



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**Facultad de: Administración**

**Escuela de: Ingeniería en Sistemas**

**Sistema de Redes Viales de la Ciudad de Cuenca y del Ecuador para la  
navegación con GPS**

**Tesis previa a la obtención del título de  
Ingeniería en Sistemas**

**Autores: Espinoza M. Andrea  
Espinoza M. Gabriela**

**Director: Ing. Paúl Ochoa**

**Cuenca, Ecuador**

**Enero 2010**

## DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a Dios, quien nos dio fe, fuerza y paciencia necesaria para seguir adelante, a nuestros padres de manera muy especial a nuestra madre que con amor, cariño, comprensión, esfuerzo y enseñanza de valores, supieron darnos todo y sin ellos no habiéramos alcanzado esta etapa y forjar las personas que hoy en día somos.

A nuestros abuelitos (Marujita y Papucho) por haber compartido su sabiduría, sus penas y alegrías, por todo el cariño desinteresado y todo el amor brindado que hicieron de nosotros unas mejores personas, a nuestros hermanos que en las buenas y en las malas nunca faltó una palabra de aliento para seguir adelante.

No podemos dejar de nombrar y dedicar este trabajo con profundo respeto, admiración, cariño y amor a una persona muy especial que a pesar de nuestra corta edad marco nuestras vidas y las vidas de toda la familia, a nuestro tío CARLOS que de una u otra manera ha sido y será siempre una fuente de unión y amor en la familia, si bien no está entre nosotros sigue vivo en nuestros corazones, en nuestros pensamientos y en nuestras vidas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Con el transcurso de la vida nos damos cuenta que siempre hay alguien a nuestro lado quien te empuja a seguir adelante; en este caso no fue la excepción razón por la cual agradecemos a Dios por guiar nuestros vidas.

Nuestros más sinceros agradecimientos a nuestras familias que fueron los pilares fundamentales para alcanzar esta etapa de nuestras vidas, su cariño, apoyo y comprensión fueron de gran ayuda cuando el cansancio y la desesperación se apoderaban de nosotros.

Expresamos nuestro mas sincero agradecimiento y reconocimiento al Ing. Paúl Ochoa A, director de esta tesis, la persona que nos brindo todo el apoyo, dedicación, comprensión y ayuda para la culminación de este trabajo; no podemos dejar de agradecer a muchas personas que nos ayudaron de una manera desinteresada, amigos que nos brindaron toda el apoyo moral y toda la ayuda necesaria para la culminación de este trabajo; agradecemos de una manera muy especial a la Ing. María Inés Acosta, al Ing. Paúl Illescas, al Ing. Diego Pacheco.

Dejamos constancia de agradecimiento a muchas personas que pasaron por nuestras vidas que nos brindaron su amistad y apoyo en el transcurso de nuestras vidas: Víctor S., Juan Pablo (Toro), Geovanny.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Anexos.....	xii
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
Introducción.....	xv
<b>Capítulo 1. Sistema de Información Geográfica y Cartográfica y Análisis de Redes.....</b>	<b>1</b>
Introducción.....	1
1.1. Sistema de Información Geográfica y Cartográfica.....	1
1.1.1. Origen de Datos.....	3
1.1.2. Almacenamiento de los Datos.....	3
1.1.2.1. Raster.....	3
1.1.2.2. Vectorial.....	4
1.1.3. Sistemas de Coordenadas, proyección.....	5
1.1.4. Análisis Espacial mediante GIS.....	5
1.1.5. Software GIS.....	7
1.2. Aplicación ArcGis.....	7
1.3. Network Analyst.....	12
1.3.1. Tipos de Redes.....	13
1.3.2. Variables al interior de una red.....	14

1.4. SendMap.....	14
1.5. MapSource.....	15
Conclusiones.....	15
<b>Capítulo 2. Sistematización de la Información.....</b>	<b>17</b>
Introducción.....	17
2.1. Datos de Entrada, Ciudad de Cuenca.....	17
2.2. Datos de Entrada, Vías del Ecuador.....	18
2.3. Procedimiento: Análisis, Edición y Depuración de la Información.....	20
2.3.1. Ciudad de Cuenca.....	20
2.3.2. Vías del Ecuador.....	28
Conclusiones.....	34
<b>Capítulo 3. Network Analyst.....</b>	<b>35</b>
Introducción.....	35
3.1. Gestión de Rutas, Ciudad de Cuenca.....	35
3.1.1. Creación de Geodatabase.....	39
3.1.1.1. Agregar un Feature Dataset a la Geodatabase.....	40
3.1.1.2. Agregar un Shapefile al Feature Dataset.....	42
3.1.2. Agregar Network Dataset a la Geodatabase.....	43
3.2. Gestión de Rutas, Vías del Ecuador.....	50
3.2.1. Creación de Geodatabase.....	50
3.2.1.1. Agregar un Feature Dataset a la Geodatabase.....	51
3.2.1.2. Agregar un Shapefile al Feature Dataset.....	52
3.2.2. Agregar Network Dataset a la Geodatabase.....	52

3.3. Encontrar la mejor Ruta.....	52
Conclusiones.....	60
<b>Capítulo 4. Global Positioning System “GPS” .....</b>	<b>62</b>
Introducción.....	62
4.1. Global Positioning System.....	62
4.1.1. Funcionamiento del GPS.....	64
4.1.2. Sistemas de Proyecciones.....	64
4.1.2.1. Proyecciones Geográficas (Latitud/Longitud).....	65
4.1.2.2. Proyecciones Planas.....	66
4.2. Manejo del GPS.....	66
4.2.1. Inicialización.....	66
4.2.2. Ajuste Dátum.....	67
4.3. Tecnologías Receptores GPS.....	67
4.4. Fuentes de Errores.....	68
4.5. Software MapSource.....	69
4.5.1. Partes del MapSource.....	69
4.5.2. Cargar Mapas.....	70
4.5.3. Recargar la base de datos POI.....	71
4.5.4. Enviar datos a la unidad GPS.....	71
4.5.5. Recibir datos a la unidad GPS.....	72
4.5.6. Waypoints.....	73
4.5.6.1. Crear Waypoints.....	74
4.5.6.2. Editar Waypoints.....	74

4.5.7. Buscar Lugares.....	75
4.5.7.1. Encontrar un lugar.....	75
4.5.7.2. Encontrar lugares más cercanos y encontrados recientemente.....	76
4.5.8. Crear y editar Rutas.....	76
4.5.8.1. Crear Rutas.....	77
4.5.8.2. Editar Rutas.....	77
4.5.8.2.1. Tracks/Caminos.....	77
4.6. Práctica GPS.....	80
Conclusiones.....	84
Recomendaciones.....	86
Bibliografía.....	xvii

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Información Estructurada en Capas. <a href="http:tav_ferr_es.htm">http:tav_ferr_es.htm</a> .....	2
Figura 1.2. Representación Dato Raster. <a href="http://www.udistrital.edu.co">http://www.udistrital.edu.co</a> .....	4
Figura 1.3. Representación Dato Vectorial. <a href="http://www.udistrital.edu.co">http://www.udistrital.edu.co</a> .....	4
Figura 1.4. Ruta Ciudad de Cuenca.....	6
Figura 1.5. Ruta Vías del Ecuador.....	6
Figura 1.6. Sistema ArcGis. What is ArcGis? ESRI, 2001,1.....	8
Figura 1.7. Herramienta ArcMap. What is ArcGis? ESRI, 2001,1.....	9
Figura 1.8. Herramienta ArcCatalog. What is ArcGis? ESRI, 2001,1.....	9
Figura 1.9. Herramienta ArcToolbox. What is ArcGis? ESRI, 2001,1.....	10
Figura 1.10. ArcGis Desktop. What is ArcGis? ESRI, 2001,1.....	11
Figura 2.1. Sistemas de coordenadas originales <i>vias3.shp</i> .....	17
Figura 2.2. Tabla de atributos originales <i>vias3.shp</i> .....	18
Figura 2.3. Vista de algunas calles no empalmadas.....	18
Figura 2.4. Sistemas de coordenadas originales <i>siam_vias00.shp</i> .....	19
Figura 2.5. Tabla de atributos originales <i>siam_vias00.shp</i> .....	19
Figura 2.6. Vista de algunas supuestas vías.....	20
Figura 2.7. Barra de herramientas, Add Data.....	20
Figura 2.8. Archivos agregados al layer Ciudad de Cuenca.....	21
Figura 2.9. Barra de herramientas, Editor Toolbar.....	21
Figura 2.10. Barra de herramientas, Editor Toolbar "Snapping".....	22
Figura 2.11. Opciones Snapping.....	22
Figura 2.12. Herramienta Edit Tool.....	22

Figura 2.13. Calle seleccionada.....	23
Figura 2.14. Opción Attributes.....	23
Figura 2.15. Atributos objeto seleccionado.....	23
Figura 2.16. Llenar datos en la tabla de atributos.....	24
Figura 2.17. Tabla de atributos final vias3.shp.....	24
Figura 2.18. Opción Save Edits.....	25
Figura 2.19. Acercamiento del mapa.....	25
Figura 2.20. Opción Extent Tool.....	25
Figura 2.21. Calle a empalmar.....	25
Figura 2.22. Calle empalmada.....	26
Figura 2.23. Visualización vértices.....	26
Figura 2.24. Opciones vértices.....	27
Figura 2.25. Opción Finish Sketch.....	27
Figura 2.26. Stop Editing.....	27
Figura 2.27. Archivos agregados al layer Vías del Ecuador.....	28
Figura 2.28. Herramienta ArcToolbox/Project.....	29
Figura 2.29. Ingreso Sistema de Coordenadas.....	29
Figura 2.30. Información Sistemas de Coordenadas.....	30
Figura 2.31. Proceso Final Project.....	31
Figura 2.32. Propiedades del shape.....	31
Figura 2.33. Añadir Columna.....	32
Figura 2.34. Tabla de atributos siam_via00.shp.....	32
Figura 2.35. Ingreso de Sentido de Vías.....	33

Figura 3.1. Ingreso nuevos atributos.....	36
Figura 3.2. Cálculo Meters.....	37
Figura 3.3. Cálculo Hierarchy.....	38
Figura 3.4. Cálculo Tiempo.....	38
Figura 3.5. Procedimiento para guardar archivo .dbf.....	39
Figura 3.6. Inicio creación de un Geodatabase.....	40
Figura 3.7. Inicio creación Feature Dataset.....	40
Figura 3.8. Asignar nombre al Feature Dataset.....	41
Figura 3.9. Asignación de coordenada Feature Dataset.....	41
Figura 3.10. Import shapefile al Feature Dataset.....	42
Figura 3.11. Shapefile seleccionado al Feature Datsaet.....	43
Figura 3.12. Resumen Proceso Feature Dataset.....	43
Figura 3.13. Inicio proceso creación Network Dataset.....	44
Figura 3.14. Asignación de valores Network Dataset.....	45
Figura 3.15. Atributos Network Dataset.....	45
Figura 3.16. Asignación tiempo desplazamiento.....	46
Figura 3.17. Hierarchy agregado al Network Dataset.....	46
Figura 3.18. Asignación de valor para Hierarchy.....	47
Figura 3.19. Asignación de valor y tipo para Jerarquía.....	48
Figura 3.20. Configuración asignación nombres en el Network Dataset.....	49
Figura 3.21. Archivos agregados a ArcCatalog.....	49
Figura 3.22. Geodatabase Ecuador.....	51
Figura 3.23. Feature Dataset Ecuador.....	51

Figura 3.24. Archivos agregados a ArcCatalog Ecuador.....	52
Figura 3.25. Barra de herramientas Network Analyst.....	53
Figura 3.26. Ventana Network Analyst.....	53
Figura 3.27. Layer análisis de rutas.....	53
Figura 3.28. Agregando Paradas.....	54
Figura 3.29. Ingreso de Paradas.....	54
Figura 3.30. Configuración Propiedades del Layer de Rutas.....	55
Figura 3.31. Ruta creada en el Mapa.....	56
Figura 3.32. Inicio proceso visualización de Direcciones entre paradas.....	56
Figura 3.33. Visualización Direcciones entre Paradas.....	57
Figura 3.34. Agregando Barreras.....	58
Figura 3.35. Ingreso de Barreras.....	58
Figura 3.36. Ruta alternativa.....	59
Figura 3.37. Guardar ruta generada.....	60
Figura 3.38. Ubicación guardar ruta generada.....	60
Figura 4.1. Sistema GPS. Introducción a la orientación con GPS.....	63
Figura 4.2. Cálculo con SA y sin SA.....	63
Figura 4.3. Coordenadas Geográficas (Latitud/Longitud).....	65
Figura 4.4. Coordenadas UTM.....	66
Secuencia Ruta Huayna – Cápac / Mall del Río.....	80

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Atributos agregados shapefiles: Ciudad de Cuenca, Ecuador.....	xix
Anexo 2. Asignación de Jerarquía de acuerdo al tipo de vía.....	xx
Anexo 3. Fórmulas: Hierarchy, FT y TF.....	xxi
Anexo 4. Segmentos del GPS.....	xxii

## RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla en el ámbito en los sistemas de información geográfica en lo correspondiente a la sistematización, generación, edición y gestión de cartografía digital de las Redes viales del Ecuador y de la ciudad de Cuenca, para su uso con equipos GPS (Global Positioning System).

Para la digitalización se han usado las cartas temáticas de las redes viales y la depuración se realiza mediante el software "ArcGis" y la extensión de ArcGis Network Analyst la cartografía ha sido volcada a los equipos GPS mediante el software MapSource y con ello se consigue el desarrollo de aplicaciones de rutas y localización de puntos de interés en dichos equipos.

## **ABSTRACT**

This project is developed in the field of Geographic Information Systems in the area of systematization, generation, edition and management of digital cartography in the Ecuadorian road network and the city of Cuenca for its use with GPS (Global Positioning System) equipment.

For the digitalization, thematic letters of the road network have been used and the depuration was done through the "ArcGis" extension Network Analyst. The cartography has been uploaded to the GPS equipment through the software MapSource which was also used to develop the route applications and localization of points of interest in the aforementioned equipment.

## INTRODUCCIÓN

Por medio del desarrollo de esta tesis se propone la sistematización, generación, edición y gestión de cartografía de las redes viales del Ecuador y de la ciudad de Cuenca con el fin de utilizar el software de ArcGis versión 9.2 y aplicarlo al uso de los GPS (Global Positioning System) en tiempo real.

La versión ArcGis 9.2 presenta nuevas herramientas para el análisis de rutas y direcciones que incluyen: restricciones viales, límites de velocidad y condiciones de tráfico por medio de la extensión Network Analyst y el manejo de bases de datos georeferenciados que pueden ser incluidas en servidores de mapas a través de las Geodatabases.

Con la edición, depuración y tratamiento de toda la cartografía de la red vial de Ecuador y de la ciudad de Cuenca se podrá contar con cartas temáticas del Ecuador con capas correspondientes a viabilidad, que pueden instalarse en los equipos GPS. El impacto del estudio de la red vial de nuestro país se evidenciará directamente en la aplicación de nuevos GPS.

El primer capítulo hace referencia a conceptos teóricos básicos de los Sistemas de Información Geográfica y Cartográfica, conceptos de ArcGis y sus herramientas que servirán para el análisis (captura, almacenamiento, transformación, análisis, gestión y edición) de la información; se hablara del análisis de redes manejado por el software Network Analyst de ArcGis, herramienta muy útil para el gestionamiento de redes viales.

Avanzando un poco más el segundo capítulo habla sobre la sistematización de la información, como se trabajo con los datos de la Ciudad de Cuenca y de las vías del Ecuador.

El tercer capítulo abarca la forma de trabajar con algunas herramientas Network Analyst necesarias para el trabajo directo de rutas, creación de

Geodatabase, Network Dataset, Feature Dataset, etc., necesarios para un mejor análisis de rutas, logrando así encontrar la mejor ruta entre dos puntos, el usuario podrá determinar la mejor ruta a través del análisis de tiempo o distancia.

Por último en el cuarto capítulo llegamos a conceptos teóricos y la manera de trabajar con los Sistemas de Posicionamiento Global "GPS", se trabajara con el GPS Garmin que incluye su propio Software MapSource para poder interactuar con los mapas. Se hará una descripción breve paso a paso de cómo trabajar con el software MapSource.

# **CAPÍTULO 1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y CARTOGRÁFICA Y ANÁLISIS DE REDES.**

## **INTRODUCCIÓN.**

El presente capítulo hace mención directa de conceptos teóricos básicos de los Sistemas de Información Geográfica y Cartográfica, ArcGis y sus componentes para la comprensión teórica y práctica del presente trabajo.

Se describe herramientas informáticas que permiten la captura, almacenamiento, transformación, análisis, gestión y edición de datos geográficos con el fin de obtener información territorial.

El usuario podrá manejar una herramienta geomática como es el ArcGIS lo que le dará una capacidad de análisis sobre los datos y/o información que estos manipulan.

El análisis de redes se maneja a través del software Network Analyst de ArcGIS, el usuario podrá aplicar herramientas de cartografía digital para la gestión de redes de viabilidad.

### **1.1. Sistemas de Información Geográfica y Cartográfica**

Los autores y los tratados del tema definen a los sistemas de información geográfica con las siglas inglesas GIS o SIG en español, definen a un SIG como:

“Un sistema geográfico porque permite la creación de mapas y el análisis espacial”. (Comas, David y Ruiz, Ernesto. Fundamentos de los sistemas de información geográfica. Barcelona: Editorial Ariel, 1993).

“Un sistema de información porque dirige en la gestión, procesa datos almacenados previamente y permite eficaces consultas espaciales repetitivas y estandarizadas que permiten añadir valor a la información gestionada”. (www.esri.com)

Un sistema informático con hardware y software especializados que tratan los datos obtenidos con bases de datos espaciales. Como se dijo anteriormente al ser un sistema informático con un completo sistema de software, hardware y procedimientos esta diseñado para la manipulación y representación de datos espacialmente referenciados, y así resolver problemas complejos de gestión y planificación; estos datos se los estructura en capas (Figura 1.1).



Figura 1.1. Información estructurada en capas (Tomado de <http://tav.ferr.es.htm>)

Este sistema permite al usuario la obtención, análisis, modelado de dichos datos para la localización de cada elemento en el espacio. GIS hoy en día tiene muchas aplicaciones en las diferentes ramas de estudio, en nuestro caso el SIG es usado para encontrar rutas de la ciudad de Cuenca y del Ecuador, representando la realidad con datos geográficos. (Ochoa A. Paúl. Tutorial ArcGis. Septiembre 2008).

### **1.1.1. Origen de Datos.**

Para la creación de datos utilizados en un SIG partimos de un mapa impreso o de información tomada del campo a ser estudiado, utilizando programas de Diseños Asistidos por Ordenador (puede ser CAD) con capacidad de geo referenciación arrancamos la digitalización para sacar los datos en mapas digitales.

### **1.1.2. Almacenamiento de los Datos.**

Un GIS nos permite guardar los datos en dos formas: Raster y Vectorial. Al manejar los datos en forma Raster es simple, podemos tener un buen almacenamiento de imágenes digitales. Si manejamos los datos en forma vectorial nos permite tener una buena definición si la escala es mayor, al mismo tiempo que utilizamos poca memoria para su almacenamiento ya que almacena y guarda solo los datos que fueron digitalizados.

#### **1.1.2.1. Raster.**

Dato Raster (Figura 1.2) es cualquier tipo de imagen digital, esta forma de representación divide el espacio en celdas donde cada celda representa un único valor almacenado, y este a su vez representa una parte de la realidad, mientras tengan un tamaño mayor la precisión de la representación del espacio geográfico será menor. Estos valores pueden ser discretos (uso del suelo), valores continuos (temperatura) o valores nulos (representa ausencia de valores). Estos datos pueden almacenarse en formatos distintos .TIFF, .JPEG, bases de datos, etc.

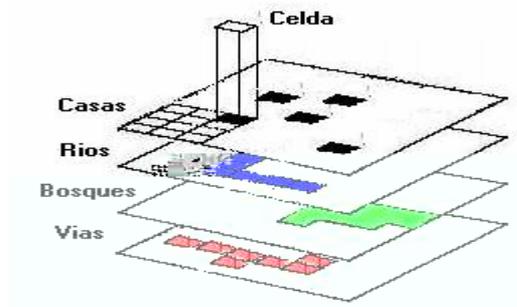


Figura 1.2. Representación Dato Raster (Tomado de <http://www.udistrital.edu.co>)

### 1.1.2.2. Vectorial.

Los datos vectoriales (Figura 1.3) nos permiten mantener, analizar y actualizar los datos con mayor facilidad en redes. El dato vectorial representa atributos en una fila en una base de datos, la información identifica elementos geográficos sobre el espacio con mayor precisión del mundo real utilizando las características geométricas de las figuras. ([http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST\\_Raster.htm](http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST_Raster.htm))

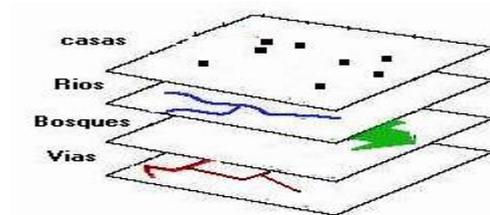


Figura 1.3. Representación Dato Vectorial (Tomado de <http://www.udistrital.edu.co>)

Existen varias formas para digitalizar la información: mapas impresos, fotografías aéreas, imágenes satelitales, GPS, etc., los mapas impresos en papel pueden ser escaneados para producir datos digitales, obviamente al permitirnos escanear se debe tomar en cuenta que debemos hacer una edición y revisión manual para que la calidad de la misma sea buena.

Con cada digitalización se obtiene datos vectoriales (traza de puntos, líneas o polígonos) se podrá hacer de forma manual o por medio de programas automatizados en caso de los GPS, con imágenes satelitales se podrá obtener datos raster.

### **1.1.3. Sistemas de coordenadas, proyección.**

Hoy en día gracias al avance tecnológico para la utilización de GIS; existen varios sistemas de coordenadas que sirven para dar una misma proyección a la información que se está digitalizando; tanto es así que existen coordenadas dependiendo del lugar (regiones) donde se encuentre ubicado el campo de estudio facilitando así la utilización del mismo podemos utilizar coordenadas (longitud, latitud, altitud) diferentes para cualquier punto.

### **1.1.4. Análisis Espacial mediante GIS**

Al hacer un análisis espacial mediante GIS hablamos de una gran variedad de formas para hacerlo dependiendo de las necesidades y soluciones que el usuario quiera tener; podemos hacer un análisis con modelos de redes, topológicos, cartografía automatizada, superposición de mapas por no ser objeto de estudio de esta tesis hablaremos solo de estos tres análisis a groso modo.

- ◆ **Modelo de Redes.** Este análisis se utiliza mejor para calcular rutas que sean óptimas para la planificación; en nuestro caso específico es utilizado para crear rutas óptimas de un punto a otro por las calles de la ciudad de Cuenca (Figura 1.4) y las vías del Ecuador (Figura 1.5).



Figura 1.4. Ruta ciudad de Cuenca (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

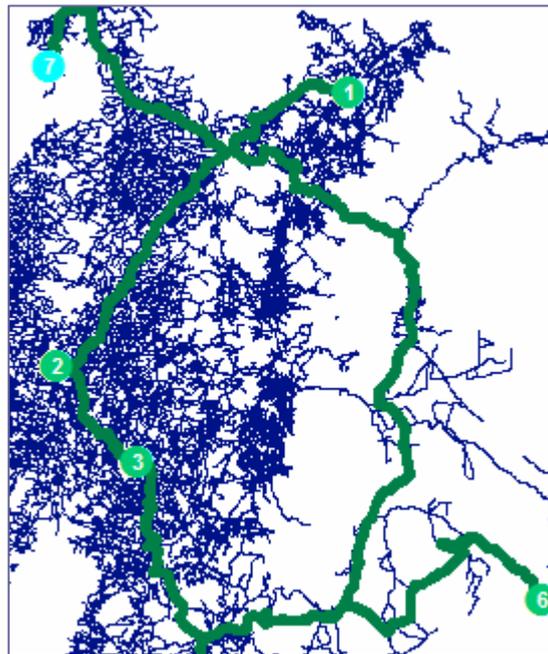


Figura 1.5. Ruta Vías Ecuador (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

- ◆ **Modelo Topológico.** Este análisis se utiliza mejor para manejar proximidades en el mapa y relaciones espaciales de los elementos geográficos (topologías de red/punto/línea/arco); por ejemplo manejar con mayor detalle los predios de las ciudades.

- ◆ **Modelo Superposición de Mapas.** Dependiendo de que datos se este manejando con la superposición de mapas podemos crear nuevos datos vectoriales en el caso de que estemos manejando estos datos que dará como resultado la intersección de las capas el lugar donde ambas se superponen si su simetría es igual, si su simetría no es igual tendremos las zonas de las capas igual que la anterior con la diferencia que no se obtendrá la zona de intersección.

#### 1.1.5. Software GIS

Al hablar de software GIS, hoy en día en el mercado se puede encontrar varias aplicaciones para manejar información geográfica y manejo de GIS por empresas comerciales ampliamente conocidas en nuestro mercado: ESRI, MapInfo, Autodesk, etc., ESRI es la mas conocida en nuestro medio, si queremos información geográfica código y mapas en la red gratuitos (Google Earth) es una gran alternativa, al existir empresas como estas todas las personas interesadas en conocer o manejar este tipo de herramientas tienen acceso fácil y rápido.

#### 1.2. Aplicación ArcGIS

Es un sistema de información geográfica (SIG) integrado (Figura 1.6) que consiste en tres partes claves: El software de ArcGIS Desktop es un conjunto integrado de aplicaciones SIG avanzadas. El ArcSDE™ Gateway es una interfaz para administrar la geodatabase (forma corta para base de datos geográfica) en un sistema de administración de bases de datos (DBMS). El software ArcIMS es un SIG orientado al Internet para distribuir datos y servicios.

ARCGIS proporciona un marco para implementar GIS/SIG para un usuario individual o para muchos usuarios. Repetitivas y estandarizadas que permiten añadir valor a la información gestionada; y es un sistema informático con hardware y software especializados que tratan los datos obtenidos (bases de datos espaciales). (Environmental System Research Institute. What is ArcGis 9.2? Redlands, California: [s.n], 2006)



Figura 1.6. Sistema ArcGIS (Tomado del libro What is ArcGIS?, ESRI, 2001,1)

Se le conoce como ARCGIS al conjunto de diferente software, productos aplicados en los Sistemas de Información Geográfica, ARCGIS es un nombre genérico comercializado y distribuido por ESRI, aplicaciones muy didácticas y fáciles de manejar en la captura, edición, análisis, diseño, tratamiento, publicación e impresión de información geográfica.

**ArcGIS Desktop.** Esta herramienta es la más utilizada en la actualidad, ya que posee muchas herramientas que nos ayudan al manejo de información cartográfica, contiene un conjunto de aplicaciones integradas:

- *ArcMap* (Figura 1.7) permite trabajar con mapas y sus atributos, tareas completas como edición, visualización, análisis, búsquedas, gráficos, etc.,

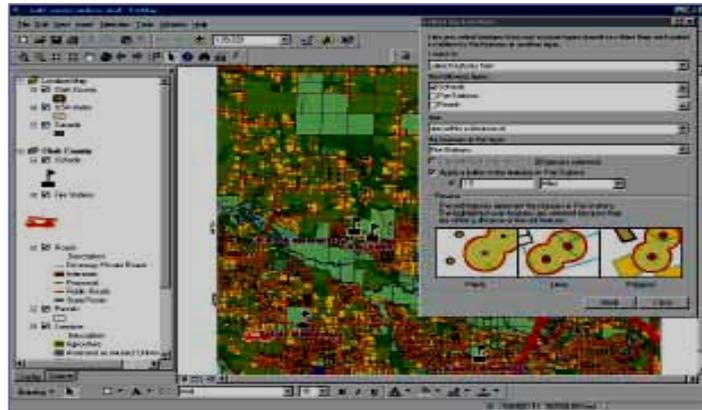


Figura 1.7. Herramienta ArcMap (Tomado del libro What is ArcGIS?, ESRI, 2001,1)

- ArcCatalog (Figura 1.8) esta herramienta permite gestionar y organizar la información SIG, sus herramientas de administración, gestión de meta datos, etc., hace que se gestione y organice muy bien la información SIG.

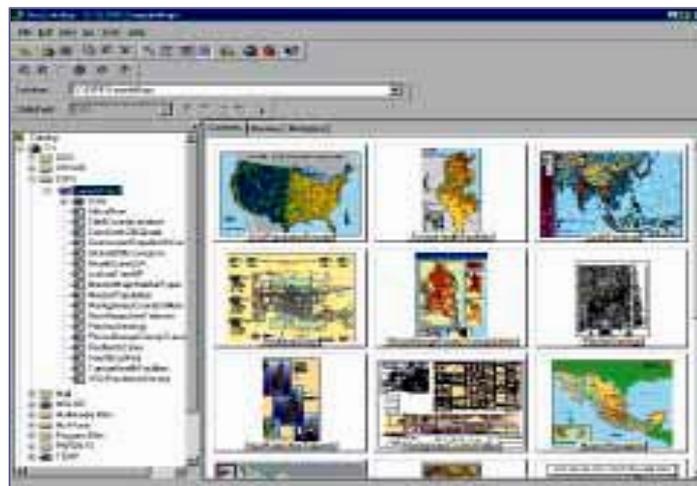


Figura 1.8. Herramienta ArcCatalog (Tomado del libro What is ArcGIS?, ESRI, 2001,1)

- *ArcToolbox* (Figura 1.9) gestión, formatos, proyecciones, análisis, etc., utilizadas para el geoprocésamiento

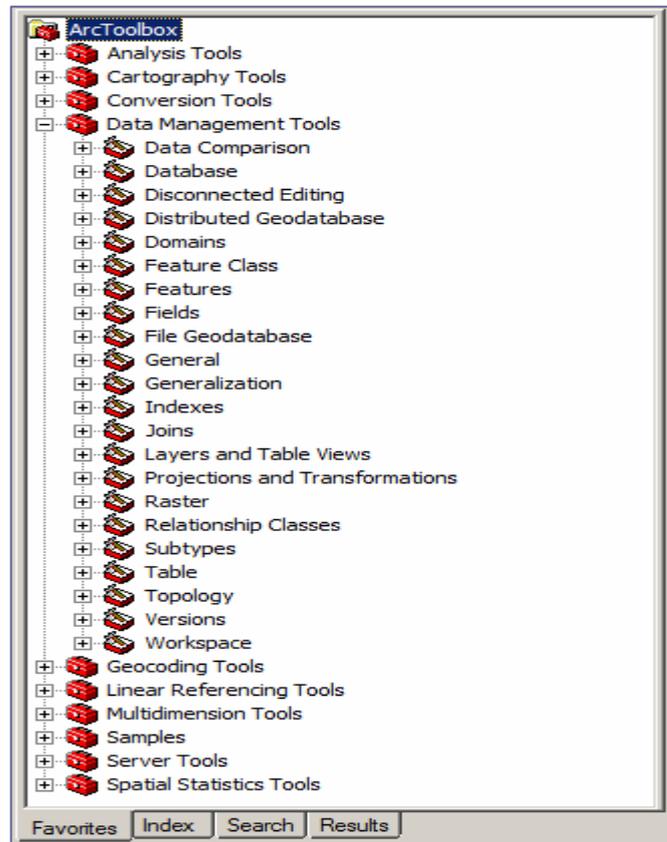


Figura 1.9. Herramienta ArcToolbox (Tomado del libro What is ArcGIS?, ESRI, 2001,1)

Además de poseer diversas licencias que varían de acuerdo a las necesidades y costos que el usuario este dispuesto a pagar entre ellas tenemos: ArcEditor, ArcView y ArcInfo (Figura 1.10).

- *ArcView* provee herramientas completas de mapeo y análisis al igual que herramientas simples de edición y de geoprocésamiento.
- *ArcEditor* contiene la funcionalidad total de *ArcView* y además capacidades de edición avanzadas para coberturas y geodatabases.

- *ArcInfo* extiende la funcionalidad de *ArcView* y *ArcEditor* para incluir geoprocesamiento avanzado.

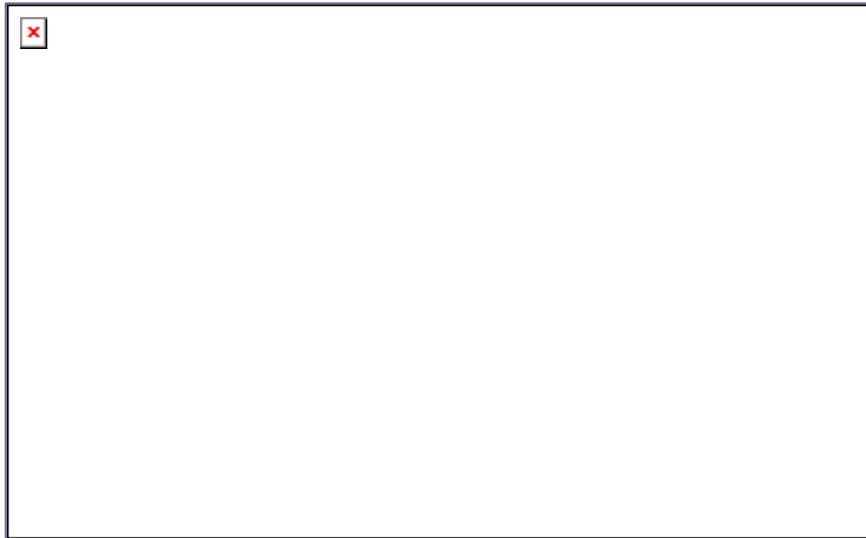


Figura 1.10. ArcGIS Desktop en sus tres opciones (Tomado del libro *What is ArcGIS?*, ESRI, 2001,1)

**ArcGIS Engine.** Esta herramienta igual que la otra mencionada anteriormente permite trabajar con una aplicación completa con funcionalidad GIS avanzada (edición, análisis, diseño, etc.,) o simplemente trabajar desde una nueva herramienta de visualización de cartografía con otras aplicaciones.

ArcGIS es escalable lo que hace que este software sea muy completo amigable y fácil de usar por usuarios principiantes o expertos en el tema de información SIG, a esto se le suma el hecho de que varias extensiones se puedan combinar para el manejo del mismo: Network Analyst, 3D Analyst, Spatial Analyst, Geostatistical las mas conocidas en el mercado.

- *Network Analyst.* Utilizado para el análisis espacial de rutas, manejando redes geográficas.

- *3D Analyst*. Su función se basa en analizar y visualizar superficies tipo 3D es decir de una manera tridimensional, haciendo que se aprecie de una forma muy real el campo de estudio.
  
- *Spatial Analyst*. Maneja archivos Raster permitiéndonos hacer un análisis y modelación de los mismos de una manera exhaustiva.
  
- *Geostatistical Analyst*. Maneja información base de puntos georeferenciados para obtener superficies continuas.

### 1.3. Network Analyst

Network Analyst es una extensión del software ArcGis, que permite el análisis de rutas. Al permitir esta extensión manejar un análisis de redes se debe tener claro el tipo de redes que pueden ser manejados y utilizados, redes geométricas y redes de transporte cada una de estas redes identifican funciones específicas para problemas específicos, así en el caso de las redes geométricas se puede encontrar y establecer un punto determinado de un servicio o de un bien, o al revés identificar y determinar puntos aislados de una red, etc.

En las redes de transporte podemos determinar una ruta específica de traslado de gas, medicamentos, alimentos, etc., en una determinada área en este caso si así lo deseamos podemos encontrar la ruta mas cercana para este problema, la idea fundamental es el manejar rutas entre dos puntos específicos y referenciados. (Environmental System Research Institute. What is ArcGis 9.2? Redlands, California: [s.n], 2006)

Network Analyst es una extensión que proporciona el análisis espacial de rutas para poder modelar las condiciones de la red de una manera

dinámica, esta extensión permite a los usuarios que resuelvan una variedad de problemas intrínsecos en las redes geográficas, tales como la integración o producción de datos a partir del manejo de las redes. (Barrientos Martínez Miguel Ángel, 2007)

### 1.3.1. Tipos de Redes.

ARCGIS tiene dos elementos que deben ser claramente diferenciados y entendidos para el manejo de redes: Junctions su nombre en español Nodos, y Edges con su traducción Ejes, componentes que especifican entidades reales.

- *Redes Geométricas.* Son redes que definen exactamente la información topológica (por ejemplo redes de gas, agua, etc..) almacenando esta información en la Geodatabase porque define las condiciones de circulación, coincidencia y conectividad topológica, la información manejada en esta red es la representación de un flujo al interior de relaciones. Establecer la dirección del flujo para la distribución de un bien o un servicio, identificar secciones aisladas de una red. (Barrientos Martínez Miguel Ángel, 2007)
- *Redes de Transporte.* Son redes que definen exactamente la información de rutas entre dos puntos específicos (por ejemplo la ruta mas corta entre la calle Lamar y Juan Montalvo, etc..) características propias del transporte de una área determinada, esta información se puede manejar dentro de un shapefile, o una geodatabase, la información manejada dentro de esta red es la representación de un flujo totalmente libre al interior de la red, pudiendo surgir variables independientes dentro de la misma red, es decir si entre el

aeropuerto y el parque central, existen semáforos, o están las calles obstaculizadas obviamente estas variables afectaran a la ruta. (Barrientos Martínez Miguel Ángel, 2007)

### **1.3.2. Variables al interior de una red.**

Las variables directas que normalizan la ruta al interior de la red son: la distancia y el tiempo; la distancia toma en cuenta parámetros factibles para el desplazamiento en una red vial esto se logra al tener información de los ejes viales midiendo la distancia entre el punto de origen y el punto de destino, escogiendo la opción de menor distancia real tomando en cuenta la infraestructura topográfica del campo de estudio.

Por su parte la variable del tiempo es el que mejor mide la ruta tomando en cuenta atributos propios del entorno como por ejemplo paradas de vehículos, congestión vehicular, obstáculos, señales de tránsito, sentidos de calles, semáforos, etc., esto nos permite recorrer una ruta óptima al interior de la red, esta ruta tendrá un mayor o un menor tiempo de recorrido dependiendo de los factores antes indicados. (Zeiler, Michael. Modeling Our World: The ESRI to Geodatabase Design, ESRI 1999)

### **1.4. Send Map**

El software Send Map es una versión libre para subir mapas al GPS, lo cual lo hace de una manera menos gráfica que el MapSource es un programa creado por el fabricante de GPS Garmin, que nos va a permitir mandar de forma gráfica mapas vectoriales de la Pc al receptor GPS. MapSource permite crear puntos de interés "POI", puntos de referencia, pistas, y las rutas al GPS, waypoint, rutas, tracks.

## 1.5. Map Source

El software MapSource es un programa creado por el fabricante de GPS Garmin, que nos va a permitir mandar de forma gráfica mapas vectoriales de la Pc al receptor GPS. MapSource permite crear puntos de interés "POI", puntos de referencia, pistas, y las rutas al GPS, waypoint, rutas, tracks. (Garmin Corporation. [www.garmin.com](http://www.garmin.com), 2008)

## CONCLUSIONES

Haciendo una retrospectiva de toda la información recolectada en este capítulo podemos decir que la versión ArcGis 9.2 incluye extensiones que permiten realizar tareas orientadas al manejo de Geodatabases y al manejo de rutas y señalización que no son compatibles con la versión 8.3.

Por otro lado el manejar herramientas de Network Analyst facilita el análisis de rutas, cualquier usuario que aprenda a manejar esta herramienta podrá trabajar sin ningún problema en la edición y depuración de la información para el análisis de redes.

Se puede concluir que el software creado por ESRI (ArcGIS y sus extensiones ArcMAP, ArcCatalog, ArcToolBox, etc.), es de gran ayuda al usuario ya que le permite la creación de nuevos mapas mediante el análisis geográfico, permite visualizar asociaciones en la información geográfica a diferentes escalas.

Hoy en día es uno de los software con más éxito ya que permite entender con mucha facilidad las relaciones existentes en la información espacial geográfica, permitiendo al usuario que los resultados a determinado problema sea expuesto de una manera muy clara y precisa a través de mapas, tablas, etc.

Al término de este capítulo el lector de este documento estará en capacidad de entender y visualizar todas las ideas y los procesos que se irán desarrollando a lo largo de este documento.

El software MapSource es utilizado por los GPS Garmin, es una marca registrada por esta empresa, la cual permite trabajar e interactuar con los mapas, algunos mapas vienen bloqueados siendo necesarios comprarlos, pero es muy interesante ya que permite hacer tracks, rutas, etc.

## CAPÍTULO 2. SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

### INTRODUCCIÓN.

Luego de exponer y entender algunos conceptos teóricos básicos necesarios, toca sistematizar la información aquí se muestra como se trabaja con los datos de la ciudad de Cuenca y de las vías del Ecuador paso a paso; el uso de las herramientas de ARCGIS y la extensión Network Analyst detallando en forma clara y concisa como trabajar con estas herramientas, editando y depurando la cartografía de la ciudad de Cuenca y del Ecuador para el análisis de rutas.

#### 2.1. Datos de Entrada, Ciudad de Cuenca.

El shapefile entregado con las calles de la Ciudad de Cuenca es Vías3.shp con el siguiente Sistema de Coordenadas. (Figura 2.1)

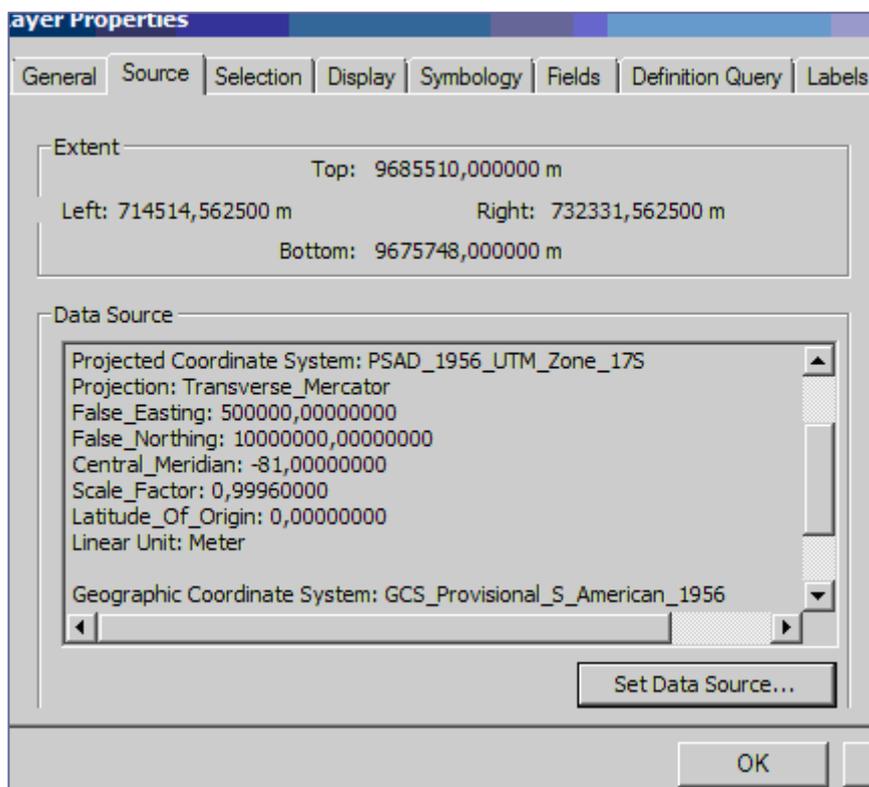


Figura 2.1. Sistemas de Coordenadas originales vías3.shp  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Atributos del shapefile. La tabla de atributos (Figura 2.2) original tiene los siguientes campos: *TIPO\_NOM\_A* (llenado parcialmente); *ONEWAY* (ningún dato de entrada); *TIPO* (llenado algunos campos).

VIAS2 ID	PARROQUIA	TIPO NOM A	LONGITUD	ONEWAY	TIPO
4114	MACHANGARA	SIN NOMBRE	40,93		
5140	MACHANGARA	SIN NOMBRE	131,38		
4776	MACHANGARA	PANAMERICANA NORTE	366,35		AV.
4115	MACHANGARA	SIN NOMBRE	65,68		
3559	HERMANO MIGUEL	SIN NOMBRE	130,13		
3834	HERMANO MIGUEL	SIN NOMBRE	170,02		
1229	HERMANO MIGUEL	SIN NOMBRE	79,89		
3560	HERMANO MIGUEL	SIN NOMBRE	45,55		
3561	HERMANO MIGUEL	SIN NOMBRE	18,47		
2746	HERMANO MIGUEL	SIN NOMBRE	136,24		
3834	HERMANO MIGUEL	SIN NOMBRE	170,02		

Figura 2.2. Tabla de Atributos originales vías3.shp

(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Estado de la información. Las calles de la ciudad de Cuenca no están totalmente empalmadas (Figura 2.3), requisito necesario para el análisis de rutas.

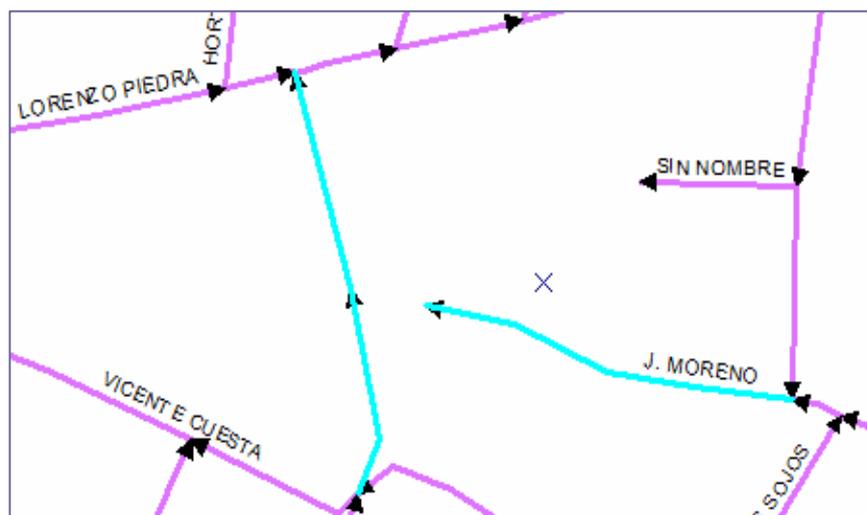


Figura 2.3. Vista de algunas calles no empalmadas "líneas celestes" (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

## 2.2. Datos Entrada, Vías de Ecuador.

El shapefile entregado con las vías del Ecuador es *siam\_via00.shp*, el shapefile no tiene sistemas de coordenadas (Figura 2.4)

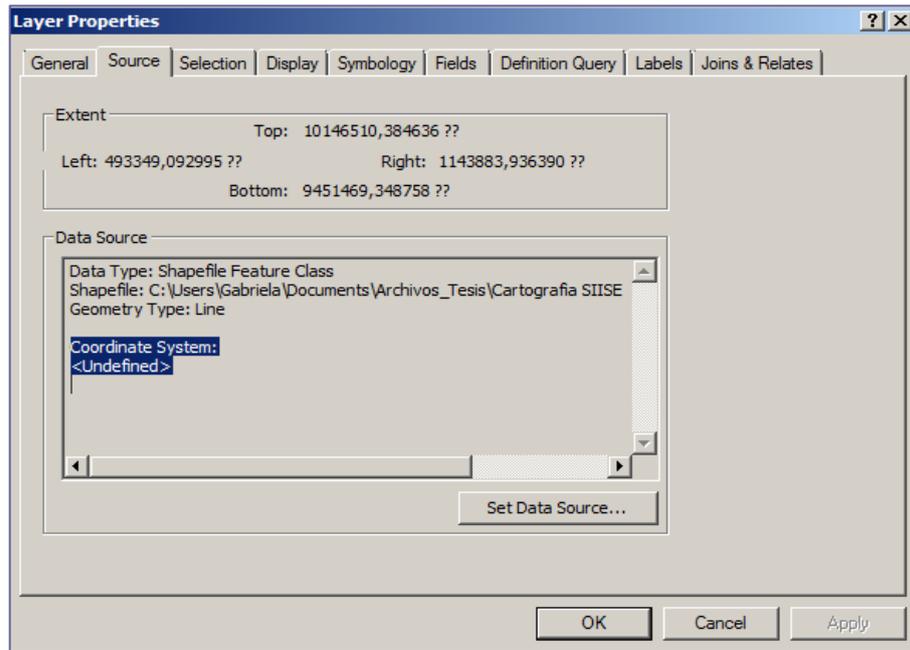


Figura 2.4. Sistemas de Coordenadas originales siam\_vías00.shp  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Atributos del shapefile. La tabla de atributos (Figura 2.5) original no tiene el campo: ORDEN.

FID	Shape *	ORDEN
0	Polyline	Vias de primer orden
1	Polyline	Vias de primer orden
2	Polyline	Vias de primer orden
3	Polyline	Vias de primer orden
4	Polyline	Vias de primer orden
5	Polyline	Vias de primer orden
6	Polyline	Vias de primer orden
7	Polyline	Vias de primer orden
8	Polyline	Vias de primer orden
9	Polyline	Vias de primer orden
10	Polyline	Vias de primer orden
11	Polyline	Vias de primer orden
12	Polyline	Vias de primer orden
13	Polyline	Vias de primer orden
14	Polyline	Vias de primer orden
15	Polyline	Vias de primer orden

Figura 2.5. Tabla de Atributos originales siam\_vías00.shp  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Estado de la información. Las vías del Ecuador no están empalmadas en su totalidad y tiene supuestas vías (Figura 2.6), requisito necesario para el análisis de rutas.

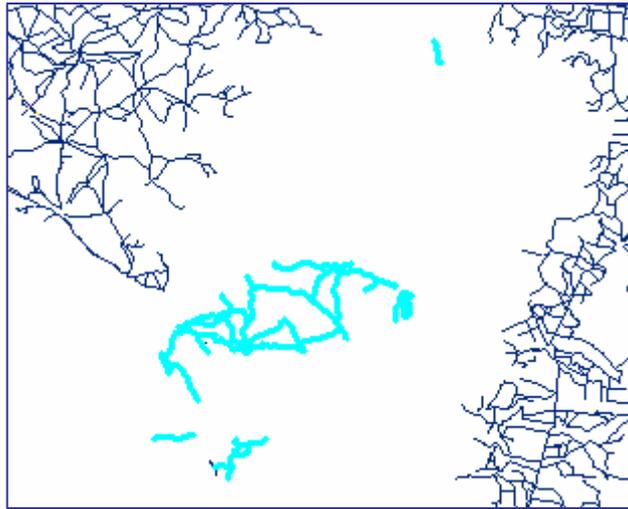


Figura 2.6. Vista de algunas supuestas vías "líneas celestes"  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

### 2.3. Procedimiento: análisis, edición y depuración de la información.

#### 2.3.1. Ciudad de Cuenca

1. Abrir ArcMap, seleccionar la primera opción de "A new empty Map" y aceptar, clic en *OK*.
2. Del menú de herramientas, seleccionar *Add Data*, (Figura 2.7).

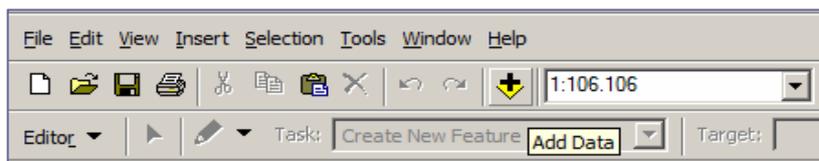


Figura 2.7. Barra de herramientas,  Add Data

3. Navegue hasta la carpeta C: \Desarrollo\_Tesis. Seleccione las capas vías3 y de manzanas y la agregamos al layer.
4. Una vez agregado vías3 y manzanas, quedará el layer de la siguiente forma (Figura 2.8)

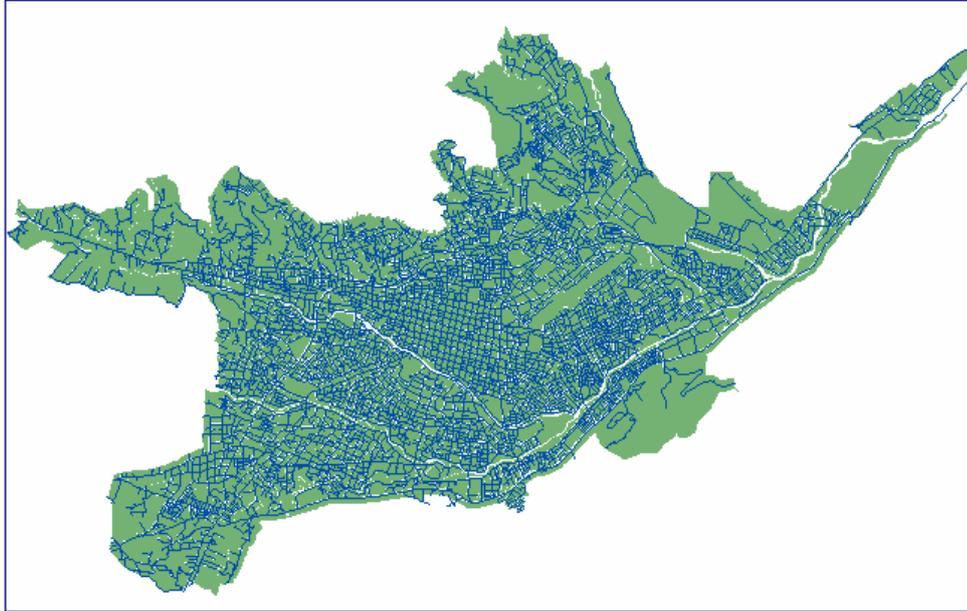


Figura 2.8. Archivos agregados al layer (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

5. Guardar el proyecto en la carpeta C:\ Desarrollo\_Tesis. Para esto utilice *Save As*, asigne un nombre al proyecto "*Desarrollo\_vias\_tesis*".

6. Proceda a editar la capa *vias3*, en la barra de "Editor Toolbar", clic en la opción *Start Editing*. En la barra de edición en la opción de Target: debe estar *vias3*. (Figura 2.9)

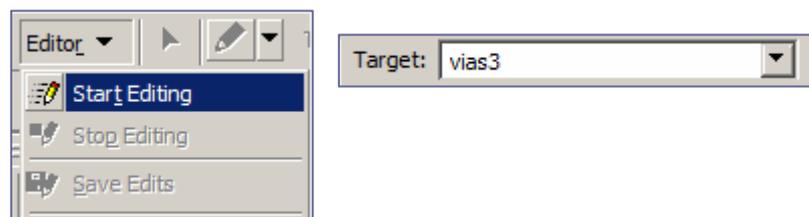


Figura 2.9. Barra Herramientas Editor Toolbar "Start Editing"  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

7. Active la opción de Snapping (Figura 2.10), esto lo logra en la misma barra de "Editor Toolbar", clic en la opción *Snapping*

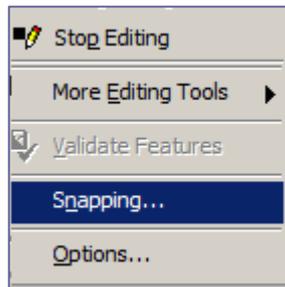


Figura 2.10. Barra Herramientas Editor Toolbar.

Snapping. (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Al dar clic en Snapping le aparecerá la siguiente pantalla donde tendrá que activar las opciones que se muestra en la (Figura 2.11)

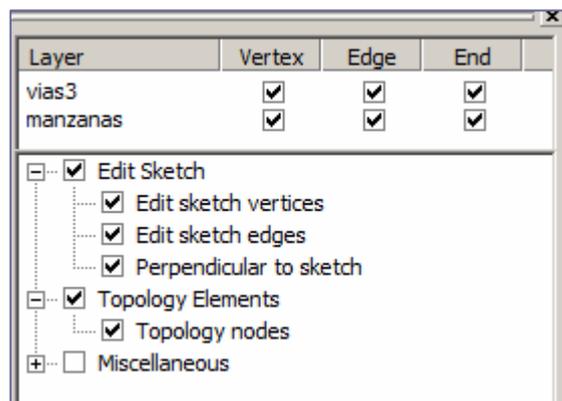


Figura 2.11. Opciones Snapping (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

8. Para llenar la tabla de atributos se tomo en cuenta los mapas en papel facilitados por la Unidad Municipal de Transito (UMT) de la ciudad de Cuenca, estos mapas contienen el nombre de las calles, el sentido de las calles identificado con flechas, se detalla el procedimiento utilizado:

- Con la herramienta *Edit Tool* (Figura 2.12), ubicarse sobre la calle (Figura 2.13), ubicar la opción Attributes (Figura 2.14) de la barra de edición; de un clic y aparecerá los atributos de esa calle (Figura 2.15).

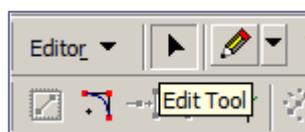


Figura 2.12. Herramienta Edit Tool



Figura 2.13. Calle seleccionada "línea celeste"  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

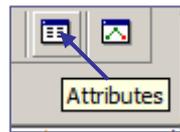


Figura 2.14. Opción Attributes

Attributes		
	Property	Value
[-] vias3		
[+] EL BATAN	FID	6152
	FNODE_	5038
	TNODE_	4855
	LPOLY_	0
	RPOLY_	0
	LENGTH	109,843
	VIAS2_	6201
	VIAS2_ID	6283
	PARROQUIA	EL BATAN
	TIPO_NOM_A	SIN NOMBRE
	LONGITUD	109,62
	ONEWAY	DV
	TIPO	RETORNO

Figura 2.15. Atributos objeto seleccionado  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

- Una vez abierto la tabla de atributos proceda a llenar los campos correspondientes con la información obtenida de los mapas en papel (Figura 2.16), se llena los campos: *TIPO\_NOM\_A* aquí va el nombre de la calle, los que no tienen nombre va SIN NOMBRE, *ONEWAY* llenado con el sentido de las vías FT, TF o DV en caso de ser doble vía y *TIPO* aquí va AVENIDA, CALLE, ó RETORNO.

Atributos	
Property	Value
FID	6166
FNODE_	5051
TNODE_	4883
LPOLY_	0
RPOLY_	0
LENGTH	98,001
VIAS2_	6215
VIAS2_ID	8294
PARROQUIA	EL BATAN
TIPO_NOM_A	SIN NOMBRE
LONGITUD	98,49
ONEWAY	DV
TIPO	RETORNO

Figura 2.16. Llenar datos en la tabla de atributos  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Este procedimiento se lo realizo con toda la cartografía de las calles de la Ciudad de Cuenca. Logrando obtener la siguiente tabla de atributos (Figura 2.17), en el campo TIPO los que no están especificados como AVENIDA, CALLE o RETORNO, es debido a que en los mapas que tomamos como base no lo especifica.

TIPO NOM A	LONGITUD	ONEWAY	TIPO
DIEGO GONZALO DEL BA	347,79	DV	CALLE
DIEGO GONZALO DEL BA	347,79	DV	CALLE
DIEGO VELASQUEZ	175,08	TF	CALLE
DIEGO VELASQUEZ	175,08	TF	CALLE
DIOGENES PAREDES	75,3	TF	CALLE
DOLORES J. TORRES	46,48	DV	CALLE
DOLORES J. TORRES	67,89	DV	CALLE
DOLORES J. TORRES	79,72	DV	CALLE
DOLORES J. TORRES	16,28	DV	CALLE
DOLORES J. TORRES	46,64	DV	CALLE
DOLORES VEINTIMILLA DE	34,21	DV	
DOLORES VEINTIMILLA DE	185,65	DV	
DOMINGO ASTUDILLO	62,51	DV	
DOMINGO ASTUDILLO	74,35	DV	
DOMINGO SARMIENTO	47,84	TF	CALLE
DOMINGO SARMIENTO	51,62	TF	CALLE
DOMINGO SAVIO	61,19	FT	CALLE

Figura 2.17. Tabla de atributos final (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Guarde la edición para esto de un clic en la barra de herramientas de Editor y un clic en Save Edits (Figura 2.18)



Figura 2.18. Opción Save Edits

9. Empalmar las calles. Para empalmar las calles con el objeto de que la ruta salga perfecta se describe el procedimiento: hacer un acercamiento del mapa para observar con mas claridad las calles a empalmar (Figura 2.19). Con la herramienta Edit Tool seleccione la primera calle.

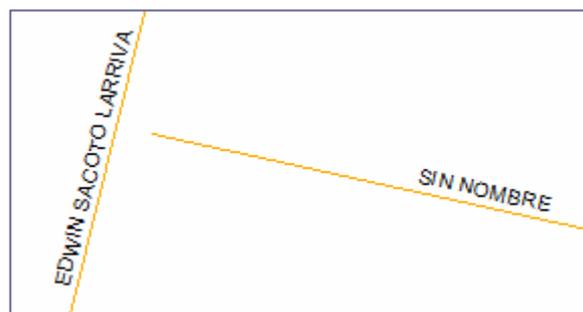


Figura 2.19. Acercamiento del mapa  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Clic en la herramienta Extent Tool (Figura 2.20), ubíquese en la otra calle a empalmar y un clic sobre la misma (Figura 2.21). Al hacer clic en esta calle se extenderá hasta empalmarse completamente con la otra calle (Figura 2.22)

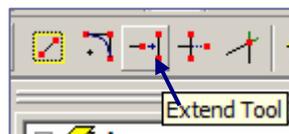


Figura 2.20. Opción Extend Tool

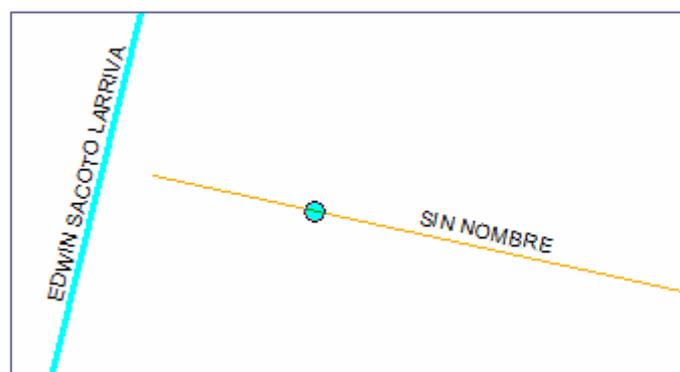


Figura 2.21. Calle a Empalmar (Espinoza M.  
Andrea, Espinoza M. Gabriela)



Figura 2.22. Calle empalmada (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Con la opción Edit Tool de un doble clic sobre la calle con esto logrará que se visualicen los puntos que representan los vértices que tiene la calle. (Figura 2.23)



Figura 2.23. Visualización vértices (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Sobre el último vértice que esta cerca de la calle que esta empalmando de un clic derecho y le aparecerá varias opciones (Figura 2.24), presione un clic en la opción Finish Sketch (Figura 2.25) o simplemente una vez seleccionado el vértice ponga F2, el mismo paso lo hace con la otra calle seleccionada (primera calle seleccionada).

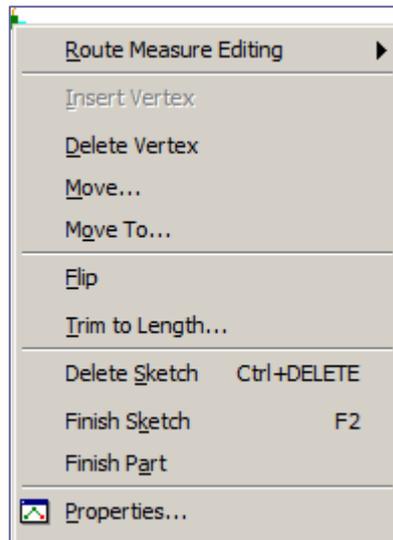


Figura 2.24. Opciones vértices (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

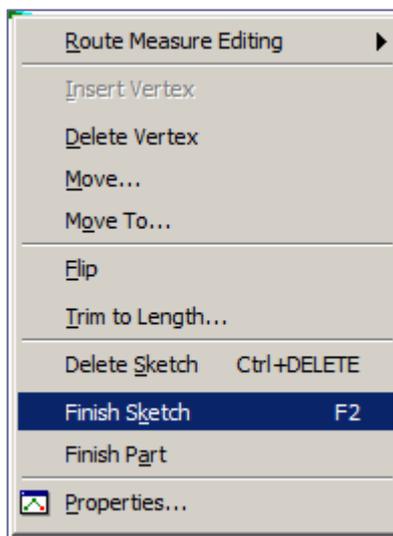


Figura 2.25. Opción Finish Sketch (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Una vez empalmadas las calles, guarde la edición con *Save Edits*. Con la herramienta *Stop Editing*, parará dicha edición (Figura 2.26). Por último guarde el proyecto “Desarrollo\_vias\_tesis” con *Save* en la barra de herramientas principal.



Figura 2.26. Stop Editing

### 2.3.2. Vías del Ecuador

1. Abrir ArcMap, seleccione la primera opción de "A new empty map" y aceptar, clic en *OK*.
2. Del menú de herramientas, seleccione *Add Data*.
3. Navegue hasta la carpeta C: \Desarrollo\_Tesis\_Ecuador, seleccione la capa *siam\_via00.shp* y agregue al layer.
4. Una vez agregado *siam\_via00*, quedará el layer de la siguiente forma (Figura 2.27)

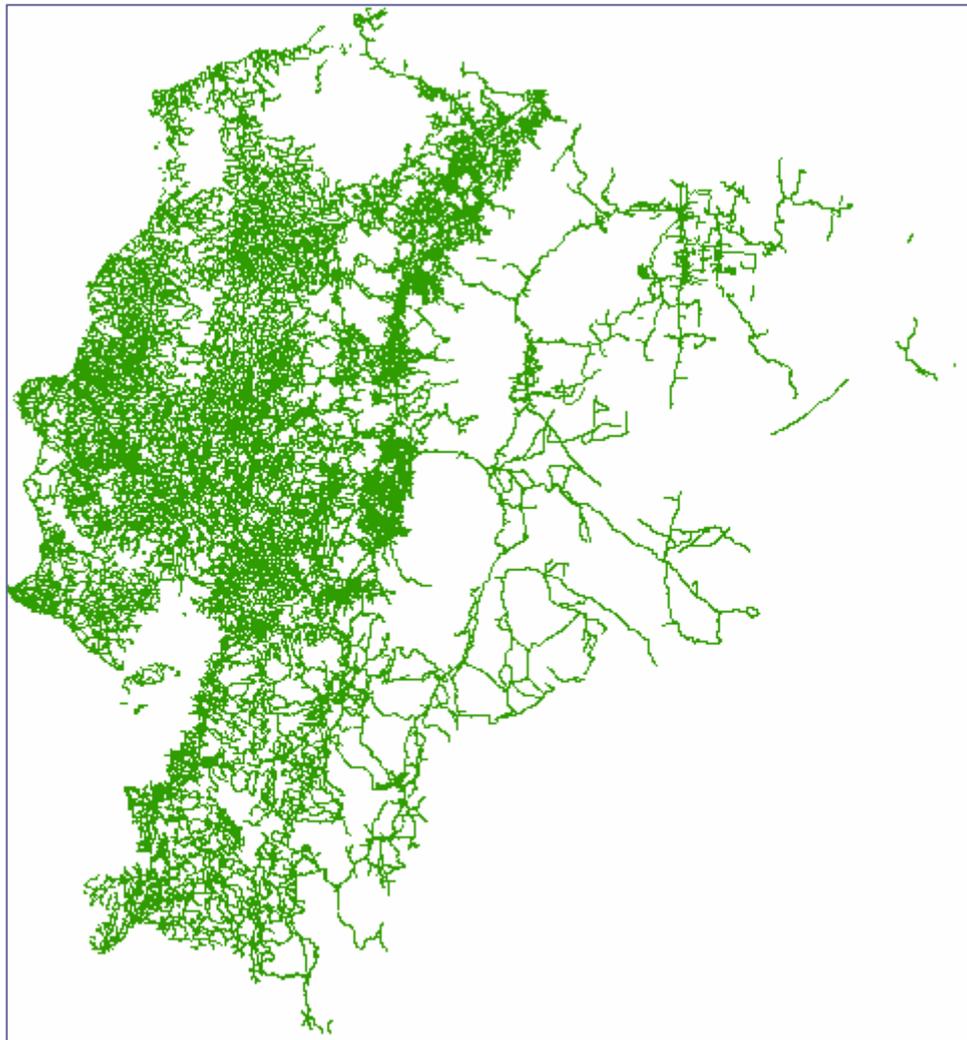


Figura 2.27. Archivos agregados al layer (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

5. Guarde el proyecto en la carpeta C:\Desarrollo\_Tesis\_Ecuador\Red\_Vial\_Ecuador. Para esto utilice *Save As* y asigne un nombre al proyecto.

6. Antes de proceder a editar el mapa, tiene que darle un sistema de coordenadas; para esto:

- Con las herramientas de ArcToolbox ubicar la opción *Data Management Tools/Projections and Transformations/Feature/ Project* (Figura 2.28).

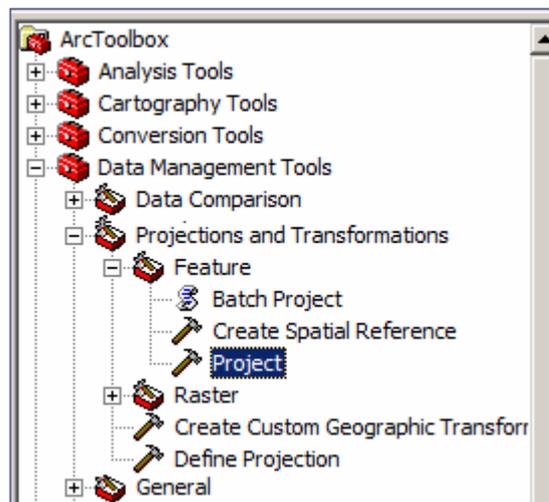


Figura 2.28. Herramienta ArcToolbox/ Project (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

- En la siguiente pantalla llene los siguientes campos en Input Dataset or Feature Class: navegue hasta la carpeta donde contiene el shape *siam\_vias00* y lo añada. Automáticamente le mostrará en la misma pantalla que este shape no tiene coordenadas como se indico anteriormente.
- Posesiónese en la opción de Output Coordinate System, clic sobre la mano que esta al lado izquierdo (Figura 2.29).



Figura 2.29. Ingreso Sistema de Coordenadas (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

- Aparecerá la pantalla donde tiene la opción para seleccionar, importar o crear un sistema de coordenadas, en este caso utilice la opción Import; donde al dar clic sobre esto aparece una pantalla para navegar hacia el shape que ya tiene dado un sistema de coordenadas, puede utilizar vias3 el shape de las vías de Cuenca, de clic en *Add*.
- Aparecerá la pantalla con el sistema de coordenadas seleccionado, de clic en *OK*; la pantalla quedara de la siguiente forma (Figura 2.30).

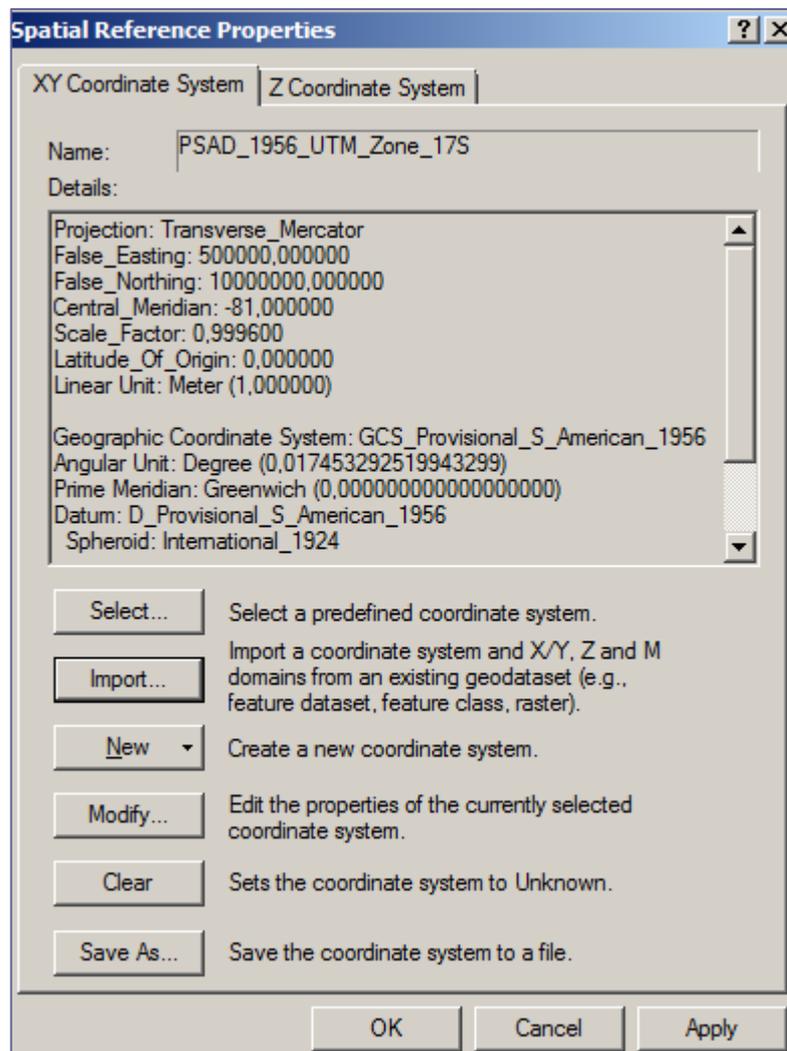


Figura 2.30. Información Sistemas de Coordenadas Seleccionado (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

- Finalmente de un clic en *OK* aparecerá una última pantalla que le dirá que el proceso fue realizado con éxito (Figura 2.31).

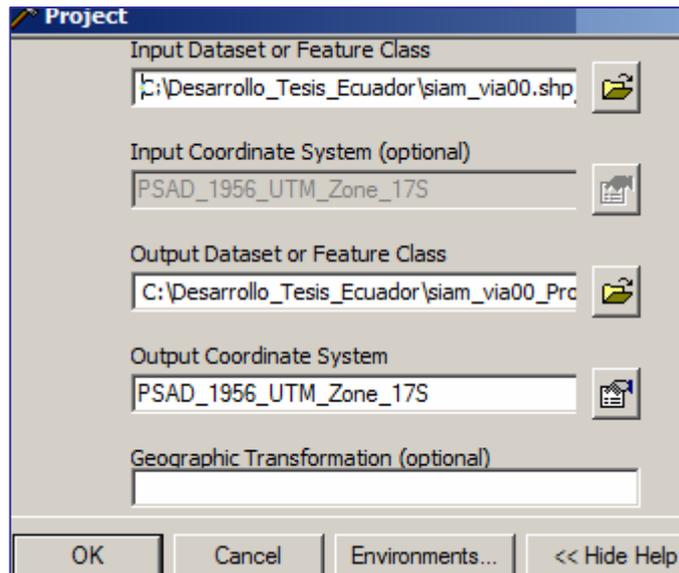


Figura 2.31. Proceso Final Project (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Puede verificar si el shape ya esta con coordenadas de la siguiente manera: de doble clic en el shape, le abrirá la tabla de propiedades del shape escoja la pestaña Source y le mostrara la siguiente información (Figura 2.32), cierre la pantalla y guarde los cambios.

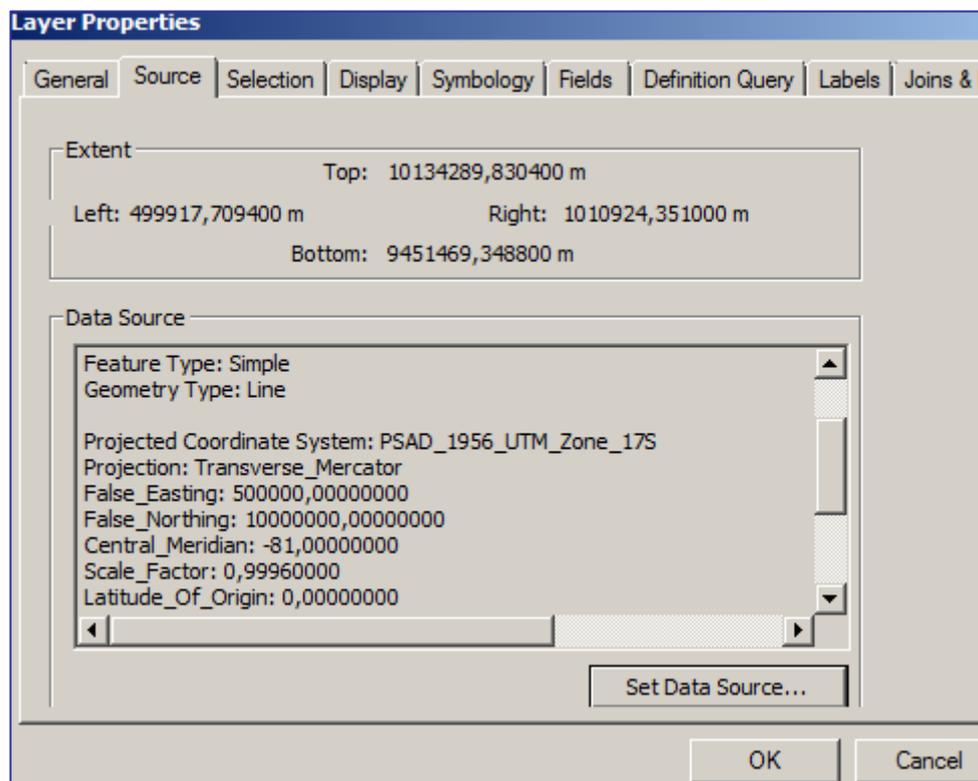


Figura 2.32. Propiedades del Shape (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

7. Añadir otra columna para el sentido de las vías, para esto repita el siguiente procedimiento:

- Abra los atributos del shape clic sobre el shape y escoja la opción *Open Attribute Table*. Clic en Options y escoja la opción Add Field.
- En la pantalla (Figura 2.33) llene los campos Name: *ONEWAY*, Type: *String*, Length: *2*, clic en *OK*, y el nuevo campo esta ya agregado a los atributos del shape.

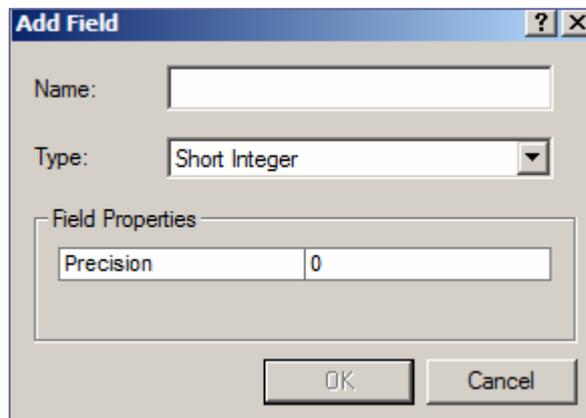


Figura 2.33. Añadir columna (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Puede verificar la información de los atributos del shape dando clic en el shape y escoja la opción *Open Attribute Table*, le mostrará la siguiente información (Figura 2.34), cierre la pantalla y guarde los cambios.

FID	Shape	ORDEN	ONEWAY
0	Polyline	Vias de primer orden	
1	Polyline	Vias de primer orden	
2	Polyline	Vias de primer orden	
3	Polyline	Vias de primer orden	
4	Polyline	Vias de primer orden	
5	Polyline	Vias de primer orden	
6	Polyline	Vias de primer orden	
7	Polyline	Vias de primer orden	
8	Polyline	Vias de primer orden	
9	Polyline	Vias de primer orden	
10	Polyline	Vias de primer orden	

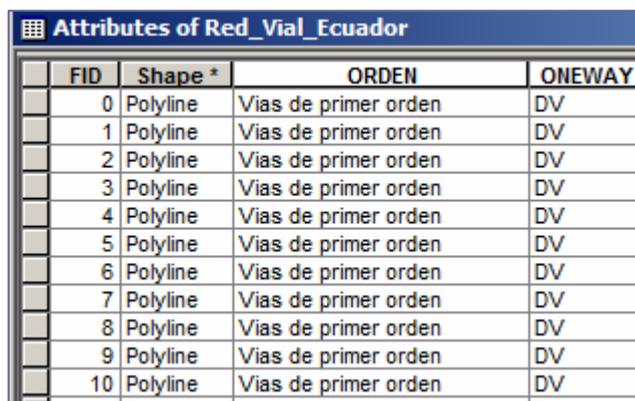
Figura 2.34. Tabla de Atributos siam\_via00 (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

8. Proceda a editar la capa de Red\_vial\_Ecuador, en la barra de "Editor Toolbar" de un clic en la opción *Start Editing*. En la barra de edición en la opción de Target debe estar "Red\_Vial\_Ecuador".

9. Active la opción *Snapping*, esto lo hace en la misma barra de "Editor Toolbar". Activar todas las opciones que se muestra en la (Figura 2.11)

10. En la columna *ONEWAY* se llenara con DV (vía de doble sentido), para llenar la tabla de atributos repita el siguiente procedimiento:

- Clic derecho sobre el shape Red\_Vial\_Ecuador escoja la opción *Open Attribute Table*, colóquese en la columna *ONEWAY* e ingrese DV en todas las filas (Figura 2.35)



FID	Shape *	ORDEN	ONEWAY
0	Polyline	Vias de primer orden	DV
1	Polyline	Vias de primer orden	DV
2	Polyline	Vias de primer orden	DV
3	Polyline	Vias de primer orden	DV
4	Polyline	Vias de primer orden	DV
5	Polyline	Vias de primer orden	DV
6	Polyline	Vias de primer orden	DV
7	Polyline	Vias de primer orden	DV
8	Polyline	Vias de primer orden	DV
9	Polyline	Vias de primer orden	DV
10	Polyline	Vias de primer orden	DV

Figura 2.35. Ingreso de sentido de vías  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

- Guarde la edición, clic en la barra de herramientas de Editor, clic en *Save Edits*.

11. Empalmar las vías. Para esto repita el mismo procedimiento 2.3.1, paso número 9 "Ciudad de Cuenca". Empalmadas las vías, guarde la edición con *Save Edits*, luego clic en *Stop Editing*. Por último guarde el proyecto Ecuador con *Save* en la barra de herramientas principal.

## CONCLUSIONES

El software ArcGis con el modulo ArcMap y la extensión de Network Analyst permiten trabajar con los mapas de una forma segura, permite a cualquier usuario realizar el trabajo de edición y depuración de la cartografía, una de las ventajas de este software es que presenta una interfaz muy amigable al usuario.

Se concluye también que el trabajar con la extensión Network Analyst de ArcGis se requiere necesariamente contar con ciertos campos dentro de la tabla de atributos que contiene la información tanto de la ciudad de Cuenca como del Ecuador ya que sin estos campos no será posible el análisis de redes.

## CAPÍTULO 3. NETWORK ANALYST.

### INTRODUCCIÓN.

Este capítulo describe la forma de trabajar con algunas herramientas de Network Analyst para la creación de rutas de la ciudad de Cuenca y rutas con las vías del Ecuador. La creación de Geodatabase de la ciudad de Cuenca y del Ecuador para el trabajo directo con rutas.

Un Geodatabase es una base de datos geográficos para el trabajo de análisis de redes. En cambio un Feature Dataset es un conjunto de entidades que se agregan a la Geodatabase. Y un Network Dataset es el conjunto de datos tipo red debidamente configurada y estructurada con el propósito de ser usados en el análisis de redes.

Una vez creado todos los parámetros necesarios (Geodatabase, Feature Dataset, etc.), el usuario podrá encontrar la mejor ruta entre dos puntos colocados en el Network Dataset.

#### 3.1. Gestión de Rutas. Ciudad de Cuenca.

1. Abrir ArcMap, seleccione el proyecto "Desarrollo\_vias\_tesis" guardado en el capítulo anterior.
2. Abra la tabla de atributos de *vias3*, clic derecho sobre el shape de *vias3* y escoja la opción *Open Attribute Table*.
3. En la tabla de atributos ya abierto de clic en *Options* y escoja la opción *Add Field* donde agregará los siguientes campos (Anexo 1) en la pantalla que aparece en la (Figura 3.1):

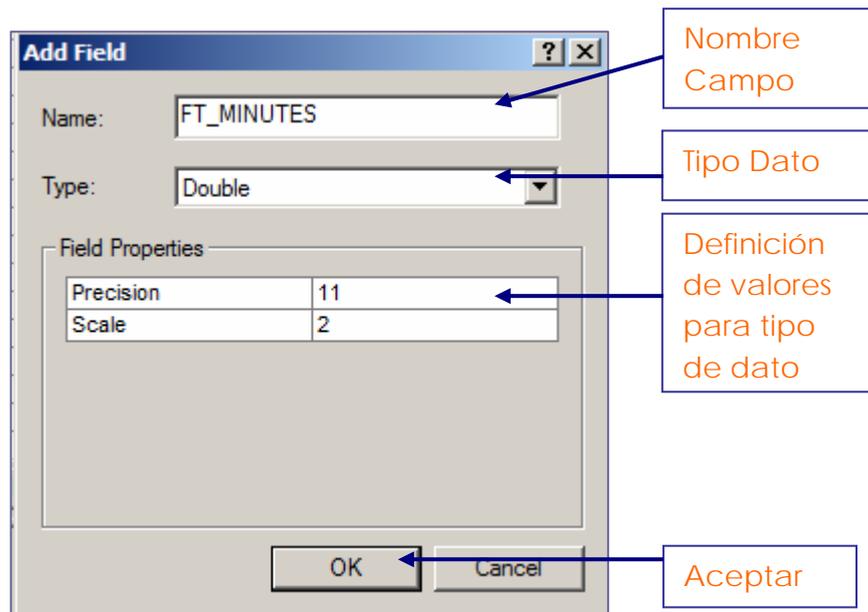


Figura 3.1. Ingreso nuevos Atributos (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

4. Siguiendo el siguiente paso es proceder a llenar los campos agregados a la tabla de atributos:

- *Meters*. Este campo almacenará la distancia "Perímetro", Clic derecho en *vias3* escoja la opción *Open Attribute Table* seleccione la columna *Meters*, clic derecho escoja la opción *Field Calculator*.



Aparecerá un mensaje donde indica que el procedimiento será irreversible acepte. Luego de esto le mostrará una nueva pantalla donde debe ingresar las instrucciones para el cálculo del perímetro (Figura 3.2), activar la opción *Advanced*.

- *Hierarchy*. Este campo almacenará una jerarquía determinada por el usuario de acuerdo al atributo tipo; este campo será llenado de acuerdo al Anexo 2.

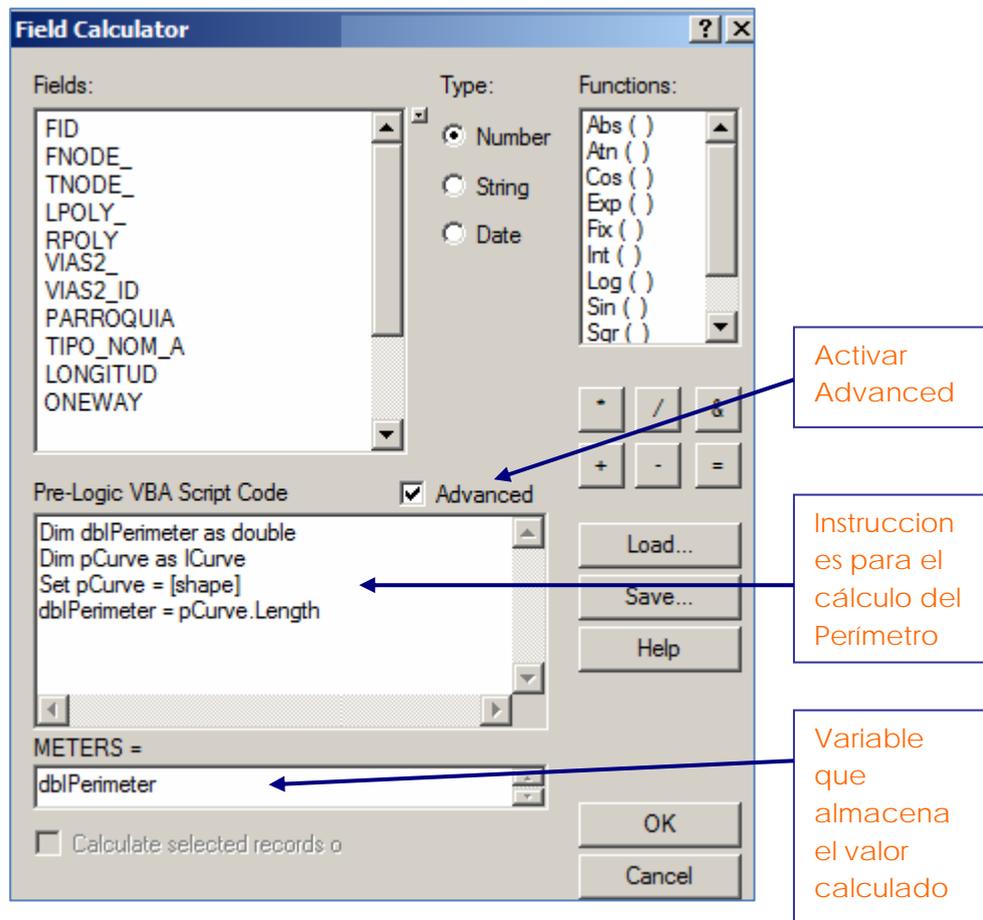


Figura 3.2. Cálculo Meters (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Una vez identificado la jerarquía que se asignara al tipo de vía, proceda a editar la información de la tabla de atributos; primer paso es ubicarse en la carpeta donde están los archivos C: \Desarrollo\_Tesis, dentro de esta carpeta ubicarse sobre el archivo vias3.dbf.

Clic derecho y seleccione "Abrir con..." > "Elegir Programa" elegir el programa "Microsoft Office Excel". Una vez abierto en Microsoft Excel la tabla de atributos, ubíquese en la columna Hierarchy e ingrese la siguiente fórmula (Anexo 3). (Figura 3.3).

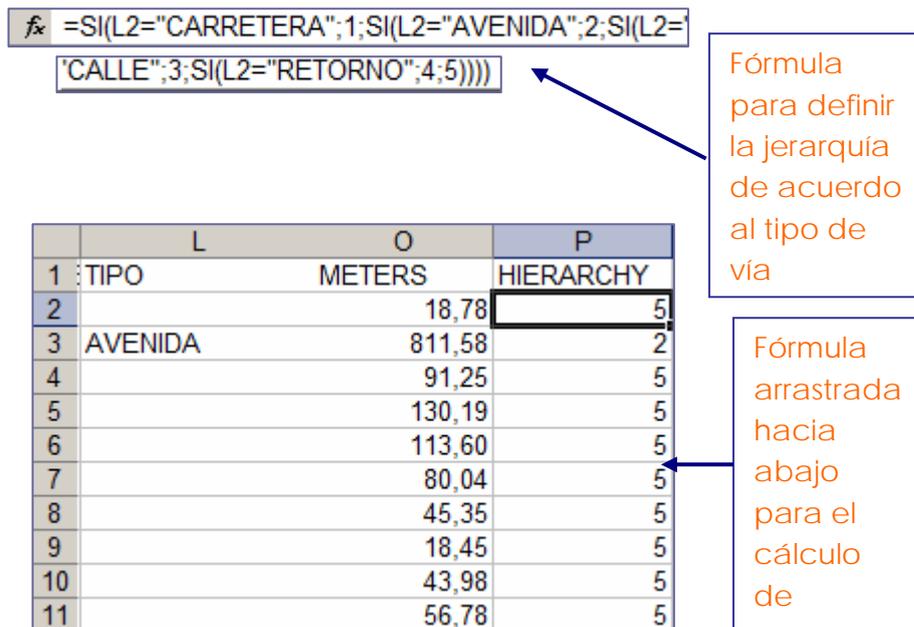


Figura 3.3. Cálculo Hierarchy (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

- *FT\_Minutes* y *TF\_Minutes*. Estas columnas representan el tiempo de desplazamiento entre las vías de sentido FT o TF en minutos, para llenar estos campos se tomará en cuenta el tipo de vía o calle que representa. (Anexo 3).

En las columnas FT\_MINUTES y TF\_MINUTES ingresar la fórmula que se muestra en el Anexo 3, arrastrar la formula a todas las filas; como resultado tanto la columna FT\_Minutes y la columna TF\_Minutes tendrá el mismo valor (Figura 3.4)

	M	N	O	P
1	FT_MINUTES	TF_MINUTES	METERS	HIERARCHY
2	0,06	0,06	18,78	5
3	0,65	0,65	811,58	2
4	0,27	0,27	91,25	5
5	0,39	0,39	130,19	5
6	0,34	0,34	113,60	5
7	0,24	0,24	80,04	5
8	0,14	0,14	45,35	5
9	0,06	0,06	18,45	5
10	0,13	0,13	43,98	5

Figura 3.4. Cálculo Tiempo (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Desde el menú principal de Microsoft Office Excel seleccionar la opción Guardar especificando que SI desea mantener el formato, cerrar Microsoft Office Excel aparecerá una pantalla donde reiteramos que SI desea guardar el archivo vias3 donde hicimos los cambios.

Debe tener en cuenta que para guardar los cambios el formato debe estar en *DBF (Dbase IV) (\*.dbf)* preguntará si desea reemplazar el archivo existente, indique que *SI*. Con esto logrará que el archivo siga siendo utilizado por ArcMap. (Figura 3.5).

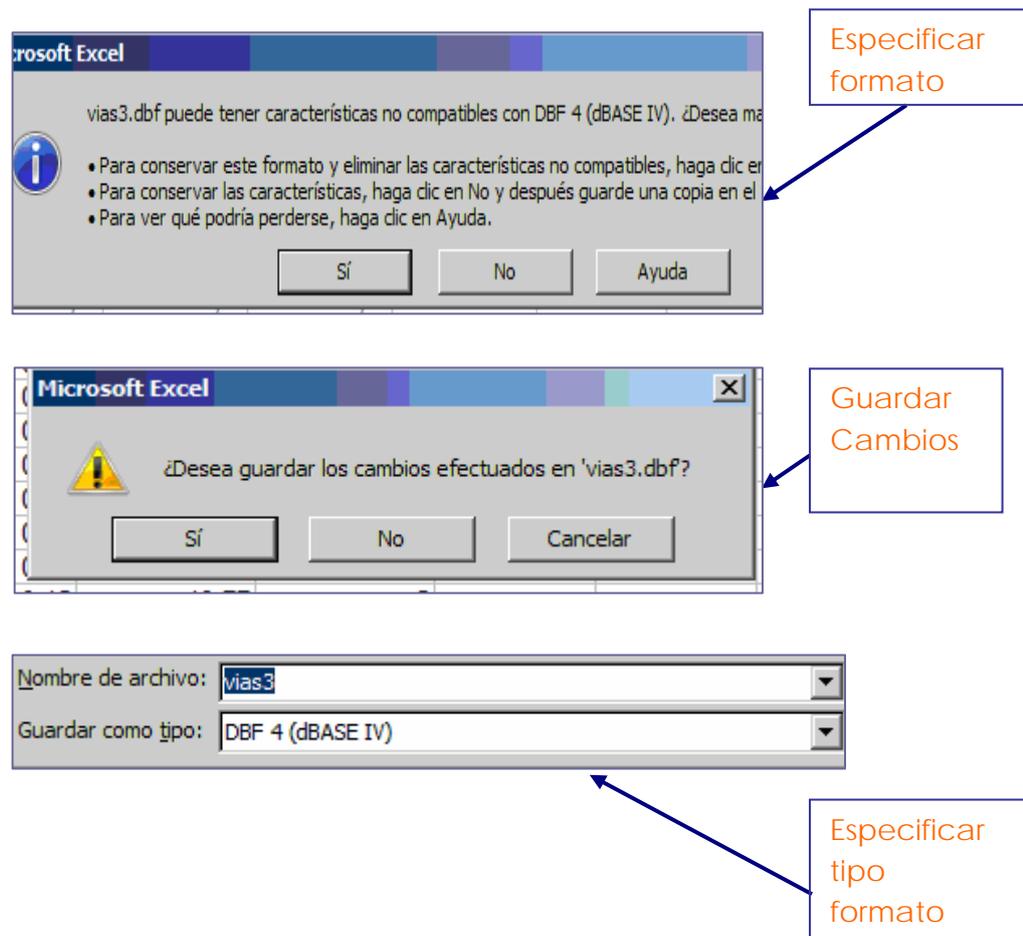


Figura 3.5. Procedimiento para guardar archivo .dbf (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

### 3.1.1. Creación de Geodatabase.

1. Abrir la aplicación de ArcCatalog, ubicarse en la carpeta donde tiene los archivos de la ciudad de Cuenca, clic sobre la carpeta.

2. Clic en la pestaña "Contents", clic derecho en la opción *New*, escoger la opción *Personal Geodatabase* (Figura 3.6).

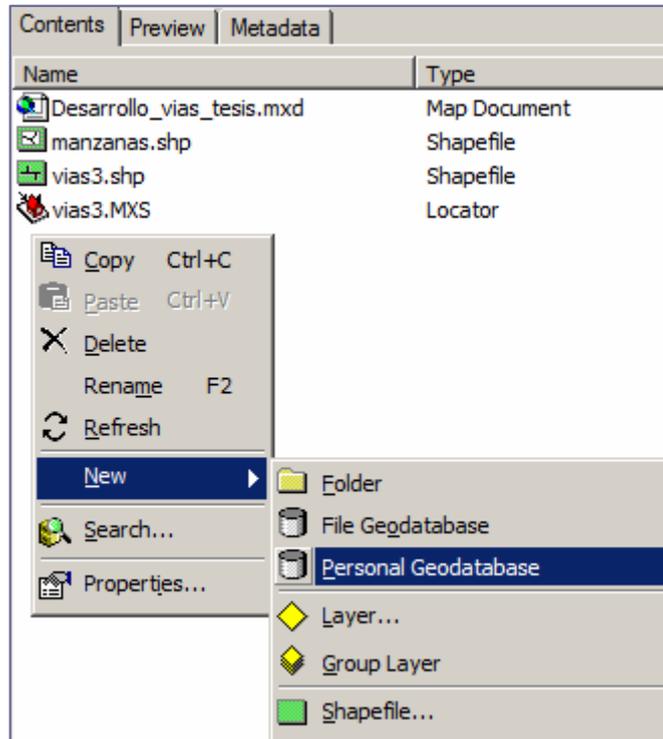


Figura 3.6. Inicio creación de un Geodatabase (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

3. De un nombre "Ciudad\_de\_Cuenca" a la Geodatabase.

### 3.1.1.1. Agregar un Feature Dataset al Geodatabase.

1. Ubicarse sobre la Geodatabase "Ciudad\_de\_Cuenca", clic derecho escoja la opción *New* y dentro de esta la opción *Feature Dataset* (Figura 3.7).

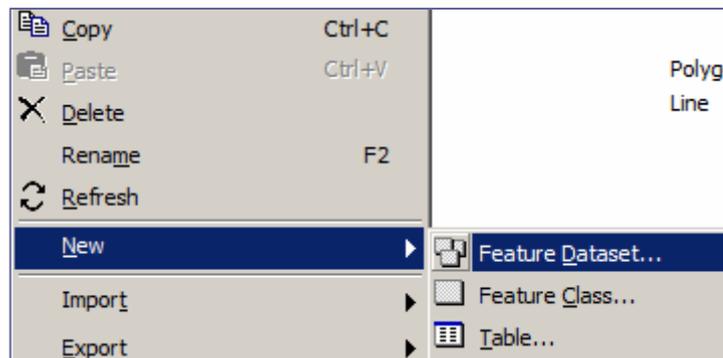


Figura 3.7. Inicio creación Feature Dataset (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

2. Aparecerá una nueva ventana ingrese un nombre "Redes\_Cuenca" para el nuevo Feature, (Figura 3.8), clic en *Next*.

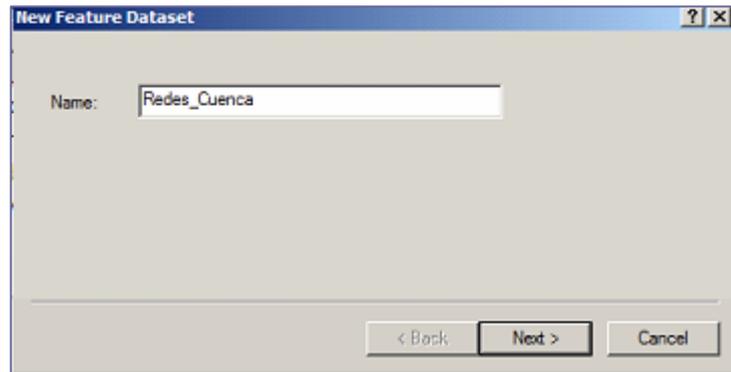


Figura 3.8. Asignar nombre al Feature Dataset  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

3. Ahora toca asignar un sistema de coordenadas para esto: de un clic sobre *Import*. Aparecerá la pantalla donde debe escoger el tipo de coordenadas (Figura 3.9) escoja la opción "Projected Coordinate Systems/UTM/Other GCS/Prov. S. Amer. Datum UTM Zone 17s". Clic en *Next*.

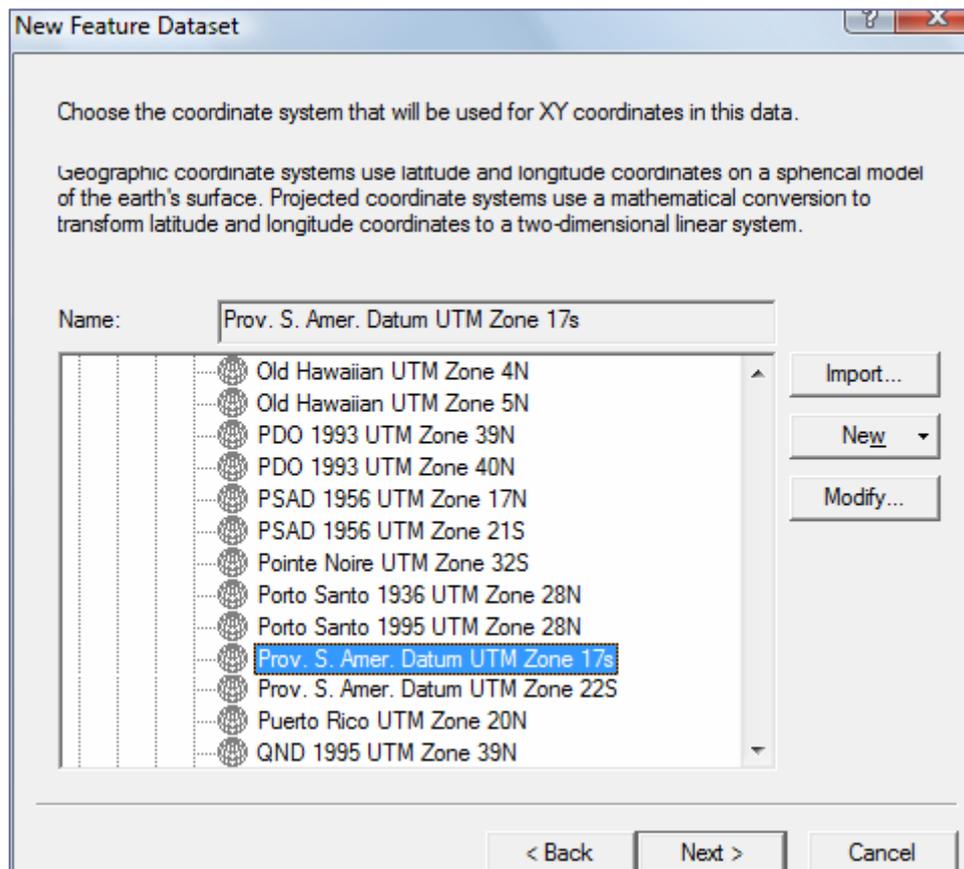
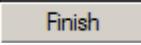


Figura 3.9. Asignación de coordenadas Feature Dataset  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

4. En la siguiente pantalla se pide asignar un sistema de coordenadas para los valores z, por defecto dejamos *None*, clic en *Next*.

5. En esta pantalla dejar todos los datos por defecto, clic en el botón "*Finish*"

 para generar el nuevo Feature Dataset.

### 3.1.1.2. Agregar un Shapefile al Feature Dataset.

Para agregar un shapefile al Feature Dataset se puede hacer de dos maneras la primera es seguir los pasos del capítulo 8.3 del Tutorial Arcgis versión 9.2 (Ochoa, Paúl Ing.), la otra manera se detalla a continuación:

1. Ubicarse sobre el Feature Dataset "Redes\_Cuenca", clic derecho opción *Import* y dentro de esta escoja la opción *Feature Class (single)* (Figura 3.10).

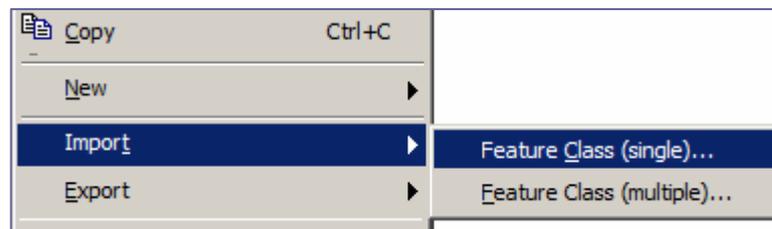
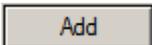


Figura 3.10. Importar shapefile al Feature Dataset  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

2. Aparecerá la ventana para importar un shapefile usted podrá importar el shapefile desde la carpeta donde tiene el archivo .shp C:\ Desarrollo\_Tesis\ Ciudad\_de\_Cuenca\vias3.shp, clic en el botón Add  en la opción *Output Feature Class* de un nombre "vías\_3\_Cuenca" (Figura 3.11), clic en *OK*.

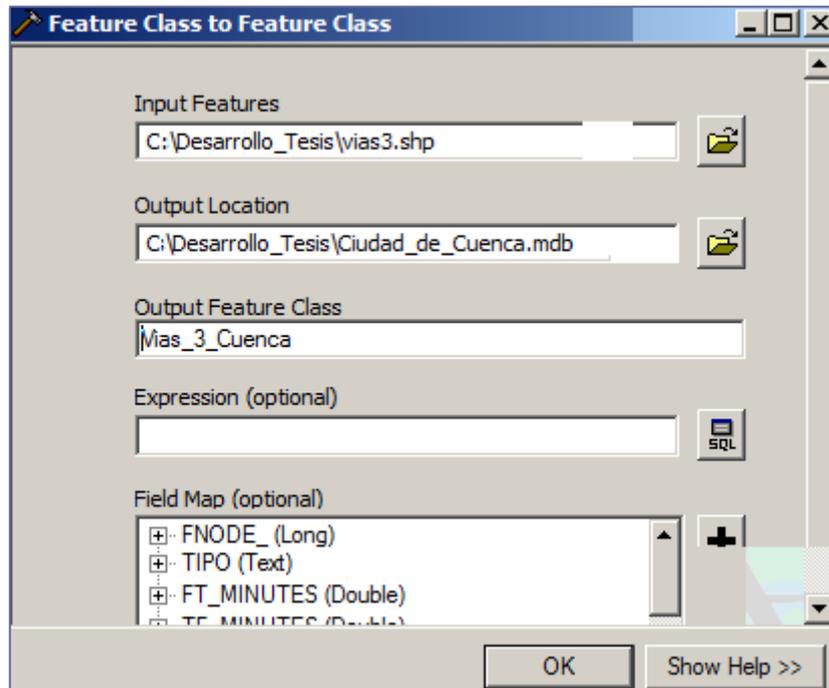


Figura 3.11. Shapefile seleccionado al Feature Dataset (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

3. En la siguiente pantalla muestra un resumen del proceso (Figura 3.12), damos clic en *Close*

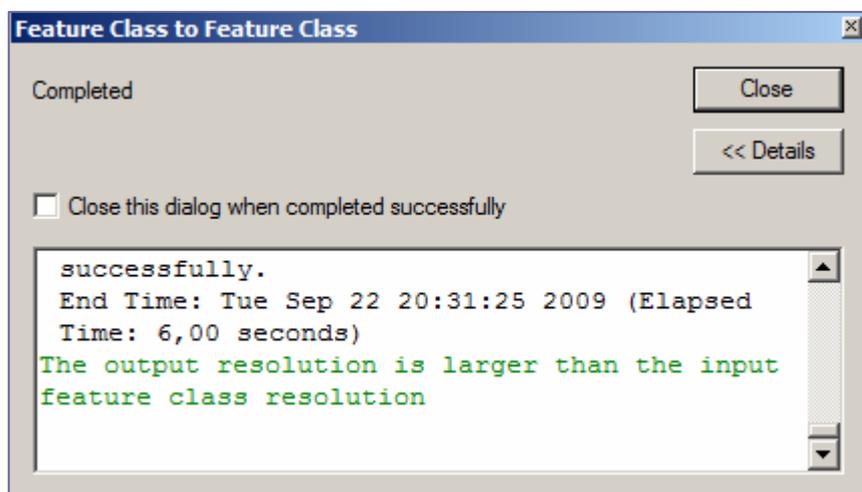


Figura 3.12. Resumen Proceso Feature Dataset (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

### 3.1.2. Agregar Network Dataset a la Geodatabase.

Para la creación de un Network Dataset debe:

1. Ubicarse en la Geodatabase creado en el paso 3.1.1, clic derecho y escoja la opción *New Network Dataset* (Figura 3.13).

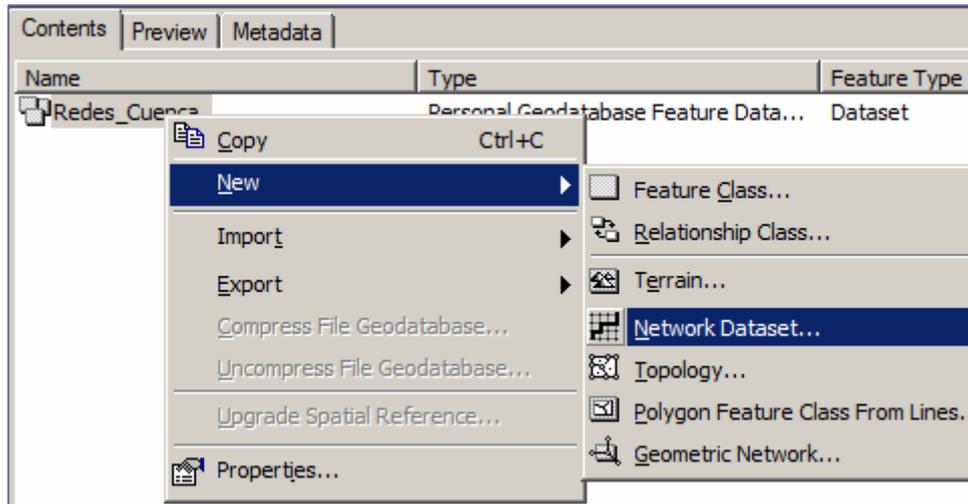


Figura 3.13. Inicio proceso creación de un Network Dataset  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

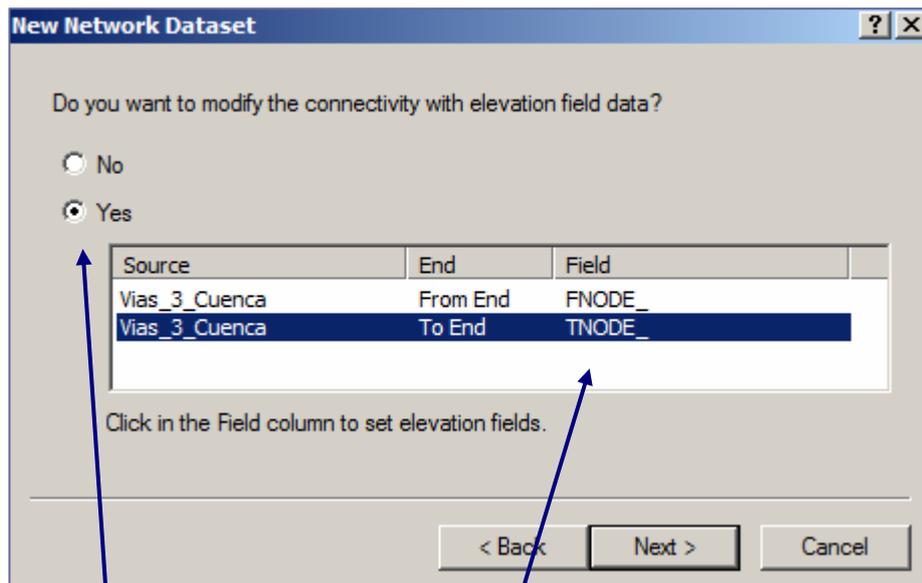
2. Al dar clic aparecerá una pantalla donde por defecto esta establecido el nombre de "Redes\_Cuenca\_ND", clic en Next "Siguiente".

3. La siguiente pantalla indica el feature classes que utilizaremos por defecto asigna "vías\_3\_Cuenca" .

4. La siguiente pantalla que aparecerá es la de Conectividad donde indica por defecto la configuración de la conectividad, esta está en los puntos finales "endpoints" de las entidades de líneas que coinciden en el proceso de construcción.

Si el usuario desea cambiar dicha configuración al dar clic sobre *Conectivity* le aparecerá una pantalla donde lo podrá hacer. En este caso la configuración por defecto no será alterada. Clic en *Ok* y luego en *Next*.

5. La siguiente pantalla que aparecerá sirve para configurar el comportamiento interior de una red, en el radio button dar clic en la opción *Yes* tanto en las columnas "From End y To End" asignar los valores iniciales y finales del Network Dataset es decir asignará *FNODE* Y *TNODE* respectivamente (Figura 3.14), una vez ingresado los valores de clic en *Next*.



Activar Configuración

Valores Iniciales y finales

Figura 3.14. Asignación de valores Network Dataset (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

6. Por defecto deje la activación de modelamiento de giros que da el programa, clic en *Next*.

7. Consecuentemente aparecerá los atributos y sus valores que existe dentro de la base de datos de la red (Figura 3.15), aquí el usuario puede configurar los valores de estos atributos para esto se ubica sobre el atributo a ser modificado y da clic en "Evaluators".

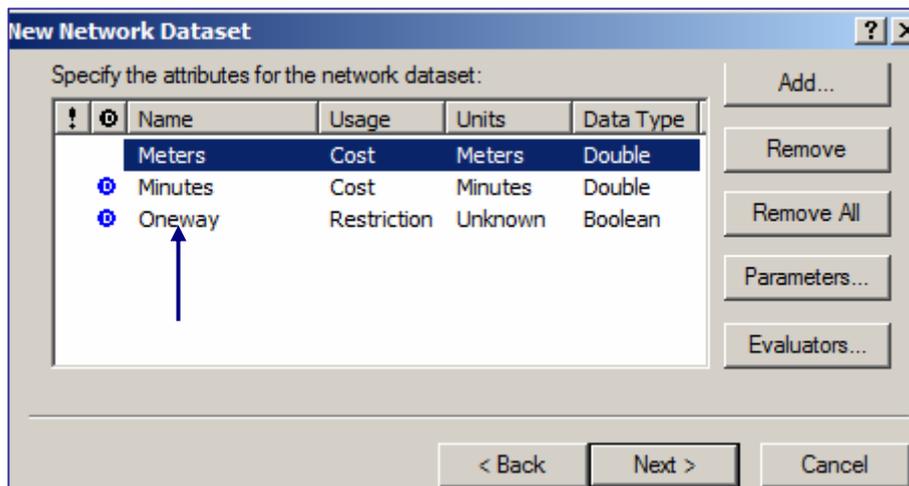


Figura 3.15. Atributos Network Dataset (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

En la pantalla de "Evaluators" del atributo Minutes, ubicarse en la pestaña "Default Values" cambie el valor del giro de desplazamiento que será añadido automáticamente al tiempo final de desplazamiento de la ruta, asigne un valor constante de 0,084 que equivale a 5 segundos (Figura 3.16), presione *OK*.

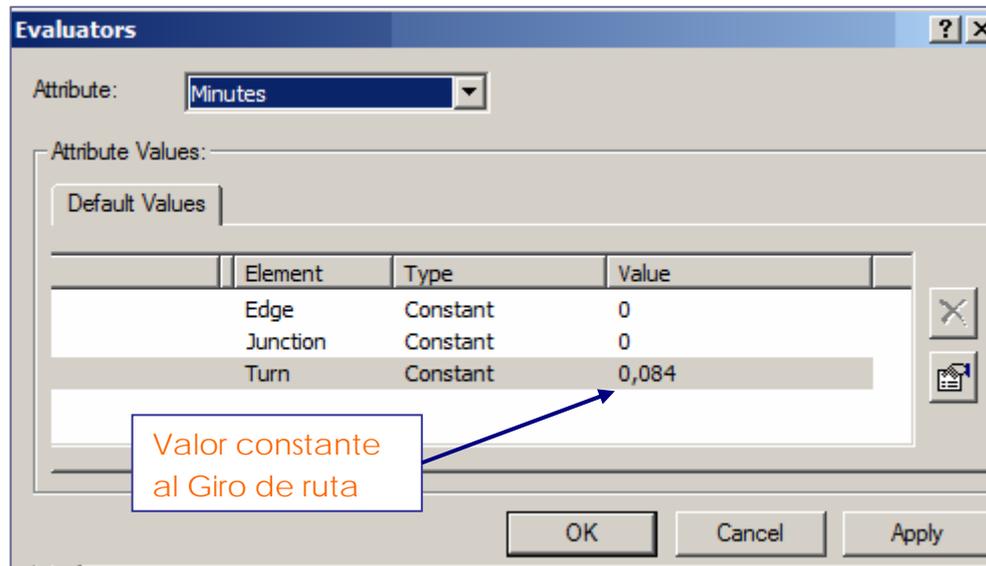


Figura 3.16. Asignación tiempo desplazamiento (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

8. Agregar nuevo atributo para el Hierarchy "Jerarquía", para configurar la jerarquía debe agregar un nuevo atributo para esto presione el botón *Add* asigne el nombre *Hierarchy* y el tipo de dato será *Hierarchy* (Figura 3.17). Clic en *OK*.

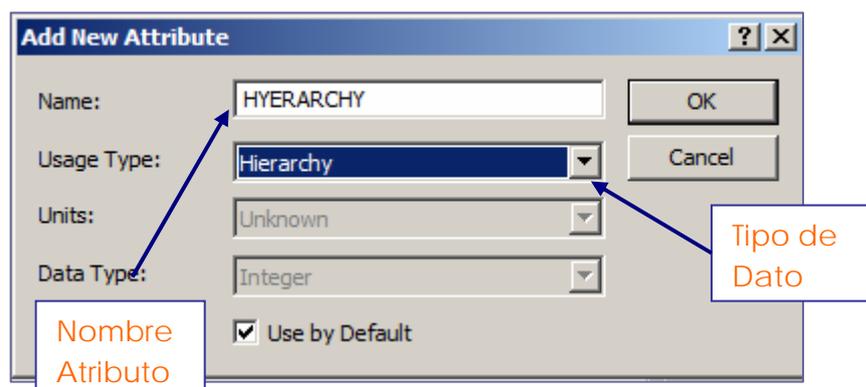


Figura 3.17. Hierarchy agregado al Network Dataset (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

9. Una vez agregado el nuevo atributo debe configurar los valores de este atributo (3.1.2, paso 7); para esto en la pestaña "Source Values" en la opción "Type" de los atributos 'From To' y 'To From' elija la opción *Field*;

En la opción "Value" asigne el valor de *Hierarchy*, para esto de clic en el botón  en el cuadro de diálogo desplegado de clic en la sección "Fields" y escoja "Hierarchy" (Figura 3.18), clic en OK.

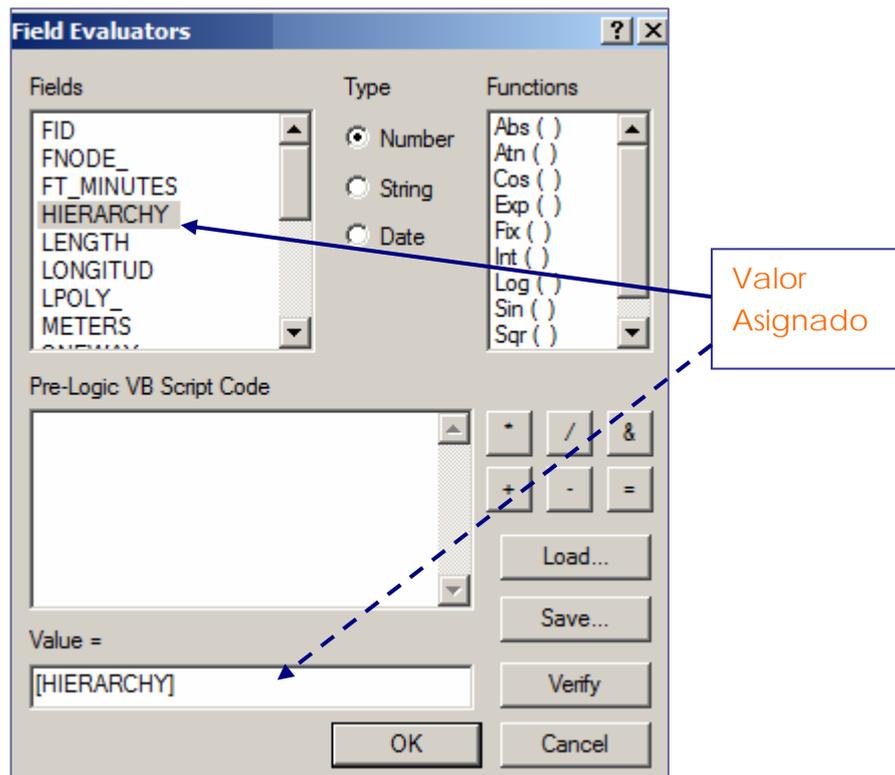


Figura 3.18. Asignación de valor para Hierarchy (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

Luego de asignar los valores al atributo Hierarchy la pantalla quedará de la siguiente manera (Figura 3.19), clic en *OK*, y luego en *Next*.

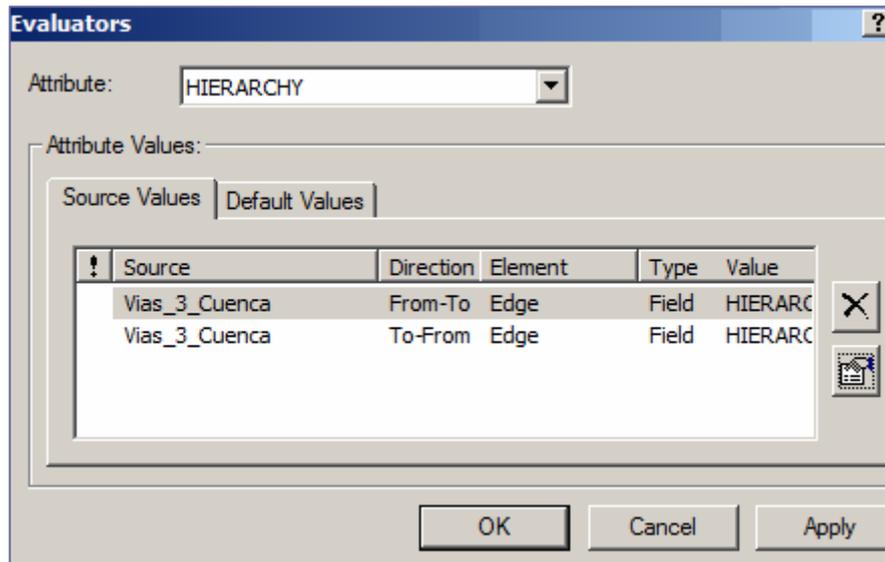


Figura 3.19. Asignación de valor y tipo para Jerarquía  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

10. El siguiente paso es asociar un texto descriptivo para cada segmento al menos a un atributo, con esto logrará que las configuraciones de las direcciones de manejo sean completas. Para esto active la opción de *Directions*, esto lo logra dando un clic en el radio botón opción *Yes*, luego clic en *Directions*.

En la pantalla de Propiedades de Dirección, en la pestaña General se debe configurar los siguientes campos:

- "Display Length Unit" escoja la opción *Meters*; que es la unidad de distancia a desplegar.
- "Time Attribute" deje por defecto el valor de *Minutes*; atributo para calcular los tiempos en la ruta.
- "Length Attribute" deje por defecto el valor de *Meters*; valor para las unidades de distancia utilizada por la red.
- En "Street Name Fields" configurará atributos de tipo descriptivo, en el atributo "*Name*" asigne el valor de TIPO\_NOMBRE\_A que para este caso representa el nombre de la arteria (Nombre de la calle).

Luego de hacer todas estas configuraciones, quedará de la siguiente forma (Figura 3.20), clic en *Ok* y luego en *Next*.

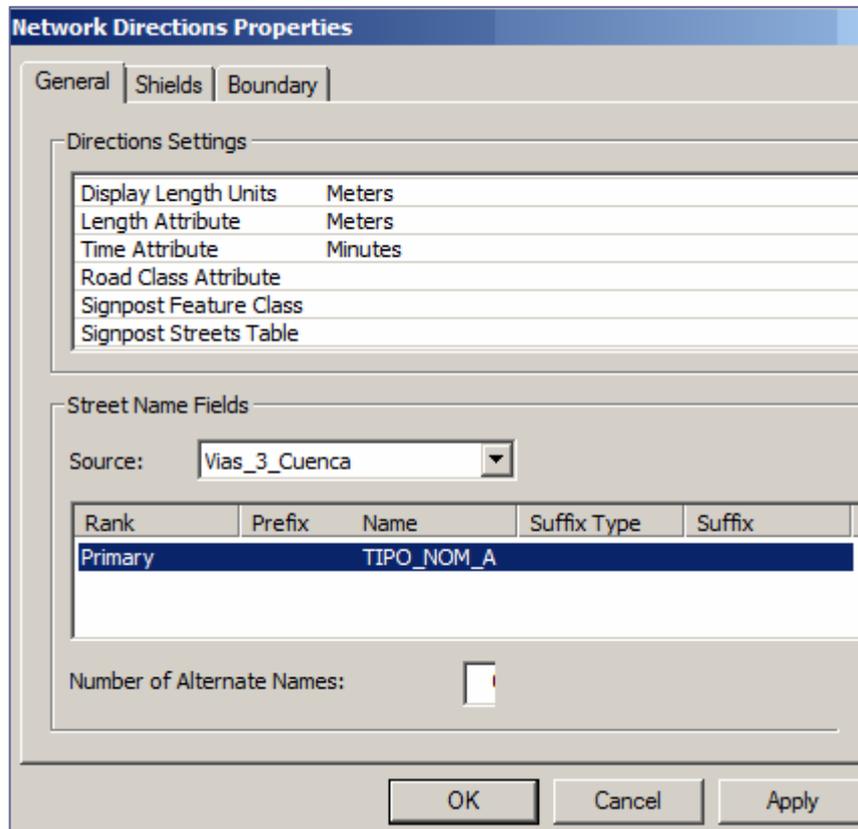


Figura 3.20. Configuración asignación nombres en el Network Dataset (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

11. Por último se desplegará un resumen de todas las configuraciones que hizo hasta el momento, clic en *Finish*, un nuevo mensaje se desplegará en pantalla al cual le debe dar un clic en *Yes* para construir la red. El nuevo shape es agregado a ArcCatalog al mismo tiempo que se agrega el archivo de nodos llamado Vias3\_ND\_Junctions (Figura 3.21).

Contents   Preview   Metadata		
Name	Type	Feature T
Redes_Cuenca_ND	Personal Geodatabase Network Dat...	Network
Redes_Cuenca_ND_Junctions	Personal Geodatabase Feature Class	Point
Vias_3_Cuenca	Personal Geodatabase Feature Class	Line

Figura 3.21. Archivos agregados a ArcCatalog (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

### **3.2. Gestión de Rutas. Vías del Ecuador.**

Para trabajar con las vías del Ecuador siga el mismo procedimiento "3.1. Gestión de Rutas, Ciudad de Cuenca", siguiendo paso a paso todo el proceso tome en cuenta que los nombres de las carpetas del sub capítulo anterior debe ser cambiadas por los que pertenecen a los archivos de Ecuador:

1. La carpeta "Desarrollo\_Tesis" reemplace con "Desarrollo\_Tesis\_Ecuador". Cuando le toque escoger el shape deberá escoger "Red\_Vial\_Ecuador", que es el shape que pertenece a las vías de Ecuador.
2. Cuando le toque agregar más campos guíese por el Anexo 1. Llene los campos agregados de la misma manera que se hizo con la práctica anterior.
3. Cuando llegue el paso donde debe abrir el archivo `vias3.dbf`, recuerde que en esta practica utilizara los archivos de Ecuador es decir deberá abrir `Red_vial_Ecuador.dbf`, utilice las mismas fórmulas para llenar los campos agregados, (Anexo 3).

#### **3.2.1. Creación de Geodatabase.**

Para la creación de la Geodatabase para las vías de Ecuador siga el mismo procedimiento arriba descrito (Capítulo 3, paso 3.1.1), tome en cuenta lo siguiente:

La carpeta donde tiene los archivos de Ecuador será `C:/Desarrollo_Tesis_Ecuador`. Como sugerencia el nombre de la Geodatabase puede ser "Vías \_ Ecuador". La geodatabase quedará de la siguiente manera (Figura 3.22):

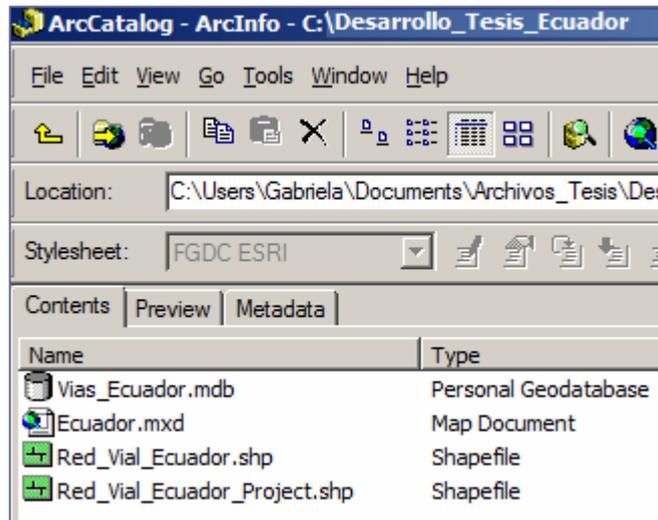


Figura 3.22. Geodatabase Ecuador (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

### 3.2.1.1. Agregar un Feature Dataset al Geodatabase.

Para agregar un Feature Dataset a la Geodatabase de Ecuador siga el mismo procedimiento descrito (Capítulo 3, paso 3.1.1.1), tome en cuenta lo siguiente: ubicarse sobre la Geodatabase “Vías \_ Ecuador”.

Como sugerencia al nombre del Feature Dataset “Redes\_Ecuador”. El Feature Dataset quedará de la siguiente manera (Figura 3.23)

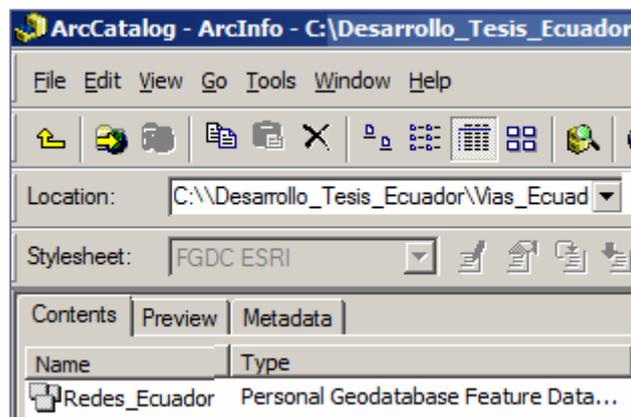


Figura 3.23. Feature Dataset Ecuador (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

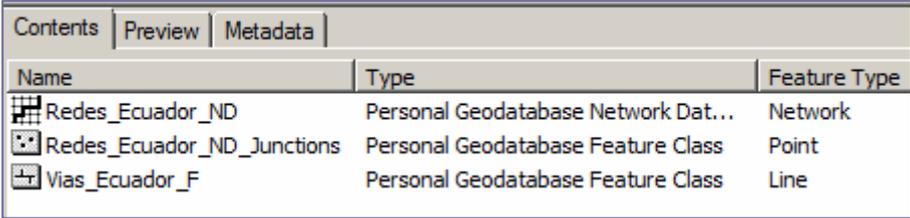
### 3.2.1.2. Agregar un Shapefile al Feature Dataset.

Para agregar un shapefile al Feature Dataset siga el mismo procedimiento descrito anteriormente (Capítulo 3, paso 3.1.1.2)

### 3.2.2. Agregar Network Dataset a la Geodatabase.

Para agregar un Network Dataset a la Geodatabase de las vías de Ecuador siga el mismo procedimiento paso a paso descrito anteriormente (Capítulo 3, paso 3.1.2).

Tome en cuenta que en el paso 5 no le dará la opción de configurar el comportamiento interior de la red porque no tenemos los valores de FNODE y TNODE, en este paso presione *Next*. Los nuevos archivos se desplegarán en ArcCatalog (Figura 3.24).



Name	Type	Feature Type
Redes_Ecuador_ND	Personal Geodatabase Network Dat...	Network
Redes_Ecuador_ND_Junctions	Personal Geodatabase Feature Class	Point
Vias_Ecuador_F	Personal Geodatabase Feature Class	Line

Figura 3.24. Archivos agregados a ArcCatalog Ecuador (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

### 3.3. Encontrar la mejor ruta.

1. Abra ArcMap, seleccione un nuevo mapa pulse OK.
2. Cargue los archivos de la Geodatabase creado en el punto 3.1.1 (Ciudad de Cuenca), con el botón *Add*.
3. En la barra de Network Analyst escoja la opción *New Route* (Figura 3.25)

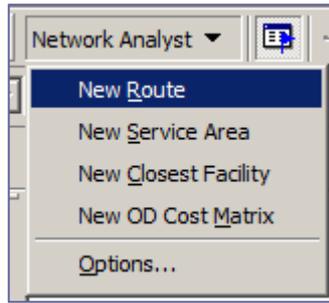


Figura 3.25. Barra de Herramientas Network Analyst  
(Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

4. Presione el botón *Show/Hide Network Analyst Window*  , se abrirá la ventana de Network Analyst donde están las listas vacías de las categorías de paradas, rutas y barreras (Figura 3.26), y la tabla de contenidos mostrará el nuevo layer de análisis de ruta (Figura 3.27)



Figura 3.26. Ventana Network Analyst (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

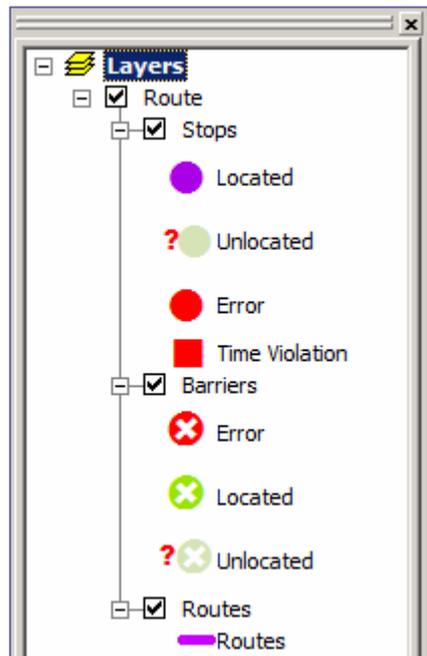


Figura 3.27. Layer análisis de ruta (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

5. Para encontrar la mejor ruta entre dos puntos determinados tenemos que ingresar paradas (puntos) para esto siga el siguiente procedimiento:

- En la ventana de *Network Analyst* ubique la opción *Stops* (Figura 3.28)

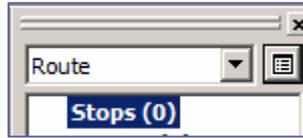


Figura 3.28. Agregando Paradas (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

- Clic en *Create Network Location Tool* , una vez presionado este botón agregue las paradas que usted desee en el mapa (Figura 3.29)

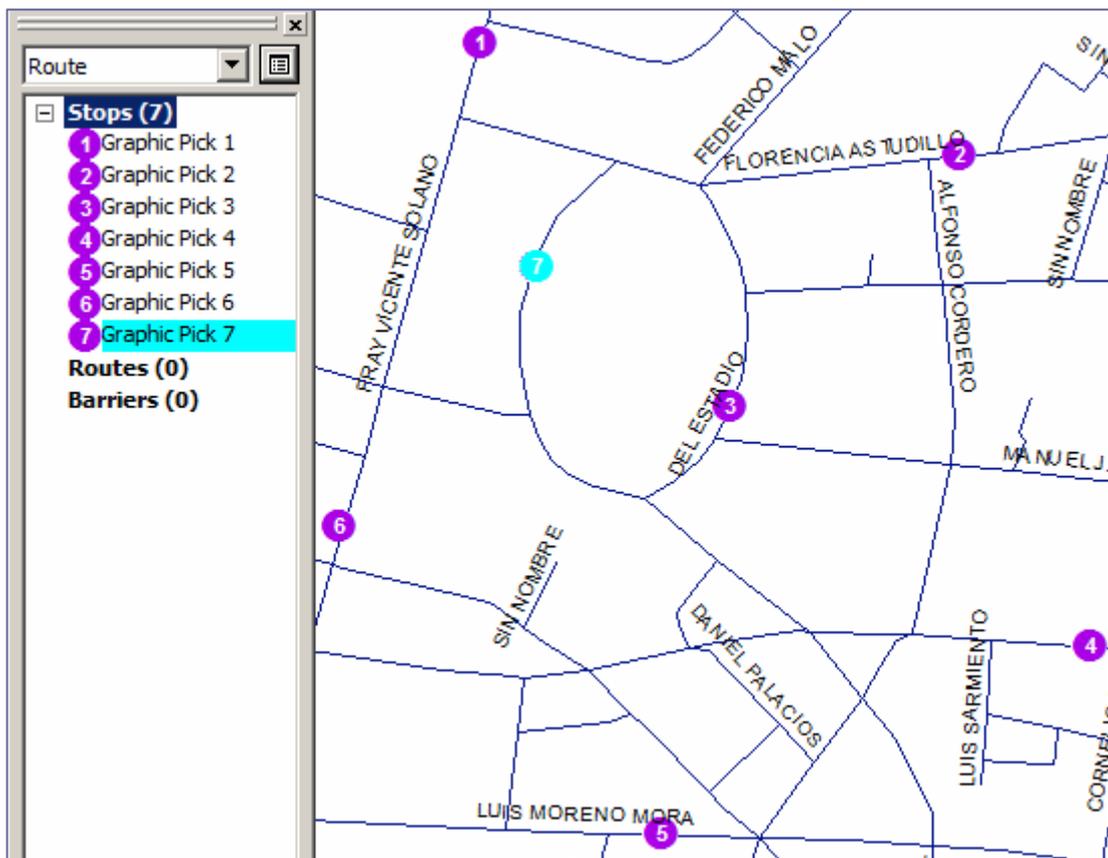


Figura 3.29. Ingreso de paradas (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

6. El siguiente paso es darle criterios (sentido de vías, tiempo, etc.) de búsqueda para que encuentre la mejor ruta entre dos puntos (el punto final de la ruta será la última parada dibujada, y el inicio de la ruta será desde la primera parada ingresada), para esto siga el procedimiento:

- En la ventana de Network Analyst presione en el botón de *Layer Propiedades* .
- En la ventana de propiedades que acaba de abrir, ubíquese en la pestaña de Analysis Settings, y verifique que las opciones estén de acuerdo a lo de la Figura 3.30, clic en *OK*.

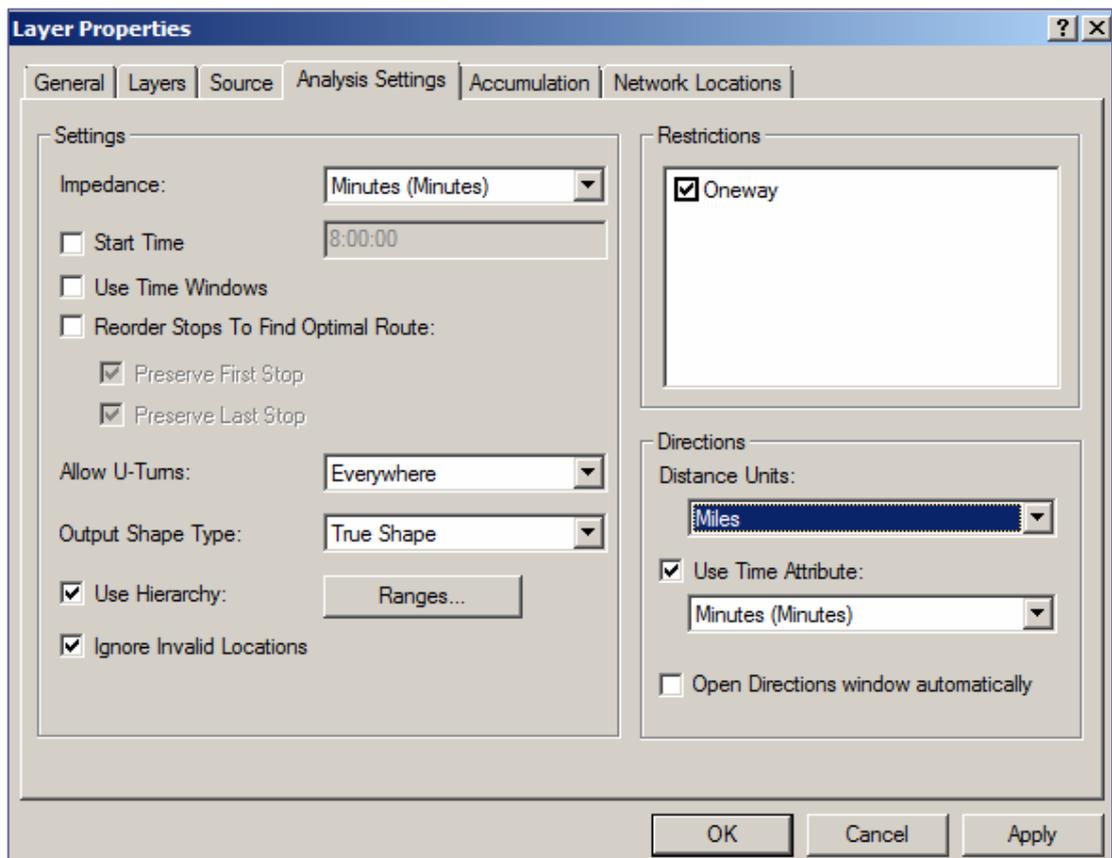


Figura 3.30. Configuración propiedades del layer de rutas (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

7. En la barra de herramientas de *Network Analyst* ubique y de clic en el botón *Solve* , inmediatamente se dibujará una ruta en el mapa y en la ventana de *Network Analyst* aparecerá el nombre de la ruta (Figura 3.31)

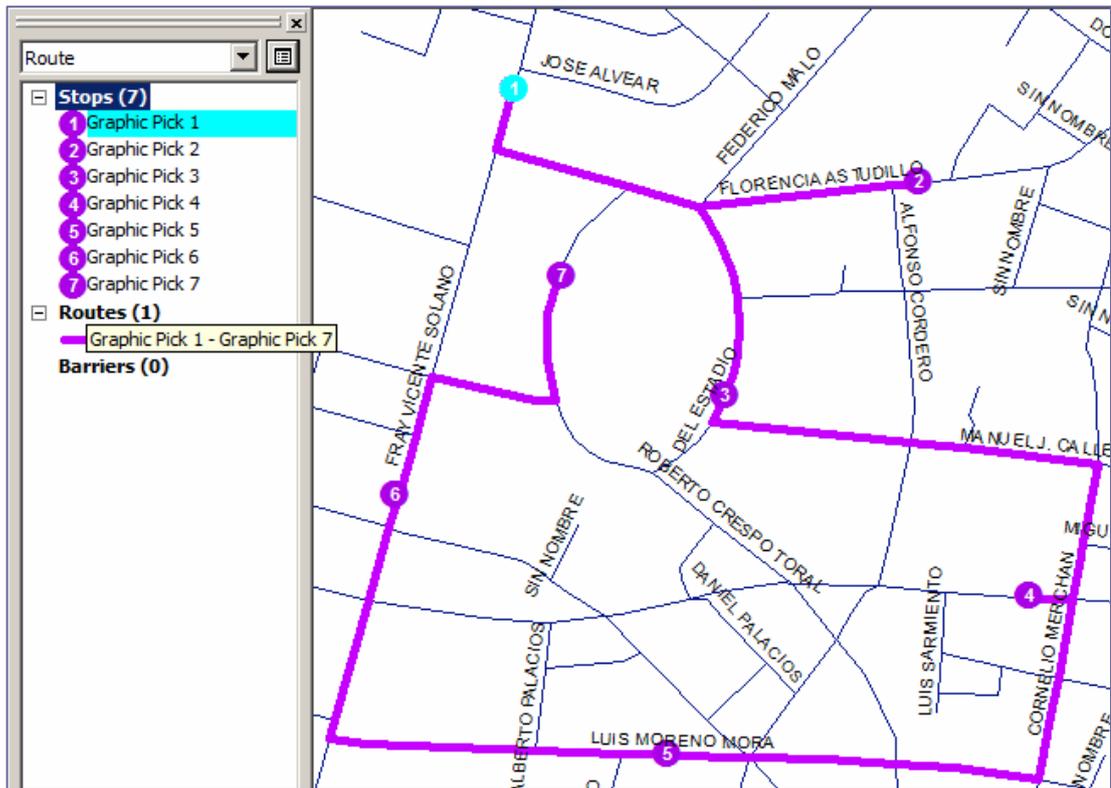


Figura 3.31. Ruta creada en el mapa (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

8. En la ventana de *Network Analyst* clic derecho sobre el nombre de la ruta, escoja la opción *Directions Window* (Figura 3.32), le mostrara las direcciones utilizadas para llegar de un punto a otro "parada 1 a la parada 7" (Figura 3.33).

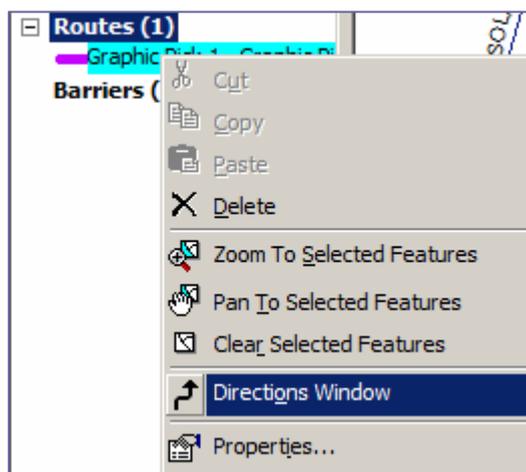


Figura 3.32. Inicio proceso visualización de Direcciones entre paradas (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

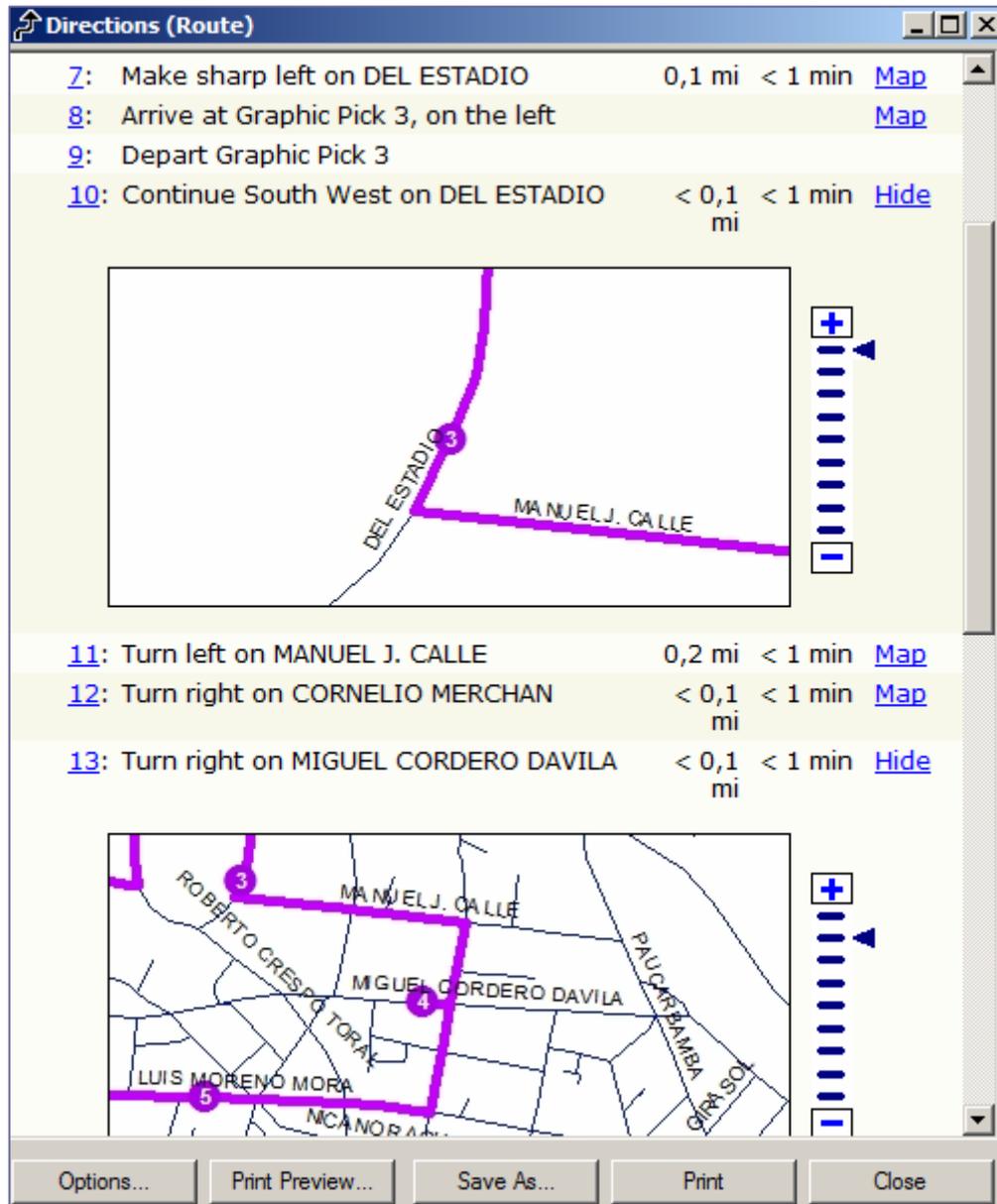


Figura 3.33. Visualización Direcciones entre paradas (Espinoza M.

Andrea, Espinoza M. Gabriela)

9. Una vez encontrada la primera ruta, toca buscar una segunda o varias alternativas de ruta para encontrar la mejor ruta, para esto toca colocar dentro de las paradas ciertas barreras para que el programa cree una nueva ruta evitando la ruta bloqueada por las barreras, para esto siga el procedimiento:

- En la ventana de *Network Analyst* clic en la opción *Routes* (Figura 3.34)

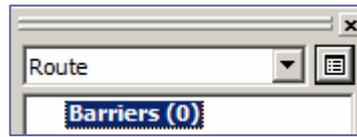


Figura 3.34. Agregando Barreras (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

- Clic en *Create Network Location Tool* , una vez presionado este botón agregue las barreras que usted desee en el mapa (Figura 3.35), en la barra de herramientas de *Network Analyst* ubique y de clic en el botón *Solve* , inmediatamente se dibujará una ruta alternativa en el mapa evitando la barrera que existe dentro de esa ruta (Figura 3.36)

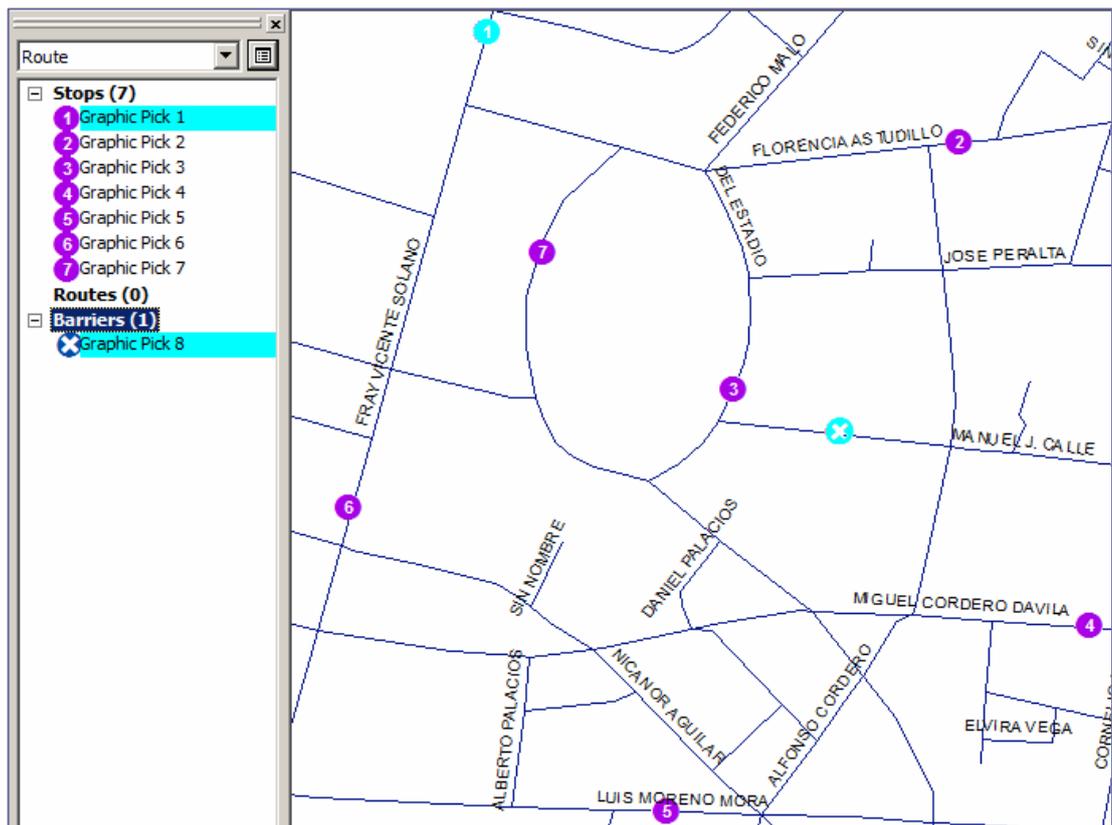


Figura 3.35. Ingreso de barreras (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

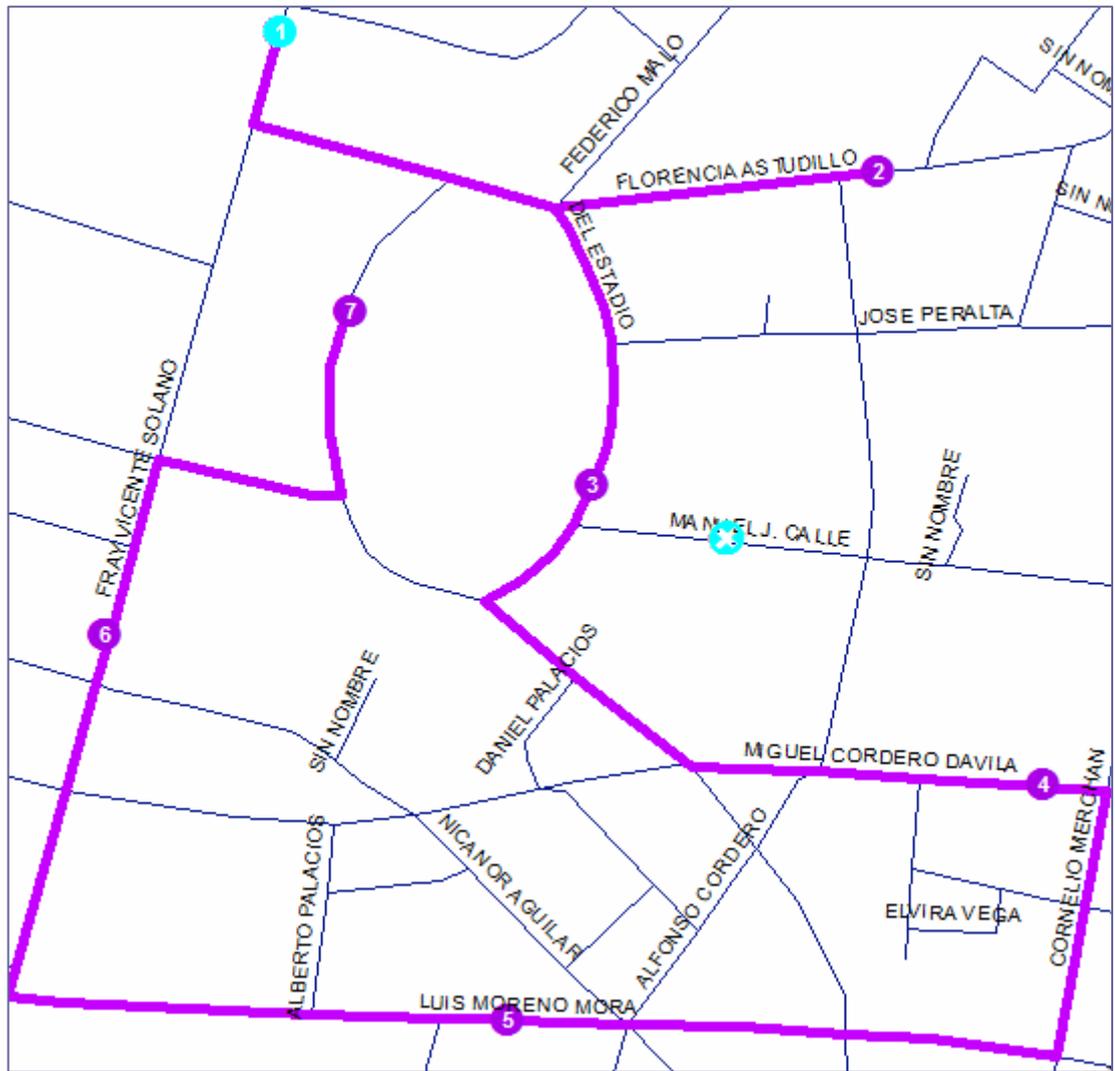


Figura 3.36. Ruta alternativa (Espinoza M. Andrea,  
Espinoza M. Gabriela)

10. Una vez hecho el análisis de la mejor ruta estas pueden ser guardadas para esto ubíquese sobre *Routes (1)* de la ventana de *Network Analyst* clic derecho y escoja la opción *Export Data* (Figura 3.37). En la nueva pantalla guarde el archivo "c:/Análisis\_de\_Rutas" (Figura 3.38), clic en *OK*; este archivo puede ser utilizado cuando desee basta con añadirlo en un nuevo proyecto.

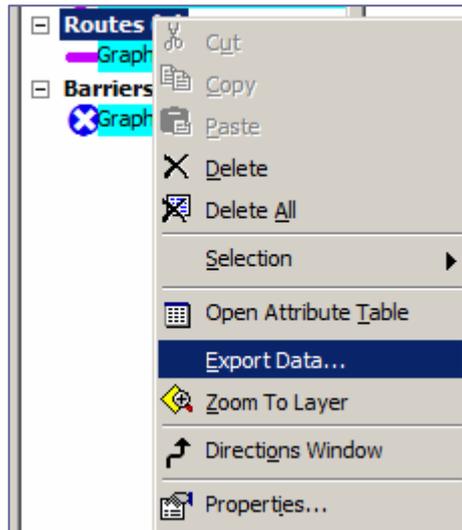


Figura 3.37. Guardar ruta generada (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

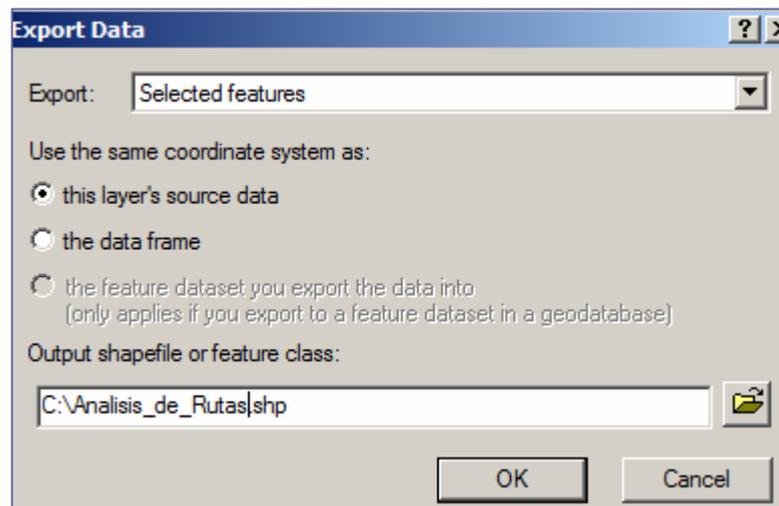


Figura 3.38. Ubicación guardar ruta generada (Espinoza M. Andrea, Espinoza M. Gabriela)

## CONCLUSIONES

La extensión Network Analyst de ArcGis 9.2 es una herramienta que se adapta muy bien a determinadas funciones que desea cualquier usuario de una forma muy clara y rápida, según las necesidades de cada usuario.

En la asignación de atributos de la ciudad de Cuenca se le dio el sentido FT o TF que funciona muy bien en el análisis de rutas en *Network Analyst*, el

usuario debe tener en cuenta que para la creación de rutas en el GPS se maneja un solo sentido "FT", razón por la cual se cambió el sentido de vías para cargarlo en el GPS.

Al cambiarle a un solo sentido *FT* se debe cambiar el sentido de digitalización a las calles. El sentido de digitalización no es más que volver a dibujar la línea con el sentido contrario al que está y hacer los cambios correspondientes en los atributos.

Al mismo tiempo se debe tomar en cuenta que luego de hacer los cambios en el shape para el análisis de rutas se debe volver a generar la Geodatabase, el Network Dataset, etc., para que los cambios hechos sean asumidos.

También hemos concluido en este capítulo que la extensión Network Analyst tiene una forma muy eficaz para encontrar soluciones a problemas de redes viales, ya que permite estudiar y analizar de mejor manera el enrutamiento óptimo de rutas de un punto a otro punto y encontrar la mejor ruta.

## CAPÍTULO 4. GLOBAL POSITIONING SYSTEM "GPS".

### INTRODUCCIÓN.

Global Positioning System (GPS) es una tecnología que toma mucha importancia hoy en día, este capítulo describe la forma de trabajar con GPS para el manejo de rutas de la ciudad de Cuenca y rutas de las vías del Ecuador.

Son abordados directamente conceptos teóricos básicos de los Sistemas de Posicionamiento Global, se describe las herramientas necesarias para subir la información al GPS; y llegar a la aplicación práctica de análisis de rutas.

Se explicara a breves rasgos el manejo de Garmin MapSource software utilizado por los receptores Garmin herramienta completa para administrar las unidades GPS Garmin utilizado en el desarrollo de esta tesis, para que el usuario este familiarizado con esta herramienta.

#### 4.1. Global Positioning System.

Global Positioning System o Sistema de Posicionamiento Global más conocido con las siglas GPS, es un sistema (Figura 4.1) de navegación basado en 24 satélites denominada NAVSTAR (Anexo 4), satélites que están en órbita a unos 20000Km., de la Tierra. El GPS funciona en cualquier condición climatológica, en cualquier parte del mundo las 24 horas del día. Esta red de satélites transmite información codificada haciendo posible identificar exactamente las localizaciones en la tierra midiendo la distancia desde los satélites. ([www.trend-tek.com](http://www.trend-tek.com)).

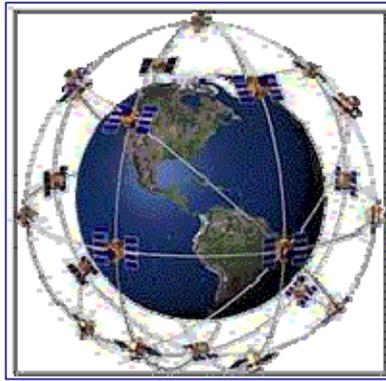


Figura 4.1. Sistema GPS. (Tomado de Introducción a la orientación con GPS; Mateos, José Pérez)

La red de satélites es propiedad de los Estados Unidos de América, razón por la cual antes del 2 de mayo del 2000 el ejército de este país introducía un margen de error de hasta 100 metros lo que se denominaba SA (Selective Availability, "Disponibilidad Selectiva"), esto lo hacía para evitar que en conflictos bélicos el enemigo pueda utilizarlos.

Conociendo este margen de error e introduciéndolo en el GPS el cálculo (Figura 4.2) era igualmente preciso pero esta información solo estaba al alcance del ejército, es desde el 2 de mayo del 2000 que el GPS se encuentra disponible para todo el mundo sin ninguna clase de limitación. (Introducción a la orientación con GPS. Mateos, José Pérez).

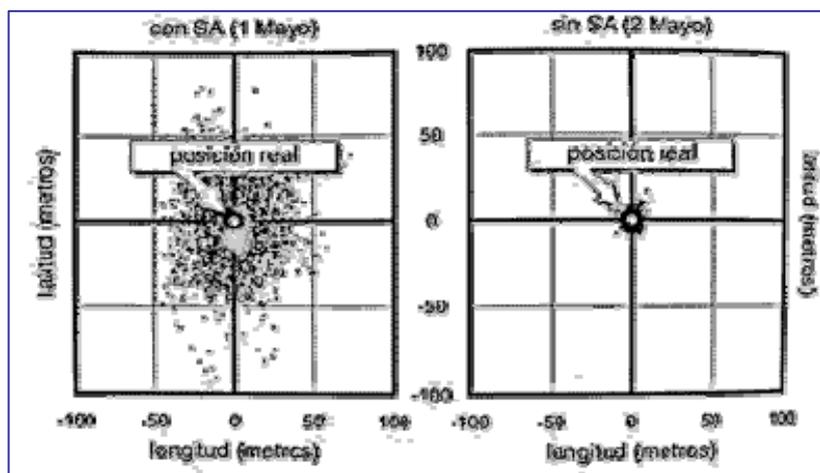


Figura 4.2. Cálculo con SA y sin SA. (Tomado de Introducción a la Orientación con GPS; Mateos, José Pérez)

#### **4.1.1. Funcionamiento del GPS.**

Los 24 satélites giran alrededor de la tierra (dos vueltas al día) dentro de una órbita (6 órbitas alrededor de la tierra, con una inclinación aproximada de 55° respecto del Ecuador) muy precisa transmitiendo señales a la tierra que indican su ubicación y la hora en el mismo instante que se efectúa alguna operación con el GPS. Los receptores de GPS reciben esta información y la utilizan para triangular y calcular la localización exacta del receptor, el receptor GPS en la tierra compara el tiempo que toma una señal que se transmite desde uno de los satélites en el espacio, con el tiempo en que esta misma señal es recibida por el receptor, cuando el receptor estima la distancia de al menos cuatro satélites GPS, puede calcular su posición en tres dimensiones: Longitud, Latitud y Altitud: estos valores son calculados rápidamente para ubicar en un mapa electrónico a un usuario. (Introducción a la orientación con GPS. Mateos, José Pérez).

La distancia se mide por el siguiente criterio: su distancia desde un satélite dado es igual a la velocidad de transmisión de la señal multiplicada por el tiempo que toma la señal en alcanzarlo, es decir  $\text{Distancia} = \text{Velocidad} \times \text{Tiempo recorrido}$ . (Guía para novatos de GPS. Oswaldo Marretos).

En la actualidad los GPS tienen una gran demanda por la información que el usuario puede manejar: puntos de interés, mapas, sistema de uso general como optimización de rutas, etc. Este sistema permite hacer posicionamientos por medición o variación de distancias entre las antenas emisoras de los satélites y la receptora del equipo. ([www.trend-tek.com](http://www.trend-tek.com)).

#### **4.1.2. Sistemas de Proyecciones.**

Para que el GPS nos muestre la situación sobre el globo terrestre necesitamos un sistema de coordenadas que permita establecer la posición

real en la que estamos. Existen muchos sistemas de coordenadas en la actualidad pero hablaremos de dos sistemas de coordenadas muy conocidas: Coordenadas Geográficas y Coordenadas UTM.

#### 4.1.2.1. Proyecciones Geográficas (Latitud/Longitud)

Proyecta paralelos (líneas de latitud) y meridianos (líneas de longitud) sobre la superficie de la tierra, es el sistema mas utilizado hoy en día (Figura 4.3), el ecuador es el paralelo de referencia. La posición queda definida por la intersección de un paralelo y un meridiano.

Los meridianos cortan perpendicularmente a los paralelos y pasan por los polos Norte y Sur, las latitudes son positivas si pasan por encima del ecuador, y por debajo son negativas. Las longitudes se miden al este del meridiano de Greenwich con valor positivo, y al oeste con valor negativo ó indicando la dirección N, S, E, O. Latitud y longitud se expresan en grados, minutos y segundos (DDMMSS). (Introducción a la orientación con GPS. Mateos, José Pérez).

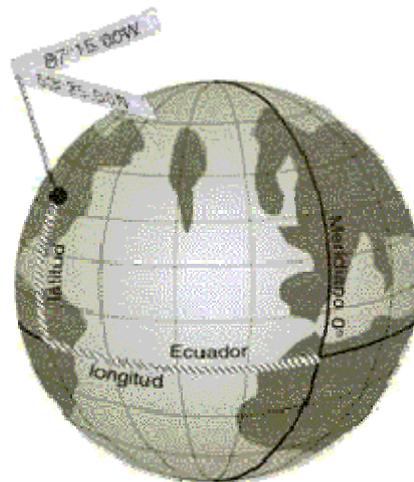


Figura 4.3. Proyecciones Geográficas (Latitud/Longitud). (Tomado de Introducción a la orientación con GPS; Mateos, José Pérez)

#### 4.1.2.2. Proyecciones Planas

Se realiza proyecciones sobre un hipotético cilindro transversal, que va girando alrededor del eje Norte – Sur, el resultado son los husos o zonas UTM, donde se proyectan pequeñas zonas del globo sobre superficies planas (Figura 4.4.). (Introducción a la orientación con GPS. Mateos, José Pérez).

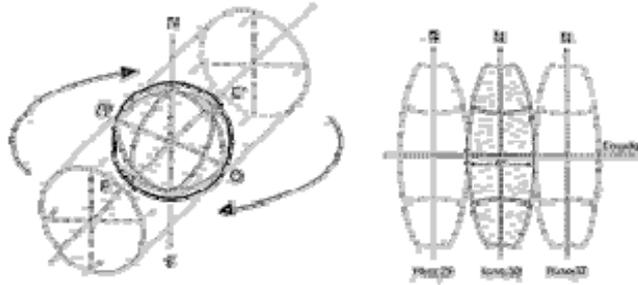


Figura 4.4. Proyecciones Planas "UTM". (Tomado de Introducción a la orientación con GPS; Mateos, José Pérez)

La posición se define por tres elementos: zona en que se encuentra, la coordenada E (eje horizontal) y la coordenada N (eje vertical), estas coordenadas son las distancias lineales en metros a los ejes E y N de referencia dentro de cada zona.

Cada huso tiene seis grados de anchura en su parte central y la tierra queda cubierta con 60 husos. Debido a que los husos se deforman a medida que nos alejamos del ecuador, la proyección UTM queda limitada entre los paralelos 84° N y 80° S.

### 4.2. Manejo del GPS.

#### 4.2.1. Inicialización

En todo receptor GPS cuando se encienda deberá ser inicializado con esto el GPS sabrá cuales son los satélites que tiene que buscar evitando que

tarde en ubicarse y suministrar una posición. La inicialización puede hacerse de tres maneras:

- Podemos seleccionar de una lista el país en el que nos encontramos.
- Auto localización donde el GPS intentara localizarse.
- Simplemente esperar a que el GPS adquiriera satélites con la información que tiene guardada desde la última vez que lo apago.

#### **4.2.2. Ajuste Dátum.**

Un Dátum no es otra cosa que un modelo aproximado de la forma del geoide para esa zona específica, un geoide es un elipsoide algo achatado en los polos; es decir la tierra no es regular lo que hace que la proyección de su superficie sobre un mapa tome en cuenta estas irregularidades razón por la que se utiliza un dátum.

WGS84 es el Dátum utilizado por los GPS para almacenar en memoria todos los cálculos y los datos, la cartografía de cada región tiene establecido un determinado Dátum para que esto no afecte los cálculos del receptor GPS esté convierte la información de ese Dátum al Dátum WGS84.

#### **4.3. Tecnologías Receptores GPS**

En la actualidad y con el avance acelerado estos últimos años de la tecnología es muy fácil encontrar receptores GPS diseñados con multicanales en paralelo, estos receptores paralelos tienen de entre 5 y 12 circuitos receptores, en otras palabras tienen de 5 a 12 multicanales cada uno dedicado a la señal de un satélite en particular, la ventaja de que estos

sean paralelos es que son rápidos en la captura de la información de los satélites.

#### 4.4. Fuentes de Errores

Hoy en día sería algo inútil tratar de ocultar ciertos errores de posición que puede cometer los receptores GPS debido a factores como:

- *Señal multi – vía.* Este error ocurre cuando hay interferencia entre la señal al GPS y objetos como edificios altos o superficies grandes, antes de alcanzar el receptor, esto hace que aumente el Tiempo de Arribo de la señal.
- *Resistencia de la Ionosfera y la Troposfera.* El error aquí es la cantidad de retraso debido a que la señal del satélite se retrasa al atravesar la atmósfera.
- *Reloj del receptor GPS.* El reloj incorporado puede tener un pequeño error de cronometraje lo que interfiere en el cálculo final.
- *Números de satélites visibles.* Si el receptor puede captar un mayor número de satélites mejor es la exactitud, esta exactitud es afectada por la interferencia electrónica, edificios, etc., ya que pueden bloquear la recepción de la señal, produciendo errores de posición.
- *Errores Ephemeris “Errores Orbitales”.* Se le conoce como errores orbitales a las inexactitudes reportadas de los satélites de su localización.
- *Sombreado Satelital y Geometría.* Se refiere expresamente a la posición relativa de los satélites en un momento dado, no se produce ningún error cuando la geometría del satélite o de los satélites están

localizados en un ángulo amplio relativo a otros, es decir el error se produce cuando los satélites están localizados en una línea muy estrecha.

- *Degradación internacional de la señal del satélite.* Se le conoce como SA "Selective Availability con su traducción en español Disponibilidad Selectiva" (Figura 4.2), este error se daba hasta el 2 de mayo del 2000 cuando el ejército manipulaba los satélites para impedir que los adversarios militares usen las señales exactas de los GPS.

#### **4.5. Software MapSource.**

MapSource es un programa que permite de forma gráfica mandar mapas vectoriales desde el ordenador al receptor GPS y viceversa, es una herramienta propia de Garmin permite entre muchas cosas crear rutas, tracks, waypoints, etc., Muchos de los mapas que se utilizan en MapSource tienen que ser desbloqueados si se necesita utilizar todo el mapa tiene un código de desbloqueo de 25 caracteres, y si necesita utilizar parte de una región del mapa se utiliza un código de cupón que esta compuesto de 8 caracteres. Todos los pasos descritos de aquí en adelante se tomo del Manual de Usuario MapSource de Garmin (<http://www.garmin.com>,2008).

##### **4.5.1. Partes del MapSource**

En la ventana de Mapsource encontrara 5 partes principales: Barra de Herramientas, Fichas de Datos, Barra Separadora, Mapa de Gráficos, Barra de Estado.

#### 4.5.2. Cargar mapas.

Para cargar los mapas a la unidad GPS Garmin, tenemos que seguir estos tres pasos:

1. Conectar la unidad GPS Garmin al Pc.

2. Seleccionar los mapas que desee enviar al GPS. Para haga clic en *Herramientas > Mapa*, mueva el mouse por encima del mapa de gráficos, al hacer esto cada región marcada aparece de color amarillo, el tamaño y el nombre de la región aparecen en la barra de estado, si selecciona mas de una región las áreas aparecen sombreadas en color rosado.

*Conjunto de Mapas.* Se denominan así a las regiones que son seleccionadas por el usuario, y estos se indican en la ficha de Mapas donde se podrá observar el nombre y tamaño de cada región seleccionado.

Para seleccionar mapas en función de waypoints, rutas o caminos, deberá hacer clic con el botón derecho del mouse en un waypoint, ruta o camino en la ficha de datos un clic en *Seleccionar mapas alrededor de un (waypoint/ruta/camino)* en el menú de accesos directos.

Si los mapas son distintos a diferentes productos de MapSource al momento de cargarse estos se superponen y deberá desactivar el mapa superior para ver el que hay debajo.

3. Transferir los mapas a la unidad GPS. Para esto debe contar con:

- *Cable serie o USB.*
- *Programador de Tarjetas de datos USB.* Puede utilizar este método si la unidad de GPS usa una tarjeta de datos Garmin no preprogramada.

- *Lector de tarjetas Compact Flash (CF) o Secure Digital (SD):* si la unidad GPS utiliza una tarjeta CF o SD, podrá comprar lectores de tarjetas de otros fabricantes para transferir los datos.

Cada vez que se transfieren mapas a una tarjeta de datos, borra por completo todos los datos almacenados en la tarjeta y los reemplaza con los nuevos datos, pero si se transfieren waypoints, rutas o caminos no se borrarán los mapas de la tarjeta.

#### **4.5.3. Recargar la base de Datos POI.**

Si el GPS incluye una base de datos de Puntos de Interés (POI), aparecerá un mensaje de advertencia si se borra estos datos precargados antes de guardar los mapas de MapSource, estos se podrán restaurar descargándolos del sitio Web de Garmin, para recargar los puntos de interés deberá:

- Visitar el sitio <http://www.garmin.com>
- Haga clic en *Updates & Downloads*.
- Haga clic en el nombre de la unidad GPS.
- En *Unit Software*, haga clic en *Download*.
- Clic en la opción para aceptar los términos del acuerdo de Licencia del software.
- En *Download Preloaded POI Database*, haga clic en *Download*.

Con estos pasos todos los mapas *Mapsource* de la unidad GPS se borrarán y se reemplazarán con la base de datos de puntos de interés.

#### **4.5.4. Enviar datos a la unidad GPS.**

Si la unidad GPS tiene una tarjeta de almacenamiento, compruebe que la tarjeta se haya insertado correctamente en la unidad, conecte la unidad

GPS al equipo y seleccione la opción Garmin para la transferencia de datos de la unidad.

- Seleccione los datos que desee enviar a la tarjeta o unidad GPS, los datos se muestran en la ficha correcta, al lado izquierdo de la pantalla.
- Haga clic en *Transferir > Enviar a dispositivo...*, si el nombre del lector de tarjetas o unidad GPS no aparece automáticamente en el menú *Dispositivo*, haga clic en *Buscar dispositivo*.
- Si se utiliza un "Programador de tarjeta de datos USB" aparecerá en el campo *Dispositivo*.
- Haga clic en *Enviar*, automáticamente MapSource comenzará a enviar datos a la unidad GPS o lector de tarjetas, una vez comenzada la transferencia de datos, podrá marcar la casilla junto a *Desconectar GPS tras la transferencia*, si está disponible.

#### **4.5.5. Recibir datos de la unidad GPS.**

Si la unidad GPS tiene una tarjeta de almacenamiento, compruebe que la tarjeta se haya insertado correctamente en la unidad, conecte la unidad GPS al equipo y seleccione la opción Garmin para la transferencia de datos de la unidad.

- Haga clic en *Transferir > Recibir de dispositivo.*, si el nombre del lector de tarjetas o unidad GPS no aparece automáticamente en el menú *Dispositivo*, haga clic en *Buscar dispositivo*.
- Si se utiliza un "Programador de tarjeta de datos USB" aparecerá en el campo *Dispositivo*.

- Si se utiliza un lector de tarjeta CF o SD, seleccione la letra de la unidad correcta en el campo *Dispositivo*.
- Haga clic en *Recibir*, automáticamente MapSource comenzara a recibir datos a la unidad GPS o lector de tarjetas, los datos se muestran en la ficha correcta, al lado izquierdo de la pantalla.

#### **4.5.6. Waypoints.**

Los receptores GPS pueden almacenar una posición o un lugar determinado en su memoria, un Waypoints "Punto del camino" que sea almacenado contiene las coordenadas de la posición que define en donde estamos ubicados, cada Waypoints debe ser guardado con un nombre el mismo que lo identifica y hace que sea único y distinguible de los demás Waypoints que se puedan seguir creando.

Hoy en día la mayoría de receptores GPS permiten guardar de forma opcional la fecha de creación, hora, comentarios, valores de altitud, y permiten asociar un icono/imagen para describir un determinado Waypoints, es así que el usuario puede describir si ese Waypoints en particular es un sendero, la cima de una montaña, etc.

Por medio de los receptores GPS se puede almacenar muchos Waypoints al mismo tiempo, y tienen la capacidad de *Ir a* (Goto) un Waypoints en particular, el GPS puede dirigirse en tiempo real hacia ese Waypoints trazando una línea recta que va desde la posición actual en la que nos encontramos ya que sabe cuales son las coordenadas de ese Waypoints, el GPS indica a donde se debe ir mediante una flecha.

#### 4.5.6.1. Crear Waypoints.

Cuando se crea un Waypoint, MapSource automáticamente asigna un nombre al waypoint en base a su ubicación, si este waypoint es creado en una función de mapa existente, MapSource asignará un nombre según la función, si al contrario un waypoint se crea en una ubicación abierta, MapSource asigna un nombre al waypoint con un número, cada waypoint creado aparecerá en la ficha Waypoints en la lado izquierdo de la pantalla. Para crear los Waypoints:

- Haga clic en *Herramientas > Waypoint*.
- Ubique el lugar y haga clic en cualquier punto en el mapa de gráficos para crear un waypoint exactamente en ese punto, para crear un waypoint en el centro del mapa de gráficos, pulse *Ctrl + W* en el teclado, con esto aparecerá el cuadro de diálogo *Propiedades de waypoint*.
- Si es necesario cambie las propiedades del waypoint de ser necesario, esto lo logra haciendo clic en *Más detalles* para ver todas las propiedades del waypoint disponibles.
- Clic en *Aceptar* para guardar el waypoint, si desea salir sin crear el waypoint haga clic en *Cancelar*.

#### 4.5.6.2. Editar Waypoints.

Para editar las propiedades de un Waypoint abra el cuadro de diálogo Propiedades del waypoint:

- Haga doble clic en el nombre de un waypoint en la lista de la ficha Waypoints.
- Clic en el botón de la herramienta *Selección*, doble clic en un waypoint del mapa de gráficos.
- Clic en el botón derecho del mouse en cualquier waypoint en la ficha waypoints o en el mapa de gráficos, seleccione *Propiedades de waypoint*.

#### 4.5.7. Buscar lugares.

Haga clic en el botón *Buscar* para abrir el cuadro de diálogo Buscar lugares así podrá buscar ciudades, puntos de interés, intersecciones, waypoints, etc. MapSource utilizará una lista automática para dar sugerencias usted podrá utilizar esta lista o escribir directamente el nombre que desee.

##### 4.5.7.1. Encontrar un lugar.

- Clic *Ver > Buscar lugares*
- Clic en una de las fichas: Ciudad, punto de referencia, dirección o intersección.
- Seleccione/Escriba el criterio de búsqueda.
- Clic en *Buscar* para mostrar la lista de sitios que coincidan en la lista de lugares.

- Clic para resaltar el lugar correcto en la lista, este lugar aparecerá en el mapa de gráficos.
- Clic en *Convertir en waypoint* si desea guardar el lugar como un waypoint, clic en *Aceptar* para cerrar el cuadro de diálogo Buscar lugares, clic en *Cancelar* para cerrar y regresar a la parte del mapa que estaba viendo antes.

#### **4.5.7.2. Encontrar lugares más cercanos y encontrados recientemente.**

- Clic en *Buscar lugares más cercanos*, para abrir el cuadro Buscar lugares más cercanos, donde podrá buscar puntos de referencia y otros lugares cercanos a una ubicación específica en el mapa de gráficos, podrá buscar lugares cercanos a un waypoint, cualquier ubicación en el mapa.
- Clic en el botón *Lugares encontrados recientemente* para abrir el cuadro de diálogo Lugares encontrados recientemente, donde podrá ver una lista de lugares que ha buscado recientemente.

#### **4.5.8. Crear y editar rutas.**

Las rutas indican cómo ir de un lugar a otro, dependiendo del software podrá crear una ruta de línea recta (ruta directa) o una ruta de caminos con giros (ruta automática).

La ruta se crea usando los Waypoints en sí es la definición de un número determinado de Waypoints tomando en cuenta el orden en el que están vinculados para generar una determinada ruta.

Las rutas en si se parecen a los Caminos (ambos definen un recorrido ya hecho o por hacerlo) pero tienen diferencias marcadas entre ellas tenemos:

- Con las rutas se puede definir tramos (Legs), estos tramos son los espacios que hay entre dos Waypoints de la ruta, el GPS sabe en que tramo se encuentra ya que cada Waypoints tiene su nombre además sabe la distancia que queda para llegar al siguiente Waypoints de la ruta, una vez que se llegue a ese Waypoints el GPS va al siguiente Waypoints que esta en la lista y así continua navegando hasta que la ruta se complete.
- Una ruta no tiene muchos Waypoints como puntos del Track, razón por la cual una ruta rara vez especifica un recorrido también como un Track; algunos receptores permiten definir una decena o una centena de Waypoints, no más.

#### 4.5.8.1. Crear rutas.

Podrá crear y modificar rutas en MapSource utilizando el cuadro de diálogo *Propiedades de ruta*, la herramienta *Ruta*, o la ficha waypoints, una ruta puede contener distintos puntos; cada punto se conoce como un punto vía.

- Pulse *Ctrl + R* o haga clic en *Editar > Nueva ruta* para abrir el cuadro de diálogo *Propiedades de ruta*.
- Para agregar un waypoint existente a la ruta, haga clic en *Insertar waypoint*, seleccione el waypoint en la lista que aparece, para seleccionar distintos waypoints, pulse la tecla *Ctrl* o *Mayús* y haga clic en distintos waypoints, clic en *Aceptar*.
- Para agregar una ciudad, punto de interés, dirección o intersección, haga clic en el botón *Buscar lugares* dentro del cuadro de diálogo.

- Repita los pasos del 2 al 3 hasta que termine de agregar puntos a la ruta, cada punto que agregue aparece en la lista (por orden de selección) de la ficha Puntos vía.
- Para reordenar los puntos en la lista, resalte cada punto y haga clic en las flechas para moverlo hacia arriba o hacia abajo en la lista, para reordenar los puntos del último al primero, haga clic en *Invertir*. Para ver los puntos en el mapa, resalte cada punto y haga clic en *Mostrar en el mapa*, o marque el cuadro junto a *Centrar mapa en el elemento seleccionado* para ver cada punto en el centro del mapa. Haga clic en *Aceptar* para guardar la nueva ruta.

#### **4.5.8.2. Editar rutas.**

Podrá editar rutas directamente en el mapa de gráficos o utilizando el cuadro de diálogo Propiedades de ruta, desde la ruta del mapa de gráficos, puede agregar, mover y eliminar waypoints utilizando la herramienta Selección. Desde el cuadro de diálogo Propiedades de ruta, puede:

- Agregar puntos a una ruta.
- Cambiar el nombre de una ruta.
- Invertir una ruta.
- Vincular un archivo o URL a una ruta.
- Ver un perfil vertical para una ruta.
- Ver e imprimir direcciones para una autorruta.
- Eliminar una ruta.

##### **4.5.8.2.1. Tracks/Caminos.**

Un Track son varios Waypoints sin nombres que están relacionados unos detrás de otros para definir un recorrido, a esto le podemos llamar Puntos de

Tracks, a diferencia con los Waypoints no se puede asociar un icono ni comentarios pero el GPS asigna a cada punto del Track el valor de la altitud, hora y fecha de creación.

Algunos receptores GPS pueden guardar un track de 10000 a 50000 de esos puntos de tracks; lo que permite tener mucha información como la distancia total recorrida, tiempo total de recorrido, tiempo que estamos parados, velocidad de subida, velocidad de bajada, pendientes, etc., lo que permite identificar los lugares que estamos recorriendo.

Hoy en día los receptores GPS tienen programas internos que hacen posible crear y guardar un track mientras estamos navegando, si este archivo del track es subido al Internet cualquier persona puede bajarlo y cargarlo en su GPS y simular el mismo recorrido, y se lo puede hacer en las dos direcciones posibles: desde el principio al final o viceversa.

Los caminos son como pequeñas huellas en el mapa de gráficos que le muestran exactamente dónde ha estado. El camino aparece como una línea punteada compuesta por puntos del camino, a medida que se mueve, la unidad GPS registra un punto del camino cada segundo (de acuerdo al valor predeterminado) con el tiempo, su posición y velocidad, los caminos recibidos de la unidad GPS aparecen en la ficha Caminos después de que se hayan recibido, pueden ver caminos en el mapa de gráficos y editarlos en el cuadro de diálogo Propiedades de camino.

Haga doble clic en cualquier camino en la ficha Caminos para abrir el cuadro de diálogo Propiedades de camino, puede cambiar el nombre del camino, invertir el camino, ver un perfil vertical del camino, y ver y editar puntos del camino. [www.garmin.com](http://www.garmin.com)

#### 4.6. Práctica GPS.

En este punto indicamos la secuencia paso a paso de la ruta: Huayna – Cápac al Mall del Río en la ciudad de Cuenca, se utiliza el GPS Garmin Nuvi.



Escoger Destino



Escoger Puntos de Interés



Escoger Deletrear Nombre



Nombre ingresado (destino final)



Opción que nos da el GPS, coincide con el destino



Información de ruta, escoger Ir



El GPS indica que siga 400 metros y gire a la izquierda



El GPS indica que siga 100 metros y gire a la izquierda



GPS indica seguir 20 metros y girar a la derecha



GPS indica seguir 450 metros y girar a la derecha



Siga 300 metros y gire a la derecha



Siga 110 metros y gire a la derecha



1.4 Km. gire a la izquierda



950 metros y gire a la izquierda



750 metros y gire a la izquierda



500 metros y gire a la izquierda



300 metros y gire a la izquierda



50 metros y gire a la izquierda



20 metros y gire a la izquierda



350 metros y gire a la derecha



200 metros y gire a la derecha



80 metros y gire a la derecha



40 metros y gire a la derecha



40 metros y gire a la derecha



750 metros y gire a la izquierda



550 metros y gire a la izquierda



20 metros y gire a la izquierda



70 metros y gire a la izquierda



Llegada

## CONCLUSIONES

Se ha conseguido un producto Cartográfico que se puede aplicar para navegación vial con aparatos GPS, con información geográfica de la Ciudad de Cuenca y del Ecuador.

El mapa base de un equipo con cartografía siempre se mantiene, a menos que el usuario manipule por medio del software que esto no se de.

La depuración de la información como el desarrollo de aplicaciones de las redes viales de la ciudad de Cuenca y del Ecuador para la utilización en navegadores GPS facilitara la determinación de las rutas mas cortas entre dos puntos, aplicando el funcionamiento de los componentes de ArcGis.

La marca registrada Garmin tiene GPS muy fáciles de manejar y que funcionan muy bien y sin ningún problema con mapas.

Los receptores GPS no trabajan en interior de casas, cuevas, garajes de estacionamientos subterráneos, bajo tierra o bajo agua, a mayor claridad del cielo mejor será la recepción de la información de los satélites. Las exactitudes de los receptores GPS esta en el rango de los 6 a 12 metros (20 – 40 pies).

## RECOMENDACIONES

Con el desarrollo de esta tesis recomendamos que todos los tutoriales descritos en la bibliografía sean revisados y estudiados por cualquier usuario ya que es una guía fácil y práctica de cómo trabajar con ArcGis, con la extensión Network Dataset, con GPS y el software MapSource.

Se recomienda que el desarrollo de aplicaciones de las redes viales de la ciudad de Cuenca y del Ecuador para la utilización en navegadores GPS se han estudiados y desarrollados a mayor profundidad por la Universidad del Azuay.

Al mismo tiempo que sería una gran ayuda para los posibles desarrolladores de futuras aplicaciones de cartografía en receptores GPS por parte de las Instituciones educativas faciliten la adquisición de licencias y receptores GPS.

Se recomienda que las instituciones educativas se expandan mas en el desarrollo de aplicaciones GPS ya que en la actualidad significa de mucha ayuda para una sociedad que crece aceleradamente en todos los ámbitos y que necesitan hacer sus aplicaciones para resolver los diversos y variados problemas que tienen cada uno de los usuarios.

El estudio de herramientas Mappedit, OzziExplorer, etc., herramientas que trabajan muy bien con los GPS, las instituciones educativas podrían invertir en las licencias necesarias para que el alumno estudie de una manera más fácil estas herramientas.

## BIBLIOGRAFÍA

- COMAS, David y RUIZ, Ernesto. Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica. Barcelona: Editorial Ariel, 1993.
- OCHOA A. Paúl. Tutorial ArcGis. Septiembre 2008.
- ENVIRONMENTAL SYSTEM RESEARCH INSTITUTE. What is ArcGis 9.2? Redlands, California: [s.n], 2006.
- RODRIGO Nóbrega – Traducido al Español por Retamal Muñoz, Luís Hernán. Qué es ArcGIS 8? Redlands, California [s.n], 2003.
- ZEILER, Michael. Modeling Our World: The ESRI to Geodatabase Design, ESRI 1999.
- LLOPIS, Peña Juan. Sistemas de Información Geográfica Aplicados a la Gestión del Territorio: Entrada, Manejo, Análisis y Salida de Datos Espaciales: Teoría General y Práctica para ESRI ArcGis 9, Illustrated, 310 páginas, 2006.
- FRANCO, Rodolfo (2001 – 2007) Modelos Vector y Ráster. [http://www.udistrital.edu.co/comunidad/profesores/rfranco/vector\\_raster.htm](http://www.udistrital.edu.co/comunidad/profesores/rfranco/vector_raster.htm)
- BARRIENTOS MARTÍNEZ Miguel Ángel. Network Analyst, el Análisis de Redes desde ArcGis. <http://www.mediafire.com/?5dyqctodwyl>
- GARMIN Corporation. <http://www.garmin.com>,2008.

- ENVIRONMENTAL SYSTEM RESEARCH INSTITUTE. ArcGis Desktop Help, ArcGis Network Analyst Tutorial. Redlands, 2006.
  
- Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2009. "Sistema de Información Geográfica", <http://mx.encarta.msn.com>© 1997-2009 Microsoft Corporation.
  
- DELGADO I, Omar. Proyección de coordenadas desde UTM - PSDA56 a UTM - WGS84, 2003.
  
- Puch, Carlos (2000). Manual práctico de GPS. Ediciones Desnivel.
  
- Introducción a la orientación con GPS. Mateos, José Pérez, 2000.
  
- Guía del GPS para Novatos. Oswaldo Marrero.
  
- The GIS Software Leader., <http://www.esri.com>
  
- Introducción a los SIG. [http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST\\_Raster.htm](http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST_Raster.htm)
  
- Tecnología y desarrollos aplicados al GPS., [www.trend-tek.com](http://www.trend-tek.com)
  
- Qué es y qué significa GPS?. [http://www.rnds.com.ar/articulos/017/RNDS\\_100W.pdf](http://www.rnds.com.ar/articulos/017/RNDS_100W.pdf)
  
- Sistemas de Información Geográfica. <http://www.sigsa.info>

## ANEXOS

### Anexo 1.

➤ **Atributos agregados al Shapefile de la Ciudad de Cuenca.**

CAMPO	TIPO	PRECISIÓN/LENGTH	SCALE
FT_MINUTES	DOUBLE	11	2
TF_MINUTES	DOUBLE	11	2
METERS	DOUBLE	11	2
HIERARCHY	DOUBLE	11	2

➤ **Atributos agregados al Shapefile Vías del Ecuador.**

CAMPO	TIPO	PRECISIÓN/LENGTH	SCALE
METERS	DOUBLE	11	2
HIERARCHY	DOUBLE	11	2

## Anexo 2.

➤ **Asignación de Jerarquía de acuerdo al Tipo de Vía.**

TIPO	JERARQUÍA	VELOCIDAD (METROS/HORA)
Carretera	1	95000
Avenida	2	75000
Calle	3	65000
Retorno	4	20000
Sin Especificar	5	20000

➤ **Variables de cálculo de acuerdo al Tipo.**

TIPO	VARIABLES DE CÁLCULO
Carretera	$([Meters]*60)/95000$
Avenida	$([Meters]*60)/75000$
Calle	$([Meters]*60)/65000$
Retorno	$([Meters]*60)/20000$
Sin Especificar	$([Meters]*60)/20000$

### Anexo 3.

#### ➤ Fórmula Hierarchy.

Considerando que F2 es el primer valor de la columna F que le corresponde al campo Tipo:

=SI(F2="CARRETERA";1;SI(F2="AVENIDA";2;SI(F2="CALLE";3;SI(F2="RETORNO";4;5))))

#### ➤ Fórmula para FT y TF.

El criterio para llenar estas dos columnas es utilizar la siguiente fórmula:  $T = (M * K) / V$ . Donde:

Variables	Valores
T	Tiempo de Desplazamiento
M	Columna Meters (distancia del segmento)
K	Constante de tiempo 60 minutos
V	Velocidad según la jerarquía

## **Anexo 4.**

### **Segmentos del GPS**

Segmento Espacial. Consiste en por lo menos 24 satélites, es el corazón del sistema. Los satélites están en lo que se llama una "órbita alta" aproximadamente 12,000 millas sobre la superficie terrestre. Los satélites se colocan en sus órbitas para que un receptor GPS en la tierra siempre pueda recibir por lo menos cuatro de ellos en cualquier momento dado. Los satélites están moviéndose a velocidades de 7,000 millas /hora (11.270 Km. /h) que les permite rodear la tierra una vez cada 12 horas. Ellos operan por energía solar y se construyeron para durar aproximadamente 10 años. Si la energía solar falla (eclipses, etc.), ellos tienen baterías auxiliares para mantenerlos operativos. Estos también tienen cohetes propulsores pequeños para mantenerlos en la trayectoria correcta. La señal viaja, en "Línea de Mira" lo que significa que atravesarán las nubes, vidrio y plástico, pero no atravesarán la mayoría de los objetos sólidos como los edificios y montañas.

Segmento de Control. El segmento de Control "controla" los satélites GPS rastreándolos y luego suministrándoles información de la orbita y hora (tiempo) correcta. Existe cinco estaciones de Control localizadas alrededor del mundo: las cuatro estaciones receptoras sin personal humano constantemente reciben datos de los satélites y retransmiten esa información a la estación de Control Maestro. La estación de Control Maestro "corrige" los datos del satélite y, junto con otras dos antenas, envía la información corregida a los satélites GPS.

Segmento del Usuario. El segmento del usuario consiste en usted y su receptor GPS. Este segmento del usuario consiste en médicos, pilotos, excursionistas, cazadores, ejército y cualquiera que quiera saber donde está, dónde han estado o a donde van. (Introducción a la orientación con GPS. Mateos, José Pérez, 2000).