



**Universidad del Azuay**

**Facultad de Ciencias de la Administración**

**Escuela de Ingeniería de Sistemas**

**Tutorial de prácticas de Network Analyst en ArcGis 9.1 y  
en un Servidor de Mapas**

**Monografía de graduación previa a la obtención del título  
de Ingeniero de Sistemas**

**Autoras: Paola Dávila y Tatiana Dávila**

**Director: Ing. Paúl Ochoa**

**Cuenca, Ecuador  
2008**



2.3.1	Agregar atributos al archivo shape de líneas.....	13
3.	Añadir información en ArcMap y Editar las capas.....	14
3.1	Edición de la capa de polígonos.....	15
3.2	Edición de la capa de puntos.....	17
3.3	Edición de la capa de líneas.....	20
3.3.1	¿Cómo llenar los campos principales de la tabla de atributos de líneas? (la base para el networkdataset).....	24
3.3.1.1	El atributo de Distancia (meters).....	25
3.3.1.2	El atributo de sentido de calles (oneway).....	26
3.3.1.3	El atributo de Jerarquía (Hierarchy).....	27
3.3.1.4	El atributo de tiempo (minutes).....	28
4.	PRÁCTICA 2: Creación de una geodatabase desde ArcCatalog.....	31
4.1	Exportar a la geodatabase un shapefile con datos.....	33
4.2	Crear un Feature Dataset con referencia espacial de un Feature Class.....	34
4.3	Agregar un Feature Class a un Feature Dataset.....	36
5.	PRÁCTICA 3: Crear un shapefile basado en un network dataset.....	38
6.	PRÁCTICA 2: Crear un network dataset basado en una geodatabase...50	
7.	PRÁCTICA 5: Encontrar la mejor ruta utilizando un network dataset.....	58
8.	PRÁCTICA 6: Encontrar las entidades de auxilio más cercanas.....	69
9.	PRÁCTICA 7: Crear un modelo para análisis de rutas.....	76
10.	Network Analyst en un Servidor de Mapas.....	85
11.	Conclusiones.....	91
12.	Recomendaciones.....	92
	Bibliografía.....	93
	Anexos.....	94

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS

Figura 1. Tipos de Redes: Ejes y Nodos.....	2
Figura 2. Ejemplo de distancia euclidiana entre 2 puntos.....	4
Figura 3. Ejemplo de distancia planimétrica basada en la infraestructura disponible entre el punto 1 y el punto 2 .....	5
Figura 4. Diferencia entre distancia real y planimétrica.....	5
Figura 5. Creación de un shapefile.....	7
Figura 6. Asignación de nombre y tipo al nuevo shapefile.....	8
Figura 7. Como editar sistema de coordenadas.....	8
Figura 8. Selección del sistema de coordenadas.....	9
Figura 9. Configuración de la referencia espacial del shapefile.....	9
Figura 10. Agregar atributos a una tabla.....	10
Figura 11. Creación del archivo de polígonos.....	11
Figura 12. Creación de un shapefile de Líneas.....	12
Figura 13. Selección de un mapa nuevo en ArcMap.....	14
Figura 14. Selección de la herramienta Add Data.....	14
Figura 15. Layer con las capas agregadas (archivos de: puntos "Nodos", polígonos "Manzanas" y líneas "vías").....	15
Figura 16. Activación de la barra de edición "Editor ToolBar".....	15
Figura 17. Configuración para edición del shapefile Manzanas.....	16

Figura 18. Creación de Manzanas dentro del shapefile.....	16
Figura 19. Guardar cambios en el archivo editado.....	17
Figura 20. Configuración para edición del shapefile Nodos.....	17
Figura 21. Graficación de nodos que unirán las vías.....	18
Figura 22. Códigos para los nodos.....	18
Figura 23. Mostrar el campo CODIGO en el mapa.....	19
Figura 24. Códigos respectivos a los nodos ingresados.....	19
Figura 25. Ejemplo de ingreso de valores FNODE_ y TNODE_.....	20
Figura 26. Configuración para edición del shapefile Vías.....	21
Figura 27. Herramienta "Zoom in" para poder unir correctamente el nodo y la vía.....	21
Figura 28. Cambiar la simbología de la vía.....	22
Figura 29. Mostrar el sentido de digitalización de la vía.....	23
Figura 30. Sentido de digitalización de ejemplo.....	23
Figura 31. Tabla de atributos de la capa "Vías".....	24
Figura 32. Ventana "Field Calculator" para el campo "Meters".....	25
Figura 33. Ventana "Field Calculator" configurada para cálculo de perímetro.....	26
Figura 34. Cálculo de valores para la columna HIERARCHY desde Excel.....	28
Figura 35. Asignación de valores de FT_Minutes y TF_Minutes desde Excel....	30
Figura 36. Relaciones y Organización (Geodatabase).....	31

Figura 37. Ejemplo de File Geodatabase, un Feature Dataset, un Network Dataset y un Feature Class.....	32
Figura 38. Creación de una geodatabase desde ArcCatalog.....	33
Figura 39. Exportar a una Geodatabase, un shapefile con datos.....	33
Figura 40. Parámetros para exportación de un shapefile (Feature Class).....	34
Figura 41. Importación del sistema de coordenadas del Feature Class.....	35
Figura 42. Creación del nuevo Feature Dataset.....	36
Figura 43. Agregar un Feature Class a un Feature DataSet.....	37
Figura 44. Estructura de la Geodatabase.....	37
Figura 45. Contenido de la práctica 3 en el árbol de catálogo.....	38
Figura 46. Inicio de creación del archivo tipo network.....	39
Figura 47. Asignación del nombre al nuevo network dataset.....	39
Figura 48. Configuración de la conectividad.....	40
Figura 49. Cuadro de diálogo para la Conectividad.....	41
Figura 50. Asignación de campos de elevación.....	42
Figura 51. Agregar giros o curvas en la red.....	42
Figura 52. Candidatos del Feature Class para el network dataset.....	43
Figura 53. Agregar tiempo de desplazamiento final a la ruta.....	44
Figura 54. Añadir atributo de jerarquía al network dataset.....	45
Figura 55. Designar valores y tipos de jerarquía.....	45
Figura 56. Establecer direcciones de manejo.....	46

Figura 57. Asignación de nombres de calles en el network dataset.....	47
Figura 58. Ajustes para creación del Network dataset.....	48
Figura 59. Cuadro de diálogo para creación de la red.....	48
Figura 60. Visualización del nuevo network dataset generado.....	49
Figura 61. Geodatabase práctica 4.....	50
Figura 62. Creación del network dataset desde la geodatabase.....	51
Figura 63. Asignación del nombre del Network Dataset.....	51
Figura 64. Feature Classes para el network dataset.....	52
Figura 65. Conectividad por defecto.....	52
Figura 66. Asignación de campos de elevación.....	53
Figura 67. Agregar giros o curvas en la red.....	53
Figura 68. Lista de atributos para el network dataset.....	54
Figura 69. Agregar configuraciones de direcciones de manejo.....	54
Figura 70. Propiedades de las direcciones de manejo.....	55
Figura 71. Ventana de evaluación de ajustes para el nuevo network dataset basado en una Geodatabase.....	56
Figura 72. Ventana de diálogo para construir la red.....	56
Figura 73. Visualización del network dataset generado.....	57
Figura 74. Activación de la extensión Network Analyst en ArcMap.....	58
Figura 75. Visualización de la barra de Network Analyst.....	59
Figura 76. Visualización de la ventana Network Analyst.....	59

Figura 77. Layer para análisis de ruta.....	60
Figura 78. Incorporación de 5 paradas o stops en la cartografía.....	61
Figura 79. Botón Layer Properties.....	62
Figura 80. Configuración de propiedades de la capa o layer.....	63
Figura 81. Ajustes de direcciones para las propiedades de la capa.....	63
Figura 82. Ruta poli línea generada en el mapa.....	64
Figura 83. Mostrar direcciones manejadas entre paradas.....	64
Figura 84. Cuadro de direcciones para llegar del punto 1 al 5.....	65
Figura 85. Magnificación de 400% para incluir una barrera en la ruta.....	66
Figura 86. Pasos para agregar barreras a la ruta.....	66
Figura 87. Ruta generada con la barrera integrada a la cartografía.....	67
Figura 88. Guardar la ruta generada como un nuevo archivo shape.....	67
Figura 89. Selección de opción para entidades de auxilio más cercanas....	70
Figura 90. Ventana de Network Analyst y Layer para encontrar las entidades de auxilio más cercanas.....	70
Figura 91. Agregar entidades de auxilio desde un archivo de puntos.....	71
Figura 92. Entidades de auxilio agregadas al mapa como locaciones.....	72
Figura 93. Ubicación del lugar del incidente en el mapa.....	73
Figura 94. Ruta más corta desde el incidente hacia la entidad de auxilio....	73
Figura 95. Opción para ver el detalle de la ruta generada.....	74
Figura 96. Ventana de direcciones a la entidad de auxilio más cercana....	74

Figura 97. Ventana de ArcToolBox.....	77
Figura 98. Selección de Nueva Caja de Herramientas.....	77
Figura 99. Creación de un nuevo modelo desde ArcToolBox.....	78
Figura 100. Selección de la herramienta Make Route para el modelo.....	79
Figura 101. Ventana Make Route Layer para colocar propiedades.....	79
Figura 102. Adición de la entrada del análisis al modelo.....	80
Figura 103. Agregar herramienta Add Locations al modelo.....	80
Figura 104. Agregar puntos de auxilio del layer al modelo.....	81
Figura 105. Modelo completo para el análisis de ruta.....	81
Figura 106. Agregar la herramienta Solve al modelo.....	82
Figura 107. Herramienta Solve agregada y conectada en el modelo.....	82
Figura 108. Adicionar la salida del modelo al mapa.....	83
Figura 109. Ejecución del modelo para realizar el análisis de la red.....	83
Figura 110. Inspección del resultado de la ejecución del modelo.....	84
Figura 111. Arquitectura de un servidor de mapas con planificación de rutas.....	86
Figura 112. Funcionamiento de MapServer.....	89
Figura 113. Configuración de la ventana Arrows para comprobación del ingreso correcto de datos en la columna oneway.....	97
Figura 114. Ejemplo de configuración del atributo oneway.....	97
Figura 115. Política de conectividad EndPoint.....	98

Figura 116. Ejemplos de giros o curvas.....	100
Tabla 1. Campos para la tabla de atributos de líneas.....	13
Tabla 2. Categorías y Velocidad en metros para el atributo "jerarquía".....	27
Tabla 3. Asignación de valores a los atributos FT_Minutes y TF_Minutes.....	29

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1:	
Procedimiento a seguir para ingresar datos en el campo Oneway en el caso de que ya se tengan los datos de FNODE_ y TNODE_ .....	94
Anexo 2:	
Diferencia entre conectividades EndPoint y AnyVertex.....	98
Anexo 3:	
Modelar curvas en el NetworkDataset.....	100
Anexo 4:	
Capas del Layer para encontrar entidades de auxilio más cercanas (Closest Facilities).....	101

## **RESUMEN**

El presente trabajo trata sobre la aplicación de herramientas de cartografía digital para la gestión de redes de vialidad por medio del software Network Analyst de ArcGis, para ello se ha desarrollado un tutorial de prácticas que permita su aprendizaje. Para esta aplicación, es indispensable contar con una estructura específica para la tabla de atributos de la cartografía, de esta manera es posible realizar cualquier operación con Network Analyst, por ejemplo se puede realizar la asignación de una ruta óptima de punto a punto, búsqueda de la entidad más cercana, entre otros.

## **ABSTRACT**

This paper deals with the application of digital cartography tools for the management of road networks through the Network Analyst of ArcGIS software. For that purpose, a tutoring of practices has been developed to allow its learning. For this application, it is indispensable to count on a specific structure for the cartography attributes chart in order to do any operation with Network Analyst, such as the assignment of an optimum route from point to point or the search of the nearest entity, among others.

# 1. INTRODUCCIÓN CONCEPTUAL

## 1.1 Definición de Network Analyst:

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.

## 1.2 Funciones de un Network Analyst: (BARRIENTOS Miguel, 2007)

Las funciones de Network Analyst están orientadas al enrutamiento óptimo:

En las redes geométricas:

- Establecer la dirección del flujo para la distribución de un bien o un servicio.
- Encontrar cual es la fuente de un punto determinado.
- Identificar secciones aisladas de una red.

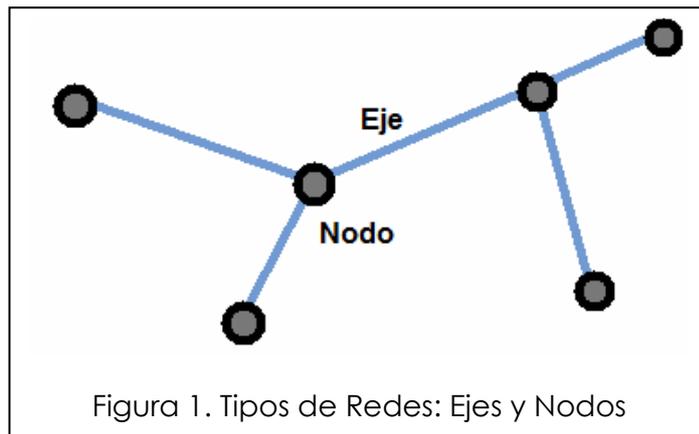
Redes de transporte:

- Calcular la ruta más corta entre dos puntos.
- Determinar la zona de auxilio más cercana.
- Definir la mejor ruta para asistencia a los clientes.
- Administrar las rutas para el retiro de los desperdicios domiciliarios.

## 1.3 Conceptos claves del análisis de Redes (BARRIENTOS Miguel, 2007)

### 1.3.1 Tipos de Redes en ArcGis

Toda red de ArcGIS está constituida desde el punto de vista geométrico por 2 componentes: Los nodos o "Junctions" y los ejes o "Edges".



Cada uno de estos componentes está asociado a diferentes entidades o elementos de la realidad. Los nodos representan por ejemplo una intersección vial, transformadores eléctricos o válvulas de corte en una red de agua potable. Los ejes representan carreteras, cables telefónicos, tuberías o cualquier otra estructura que represente circulación entre dos nodos. Se pueden representar varias situaciones en las redes al interior de ArcGIS, los dos grupos de redes se han dividido de acuerdo a sus funcionalidades.

#### **1.3.1.1. Redes Geométricas:**

El transporte de carga, la distribución de bienes o servicios, entre otros, representan el flujo e intercambio al interior de un sistema definido de relaciones que en ArcGIS son modeladas como redes geométricas. Estas redes son almacenadas en la Geodatabase y permiten definir de forma exacta las condiciones de conectividad, circulación y coincidencia topológica. Por ejemplo, las redes de distribución de agua, gas, petróleo o electricidad por lo general se representan como redes geométricas, ya que se facilita la administración y el control de flujos como voltaje, presión, cantidad de crudo, mediante reglas de circulación definidas en cada uno de los nodos que pueden ser válvulas o transformadores. Esta precisión involucra necesariamente el control total de la circulación.

### **1.3.1.2 Redes de Transporte:**

Representan características de la circulación vehicular a través de un área determinada y el flujo al interior de la misma es totalmente libre. Por ejemplo, un vehículo podrá desplazarse por la red con total libertad siempre y cuando no existan restricciones o límites al desplazarse, siendo estas restricciones los semáforos, rompe velocidades, sentido de calles, son algunas de las principales restricciones o dificultades que presentan los flujos al interior de ella. Pero sin embargo será la necesidad de llegar más rápido o por el camino más corto el que definirá la ruta para la circulación.

Las redes de transporte pueden ser elaboradas al interior de una Geodatabase pero es factible generarlas también desde un shapefile.

### **1.3.2. Elementos constituyentes de la red de transporte**

#### **1.3.2.1 Componentes de una red:**

Está conformada por los elementos que participan en la infraestructura. Son representados mediante nodos y ejes. También se pueden identificar elementos que aunque no forman parte de la parte física, provocan alteraciones al interior de la misma, entre estos tenemos: calles, intersecciones, señales de PARE, barreras, semáforos y entidades los cuales definen la forma, el comportamiento y la velocidad al interior de la Red.

#### **1.3.2.2 Los flujos**

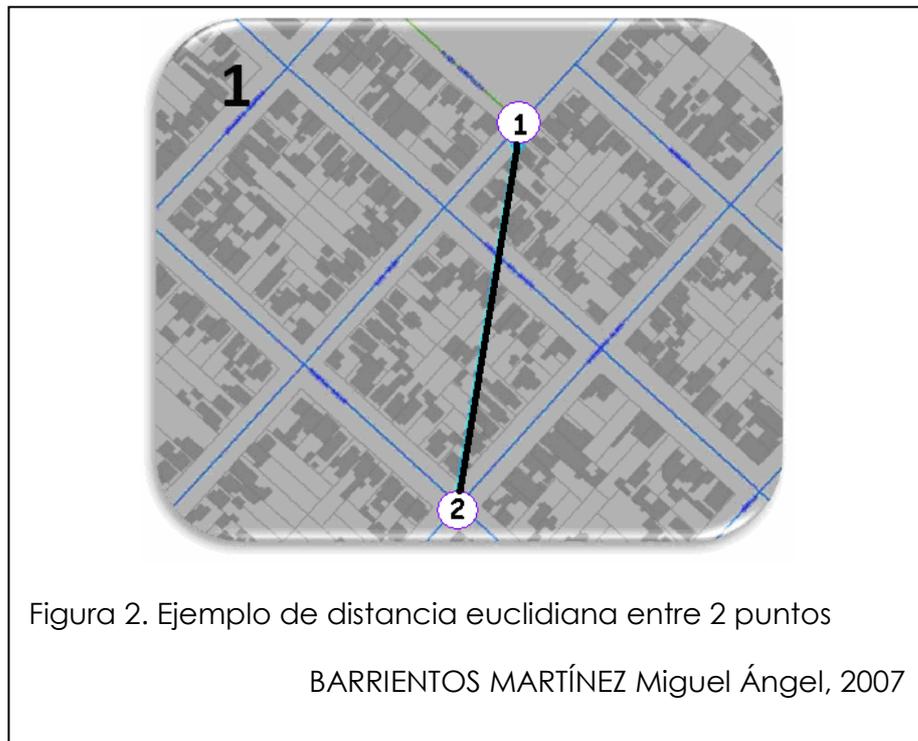
Los flujos se definen como el desplazamiento de materia, energía, datos, información o equipamiento a través de un espacio determinado. En el caso de las redes de transporte, los flujos corresponden a desplazamientos realizados por personas y vehículos al interior de los ejes de la red, pero la disposición, cantidad y velocidad de los desplazamientos dependerán de los atributos propios de cada componente. Adicionalmente, la capacidad y características propias de la infraestructura definirán los flujos a desarrollar en el interior de la red.

### 1.3.3 Principales reguladores al interior de una red: los impedimentos

Los conceptos fundamentales que definen los flujos al interior de la red son los impedimentos basados en tiempo y distancia. Estos conceptos están relacionados, pero tienen resultados completamente diferentes dentro del análisis de ArcGIS, entonces la elección de cualquier criterio depende del tipo de proyecto que el usuario realizará. A continuación se explican los factores que influyen y modifican los resultados obtenidos al trabajar desde la extensión Network Analyst.

#### 1.3.3.1 Distancia

La distancia permite evaluar de alternativas factibles para desplazarse en una red vial. Cuando se diseña y evalúa una red basándose en este criterio, sólo se necesita información básica que proviene de la infraestructura (ejes viales). Según este funcionamiento, el programa mide la distancia euclidiana entre el punto de origen y el punto de destino (ver Figura 2), escogiendo la alternativa de menor distancia posible considerando para ello la infraestructura que se encuentra disponible, es decir, se considera la distancia planimétrica, que es la distancia real entre el punto de origen y el punto de destino (ver Figura 3).



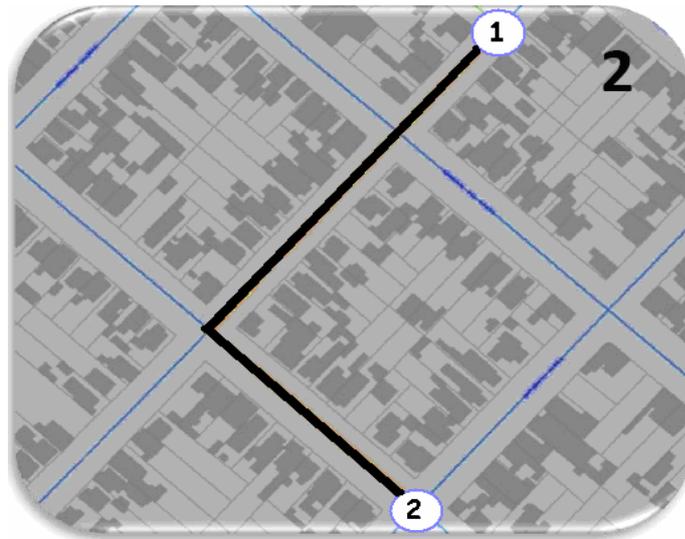


Figura 3. Ejemplo de distancia planimétrica basada en la infraestructura disponible entre el punto 1 y el punto 2

BARRIENTOS MARTÍNEZ Miguel Ángel, 2007

La topografía puede incidir en el resultado final de la ruta, y para ello podemos incorporar los valores  $Z$  del terreno sobre los segmentos que componen la red. Utilizando un TIN o un shapefile se pueden incorporar valores  $Z$  de estas entidades, así los valores de los segmentos contienen la distancia real topográfica y no los valores planimétricos que podrían distorsionar la verdadera distancia existente entre toda la red.

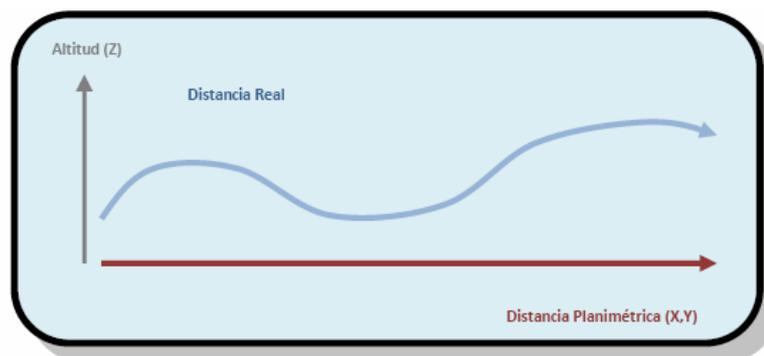


Figura 4. Diferencia entre distancia real y planimétrica

BARRIENTOS MARTÍNEZ Miguel Ángel, 2007

En la Figura 4 se observa la verdadera forma de los segmentos de la red vial cuando incorporan la topografía del terreno. Estos ahora constituyen un modelo mucho más preciso a la hora de reflejar la verdadera distancia que existe sobre la superficie.

### **1.3.3.2 Tiempo**

El tiempo es el evaluador más exacto de desempeño de una red, depende de factores tales como las características del vehículo, las normas que regulan la velocidad del tráfico, congestión vehicular, condiciones climáticas, etc. que definirán un mayor o menor tiempo de desplazamiento y la elección de la ruta óptima al interior de la red vial.

#### **1.3.3.2.1 Relación entre tiempo e infraestructuras**

Los factores de la infraestructura que modifican el tiempo de desplazamiento son por ejemplo los semáforos, señales de tránsito, sentidos de calles, rompe velocidades, zonas de velocidad reducida, entre otras, y corresponden a la materialización de las normas, convirtiéndose en factores principales del proceder de todos los desplazamientos al interior de la red vial urbana y rural. Por lo tanto deben ser considerados e incorporados al análisis para obtener precisión de los modelos viales diseñados desde ArcGIS.

#### **1.3.3.2.2 Velocidades de desplazamiento**

La asignación de velocidades promedio para diferentes categorías de redes urbanas es muy importante. Las carreteras y avenidas poseen los valores promedio de desplazamiento más altos de todo el modelo. Mientras que los senderos y pasajes poseen los promedios más bajos. Durante el desarrollo de las prácticas se asignarán valores a las diferentes categorías de entramados viales.

## 2. PRÁCTICA 1: CREACIÓN DE LOS SHAPEFILES DESDE ARCCATALOG

### 2.1 Creación de un archivo shape de puntos (nodos)

El shapefile de puntos que se generará a continuación, servirá de guía para trazar las calles en la cartografía. Serán considerados como nodos iniciales y nodos finales según el sentido de digitalización de cada vía.

1. Abra ArcCatalog
2. En el árbol de catálogo ubíquese en c:\ Archivos de Programa \ arcgis \ NetworkAnalyst \ practica 1
3. De un clic derecho sobre la pestaña "Contents", y escoja la opción New -> Shapefile



El nombre del nuevo shapefile será Nodos, asegúrese de que el Feature Type sea Point.

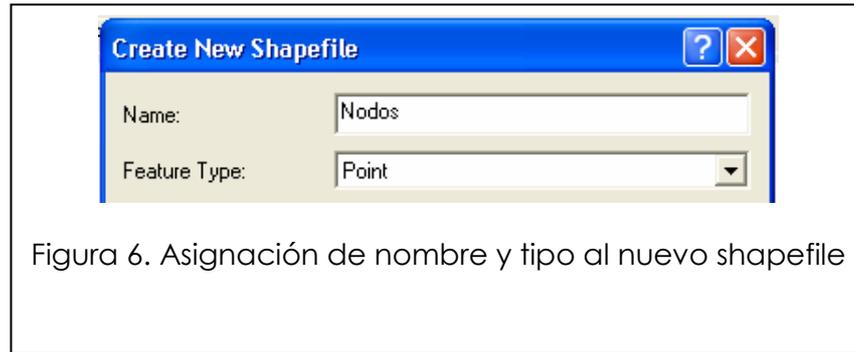


Figura 6. Asignación de nombre y tipo al nuevo shapefile

4. A continuación se editará el sistema de coordenadas del nuevo shapefile, para esto damos clic en el botón "Edit" de la ventana "Create New Shapefile" (ver figura 7)

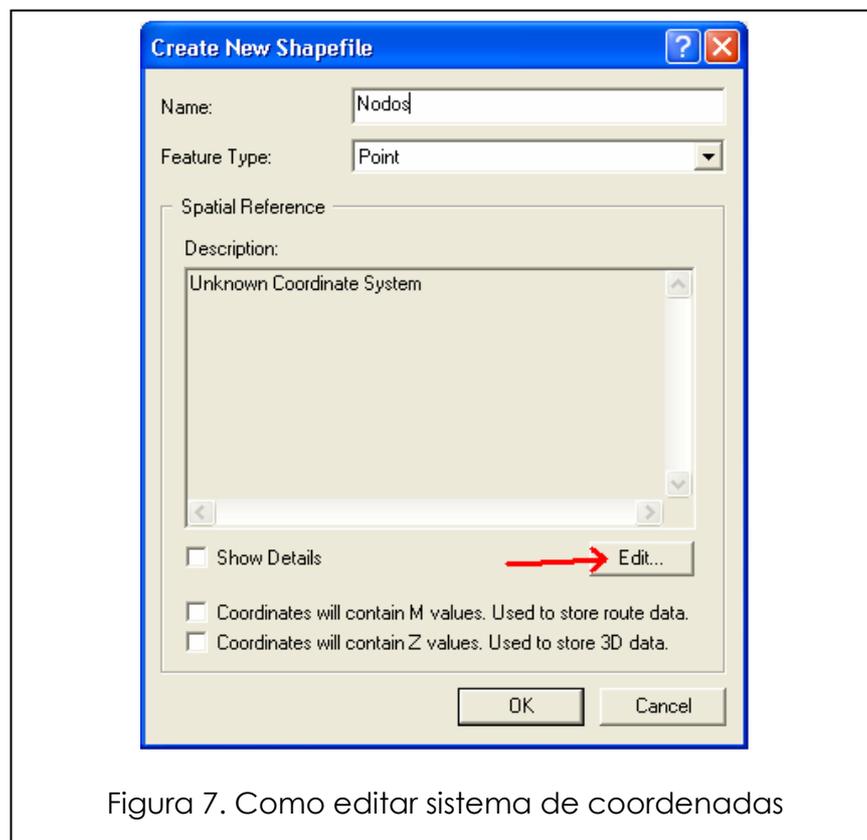
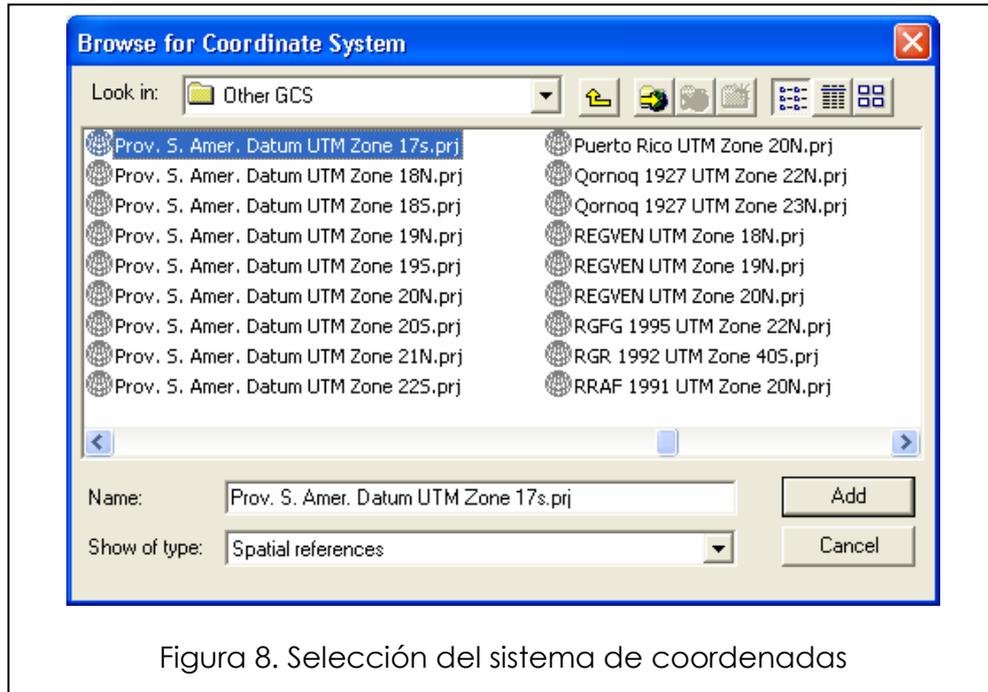
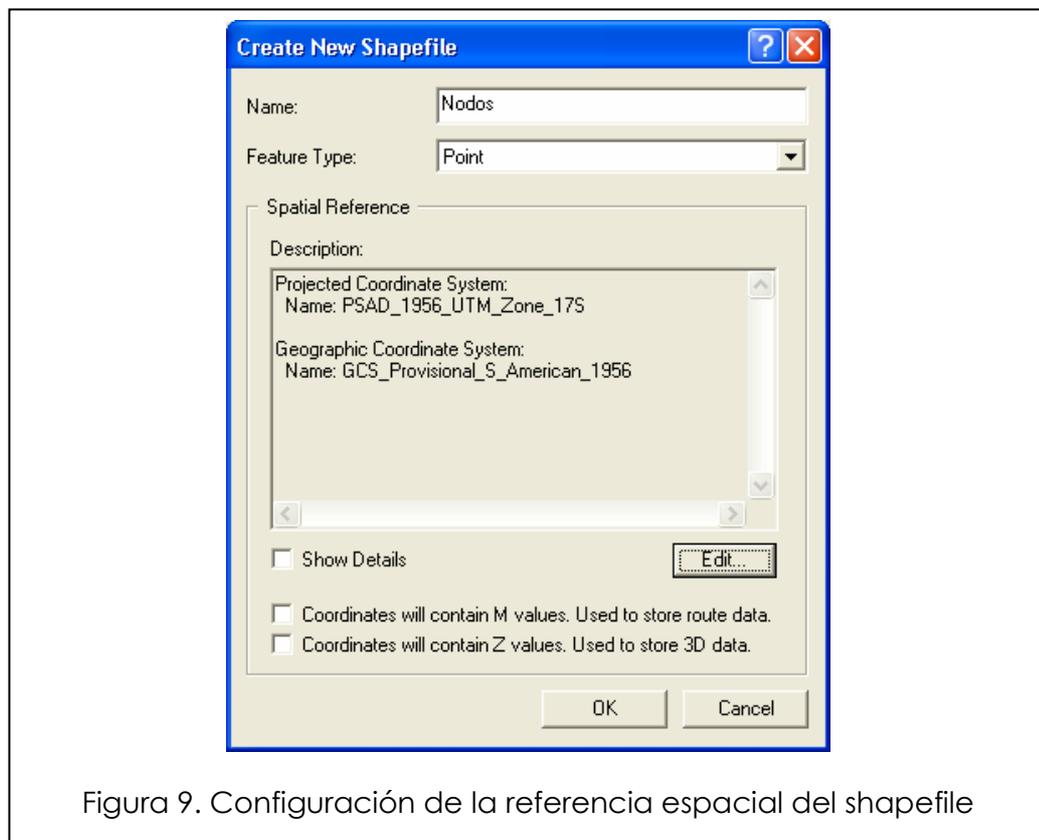


Figura 7. Como editar sistema de coordenadas

5. Para seleccionar un sistema de Coordenadas, haga clic en "Select..." de la ventana "Propiedades de Spatial Reference". En la ventana "Browse for Coordinate System", escoja la carpeta: "Projected Coordinate Systems" -> "UTM" -> "Other GCS" y escoja el sistema de coordenadas que se Indica en la Figura 8



Haga clic en el botón "Add" luego en Aplicar y en Aceptar. El sistema de coordenadas seleccionado aparece en la Descripción del Frame Spatial Reference como se muestra en la Figura 9.



De un clic en OK para que se genere el archivo tipo shape.

### 2.1.1 Agregar atributos al archivo shape de puntos

Para agregar atributos al archivo shape, debe mantener abierta la ventana de ArcCatalog y mantenerse ubicado en c:\ Archivos de Programa \ arcgis \ NetworkAnalyst \ practica 1 del árbol de catalogo.

1. Haga doble clic en el shapefile de puntos "Nodos" creado, con esto se obtendrá la ventana de propiedades del shapefile.
2. Dentro de la pestaña Fields (campos), agregaremos el campo "Código", tipo "Long Integer" con precisión de 10, como se muestra en la Figura 10.

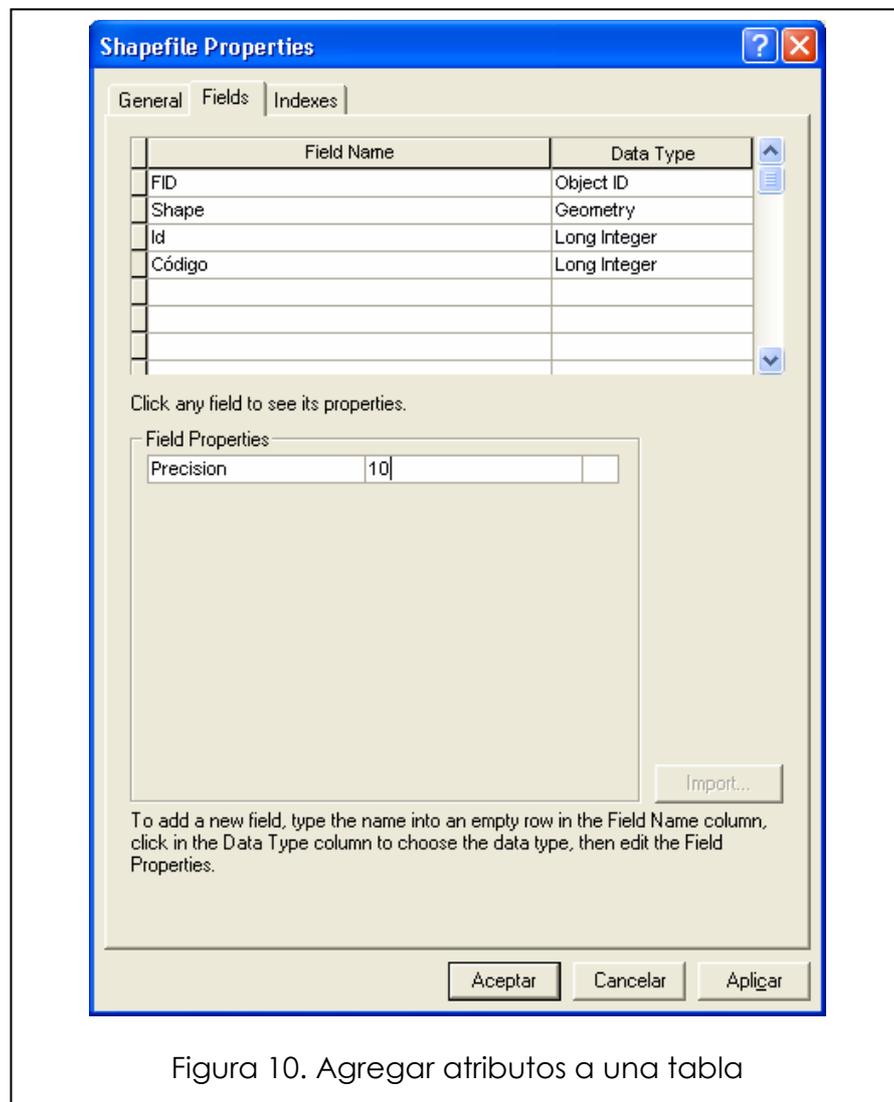


Figura 10. Agregar atributos a una tabla

Ya que el campo "Código" nos servirá solo como referencia para saber cual es el nodo de inicio y fin de la vía, es el único campo que se agrega a la tabla de atributos de "Nodos". De clic en Aceptar.

## 2.2 Creación de un archivo shape de polígonos (manzanas o espacios urbanos para delimitar calles)

Para generar el archivo de polígonos se seguirán los mismos pasos especificados en la sección 2.1, con la excepción de que en el paso 3, el nombre de archivo será Manzanas y el tipo de archivo será Polygon. Se seleccionará el mismo tipo de coordenadas del archivo de puntos, es decir, "Prov. S. Amer. Datum UTM Zone 17s.prj", de tal manera que la ventana "Create New Shapefile" para el archivo de Manzanas, quede configurado de la siguiente manera:

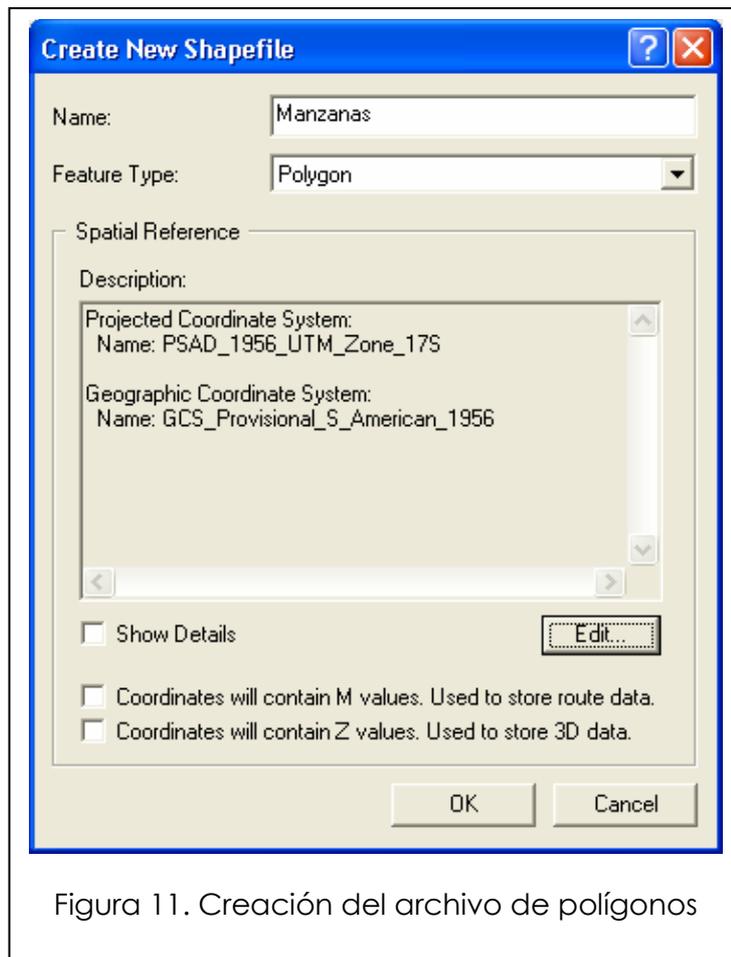


Figura 11. Creación del archivo de polígonos

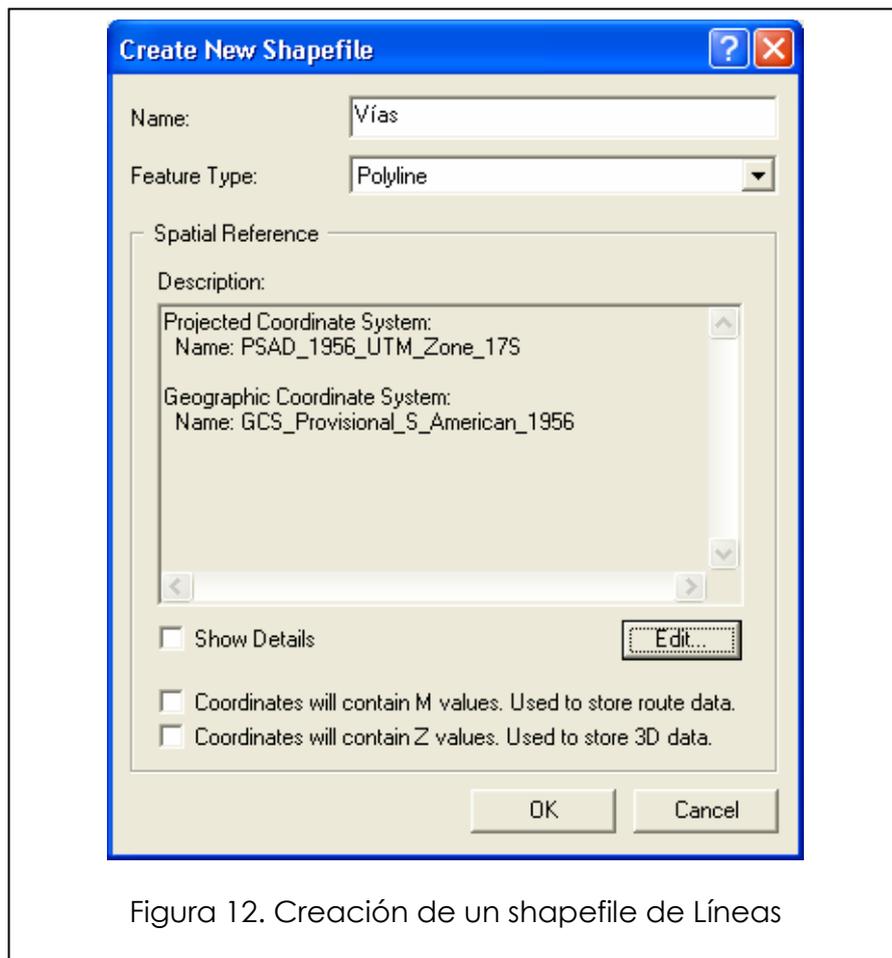
Haga clic en Ok para que se genere el shapefile de polígonos. Este archivo servirá como referencia para el trazado de vías que serán analizadas por la extensión Network Analyst.

### 2.2.1 Agregar atributos al archivo shape de polígonos

Para agregar atributos al archivo shape de polígonos, se deben seguir los mismos pasos del apartado 2.1.1. Pero en este caso no es necesario agregar más atributos de los que están por defecto, ya que las manzanas no contienen información relevante. Solo sirven como referencia para el trazado de las vías.

### 2.3 Creación de un archivo shape de líneas (vías o ejes)

Para la creación del archivo de líneas, se seguirán los mismos pasos especificados en la sección 2.1, con la excepción de que en el paso 3, el nombre de archivo será Vías y el tipo de archivo será Polyline. El tipo de coordenadas será el mismo, la configuración deberá resultar de la siguiente manera:



Haga clic en OK para que se genere el archivo de líneas.

### 2.3.1 Agregar atributos al archivo shape de líneas

Para agregar atributos al archivo shape de líneas se deben seguir los siguientes pasos:

1. Mantener abierta la ventana de ArcCatalog y ubicarse en c:\ Archivos de Programa \ arcgis \ NetworkAnalyst \ practica1 del árbol de catalogo.
2. Haga doble clic en el shapefile de líneas "Vías" creado, con esto se obtendrá la ventana de propiedades del shapefile.
3. Dentro de la pestaña Fields, agregaremos los campos:

<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Precision / Length</b>	<b>Scale</b>
FNODE_	LONG INTEGER	8	
TNODE_	LONG INTEGER	8	
NOMBRE	TEXT	50	
CATEGORÍA	TEXT	20	
ONEWAY	TEXT	9	
FT_MINUTES	DOUBLE	11	4
TF_MINUTES	DOUBLE	11	4
METERS	DOUBLE	11	4
HIERARCHY	DOUBLE	11	4

Tabla 1. Campos para la tabla de atributos de líneas

Los campos que se especifican en la Tabla 1, son la base para el análisis de redes. Estos campos deben ser ingresados tal como se indica, ya que sin estos campos resulta imposible la creación del networkdataset.

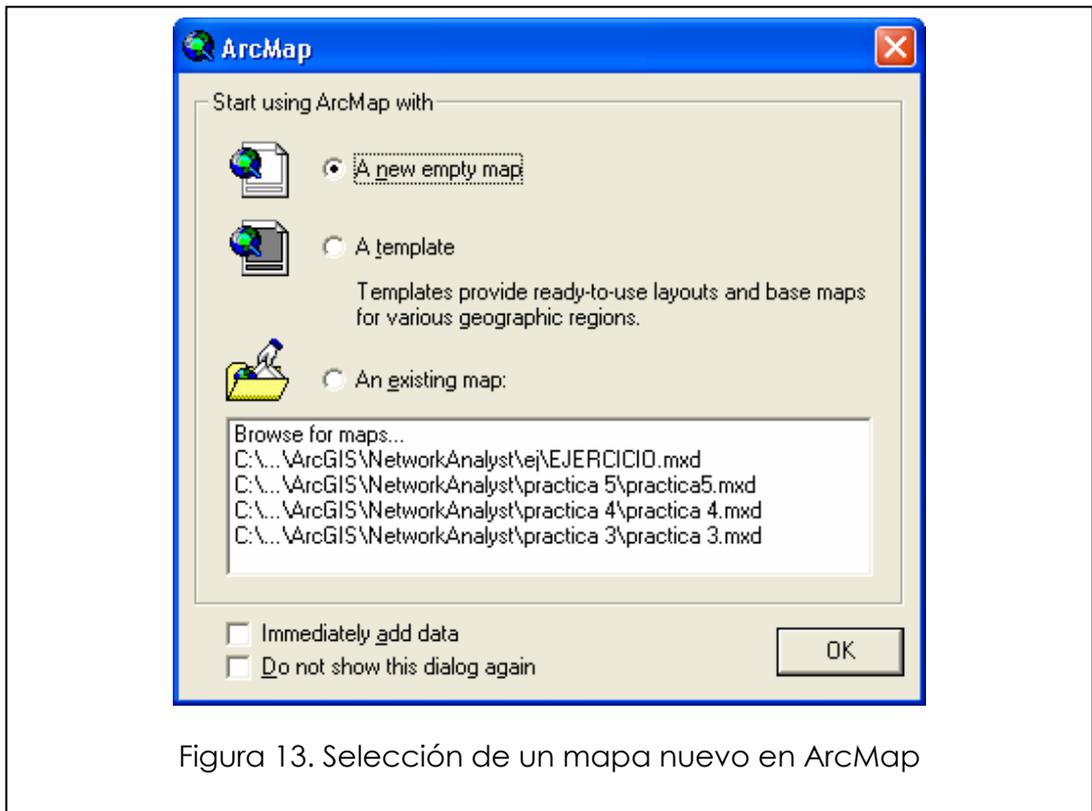
4. De un clic en Aceptar.

Ahora que ya tiene los archivos shape que necesita, vamos a generar los datos dentro de la tabla de atributos. A continuación, en el apartado numero 3, se especifican los pasos a seguir.

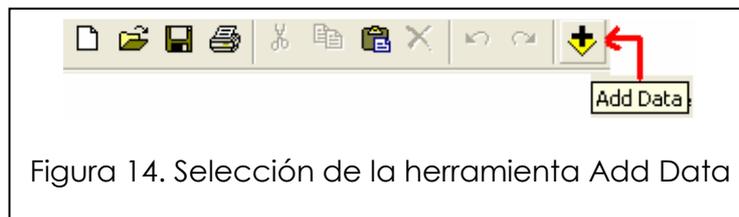
### 3. Añadir información en ArcMap y Editar las capas

Para agregar en ArcMap las capas creadas en ArcCatalog, siga los siguientes pasos:

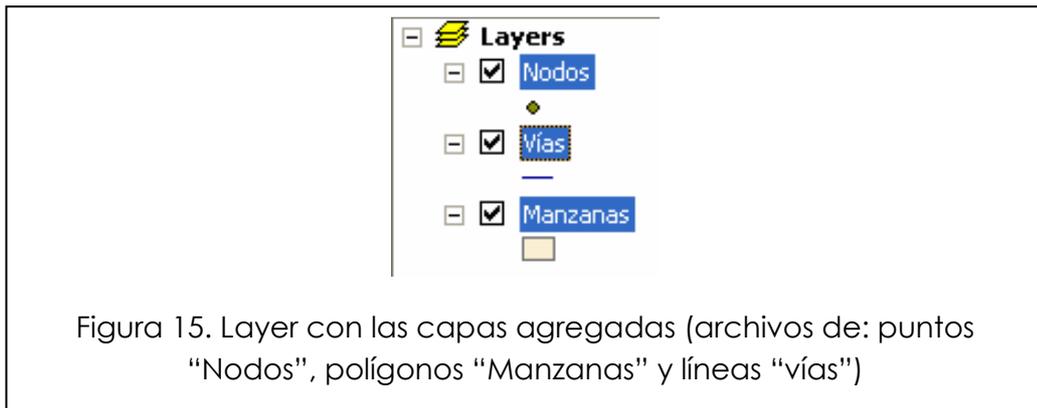
1. Abra ArcMap y en la ventana que aparece al inicio seleccione la opción "A new empty map" y de un clic en OK.



2. Ahora seleccione Add Data del menú de herramientas, la herramienta se muestra en la Figura 14.



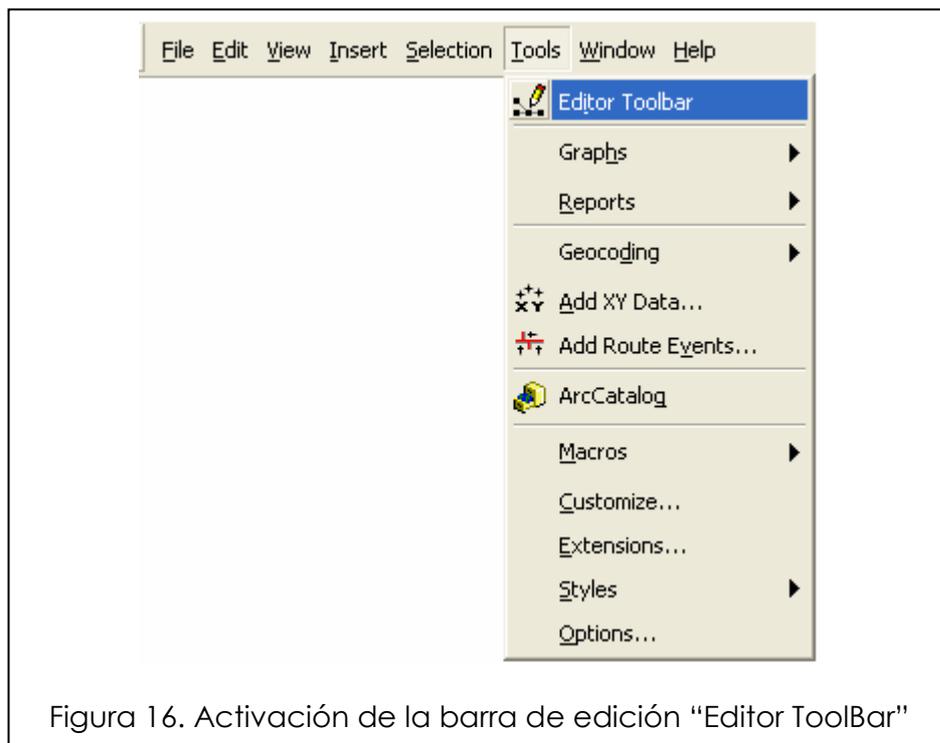
3. Navegue hasta la carpeta que contiene los archivos de puntos "Nodos", polígonos "Manzanas" y líneas "vías"; c:\ Archivos de Programa \ arcgis \ NetworkAnalyst \ practica1. Seleccione las 3 capas con la tecla SHIFT y agréguelas al Layer.



### 3.1 Edición de la capa de polígonos

Para editar la capa de Polígonos y poder agregar Manzanas en el archivo shape, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Para activar la barra de edición, en el menú Tools, seleccione la opción "Editor Toolbar".

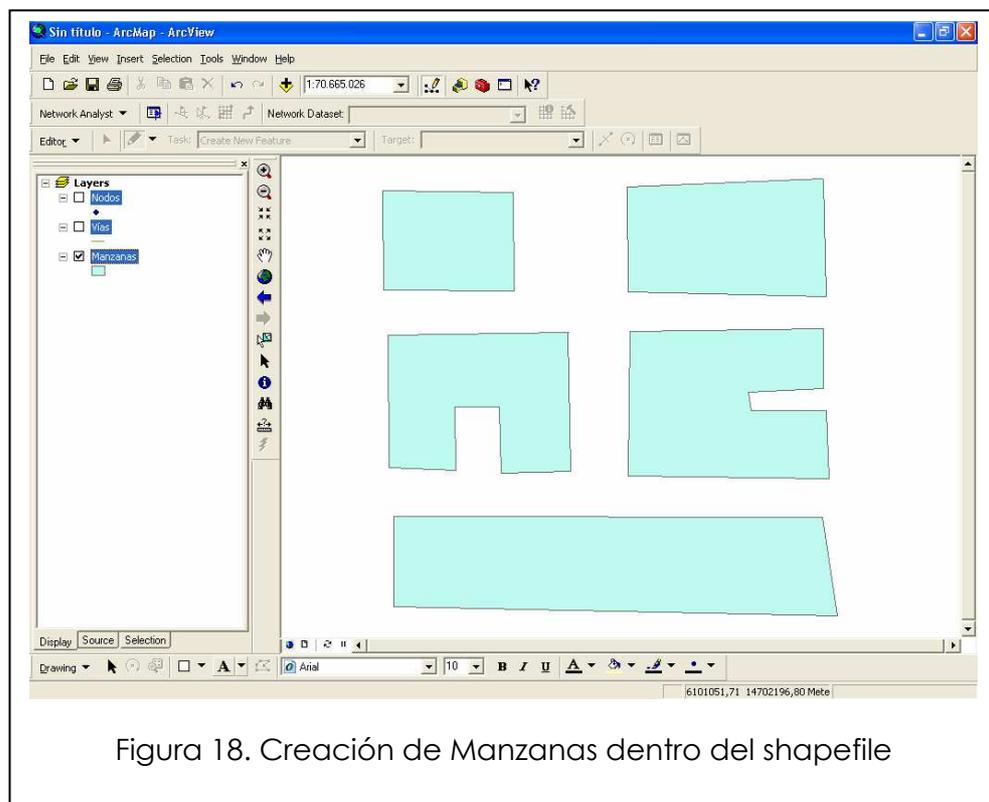


La barra de herramientas aparecerá entre las barras activadas en ArcMap.

2. Para poder editar la capa, en la barra de "Editor Toolbar", haga un clic en la flecha hacia abajo de la barra Editor , y seleccione la opción Start Editing .
3. Asegúrese de que en la barra de edición esté en:
  - a. Task: Create a new Feature
  - b. Target: Manzanas



4. Ahora haga clic en Sketch Tool  y dibuje los polígonos. De un clic en los vértices requeridos y en el vértice que cierra el polígono haga doble clic, así el polígono será almacenado en la tabla de atributos. Repita el proceso hasta obtener 6 polígonos como los que se encuentran en la Figura 18.



5. Ahora en la barra de herramientas de Edición, haga clic en Save Edits y luego en Stop Editing.



Figura 19. Guardar cambios en el archivo editado

De esta manera podemos usar las manzanas como guía para dibujar en el mapa los puntos que serán utilizados como nodos para el análisis de redes.

### 3.2 Edición de la capa de puntos

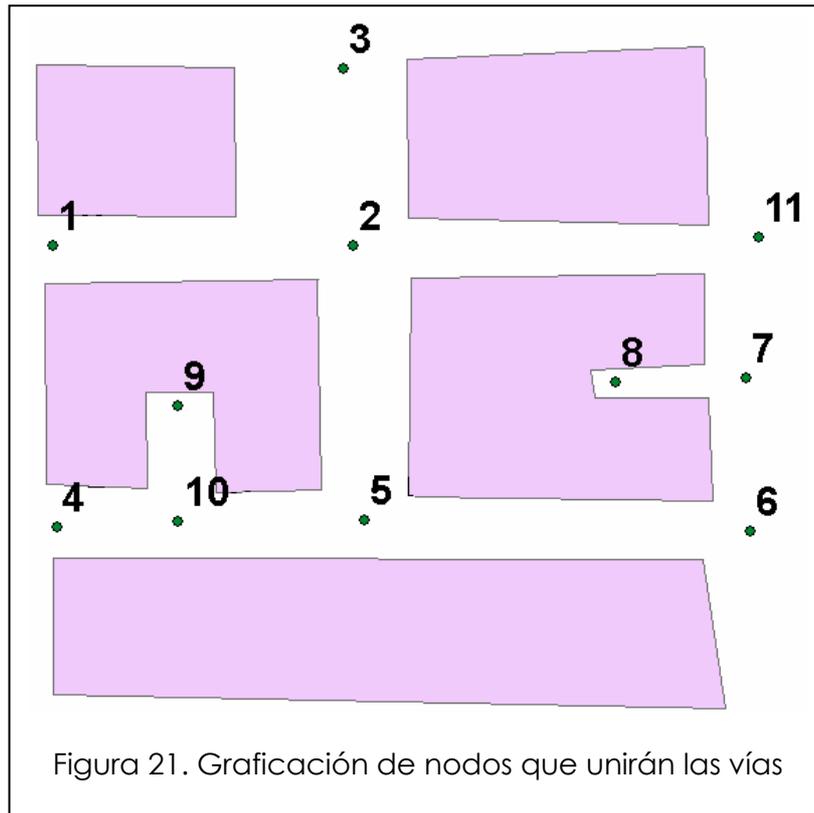
Para editar la capa de puntos llamada "Nodos", debemos seguir los siguientes pasos:

1. Asegúrese de que la barra de herramientas de "Editor Toolbar" esté activada (ver figura 16). Para poder editar la capa, en la barra de "Editor Toolbar", haga un clic en la flecha hacia abajo de la barra **Editor** , y seleccione la opción Start Editing  **Start Editing** .
2. Asegúrese de que en la barra de edición esté en:
  - a. Task: Create a new Feature
  - b. Target: Nodos



Figura 20. Configuración para edición del shapefile Nodos

3. Ahora haga clic en Sketch Tool  y dibuje los puntos. De un clic en los nodos que unirán a las vías, éstos serán almacenados en la tabla de atributos. Repita el proceso hasta obtener 11 puntos en el orden como se indica en la Figura 21.



- Ahora asignará un código a cada punto, para poder identificarlo al momento de dibujar las vías. Para esto ingresamos a la tabla de atributos de la capa "Nodos" dando un clic derecho sobre la capa y escogiendo la opción "Open Attribute Table". Los códigos deberán ser asignados como se muestra en la Figura 22.

FID	Shape*	Id	CODIGO
0	Point	0	10
1	Point	0	20
2	Point	0	30
3	Point	0	40
4	Point	0	50
5	Point	0	60
6	Point	0	70
7	Point	0	80
8	Point	0	90
9	Point	0	100
10	Point	0	110

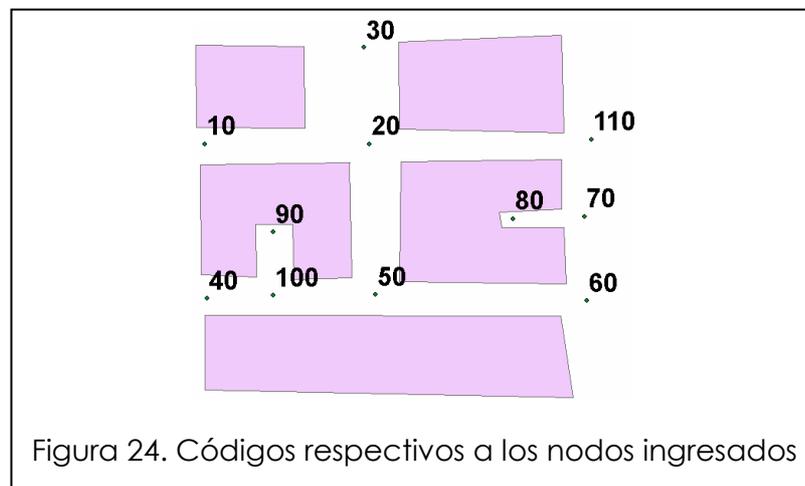
Record: 1 Show: All Select

Figura 22. Códigos para los nodos

5. Ahora vamos a mostrar los códigos de los nodos en el mapa, para esto debemos dar un clic derecho sobre la capa "Nodos" y escoger la opción "Properties".
6. Escogemos la pestaña "Labels", marcamos la opción "Label Features in this layer" y en la sección de Text String, escogemos el campo Código en "Label Field". Tal como se muestra en la Figura 23. Luego damos un clic en Aceptar.



El mapa debe mostrar los códigos como se muestra en la Figura 24.

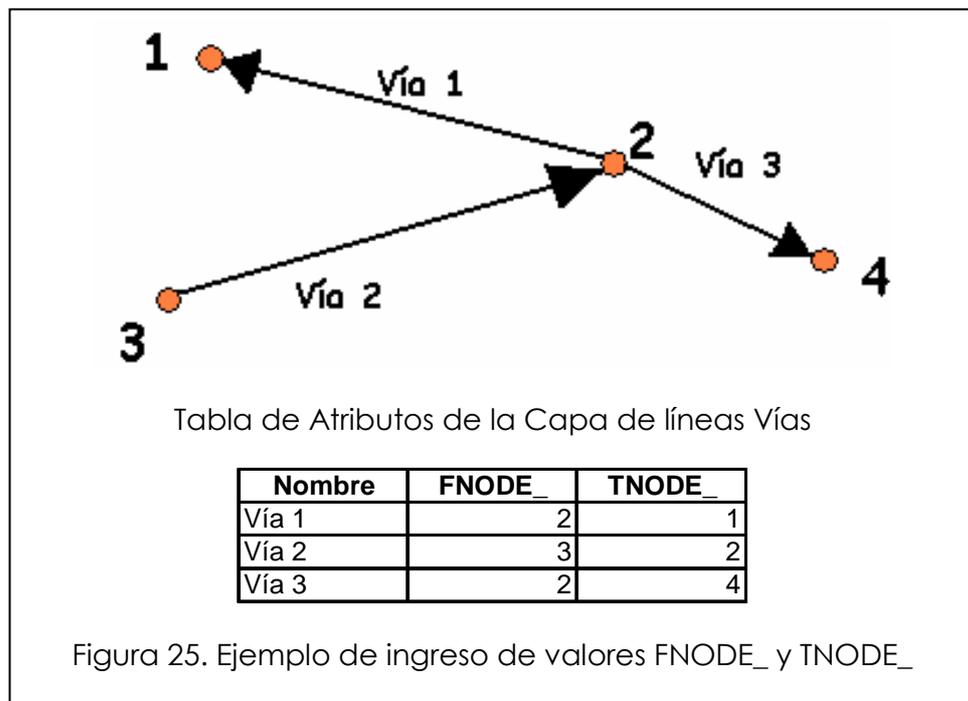


- Ahora en la barra de herramientas de Edición, haga clic en Save Edits y luego en Stop Editing, como se muestra en la Figura 19.

De esta manera podemos usar los nodos como referencia para dibujar en el mapa las calles que serán utilizadas para el análisis de redes.

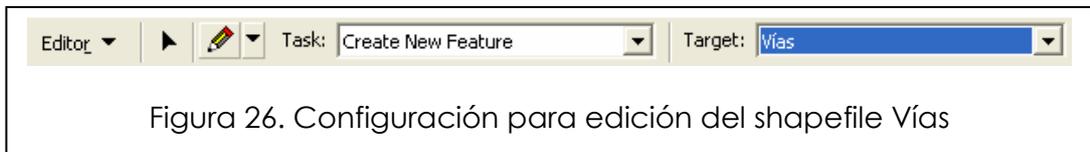
### 3.3 Edición de la capa de líneas

La capa de líneas es la más importante, por cada línea que se ingrese, se debe ingresar también su valor FNODE\_ (NODO INICIAL) Y TNODE\_ (NODO FINAL) según como haya sido DIGITALIZADA la línea, por ejemplo, si la línea fue dibujada de izquierda a derecha, el nodo inicial deberá ser OBLIGATORIAMENTE ALMACENADO en la tabla de atributos como FNODE\_ y el nodo de la derecha como TNODE\_. De no ser así, no se podrá generar la ruta de ninguna manera con la extensión Network Analyst. En la Figura 25 se ilustra un ejemplo.

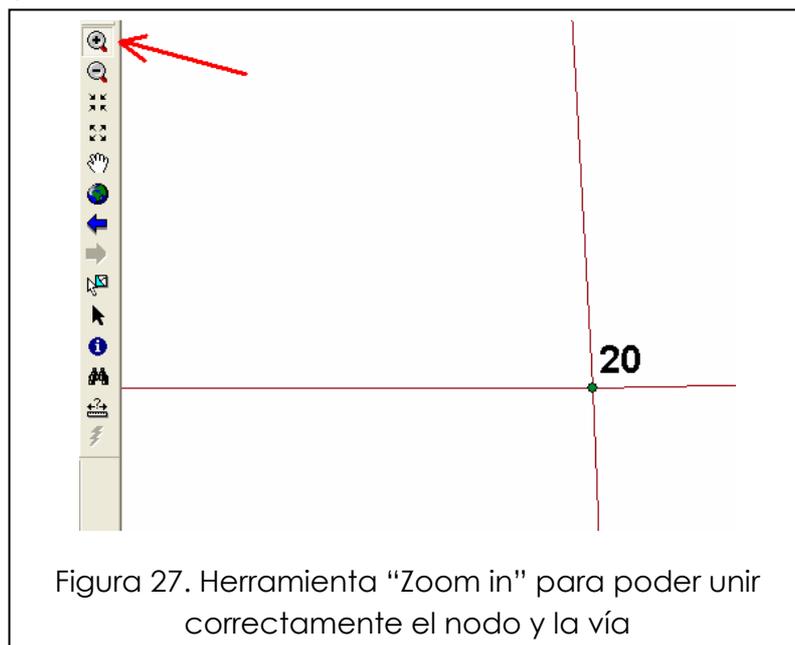


A continuación se digitalizarán las vías, siguiendo los siguientes pasos:

1. Asegúrese de que la barra de herramientas de "Editor Toolbar" esté activada (ver figura 16). Para poder editar la capa, en la barra de "Editor Toolbar", haga un clic en la flecha hacia abajo de la barra Editor\_ ▾ , y seleccione la opción Start Editing  Start Editing .
2. Cerciórese de que en la barra de edición esté en:
  - a. Task: Create a new Feature
  - b. Target: Vías



3. Ahora haga clic en Sketch Tool  y dibuje cada línea uniendo los nodos y antes de pasar a dibujar la siguiente línea, abra la tabla de atributos dando un clic derecho sobre la capa Vías y escogiendo la opción "Open Attribute Table" y almacene el nombre de la vía y los valores de FNODE\_ y TNODE\_ según el sentido en el que usted digitalizó la línea.
4. Mediante la herramienta Zoom in  , asegúrese de que cada línea esté unida al nodo, realice varios "Zoom in" hasta que el nodo se vea lo más cerca posible y trace la línea. Si la línea no se une al nodo, será imposible realizar el análisis de redes.



Para poder comprobar que el valor de FNODE\_ y TNODE\_ de las vías ha sido ingresado correctamente:

1. Haga un clic derecho sobre la capa Vías, seleccione “ Properties” y en la pestaña Symbology, en la sección Symbol, de un clic en el botón que tiene una línea en el medio como símbolo, como en la Figura 28.

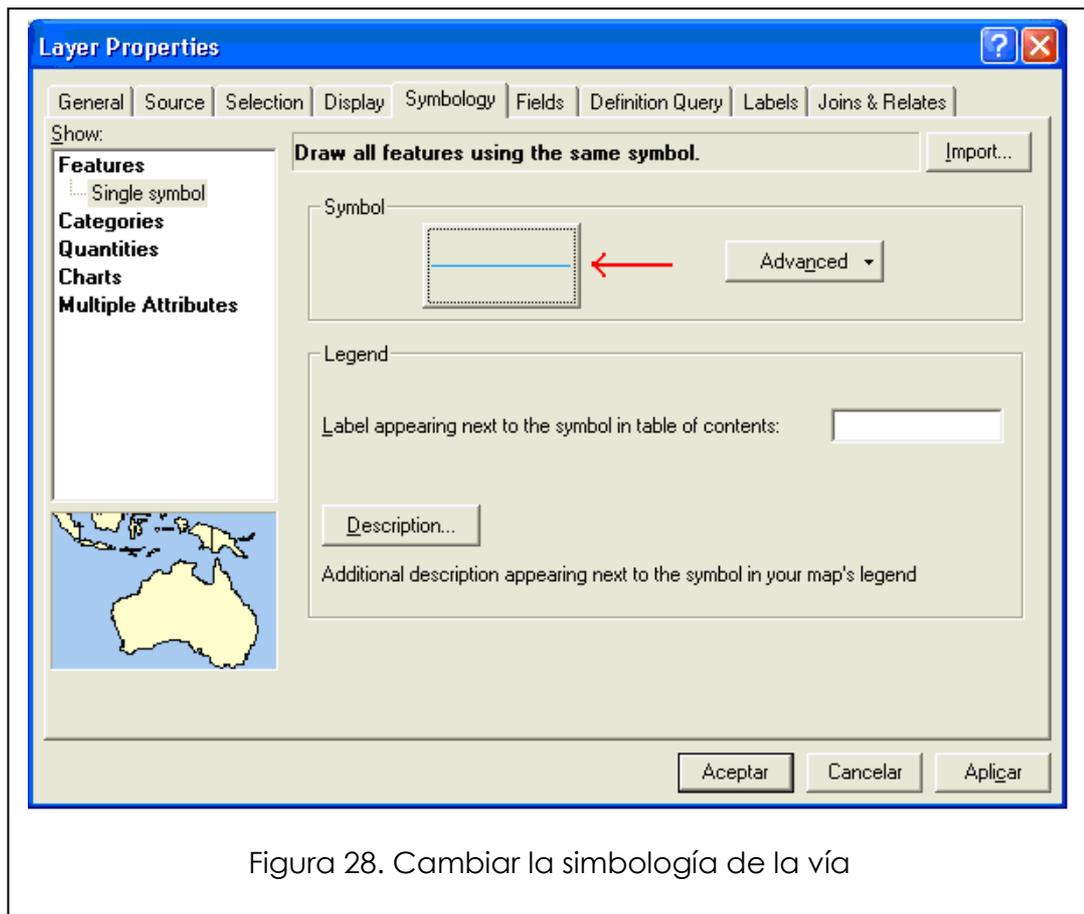
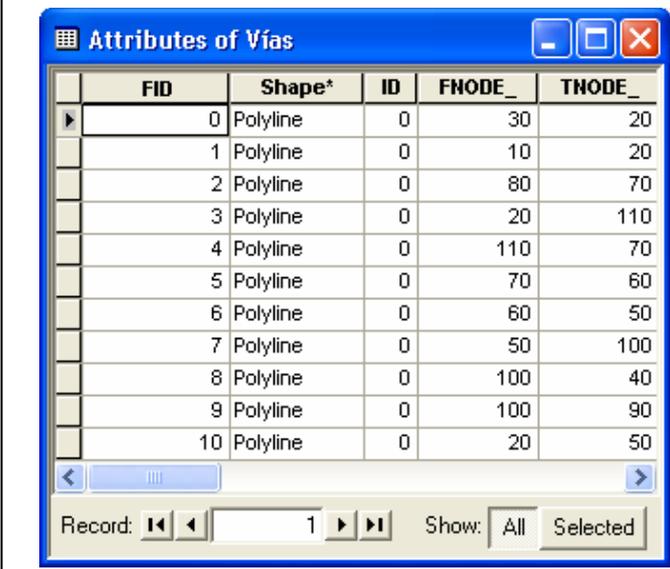


Figura 28. Cambiar la simbología de la vía

2. En la ventana “Symbol Selector” busque entre los símbolos y seleccione el símbolo que tiene el nombre de “Arrow at End” (ver Figura 29), este símbolo permitirá que ArcMap muestre el sentido de digitalización de la línea y de esta manera se pueda comprobar si los valores de FNODE\_ y TNODE\_ son correctos. Si los valores de FNODE\_ y TNODE\_ no son correctos con respecto a los valores de los nodos Inicial y Final, entonces la herramienta Network Analyst no podrá encontrar la ruta de ninguna manera.



- Ahora abra la tabla de atributos de la capa "Vías", dando un clic derecho sobre la capa y seleccionando la opción "Open Attribute Table" y compruebe los valores que ingresó.



FID	Shape*	ID	FNODE_	TNODE_
0	Polyline	0	30	20
1	Polyline	0	10	20
2	Polyline	0	80	70
3	Polyline	0	20	110
4	Polyline	0	110	70
5	Polyline	0	70	60
6	Polyline	0	60	50
7	Polyline	0	50	100
8	Polyline	0	100	40
9	Polyline	0	100	90
10	Polyline	0	20	50

Record: 1 Show: All Selected

Figura 31. Tabla de atributos de la capa "Vías"

- Si los valores son erróneos, entonces debe modificarlos, abriendo la tabla de atributos de la capa vías y cambiando los datos.
- Ahora en la barra de herramientas de Edición, haga clic en Save Edits y luego en Stop Editing. Como se muestra en la Figura 19.

### 3.3.1 ¿Cómo llenar los campos principales de la tabla de atributos de líneas? (la base para el networkdataset)

Para poder crear el networkdataset, es imprescindible contar con la información requerida en la tabla de atributos. A continuación se indicará como se llenan los datos de cada uno de los atributos que se requieren:

- El atributo de Distancia (meters)
- El atributo de sentido de calles (oneway)
- El atributo de Jerarquía (Hierarchy)
- El atributo de tiempo (minutes)

### 3.3.1.1 Atributo de Distancia (Meters):

Se debe contar con un atributo de distancia que almacene e indique la distancia del segmento, por ejemplo meters. El programa detectará su nombre dentro de los candidatos para el network dataset de la PRÁCTICA 3 de éste documento y lo agregará automáticamente al crear la red. En ArcMap se puede calcular el perímetro (DISTANCIA) de la siguiente manera:

1. En la tabla de atributos de la capa Vías (clic derecho sobre la capa y clic en "Open Attribute Table") seleccione la columna Meters y con el botón derecho escoger la opción "📊 Calculate Values" y acepte el mensaje que indica que el procedimiento será irreversible, obtendremos una ventana como la que se ilustra en la Figura 32.

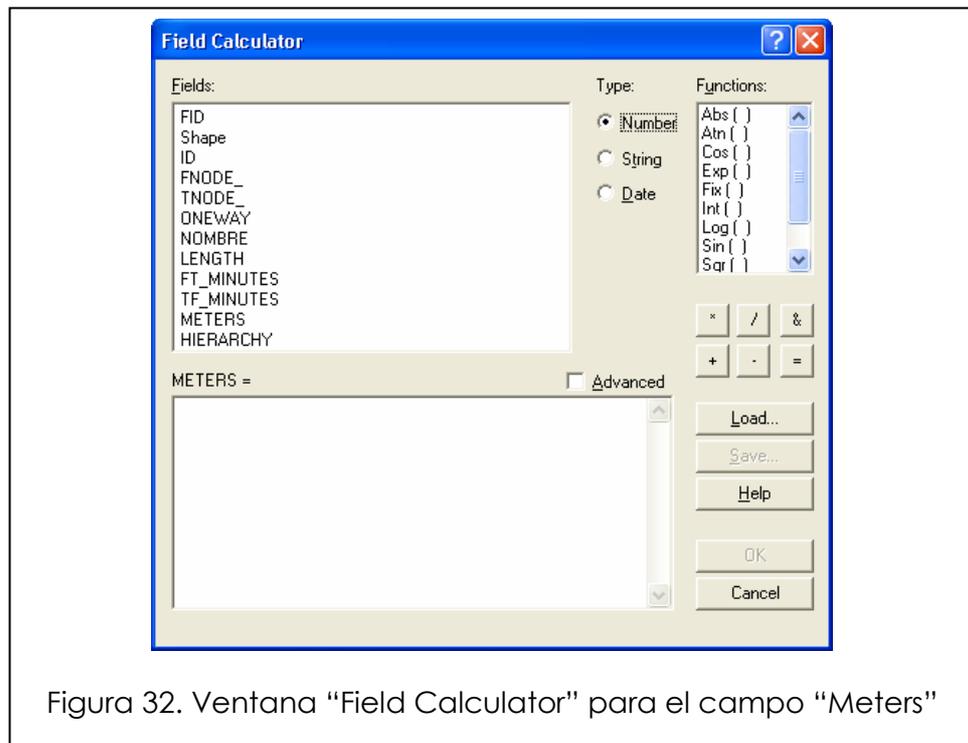


Figura 32. Ventana "Field Calculator" para el campo "Meters"

2. En esta caja de diálogo activamos el casillero "Advanced", y procedemos a copiar las siguientes instrucciones de Visual Basic (es necesario respetar espacios, mayúsculas y orden):

```
Dim dblPerimeter as double  
Dim pCurve as ICurve  
Set pCurve = [shape]  
dblPerimeter = pCurve.Length
```

En el casillero "METERS =" digitamos el nombre de la variable que recoge el valor calculado, esto es "dblPerimeter" (ver figura 33).

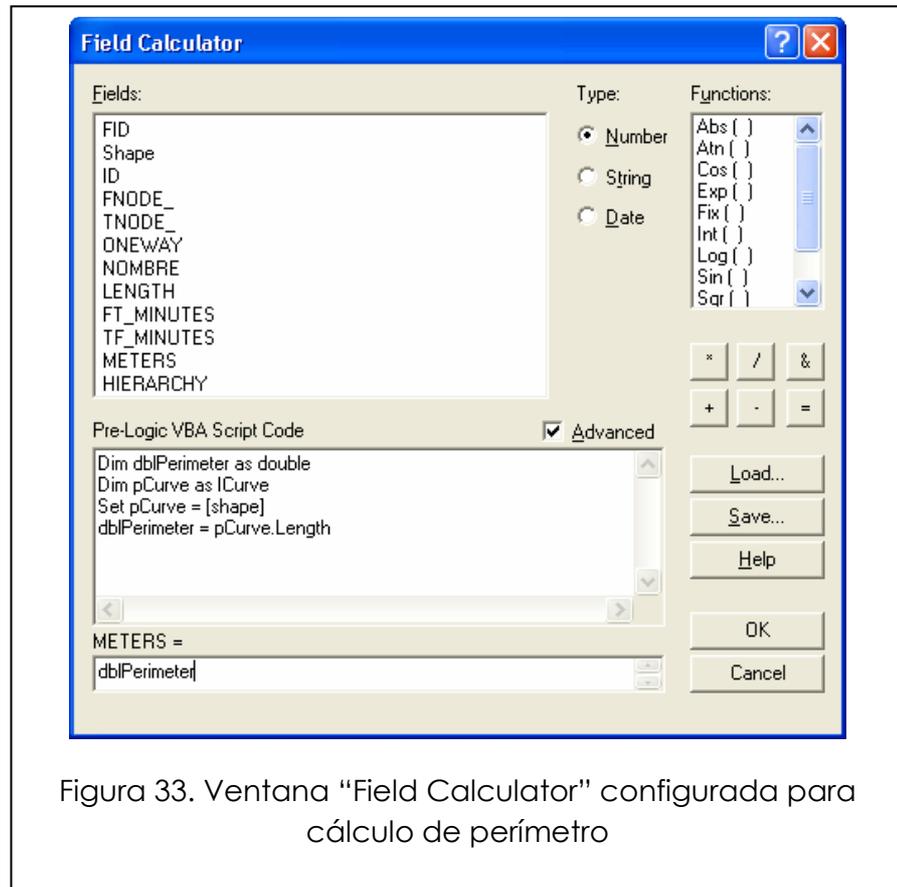


Figura 33. Ventana "Field Calculator" configurada para cálculo de perímetro

3. Damos un clic en OK, de esta manera se calcularán los valores de Distancia en metros, para cada uno de los segmentos.

(OCHOA Paúl, 2004)

### 3.3.1.2 Atributo de Sentido de calles (Oneway):

Contiene valores que indican el sentido de la circulación sobre el segmento respectivo. Si el desplazamiento es Desde – Hacia (desde el nodo inicial FNODE\_ hacia el nodo final TNODE\_ que se encuentran en la tabla de atributos), el valor de este campo será FT. Mientras que si es Hacia – Desde (desde el nodo final TNODE\_ hacia el nodo inicial FNODE\_), el valor del campo será TF. Si el sentido es en ambas direcciones el campo se dejara vacío, o se puede colocar cualquier otro valor que pueda indicar que el sentido es bidireccional por ejemplo BI.

Para poder realizar la asignación de los valores correctos para el campo ONEWAY en una cartografía en la que ya se tengan los valores de FNODE\_ y TNODE\_ y no se sepa cual fue el sentido de digitalización del usuario, vea el Anexo 1 de este documento.

### 3.3.1.3 Atributo de Jerarquía (Hierarchy):

La jerarquía es un atributo para ordenar la infraestructura vial, permitiendo decidir que vías de desplazamiento se acomodan a una determinada categoría de circulación. Para las prácticas se han definido 5 categorías:

<b>CATEGORIA</b>	<b>JERARQUIA</b>	<b>VELOCIDAD EN METROS/HORA</b>
CARRETERA	1	95000
AVENIDA	2	75000
CALLES	3	65000
RETORNO	4	20000
SIN ESPECIFICAR	5	20000

Tabla 2. Categorías y Velocidad en metros para el atributo "jerarquía"

Para la asignación de la jerarquía a la tabla de atributos, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Desde MiPc, ingrese a c:\ Archivos de Programa \ arcgis \ NetworkAnalyst \ práctica 1.
2. Haga un clic derecho sobre Vías.dbf y seleccione "Abrir con..." -> "Elegir Programa" y en la lista seleccione el programa "Microsoft Office Excel". La tabla de atributos se abrirá en la hoja de cálculo, donde se podrá editar la información.
3. En el campo CATEGORÍA de la tabla Vías, vamos a escribir para cada fila, el tipo de vía según los valores de la columna CATEGORÍA de la Tabla 2.

- Para saber que jerarquía le corresponde, vamos a escribir la siguiente fórmula en la columna HIERARCHY:

=SI(J2="CARETERA";1;SI(J2="AVENIDA";2;SI(J2="CALLE";3;SI(J2="RETORNO";4;5))))

Considerando que J2 es el primer valor de la columna J que le corresponde al campo CATEGORÍA.

- Arrastre la fórmula para toda la columna para que los valores sean calculados en todas las filas.

G	H	I	J	K	L
	HIERARCHY	NOMBRE	CATEGORIA		
	3	VIA 1	CALLE		
	2	VIA 2	AVENIDA		
	3	VIA 3	CALLE		
	4	VIA 4	RETORNO		
	3	VIA 5	CALLE		
	3	VIA 6	CALLE		
	2	VIA 7	AVENIDA		
	4	VIA 8	RETORNO		
	3	VIA 9	CALLE		
	3	VIA 10	CALLE		
	3	VIA 11	CALLE		

Figura 34. Cálculo de valores para la columna HIERARCHY desde Excel

### 3.3.1.4 Atributo de tiempo (Minutes):

Este atributo se obtiene desde dos columnas de la tabla. La columna Desde-Hacia (FT\_minutes) y Hacia-Desde (TF\_minutes); los valores de tiempo pueden hacer referencia a cualquier unidad valida, por ejemplo Minutos. Es necesario generar valores para las columnas FT\_Minutes y TF\_Minutes. La primera representa los minutos de desplazamiento en el sentido Desde-Hacia y la segunda a los minutos en el sentido Hacia-Desde. Las dos columnas tendrán el mismo valor, pero FT\_minutes será usada por Network Analyst para calcular el tiempo en minutos cuando el valor del atributo oneway sea "FT" y la columna TF\_minutes será usada por Network Analyst cuando el valor del atributo oneway sea "TF". Para obtener los valores se aplicará la formula:

$$T = \frac{(M \times K)}{V}$$

Donde:

T = Tiempo de desplazamiento

M = Distancia en metros del segmento (columna "meters")

K = Constante de tiempo (60 minutos)

V = Velocidad según la jerarquía (metros/hora)

A continuación un ejemplo de esto, asignando promedios de velocidad sobre vías\_estadio.shp:

CATEGORIA	EXPRESION
CARRETERA	([Meters]*60)/95000
AVENIDA	([Meters]*60)/75000
CALLES	([Meters]*60)/65000
RETORNO	([Meters]*60)/20000
SIN ESPECIFICAR	([Meters]*60)/20000

Tabla 3. Asignación de valores a los atributos FT\_Minutes y TF\_Minutes.

Este cálculo se realiza sobre todos los campos de las columnas FT\_Minutes y TF\_Minutes. El proceso es el siguiente:

1. Mantenga abierto el archivo Vías.dbf en "Microsoft Office Excel"
2. En la columna FT\_MINUTES escriba la siguiente fórmula:

```
=SI(H2=1;(G2*60)/95000;SI(H2=2;(G2*60)/75000;SI(H2=3;(G2*60)/65000;SI(O(H2=4;H2=5);(G2*60)/20000))))
```

3. Arrastre la fórmula de la misma manera como en la Figura 34

- Repita los pasos 1, 2 y 3 para la columna TF\_MINUTES, de tal manera que los datos resulten como se muestra en la Figura 35.

**f** =SI(H2=1;(G2\*60)/95000;SI(H2=2;(G2\*60)/75000;SI(H2=3;(G2\*60)/65000;SI(O(H2=4;H2=5);(G2\*60)/20000))))

E	F	G	H	I	J	K
FT_MINUTES	TF_MINUTES	METERS	HIERARCHY	NOMBRE	CATEGORIA	
2209,2850	2209,2850	2393392,0713		3 VIA 1	CALLE	
3242,2745	3242,2745	4052843,0695		2 VIA 2	AVENIDA	
1606,7159	1606,7159	1740608,8689		3 VIA 3	CALLE	
16234,1369	16234,1369	5411378,9514		4 VIA 4	RETORNO	
1754,2208	1754,2208	1900405,8189		3 VIA 5	CALLE	
1906,5714	1906,5714	2065452,2992		3 VIA 6	CALLE	
4115,8370	4115,8370	5144796,2346		2 VIA 7	AVENIDA	
7455,9225	7455,9225	2485307,4842		4 VIA 8	RETORNO	
1483,9967	1483,9967	1607663,1335		3 VIA 9	CALLE	
1429,3772	1429,3772	1548491,9276		3 VIA 10	CALLE	
3408,7245	3408,7245	3692784,8966		3 VIA 11	CALLE	

Figura 35. Asignación de valores de FT\_Minutes y TF\_Minutes desde Excel

- Desde el menú Archivo de Microsoft Office Excel, seleccione la opción Guardar y especifique que SI desea mantener el formato del libro.
- Cierre Microsoft Office Excel, Indique que SI desea guardar los cambios efectuados en Vías.dbf.
- Guarde el archivo con formato DBF 4 (dBASE IV) (\*.dbf) y reemplace el archivo existente.
- Especifique nuevamente que SI desea mantener el formato del libro. Así el archivo sigue siendo utilizable desde ArcMap.
- Cierre Microsoft Office Excel.

#### 4. PRÁCTICA 2: CREACIÓN DE UNA GEODATABASE DESDE ARCCATALOG

Cuando un Network Dataset es creado al interior de una Geodatabase, la capacidad y funcionalidad disponible al interior de ella aumenta considerablemente. Este tipo de Network Dataset está recomendado para modelos donde existe gran cantidad de elementos y categorías de vías que necesiten una conectividad específica.

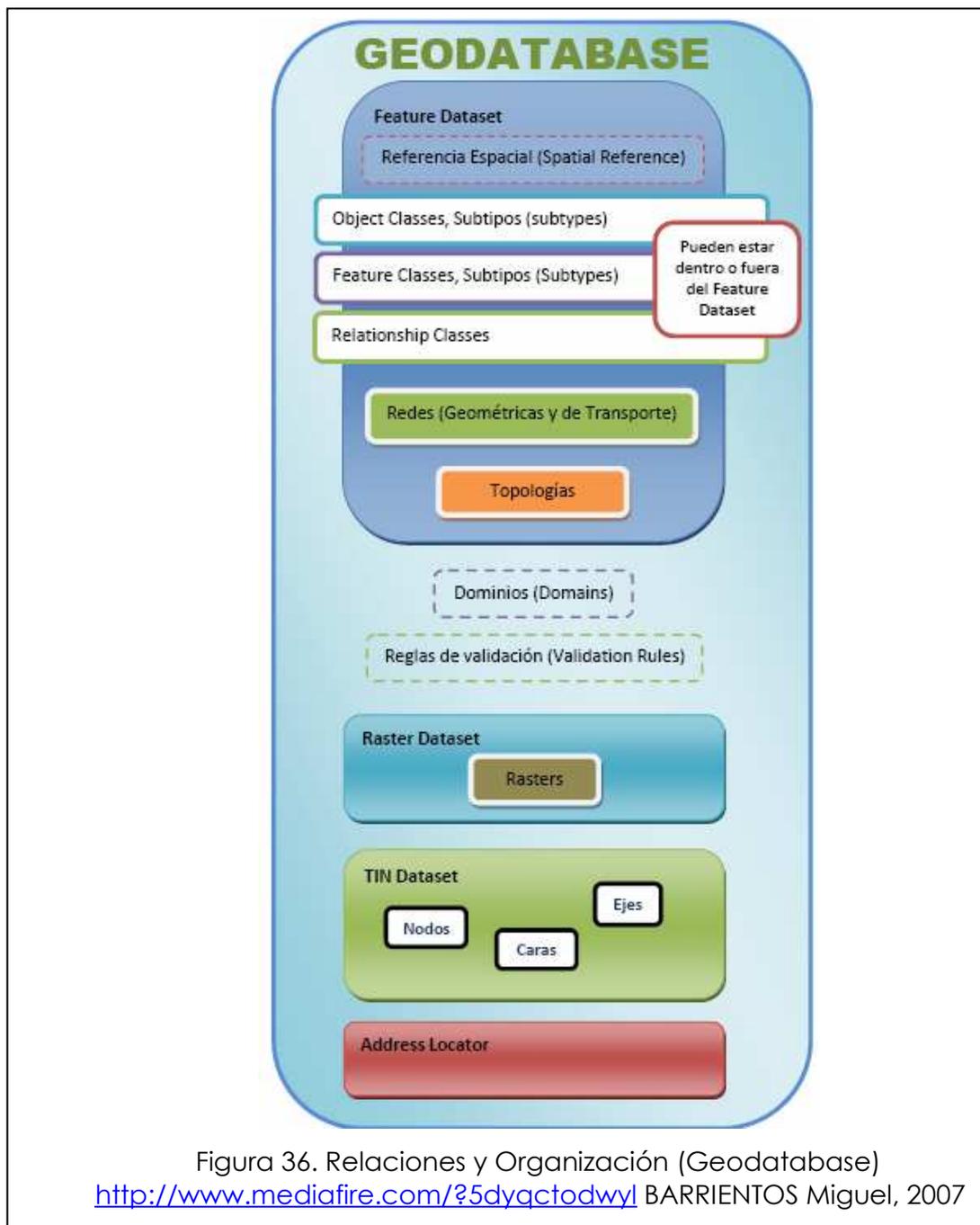
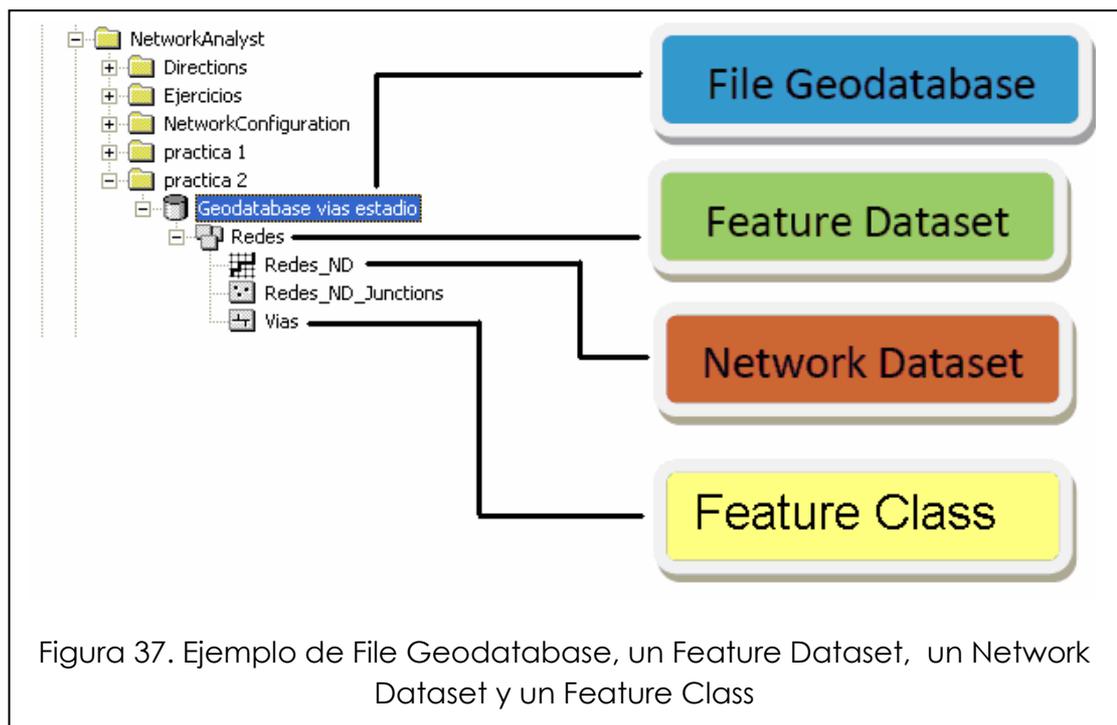


Figura 36. Relaciones y Organización (Geodatabase)  
<http://www.mediafire.com/?5dyqctodwyl> BARRIENTOS Miguel, 2007

La Geodatabase es una organización de datos que se maneja para la creación, edición, administración y visualización de datos geográficos que necesitan tratamiento especial. Todos los feature classes al interior de un feature dataset comparten un sistema de coordenadas. Es trascendental que garanticen una REFERENCIA ESPACIAL EN COMÚN.

A continuación se presenta un ejemplo de un File Geodatabase, un Feature Dataset, un Network Dataset y un Feature Class:



Para la creación de una Geodatabase, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Abrir ArcCatalog y ubicarse en c:\ Archivos de Programa \ arcgis \ NetworkAnalyst \ practica2.
2. Haga clic en la pestaña "Contents", clic derecho sobre el contenido de "Contents", escoja New -> Personal Geodatabase (ver Figura 38)

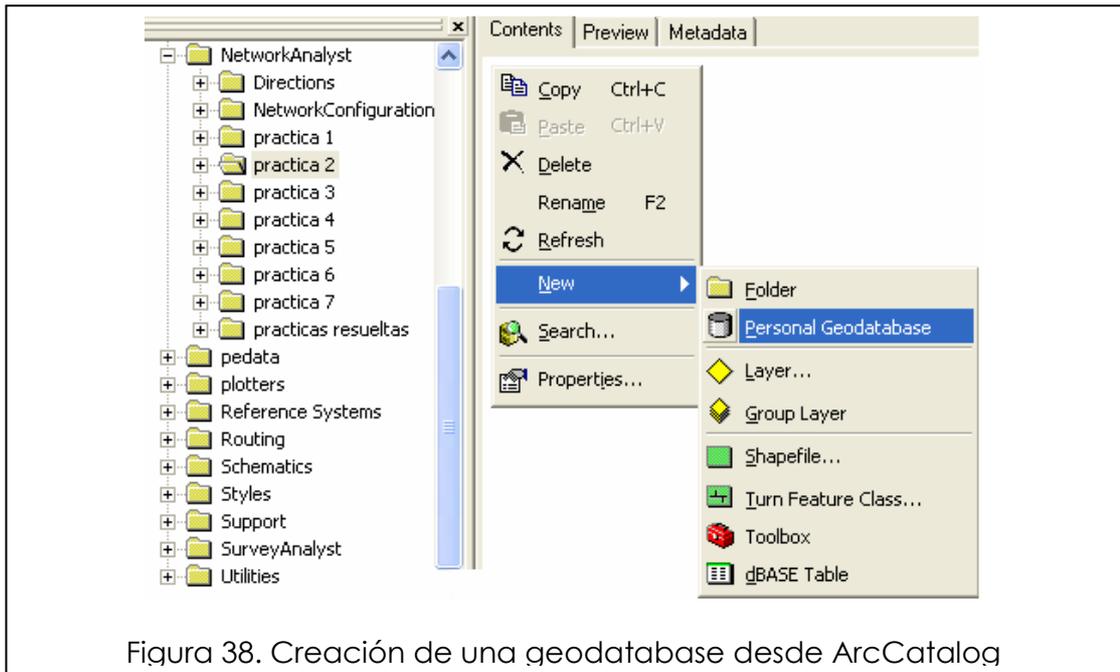


Figura 38. Creación de una geodatabase desde ArcCatalog

3. Nombre a la Geodatabase Personal como "Geodatabase ejemplo"

#### 4.1 Exportar a la Geodatabase un Shapefile con datos

Para poder agregar a una Geodatabase un Shapefile que contenga datos en la tabla de atributos, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Desde ArcCatalog, navegue hacia `c:\ Archivos de Programa \ arcgis \ NetworkAnalyst \ practica1`.
2. Seleccione el archivo shape de líneas llamado Vías, de un clic derecho sobre el shapefile, y escoja la opción "Export" -> "To Geodatabase (single)" como en la Figura 39.

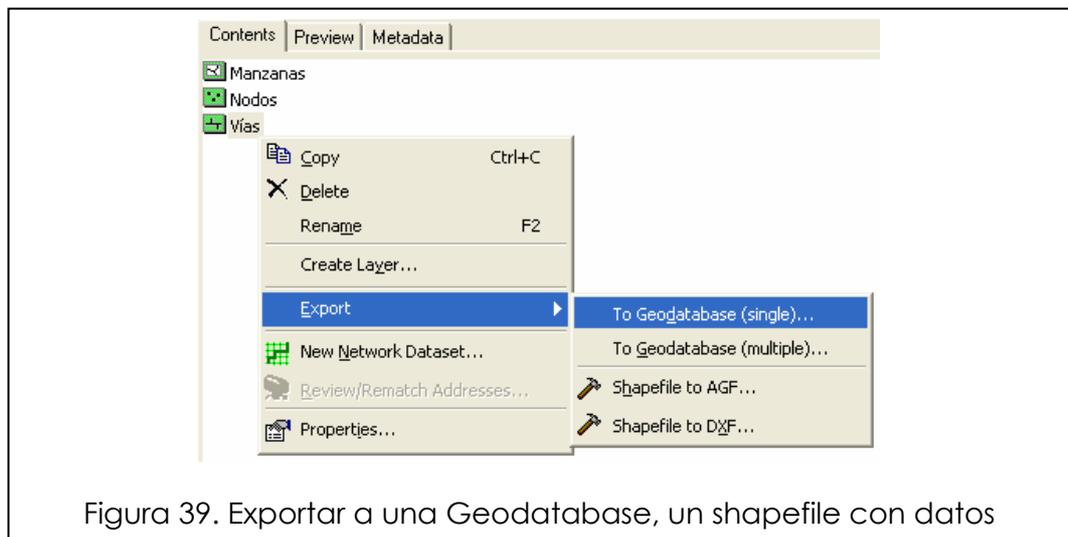


Figura 39. Exportar a una Geodatabase, un shapefile con datos

3. Se abrirá el cuadro de diálogo para ingreso de parámetros, en donde deberá llenar los cuadros como se indica en la Figura 40.

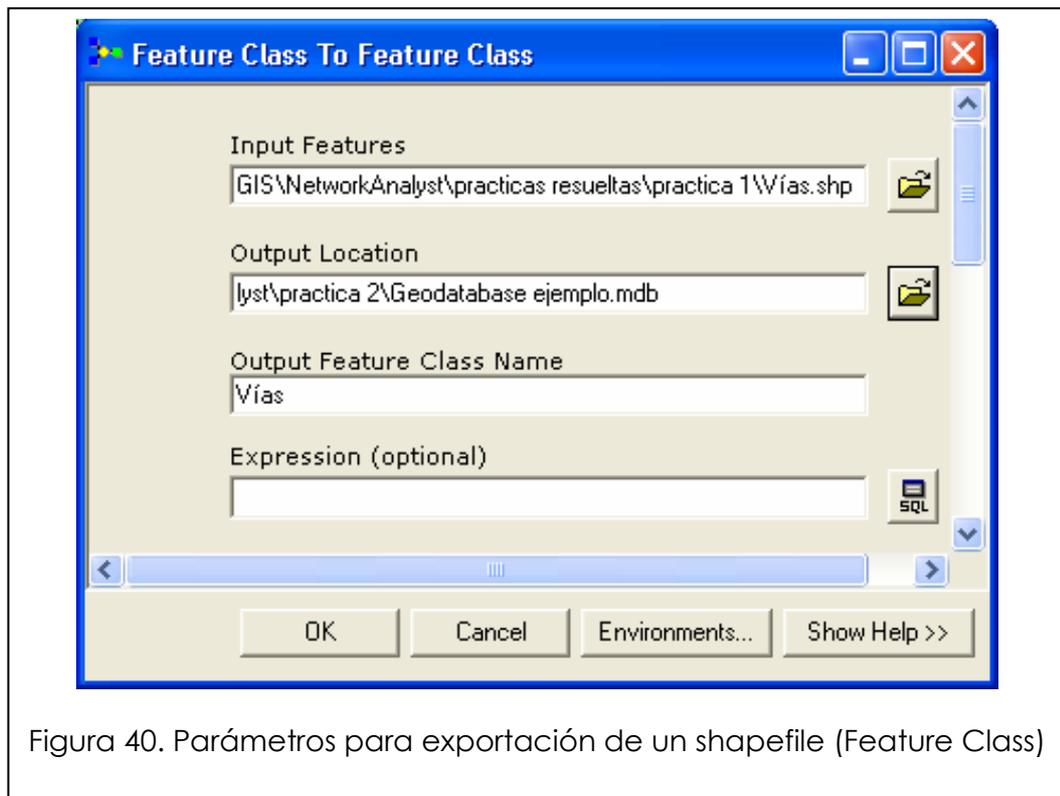


Figura 40. Parámetros para exportación de un shapefile (Feature Class)

4. De un clic en OK, se abrirá una ventana donde se exportan los datos a la geodatabase.

#### 4.2 Crear un Feature Dataset con Referencia Espacial de un Feature Class

Para poder obtener un Feature Class dentro de un Feature Dataset, tanto el Feature Class como el Feature Dataset deben tener el mismo sistema de coordenadas, caso contrario, el Feature Dataset no puede albergar al Feature Class. Para crear un Feature Dataset o conjunto de entidades que tenga la misma referencia espacial de un Feature Class, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Seleccione la Geodatabase ejemplo que acabamos de crear, y con un clic derecho seleccione New -> Feature Dataset, aparecerá la ventana de creación de nuevo Feature Dataset.
2. En ésta ventana debe ingresar un nombre para el Feature Dataset, el nombre será Red. También se debe indicar un sistema de coordenadas para este Feature Dataset. Para esto damos un clic en el botón Edit... de la sección "Spatial Reference" donde seleccionará el tipo de coordenadas que quiere utilizar.

Para seleccionar el mismo sistema de Coordenadas que el Feature Class, haga clic en "Import..." de la ventana "Propiedades de Spatial Reference". En la ventana "Browse for DataSet", escoja el Feature Class "Vías" que acaba de exportar (ver Figura 41).

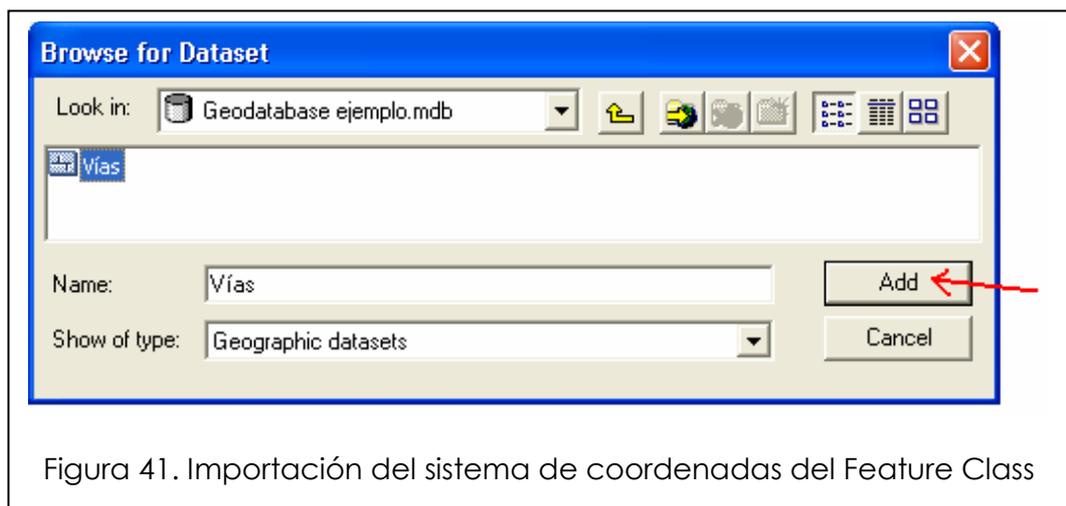


Figura 41. Importación del sistema de coordenadas del Feature Class

3. Haga clic en el botón "Add" luego en Aplicar y en Aceptar. El sistema de coordenadas seleccionado aparece en la Descripción de la sección "Spatial Reference". La ventana de Feature Dataset debe resultar como en la Figura 42.

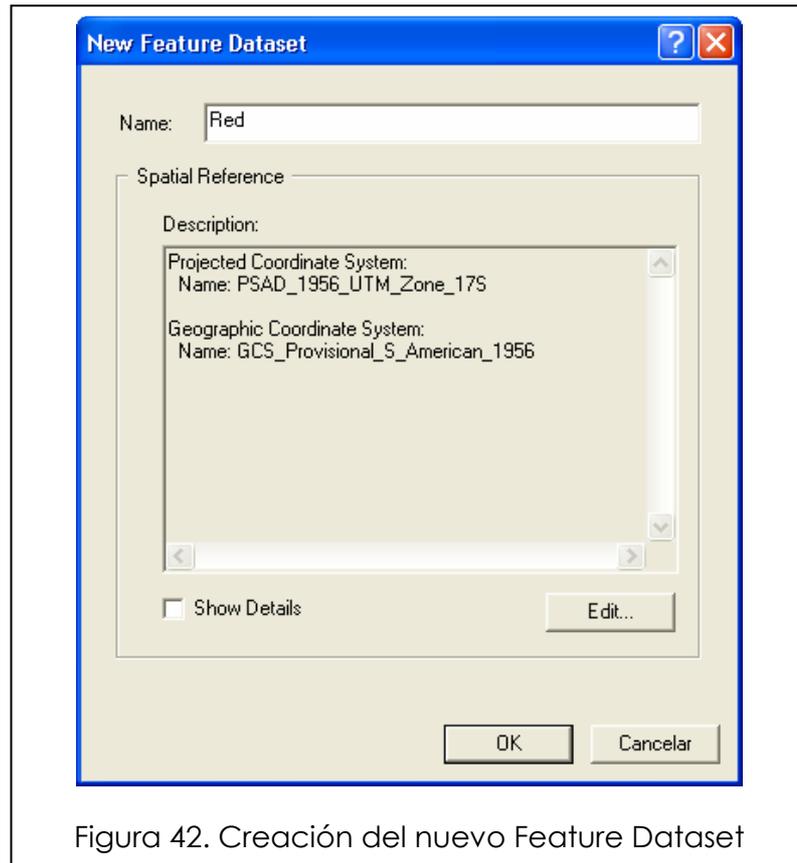


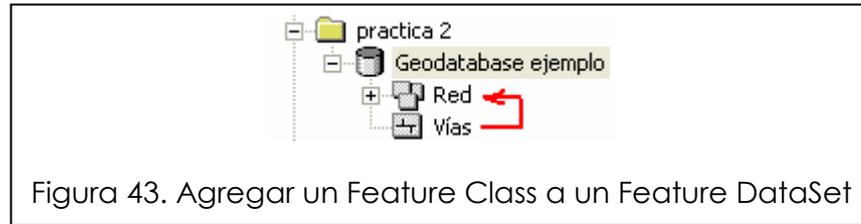
Figura 42. Creación del nuevo Feature Dataset

4. Haga clic en Ok para que se genere el nuevo Feature Dataset

### 4.3 Agregar un Feature Class a un Feature Dataset

Para agregar el Feature Class al Feature Dataset, se deben seguir los siguientes pasos:

1. En ArcCatalog, vaya a la ubicación c:\ Archivos de Programa \ arcgis \ NetworkAnalyst \ practica2.
2. Despliegue el árbol de la Geodatabase, aquí se encuentra tanto el Feature Dataset llamado "Red", como el Feature Class llamado "Vías".
3. Arrastre el Feature class "Vías" hacia el Feature Dataset "Red" (ver figura 43).



4. La geodatabase debe quedar estructurada como en la Figura 44

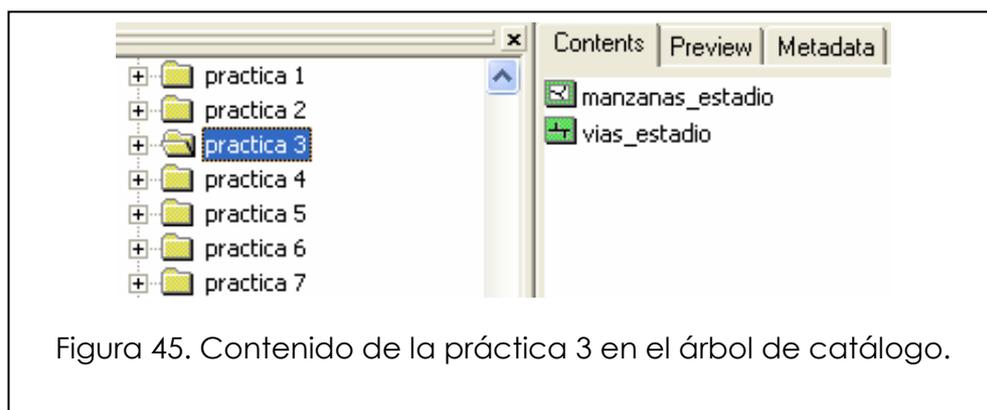


5. Cierre ArcCatalog

## 5. PRÁCTICA 3: CREAR UN SHAPEFILE BASADO EN UN NETWORK DATASET

El proceso para crear un network dataset desde un shapefile que tenga los atributos especificados anteriormente, se lo realiza de la siguiente manera:

1. Iniciar ArcCatalog que se encuentra dentro de ArcGIS dando un clic en la lista de programas del menú inicio.
2. Navegue hacia la carpeta c:\ Archivos de Programa \ arcgis \ NetworkAnalyst en el árbol de catalogo.
3. De un clic en la carpeta practica 3 para ver su contenido



4. Si la extensión de Network Analyst está desactivada, desde el menú de Herramientas (Tools), de un clic en Extensions y a continuación, en el cuadro de diálogo de Extensions, de un clic en Network Analyst y a continuación cierre el cuadro de diálogo de Extensions.
5. De un clic derecho sobre el archivo tipo shape llamado "vías\_estadio" y escoja New Network Dataset. Este archivo tipo shape contiene información acerca de las calles cercanas al estadio en la ciudad de Cuenca.

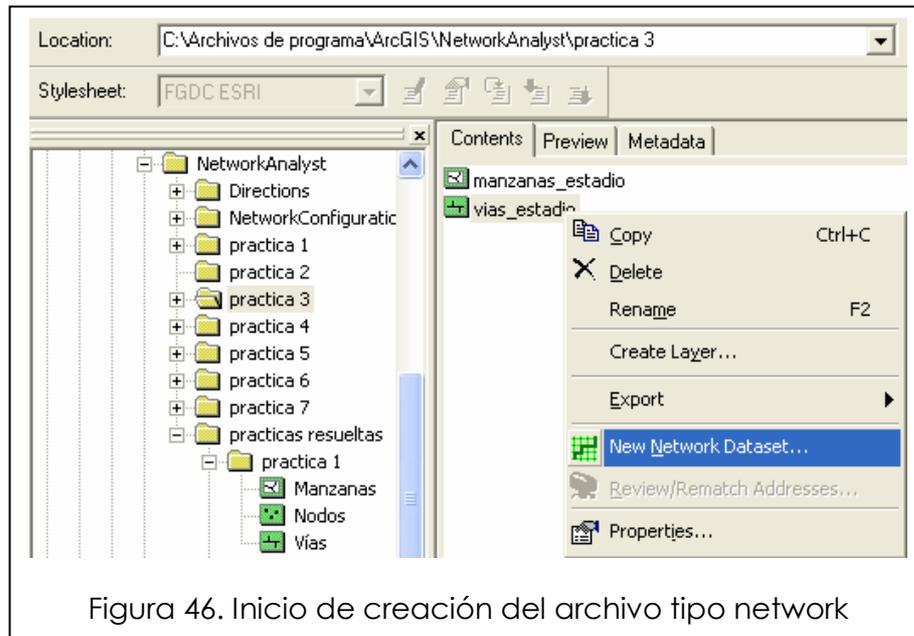


Figura 46. Inicio de creación del archivo tipo network

6. El nombre del Network Dataset se establece por defecto como vias\_estadio\_ND.

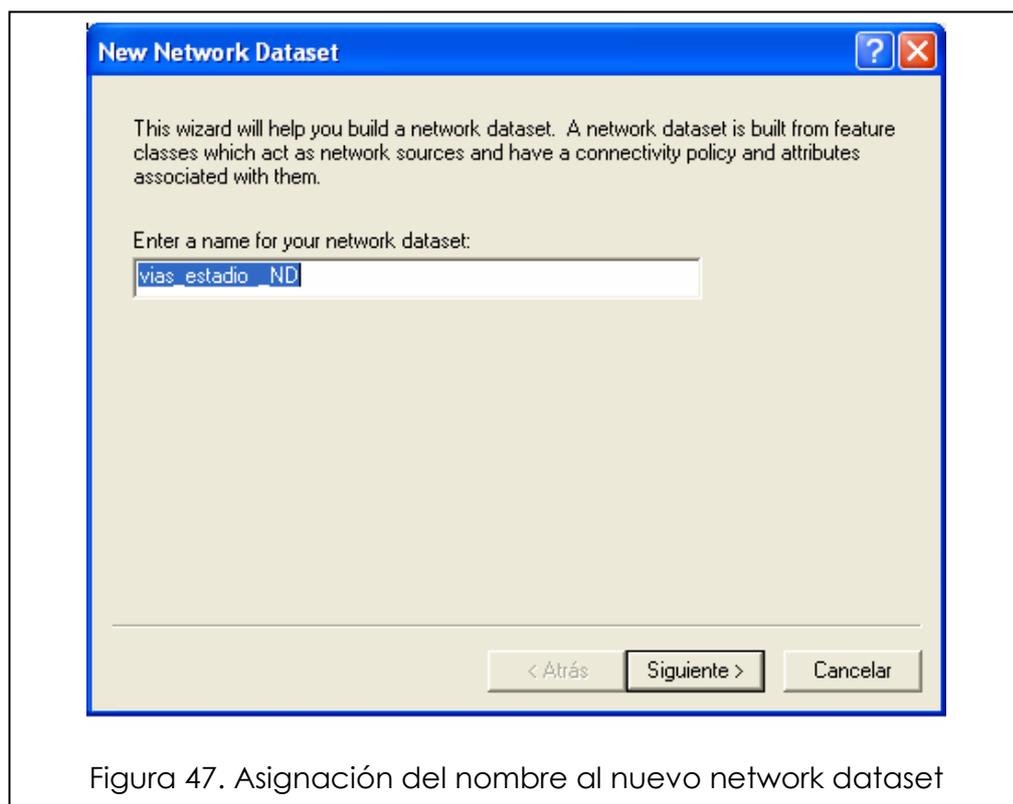


Figura 47. Asignación del nombre al nuevo network dataset

De un clic en siguiente.

7. A continuación se configurará la Conectividad

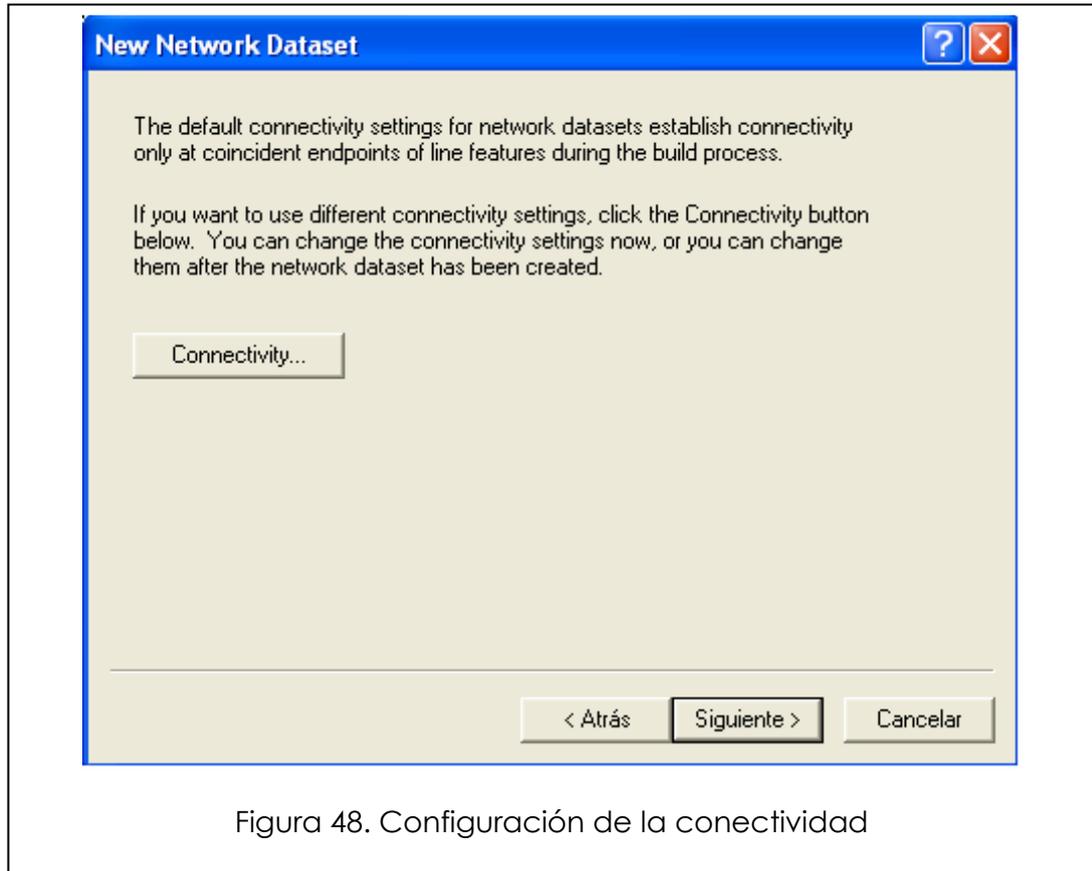


Figura 48. Configuración de la conectividad

En este cuadro de dialogo, se despliega el siguiente enunciado:

“La configuración de la conectividad del Network Dataset se establece por defecto sólo, sobre los puntos finales (endpoints) coincidentes de las entidades de líneas durante el proceso de construcción. Si desea utilizar una configuración de conectividad diferente, pulse abajo, sobre el botón Conectividad. Usted puede cambiar la configuración de conectividad ahora o puede cambiarla después de haber creado el Network Dataset”.

Al pulsar sobre el botón “Connectivity” aparecerá el siguiente cuadro de dialogo.

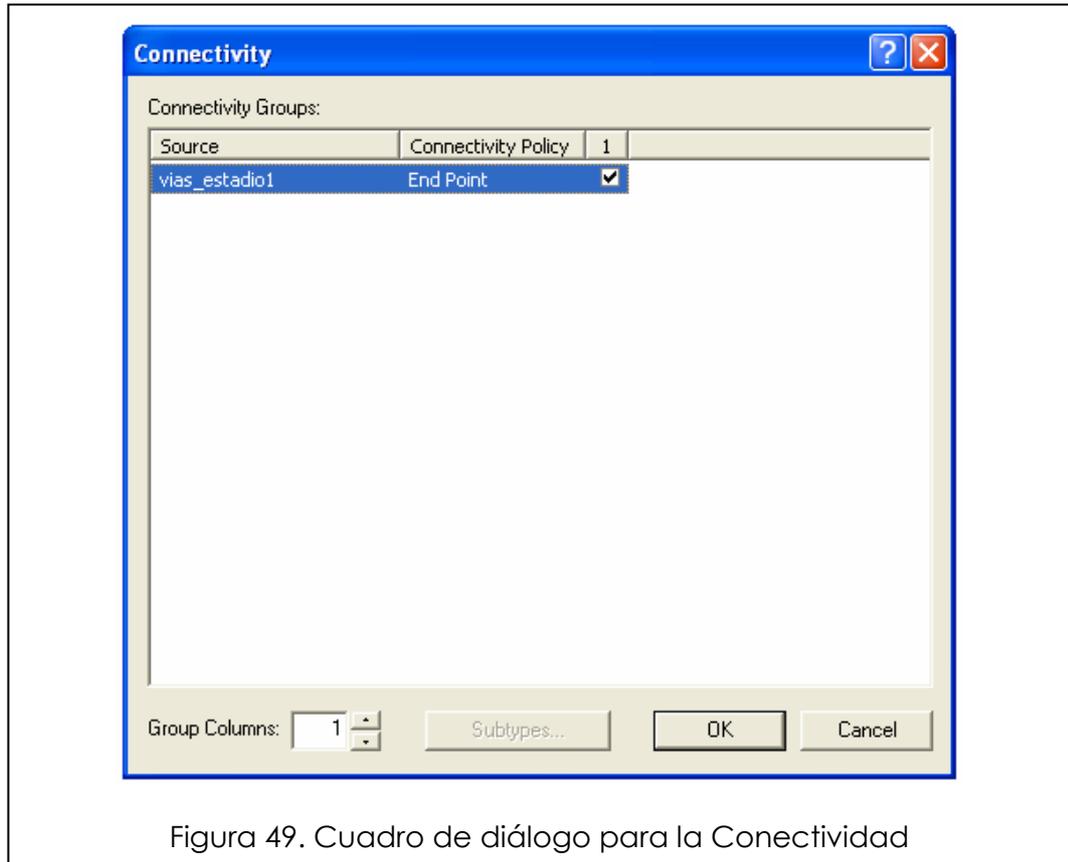


Figura 49. Cuadro de diálogo para la Conectividad

Las Políticas de conectividad (connectivity policy) determinan si se utilizará una conectividad de tipo EndPoint y AnyVertex (ver Anexo 2).

Damos un clic en Ok y a continuación presionamos el botón Siguiente>

8. De un clic en siguiente para aceptar las configuraciones por defecto para la conectividad con elevación. Este es uno de los aspectos importantes a la hora de diseñar redes que contienen elementos de red que permiten comportamientos especiales al interior de ella. Como por ejemplo túneles, puentes y pasos bajo nivel. Las columnas de la tabla con datos de elevación pueden ser utilizados para refinar la conectividad al interior de un Network dataset.
9. Escoja YES en el radio button y asigne los campos apropiados para "From End" y para "To End", estos valores serán FNODE\_ y TNODE\_ que representan los nodos iniciales y finales que estarán en el network dataset.

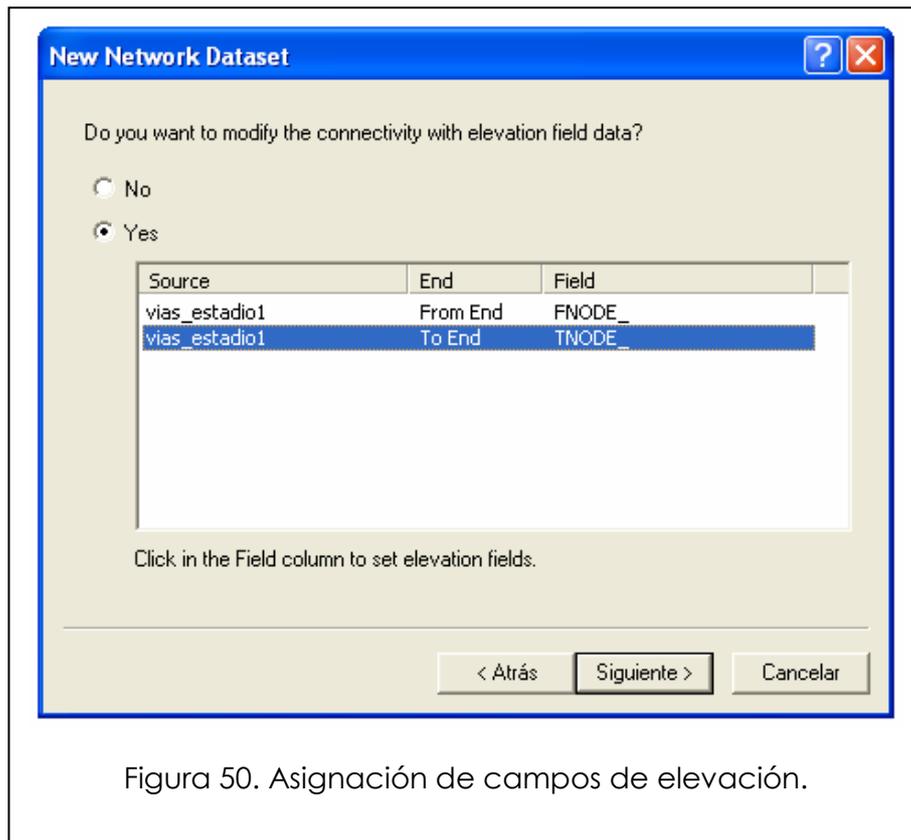


Figura 50. Asignación de campos de elevación.

10. Haga clic en SI para modelar giros en la red.

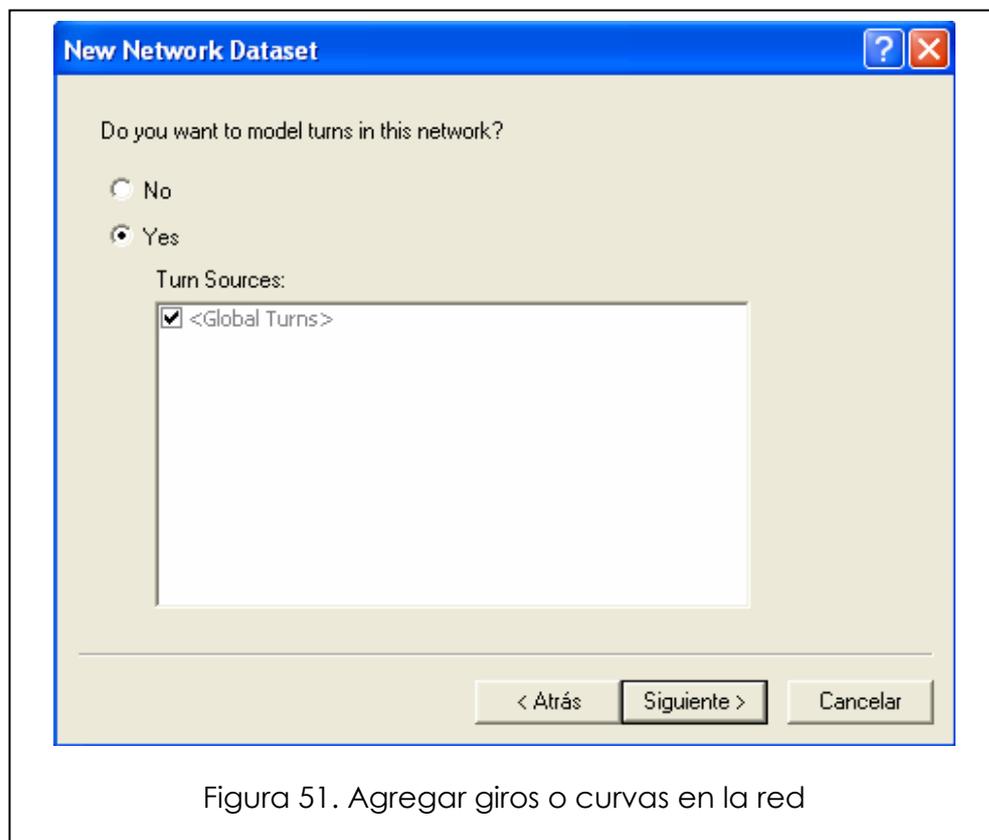


Figura 51. Agregar giros o curvas en la red

Este cuadro despliega las entidades de giros (Turn Feature Class) que son una entidad de la Geodatabase que almacena información sobre un movimiento en particular al interior de una red. Existan o no entidades de giro, el programa ofrecerá automáticamente la opción "Global Turns" que permite configurar restricciones para los giros que se realizan al interior de la red (ver Anexo 3). Aquí, seleccionar la opción "Yes" y pulsar Siguiente.

11. El siguiente paso es definir los atributos y determinar sus valores. Este Feature Class deberá contener en su base de datos información respectiva a los desplazamientos de vehículos. En esta etapa, el programa busca automáticamente atributos de red que puedan estar presentes al interior de los campos de tabla. Si un nombre coincide con los candidatos estos serán añadidos y desplegados en la lista de la imagen.

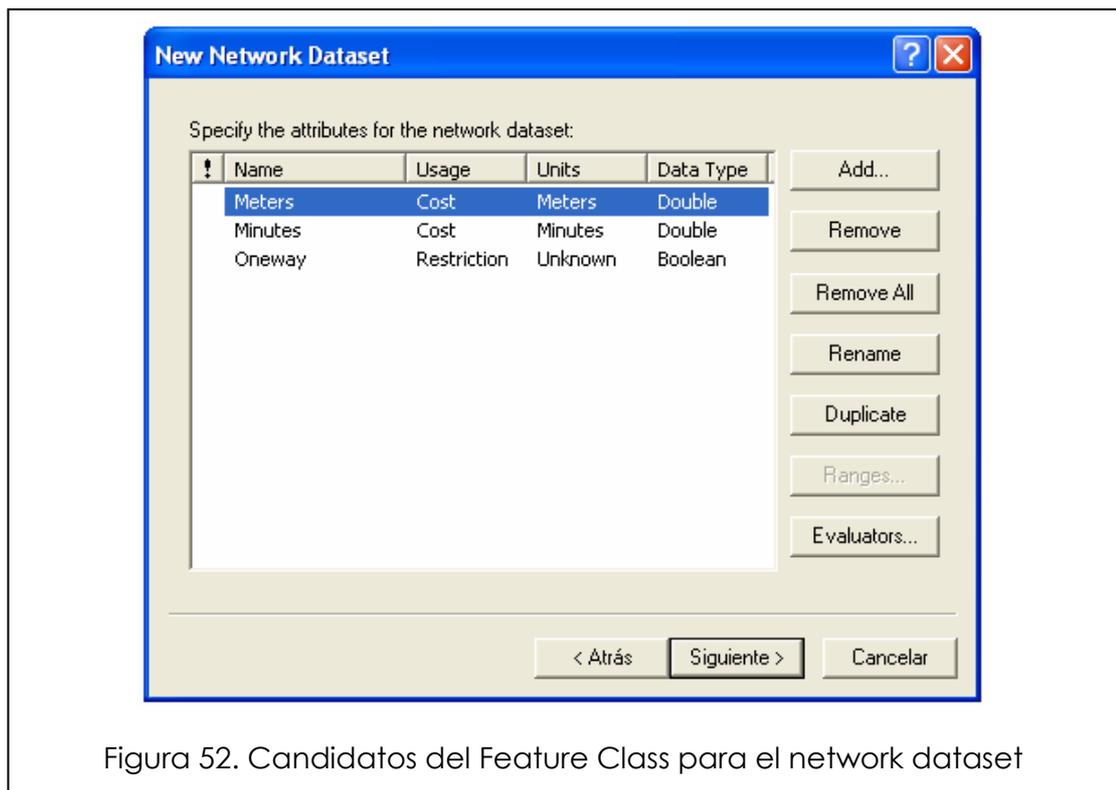


Figura 52. Candidatos del Feature Class para el network dataset

El atributo de tiempo (minutes) se obtiene desde dos columnas de la tabla. La columna Desde-Hacia o From-To (FT\_Minutes) y de la columna Hacia-Desde o To-From (TF\_Minutes). Los valores de tiempo pueden hacer referencia a cualquier unidad válida, puede ser Minutos.

Para poder ver las configuraciones que se realizan con los atributos puede presionar el botón "Evaluators...". En la ventana de "Evaluators...", en el atributo de "Minutes", en la Pestaña "Default Values" se indican los valores por defecto de cada uno de los elementos (ejes, nodos y giros) si queremos añadir o quitar minutos cada vez que una ruta pase por un segmento, nodo o giro, por ejemplo, aumentar unidades de tiempo al pasar por cada giro. Esto es ventajoso para añadir la demora obligada que ocurre cada vez que un vehículo efectúa una curva o giro. En este caso se le han asignado a los giros un valor constante de 0,084 (5 segundos). De esta manera, cada vez que el programa realice un giro, 5 segundos serán añadidos automáticamente al tiempo de desplazamiento final de la ruta.

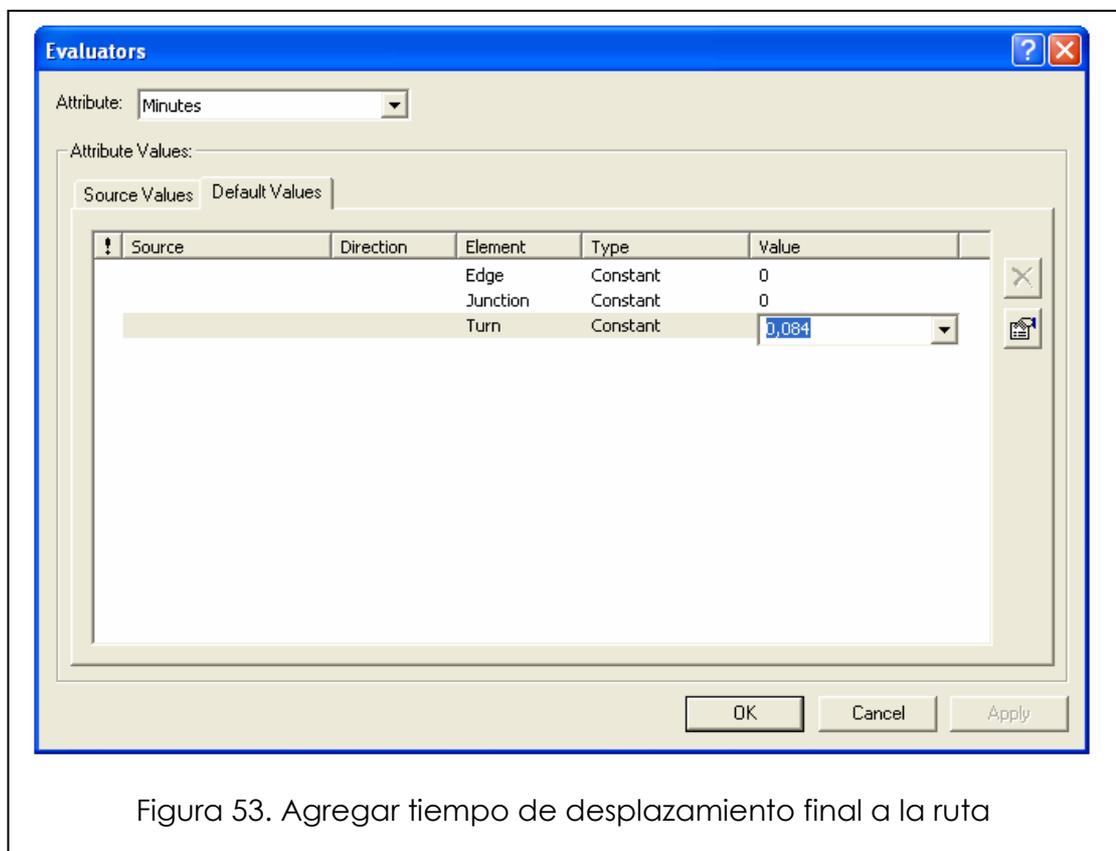


Figura 53. Agregar tiempo de desplazamiento final a la ruta

Presione el botón OK. Para configurar la jerarquía, deberá agregarse un nuevo atributo, el nombre será "jerarquía" o "Hierarchy". El tipo será Hierarchy.

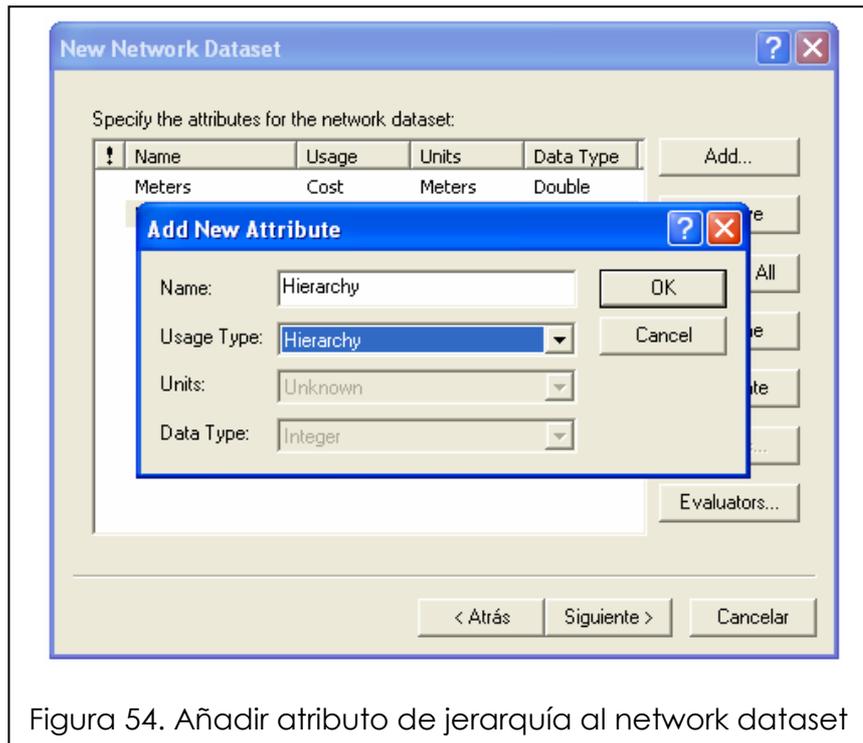


Figura 54. Añadir atributo de jerarquía al network dataset

Presione OK. Ahora deberán designarse los tipos y valores de la jerarquía, para ello se deberá seleccionar los ejes viales From-To y To-From y pulsar sobre "Type" y elegir la opción "Field" y en "Value" seleccionar la columna de la tabla que posee los valores de jerarquía. Que en este caso se denomina "Hierarchy".

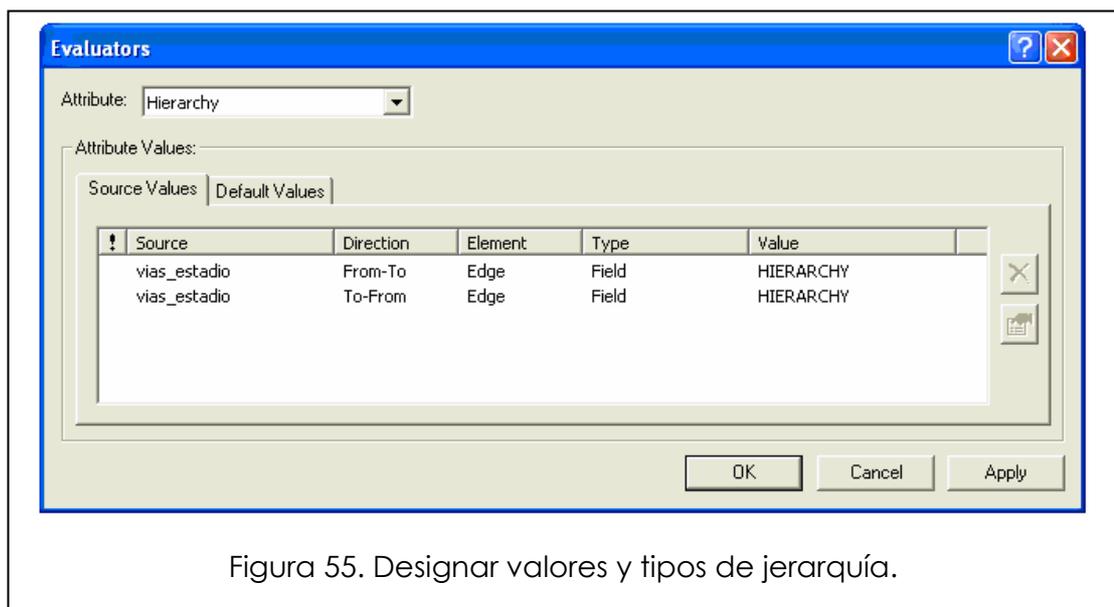
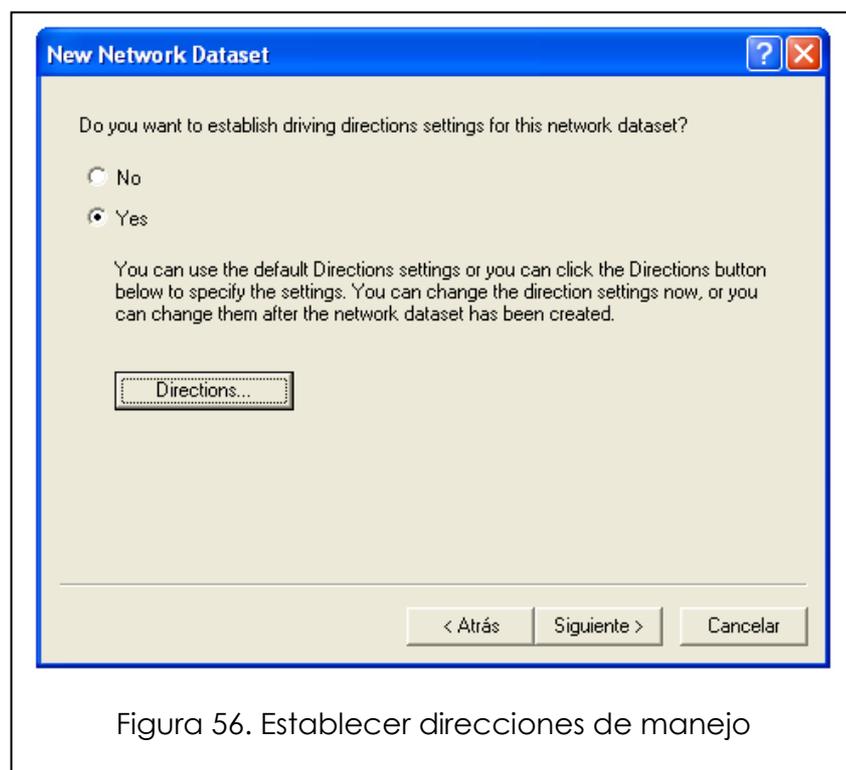


Figura 55. Designar valores y tipos de jerarquía.

Presione OK y haga clic en Siguiente> para continuar.

12. Ahora se configurarán las direcciones de manejo, para complementar la información generada tanto en el análisis de ruta como en Closest facility. Se necesita una columna de la tabla que posea al menos un atributo de texto descriptivo para cada segmento (el nombre de la vía). Por ejemplo en este caso se utilizará la columna "TIPO\_NOM\_A" que representa el nombre de la arteria. Al seleccionar la opción "Yes", se activa el botón "Directions".



El cual contiene 3 pestañas

- 1.- General
- 2.- Shield (Escudo)
- 3.- Boundary (Limite)

En la pestaña General se debe configurar de la siguiente manera:

- "Display Length Units", define las unidades de distancia a desplegar. En este caso se deberá definir la opción "Meters"

- "Length Attribute" se define automáticamente al analizar las unidades de distancia utilizadas por la red.
- "Time Attribute" o atributo de tiempo es usado para calcular los tiempos en las rutas. En esta caso se deberá seleccionar la opción "Minutes".

Las restantes configuraciones son utilizadas para detallar algunas descripciones de rutas en atributos de tipo "descriptor" Street name fields, aquí deberán definirse las columnas de la tabla que contienen información de la ruta. En este ejemplo usaremos solo el atributo "name" y ahí designaremos "TIPO\_NOM\_A"

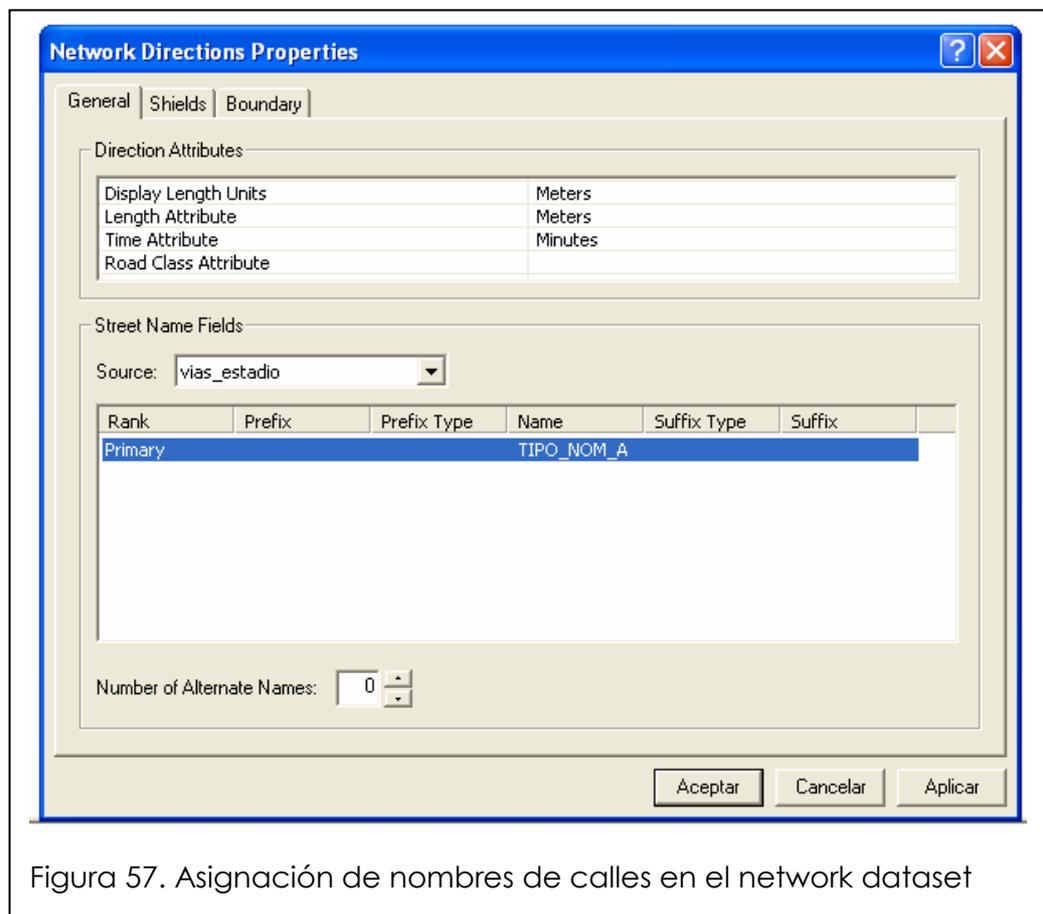


Figura 57. Asignación de nombres de calles en el network dataset

Presione Aceptar y de un clic en Siguiente> para continuar.

13. Un resumen de todos los ajustes que han sido escogidos es exhibido en la siguiente ventana para su evaluación. Haga clic en Finalizar para crear el nuevo network dataset.

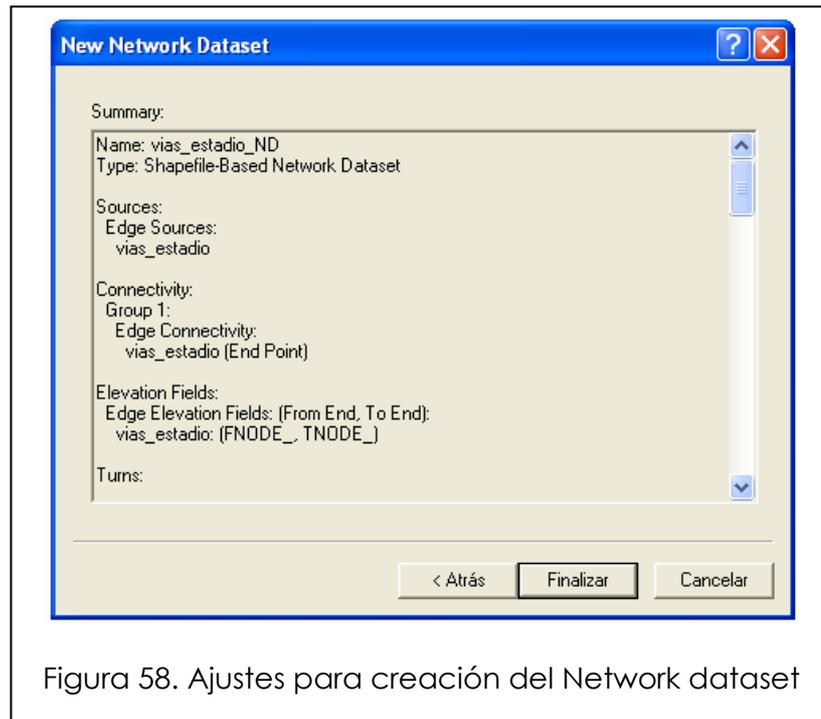


Figura 58. Ajustes para creación del Network dataset

14. Haga clic en Sí para construir la red.

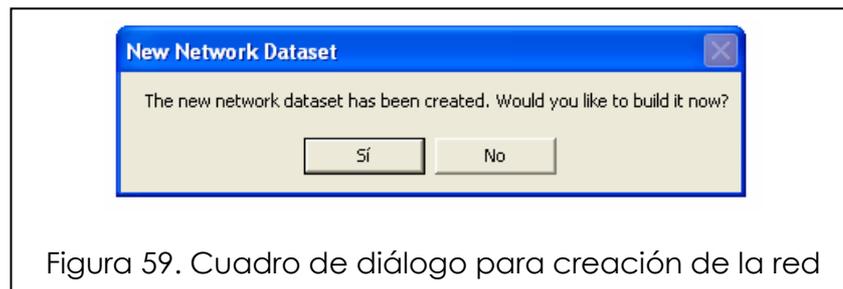


Figura 59. Cuadro de diálogo para creación de la red

El nuevo archivo shape se agrega en ArcCatalog, a su vez, se agrega el archivo de nodos, este archivo tiene el nombre de vias\_estadio\_ND\_Junctions.

15. Seleccione vias\_estadio\_ND y haga clic en la pestaña "Preview" para ver como se ha construido el Network dataset.

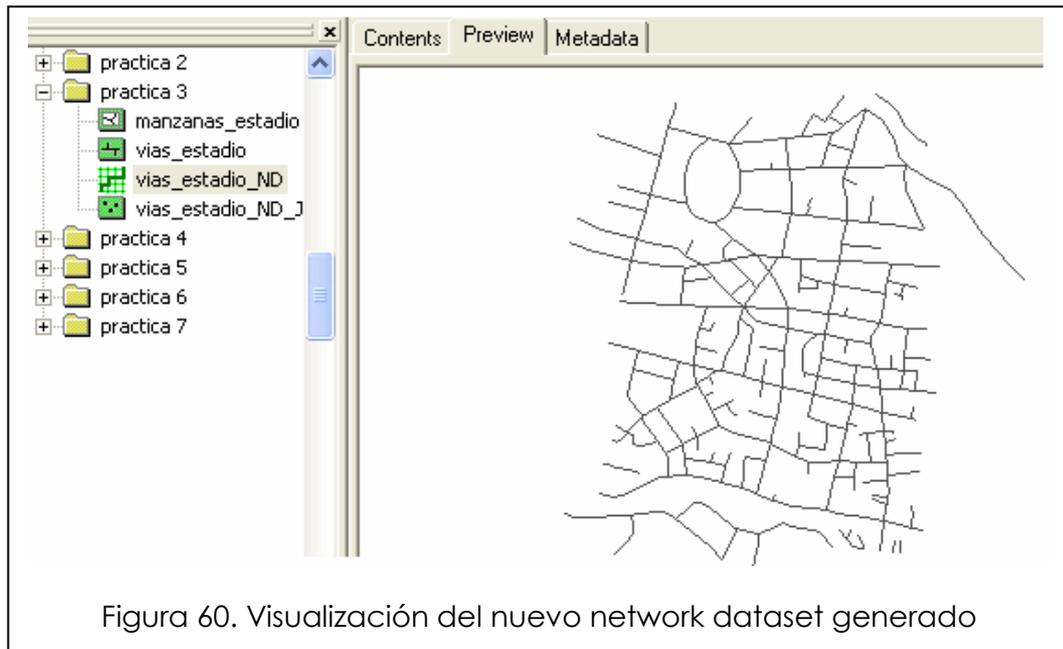


Figura 60. Visualización del nuevo network dataset generado

#### 16. Cierre ArcCatalog.

Se propone realizar la práctica # 1 con el sector de la calle Remigio Crespo, llenar la tabla de atributos con los datos correspondientes para la creación del network dataset y seguir los pasos indicados para poder posteriormente realizar un análisis de ruta dentro de la red.

## 6. PRÁCTICA 4: CREAR UN NETWORK DATASET BASADO EN UNA GEODATABASE

Para poder tener esta información de la red de la Geodatabase, se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Iniciar ArcCatalog dando un clic en la lista de programas del menú inicio.
2. Si la extensión Network Analyst no está habilitada, puede hacerlo desde el menú Tools > Extensions y habilitar el check box correspondiente a Network Analyst.
3. Navegue hacia la carpeta c:\Archivos de Programa \arcgis\ NetworkAnalyst en el árbol de catalogo.
4. De un clic en la carpeta practica 4 para ver su contenido

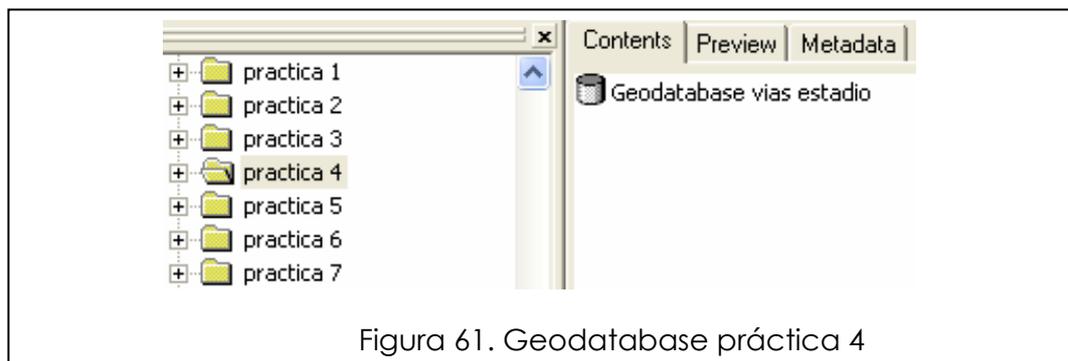


Figura 61. Geodatabase práctica 4

5. De un clic sobre el signo más ubicado a lado de la Geodatabase vías estadio, esto expandirá el árbol para poder ver el contenido de la Geodatabase.
6. De un clic sobre el feature dataset denominado Redes, el contenido de Redes va a ser listado en la pestaña Contents.

- De un clic derecho sobre el feature dataset, clic en New y a continuación, clic en Network Dataset, se abrirá la ventana para crear un nuevo network dataset.

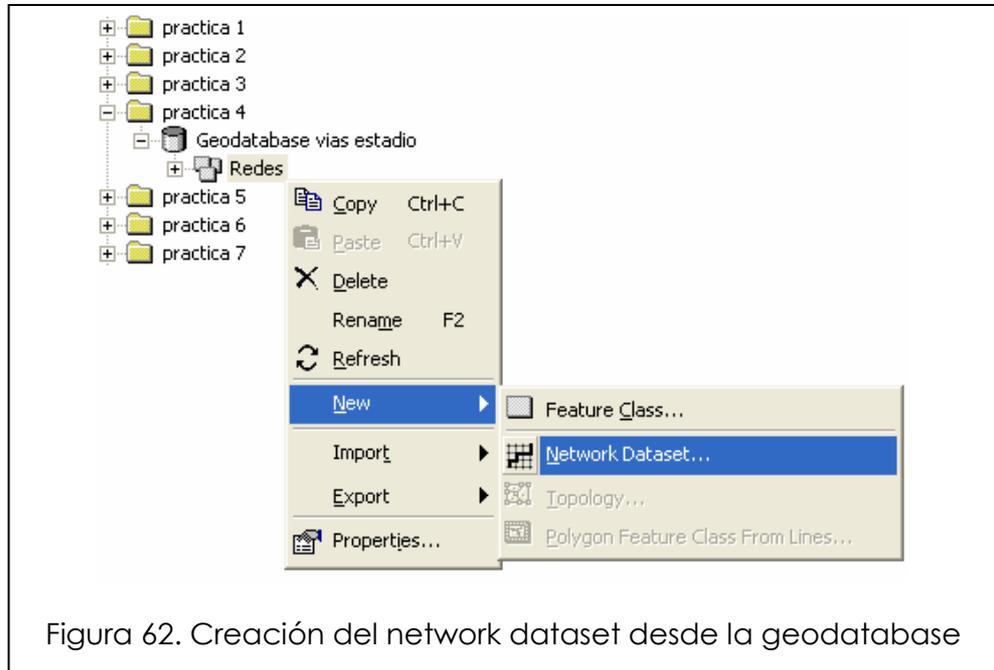


Figura 62. Creación del network dataset desde la geodatabase

- Escriba EstadioNet como nombre para el nuevo network dataset

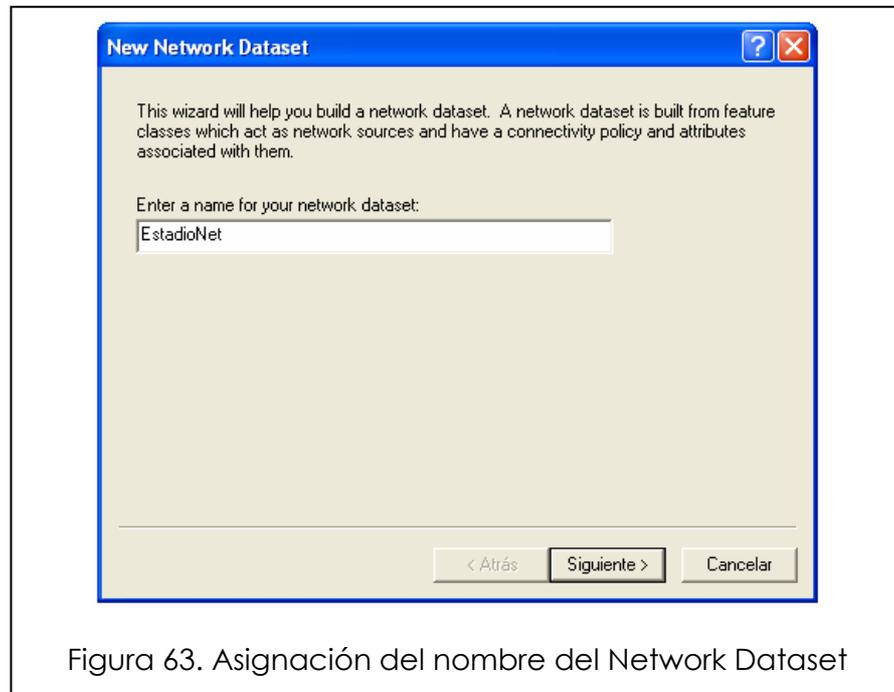


Figura 63. Asignación del nombre del Network Dataset

- De un clic en siguiente.

- De un clic sobre el check box de Vías, para poder activar la feature class y usarla en el network dataset.

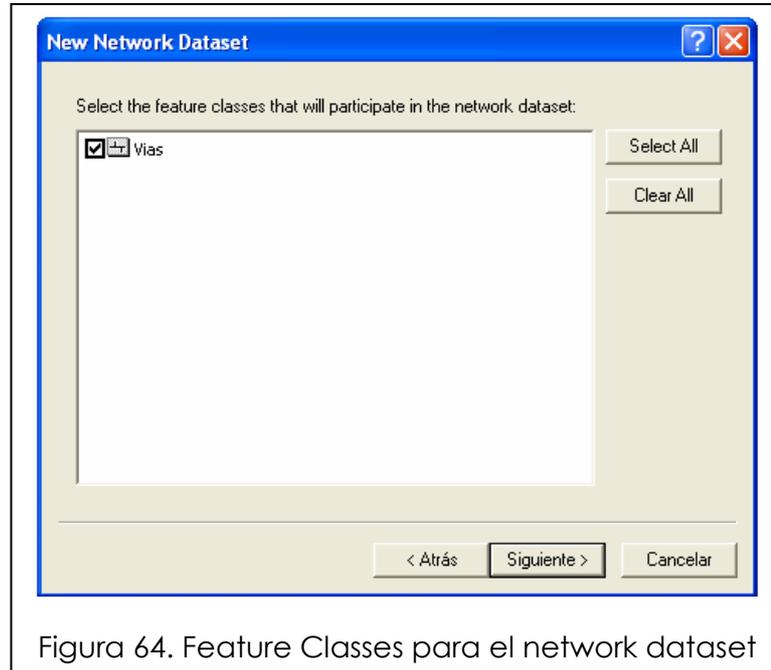


Figura 64. Feature Classes para el network dataset

- De un clic en Siguiete >
- Acepte la conectividad por defecto, dando un clic en Siguiete > para continuar.

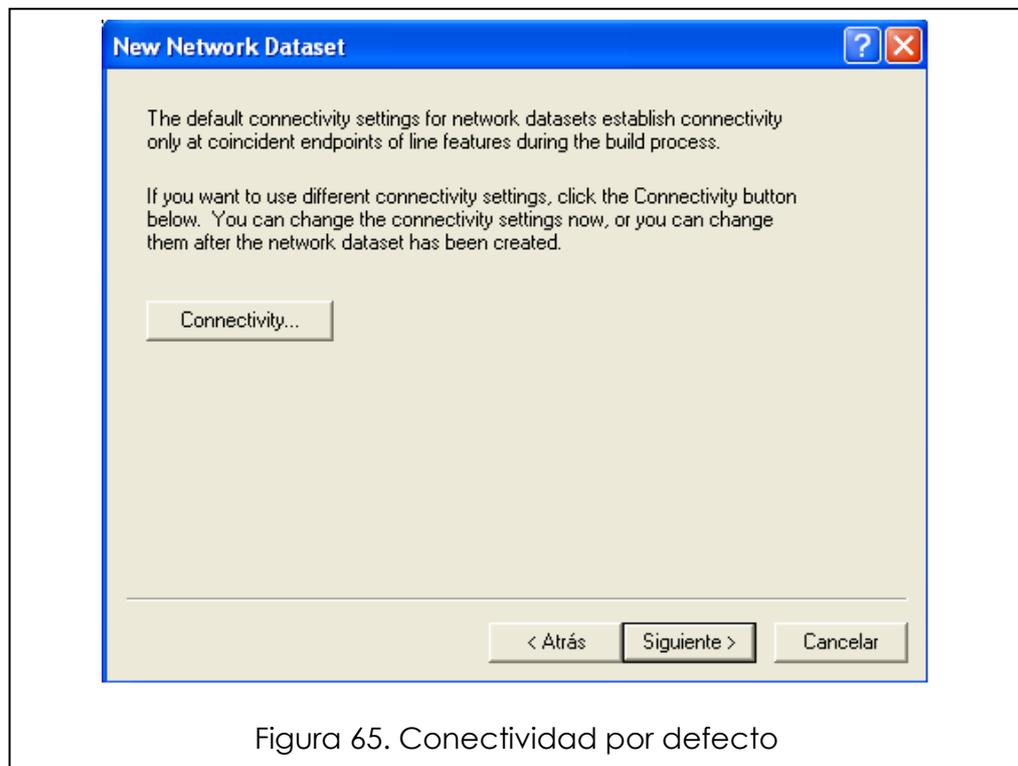


Figura 65. Conectividad por defecto

13. A continuación escoja YES en el radio button y asigne los campos apropiados, para especificar que los campos de FNODE\_ y TNODE\_ se relacionan con From-End y To-End respectivamente.

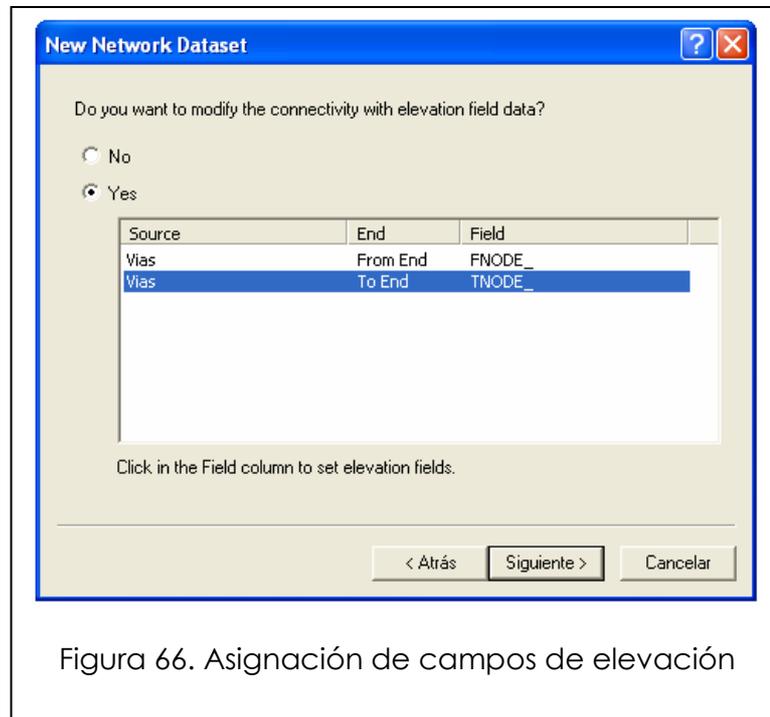


Figura 66. Asignación de campos de elevación

14. Haga clic en YES para modelar curvas o giros dentro de la red.

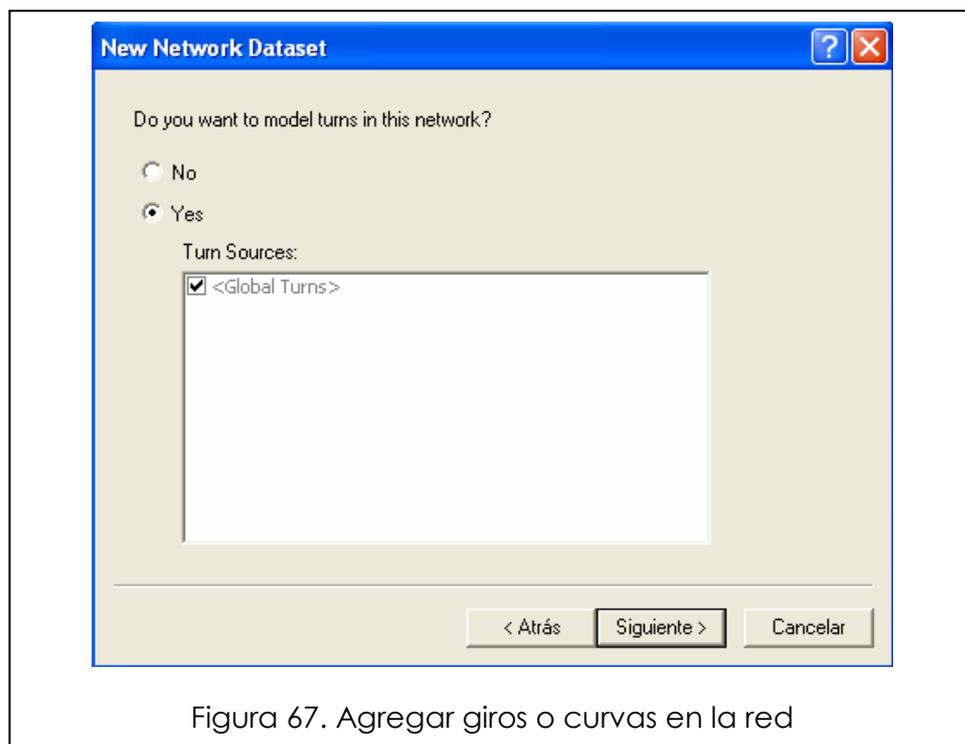


Figura 67. Agregar giros o curvas en la red

15. El siguiente paso es definir los atributos y determinar sus valores. El programa busca automáticamente atributos de red que puedan estar presentes al interior de los campos de tabla. Si un nombre coincide con los candidatos estos serán añadidos y desplegados en la lista de la imagen.

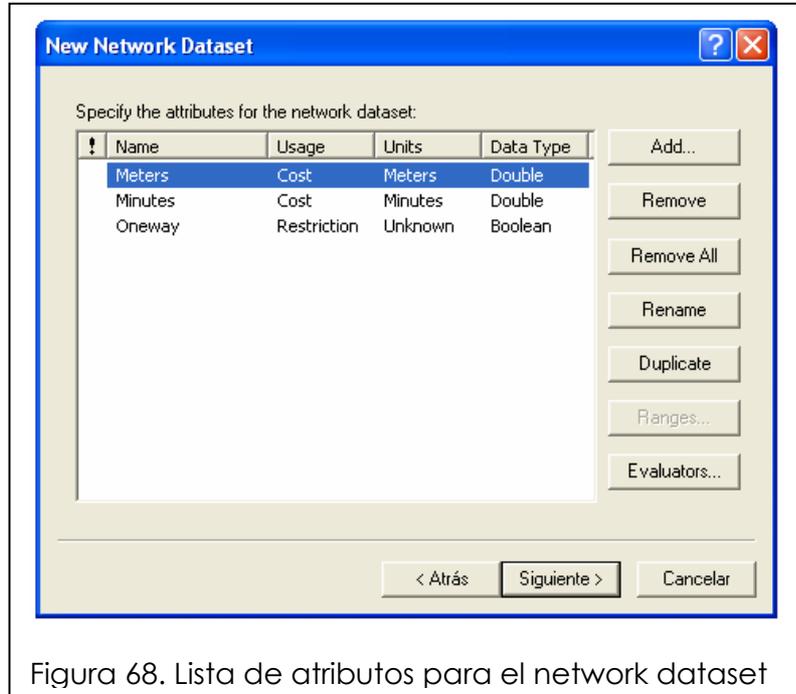


Figura 68. Lista de atributos para el network dataset

16. Ahora se configurarán las direcciones de manejo. Al seleccionar la opción "Yes", se activa el botón "Directions".

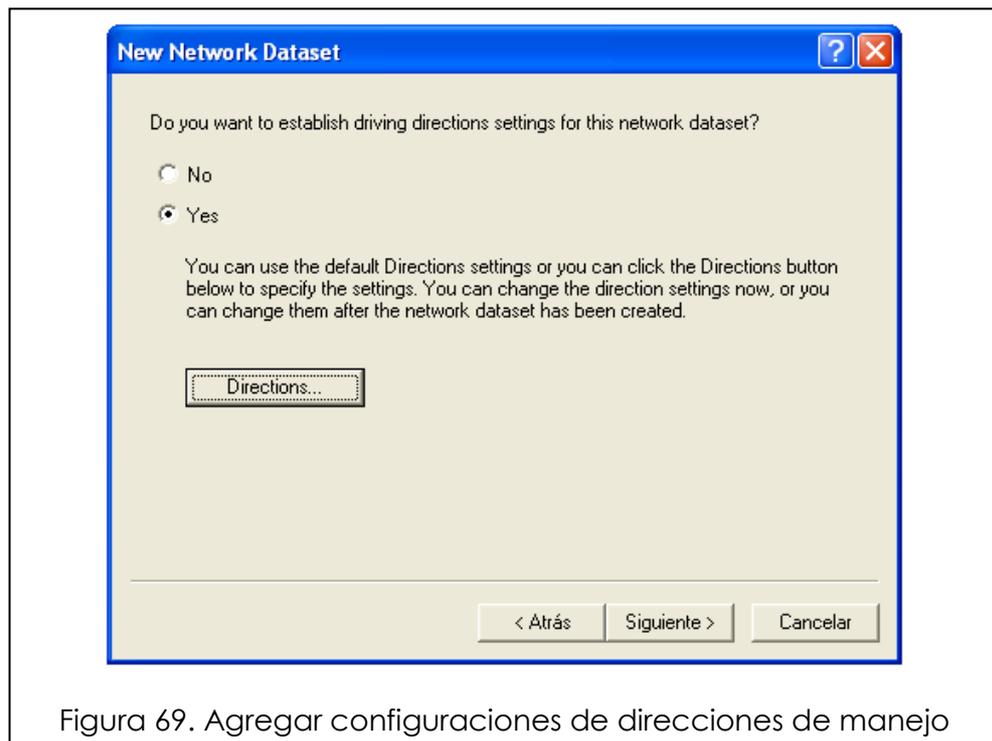


Figura 69. Agregar configuraciones de direcciones de manejo

En la sección de Street name fields deberán definirse las columnas de la tabla que contienen información de la ruta. Usaremos solo el atributo "name" y ahí designaremos "TIPO\_NOM\_A" (nombre de la vía).

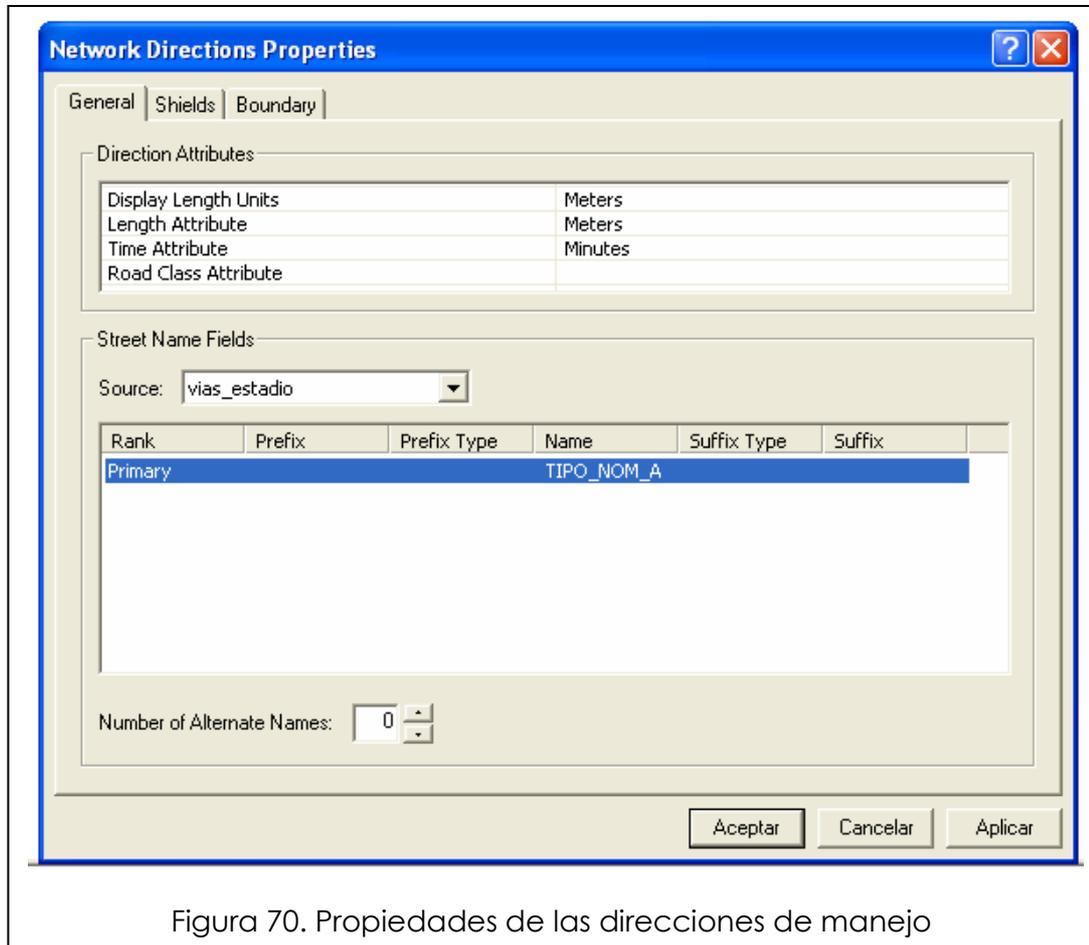


Figura 70. Propiedades de las direcciones de manejo

Presione Aceptar y de un clic en Siguiete> para continuar.

17. Un resumen de todos los ajustes que han sido escogidos es exhibido en la siguiente ventana para su evaluación. Haga clic en el Finalizar para crear el nuevo network dataset.

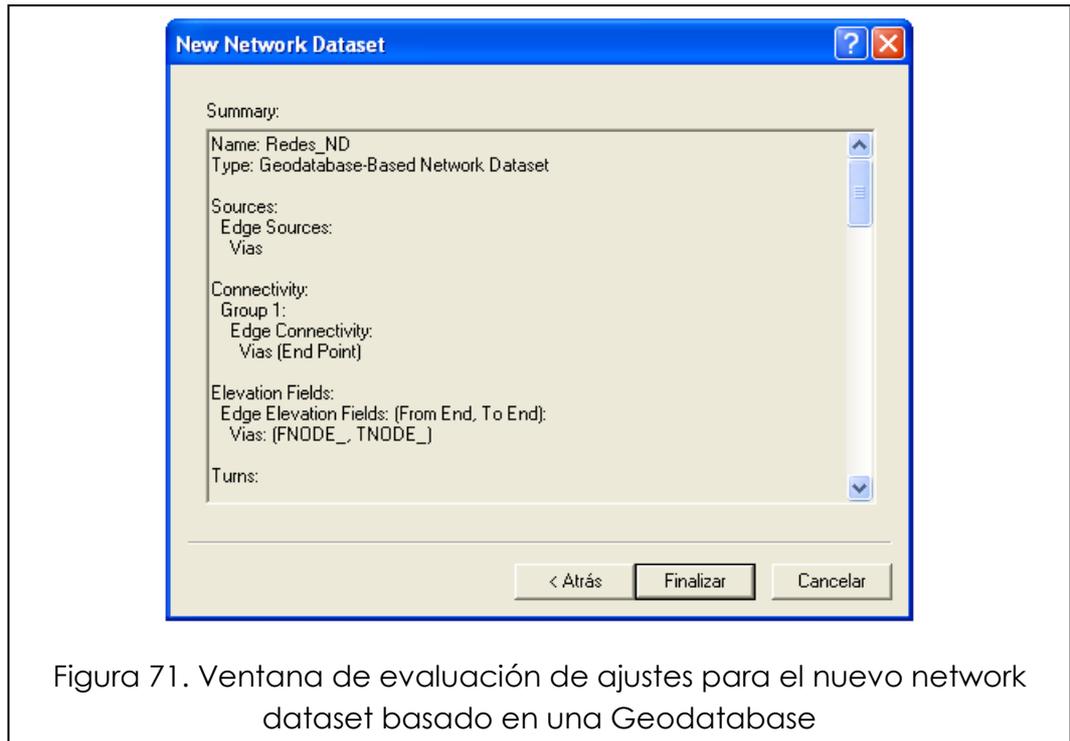


Figura 71. Ventana de evaluación de ajustes para el nuevo network dataset basado en una Geodatabase

18. Haga clic en SI para construir la red.

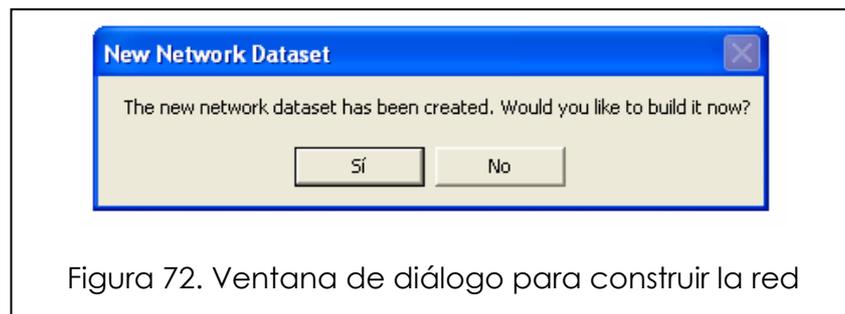


Figura 72. Ventana de diálogo para construir la red

El nuevo archivo shape se agrega en ArcCatalog, a su vez, se agrega el archivo de nodos, este archivo tiene el nombre de vías\_estadio\_ND\_Junctions.

19. Seleccione Redes\_ND y haga clic en Preview para ver como se ha construido el Network dataset.

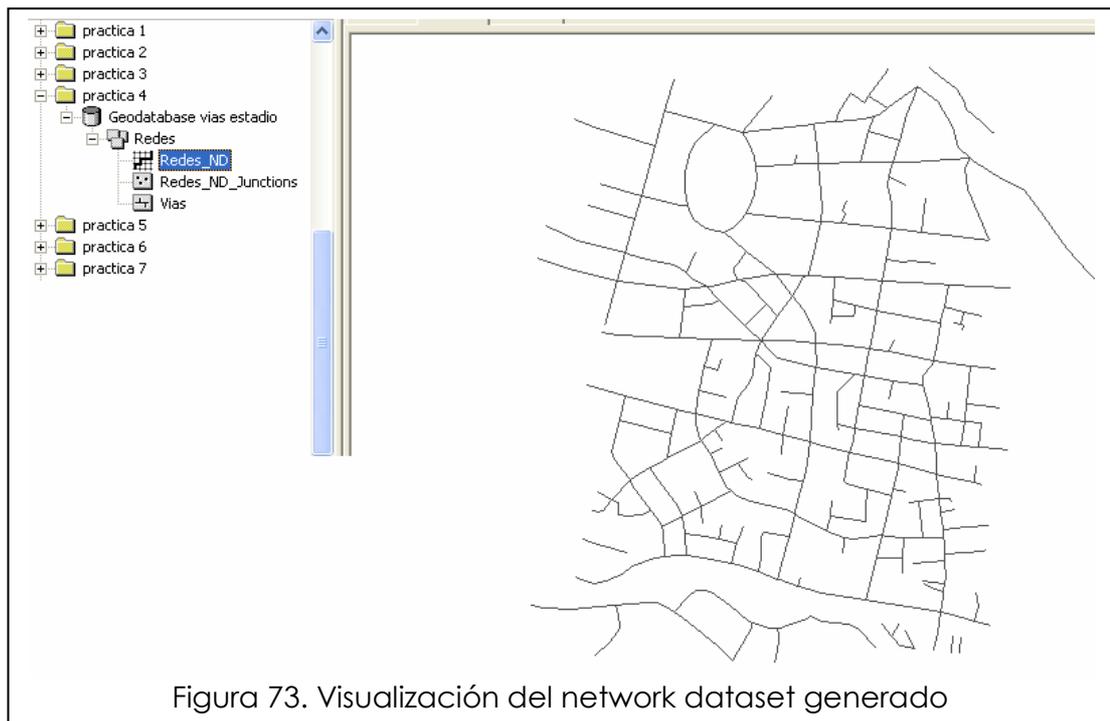


Figura 73. Visualización del network dataset generado

## 20. Cierre ArcCatalog.

Se propone la creación de una geodatabase desde ArcCatalog, a la cual se le exportarán las vías del sector de la calle Remigio Crespo, para poder generar un network dataset desde la feature class de la geodatabase. Se recuerda que la Geodatabase debe contener en su interior datos que tengan el mismo sistema de coordenadas, es decir, la cartografía de vías debe ser del mismo tipo de coordenadas del feature class que la contenga. Caso contrario sería imposible trabajar con los datos dentro de la geodatabase.

## 7. PRÁCTICA 5: ENCONTRAR LA MEJOR RUTA UTILIZANDO UN NETWORK DATASET

Esta práctica servirá para encontrar la mejor ruta entre dos puntos colocados en el network dataset, se necesita tener el archivo generado en la práctica 3, ya que contiene los datos básicos para encontrar la ruta.

### Preparando la visualización

1. Ingrese a ArcMap y pulse OK para empezar con un nuevo mapa.
2. Haga clic en Archivo, en el menú principal y clic en Abrir.
3. En la ventana abierta navegue hasta C:\Archivos de Programa \ ArcGis \ NetworkAnalyst \ Práctica 5 y de doble clic en practica5.mxd
4. Si la extensión de Network Analyst no está visible en el menú Tools, de clic en Extensions, y en la ventana de diálogo de Extensions, clic Network Analyst y cierre la ventana de dialogo.

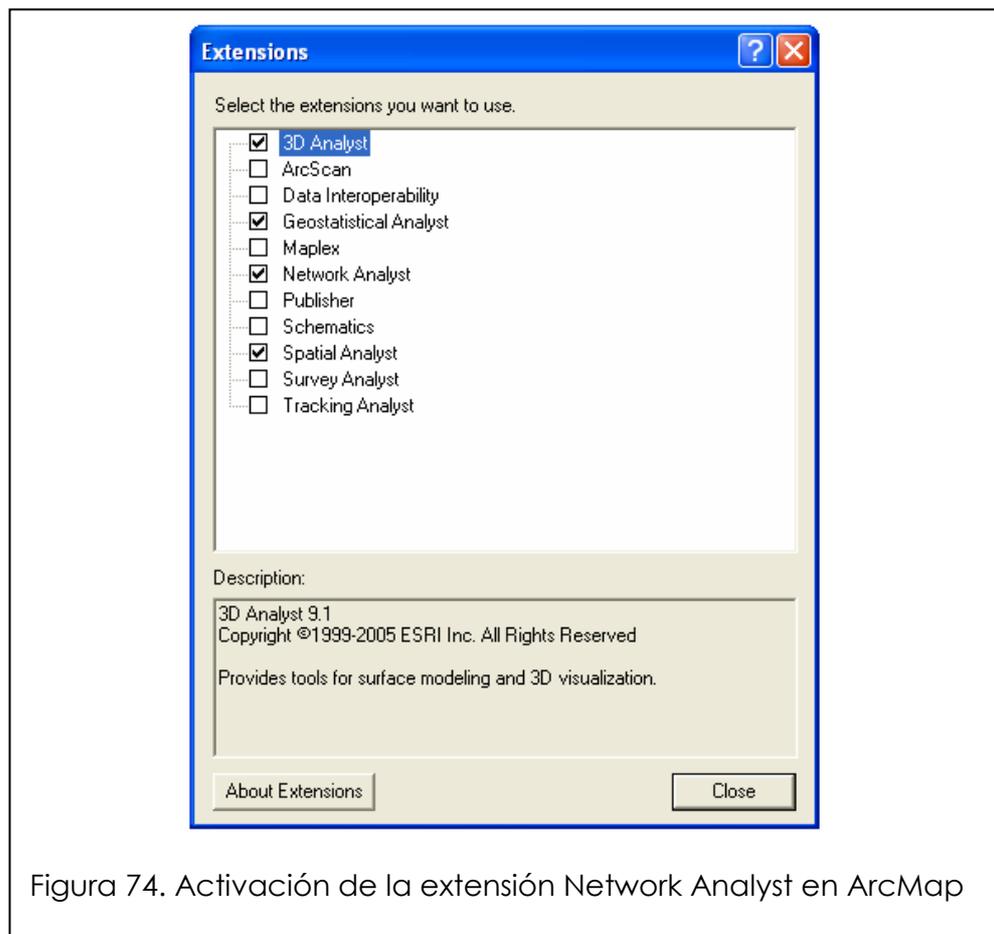
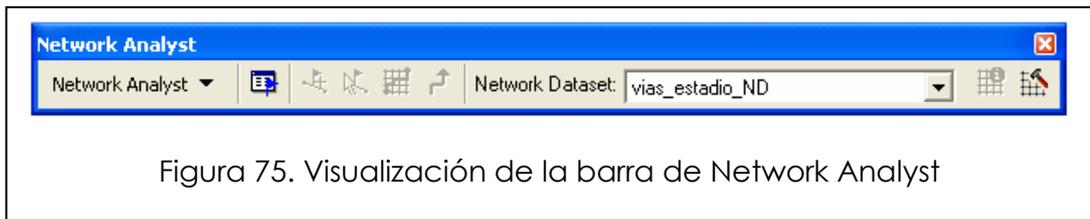


Figura 74. Activación de la extensión Network Analyst en ArcMap

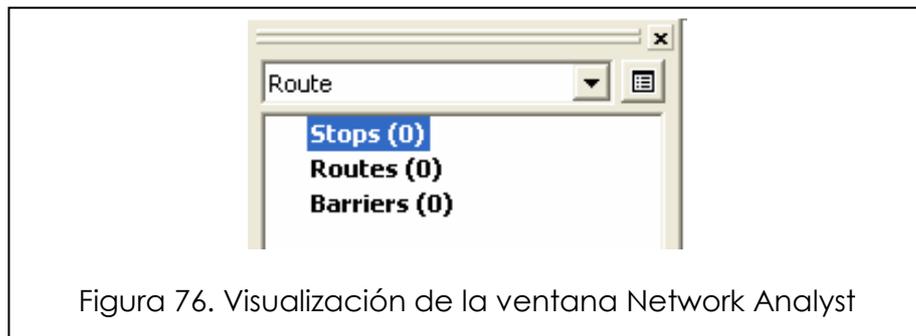
5. Si la barra de herramientas de Network Analyst no está presente todavía, en el menú principal de clic en View, Toolbars, y clic Network Analyst.



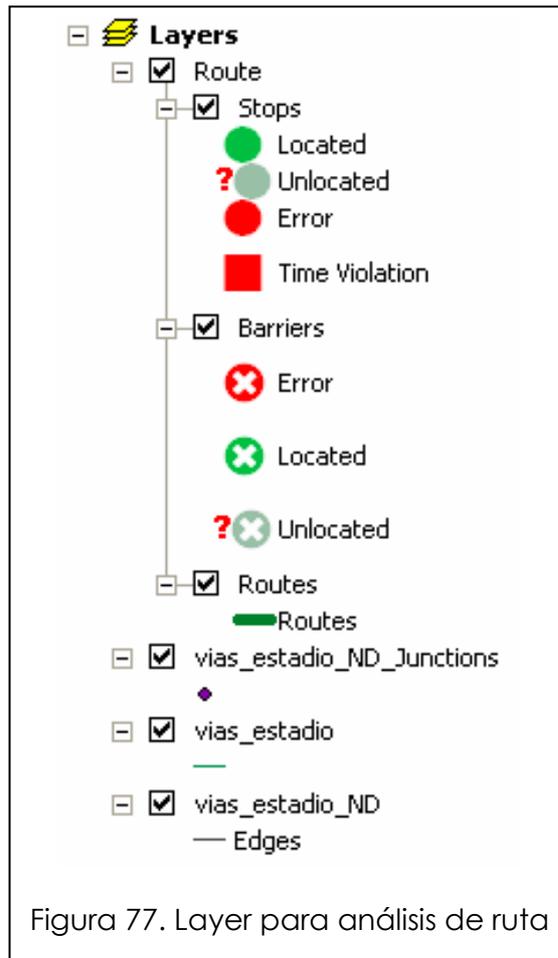
### Creación de un Layer para análisis de Ruta

1. Haga clic en la barra Network Analyst, desplácese en el menú hacia abajo y clic en New Route.

Presionando en el botón  (Show/Hide Network Analyst Window), que se encuentra junto a la barra de Network Analyst, se abrirá la ventana de Network Analyst que contiene listas vacías de las categorías Stops, Routes y Barriers (Paradas, Rutas y Barreras).



Adicionalmente, la tabla de contenidos obtendrá un nuevo Layer de Análisis de Ruta que se presenta a continuación.



### Agregando una parada

Ahora, se añadirán paradas (puntos en el mapa) entre las cuales se generará la mejor ruta.

1. Clic en Stops (0) en la ventana de Network Analyst.
2. En la barra de Network Analyst, clic en la herramienta para crear una nueva ubicación de la red (Create Network Location Tool) .
3. Clic sobre cualquier calle de la red en el mapa en el cual va a definir una parada.

Entonces el programa calcula la localidad más cerca y representa la parada con el símbolo localizado. La parada quedará seleccionada hasta que otra parada sea puesta o hasta que esta sea deseleccionada. La ubicación también muestra el número 1. El número representa el orden en

que las paradas serán visitadas para calcular las rutas. También notará que la categoría Stops en la ventana de Network Analyst ahora lista una parada. Expanda la categoría de paradas para ver el Graphic Pick 1 que se encuentra en la lista.

4. Adicione dos o más paradas en el mapa. Las paradas son numeradas 2, 3, 4 y 5. El orden de las paradas puedes ser cambiadas en la ventana de Network Analyst.

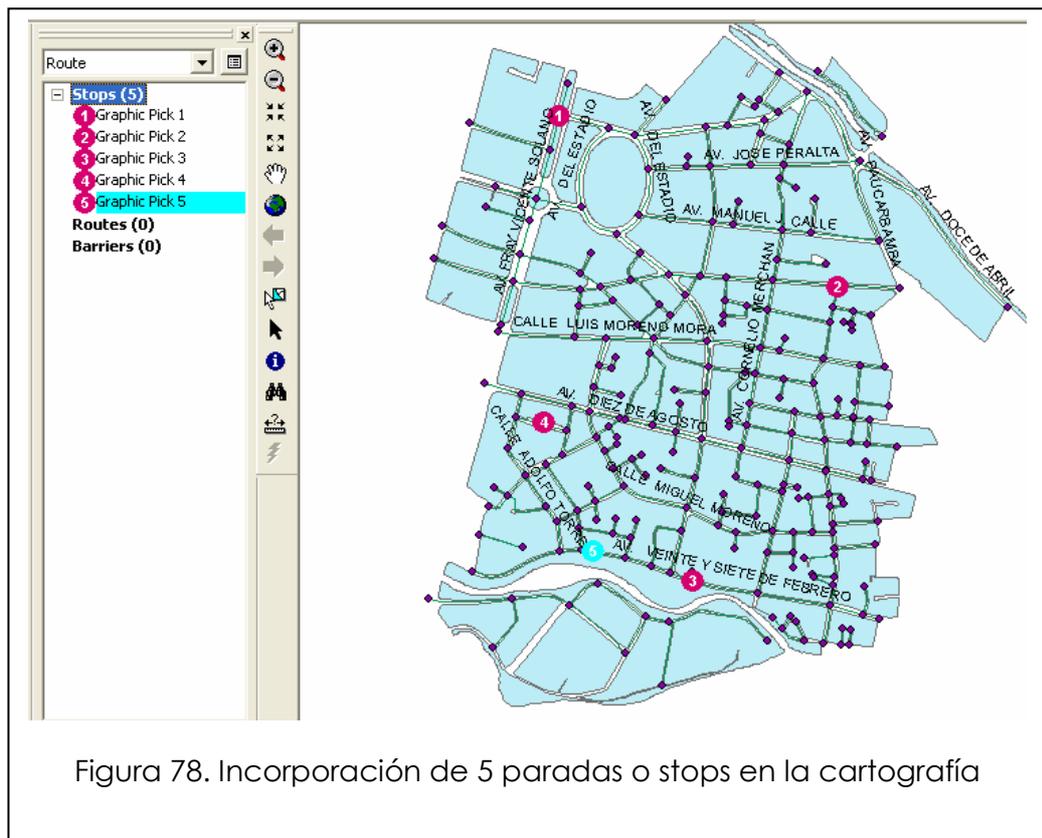


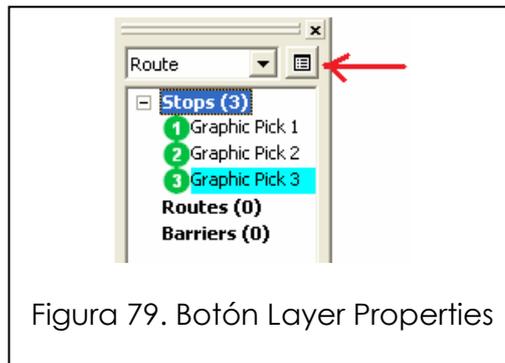
Figura 78. Incorporación de 5 paradas o stops en la cartografía

La primera parada es tratada como el origen y la última como el destino. Si la parada no es encontrada en la red, esta aparecerá con un símbolo de no localizada. Una parada no encontrada puede ser localizada en la red moviéndola al eje más cercano que pertenezca a la red. En caso de que se haya colocado una parada en un lugar donde no haya sido localizada, simplemente haga clic en la barra de Network Analyst y seleccione SELECT/MOVE en la herramienta de Network Location. Luego un clic sobre la parada arrastrándola hacia uno de los ejes de la red.

## Colocando los parámetros para el análisis

A continuación, especificará cual será la ruta calculada basada en el tiempo (minutos), que sentido de vía (oneway) y restricciones que deberán ser seguidas. Para esto se deberá seguir el siguiente procedimiento.

1. Hacer clic en el botón de Layer Properties (capa de propiedades)



2. En el dialogo de la capa de propiedades, clic en la pestaña Analysis Settings. Asegúrese de que la impedancia seleccionada esta en minutos.
3. No use la ventana de tiempo (deje deshabilitado el recuadro). La ventana de tiempo es usada cuando ciertas paradas pueden ser accedidas solo en ciertos tiempos.
4. No reordene las paradas. (Deje el recuadro deshabilitado). El orden es el mismo como creó las paradas.
5. Escoja Everywhere de la sección de Allow U-turns, para poder admitir los giros en cualquier dirección durante el análisis.
6. Escoja la opción True Shape para el Output Shape Type.
7. Revise que la casilla de verificación esté habilitada para la opción Ignore Invalid Locations esto le permitirá encontrar la mejor ruta usando paradas que se encuentran ubicadas en los ejes. Las paradas que no sean localizadas en la red serán ignoradas.
8. Seleccione la casilla de verificación para Oneway en la lista de restricciones.

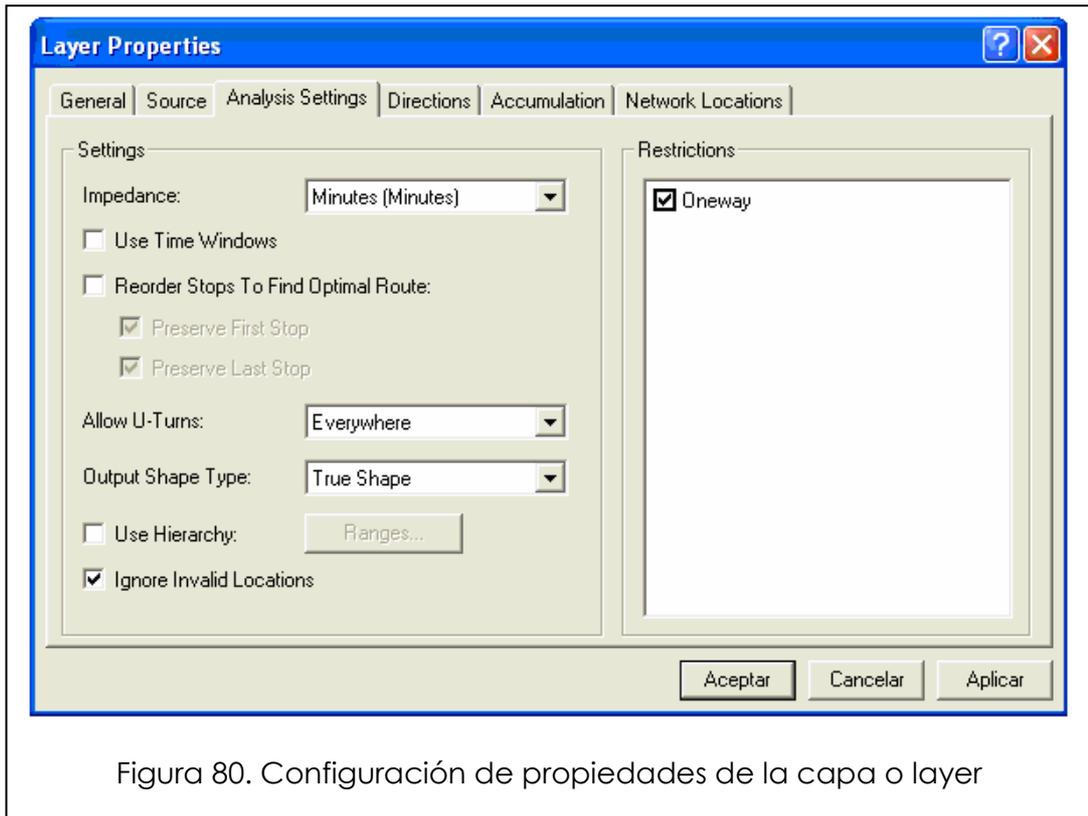


Figura 80. Configuración de propiedades de la capa o layer

9. Verifique los ajustes de direcciones en la ventana Directions.
10. Asegúrese de que las unidades de distancia son colocadas en millas, el atributo de tiempo es habilitado y este atributo es colocado en minutos.

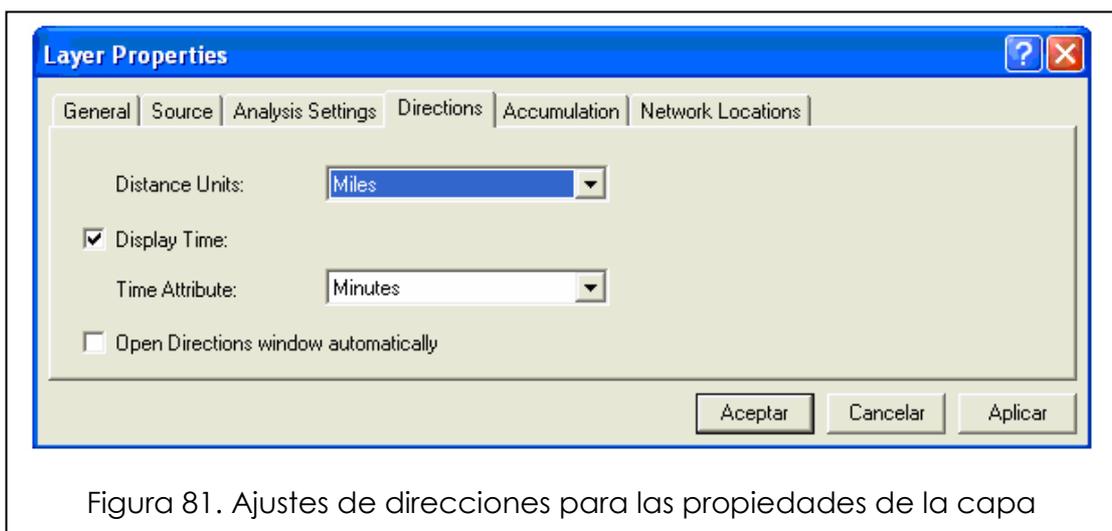


Figura 81. Ajustes de direcciones para las propiedades de la capa

11. Clic en Aceptar.

## Ejecutar el proceso

1. Clic en el botón Solve  de la barra de Herramientas de Network Analyst. La ruta polyline aparece en el mapa y en la ventana de categorías de rutas.
2. Clic en el signo mas (+) que está junto a Routes de la ventana del Network Analyst para mostrar la ruta.

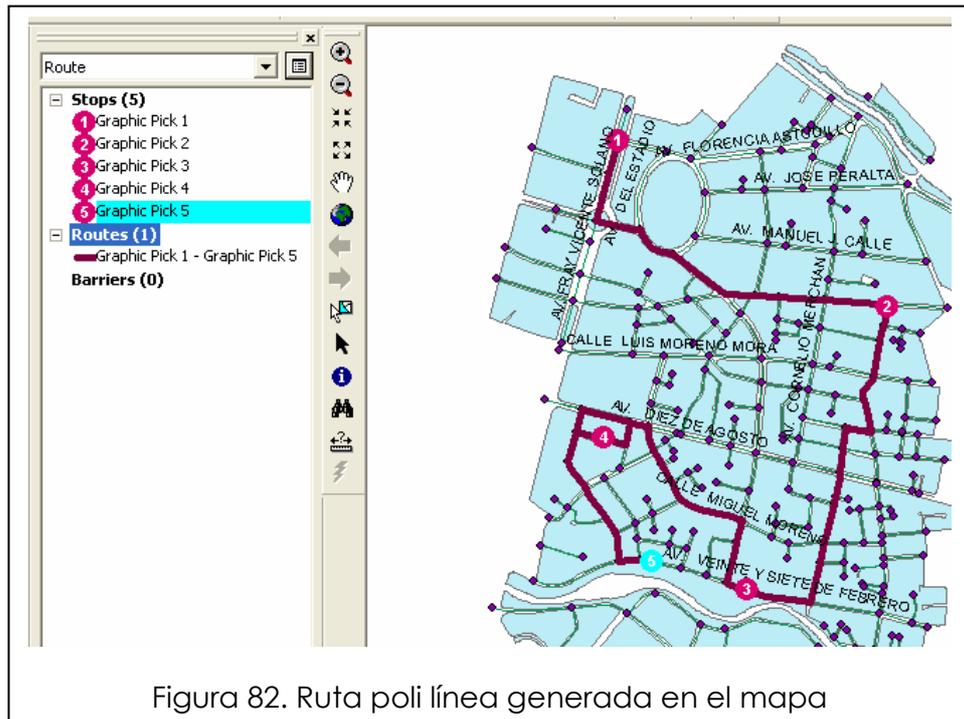


Figura 82. Ruta poli línea generada en el mapa

3. Clic derecho en la nueva ruta llamada Graphic Pick 1 - Graphic Pick 5 y clic en la ventana de direcciones para mostrar las direcciones manejadas.



Figura 83. Mostrar direcciones manejadas entre paradas

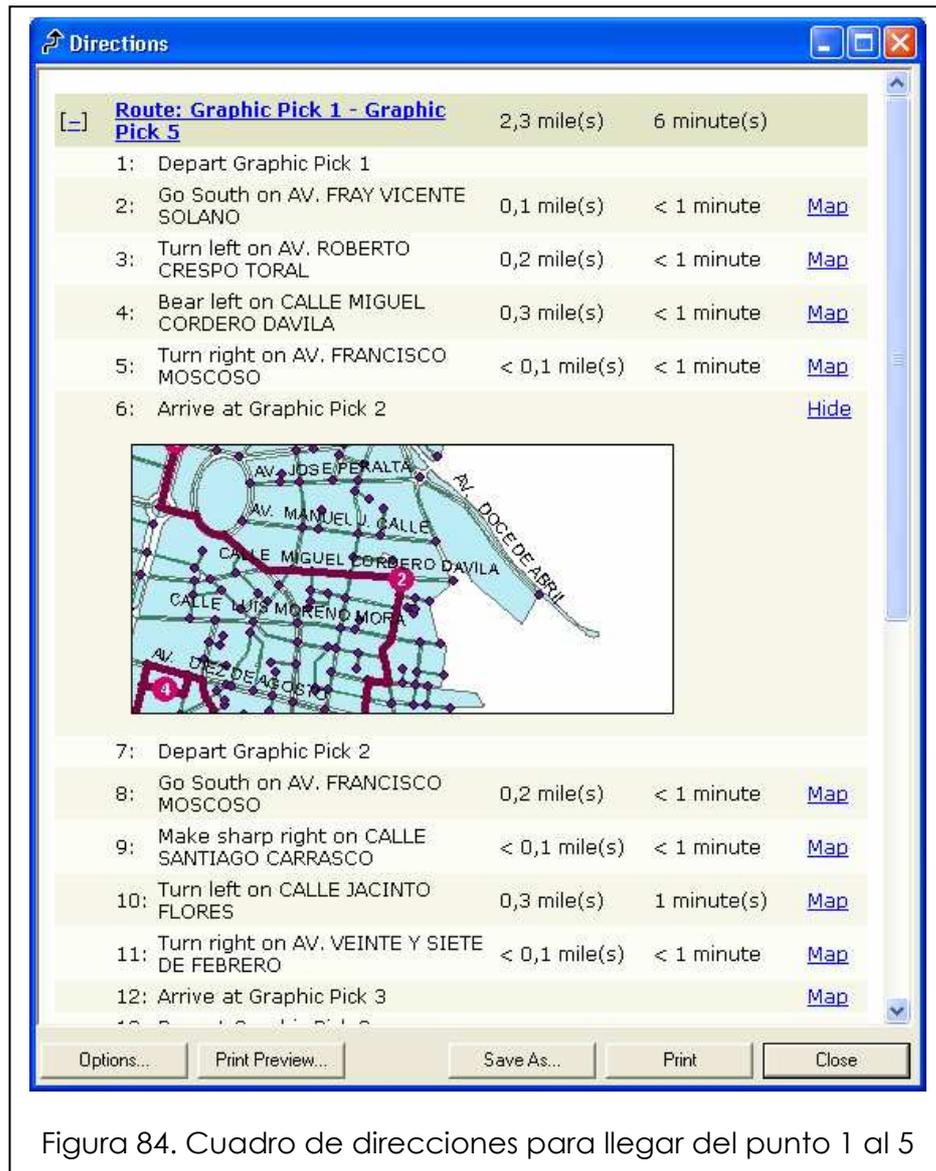


Figura 84. Cuadro de direcciones para llegar del punto 1 al 5

### Agregando una barrera

En esta sección se agregará una barrera en la ruta que representa un bloqueo en el camino, de esta manera, se buscará una ruta alternativa, evitando ir por la ruta bloqueada.

1. Seleccione en la barra de menú la opción Window y dentro de ésta escoja Magnifier.
2. Haga clic en la barra de título de la ventana Magnifier, posicione en la moviendo la ventana de Magnifier, esto servirá para hacer un zoom de 400% del lugar donde se colocará la barrera.

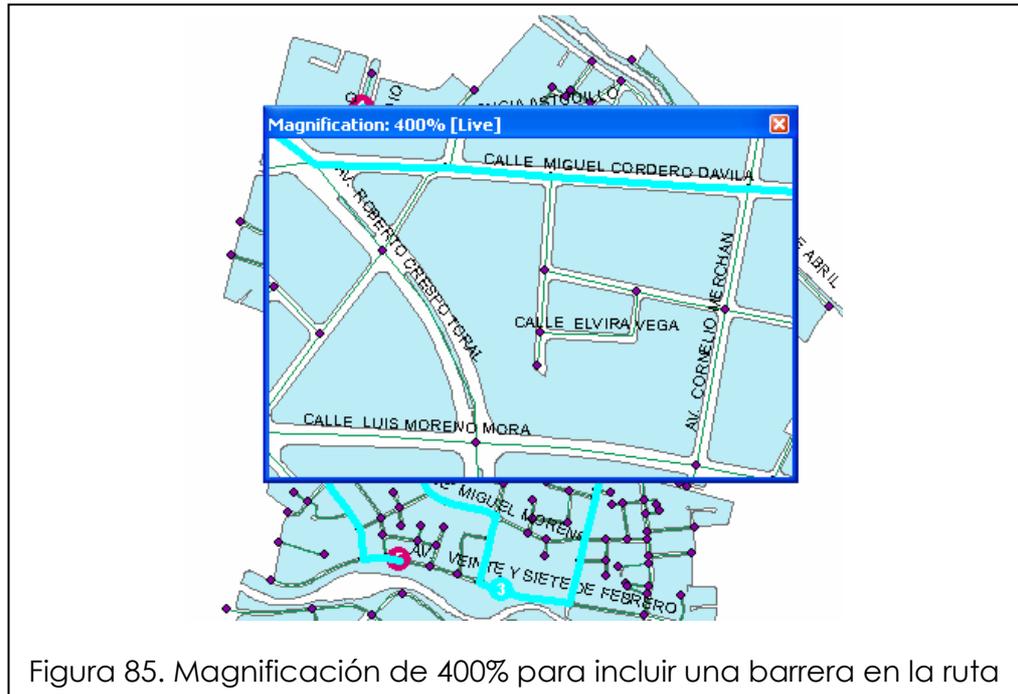


Figura 85. Magnificación de 400% para incluir una barrera en la ruta

3. En la ventana de Network Analyst, debe colocarse con el Mouse en las barreras y a continuación dar un clic sobre el botón Create Network Location.

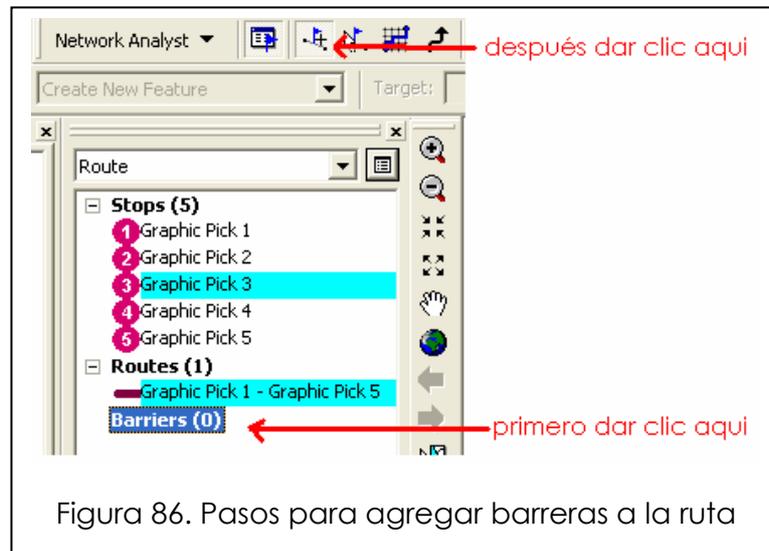
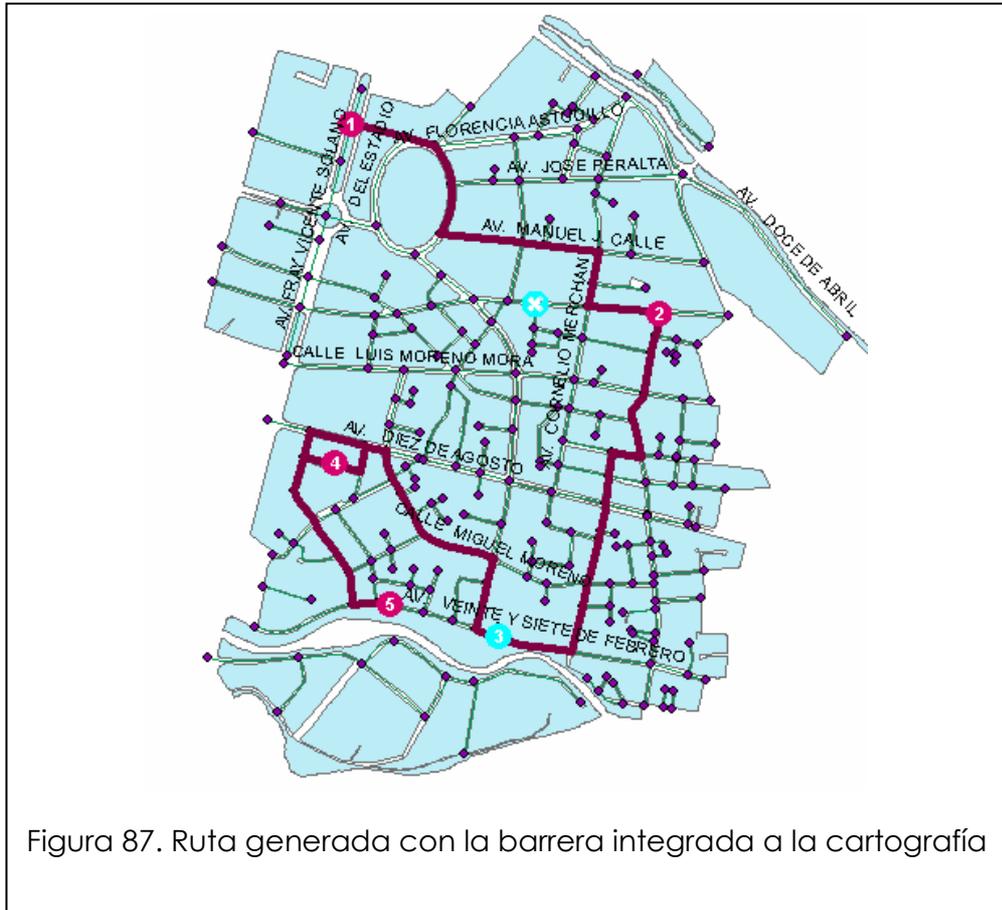


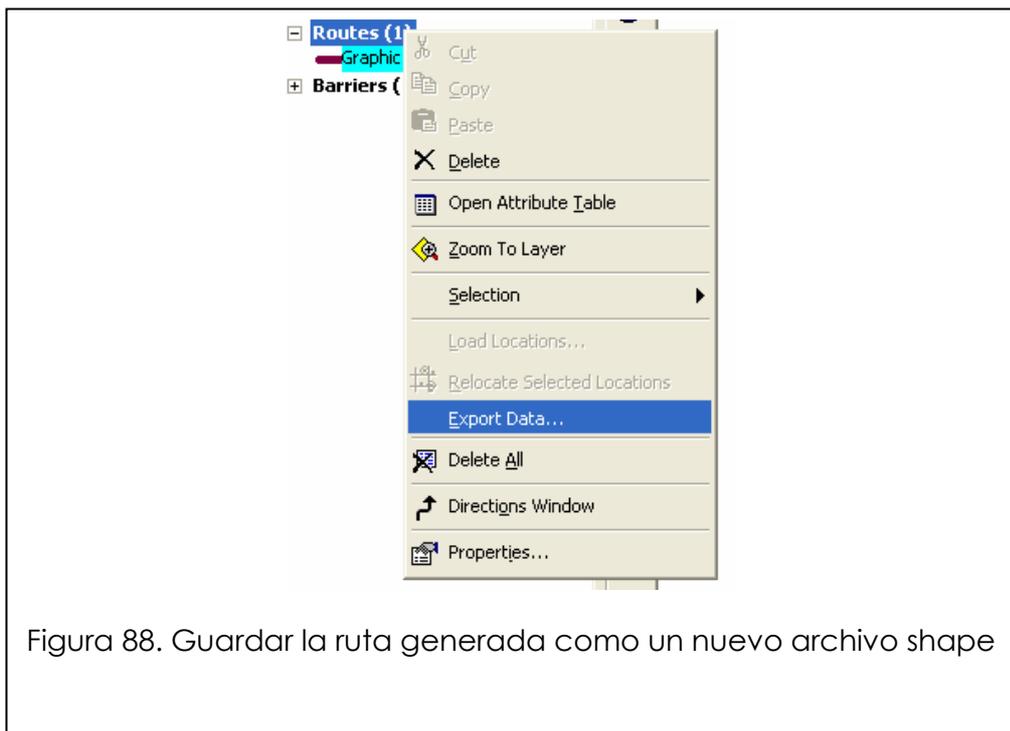
Figura 86. Pasos para agregar barreras a la ruta

4. En la ventana Magnifier, coloque la barrera en cualquier lugar de la ruta.
5. Clic en el botón Solve  de la barra de Herramientas de Network Analyst. Una nueva alternativa de ruta es computada eludiendo la barrera colocada.



### Guardar la mejor ruta

1. De un clic derecho sobre Routes (1) de la ventana de Network Analyst y haga clic en Export Data.



2. Guarde el nuevo archivo como Practica3\_ruta.shp
3. No agregue el nuevo archivo shape al Layer.
4. Cierre ArcMap

Se propone que se realice el análisis de la mejor ruta colocando como mínimo 5 puntos o paradas en la cartografía de la zona de la calle Remigio Crespo, se recomienda usar la restricción Oneway con datos reales, para que de esta manera se puedan obtener los mejores resultados. Posteriormente al análisis de la mejor ruta, incluya barreras en la ruta generada, para que el programa pueda generar una nueva ruta evadiendo las barreras colocadas.

## 8. PRÁCTICA 6: ENCONTRAR LA ENTIDAD DE AUXILIO MÁS CERCANA

Para crear el archivo de entidades más cercanas, se debe seguir el mismo procedimiento del apartado 2.1 y 3.2, con la diferencia de que en este caso los puntos no representan los nodos sino las farmacias, hospitales, bomberos, que deberán ser almacenados en la tabla de atributos con sus nombres respectivos. El nombre del archivo shape de puntos será Punto\_Auxilio.

### Preparando la visualización

1. Ingrese a ArcMap y pulse OK para empezar con un nuevo mapa.
2. Haga clic en Archivo, en el menú principal y clic en Abrir.
3. En la ventana abierta navegue hasta C:\Archivos de Programa \ ArcGis \ NetworkAnalyst \ Práctica 6 y de doble clic en practica6.mxd
4. Si la extensión de Network Analyst no está visible en el menú Tools, de clic en Extensions, y en la ventana de diálogo de Extensions, clic Network Analyst y cierre la ventana de dialogo.
5. Si la barra de herramientas de Network Analyst no está presente todavía, en el menú principal de clic en View, Toolbars, y clic Network Analyst.

### Creando un Layer para análisis de Ruta

1. Haga clic en la barra Network Analyst, desplácese en el menú hacia abajo y clic en New Closest Facilities para calcular la ruta hacia las entidades de auxilio más cercanas.

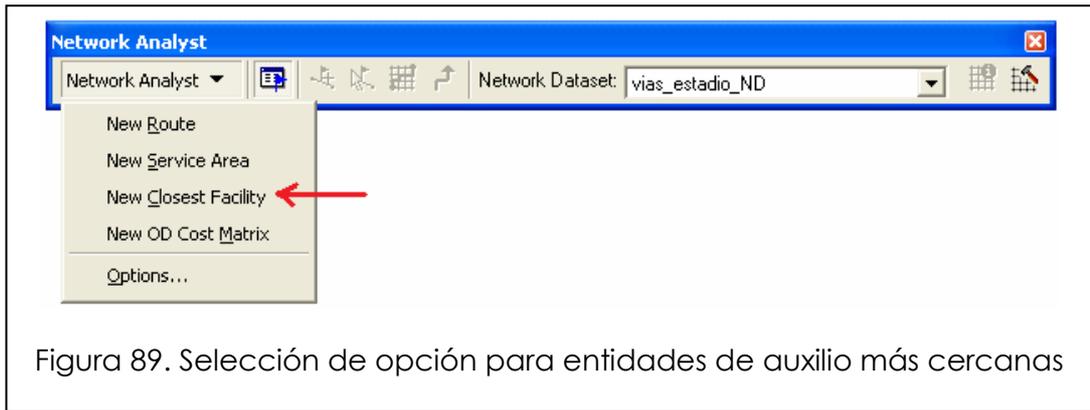


Figura 89. Selección de opción para entidades de auxilio más cercanas

2. La ventana de Network Analyst contiene una lista de Facilities (entidades), Incidents (incidentes), Routes (rutas) y Barriers (barreras). Adicionalmente el Layer tiene un nuevo contenido de análisis de entidades cercanas o Closest Facilities.

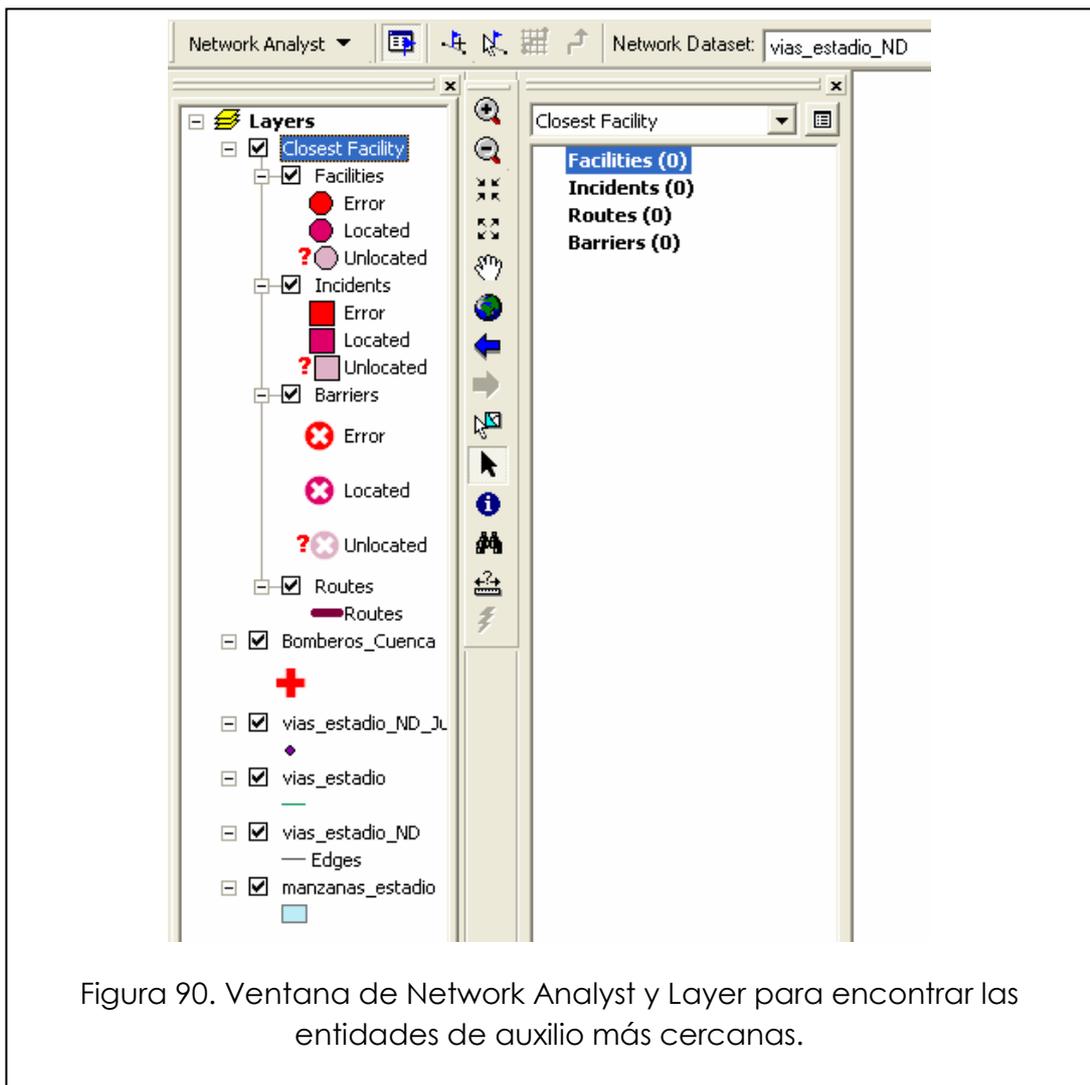


Figura 90. Ventana de Network Analyst y Layer para encontrar las entidades de auxilio más cercanas.

Para obtener más información acerca de las capas del Layer para encontrar la entidad de auxilio más cercana, vea el Anexo 4.

## Agregando Entidades

Ahora se agregarán las entidades de auxilio desde un archivo de puntos.

1. De un clic derecho en Facilities en la ventana de Network Analyst y a continuación seleccione la opción Load Locations.

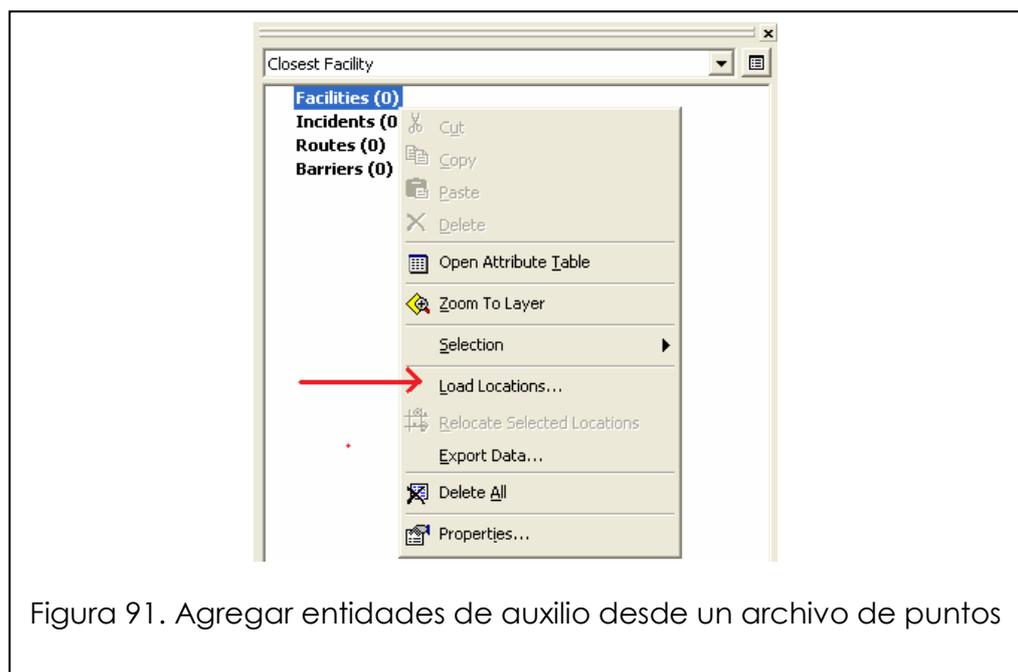


Figura 91. Agregar entidades de auxilio desde un archivo de puntos

2. Seleccionar el archivo Punto\_Auxilio en la sección Load From, seis entidades de auxilio (farmacias y clínicas) son agregadas al mapa como entidades. Realice la misma secuencia para poder agregar adicionalmente la entidad de los bomberos. En total tenemos 7 entidades o facilities.



Figura 92. Entidades de auxilio agregadas al mapa como locaciones

### Agregar un incidente

Ahora se buscará una dirección cualquiera de las calles que están cerca del estadio de Cuenca, y esa dirección será agregada a la lista de incidentes para poder realizar el análisis de las entidades más cercanas, en este caso los bomberos, farmacias y clínicas del sector del estadio de la Ciudad de Cuenca.

1. De un clic sobre Incidents(0) para especificar que se va a agregar la dirección como una ubicación dentro de la red.
2. De un clic en el botón  (Create Network Location Tool) ubicado en la barra de herramientas de Network Analyst, ubique el lugar del incidente en el mapa

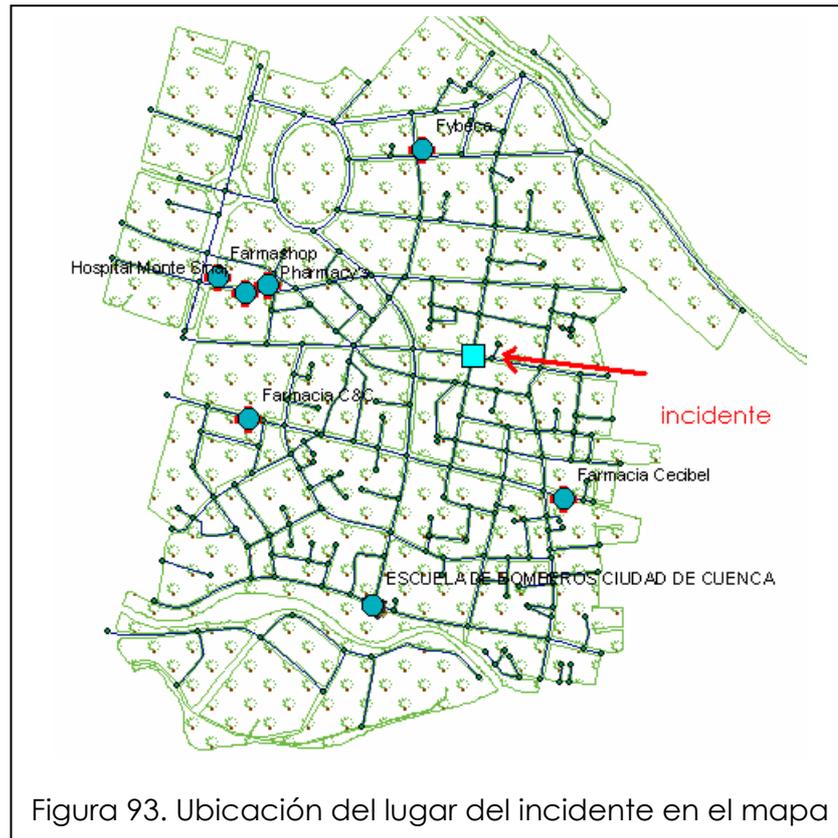


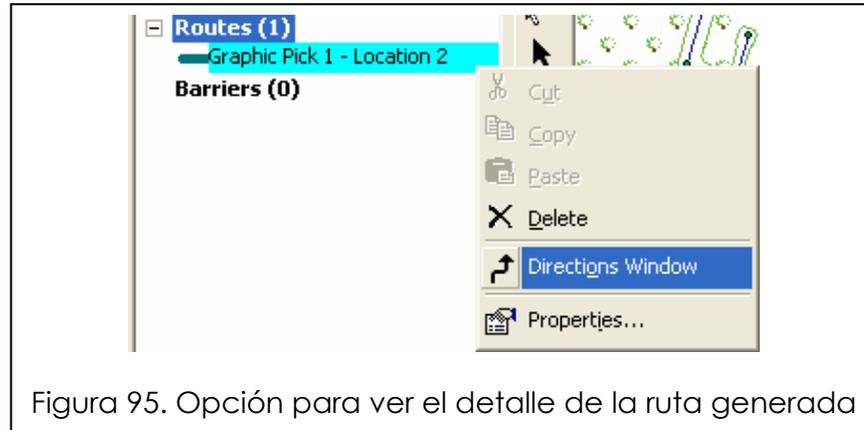
Figura 93. Ubicación del lugar del incidente en el mapa

3. A continuación de un clic en el botón  (Solve) para encontrar la ruta hacia la entidad más cercana



Figura 94. Ruta más corta desde el incidente hacia la Entidad de auxilio

- Para ver el detalle de la ruta que se debe seguir, haga un clic izquierdo sobre la ruta que se creó denominada Graphic Pick 1 – Location 2 y de un clic en  Directions Window



- A continuación se puede ver el detalle de la ruta que se debe seguir.



- Cierre la ventana de direcciones
- Cierre ArcMap

Se propone la realización de la práctica 6 ubicando las entidades de auxilio del sector de la calle Remigio Crespo, y efectuar el ejercicio con más de 2 incidentes. De esta manera se puede demostrar que es posible definir cuantas entidades intentaremos encontrar. Una vez que se han identificado las entidades más cercanas, es posible desplegar la mejor ruta, el tiempo de desplazamiento utilizado en cada alternativa (si es más de una entidad), y mostrar las direcciones hacia cada una de ellas.

## 9. PRÁCTICA 7: CREAR UN MODELO PARA ANÁLISIS DE RUTAS

En este ejercicio creará un modelo para encontrar la ruta más rápida de entrega de medicamentos, conectando 6 farmacias del sector del estadio de la ciudad de Cuenca.

### Preparar su pantalla

1. Ingrese a ArcMap y pulse OK para empezar con un nuevo mapa.
2. Haga clic en Archivo, en el menú principal y clic en Abrir.
3. En la ventana abierta navegue hasta C:\Archivos de Programa \ ArcGis \ NetworkAnalyst \ practica7.
4. De doble clic en práctica7.mxd.
5. Si la extensión de Network Analyst no está visible en el menú de herramientas, de clic en Extensions, y en Extensions Dialog, clic en Network Analyst y cierre la ventana de dialogo.
6. Si la barra de herramientas de Network Analyst no está presente todavía, en el menú principal de clic en View, Toolbars, y clic Network Analyst.
7. Si la ventana de Network Analyst está desactivada, de un clic en el botón  de la barra de Network Analyst.
8. En la tabla de Contenidos verificar que la casilla de la capa de Gasolineras esté activada.

### Crear un modelo

1. Sobre la barra de herramientas Standard, clic en el botón  Show/Hide ArcToolbox Window para mostrar la ventana de Arc toolbox.

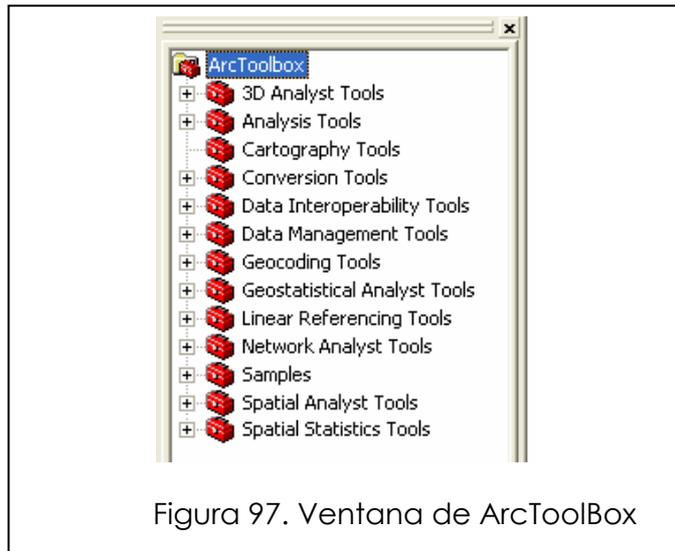


Figura 97. Ventana de ArcToolBox

2. Clic derecho en ArcToolbox en la ventana de ArcToolbox y seleccione una nueva caja de herramientas.

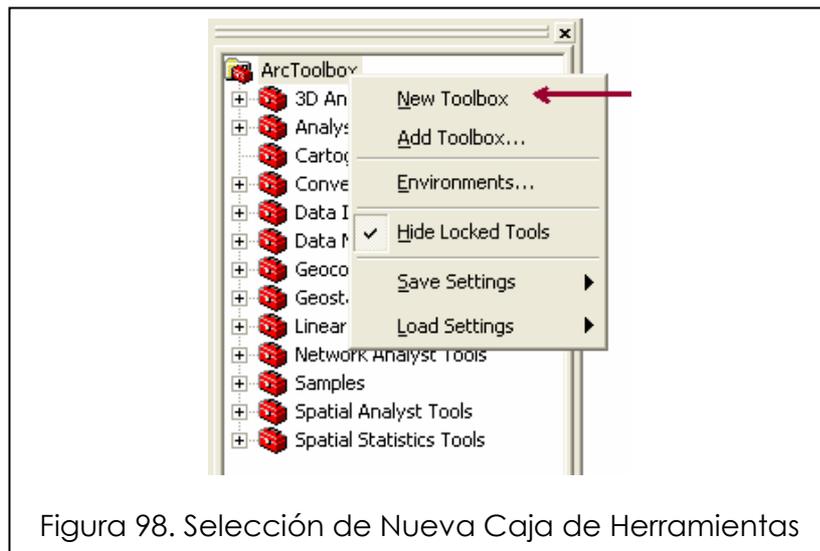


Figura 98. Selección de Nueva Caja de Herramientas

3. Nombrar a la nueva caja de herramientas como "NetworkModel".
4. Clic derecho en la caja de herramientas de NetworkModel, seleccione New, y luego Model. Un nuevo modelo aparece en la caja de herramientas de NetworkModel y en el mapa.

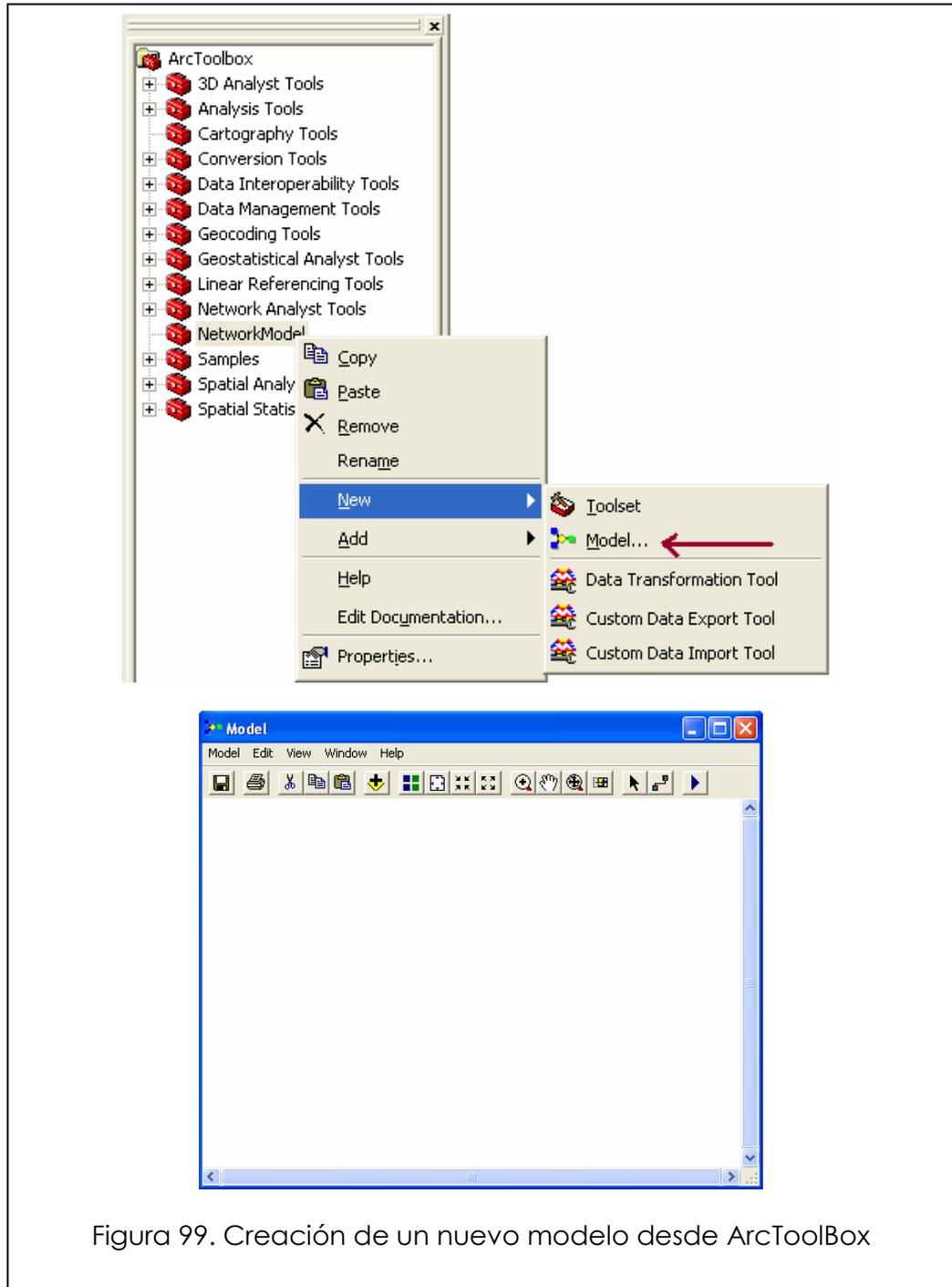


Figura 99. Creación de un nuevo modelo desde ArcToolBox

### Crear la capa de ruta en el modelo

Se creará una capa de rutas dentro del modelo. El flujo de trabajo para usar Network Analyst en un modelo es el mismo flujo de trabajo para usar Network Analyst en ArcMap. Primero se crea una capa de rutas y se ponen propiedades. Luego adicionar las ubicaciones de la red (paradas) a ser usadas como entradas. Finalmente gravar y mostrar los resultados.

1. Seleccione la herramienta Make Route Layer del en el set de herramientas de Analysis de la caja de herramientas de Network Analyst y arrástrelo dentro del modelo.

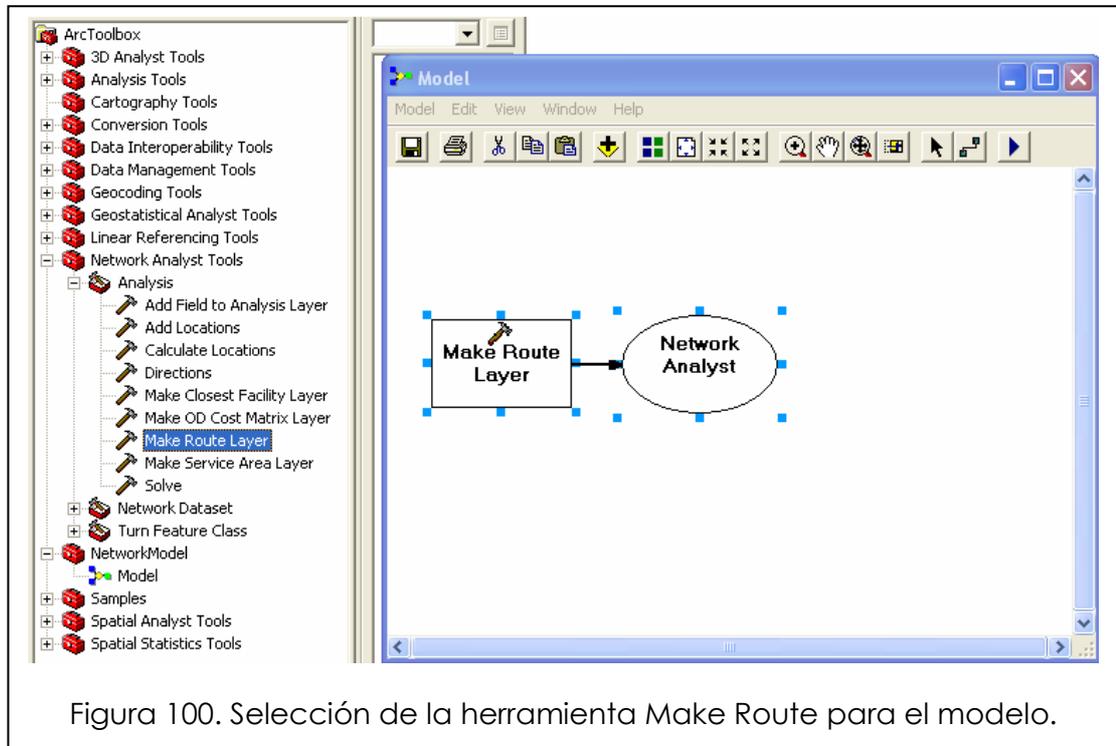


Figura 100. Selección de la herramienta Make Route para el modelo.

2. Doble clic en la herramienta Make Route Layer en el modelo, y colocar sus propiedades.
3. Clic en vías\_estadio\_ND.ND como en la entrada de Network Analyst.
4. Para la salida, escriba el nombre Ruta, en el atributo de impedancia seleccione Minutes, active la casilla de verificación de Reorder stops to find optimal route, En Preserve ordenar la lista de paradas, clic en PRESERVE\_BOTH.

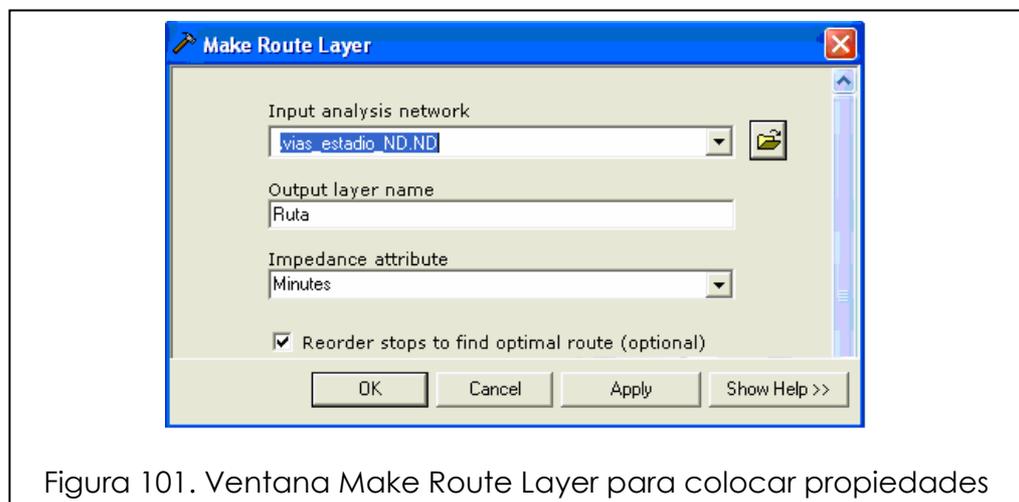
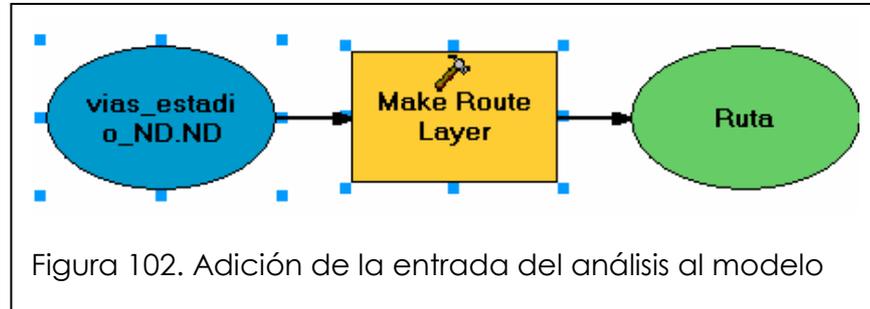


Figura 101. Ventana Make Route Layer para colocar propiedades

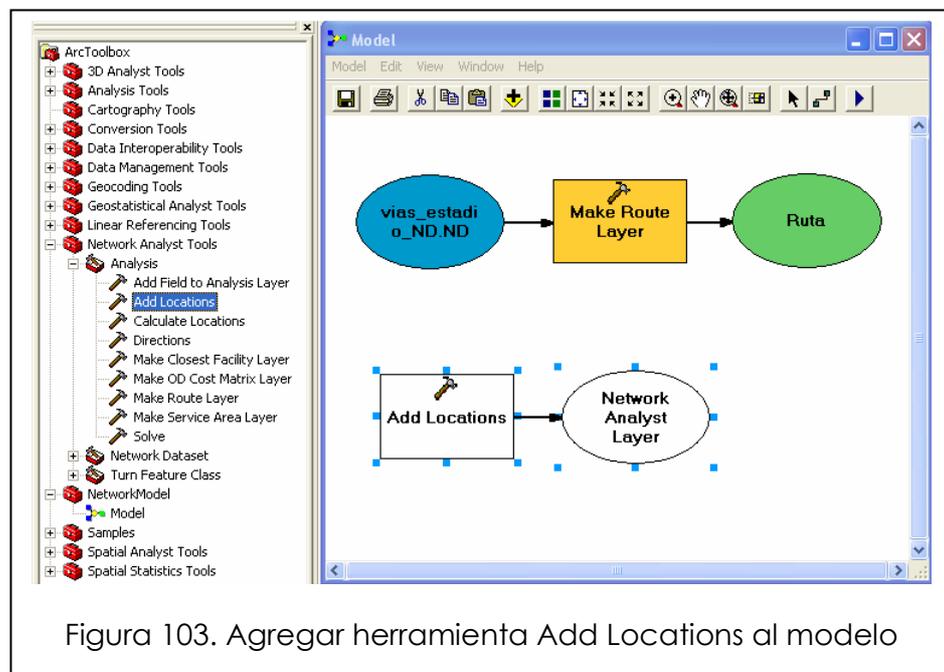
5. Clic en OK para continuar. La entrada del análisis de red es ahora adherida al modelo. La herramienta Make Route Layer de se torna de color amarillo y la de salida llega a ser verde. Haga clic en el botón Full Extent  para ver el modelo entero.



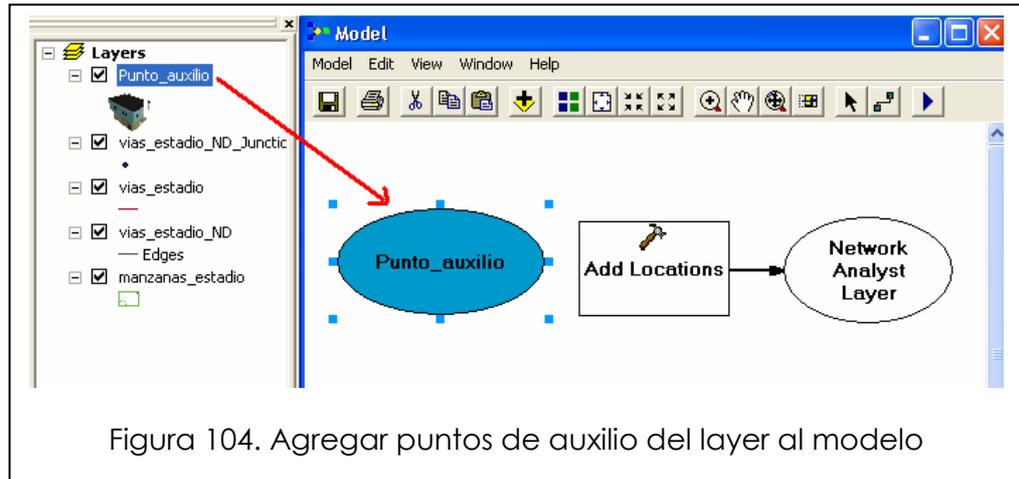
### Adicionar paradas en el modelo

A continuación añadirá las entidades de auxilio usando la herramienta Add Locations.

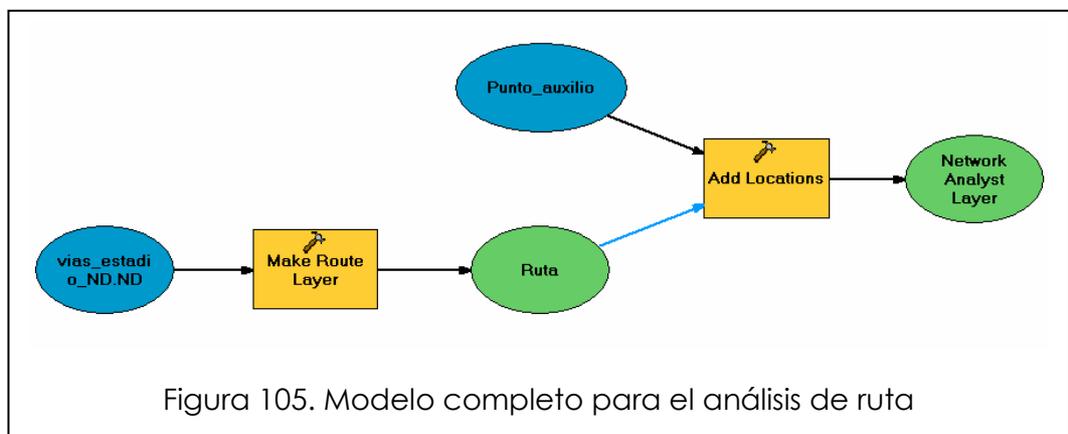
1. Seleccione la herramienta Add locations en la toolset de Análisis la caja de herramientas de Network análisis, y arrástrelo dentro del modelo.



2. Seleccione la capa de los puntos de auxilio de la tabla de contenidos y arrástrelo dentro del modelo a la izquierda de la herramienta Add Locations.

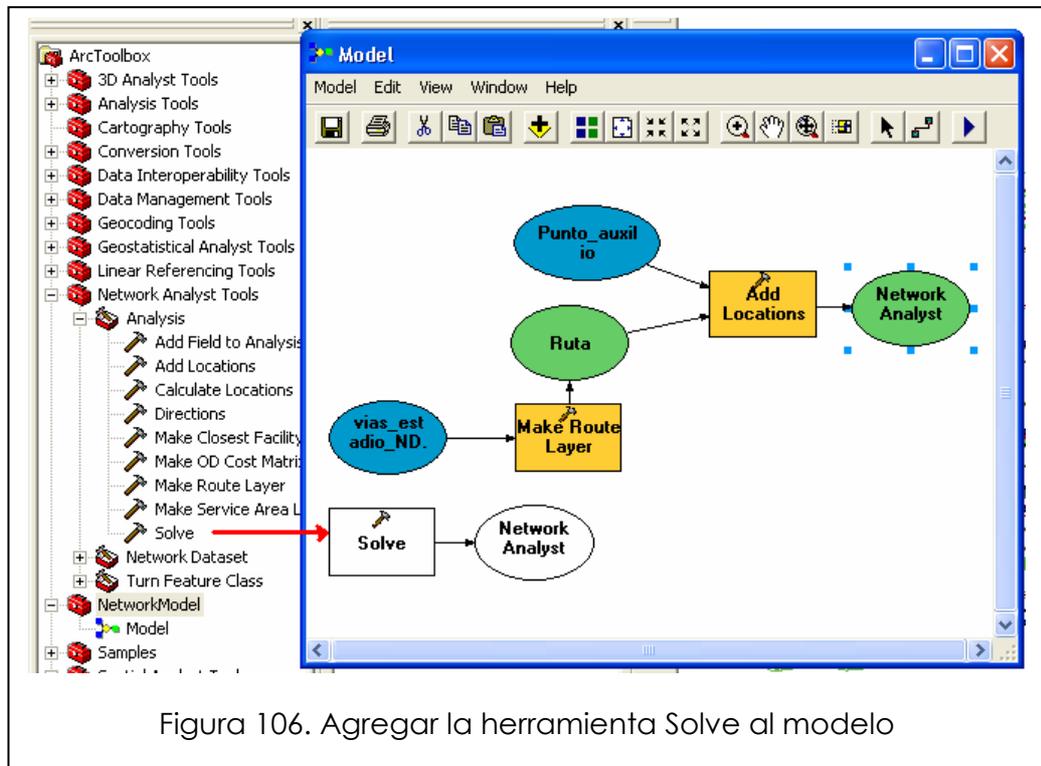


3. Seleccione la herramienta Add Connection  que se encuentra en la barra de herramientas estándar de la ventana del modelo y conecte los puntos de auxilio a la herramienta Add locations.
4. Usar la herramienta Add Coneccion  y conectar la capa de salida llamada Ruta a la herramienta Add Locations tool . La herramienta Add Loactions llega a ser de color amarillo. Haga Clic en el botón AutoLayout  para organizar el modelo. Clic en el botón Full Extent  para ver el modelo entero.

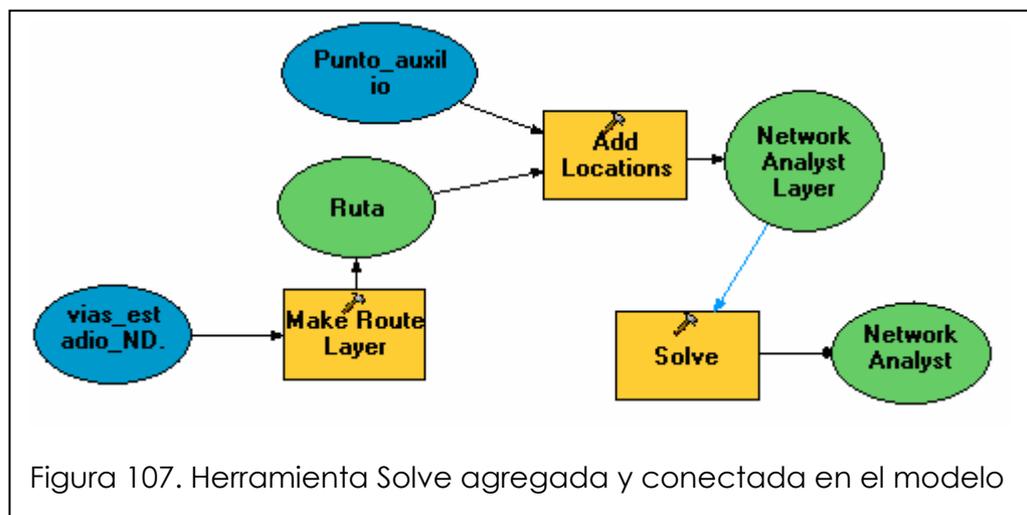


## Añadir la función Solve y encontrar la mejor ruta

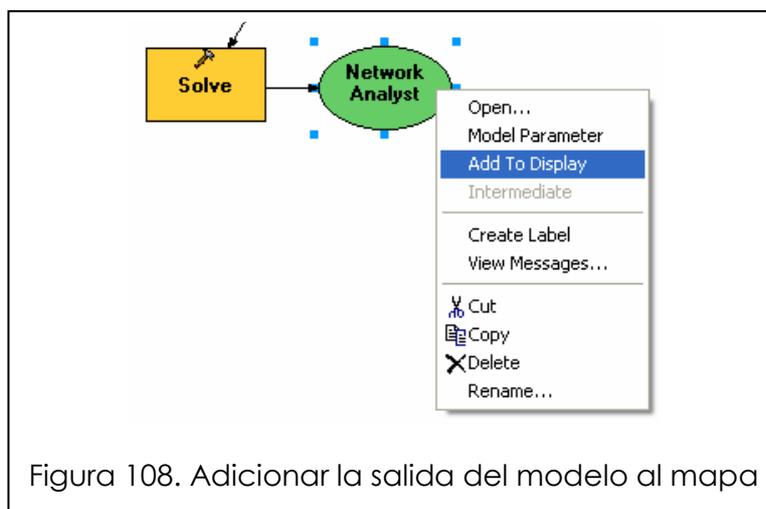
1. Seleccione la herramienta Solve en la caja de herramientas de Network Analyst, y arrástrela hasta el modelo.



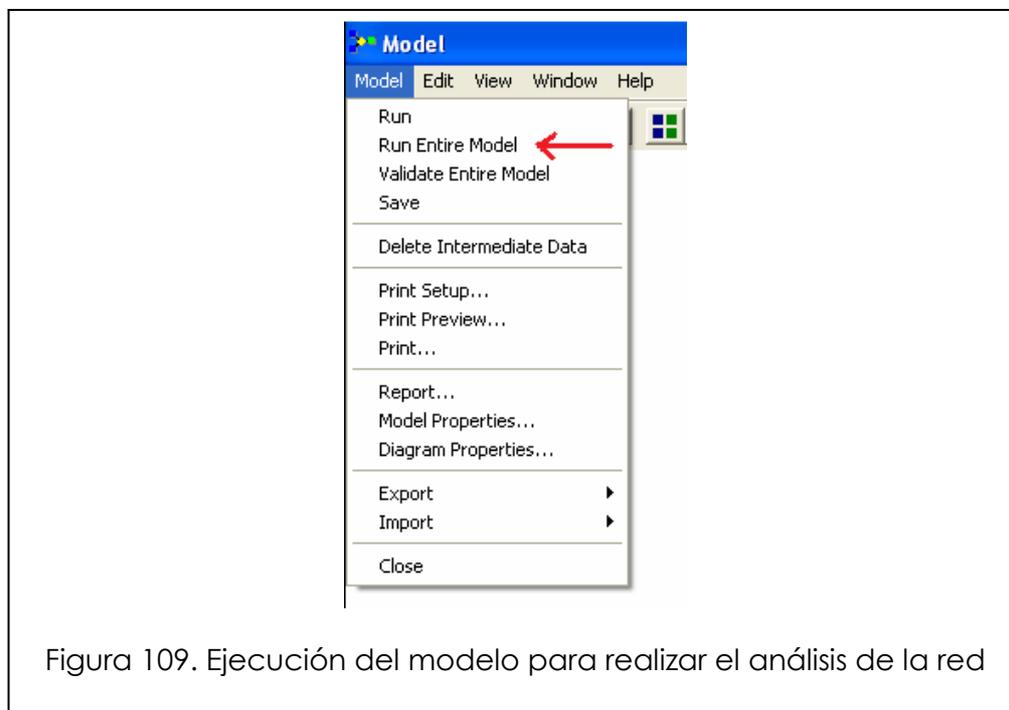
2. Usar la herramienta Add connection , conectar la capa de salida llamada Network Analyst Layer a la herramienta Solve. La herramienta Solve llega a ser de color amarillo y la capa de salida llega a ser verde. Haga Clic en el botón AutoLayout  para organizar el modelo. Clic en el botón Full Extent  para ver el modelo entero.



- Use la herramienta Select  y haga clic derecho sobre la capa de salida de la herramienta Solve (Capa de Network Analyst) y clic en Add to display. Se adicionará una salida al mapa.



- Clic en el botón Save  y guarde el modelo.
- Desde el menú de modelo, escoja Run Entire Model para que funcione el análisis.



- Cierre el modelo para inspeccionar los resultados.



Figura 110. Inspección del resultado de la ejecución del modelo

Una nueva capa de ruta es adherida al mapa, la ventana de Network Analyst tiene todas las paradas y la ruta resultante. La ruta también es mostrada en el mapa.

## 7. Cierre ArcMap

Se propone la realización de la práctica 7, utilizando la cartografía del sector de la calle Remigio Crespo, y suponiendo que se necesita distribuir productos en las tiendas del sector. Se deberá incorporar un nuevo archivo de puntos, el cual tendrá la información de los puntos que necesitan ser abastecidos. El modelo deberá buscar la mejor ruta para llegar a todos los puntos de distribución de productos y mostrar los resultados.

## 10. NETWORK ANALYST EN UN SERVIDOR DE MAPAS

Este capítulo trata sobre la forma de diseminar la información que necesita una persona que debe realizar un viaje utilizando el transporte terrestre.

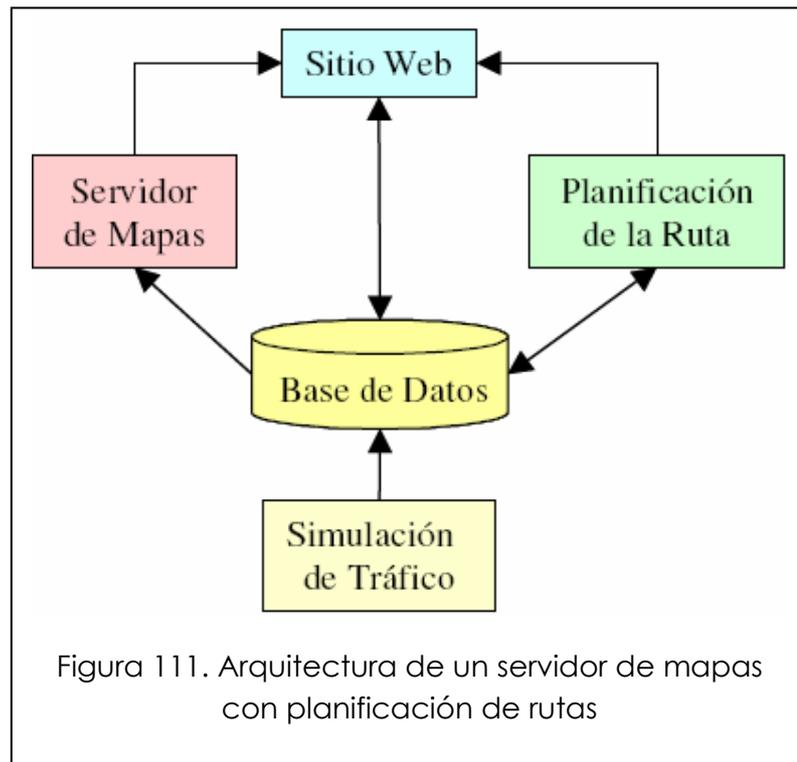
El objetivo de desarrollar pruebas de sistemas de análisis de redes, es demostrar que mediante los mismos, se puede lograr ahorros de tiempo en los viajes y evitar congestiones. (GIOSA Daniel, 2003)

Los usuarios consultan sitios web para:

1. Evitar congestiones en las rutas.
2. Evaluar los efectos de incidentes en el viaje.
3. Decidir entre rutas alternativas.
4. Estimar la duración del viaje.
5. Estimar el mejor momento de partida.

Network Analyst en un servidor de mapas utiliza un sitio web como forma de comunicar la información a los usuarios. Para el desarrollo de un sistema de Análisis de Redes en un Servidor de mapas, es necesario integrar distintos tipos de tecnologías como:

- Sistemas de Información Geográfica
- Algoritmos de planificación de rutas
- Simulación de tráfico
- Bases de datos y
- Páginas web.



En la Base de Datos se almacena toda la información, ya sean mapas digitales, información de usuarios del sitio web o información de tráfico. El módulo de Planificación de Rutas, se encarga de ejecutar los algoritmos de planificación. El Servidor de Mapas provee los mapas que se le presentan al usuario. El módulo de Simulación de Tráfico se encarga de generar, procesar y almacenar en la Base de Datos las condiciones del tráfico. Como no se cuenta con ese tipo de información, entonces el simulador se encarga de generarla. El módulo del Sitio Web, llamado, implementa la interfaz con el usuario.

### **Base de Datos:**

Algunos de los requerimientos que se le deben exigir a la Base de Datos para que sea adecuada son:

- Soporte para información geográfica. Generalmente, los productos de Base de Datos no soportan nativamente el manejo de este tipo de información, pero es posible extenderlos con componentes especiales. La

información geográfica es fundamental en el desarrollo del sistema ya que mucha de la información utilizada será presentada en mapas. Información como calles, manzanas, plazas, ubicación de hospitales o cuarteles de bomberos, es el tipo de información que debe tener representación geográfica.

- El Gestor de Base de Datos debe soportar manejo de transacciones, acceso concurrente de usuario, soporte eficiente para gran cantidad de registros, herramientas de administración, entre otras. Principalmente deben exigirse las propiedades de atomicidad, consistencia, aislamiento y durabilidad que el Gestor debe tener para lograr un correcto manejo de transacciones.

PostgreSQL es un gestor de Base de Datos de código abierto que contiene una extensión llamada PostGIS que implementa un estándar para el manejo de información geográfica en una Base de Datos. PostGIS es el "Simple Features Specification for SQL". Este estándar extiende el Lenguaje Estructurado de Consultas (SQL) con operaciones para manipular información geográfica, como algo nativo del lenguaje. Para eso extiende los tipos de datos básicos con nuevos tipos geográficos como puntos, líneas o polígonos, define el formato en que deben ser almacenados y las operaciones para manipularlos. A las sentencias del lenguaje se le agrega comandos para crear objetos, tablas, índices y utilizar operadores geográficos.

La Base de Datos tiene varias tablas que son utilizadas por los distintos módulos para almacenar la información. El sitio web utiliza algunas tablas para almacenar información administrativa sobre el manejo de los datos geográficos y sobre el usuario. Por ejemplo, cuando el usuario ingresa al sistema se crea información sobre la sesión donde se almacenan parámetros relacionados con el manejo de la información geográfica que está utilizando. Otras tablas almacenan información geográfica. Como la información originalmente estaba en los archivos Shapefile, fue necesario convertirla para ingresarla en la Base de Datos. Para eso se utilizaron

herramientas de PostGIS y se desarrollaron otras. Las herramientas desarrolladas fueron dos. Una de ellas transforma la información de calles eliminando los puntos que le dan forma a la calle y solo deja la información correspondiente a las esquinas, de este modo es más sencillo y eficiente generar el grafo de calles. También genera una capa con las esquinas. El Servidor de Mapas utiliza estas tablas para generar los mapas.

Finalmente los algoritmos de planificación de rutas utilizan las tablas con información de las calles y las tablas con la información generada por la simulación para ejecutar. Cuando generaron la planificación de la ruta, la almacenan en tablas donde se guarda cada tramo de la ruta.

Los algoritmos de planificación de rutas y de ruteo de vehículos en general utilizan grafos para representar la topología de los caminos. Entonces lo que se hace para poder ejecutar los algoritmos es modelar las calles de la ciudad como un grafo. Para eso se toman como nodos del grafo los nodos en el mapa y como aristas del grafo se toman los segmentos. Los puntos y segmentos de forma no es necesario introducirlos en el grafo. Eso es porque la forma de la calle no es relevante para los algoritmos de planificación, se reduce la cantidad de nodos y aristas del grafo y como la distancia de los segmentos es un atributo en la capa, no es necesario la forma para calcular la distancia.

El algoritmo más utilizado para el análisis y planificación de rutas en un servidor de mapas, es el Dijkstra. Este un algoritmo de búsqueda en gráficos, que encuentra la solución para la ruta más simple, fue puesto el nombre de su descubridor científico Edsger Dijkstra. Este algoritmo es usado a menudo en el direccionamiento.

Para un vértice (nodo) dado en un gráfico, el algoritmo encuentra el camino con el coste más bajo hacia cada vértice. También puede ser usado para encontrar el camino más corto de un vértice a otro, parando el algoritmo cuando la ruta más corta al vértice destino ha sido determinada. Por ejemplo, si un vértice representa una ciudad, el algoritmo de Dijkstra

puede usarse para encontrar la ruta más corta hacia una ciudad y hacia todas las ciudades.

### Servidor de Mapas:

Un Servidor de Mapas es un software que permite publicar e interactuar con mapas digitales desde páginas web. El servidor debe encargarse de leer la información de mapas, presentarlo en páginas web y permitir la interacción del usuario con el mapa.

Los Servidores de Mapas son la evolución de los Sistemas de Información Geográfica hacia Internet. El servidor de mapas que puede ser utilizado es MapServer ya que es un servidor de código abierto. Las razones para seleccionarlo son:

- Funciona con bases de datos PostgreSQL extendidas con PostGIS. También funciona con archivos Shapefile.
- La instalación es extremadamente sencilla.
- El modo de operación se adapta al uso que se le quiere dar, en este proyecto.
- Es una herramienta de uso libre.

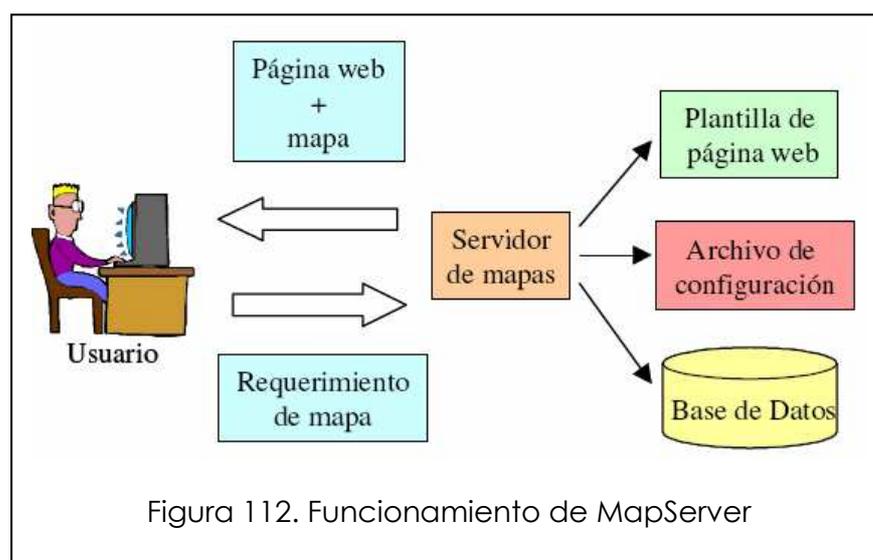


Figura 112. Funcionamiento de MapServer

Puede utilizar como referencia las siguientes páginas, que indican paso a paso como ejecutar el proceso para poder obtener la ruta optima en un servidor de mapas:

<http://chris.narx.net/2006/02/05/adding-routing-overlays-to-kamap/>

<http://chris.narx.net/2005/12/14/build-your-own-routing-solution>

## 11. CONCLUSIONES

Mediante la elaboración del Tutorial de prácticas, hemos concluido que:

- La puesta en práctica de la extensión Network Analyst de ARCGIS 9.1 es una eficaz forma de encontrar soluciones a problemas de redes viales, ya que mediante dicha herramienta, se puede estudiar de mejor manera el enrutamiento óptimo de vehículos para que puedan arribar de un punto a otro de manera más rápida.
- Se ha comprobado que se requiere necesariamente contar con ciertos campos en la tabla de atributos que contiene la información de las vías, ya que sin estos campos, no sería posible de ninguna manera el análisis de redes.
- Durante las diferentes prácticas realizadas en este tutorial, se ha comprobado que Network Analyst es una herramienta versátil, ya que es apto para adaptarse con facilidad y rapidez a diversas funciones que puede llegar a requerir el usuario, ya que puede encontrar rutas según distintas necesidades.

## 12. RECOMENDACIONES

Luego de haber investigado las facilidades que proporciona la extensión Network Analyst, recomendamos:

- Que el tutorial sirva para el aprendizaje de los estudiantes, ya que se ha ido realizando una guía paso a paso para que se entienda como procede Network Analyst para analizar la red y se puedan implementar ejemplos que expongan el uso de la herramienta.
- Sería un gran aporte que se pudieran realizar los cálculos para el atributo de tiempo con valores reales de velocidades, para que de esta manera los cálculos sean precisos al momento de calcular el tiempo que tomaría llegar de un lugar a otro.
- Se podría realizar el análisis de la ruta más óptima en tiempo real, implementando el uso de Network Analyst en un sistema GPS, ya que sería una contribución grande para que por ejemplo una ambulancia pueda llegar al lugar del percance de modo inmediato o que se puedan distribuir los productos a ciertos lugares por la ruta más rápida como resultado el transporte sea económico.
- Con la guía de éste documento, sobre el análisis de redes en un servidor de mapas, se puede implementar el sistema en MapServer para poder disponer de esta herramienta en una página web y así poder escoger la mejor ruta en el lugar en el que se encuentre la persona que lo requiera.

## BIBLIOGRAFÍA

- OCHOA Paúl, 2004 – Tutorial de Prácticas ArcGis
- ArcGIS Desktop Help/ Environmental System Research Institute. - 2006.
- ArcGIS Network Analyst Tutorial / Environmental System Research Institute. - Redlands, California : Environmental System Research Institute, inc., 2006. [http://magellan.colorado.edu/~fast/ESRI/Network\\_Analyst\\_Tutorial.pdf](http://magellan.colorado.edu/~fast/ESRI/Network_Analyst_Tutorial.pdf)
- BARRIENTOS MARTÍNEZ Miguel Angel, 2007- Network Analyst, el Análisis de Redes desde ArcGis / <http://www.mediafire.com/?5dyqctodwyl>
- GIOSA CUEVAS Daniel, 2003 – Sistemas de información de tráfico <http://www.fing.edu.uy/inco/pedeciba/bibliote/tesis/tesis-giosa.pdf>
- Charlie Frye, 2007 - How to symbolize one-way streets <http://blogs.esri.com/Support/blogs/mappingcenter/archive/2007/09/14/how-to-symbolize-one-way-streets.aspx>

## ANEXOS

### Anexo 1: Procedimiento a seguir para ingresar datos en el campo Oneway en el caso de que ya se tengan los datos de FNODE\_ y TNODE\_

1. Se debe tener la información de los nodos para poder saber cual representa el nodo inicial y cual representa el nodo final, para esto, antes de asignar valores al atributo ONEWAY, se debe generar la información de los nodos. Esto se obtiene realizando los pasos respectivos de la práctica 1. Cuando ya se haya realizado la práctica 1, se obtendrá adjuntamente al network dataset de ejes, un network dataset de nodos, el archivo tendrá el nombre de `vias_estadio_ND_Junctions`.
2. Al obtener dicho archivo de nodos, se debe traer la información a ArcMap, con el botón Add Data , y navegue hasta la carpeta donde generó el network dataset y agregue al Layer las capas:
  - `vias_estadio_ND_Junctions`
  - `vias_estadio_ND_Edges`
  - `vias_estadio`
3. Una vez que haya agregado las capas, vamos a editar el archivo `vias_estadio`, para esto active la herramienta de edición desde el menú Tools ->  Editor Toolbar.
4. De un clic en la barra desplegable de Editor  ->  Start Editing y revise que el Target sea `vias_estadio`. Esto nos servirá para poder escribir dentro del campo Oneway en la tabla de atributos, llenando los datos correspondientes, asignando FT o TF según sea necesario.
5. Ahora seleccione el nodo inicial de la calle a la que desea asignar un valor de oneway (dando un clic con la flecha de la barra de herramientas "Select Features ") e identifique dicho valor del nodo en la tabla de atributos de `vias_estadio_ND_Junctions` en la

columna ZELEV, la fila del nodo seleccionado debe estar resaltada con color celeste, a este valor lo llamaremos nodo inicial.

6. Seleccione el nodo del extremo opuesto de la misma calle (con la herramienta "Select Features "), e identifique dicho valor del nodo en la tabla de atributos de `vias_estadio_ND_Junctions` en la columna ZELEV, la fila del nodo seleccionado debe estar resaltada con color celeste, a este valor lo llamaremos nodo final.
7. Ahora seleccione la calle, con la herramienta "Select Features " y abra la tabla de atributos de la capa `vias_estadio`. La entidad seleccionada aparecerá resaltada con color celeste, y tendrá asignado sus respectivos valores en los campos `FNODE_` y `TNODE_`.
8. Si el valor de `FNODE_` coincide con el valor al que llamamos nodo inicial en el paso 5, y si el valor de `TNODE_` coincide con el valor al que llamamos nodo final en el paso 6, entonces el valor a asignar en el campo `oneway` es FT (`FNODE_ to TNODE_`), escriba FT en la tabla de atributos, en el campo `oneway` de la calle que seleccionó. Si el valor de `TNODE_` coincide con el valor al que llamamos nodo inicial en el paso 5, y si el valor de `FNODE_` coincide con el valor al que llamamos nodo final en el paso 6, entonces el valor a asignar en el campo `oneway` es TF (`TNODE_ to FNODE_`), escriba TF en la tabla de atributos, en el campo `oneway` de la calle que seleccionó.
9. Cuando haya terminado de asignar todos los valores para el campo `oneway` según el sentido de la calle, debe guardar los cambios realizados en la tabla de atributos, para esto de un clic en el menú desplegable de Editor  -> Save Edits  y luego en Stop Editing .
10. Ahora que tiene los datos necesarios almacenados en la columna `oneway`, debe borrar el network dataset de ejes y de nodos que creó en el paso 1, y volver a realizar la práctica 1 paso a paso. De

esta manera se creará un network dataset que contendrá la información requerida en el campo oneway.

Las indicaciones que se dan a continuación, sirven para poder ratificar que los datos que se almacenaron en el atributo oneway son correctos. Estos pasos se deben seguir luego de culminar la práctica 1.

1. Ingrese en ArcMap, presione el botón Add Data , y navegue hasta la carpeta donde generó el network dataset y agregue al Layer las capas:
  - vias\_estadio\_ND\_Junctions
  - vias\_estadio\_ND\_Edges
  - vias\_estadio
2. De un clic derecho en la capa vias\_estadio\_ND\_Edges y seleccione la opción para ver sus propiedades.
3. En la pestaña Symbology, asegúrese de que en la ventana Show: estén seleccionados únicamente los ejes. De un clic sobre Edges.
4. En la parte derecha del recuadro de la pestaña Symbology, se encuentra un botón  (Arrows o flechas), de un clic sobre el botón.
5. Asegúrese de que la ventana de Arrows esté configurada de la como se muestra en la Figura 113:

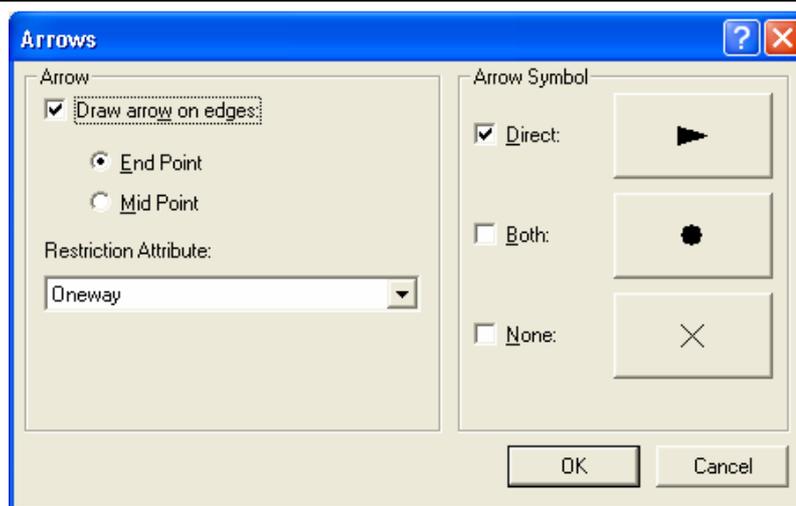


Figura 113. Configuración de la ventana Arrows para comprobación del ingreso correcto de datos en la columna oneway.

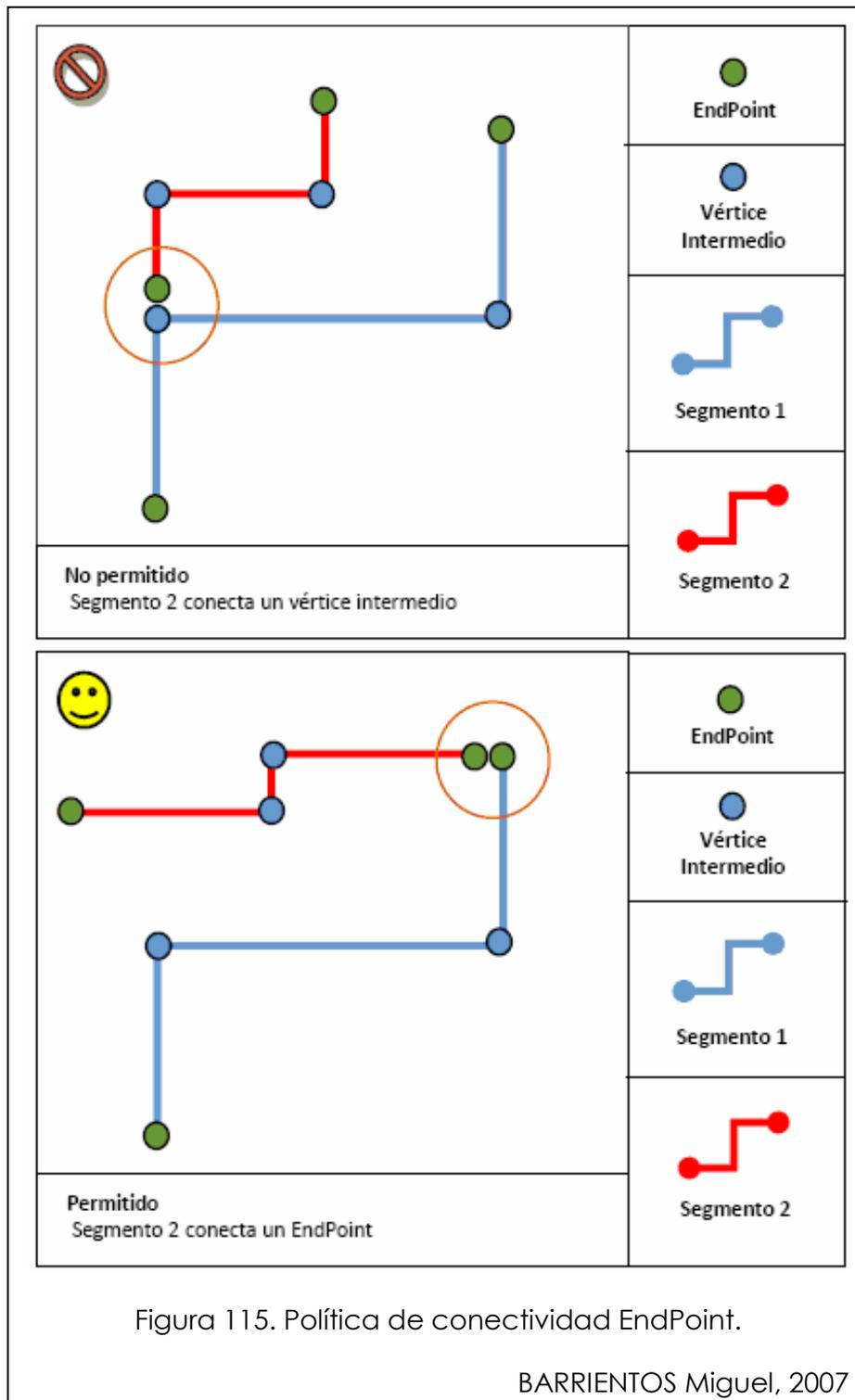
7. Como resultado, se obtienen las direcciones que han sido configuradas en el atributo oneway. En la Figura 114 se puede ver un ejemplo.



Figura 114. Ejemplo de configuración del atributo oneway

## Anexo 2: Diferencia entre conectividades EndPoint y AnyVertex

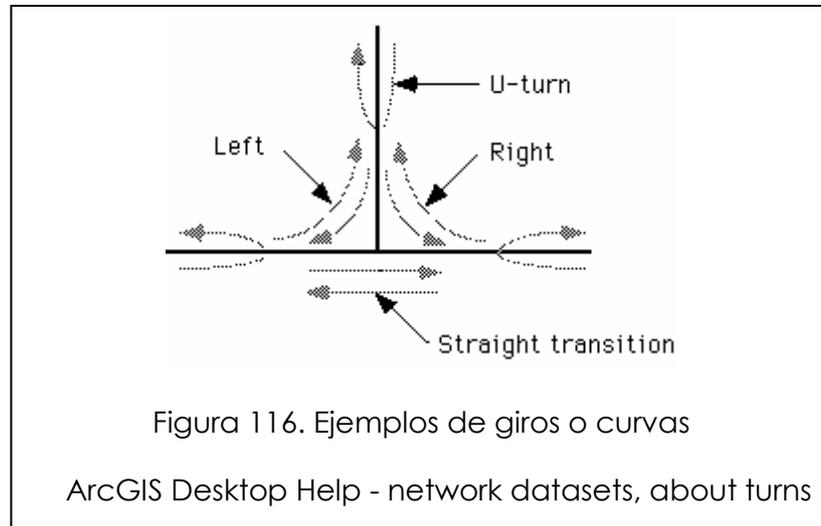
EndPoint define que la conectividad se realizará sólo sobre los puntos finales de cada eje o sea solo al principio y al final de cada segmento. Se presentan a continuación dos situaciones, una permitida y otra no permitida por la política de conectividad EndPoint.



AnyVertex define que la conectividad se realizara sobre cualquier vértice del segmento, incluyendo los puntos finales.

### Anexo 3: Modelar curvas en el NetworkDataset

A continuación se ilustra un ejemplo de lo que se refiere a curvas o giros al momento de modelarlas para el networkdataset.



#### **Anexo 4: Capas del Layer para encontrar entidades de auxilio más cercanas (Closest Facilities)**

**Layer de entidades (Facilities feature layer)** Este layer almacena las locaciones de red que son utilizadas como entidades al interior del análisis de Closest facility. Este layer está estructurado por defecto en tres categorías: Located, Unlocated, y Error. La simbología de cada uno de los tipos de elementos puede ser modificada desde las propiedades del layer. Color, símbolo y tamaño entre otras características pueden modificarse de acuerdo a las necesidades del usuario. Cuando un layer de Closest facility es creado, el layer de entidades aparecerá sin locaciones de red y solo aparecerán hasta ser cargadas por el usuario.

**Layer de incidentes (Incidents feature layer)** Este layer almacena las locaciones que se usarán como incidentes en el análisis. Su comportamiento y características son similares a las entidades. Todas las características graficas y de simbología pueden modificarse en las opciones del layer.

**Layer de barreras (Barriers feature layer)** Las barreras son usadas para identificar aquellos sectores sobre los cuales existen restricciones para el desplazamiento. Este layer tiene 3 tipos de barreras: Located, unlocated, y error (localizado, no localizado y error). La simbología de cada uno de ellos puede ser modificada en las propiedades del layer, tal como cualquier otro feature layer, shapefile o feature class de ArcMap. Al igual que el caso anterior, cuando un nuevo layer de barreras es creado, este aparecerá vacío, hasta que la información sea incorporada al análisis.

**Layer de rutas (Routes feature layer)** Este layer almacena todas aquellas rutas resultantes del análisis Closest Facility. Al igual que el resto de estas capas analizadas, todas las opciones de simbología, texto y colores puede ser modificado al acceder a las propiedades del layer. Cuando un nuevo layer de rutas es creado, este aparecerá vacío, hasta que se ejecuten los análisis.