 # 27	100	6	6
3	Polyline	CL 42	CL 42 # 27A	102	6	6
4	Polyline	CL 42	CL 42 # 28	108	6	6
5	Polyline	CL 42	CL 42 # 29	168	6	6
6	Polyline	CL 42	CL 42 # 33	77	6	6
7	Polyline	CL 42	CL 42 # 34	96	6	6
8	Polyline	CL 42	CL 42 # 35	76	6	6
9	Polyline	CL 42	CL 42 # 36	64	6	6
10	Polyline	CL 42	CL 42 # 37	61	6	6
11	Polyline	CL 42	CL 42 # 38	89	6	6
12	Polyline	CL 42	CL 42 # 39	44	6	6

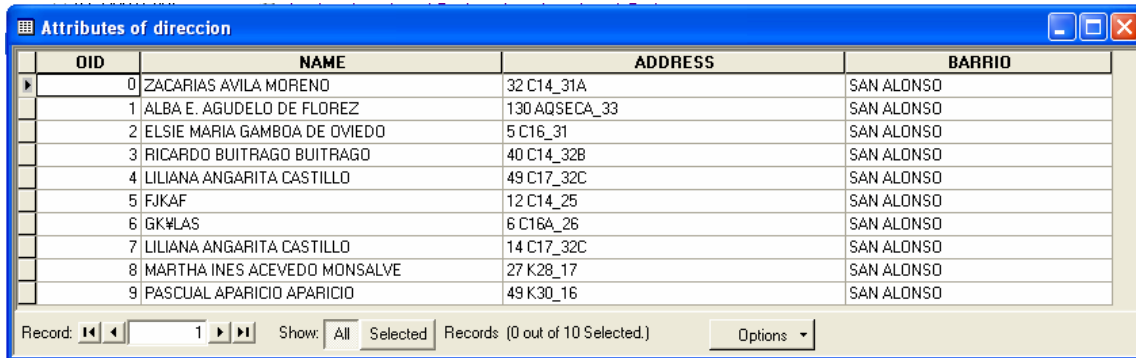
**Ilustración 24:** Tabla de atributos asociada a la malla vial de Bucaramanga

Las direcciones que se van a ubicar en el mapa deben ser previamente almacenadas en un archivo con extensión dbf, que puede hacerse en una hoja de cálculo como Excel, el formato de las direcciones debe seguir una nomenclatura similar a la del estilo que se eligió como servicio de geocódigo, entonces, siguiendo esta recomendación, el formato que deben tener las direcciones es:

	<i>Número_de Inmueble</i>	<i>Ubicación</i>
Ej:	140 apto 301	ABOLIVA_18

El “Número de Inmueble” se refiere a los datos completos de la ubicación sobre la calle o carrera correspondiente. En el ejemplo: 140 apto 301

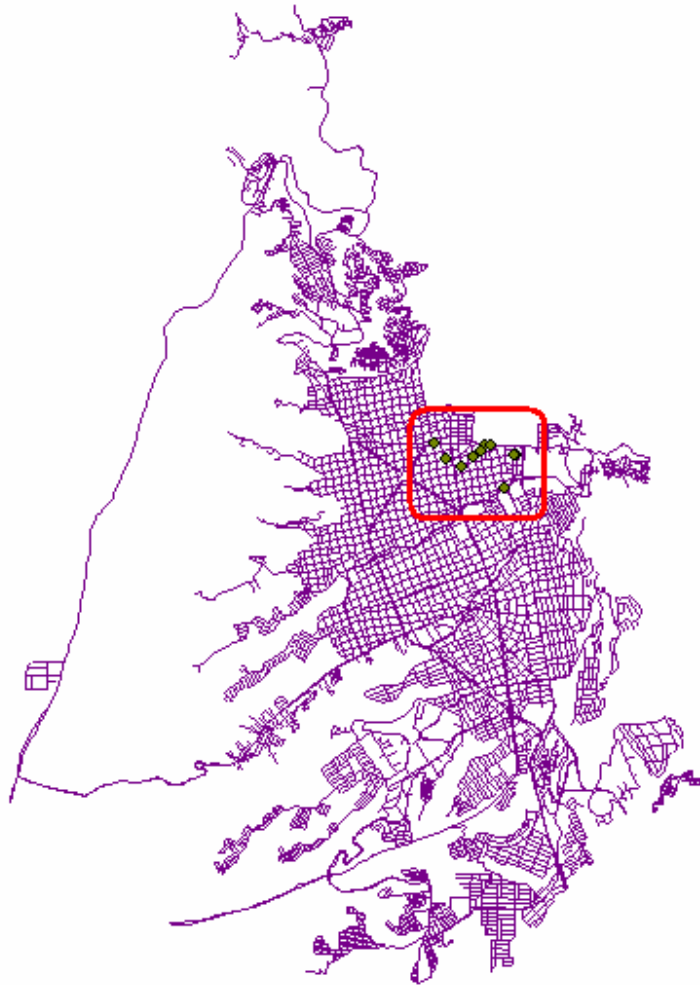
La tabla que se muestra a continuación contiene las direcciones a ubicar en el mapa, vista desde ArcGis:



OID	NAME	ADDRESS	BARRIO
0	ZACARIAS AVILA MORENO	32 C14_31A	SAN ALONSO
1	ALBA E. AGUDELO DE FLOREZ	130 AQSECA_33	SAN ALONSO
2	ELSIE MARIA GAMBOA DE OVIEDO	5 C16_31	SAN ALONSO
3	RICARDO BUITRAGO BUITRAGO	40 C14_32B	SAN ALONSO
4	LILIANA ANGARITA CASTILLO	49 C17_32C	SAN ALONSO
5	FJKAF	12 C14_25	SAN ALONSO
6	GK*LAS	6 C16A_26	SAN ALONSO
7	LILIANA ANGARITA CASTILLO	14 C17_32C	SAN ALONSO
8	MARTHA INES ACEVEDO MONSALVE	27 K28_17	SAN ALONSO
9	PASCUAL APARICIO APARICIO	49 K30_16	SAN ALONSO

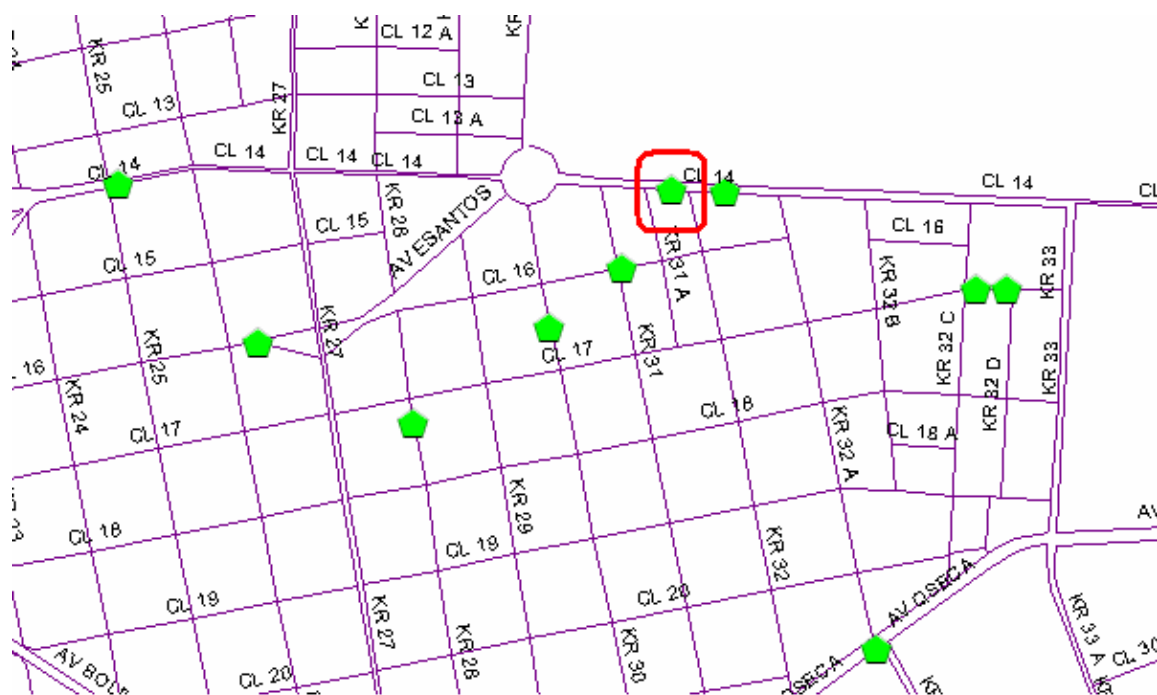
**Ilustración 25: Direcciones a geocodificar**

Volviendo al ejemplo de muestra, en ArcMap se abre tanto la malla vial como las direcciones a las cuales se hará el geocódigo, una vez hecho esto, sobre la tabla de direcciones se hace clic derecho y luego en *Geocode Addresses*, sobre esa nueva ventana, en *Add* se agrega el localizador de direcciones que fue creado anteriormente, luego *OK* y se abre de nuevo una ventana, en *Street or Intersection* se elige el campo de la tabla en el cual se encuentra la dirección, luego en *Output Shapefile or feature class* se da el nombre para el shape de puntos que representa la salida de los datos georeferenciados. *OK* y *Done*, y aparecerá el nuevo mapa de puntos ubicados según la dirección dada, éste se puede observar teniendo activos los dos mapas (el de la malla vial y el de puntos que se creó).



**Ilustración 26: Resultado del proceso de geocódigo**

Para observar más detalladamente estos resultados se mostrará un acercamiento al recuadro rojo, en donde se puede comparar con las direcciones antes dadas, por ejemplo, el primer registro corresponde a la dirección: 32 C14\_31A, es decir, la Calle 14 # 31A-32, punto que se encuentra enmarcado en la ilustración.



**Ilustración 27: Resultado del proceso de geocódigo**

Para lograr realizar esta aplicación de geocódigo, se necesitó tener muy claros los conceptos relacionados con dicho proceso, algunos de ellos se listan a continuación:

- Cómo crear, modificar y manejar el localizador de direcciones.
- Diferenciar el proceso para direcciones individuales y direcciones provenientes de tablas.
- Emparejamiento de direcciones.
- Opciones de búsqueda.
- Formatos de direcciones según la región.
- Cómo se visualizan los datos geocodificados.
- Posibles errores que se puedan presentar durante el proceso.

- Herramientas que facilitan el proceso.
- Realización de pruebas sobre mapas de mallas viales.

En la empresa TYT Ltda. hizo un desarrollo propio de un normalizador de direcciones, el objetivo principal que se buscaba alcanzar con este estudio, era tener una herramienta con la cual se pudiera hacer la verificación de los resultados obtenidos con el normalizador y de esta manera poder corregir los posibles errores que se presentaran.

### **3.5 FORMATOS DE ARCHIVOS DE ALMACENAMIENTO DE MAPAS VECTORIALES**

Los mapas que se manejan en TYT Ltda, son de formato vectorial, es decir, para la descripción de los objetos geográficos utilizan vectores definidos por pares de coordenadas relativas a algún sistema cartográfico.

Después de hacer una recopilación de información acerca de estos formatos de archivos, se procedió a analizarla con el fin de ponerla en práctica mediante el apoyo a una herramienta SIG tipo Web que se encontraba en desarrollo en ese momento en TYT Ltda.

Para la herramienta se necesitaba tener la opción de incluir nuevos puntos dentro del mapa, lo cual implica modificar el shape cada vez que se incluya o borre un

elemento, entonces era necesario conocer su estructura teniendo en cuenta que en realidad son tres archivos (shp, dbf y shx).

Lo primero que se hizo fue ver la estructura general de un shape y de esta manera se comenzó a comparar con los shapes que se tenían.

Recordemos la estructura del archivo principal de un shape, mostrado en el capítulo 1:

Position	Field	Value	Type	Byte Order
Byte 0	File Code	9994	Integer	Big
Byte 4	Unused	0	Integer	Big
Byte 8	Unused	0	Integer	Big
Byte 12	Unused	0	Integer	Big
Byte 16	Unused	0	Integer	Big
Byte 20	Unused	0	Integer	Big
Byte 24	File Length	File Length	Integer	Big
Byte 28	Version	1000	Integer	Little
Byte 32	Shape Type	Shape Type	Integer	Little
Byte 36	Bounding Box	Xmin	Double	Little
Byte 44	Bounding Box	Ymin	Double	Little
Byte 52	Bounding Box	Xmax	Double	Little
Byte 60	Bounding Box	Ymax	Double	Little
Byte 68*	Bounding Box	Zmin	Double	Little
Byte 76*	Bounding Box	Zmax	Double	Little
Byte 84*	Bounding Box	Mmin	Double	Little
Byte 92*	Bounding Box	Mmax	Double	Little

\* Unused, with value 0.0, if not Measured or Z type

**Ilustración 28: Estructura del main file**

La siguiente secuencia de números es una parte de un archivo .shp, cuyo tamaño es de 28138 Kb, a continuación se mostrará la organización y la forma como se

leen los bytes según su orden. Como se puede observar, los números están en hexadecimal.

00000000	00 00 27 0A 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
00000010	00 00 00 00 00 00 00 00	00 DB D3 B4 E8 03 00 00	.....
00000020	05 00 00 00 BF 03 49 61	87 6C F8 40 DC 15 5C 9C	.....Ia.l@\
00000030	FD FE F1 40 3D 0A D7 A3	90 89 FA 40 8B F9 6C 3E	.....@=.....l>
00000040	4D F2 F4 40 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	M.@.....
00000050	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
00000060	00 00 00 00 00 00 00 01	00 00 00 40 05 00 00 00	.....@
00000070	F3 13 F0 0E 69 D4 F9 40	2A 3F 6F 58 5E D9 F2 40	.....i @*?oX^@
00000080	4A 2A 1F 7A 20 D5 F9 40	5C C0 38 41 00 DA F2 40	J*.z @\ 8A...@
00000090	01 00 00 00 05 00 00 00	00 00 00 00 F3 13 F0 0E	.....
000000a0	69 D4 F9 40 C7 15 D1 2C	70 D9 F2 40 E1 62 4C 2C	i @...p @.bL
000000b0	EC D4 F9 40 5C C0 38 41	00 DA F2 40 4A 2A 1F 7A	@\ 8A...@J*.z
000000c0	20 D5 F9 40 7D 37 F5 55	D0 D9 F2 40 51 A6 6E EA	@}7 U...@Q.n
000000d0	BE D4 F9 40 2A 3F 6F 58	5E D9 F2 40 F3 13 F0 0E	.....@*?oX^@
000000e0	69 D4 F9 40 C7 15 D1 2C	70 D9 F2 40 00 00 00 02	i @...p @
000000f0	00 00 00 40 05 00 00 00	D4 20 62 ED 51 D4 F9 40	@...b.Q @
00000100	31 AA 1A 5A 20 D9 F2 40	51 A6 6E EA BE D4 F9 40	l..Z...@Q.n...@
00000110	C7 15 D1 2C 70 D9 F2 40	01 00 00 00 05 00 00 00	.....P @
00000120	00 00 00 00 D4 20 62 ED	51 D4 F9 40 9F 28 B0 BC	.....b.Q @.(
00000130	3A D9 F2 40 F3 13 F0 0E	69 D4 F9 40 C7 15 D1 2C	.....@ .i @

**Ilustración 29: Estructura de un archivo con extensión shp**

La parte encerrada en el recuadrado es la que nos interesa analizar, cada dos números representa 1 byte, según la estructura del main file, en el byte 0 se encuentra el código del archivo que tiene el valor de 9994, esto coincide con el número en hexadecimal que se encuentra en la gráfica: 00 00 27 0A; luego, desde el byte 4 hasta el 20 son espacios con valor cero.

A continuación se muestra el tamaño del archivo (a partir del byte 24): 00 DB D3 B4 que equivale en decimal a 14406580, este tamaño está dado en palabras de 16 bits (2 bytes), es decir, el tamaño en bytes sería  $14406580 * 2 = 28813160$  bytes, que equivale a 28137.85 Kb, tamaño que corresponde al archivo .shp.

Hasta aquí el orden de los bytes es Big, lo que permite leerlos de izquierda a derecha. Los siguientes son Little y se leen de derecha a izquierda, por ejemplo, en el byte 28 se encuentra la versión (1000), en estos bytes se encuentran los números E8 03 00 00, pero se leen 00 00 03 E8, número que en decimal corresponde a 1000.

El tipo de shape se encuentra a partir del byte 32, en este caso es 05, debido a que el mapa es de tipo polígono, éste varía de acuerdo al tipo de shape, por ejemplo, si es una línea es 3, si es un punto es 1.

Desde el byte 36 hasta el 92 se refiere al bounding box, aquí se almacena el extent actual de los shapes en el archivo. Mmin y Mmax pueden contener valores de tipo "no data".

La organización del encabezado para el archivo .shx es idéntica que la del .shp, lo único que cambia es el tamaño del archivo,

```

00000000 00 00 27 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00000010 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 06 BA 62 E8 03 00 00
00000020 05 00 00 00 BF 03 49 61 87 6C F8 40 DC 15 5C 9C
00000030 FD FE F1 40 3D 0A D7 A3 90 89 FA 40 8B F9 6C 3E
00000040 4D F2 F4 40 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00000050 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00000060 00 00 00 00 00 00 00 32 00 00 00 40 00 00 00 76
00000070 00 00 00 40 00 00 00 BA 00 00 00 40 00 00 00 FE
00000080 00 00 00 48 00 00 01 4A 00 00 00 58 00 00 01 A6
00000090 00 00 00 68 00 00 02 12 00 00 00 48 00 00 02 5E
000000a0 00 00 00 58 00 00 02 BA 00 00 00 40 00 00 02 FE
000000b0 00 00 00 40 00 00 03 42 00 00 00 68 00 00 03 AE
000000c0 00 00 00 58 00 00 04 0A 00 00 00 58 00 00 04 66
000000d0 00 00 00 40 00 00 04 AA 00 00 00 68 00 00 05 16
000000e0 00 00 00 40 00 00 05 5A 00 00 00 48 00 00 05 A6
000000f0 00 00 00 58 00 00 06 02 00 00 00 40 00 00 06 46
00000100 00 00 00 50 00 00 06 9A 00 00 00 40 00 00 06 DE
00000110 00 00 00 60 00 00 07 42 00 00 00 40 00 00 07 86
00000120 00 00 00 60 00 00 07 EA 00 00 00 60 00 00 08 4E
00000130 00 00 00 48 00 00 08 9A 00 00 00 48 00 00 08 E6
00000140 00 00 00 50 00 00 08 3A 00 00 00 40 00 00 08 7E

```

**Ilustración 30: Encabezado de un archivo shx**

Dentro del encabezado se muestra los 4 bytes que componen el tamaño del archivo, comparándolo con el encabezado del .shp, se puede observar que la única diferencia se encuentra allí, en este caso el tamaño es de  $440930 * 2 = 881860$  bytes.

El archivo del dBASE (dbf) contiene las características de los elementos del shape. Su formato es un archivo estándar de DBF usado en aplicaciones de hoja de cálculo en Windows™ y DOS.

## **4 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL MÓDULO DE PQR**

En vista de la necesidad de tener una oficina de Peticiones, Quejas y Recursos, PQR, en las diferentes ESP<sup>8</sup>, TYT Ltda está comenzando el desarrollo de un módulo que permita manejar estas solicitudes de manera sistematizada. Por esta razón, la Empresa tiene a su disposición una serie de requerimientos producto de estudios e investigación referente al tema en cuestión. Lo que se busca es obtener los casos de uso respectivos una vez se haga el análisis de cada uno de los requerimientos. Pero antes es necesario aprender acerca de las metodologías que usa la empresa, y de los conceptos que envuelve el módulo de PQR.

### **4.1 FORMATOS Y ESTÁNDARES DE LA EMPRESA**

La obtención de un software con calidad implica la utilización de metodologías o procedimientos estándares para el análisis, diseño, programación y prueba del software de manera que permitan tener uniformidad en la filosofía de trabajo, con el fin de que cada uno de los personajes que conforman el equipo de desarrollo sea capaz de entender y encontrar fácilmente las partes que necesite pero que él no desarrolló, esto brinda una mayor confiabilidad, mantenibilidad y facilidad de prueba, tanto para la labor de desarrollo como para el control de la calidad del *software*.

---

<sup>8</sup> Empresa de Servicios Públicos

Como parte del análisis de requerimientos es necesario conocer la metodología que se trabaja en la empresa durante el desarrollo de proyectos informáticos., por esta razón se estudiaron los documentos que allí se encuentran y se hicieron uso de sus metodologías.

A continuación se hace una breve descripción de la metodología que se usa en La Empresa para el desarrollo de proyectos.

Se definen políticas de backups, teniendo en cuenta la persona encargada de realizar los backups, la fecha y la frecuencia con la que se hace.

Se establece cómo es el manejo de requerimientos, se define qué información se tendrá en cuenta y la nomenclatura con la cual se van a almacenar cada uno de los requisitos teniendo en cuenta si son funcionales o no funcionales. De igual forma se hace con los objetivos.

Se organiza la información en un repositorio, se utiliza un software con almacenar toda la información pertinente a los productos que se desarrollan en TYT Ltda. Con respecto a esto, se hicieron unas charlas en donde se dio a conocer el uso de estas herramientas y cómo se almacenan en el repositorio.

Se hacen reuniones periódicas con la gerencia. Durante el análisis de los requerimientos, se hizo un seguimiento de las actividades por parte de la gerencia

de TYT Ltda y de los ingenieros responsables de los módulos por medio de reuniones en las que se aclaraban inquietudes y se aportaron nuevas ideas.

Se establecen las herramientas que se usarán durante todo el proceso de desarrollo del software.

## **4.2 METODOLOGÍA RUP Y LENGUAJE UML**

Como parte de las actividades que se desarrollaron, se estudió la metodología RUP y qué papeles pueden desempeñar cada uno de los participantes dentro de ella.

Se aplicó la teoría sobre el lenguaje UML para hacer la identificación de los casos de uso, ya que UML que nos ayuda a interpretar grandes sistemas mediante gráficos y texto obteniendo modelos explícitos que ayudan a la comunicación durante el desarrollo, además por ser estándar, los modelos podrán ser interpretados por personas que no participaron en su diseño sin presentarse ningún tipo de ambigüedad.

### **4.2.1 Metodología RUP**

La metodología RUP, llamada así por sus siglas en inglés Rational Unified Process, divide en 4 fases el desarrollo del software:

- **Inicio**, el Objetivo en esta etapa es determinar la visión del proyecto.
- **Elaboración**, en esta etapa el objetivo es determinar la arquitectura óptima.
- **Construcción**, en esta etapa el objetivo es llevar a obtener la capacidad operacional inicial.
- **Transición**, el objetivo es llegar a obtener el release del proyecto.

Cada una de estas etapas es desarrollada mediante el ciclo de iteraciones, la cual consiste en reproducir el ciclo de vida en cascada a menor escala. Los Objetivos de una iteración se establecen en función de la evaluación de las iteraciones precedentes.

Vale mencionar que el ciclo de vida que se desarrolla por cada iteración, es llevada bajo dos disciplinas:

### **Disciplina de Desarrollo**

- Ingeniería de Negocios: entendiendo las necesidades del negocio.
- Requerimientos: trasladando las necesidades del negocio a un sistema automatizado.
- Análisis y Diseño: trasladando los requerimientos dentro de la arquitectura de software.
- Implementación: creando software que se ajuste a la arquitectura y que tenga el comportamiento deseado.

- Pruebas: asegurándose que el comportamiento requerido es el correcto y que todo lo solicitado esta presente.

### Disciplina de Soporte

- Configuración y administración del cambio: guardando todas las versiones del proyecto.
- Administrando el proyecto: administrando horarios y recursos.
- Ambiente: administrando el ambiente de desarrollo.
- Distribución: hacer todo lo necesario para la salida del proyecto

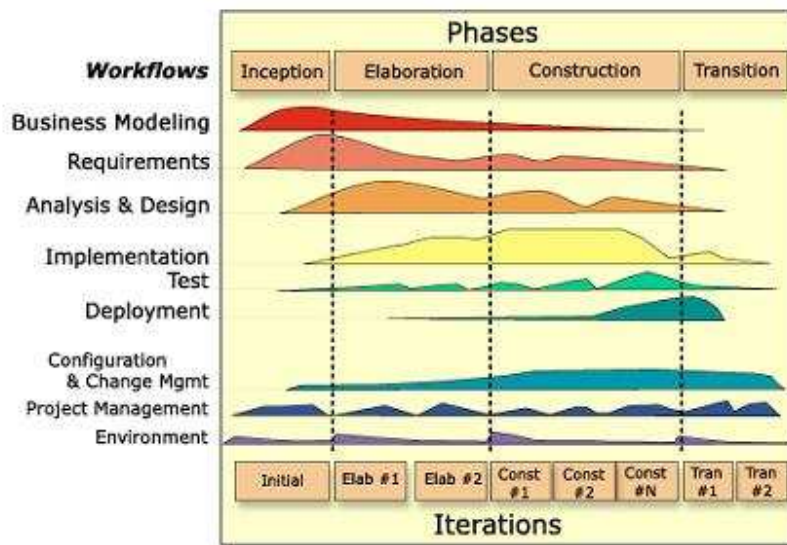


Ilustración 31: Fases e Iteraciones de la Metodología RUP

Es recomendable que a cada una de estas iteraciones se les clasifique y ordene según su prioridad, y que cada una se convierte luego en un entregable al cliente.

Esto trae como beneficio la retroalimentación que se tendría en cada entregable o en cada iteración.

Los elementos del RUP son:

- **Actividades**, son los procesos que se llegan a determinar en cada iteración.
- **Trabajadores**, vienen hacer las personas o entes involucrados en cada proceso.
- **Artefactos**, un artefacto puede ser un documento, un modelo, o un elemento de modelo.

Una particularidad de esta metodología es que, en cada ciclo de iteración, se hace exigente el uso de artefactos, siendo por este motivo, una de las metodologías más importantes para alcanzar un grado de certificación en el desarrollo del software.

#### **4.2.2 UML y el Proceso Unificado de Desarrollo**

El Lenguaje de Modelamiento Unificado (UML - Unified Modeling Language) es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar y documentar cada una de las partes que comprende el desarrollo de software. UML entrega una forma de modelar cosas conceptuales como lo son procesos de negocio y funciones de sistema, además de cosas concretas como lo son escribir clases en un lenguaje determinado, esquemas de base de datos y componentes de software reusables.



En la fase de inicio se describe el producto final teniendo en cuenta las funciones principales del sistema, su posible arquitectura, el costo y plan de proyecto. Luego se pasa a la fase de elaboración, en la que se especifican los casos de uso y la arquitectura a usar. A continuación se pasa a la fase de construcción en la cual se crea el producto. Y por último, la fase de transición que corresponde a las pruebas para encontrar deficiencias en el sistema.

Se dice que el proceso unificado se dirige por los casos de uso, está centrado en la arquitectura y es iterativo e incremental.

#### **4.2.2.1 Casos de Uso**

Los casos de uso son parte fundamental en el desarrollo de un producto debido a que dirigen el proceso en su totalidad.

El caso de uso es un documento que describe la secuencia de eventos de un actor que utiliza un sistema para completar un proceso.

Su objetivo es encontrar aquellos requisitos que cuando se implementen den un valor significativo al producto y sean de gran utilidad para el usuario. Además, es una manera de representarlos para que tanto usuarios como clientes y desarrolladores hablen el mismo idioma.

Un caso de uso es una serie de acciones que el sistema hace con el fin de dar resultados de utilidad para un actor. Un actor corresponde a cada tipo de usuario que interactúa con el sistema. Los actores y los casos de uso conforman el modelo de casos de uso.

Por medio de la descripción de los casos de uso, los desarrolladores pueden encontrar las clases, definir las interfaces, analizar los resultados de las pruebas que se hacen al sistema, es decir, enlazan los diferentes procesos durante el desarrollo.

Los diagramas de casos de uso muestran los casos de uso, actores y sus relaciones. Muestra quien puede hacer que y las relaciones que existen entre acciones (casos de uso). Son muy importantes para modelar y organizar el comportamiento del sistema.

En estos diagramas nos encontramos con diferentes figuras que pueden mantener diversas relaciones entre ellas:

- Casos de uso: representado por una elipse, cada uno contiene un nombre, que indique su funcionalidad, pueden tener relaciones con otros casos de uso.

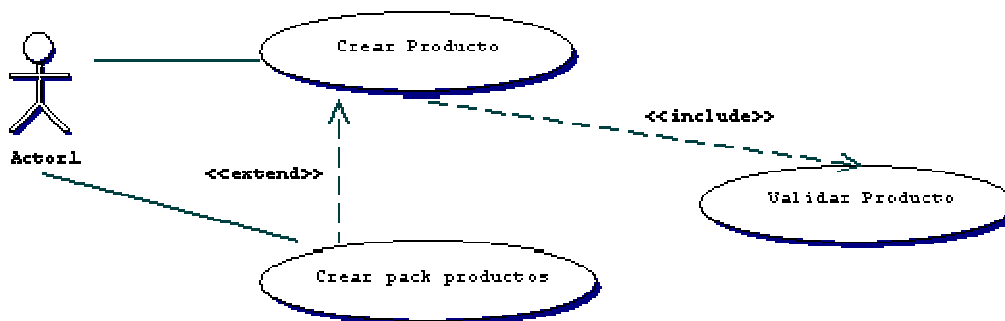


Ilustración 33: Ejemplo de un diagrama de caso de uso

#### 4.3 REVISIÓN DE DOCUMENTOS RELACIONADOS CON EL MÓDULO DE PQR DE EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS

Para conocer a fondo el tema, los conceptos y el lenguaje que se utiliza, fue necesario realizar la lectura de algunos documentos tanto de empresas nacionales como internacionales que manejaran este módulo.

El módulo de PQR es una dependencia exigida por la superintendencia de servicios públicos domiciliarios (SSPD) que tiene como fin atender las peticiones, quejas y reclamos que los usuarios hacen ante las diferentes empresas de servicios públicos del país.

Según la SSPD: “Todo suscriptor o usuario tiene derecho a presentar peticiones, quejas, reclamos y recursos ante empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios, con relación a la prestación del servicio o la ejecución del contrato de servicios públicos.

Las empresas que prestan servicios públicos domiciliarios tienen la obligación de tener una OFICINA DE PETICIONES, QUEJAS Y RECLAMOS, para recibir, atender, tramitar y responder las solicitudes que presenten los usuarios, los suscriptores o suscriptores potenciales en relación con el servicio que se preste.

Toda solicitud debe formularse ante la empresa de servicios públicos correspondiente.”

Teniendo claro qué es el módulo de PQR, se pasa a conocer qué procesos se manejan.

Lo primero que se hace es recibir el reclamo por parte del cliente en cualquiera de los medio de presentación que se utilicen en la empresa, adjuntándole la fecha y el número de radicación. Una vez recibido el reclamo, la empresa cuenta con quince (15) días hábiles para responder definitivamente, salvo que requiera practicar pruebas ampliaran los términos por diez (10) o treinta (30) días hábiles más. Este evento deberá informárselo al cliente.

Una vez presentado el reclamo, pueden darse 3 eventos:

- 1. Que la empresa no responda dentro de los términos: en este caso el cliente debe dirigirse a la Superintendencia de Servicios Públicos y colocar la denuncia por Silencio Administrativo.
- 2. Que la respuesta no satisfaga las pretensiones del cliente: cuenta con cinco (5) días hábiles para hacer el recurso de reposición y en subsidio el

de apelación ante la Superintendencia de Servicios Públicos. Recursos que deberá solicitar en un mismo escrito dirigido a la empresa.

- 3. Que la respuesta sea satisfactoria: e l caso queda cerrado.

### **Silencio Administrativo**

Si la empresa no responde dentro del tiempo debido, se entenderá que el reclamo o recurso fue resuelto en forma favorable para el usuario (salvo que se demuestre que la demora fue culpa del reclamante o que hubo que practicar pruebas).

### **Recursos**

Si el usuario considera que la empresa debe revisar una decisión relacionada con la prestación del servicio, se dirige un escrito ante el Gerente de la empresa dentro de los cinco (5) días hábiles siguientes al conocimiento de la decisión, presentando recurso de reposición y en subsidio de apelación ante la Superintendencia de Servicios Públicos.

## **4.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS CASOS DE USO**

Una vez leído, discutido y entendido el documento de especificaciones de los requerimientos, se comenzó con la identificación de los casos de uso.

La identificación de los casos de uso se puede hacer basándose ya sea en los actores o en los eventos.

Si se basa en los actores, es necesario identificarlos estudiando detalladamente el sistema con el fin de saber cuáles están relacionados con el mismo. Una vez se tengan los actores, se identifican los procesos que inician o en que participan.

Cuando se basa en eventos para identificar los casos de uso, primero se hallan aquellos eventos externos a los que el sistema va a responder, luego se relacionan los eventos con los actores y con los casos de uso.

Se hizo una lista de los posibles casos de uso basándose en el documento de especificaciones, para posteriormente ser revisada por los ingenieros a cargo, quienes se realizan las correcciones pertinentes.

#### MÓDULO DE PQR

<b>Identificación</b>													
<b>Nombre</b>													
<b>Requisitos asociados</b>													
<b>Descripción</b>													
<b>Pre - condición</b>													
<b>Secuencia normal</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Paso</th> <th>Acción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P<sub>1</sub></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P<sub>2</sub></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P<sub>3</sub></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P<sub>4</sub></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Paso	Acción	P <sub>1</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>3</sub>		P <sub>4</sub>			
Paso	Acción												
P <sub>1</sub>													
P <sub>2</sub>													
P <sub>3</sub>													
P <sub>4</sub>													
<b>Post - condición</b>													
<b>Excepciones</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Paso</th> <th>Acción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P<sub>1</sub></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P<sub>2</sub></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P<sub>3</sub></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P<sub>4</sub></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P<sub>5</sub></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Paso	Acción	P <sub>1</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>3</sub>		P <sub>4</sub>		P <sub>5</sub>	
Paso	Acción												
P <sub>1</sub>													
P <sub>2</sub>													
P <sub>3</sub>													
P <sub>4</sub>													
P <sub>5</sub>													
<b>Frecuencia Esperada</b>													
<b>Importancia</b>													
<b>Prioridad</b>													
<b>Estabilidad</b>													
<b>Chequeo</b>	Necesario <input type="checkbox"/> Conciso <input type="checkbox"/> Completo <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> No Ambiguo <input type="checkbox"/> Verificable <input type="checkbox"/> Factible <input type="checkbox"/> Adaptable <input type="checkbox"/>												

**Ilustración 34: Formato para la descripción de los casos de uso**

Estas fueron las actividades realizadas en el último período de la práctica y primer período del desarrollo del proyecto de TYT Ltda.

## CONCLUSIONES

ArcGis Arcview es el producto de ArcGis con niveles de funcionalidad más limitados en cuanto a edición gráfica y análisis se refiere, sin embargo es altamente escalable y permite la inclusión de nuevas utilidades mediante el uso de VBA y sus extensiones. Pero sin duda alguna la principal desventaja que posee ArcGis con respecto a otros productos similares es su alto costo, pues puede llegar a ser hasta diez veces más que el de herramientas similares, teniendo en cuenta que para utilizar las funcionalidades adicionales propias de ESRI se debe pagar la licencia de cada una por aparte.

Como experiencia personal, se emplearon varias herramientas SIG gracias a las cuales se pudo llegar a la conclusión de que las facilidades gráficas que brindan éstas herramientas son bastante similares, esto sirvió como aporte para conocer qué funcionalidades son vitales cuando se desee desarrollar un sistema de ésta categoría. Además, se adquirió un buen manejo de este tipo de herramientas, tanto en la parte gráfica como en su parte funcional, y de esta manera se llevaron a cabo análisis de tipo geográfico.

En TYT Ltda se conocieron ciertas funcionalidades que aún no habían sido exploradas, se pudieron realizar pruebas sobre los mapas, obtener información de geometrías de los shapes que no estaban en las tablas de atributos asociadas, y se adquirieron conocimientos de nuevas herramientas SIG.

Se estudió la estructura de los formatos para mapas vectoriales, aprendiendo qué tipos de datos numéricos utiliza, y cómo es su organización. El análisis de los formatos permitió conocer cómo están compuestos los mapas que se han estado utilizando, es decir, el archivo visto desde un editor binario. La importancia de esta investigación para TYT Ltda está en su aplicación, al poder generar y utilizar archivos shape sin necesidad de hacer uso de ArcGis o algún otro software parecido, sino por medio de aplicaciones propias de la empresa que manejen información espacial como geometrías, atributos del shape y elementos que lo componen.

Con respecto al proceso de geocódigo, se conoció un concepto totalmente nuevo, el cual, combinado con la práctica empresarial permitió observar la importancia en el mercado, ya que se pudo analizar aplicándolo directamente a una situación real, y de esta manera se conocieron nuevas aplicaciones para los sistemas de información geográfica. Esta investigación permitió a TYT Ltda disminuir los posibles errores que pudieran presentarse en el geocodificador que fue realizado en esta empresa. Los resultados obtenidos fueron un punto de comparación importante para conocer qué tan precisos llegaban a ser las localizaciones para las diferentes direcciones con las cuales se estaban realizando las pruebas.

Se participó en un proyecto que se está desarrollando en la empresa, en donde se adecuaron los requerimientos de un módulo de PQR al proceso de desarrollo de software, permitiendo de esta manera una integración directa en la solución del

proyecto, lo cual trajo muchos beneficios por los conocimientos adquiridos como profesional. De igual manera la Empresa se benefició con la adecuación de dichos requerimientos a la metodología de desarrollo de software.

Se conoció acerca de la metodología RUP, la cual se aconseja utilizar en proyectos complejos que se planean desarrollar a mediano y largo plazo. Es una forma disciplinada de asignar tareas y responsabilidades en una empresa de desarrollo (quién hace qué, cuándo y cómo). Tiene como principales objetivos: Asegurar la producción de software de calidad dentro de plazos y presupuestos predecibles.

Mediante la elaboración del proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial se brindó la oportunidad de conocer personas con amplios conocimientos en la ingeniería de sistemas y con la disposición de enseñar de sus experiencias profesionales, de aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera a proyectos reales y a problemas concretos, y de comenzar en el mundo laboral como profesional.

## **RECOMENDACIÓN**

Para un próximo proyecto, la recomendación es hacer énfasis en el desarrollo de aplicaciones para usar con ArcGis, ya que es una muy buena manera de sacarle el máximo provecho a la herramienta y personalizarla según nuestros intereses. Además, entre los lenguajes que se usan para éste tipo de aplicaciones se encuentran, el sencillo lenguaje visual Basic pero aplicado a ArcGis, VBA y el lenguaje estrella de Microsoft en el momento, .NET, los cuales poseen una amplia documentación y por la gran cantidad de usuarios que lo utilizan seguramente siempre se encontrará a alguien que ayude a resolver cualquier inquietud.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### LIBROS

[TAM02] TAMAYO TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. Limusa Noriega Editores. Cuarta Edición. Año 2002. 440 páginas.

[JAC99] JACOBSON, Ivar, GRADY, Booch y RUMBAUGH James. El Proceso unificado de desarrollo de software. Editorial Addison Wesley. Año 2000. 464 páginas.

### TOMADO DE INTERNET

[1] al [5]: Para conocer acerca de la edición y creación de layers.

[1] SHANER, Jeff y WRIGHTSELL Jennifer. Editing in ArcMap. GIS by ESRI. Documento pdf. Estados Unidos. 2002. [www.esri.com](http://www.esri.com)

[2] VIENNEAU, Aleta. Using ArcCatalog. GIS by ESRI. Documento pdf. Estados Unidos. 2001. [www.esri.com](http://www.esri.com)

[3] TUCKER, Corey. ArcToolbox. GIS by ESRI. Documento pdf. Estados Unidos. 2000. [www.esri.com](http://www.esri.com).

[4] McCOY, Jill y JOHNSTON Kevin. Using ArcGis Spatial Analyst. GIS by ESRI. Documento pdf. Estados unidos. 2002. [www.esri.com](http://www.esri.com)

[5] SANTIAGO, Iván. Fundamentos de ArcGis versión ArcView 9.1. Tutorial de lecturas. Documento pdf. Versión 1. Puerto Rico. Noviembre 2005.

[6] y [7]: Desarrollo de aplicaciones para ArcGis

[6] TCHOUKANSKI, Ianko. EasyCalculate. <http://www.ian-ko.com/> Por medio de esta ayuda, se tuvo acceso al conjunto de expresiones EasyCalculate.

[7] CAMERON, Euan. ELKINS, Rob. GILL Shelly. ArcGis Desktop Developer Guide. ArcGis 9.0. 2004. ESRI.

[8] y [9]: Para conocer el proceso de geocódigo y sus características. Para hacer las pruebas, se utilizaron los mapas de Bucaramanga, Floridablanca y Girón proporcionados por TYT Ltda.

[8] CROSIER, Scout. Geocoding in ArcGis. Documento pdf. Estados Unidos. 2004. [www.esri.com](http://www.esri.com)

[9] \_\_\_\_\_. Geocoding Tutorial. Documento pdf. Estados Unidos. 2001. [www.esri.com](http://www.esri.com)

[10]: El estudio y análisis de los formatos de archivos para mapas vectoriales.

[10] ESRI Shapefile technical description. Documento pdf. Julio 1998.  
<http://www.esri.com/library/>

[11] Sitio web [www.gabrielortiz.com](http://www.gabrielortiz.com). Una de las fuentes principales durante el desarrollo de la práctica. Tanto los documentos encontrados como la participación en el foro fueron un gran apoyo para resolver muchas inquietudes.

[12] a [14]: Para la investigación sobre el módulo de PQR se revisaron en Internet páginas de empresas de servicios públicos:

[12] Empresas públicas de Medellín: [www.epppm.com](http://www.epppm.com)

[13] Acueducto de Bogotá: [www.acueducto.com.co](http://www.acueducto.com.co)

[14] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios:  
[www.superservicios.gov.co](http://www.superservicios.gov.co).

## ANEXO: EASY CALCULATE

A continuación se muestra un ejemplo de las funciones que trae EasyCalculate para cada tipo de mapa vectorial (punto, polilínea, polígono).

### Para shapes tipo punto

**NOMBRE: point\_Get\_X.cal**

**FUNCIONALIDAD: Encontrar la coordenada X de un punto**

```
On Error Resume Next
Dim pMxDoc As IMxDocument
Dim pMap As IMap
Dim pPoint As IPoint
Dim dX As Double
Dim bSrefFromMap As Boolean
'=====
'El parámetro bSrefFromMap se ajusta de la siguiente manera:
'True ==> Las coordenadas serán calculadas en la proyección del mapa
'False ==> Las coordenadas serán calculadas en la proyección del data
bSrefFromMap = True
'=====
If (Not IsNull([Shape])) Then
  Set pPoint = [Shape]
  If (bSrefFromMap) Then
    Set pMxDoc = ThisDocument
    Set pMap = pMxDoc.FocusMap
    pPoint.Project pMap.SpatialReference
  End If
  dX = pPoint.X
else
  dX = 0
End If
```

### Para shapes tipo polilínea

**NOMBRE: polyline\_Get\_X\_MiddlePoint.cal**

**FUNCIONALIDAD: Encontrar la coordenada X que se encuentra en la mitad de la polilínea.**

```
On Error Resume Next
Dim pMxDoc As IMxDocument
Dim pMap As IMap
Dim pCurve As ICurve
Dim pMiddlePoint As IPoint
Dim dXMiddle As Double
Dim dDistance As Double
Dim bAsRatio As Boolean
Dim bSrefFromMap As Boolean
'=====
'adjust the parameters below
'bSrefFromMap = True ==> the coordinates will be calculated in the projection of
the Map
'bSrefFromMap = False ==> the coordinates will be calculated in the projection of
the data
bSrefFromMap = False
dDistance = 0.5 'when bAsRatio = True identifies the middle point of the polyline
bAsRatio = True
'=====
If (Not IsNull([Shape])) Then
  Set pCurve = [Shape]
  If (Not pCurve.IsEmpty) Then
    If (bSrefFromMap) Then
      Set pMxDoc = ThisDocument
      Set pMap = pMxDoc.FocusMap
      pCurve.Project pMap.SpatialReference
    End If
    Set pMiddlePoint = New Point
    pCurve.QueryPoint 0, dDistance, bAsRatio, pMiddlePoint
    dXMiddle = pMiddlePoint.X
  End If
End If
```

**Para shapes tipo polígono**

**NOMBRE: polygon\_Return\_Area.cal**

**FUNCIONALIDAD: Encontrar el de los polígonos que se encuentran en el shape.**

```
Dim pMxDoc As IMxDocument
Dim pGeometry As IGeometry
Dim pMap As IMap
```

```

Dim pArea As IArea
Dim dArea As Double
Dim dC As Double
Dim sOutMeasure As String
Dim bSrefFromMap As Boolean
'=====
bSrefFromMap = False
'Se escoje las unidades en las que se quiere el área a calcular
sOutMeasure = "Acres"
sOutMeasure = "Square Kilometers"
sOutMeasure = "Square Meters"
'sOutMeasure = "Square Miles"
'=====
If (IsNull([Shape])) Then
    dArea = -1
Else
    Set pGeometry = [Shape]
    If (pGeometry.IsEmpty) Then
        dArea = -1
    Else
        If (bSrefFromMap) Then
            Set pMxDoc = ThisDocument
            Set pMap = pMxDoc.FocusMap
            pGeometry.Project pMap.SpatialReference
            Select Case pMap.MapUnits
            Case 3 'Feet
                Select Case sOutMeasure
                Case "Acres"
                    dC = 0.000023
                Case "Square Kilometers"
                    dC = 0.0000000930787
                Case "Square Meters"
                    dC = 0.092903
                Case "Square Miles"
                    dC = 0.0000000359375
                Case Else
                    dC = 1
            End Select
            Case 9 'Meters
                Select Case sOutMeasure
                Case "Acres"
                    dC = 0.0002471
                Case "Square Kilometers"
                    dC = 0.000001
                Case "Square Meters"
                    dC = 1
                Case "Square Miles"

```

```
    dC = 0.0000003861022
  Case Else
    dC = 1
  End Select
Case Else
  dC = 1
End Select
Else
  dC = 1
End If
Set pArea = pGeometry
dArea = pArea.Area * dC
End If
End If
```

'Author: Ianko Tchoukanski

'<http://www.ian-ko.com>