

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de postgrados

**Metodología Para La Implementación De Un SIG De Bicitaxis En
Bogotá**

Carlos Augusto Ojeda Muñoz

Richard Resl, Ph.Dc. Director de Tesis

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

Bogotá, Marzo de 2013

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Guía Metodológica Para La Implementación De Un SIG De Bicitaxis

En Bogotá

Carlos Augusto Ojeda Muñoz

Richard Resl. Ph.Dc.
Director de Tesis

Anton Eitzinger. MSc.
Miembro del Comité de Tesis

Richard Resl. Ph.Dc.
**Director de la Maestría en Sistemas
De Información Geográfica**

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

Victor Viteri Breedy, Ph.D.
Decano del Colegio de Postgrados

Bogotá, Marzo de 2013

© DERECHOS DE AUTOR

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

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

Firma:

Nombre: Carlos Augusto Ojeda Muñoz

Pasaporte No: CC80213927

Fecha: 21 de Marzo de 2013

DEDICATORIA

A Dios, mi familia y principalmente a Juan Andrés.

Mis mayores agradecimientos a la organización UNIGIS con todos sus tutores y representantes, también a mis compañeros de trabajo quienes me brindaron su apoyo.

RESUMEN

Huxhold W. & Levinsohn A en 1995 propusieron ciertos interrogantes a tener en cuenta en el proceso del diseño de sistemas, dentro de ellos encontramos: ¿Qué mapas debe producir el sistema? ¿Qué datos serán accesibles desde el sistema?, ¿Quién actualizaría los datos y cómo las actualizaciones se diseminarán entre los usuarios? ¿Qué software y qué hardware son necesarios?, ¿Qué personal técnico será necesario para operar el sistema?, entre otras.

Para la implementación de la presente metodología se intentará dar respuesta a los interrogantes básicos propuestos por los autores. El tipo de software a manejar es ArcGIS versiones 9.3 o posterior. Debido a que es un software que permite el almacenamiento de la información en bases de datos de forma sencilla, adicionalmente por ser uno de los software GIS en el que gran cantidad de profesionales confían y del que conocen su funcionamiento general, adicionalmente será necesario usar un paquete informático de gestión de datos tal como Office 2010 o posterior. Las razones de usar este paquete y no otros similares es porque el mismo tiene herramientas que facilitan la gestión de la información de forma rápida.

Tanto los operadores del sistema como los recolectores de la información en campo, deben ser profesionales que cumplan con algunos requerimientos mínimos en cuanto a experiencia y conocimientos. Aunque serán también entrenados en sus funciones, deberán pasar por un proceso de selección que asegure su compromiso.

Los datos serán recolectados en campo por medio de los siguientes procesos alternos:

- Las rutas que cubre cada bicitaxi serán grabadas en un GPS o navegador de mano en forma de (Track), denominándose con el nombre común de la ruta.
- Los paraderos serán grabados en un GPS o navegador de mano en forma de (Waypoint), denominándose con el nombre común del paradero.

Los demás datos tales como: cercanía a TransMilenio, circulación por vía principal o si afecta el espacio público, serán escritos en un formato previamente establecido.

Posteriormente los datos:

- Son entregados a un ingeniero encargado de ingresarlos en las bases de datos del SIG.
- Este profesional deberá hacer control de calidad de la información de esta información en aspectos como: topología y exactitud de datos.

El sistema será entonces actualizado a diario y podrá producir mapas donde se visualicen los paraderos y sus rutas, con sus respectivos atributos. Además el sistema estará en capacidad de realizar diferentes tipos de análisis, propios de un SIG. Una de sus capacidades más importantes será el tener siempre la información disponible de forma rápida, dinámica y fácil de consultar.

ABSTRACT

W. Huxhold Levinsohn & A in 1995 proposed some questions to consider in the system design process, among they are: What maps should the system produce? What data will be accessible from the system? Who would update the data and how updates are disseminated among users? What software and what hardware are needed? What technical staff will be required to operate the system? And others.

For the implementation of this methodology is needed to answer basic questions proposed by the authors. The type of software to manage is ArcGIS 9.3 or later versions. Because it is a software that allows storage of information in databases easily, additionally one of the GIS software which many professionals know and trust their general operation, it is additionally necessary to use a software package for data management as Office 2010 or later. The reason to use this package and not others is because it has tools that facilitate the management of information quickly.

Both system operators as collectors of information in the field, professionals must meet certain minimum requirements in terms of experience and knowledge. While they will be trained in their duties, they must go through a screening process to ensure their commitment.

Data will be collected in the field by means of the following alternative procedures:

- Routes covering every rickshaw will be recorded on a handheld GPS navigator as (Track), being called by the common name of the route.
- The stops will be recorded on a handheld GPS navigator as (Waypoint), which is called by the common name of the whereabouts.

Other data such as proximity to TransMilenio, running through main or affects the public space, be written in a format previously established.

Subsequently the data:

- Are delivered to an engineer in charge for admission to the GIS database.
- This candidate must do quality control information of this information on aspects such as topology and data accuracy.

Then the system will be updated daily and may produce maps which visualize the stops and routes, with their respective attributes. In addition the system will be able to perform different types of analysis, typical of a GIS. One of the most important capabilities of the GIS will always have the information available quickly, dynamic and user-friendly.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Introducción al problema.....	14
1.2 El problema.....	15
1.3 Hipótesis	17
1.4 Pregunta de investigación.....	17
1.5 Contexto y marco teórico	17
1.5.1 contexto	17
1.5.2 Marco teórico	22
1.5.2.1 Los Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	22
1.5.2.2 Áreas de aplicación de los SIG.....	24
1.5.2.3 Los SIG y el transporte público.....	25
1.6 Propósito del estudio.....	26
1.7 Significado del estudio	26
1.8 Presunciones del autor del estudio	27
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	28
2.1 Géneros de la literatura incluidos en revisión	28
2.2 Pasos en el proceso de revisión de la literatura.....	28
2.3 Formato de la revisión de la literatura	29
3. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
3.1 Justificación de la metodología seleccionada	34

3.2 Herramientas de investigación	34
3.3 Método para la toma de información en campo	35
3.4 Método para el procesamiento de información en oficina	43
4. RESULTADOS	61
4.1 Ejemplo de Actividades en campo	62
4.1.2 Completar formatos de adquisición de datos de rutas	63
4.1.3 Completar formatos de adquisición de datos de paraderos	64
4.2 Ejemplo de actividades en oficina	66
4.2.1 Descarga de datos desde el GPS	66
4.2.2 Cambio de formato.....	67
4.2.3 Carga de datos crudos en la Geodatabase.....	68
4.2.4 Montaje sobre plantilla de manejo.....	70
4.2.5 Edición de la información	71
4.2.6 Población de tablas.....	75
4.2.7 Carga de datos procesados en la Geodatabase	80
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	83
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
7. REFERENCIAS	89
8. ÍNDICE DE ANEXOS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Bicitaxis en México.....	15
Figura 2. Los tranvías en Bogotá.	18
Figura 3. Trolley en Bogotá	19
Figura 4. TransMilenio Bogotá	20
Figura 5. Movilidad en TransMilenio.....	21
Figura 6. Pasos para elaborar un SIG de bicitaxis	33
Figura 7. Procesos de levantamiento de información en campo.....	35
Figura 8. Formato de adquisición de datos de paraderos en campo.....	37
Figura 9 Formato de adquisición de datos de rutas en campo.....	39
Figura 10. Procesamiento de información en oficina.....	43
Figura 11. Relaciones generadas entre tablas de la geodatabase.....	52
Figura 12. Edición de la información vectorial.....	55
Figura 13. Presentación Model Builder	59
Figura 14. Formato de adquisición de datos de rutas diligenciado.....	63
Figura 15. Formato de adquisición de datos de paraderos diligenciado.	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías para la revisión de literatura.....	29
Tabla 2. Literatura por categoría	29
Tabla 3. Estructura para la creación de la Personal Geodatabase	46
Tabla 4. Entidades, atributos y propiedades de los campos para la definición del modelo conceptual	48
Tabla 5. Atributos generados por el script GPSFile to SHP a capas de tipo punto ..	56
Tabla 6. Atributos generados por el script GPSFile to SHP a capas de tipo poli línea	56
Tabla 7. Atributos obligatorios para capas de tipo punto.....	57
Tabla 8. Atributos obligatorios para capas de tipo poli línea	57

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción al problema

La difícil movilidad vehicular en la ciudad de Bogotá provoca serios problemas a los bogotanos, tanto así que, *“Perder un vuelo, un trabajo y hasta llegar tarde al matrimonio, se ha vuelto lo usual para los bogotanos”*, así lo ratificaron varios afectados a través de una convocatoria de opinión hecha por EL TIEMPO (uno de los principales periódicos de Colombia) en las redes sociales Twitter y Facebook, en la que se les preguntó: *“¿Qué ha perdido por culpa del caótico tráfico en la ciudad?”*.

Lo más preocupante según los encuestados es que *“los habitantes de la capital nos estamos volviendo impuntuales, dejamos de estar horas con la familia y hasta nos hemos vuelto poco tolerantes”*, comentaron. Pero, según las últimas cifras de la encuesta del programa *“Bogotá, cómo vamos”*, *“son pocos los bogotanos que buscan opciones diferentes para no quedar atrapados en los trancones”*. Según el programa realizado por la alcaldía *“el 15% de las personas, sigue prefiriendo el carro o la moto, frente a un 13% que opta por ir en bicicleta o a pie”*. De los encuestados un *“51% tarda, actualmente, más tiempo en el trayecto de su casa al trabajo.”* (L. Sánchez, 2011)

La anterior es solo una muestra de hasta donde se ve afectada la vida cotidiana de los bogotanos por causas ajenas a su voluntad, en este caso por causa de la difícil movilidad vehicular, consecuencia de un acelerado crecimiento urbano y una escasa planificación.

El proyecto que se plantea en las siguientes páginas se basa en una modalidad de transporte llamada en el país Bicitaxismo, el bicitaxi también llamado Trixitaxi, Pedicab, Rickshaw o Velotaxi es un vehículo destinado al transporte de pasajeros y construido bajo el principio de la bicicleta, es accionado con tracción humana y generalmente tiene capacidad para dos pasajeros adultos sentados y su conductor.

“Este sistema de transporte alternativo y ecológico pudiera convertirse en un fenómeno mundial que ya se ha implantado en ciudades como Barcelona, Berlín, Fráncfort del Meno, Hamburgo, Düsseldorf, Málaga, Múnich, Copenhague, Londres, Viena, Bogotá, Ámsterdam, Nueva York, México, San Francisco, Lima (no oficial) y Washington” (Martínez, 2011)

Figura 1. Bicitaxis en México.



Fuente: <http://febuangulo-socioenlineabloglemondefr2.blogspot.com>

1.2 El problema

Los bicitaxis surgieron como una forma de dar respuesta a la necesidad sentida de las comunidades periféricas de la ciudad de Bogotá, en relación con la dificultad para llegar hasta sus casas desde el lugar en que son dejados por los medios de transporte oficiales, sean estos buses de transporte público, colectivos o Transmilenio.

La mala planificación de la ciudad ha permitido que esta se extienda hacia zonas de difícil acceso y la falta de interés de las autoridades distritales, tiene estas zonas en

profundo abandono, por lo que sus vías de acceso no son las más adecuadas y las empresas de transporte (incluso Transmilenio) no envían buses hasta estos lugares alegando que no es posible entrar por las condiciones de las vías o por cuestiones de seguridad. Por esta razón las personas muchas veces tienen que desplazarse entre 10 y más cuadras desde el lugar en que se desmontan del bus hasta sus hogares y viceversa. Por esta razón la actual administración ha planteado la posibilidad de formalizar este medio de transporte, tal como se expresa en la revista Semana *“La Alcaldía de Bogotá ha dicho a la opinión pública que está pensando en legalizar los bicitaxis y formalizar el modo de empleo de muchas personas que dependen de ello, se tiene propuesto que se pueda integrar un sistema de bicitaxis a la actual red de transporte urbano.” “...con notables modificaciones, por ejemplo, habilitar una especie de carriles exclusivos para este tipo de vehículos, la actual red de ciclorutas puede ser una gran opción; renovar los vehículos que se están utilizando actualmente. Los bicitaxis que ruedan por Bogotá son contruidos de manera “artesanal” y no cuentan con certificados de calidad y no garantizan seguridad para los pasajeros como para el conductor, entonces lo que quieren hacer es poner unos nuevos vehículos más modernos, más seguros, más livianos y más económicos, así como los que se ven en grandes ciudades como Londres, que hacen uso de este sistema.”* (Revista Semana, 2012).

Sin embargo, para que esto pueda llevarse a cabo, este sistema de transporte alternativo debe corregir muchas deficiencias existentes actualmente y establecer condiciones de recorrido que brinden seguridad tanto para los conductores de los vehículos como para los pasajeros como lo expresa la misma revista *“...habilitar una especie de carriles exclusivos para este tipo de vehículos, la actual red de ciclorutas puede ser una gran opción”* (Revista Semana, 2012), ya que en la actualidad su funcionamiento se lleva a cabo de forma desordenada y que lo hace sistema ineficiente y en algunos casos peligroso, debido a la mala planificación de las rutas, las cuales no tienen en cuenta las condiciones de los sectores por los que se llevan a cabo los recorridos: terreno, topografía, afluencia vehicular, etc. Y que en muchos

casos hace trabajar a los bicitaxistas en condiciones difíciles, ya que este es un vehículo de tracción humana.

1.3 Hipótesis

La instauración de un SIG para el manejo del bicitaxismo como sistema de transporte público alternativo, contribuirá al mejoramiento en la forma de prestación del servicio, beneficiando la movilidad de la ciudadanía en las zonas marginales de la ciudad y garantizando su buen y eficiente funcionamiento y mejorando su organización, mediante la construcción de una herramienta, ideal para planificadores y urbanistas, la cual permitirá manera rápida y confiable obtener y organizar la información geográfica y espacial de los bicitaxis de la ciudad. Permitiendo la realización de un registro de información geoespacial relacionada con este medio de transporte.

1.4 Pregunta de investigación

¿Como implementar un Sistema de Información Geográfica que ayude a la inclusión de los bicitaxis en un sistema de transporte integral en Bogotá?

1.5 Contexto y marco teórico

1.5.1 contexto

Bogotá es la quinta ciudad más grande de América del Sur y la tercera más alta del continente, con una altura promedio de 2630 msnm. En la actualidad la ciudad tiene aproximadamente 7,5 millones de habitantes (DANE, 2012). Bogotá no estuvo unida por un ferrocarril a vapor hasta 1889 y no tuvo acceso ferroviario hacia un río navegable hasta 1909. Tanto sus primeros carros a tracción animal, construidos en 1884, como sus primeros tranvías, importados en 1908, tuvieron que ser desmontados y transportados por las montañas sobre los lomos de mulas (Morrison, 2007).

Figura 2. Los tranvías en Bogotá.



Fuente. Morrison, 2007.

Los primeros tranvías funcionaban por tracción animal y transportaban aproximadamente 20 personas. Este sistema de transporte era manejado por la empresa norteamericana Bogotá City Railway Co. En el año 1905 llegó el primer automóvil al país y hacia 1910 empresa americana es comprada por colombianos y entran a operación con tranvías eléctricos. Para mediados del mismo año el gobierno pone al servicio de los ciudadanos automóviles (taxis) para sus desplazamientos.

La ciudad va creciendo a lo largo y a lo ancho, se inauguran nuevas avenidas y hacia 1929 entran en circulación las primeras compañías de transporte público - privado con el fin de suplir las necesidades de transporte a los nuevos barrios de la ciudad. Por el año 1931 la ciudad, en su afán de controlar situaciones indebidas en el tránsito, expide el primer código de circulación, se reglamentan paraderos, horarios de descargue, instalación de semáforos y demás medidas preventivas.

A mediados de siglo, más exactamente en el año de 1953 sale completamente de circulación el tranvía y con buses a gasolina y trolley (vehículo de transporte masivo operado con corriente eléctrica) entra en operación la Empresa Distrital de Buses.

Figura 3. Trolley en Bogotá



Fuente: <http://www.tramz.com/co/bg/b/bb04.jpg>

Durante este período el crecimiento geográfico y demográfico en la ciudad era fue acelerado y desordenado. Las rutas de transporte cubrían un 90% de la creciente capital. Bogotá contaba en ese entonces con 195 redes eléctricas para la operación del trolebús, 125 kilómetros correspondientes a rutas en funcionamiento y 70 kilómetros a rutas abandonadas. Posteriormente, salieron de servicio los trolebuses y los demás vehículos de los que se encargaba la empresa distrital de transporte urbano y el transporte quedó en manos de particulares. Producto de esto se generó lo que se conoce como “guerra del centavo”, lo que produjo caos y anarquía en las calles. Con el transcurrir de los años la situación empeoraba haciendo cada vez más caótico el desplazamiento en la ciudad. En 1998 se empiezan a construir las primeras troncales del sistema TransMilenio, el cual transporta diariamente, a más de un millón de personas.

Para 1987 se planteó el establecimiento de un Sistema integral de transporte urbano que de acuerdo con la investigadora María Avendaño “mejoraría la operación del

transporte público transformándolo en un sistema que le garantice a los usuarios acceso al servicio y menores tiempos de viaje” (Archivos Periodísticos de Bogotá, 1995) sin embargo esta propuesta nunca llegó a ejecutarse.

En la actualidad la ciudad cuenta con el sistema “TransMilenio” (ver ilustración ***) un sistema de transporte conformado por troncales con paraderos establecidos, el cual se ha desbordado por la gran demanda de la ciudad (ver figura 5), que está en mayor proporción en manos de particulares, lo que lo convierte en un negocio, que, al igual que el sistema de transporte público tradicional, no se preocupa realmente por la movilidad y el servicio a la ciudadanía, sino por las ganancias y la menor inversión, por lo que no cubre la totalidad del área urbana, especialmente las zonas marginales, aunque cuenta con un amplio sistema de alimentadores. Como una solución a este problema se ha planteado la implementación del SITP (Sistema integrado de transporte público) “...integrando el transporte público colectivo, TransMilenio y más adelante el Metro” (Solano Plazas 2012), el cual tendría como función, la absorción de la demanda que no está cubierta por Transmilenio, cosa que hasta el momento no se ha logrado.

Figura 4. TransMilenio Bogotá



Fuente:<http://t2.gstatic.com/images>

Figura 5. Movilidad en TransMilenio



Fuente:<http://t2.gstatic.com/images>

De acuerdo con el estudio de la Secretaría de la Movilidad, en Bogotá los vehículos de transporte público representan el 10% del total del parque automotor, sin embargo transportan al 80% de la población que se moviliza dentro de la ciudad. Esto causa que la movilidad en la ciudad sea caótica, ya que el sistema de transporte público existente no cubre todos los sectores de la ciudad, especialmente en las zonas marginales afectando a la población, la cual tiene, algunas veces, que desplazarse grandes distancias hasta un paradero o desde él hasta su hogar. Los intentos de la administración de la ciudad, por dar solución al problema de movilidad en la ciudad son intensos, sin embargo el estancamiento en este sentido es notorio y las nuevas medidas planeadas no han mostrado los resultados esperados al corto plazo. Todo esto aumenta las ya difíciles condiciones de vida de un amplio sector de la ciudadanía de la capital.

En este contexto, en el año 1997, los bicitaxis surgieron como un medio de transporte ecológico, económico y saludable, que además, prestan un importante servicio de acceso a aquellos ciudadanos que viven en zonas marginadas de la

ciudad y que por tanto tienen que desplazarse grandes distancias para llegar a un paradero o a una vía principal para acceder al transporte público.

A pesar de que en Bogotá el bicitaxi aún no se contempla como un medio de transporte oficial, debido a su falta de reglamentación por parte de las autoridades y a que en la mayoría de los casos no cumple con normas de seguridad para el transporte de pasajeros, es un medio de transporte cuyo uso ha venido extendiéndose en muchos lugares de la capital. De acuerdo con una publicación realizada por Confidencial Colombia (2012) *“más de ciento cincuenta mil personas se transportan diariamente por la ciudad en bicitaxis”*. Cabe anotar que se han venido desarrollando trabajos tendientes a combatir estas falencias, ejemplo de ello es el trabajo de Carlos Fuentes, estudiante de la Universidad Nacional, quien diseñó el *‘3CAB Trici Taxi’*, como se denomina el proyecto, *“un moderno vehículo para el transporte de pasajeros: se acciona por pedales, tiene una sólida cabina con capacidad para dos personas, una silla ergonómica para el conductor, frenos de disco, espejos retrovisores, parabrisas, luz delantera, cinturones de seguridad y hasta pito, componentes que exige la normatividad.”* (J Rivera, 2012). Según el mismo Fuentes, *“más que solucionar un problema, la intención es mejorar la situación de movilidad que viven a diario los habitantes de las zonas marginadas, brindando un vehículo que cumpla con características de calidad y respete la reglamentación vigente para transporte público”*.

1.5.2 Marco teórico

1.5.2.1 Los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

El término SIG procede del acrónimo de Sistema de Información Geográfica (en inglés GIS, Geographic Information System). Los SIG están conformados por programas informáticos, bases de datos con información geográfica georreferenciada y espacializada, conceptos teóricos y algoritmos matemáticos, entre otros. Son una rama de la Geomática, que hace referencia a un conjunto de ciencias que integran

los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica, también llamada información espacial o geoespacial (adaptado de Boada, 2012).

De acuerdo con Cárdenas (2012) los SIG, mediante la integración de hardware, software, personas, procesos y datos localizados en el espacio, a través de la realización de procesos informáticos permiten la lectura, edición, análisis y almacenamiento de información importante para el desarrollo de las actividades humanas.

Gutiérrez y Gould (1994), definen los SIG como procesos informáticos que permiten producir, a partir de datos no tratados, información útil para tomar decisiones adecuadas.

Los factores que dieron origen a los SIG son dos: la creciente necesidad de disponer de información geográficamente referenciada y de mecanismos adecuados para la gestión y uso óptimo de la misma; sumado a la aparición de los sistemas de procesamiento multiusuario, con software especializado. Estos mismos factores han seguido impulsando el avance de los SIG, centrados especialmente en el estudio y manejo del medio ambiente, lo que crea una situación ideal para la evolución de las técnicas y herramientas empleadas, muy particularmente por los SIG (Boada, 2012).

El SIG puede considerarse como una herramienta que utilizando diversos procesos de análisis contribuye al modelamiento de las realidades geográficas complejas del territorio. La combinación de análisis sencillos mediante la definición de flujos de trabajo permite generar operaciones de mayor complejidad que contengan modelos de diversa índole (Molina, 2012).

Esta funcionalidad de los SIG los hace igualmente adecuados para la realización de modelos de tipo conceptual o matemático, sean estáticos o dinámicos. Permitiendo de esta manera modelar todo tipo de procesos y facilitando la obtención de resultados directos que contribuyan a la comprensión de las variables modeladas y

de los mecanismos originadores de los fenómenos de la realidad debido a su capacidad para utilizar variables organizadas en distintas capas, para la realización de operaciones espaciales tendientes al análisis. Todo esto los convierte en importantes herramientas para para la toma de decisiones (Cárdenas, 2012).

Permitiendo la aplicación de técnicas multicriterio utilizadas en gran número de disciplinas (Boada, 2012; Autores varios, 1997).

Según Cárdenas (2012) una de las utilidades particulares de los SIG se tiene en la parte de toma de decisiones, en la que la interpretación de los resultados es el elemento clave. Por lo que el autor piensa que los SIG tienen la capacidad de poner información al servicio del público en todos los niveles gracias a la gran evolución de las tecnologías, lo que los convierte en herramientas útiles para la difusión de información geográfica, además de hacerlos herramientas de uso indispensable en múltiples actividades y disciplinas.

El autor considera que los SIG deben contribuir al desarrollo del país, por consiguiente su uso se debe generalizar y se deben convertir en herramientas para el desarrollo y la educación ciudadana.

1.5.2.2 Áreas de aplicación de los SIG.

De acuerdo con los planteado por García Ruíz (2009), los SIG generan un vínculo entre los mapas y las bases de datos proporcionando información necesaria para la toma de decisiones, en el marco de las diferentes áreas del conocimiento como por ejemplo: el manejo del transporte público de una zona o región para la determinación de las mejores y más eficientes rutas; la localización de áreas protegidas para su manejo y control, etc. Lo que indica que los SIG son herramientas multidisciplinarias (Cacace, 2012) que contribuyen en la generación de valor agregado a la información, facilitando su estructuración y presentación de manera organizada y su visualización y consulta. Entre las ramas en que tienen aplicación los SIG tenemos:

- *Transporte*. En este campo proporcionan herramientas para la planificación de las mejores rutas, buscando principalmente optimizar recursos, costos y afluencia de personas.
- *Negocios y marketing*. En este campo su virtud es localizar zonas de establecimiento de futuros negocios, determinación de niveles de demanda y oferta de ciertos productos y mejores rutas de distribución (adaptado de Goldvarg, 2010).
- *Gestión de riesgos*. Donde proporcionan herramientas para el análisis variables continuas que proporcionan información de fenómenos climáticos, que a la vez se pueden combinar con otro tipo de variables, mejorando el modelamiento de fenómenos permitiendo un mejor análisis (adaptado de Marcano Montilla, 2010).
- *Gestión de recursos naturales*. Los SIG nacen en su concepción original como una herramienta para el manejo de los recursos naturales aprovechando la integración la diversidad de datos y facilitando el análisis de los mismos (adaptado de García Ruíz, 2009).

1.5.2.3 Los SIG y el transporte público.

El transporte público es un proceso productivo que consiste en trasladar personas de un sitio a otro. En la sociedad actual, el transporte es esencial e indispensable para el funcionamiento de socioeconómico y la articulación e integración de los espacios dentro de la ciudad (Ruíz Requena, 1992). Los SIG, por su característica integradora tendiente al análisis, permiten la implementación de modelos eficientes, que facilitan la realización de inventarios, análisis y planificación de infraestructuras desde el punto de vista económico y social (Mora Aliseda et al, 2003) planificación de rutas tendiente a la toma de decisiones en lo relativo a la gestión, la planificación de rutas y costos, ya que permiten el cálculo de los niveles de accesibilidad.

Las actuaciones en infraestructura de transporte modifican el marco territorial, produciendo la reducción de distancias y la concentración del espacio (Gutiérrez Puebla, 1994). Hay que tener en cuenta que una mayor dotación de infraestructura de transporte no implica más accesibilidad, por lo que se hace necesaria la

realización de estudios que determinen en qué medida cambian las condiciones de accesibilidad de una región (Mora Aliseda et al, 2003) y es en este contexto donde los SIG entran a jugar un importante papel, mediante la sistematización de la información tendiente a la planificación y la toma de decisiones en este importante aspecto del funcionamiento de las ciudades.

Este trabajo pretende presentar una herramienta que permita la planificación de un sistema de transporte (el bicitaxismo) que aunque aún no se encuentra legalizado en la actualidad, si representa un importante eslabón que contribuye al mejoramiento del transporte público para las zonas marginadas de la ciudad.

1.6 Propósito del estudio

La Guía es un manual que contiene los pasos en forma detallada de como se puede implementar un SIG; adicionalmente pretende demostrar como un SIG de bicitaxis es una herramienta de análisis para ser usada en diferentes estudios relacionados con el tema, esta guía ha sido creada con base en los conocimientos adquiridos en la Maestría en Sistemas de Información Geográfica.

Si bien existen numerosos y complejos estudios ha realizar en cuanto a todo lo inherente con la implementación de un nuevo sistema de transporte, lo cierto es que este estudio se enfocará única y exclusivamente en los criterios a tener en cuenta para la creación de un SIG.

1.7 Significado del estudio

Según investigadores de la empresa peruana Geoinfo S.A un SIG es “una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión”. Partiendo desde esta definición y teniendo en mente que el producto final de este proyecto es una metodología para implementar

un SIG de bicitaxis, es lógico pensar que esta misma servirá a cualquier institución de carácter público o privado que tenga dentro de sus alcances el manejo de información geográfica. También puede ser útil a estudiantes o profesionales que deseen implementar un SIG básico y no tengan altos conocimientos en la materia.

Por otro lado después de revisar la literatura disponible a la fecha, se ha llegado a la conclusión de que en este momento no hay conocimiento de SIG creados para almacenar información de Bicitaxis, por esto el presente proyecto de investigación y más aun la metodología expuesta es pionera en este tema en la ciudad de Bogotá

1.8 Presunciones del autor del estudio

Existen aspectos, que es preciso que el lector conozca, a cerca de la investigación:

Lo primero es que la presente metodología para desarrollar un SIG de bicitaxis, no va más allá de esto, es decir de ser un instructivo que muestra paso por paso, como según el autor, se puede implementar un SIG; por lo tanto y es importante de decir, que el SIG no se ejecutara por los elevados costos y tiempos que esto conlleva. Pero cabe destacar que una prueba piloto de como operan las diferentes etapas del SIG si hace parte del presente proyecto de investigación.

Adicionalmente se espera que el lector tenga siempre en mente que dentro de los componentes de SIG, el software es el que mas se encuentra susceptible a cambios o criticas; por esta razón es importante aclarar que este se ha escogido por que en su gran mayoría ha sido la universidad San Francisco de Quito y UNIGIS quienes han proporcionado las licencias y entrenamiento para su uso.

Finalmente se espera que con la exposición de la metodología, con el análisis de resultados y con la prueba piloto, el lector logre visualizar el alcance de este SIG y comprenda como este puede ser una gran herramienta que ayude a que los bicitaxis sean parte de la solución en la movilidad de Bogotá.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

La revisión de la literatura se clasifico en dos categorías principales; conceptos y prácticas de los SIG y fuentes cartográficas.

2.1 Géneros de la literatura incluidos en revisión

En la elaboración de este proyecto se tuvieron en cuenta los tres tipos de fuentes científicas, de primer, segundo y tercer orden. Buscando siempre estar dentro de los dos primeros.

- Fuentes de primer orden: hay un enlace directo con el tema
- Fuentes de segundo orden: hay un enlace indirecto con el tema
- Fuentes de tercer orden: hay un enlace reconocible con el tema
- Específicamente la información provino de las siguientes fuentes:
- Monografías
- Libros
- Tesis
- Tesis no publicadas
- Boletines de noticias
- Fuentes de internet
- Artículos de publicaciones en serie, y
- Opiniones profesionales

2.2 Pasos en el proceso de revisión de la literatura

Como resultado de una lluvia de ideas que tenía como concepto de partida la implementación de un SIG de bicitaxis se generó un listado en donde se recopilaron por categorías los diferentes temas a tener en cuenta para la revisión de literatura.

Tabla 1. Categorías para la revisión de literatura

CATEGORÍAS PARA LA REVISIÓN DE LITERATURA					
palabras clave	objetivo	Planificación	implementación	Resultados	Fuentes
guía	éxito	¿Quién?	costos	¿Análisis?	1. orden
Participación		¿Qué?	tiempo	¿Cualitativo?	2. orden
Alcance		¿Cuándo?	alcance	¿Cuantitativo?	3. orden
Planificación			resultados		
Herramienta					
Inversión					
Éxito					
Costo					
Soporte					
Atributos					
GPS					
Internet					
Conocimiento					
Bicitaxis					

Surgió entonces la necesidad de establecer que tipos de literatura se iban a usar para cada una de las categorías, y basados en la clasificación propuesta en el modulo metodologías de estudio de UNIGIS; se determino que:

Tabla 2. Literatura por categoría

LITERATURA POR CATEGORÍA					
palabras clave	Objetivo	planificación	implementación	resultados	Fuentes
Lit. primaria	Lit. primaria	Lit. primaria	Lit. primaria	Lit. primaria	Lit. primaria
Lit. secundaria	Lit. secundaria	Lit. secundaria	Lit. secundaria	Lit. secundaria	Lit. secundaria
Lit. gris		Lit. gris	Lit. gris		

2.3 Formato de la revisión de la literatura

Una vez definidos los temas definidos en la tabla de literatura por categoría se procedió a iniciar la búsqueda por medios electrónicos dando prioridad a investigaciones científicas y libros disponibles en línea, es importante recalcar el especial cuidado que se tubo para que la información consultada en estos medios

estuviera disponible continuamente y siempre que tuviera autores serios o reconocidos, este proceso se realizó para cada uno de los temas.

En los casos en que la revisión anterior no satisfacía los criterios necesarios para la presente investigación se utilizaron dos métodos específicos que se basaron en:

- Búsqueda de material bibliográfico especializado, en librería y bibliotecas.
- Entrevistas y opiniones de profesionales idóneos inmersos en el tema SIG.

De esta manera se implementaron los capítulos de este proyecto, el cual se encuentra citado según las normas internacionales empleadas por la Universidad Carlos III de Madrid y el que a su vez se basa en las siguientes normas ISO:

Norma ISO 690-1987 (para documentos impresos y audiovisuales)

La norma ISO 690-1987 y su equivalente UNE 50-104-94 establecen los criterios a seguir para la elaboración de referencias bibliográficas. En ellas se establece el orden de los elementos de la referencia bibliográfica y las convenciones para la transcripción y presentación de la información. Sin embargo, la puntuación y el estilo tipográfico no son prescriptivos, por lo que aquí se muestra se debe entender como simple recomendación. Para especificar algunos elementos de referencia, abreviaciones, etc. nos hemos de guiar por las ISBD (International Standard Bibliographic Description) o por las AACR (Anglo-American cataloguing rules).

Norma ISO 690-2 (para documentos electrónicos)

La norma ISO 690-2 especifica los elementos que hay que incluir en las citas bibliográficas de los documentos electrónicos y establece una ordenación obligatoria de los elementos de la referencia. Ofrece además una serie de convenciones para la transcripción y presentación de la información obtenida a partir de un documento electrónico.

La información fuente se obtendrá del propio documento que habrá de estar disponible. La fecha de consulta es imprescindible para los documentos en línea.

Los tipos de soporte posibles son: [en línea] [CD-ROM] [banda magnética] [disquete]. Las especificaciones para la elaboración de referencias bibliográficas de documentos electrónicos, en general, siguen las mismas pautas que para los documentos impresos.”

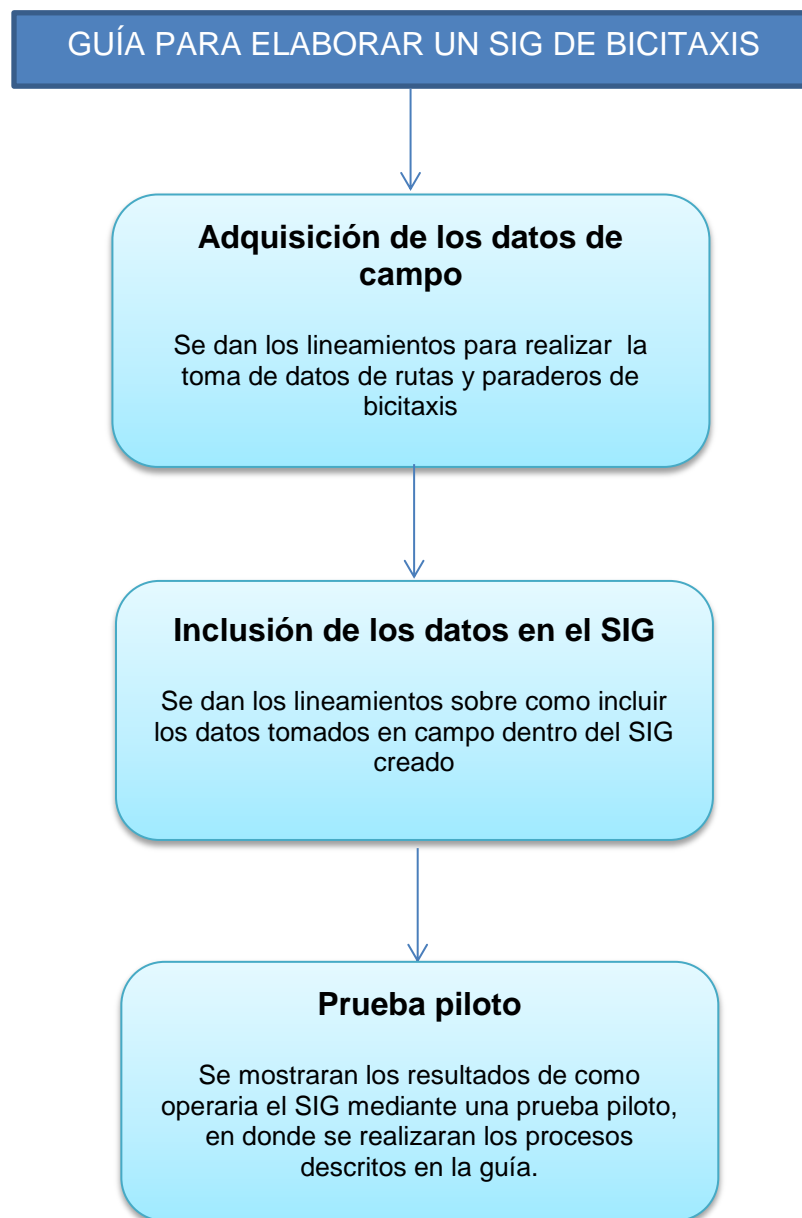
3. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para dar respuesta a la pregunta ¿Cómo implementar un Sistema de Información Geográfica que ayude en la inclusión de bicitaxis en un sistema de transporte integral en Bogotá? Es necesario conocer ¿cuáles son las etapas con las que operaría este SIG?, también es necesario comprender como el SIG se convertirá en una herramienta que facilite el ingreso de un nuevo sistema de transporte a un sistema integral existente. Como se puede ver la pregunta envuelve en si misma otros interrogantes que serán resueltos en el desarrollo de la presente metodología. Esta guía en general consta de dos partes básicas. La primera es el proceso de recolección de información en campo y la segunda muestra como montar la información de campo en un SIG.

Los bicitaxis operan con dos componentes espacialmente geo-referenciables: las rutas y los paraderos. Cada componente tiene sus propias características las cuales se describirán posteriormente.

Para intentar dar una respuesta a la pregunta de investigación y a su vez lograr que esta sea la base que sustente la hipótesis planteada. En las siguientes páginas se planteará una guía metodológica para realizar un SIG de Bicitaxis para Bogotá, la cual consiste en las siguientes etapas.

Figura 6. Pasos para elaborar un SIG de bicitaxis



Fuente: El Autor

3.1 Justificación de la metodología seleccionada

En la opinión del autor La mejor forma de saber como hacer algo es simplemente haciéndolo, para el caso de este proyecto y retomando la pregunta objeto del mismo ¿Cómo implementar un sistema de información geográfica? Se quiso aplicar la misma lógica, es decir que mas allá de revisar y discutir sobre la literatura existente y mas allá de discutir entre los métodos para la estructuración de un SIG creados por diferentes autores; se pretende por medio de esta metodología utilizar toda la información posible así como los estudios existentes para elaborar un método propio que permita crear un SIG que sea de utilidad en la solución de problemas de movilidad en Bogotá.

3.2 Herramientas de investigación

La principal herramienta para la elaboración de esta guía metodológica son los conocimientos adquiridos en la Maestría en Sistemas de Información Geográfica, adicionalmente pero no menos importante es la extensa literatura que existe y que en esta era de la información se encuentra al alcance de todos. Dentro de esta literatura se encuentran diversos documentos, manuales, estudios y demás. La experiencia del autor en el desarrollo de proyectos similares juega también un papel importante en el desarrollo de la misma.

Se procederá ahora a exponer la metodología para la creación de un SIG de Bicitaxis. Como primera medida es importante definir algunos insumos básicos necesarios para el apropiado desarrollo del proyecto, en cuanto a datos cartográficos se cuenta con:

- ✘ Ortofoto de Bogotá de año 2007
- ✘ Shapefile localidades de Bogotá
- ✘ Shapefile Barrios de Bogotá
- ✘ Shapefile Eje Vial de Bogotá

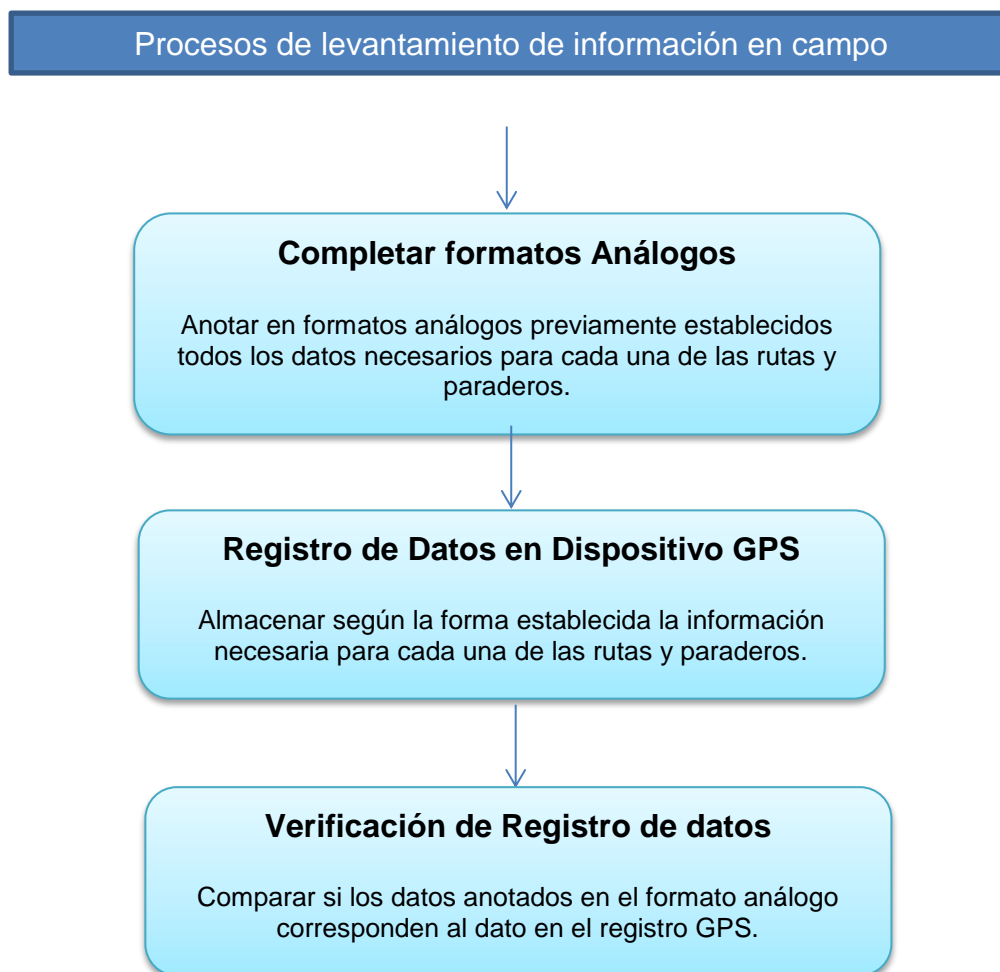
- ✘ Shapefile manzanas de Bogotá

En cuanto a datos alfanuméricos se cuenta con:

- ✘ Información de atributos de los shapefile de (barrios, localidades, eje vial y manzanas de Bogotá)

3.3 Método para la toma de información en campo

Figura 7. Procesos de levantamiento de información en campo



Fuente: El Autor

Como se puede observar las etapas para la recolección de datos en campo son simples, pero se deben realizar cuidadosamente, ya que cualquier equivocación conllevará al posterior regreso al punto de toma de la información, lo que se traduce en gastos de tiempo y recursos económicos. Para lograr una mayor claridad se describirá cada una de las etapas de recolección de la información en campo.

✧ Completar formatos análogos

Para este proyecto se han elaborado dos formatos: uno para Rutas y otro para Paraderos de Bicitaxis, los cuales contienen la información correspondiente a los atributos que debe contener la base de datos del SIG, el diseño e implementación de esta base de datos se explicará más adelante. Dichos formatos de recolección se han diseñado con ayuda del programa Microsoft Excel 2010 y se adjuntan en el apartado de anexos del presente documento. Para facilitar la lectura del documento a continuación se presenta una copia de los mismos y una descripción de cómo se debe entender cada uno de los ítems a completar en cada formato.

Figura 8. Formato de adquisición de datos de paraderos en campo

FORMATO PARA ADQUISICIÓN DE DATOS DE PARADEROS EN CAMPO					
Fecha:			Responsable		
Número de paradero					
Numero de bicitaxis					
Dirección					
Nombre comun					
Horario de servicio					
Afecta espacio publico					
Hora pico					
Numero aproximado de usuarios					
Localidad					
Barrio					
Codigo del barrio					
Observaciones:					
Croquis general					

Fuente: El Autor

Diligenciamiento De Datos en el Formato Análogo De Paraderos

Fecha: la fecha del día del levantamiento de la información.

Responsable: corresponde al nombre del profesional que está efectuando el levantamiento de la información.

Número del paradero: corresponde al número que se ha asignado al paradero y debe ser el mismo al registrado posteriormente en el dispositivo GPS.

Numero de bicitaxis: corresponde al número promedio de bicitaxis que se manejan en el paradero.

Dirección: corresponde a la dirección donde se encuentra ubicado el paradero.

Nombre común: corresponde al nombre con que se conoce el paradero puede ser (dirección, barrio, etc.)

Horario de servicio: corresponde al horario de inicio y de fin de operación del paradero.

Afecta espacio público: se debe escribir **SI** cuando el paradero ocupa y afecta el espacio público observando factores como movilidad vehicular o peatonal, se debe escribir **NO** si el paradero no afecta de ninguna manera los factores del espacio público.

Hora pico: corresponde al horario entre el cual se presenta la mayor cantidad de usuarios.

Número aproximado de usuarios: es el valor promedio de usuarios en el horario de operación del paradero.

Localidad: nombre de la localidad donde se encuentra ubicado el paradero.

Barrio: nombre del barrio donde se encuentra ubicado el paradero.

Código del barrio: código único definido por el catastro distrital para identificar el barrio en donde se encuentra ubicado el paradero.

Observaciones: cualquier otra observación, sugerencia o información importante del paradero.

Croquis general: corresponde a un esquema general donde se muestre la localización general del paradero.

Figura 9 Formato de adquisición de datos de rutas en campo

FORMATO PARA ADQUISICIÓN DE DATOS DE RUTAS EN CAMPO					
Fecha:			Responsable		
Numero de ruta					
Velocidad promedio					
Tiempo promedio					
Longitud					
Frecuencia					
Afecta TransMilenio					
Numero de paradero al que pertenece					
Vía principal		Vía secundaria		(Marque con una X)	
Localidad					
Barrio					
Estado de la vía		bueno		(Marque con una X)	
		regular		(Marque con una X)	
		malo		(Marque con una X)	
Observaciones:					
Croquis general					

Fuente: El Autor

Diligenciamiento De Datos en el Formato Análogo De Rutas

Fecha: la fecha del día del levantamiento de información.

Responsable: corresponde al nombre del profesional que está efectuando el levantamiento de la información

Numero de ruta: corresponde al número que se ha asignado a la ruta a levantar y debe ser el mismo que el registrado posteriormente en el dispositivo GPS.

Velocidad promedio: corresponde al valor de velocidad promedio alcanzado durante el recorrido de la ruta, este debe ser anotado en el formato tomando observaciones durante el recorrido y sacando el promedio de las mismas.

Tiempo promedio: es el valor total en unidades horarias desde el inicio hasta el fin del recorrido.

Longitud: corresponde al valor de la longitud que tiene la ruta y se debe escribir al finalizar el track observando el dato en el dispositivo GPS

Frecuencia: corresponde al número de veces que se cubre la ruta por hora.

Afecta TransMilenio: se debe escribir **SI** cuando la ruta parte o lleva a algún punto de entrega o recolección de pasajeros de TransMilenio, y se debe escribir **NO** en el caso contrario.

Número de paradero al que pertenece: se debe escribir el número del paradero del que parte dicha ruta.

Vía principal –Vía secundaria: se debe marcar con una X si la ruta circula sobre una vía principal o por una secundaria, en el caso en que la ruta cubra los dos tipos de vía se debe marcar el tipo que cubra en mayor extensión.

Localidad: nombre de la localidad donde se encuentra ubicada la ruta.

Barrio: nombre del barrio donde se encuentra ubicada la ruta.

Estado de la vía: marcar con una X el estado de la vía por donde circula la ruta.

Observaciones: cualquier otra observación, sugerencia o información importante sobre la ruta.

Croquis general: corresponde a un esquema general donde se muestre la localización general de la ruta.

✘ Registro de la información en el dispositivo GPS

Ahora que se han registrado los datos en el formato, el profesional procederá a preparar su dispositivo GPS para la adquisición de puntos (waypoints) y rutas (tracks). En este apartado es muy importante mencionar dos aspectos fundamentales para el buen desempeño del SIG; el primero es que el sistema de coordenadas geográficas adoptado es GCS_MAGNA el cual tiene como elipsoide de referencia el GRS_1980 y utiliza la proyección Transversa de Mercator, por ser el sistema de referencia oficial en Colombia, establecido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y el cual representa la máxima autoridad en este tema, todos los parámetros que maneja este sistema de referencia están incluidos en los anexos de este trabajo. El segundo aspecto el cual es derivado del primero es la importancia de que el dispositivo GPS este configurado de acuerdo al sistema de referencia establecido para este proyecto.

El dispositivo GPS que se recomienda usar en este proyecto es un GPS MAP76GX el cual maneja una precisión de entre 5 y 15 m y cuya ficha técnica se anexa en este trabajo. Claro que este puede cambiarse según las necesidades del usuario a cualquier otro dispositivo siempre y cuando éste ofrezca una mayor precisión. Como se mencionó anteriormente las principales funciones que se utilizarán de este dispositivo son la toma de:

Waypoint (puntos): se tomará un Waypoint en el centro aproximado de cada Paradero y se almacenará con el nombre establecido previamente en el formato análogo. Un waypoint se puede definir como: un punto almacenado en un dispositivo GPS en cualquier posición determinada sobre el planeta, éste se almacena según sus coordenadas (Este, Norte o Latitud, Longitud) según las preferencias del usuario, se le puede asignar un nombre y un comentario.

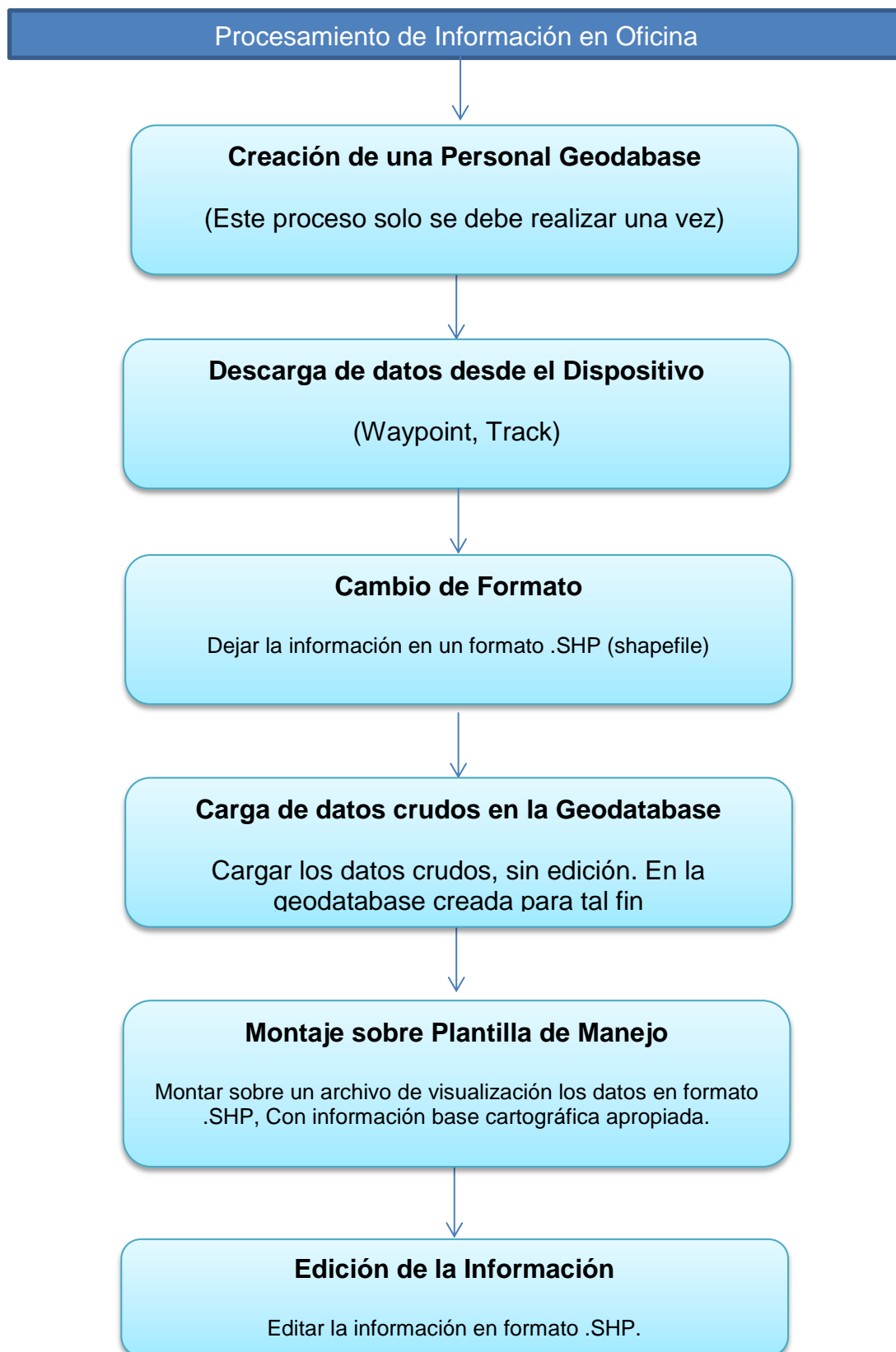
Track (rutas): para el registro de la posición de rutas cubiertas por los bicitaxis, se utilizará la rutina del dispositivo GPS conocida como "Track", es decir que para cada ruta se tomará un Track y se almacenará con el nombre establecido previamente en

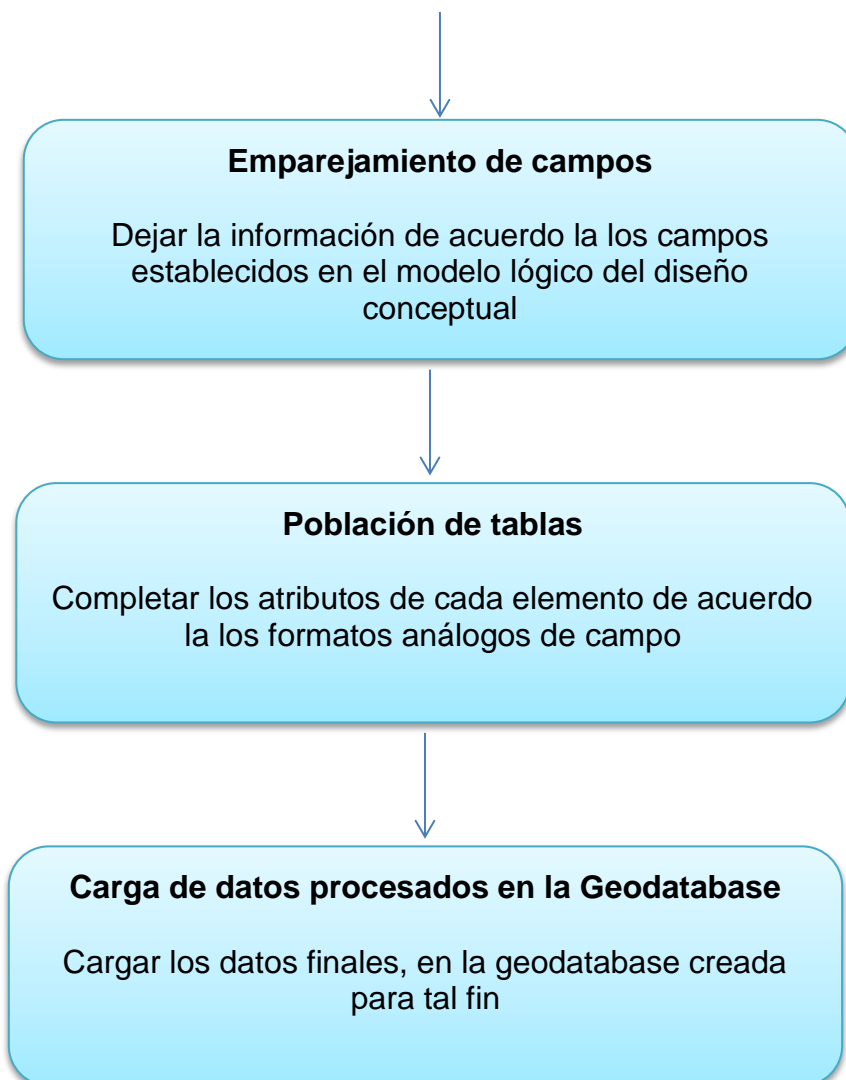
el formato análogo. Un track se puede definir como: una sucesión de Waypoint sin nombre llamados puntos de track, dichos puntos están concatenados sucesivamente para definir un recorrido; a los track se les puede extraer información como, velocidad (máxima, mínima o promedio) de marcha, distancia total recorrida o tiempo del recorrido, entre otros.

La tercera parte del procedimiento de campo consiste en la revisión de datos, ésta es útil por una parte, para comprobar que los datos han sido almacenados en el dispositivo, y por otra como una verificación de que los datos escritos en el formato análogo corresponden con los usados para el registro en dispositivo. Por ejemplo se debe verificar que el nombre de un paradero escrito en el registro coincida con el nombre del Waypoint correspondiente a dicha localización.

3.4 Método para el procesamiento de información en oficina

Figura 10. Procesamiento de información en oficina





Fuente: El Autor

Este es el proceso que se debe seguir en oficina, para incluir la información del mundo real dentro del SIG. A continuación se presenta una descripción detallada de cada etapa:

Creación de una Personal Geodabase

Según el centro de recursos de ArcGIS, "Una geodatabase personal es una base de datos de Microsoft Access que puede almacenar, consultar y administrar tanto datos

espaciales como datos no espaciales. Dado que se almacenan en bases de datos de Access, las geodatabases personales tienen un tamaño máximo de 2 GB. Además, solo una persona puede editar a la vez los datos de una geodatabase personal.

Las geodatabases personales se crean en ArcGIS... se componen de nueve tablas del sistema más los datos del usuario. Los datos del usuario se pueden almacenar en los siguientes tipos de datasets:

- ✘ Clase de entidad
- ✘ Dataset de entidad
- ✘ Dataset de mosaico
- ✘ Catálogo de ráster
- ✘ Dataset ráster
- ✘ Dataset esquemático
- ✘ Tabla (no espacial)
- ✘ Cajas de herramientas

Los datasets de entidades pueden contener clases de entidad así como los siguientes tipos de datasets:

- ✘ Estructuras de la parcela
- ✘ Anotación vinculada a entidad
- ✘ Redes geométricas
- ✘ Datasets de red
- ✘ Clases de relación
- ✘ Terrenos
- ✘ Topologías

Las geodatabases personales también pueden contener dominios, utilizar subtipos y participar en replicación checkout/check-in y réplicas unidireccionales.

Este paso consiste en crear una personal geodatabase o en español una geodatabase personal, donde se almacenaran en este caso, cuatro (4) Feature Dataset, aunque este valor puede variar dependiendo de las necesidades del usuario de esta guía, lo que aquí se propone es mantener una estructura como la que se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 3. Estructura para la creación de la Personal Geodatabase

Feature Dataset	DATOS_CRUDOS	
Feature Class	FECHA_PARADEROS	FECHA_RUTA
Contiene	Almacena los datos en formato .SHP sin procesar, es decir sin ninguna edición.	

Feature Dataset	PARADERO
Feature Class	PARADERO
Contiene	Almacena los datos acumulados de los paraderos levantados.

Feature Dataset	RUTA
Feature Class	RUTA
Contiene	Almacena los datos acumulados de las rutas levantadas.

Feature Dataset	INFORMACION_GEOGRAFICA			
Feature Class	Barrios	Ejevia1_Bogotá	Localidades	ManzaneoCatastral
Contiene	Almacena las capas que servirán como cartografía base			

Fuente: El Autor

En este paso es importante definir el sistema de coordenadas que se definió para el proyecto (GCS_MAGNA) y que debe ser el mismo que se define en el dispositivo GPS.

Esta base de datos ha tenido un DISEÑO CONCEPTUAL pensado de acuerdo a las necesidades del proyecto y por eso se recomienda mantenerla de la misma forma, aunque como esta es una guía general el usuario podrá modificarla de acuerdo a sus necesidades propias. En los siguientes párrafos se describe el diseño e implementación de la BD.

“Cuando se trabaja bajo el análisis conceptual de una situación, nos referimos a la abstracción de hechos reales de los cuales se emite un concepto o es posible hacer una idea de ello. Para poder realizar la abstracción de un tema en un área específica, a nivel informático, es necesario tener los requerimientos formulados por los usuarios con respecto a éste. Estos requerimientos contienen el conjunto de hechos y reglas que dan pauta a la creación del esquema conceptual donde por medio de éste se podrá realizar una descripción de alto nivel de la futura base de datos. Para manipular este esquema se utiliza un modelo conceptual que proporciona un lenguaje que permite utilizar un conjunto de símbolos (estándares) para su creación.

El diseño conceptual se hace independiente al sistema gestor de base de datos (DBMS) que utilice el usuario para la implementación de ésta.

Para modelar conceptualmente es posible utilizar varios Modelos de Datos, un modelo práctico para ilustrar el diseño conceptual es el modelo entidad relación.”
(Unalmed, 2012]

Procederemos ahora con el diseño conceptual del proyecto y su modelo conceptual, más exactamente con el modelo entidad – relación establecido por Chen 1976. Las relaciones fueron diseñadas y chequeadas con ayuda del software Microsoft Access 2010.

Definiendo las entidades y atributos tenemos:

Tabla 4. Entidades, atributos y propiedades de los campos para la definición del modelo conceptual

Entidad:

LOCALIDADES

Atributos:

OBJECTID	NUM_LOC	NOMB_LOC
identificador interno	número de la localidad	nombre de la localidad

Propiedades de los campos:

OBJECTID	Long Integer
NUM_LOC	Short Integer
NOMB_LOC	Text

Entidad:

BARRIOS

Atributos:

OBJECTID_1 *	NOMB_BARR *	BAR_COD *	COD_LOC	NOM_LOCALI
identificador interno	nombre de barrio	código de barrio	código localidad	nombre localidad

Propiedades de los campos:

OBJECTID_1	Object ID
NOMB_BARR	Text
BAR_COD	Text
COD_LOC	Text
NOM_LOCALI	Text

Entidad:

EJE VIAL

Atributos:

OBJECTID *	CÓDIGO	NOMB_COMÚN	TIPO_VIA	NOMCL_PPAL	NOMCL_GEN
identificador interno	código	nombre común	tipo vía	nomenclatura principal	nomenclatura general

NOMVIAL	NOM_NUM	GENP	CODIGO_BAR	COD_LOCALI	CODIGO_EJE	FECHA_CAPT	FECHA_MODI
nombre vial	nombre numérico	numero genérico	código barrio	código localidad	código eje	fecha captura	fecha modificación

Propiedades de los campos:

OBJECTID	Object ID
CODIGO	Double
NOMB_COMUN	Text
TIPO_VIA	Text
NOMCL_PPAL	Text
NOMCL_GEN	Text
NOMVIAL	Text
NOM_NUM	Text
GENP	Text
CODIGO_BAR	Text
COD_LOCALI	Text
CODIGO_EJE	Long Integer
FECHA_CAPT	Date
FECHA_MODI	Date

Entidad:

PARADERO

Atributos:

OBJECTID	PARADERO_NÚMERO *	NÚMERO_BICITAXIS	DIRECCIÓN	NOMBRE_COMÚN	HORARIO_SERVICIO
identificador interno	número de paradero	bicitaxis en servicio	dirección	nombre común	horario de servicio

AFECTA_ESPACIO	HORA_PICO	NÚMERO_USUARIOS	NOMB_LOC *	Nombre Barrio *
afecta el espacio público	horario pico	número promedio de usuarios	nombre de localidad	nombre de barrio

Propiedades de los campos:

OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry
PARADERO_NUMERO	Short Integer
NUMERO_BICITAXIS	Short Integer
DIRECCION	Text
NOMBRE_COMUN	Text
HORARIO_SERVICIO	Text
AFECTA_ESPACIO	Text
HORA_PICO	Text
NUMERO_USUARIOS	Text
NOMB_LOC	Text
NOMB_BARR	Text

Entidad:

RUTAS

Atributos:

OBJECTID	RUTA NUMERO	VELOCIDAD_PROMEDIO	TIEMPO_PROMEDIO	LONGITUD
identificador interno	número de ruta	velocidad promedio	tiempo de recorrido promedio	longitud de ruta

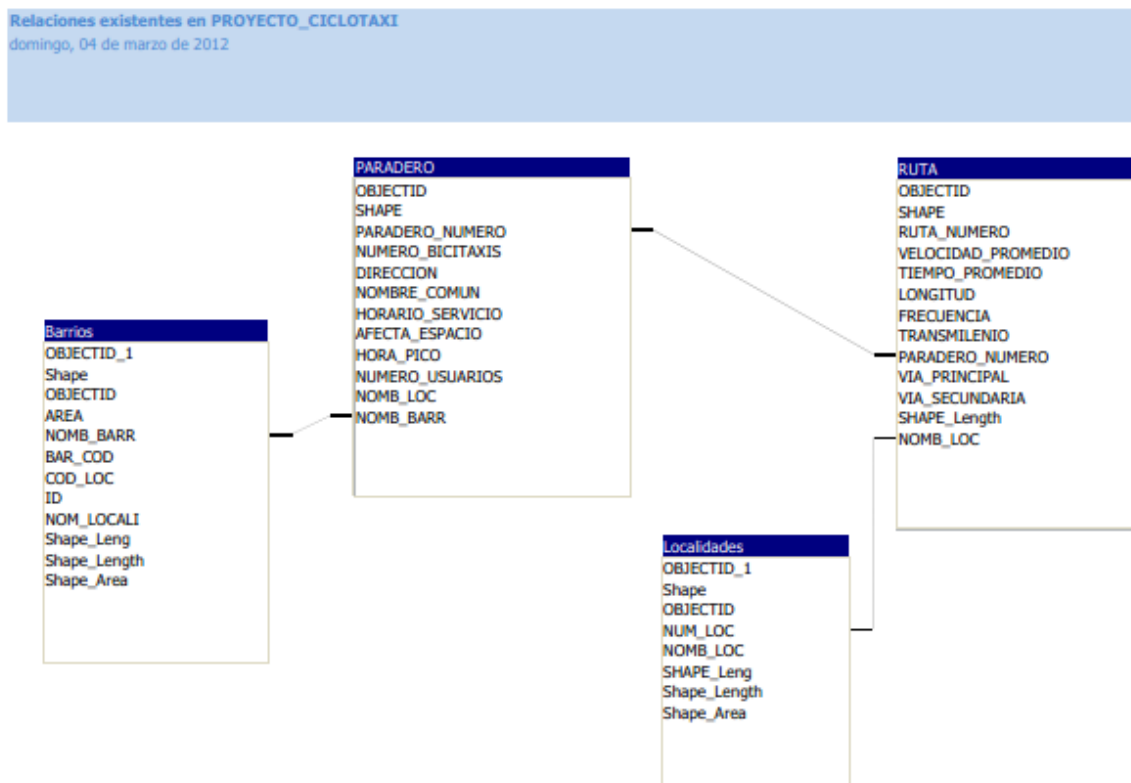
FRECUENCIA	TRANSMILENIO	PARADERO_NÚMERO	VÍA_PRINCIPAL	VÍA_SECUNDARIA	NOMB_LOC *
No. Pasajero / Hora	cerca a TransMilenio	número de paradero	usa vía principal	usa vía secundaria	nombre de localidad

Propiedades de los campos:

OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry
RUTA_NUMERO	Short Integer
VELOCIDAD_PROMEDIO	Double
TIEMPO_PROMEDIO	Double
LONGITUD	Double
FRECUENCIA	Double
TRANSMILENIO	Text
PARADERO_NUMERO	Short Integer
VIA_PRINCIPAL	Text
VIA_SECUNDARIA	Text
SHAPE_Length	Double
NOMB_LOC	Text

Observemos ahora las relaciones que se generan:

Figura 11. Relaciones generadas entre tablas de la geodatabase



Fuente: El Autor

La cardinalidad que las conforman son:

- 1 paradero puede tener muchas rutas
- 1 paradero tiene un barrio
- 1 localidad puede tener muchas rutas

Descarga de datos desde el dispositivo

Como se ha visto los datos geográficos de rutas y paraderos son capturados con ayuda de un GPS marca Garmin, ahora lo que se requiere es descargar dichos datos a un ordenador. Para lograr ésto se debe usar un programa que permita crear una interfaz capaz de permitir la descarga y el manejo de datos. El programa que se

recomienda usar en este proyecto es MapSource el cual es creado por el mismo fabricante de los GPS Garmin.

El MapSource permite descargar los datos de Track y Waypoint, donde se tiene almacenada la información correspondientes a rutas y paraderos de bicitaxis. Es importante tener en cuenta que el programa permite guardar los datos en su formato nativo GPX o en DXF apropiado para visualización en sistemas CAD.

Cambio de formato

Como el formato (GPX) en el que se almacenan los datos de rutas y paraderos es propio, es necesario exportarlo a formato SHP el cual es un formato definido por ESRI (Environmental Systems Research Institut) y de forma general lo podemos definir como un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos. El formato carece de capacidad para almacenar información topológica.

Para lograr este cambio de formato se utilizó un script llamado *GPSFile_to_SHP*, creado por Anna Klimaszewski Patterson y el cual se encuentra disponible en la web en la página oficial de ESRI siguiendo la página ArcGIS Resource Center o directamente en el siguiente link: <http://resources.arcgis.com/es/gallery/file//geoprocessing/details?entryID=BC061D5E-1422-2418-7FCE-CC0FBB0C0825>. Adicionalmente una copia de este script se adjunta como anexo en este documento junto con sus instrucciones de instalación y uso. Recordemos que un script es un archivo de órdenes o de procesamiento por lotes, es un programa simple que se almacena en un archivo de texto plano, el cual permite la automatización de tareas creando pequeñas utilidades.

Carga de datos crudos en la Geodatabase

En este paso se deben almacenar los datos crudos, en la personal geodatabase. Este es un proceso que se realiza para tener la información ordenada y por estar sin

edición ni modificaciones, sirven como respaldo por si en algún momento se necesitan.

Montaje sobre plantilla de manejo

Los datos cartográficos necesarios para hacer una validación y edición de archivos SHP deben poder ser visualizados en un documento de mapa ya existente, para tal fin se usará el formato .MXD propio del software ArcGIS. Una de las principales ventajas de este documento es que permite la visualización de la información geográfica como capas las cuales representan un tipo particular de entidades, en este caso las capas podrían ser:

Vectoriales:

- ✘ Shapefile Rutas
- ✘ Shapefile Paraderos
- ✘ Shapefile localidades de Bogotá
- ✘ Shapefile Barrios de Bogotá
- ✘ Shapefile Eje Vial de Bogotá
- ✘ Shapefile manzanas de Bogotá

Raster:

- ✘ Ortofoto de Bogotá

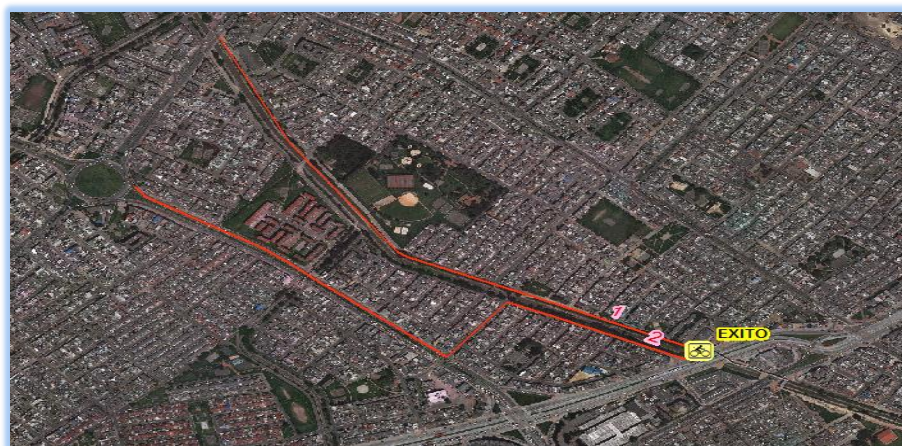
Edición de la información

Cuando se registra información desde un GPS se crean diferentes tipos de errores propios de la actividad, estos errores se encuentran mayormente en el registro de los Track por tratarse de una sucesión de Waypoint y debido a que el dispositivo no es capaz de entender cuando el usuario hace una pausa o toma un desvío de la ruta que desea registrar, por nombrar algunos casos.

Por lo tanto una vez se tenga la información en formato .SHP y montada sobre una plantilla adecuada, los datos correspondientes se deben editar y en general seguir los pasos siguientes:

Se deben observar los datos correspondientes las rutas y paraderos y compararlos con base la cartografía básica y la ortofoto de la zona, esto con el fin de localizar y eliminar errores generados durante el registro de la información.

Figura 12. Edición de la información vectorial



Fuente: El Autor

Cualquier punto (paradero) o línea (ruta), que no coincida con zonas de monitoreo según la ortofoto o que este muy alejada de las demás, se debe comparar con el registro análogo y en caso de ser necesario consultar con el profesional de campo antes de borrar la información. El objetivo es que finalmente coincidan exactamente el número de rutas y paraderos consignados en el SHP con el escrito en el formato análogo de campo.

La topología es según el profesor Rubén Vargas (1991), el método para definir relaciones espaciales entre puntos, líneas y polígonos. Esta define:

Contigüidad: o similitud de elementos que tienen características similares.

Conectividad: conexión entre unidades.

Para lograr una correcta estructuración de la información, es necesario que los elementos (rutas y paraderos) cumplan con una topología válida para ellos, durante el proceso de edición se deben verificar las siguientes reglas topológicas:

- ✘ Los elementos rutas deben estar conectados a un punto de paradero
- ✘ Los elementos de rutas no pueden estar repetidos
- ✘ Los elementos de paraderos no pueden estar repetidos

Emparejamiento de campos

El uso del script *GPSFile_to_SHP* genera un shapefile con atributos asignados por defecto por el script. Estos atributos son:

Paraderos (Waypoint):

Tabla 5. Atributos generados por el script GPSFile to SHP a capas de tipo punto

Field Name	Data Type	Field Properties
FID	Object ID	NA
Shape	Geometry	geometry type Line
Id	Long Integer	Precision 6
NAME	Text	Lenght 100
DESCR	Text	Lenght 254
FOLDER	Text	Lenght 100

Fuente: El Autor

Tracks (Rutas):

Tabla 6. Atributos generados por el script GPSFile to SHP a capas de tipo poli línea

Field Name	Data Type	Field Properties
FID	Object ID	NA
Shape	Geometry	Geometry Type

		Point
Id	Long Integer	Precision 6
NAME	Text	Lenght 100
DESCR	Text	Lenght 254
FOLDER	Text	Lenght 100

Fuente: El Autor

Como cuando se creó el modelo conceptual de la base de datos que manejará este SIG, se crearon unos atributos para rutas y para paraderos. Es necesario que los shapefile tengan sin excepción estos mismos atributos. Los atributos con que deben quedar finalmente los shapefile son:

Paraderos (Waypoint):

Tabla 7. Atributos obligatorios para capas de tipo punto

Field Name	Data Type
OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry
PARADERO_NUMERO	Short Integer
NUMERO_BICITAXIS	Short Integer
DIRECCION	Text
NOMBRE_COMUN	Text
HORARIO_SERVICIO	Text
AFECTA_ESPACIO	Text
HORA_PICO	Text
NUMERO_USUARIOS	Text
BAR_COD	Text

Fuente: El Autor

Tracks (Rutas):

Tabla 8. Atributos obligatorios para capas de tipo poli línea

Field Name	Data Type
OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry

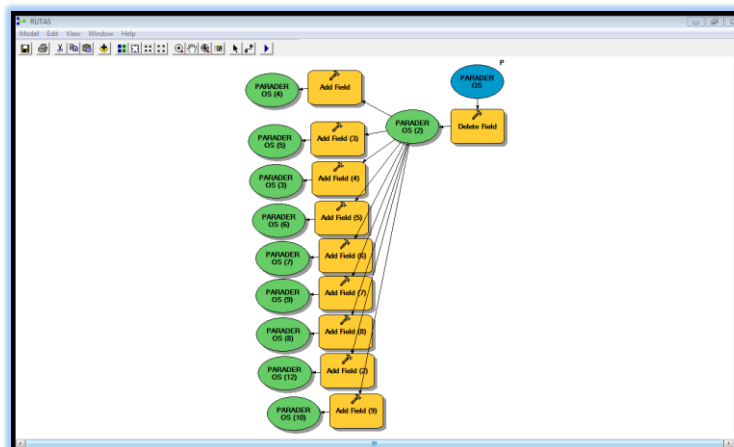
RUTA_NUMERO	Short Integer
VELOCIDAD_PROMEDIO	Double
TIEMPO_PROMEDIO	Double
LONGITUD	Double
FRECUENCIA	Double
TRANSMILENIO	Text
PARADERO_NUMERO	Short Integer
VIA_PRINCIPAL	Text
VIA_SECUNDARIA	Text
SHAPE_Length	Double
NOMB_LOC	Text
ESTADO_VIA	Text

Fuente: El Autor

Como se puede ver existe una diferencia entre los atributos generados por el script y los atributos que debe tener cada shapefile para estar acorde al modelo lógico establecido para el proyecto. Esta diferencia debe ser solucionada durante esta etapa del proceso de oficina mediante el uso de un modelo creado con la herramienta Model Builder del programa ArcGIS.

Según el instructor Jorge Valdepeña (2001), el Model Builder es “una forma de crear herramientas para el análisis y automatización de flujos de trabajo... todas las herramientas de geoprocésamiento pueden ser utilizadas.”

Figura 13. Presentación Model Builder



Fuente: El Autor

El modelo fue creado por el autor de este proyecto y una copia del mismo se encuentra como anexo. El modelo se debe usar de la siguiente manera:

Los modelos que nos emparejarán los datos de los archivos de rutas y paraderos están almacenados en un Toolbox llamado Empareja_Campos, por lo tanto lo primero que se debe hacer es descargar y almacenar el Toolbox en un directorio del computador. Después se debe cargar el Toolbox dentro del módulo de ArcToolbox para esto se debe:

- Abrir un documento de ArcMap y abrir el módulo ArcToolbox
- Dar un clic derecho dentro del panel de ArcToolbox
- Seleccionar “Add Toolbox”, buscar el archivo que contiene el modelo Empareja_Campos y abrirlo.
- Una vez se encuentre cargado el Toolbox y haciendo clic sobre el signo “+” que aparece a la izquierda del mismo, ya podemos seleccionar el modelo a usar. Es importante mencionar que el Toolbox contiene dos modelos uno llamado “RUTAS” y otro llamado “PARADERO”.

Como resultado final de esta parte del proceso se tendrá un shapefile tanto para rutas como para paraderos con los campos definidos y dejándolos listos para la inclusión de la información registrada en los formatos análogos en cada una de sus tablas.

Población de tablas

De acuerdo con los datos registrados en el formato análogo se realizará la población de las tablas de atributos para cada elemento geográfico registrado, es decir para cada ruta y paradero. Para cumplir con esto se hará uso de un script llamado *Universal Data Entry Form v1.5* creado por Christian Maire el cual se encuentra disponible en <http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=14265>. Adicionalmente una copia se encuentra anexa en este documento. El script fue creado en lenguaje Visual Basic “el cual es uno de los más comunes y completos lenguajes para el desarrollo de aplicaciones” D Torrado, 1991. Y está diseñado para funcionar sobre una plataforma de ArcGIS Desktop.

El funcionamiento de este script se explica de forma más detallada en la prueba piloto descrita en el siguiente capítulo. Como descripción se puede decir que éste genera un formulario partiendo de un elemento seleccionado sobre este formulario se pueden ver y editar los atributos del elemento.

Carga de datos procesados en la Geodatabase

En este paso se cargan los datos ya editados en su forma y en sus atributos en el correspondiente Feature class.

4. RESULTADOS

En el capítulo anterior se dio a conocer la metodología para implementar un SIG de bicitaxis lo que hasta cierto punto responde a nuestra pregunta de investigación, pero no lo suficiente como para sustentar la hipótesis base de este proyecto. Una forma para demostrar que un SIG es una herramienta ideal para tener de manera rápida y confiable toda la información geográfica y espacial de los bicitaxis de la ciudad. Es observando de qué manera opera el SIG y conociendo la información que va a contener el mismo.

El resultado de este proyecto es la Guía anteriormente sustentada; este resultado será a continuación presentado como una prueba piloto, en la cual se ha escogido un paradero de bicitaxis al azar en Bogotá y a este se le realizaron los pasos para referenciarlo y visualizarlo en un SIG.

En las siguientes páginas se verá como realizar un SIG, pero es importante tener en mente la opinión del Ingeniero Civil Roberto Tinoco Guevara que en su monografía titulada “Definición y Algunas Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica”, comenta algunos de los múltiples usos que tienen los SIG. Dentro de los cuales encontramos:

- Cartografía automatizada
- Infraestructura
- Gestión territorial
- Medio ambiente
- Equipamiento social
- Recursos mineros
- Demografía
- Geo marketing
- Banca
- Planimetría

Y el más importante en este proyecto, la *Ingeniería de Tránsito* que según Tinoco son “Sistemas de Información Geográfica utilizados para modelar la conducta del tráfico determinando patrones de circulación por una vía en función de las condiciones de tráfico y longitud. Asignando un costo a los o puntos en los que puede existir un semáforo, se puede obtener información muy útil relacionada con análisis de redes. Se procederá ahora a mostrar los resultados de la prueba piloto.

4.1 Ejemplo de Actividades en campo

Una vez estando en el sitio lo primero que debe hacer el profesional es diligenciar los datos que conozca del correspondiente paradero, tales como la fecha, nombre, lugar, etc.

4.1.2 Completar formatos de adquisición de datos de rutas

Figura 14. Formato de adquisición de datos de rutas diligenciado.

FORMATO PARA ADQUISICIÓN DE DATOS DE RUTAS EN CAMPO			
Fecha:	<u>21/06/2012</u>		Responsable <u>Carlos Augusto Ojeda Muñoz</u>
Numero de ruta	<u>1</u>		
Velocidad promedio	<u>4 Km/h</u>		
Tiempo promedio	<u>1.7 minutos</u>		
Longitud	<u>1.4 km</u>		
Frecuencia	<u>3 veces por hora</u>		
Afecta TransMilenio	<u>SI</u>		
Numero de paradero al que pertenece	<u>1</u>		
Vía principal	_____	Vía secundaria <u>X</u>	(Marque con una X)
Localidad	<u>Puente Aranda</u>		
Barrio	<u>El Remanso</u>		
Estado de la vía	bueno	<u>X</u>	(Marque con una X)
	regular	_____	(Marque con una X)
	malo	_____	(Marque con una X)
Observaciones: <u>NO hay mucha presencia de automóviles por lo tanto los bicitaxis transitan con facilidad.</u>			
Croquis general			

Fuente: El Autor

4.1.3 Completar formatos de adquisición de datos de paraderos

Figura 15. Formato de adquisición de datos de paraderos diligenciado.

FORMATO PARA ADQUISICIÓN DE DATOS DE PARADEROS EN CAMPO	
Fecha:	<u>21-06-2012</u>
Responsable	<u>Carlos A. Ojeda Muñoz</u>
Número de paradero	<u>1</u>
Numero de bicitaxis	<u>12</u>
Dirección	<u>Carrera 30 N° 15-02 Sur</u>
Nombre comun	<u>Éxito Ciudad Montes</u>
Horario de servicio	<u>6:00a.m - 9:00p.m</u>
Afecta espacio publico	<u>Sí</u>
Hora pico	<u>5:00-7:00p.m</u>
Numero aproximado de usuarios	<u>150</u>
Localidad	<u>Puente Aranda</u>
Barrio	<u>El Remanso</u>
Codigo del barrio	<u>04402</u>
Observaciones: Algunos padres de familia contratan los servicios de bicitaxis para transportar a los niños al colegio y a sus casas.	
Croquis general	

Fuente: El Autor

Después debe preguntar a la persona más idónea del lugar los datos que se requieren saber para completar el formato.

A continuación se debe registrar con el dispositivo GPS un waypoint en el sitio donde se encuentra ubicado el paradero, teniendo en cuenta que debe tener el mismo nombre que ha puesto en el formato de campo. El dispositivo debe estar configurado de acuerdo con las especificaciones descritas en páginas anteriores de esta guía; adicionalmente se adjunta un documento creado por la empresa Silvano Ltda. llamado “cómo configurar un receptor GPS Garmin para su uso con la cartografía de Colombia” el cual es sin lugar a duda el mejor soporte para los profesionales de campo que deban realizar los levantamientos de la información.

Una vez que se tienen los datos del paradero, se procederá al registro de las diferentes rutas que existen en el paradero, se debe mantener en mente que para cada ruta se debe completar un nuevo registro y se le debe asignar un nombre adecuado que permita la identificación clara de cada ruta tanto en el dispositivo GPS como en el formato análogo.

Para este ejemplo se registraron solamente dos de las diferentes rutas que existen en el paradero, ya que éstas son suficientes para mostrar el proceso que se debe seguir.

La grabación de las rutas se debe realizar en forma de Track y debe tener el mismo nombre que se dio en el formato análogo.

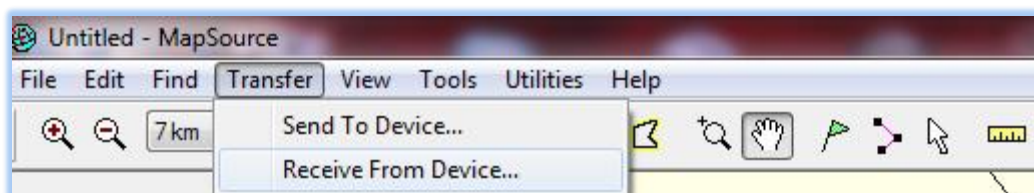
Antes de retirarse del sitio de trabajo, el profesional debe cerciorarse de que los datos escritos y los datos registrados hayan quedado registrados de forma tal que oficina no se presenten inconsistencias que dificulten su manejo.

4.2 Ejemplo de actividades en oficina

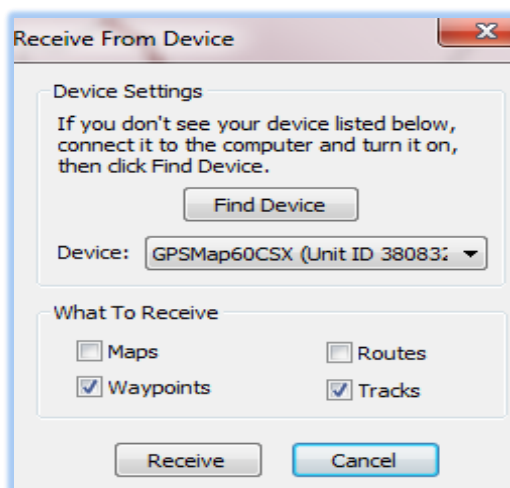
4.2.1 Descarga de datos desde el GPS

El programa Mapsource es incluido con la compra de cualquier dispositivo GPS Garmin o también puede ser descargado desde la página en internet de Garmin. Para descargar los datos se debe seguir la siguiente secuencia:

- Conectar el dispositivo GPS al computador
- Abrir el programa MapSource
- En la pestaña “transfer” hacer clic en la opción “receive from device”



- Aparece la siguiente interface, en donde se especifican los tipos de datos que se desean descargar del dispositivo, en este caso tracks y waypoints

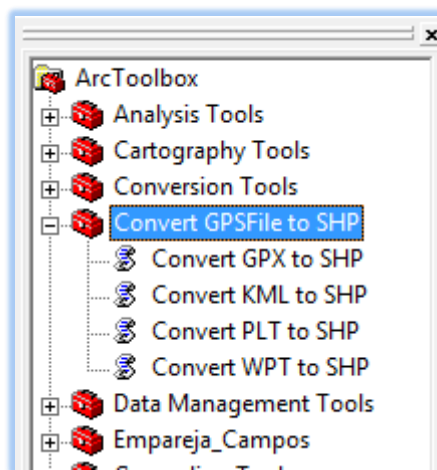


- Una vez que se han descargado los datos se guardan con formato .GPX

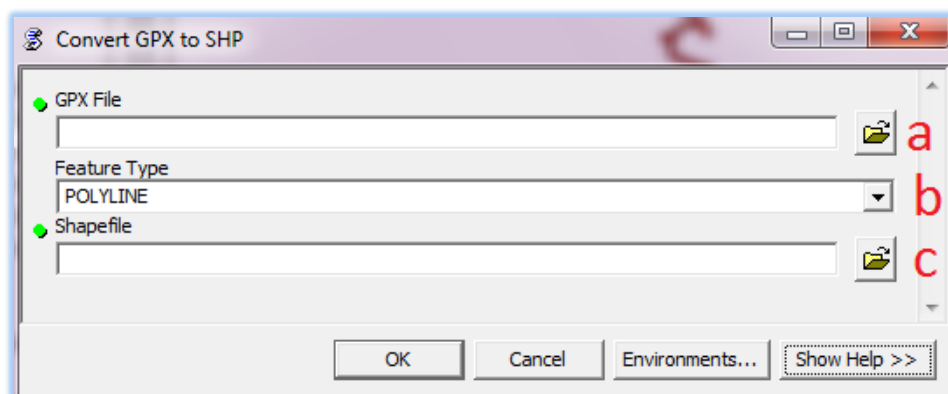
4.2.2 Cambio de formato

Para cambiar de formato .GPX a formato .SHP, se siguieron los siguientes pasos:

- Abrir un documento de ArcMap y cargar el Toolbox “Conver GPSFile to SHP”, de acuerdo al manual anexo en este documento.



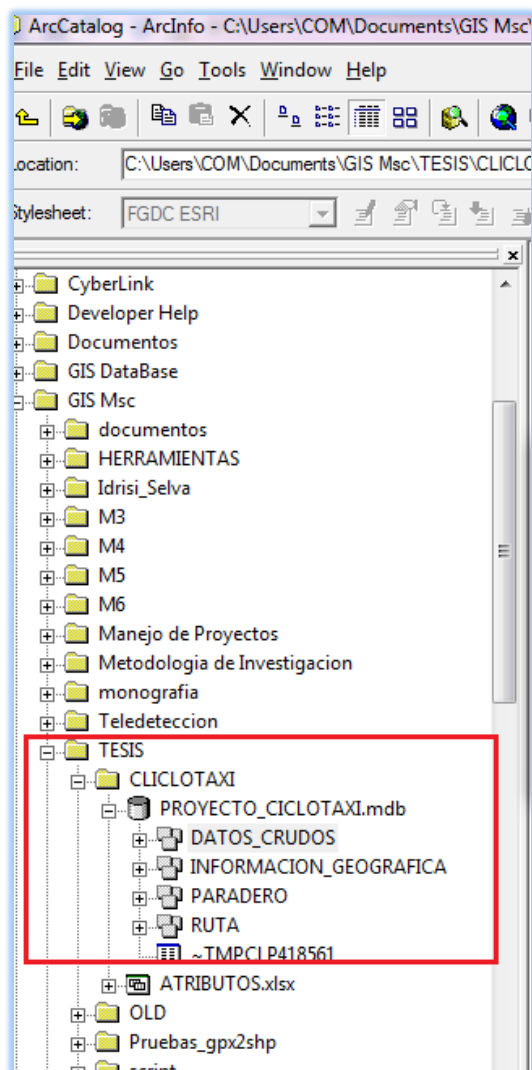
- Ejecutar el módulo “Convert GPX to SHP, el cual despliega una ventana donde se debe especificar:
 - a. El archivo GPX de entrada el cual corresponde al archivo creado en el paso anterior mediante el software MapSource.
 - b. El tipo de geometría del archivo que queremos convertir, este será “POLYLINE” para los archivos de Ruta y después de tipo “POINT” para los paraderos.
 - c. El nombre y la ruta donde se almacenará finalmente el archivo .SHP



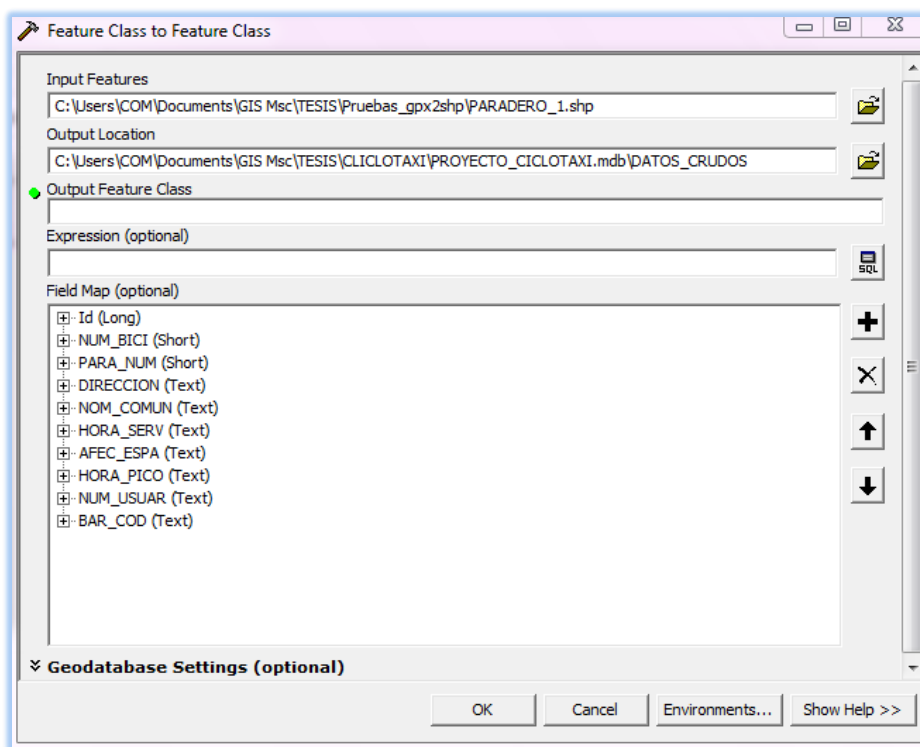
4.2.3 Carga de datos crudos en la Geodatabase

Una vez que se ha ejecutado el script tanto para rutas como para paraderos, ya se tienen los archivos en formato .SHP, estos archivos se deben almacenar en una database especialmente creada para mantenerlos en su forma cruda, es decir sin ningún tipo de edición. Esto se realizará en ArcCatalog de la siguiente manera:

Buscar la ruta donde se tiene almacenada la personal geodatabase.



Sobre el Feature Dataset de datos crudos, hacer un clic derecho y escoger la opción *import – Feature class (single)*, aparece una ventana en donde se debe escoger el archivo de entrada, el Feature Dataset donde se almacenará el shapefile y nombre que tendrá el shapefile dentro de la database. Se recomienda no utilizar espacios ni caracteres no válidos para no tener problemas durante este proceso.

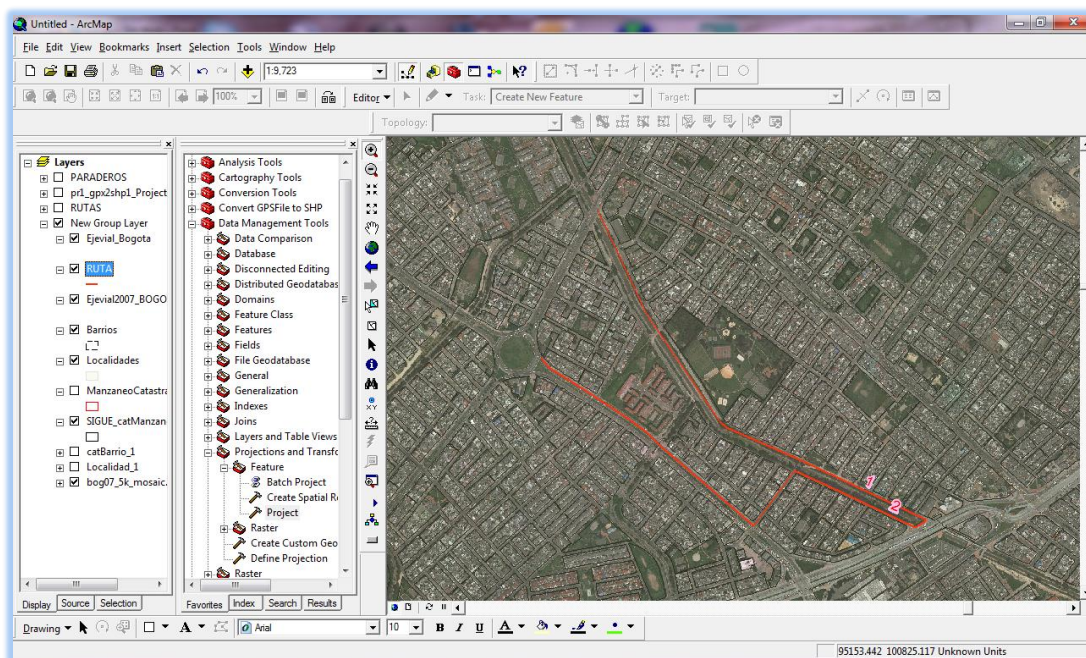


Dependiendo del elemento (ruta – paradero) que se esté importando a la geodatabase, se debe nombrar con su característica y seguido de la fecha en la cual se realizó el levantamiento de la información.

Posteriormente hacer clic en add y ya quedan cargados los shapefile crudos en la personal geodatabase.

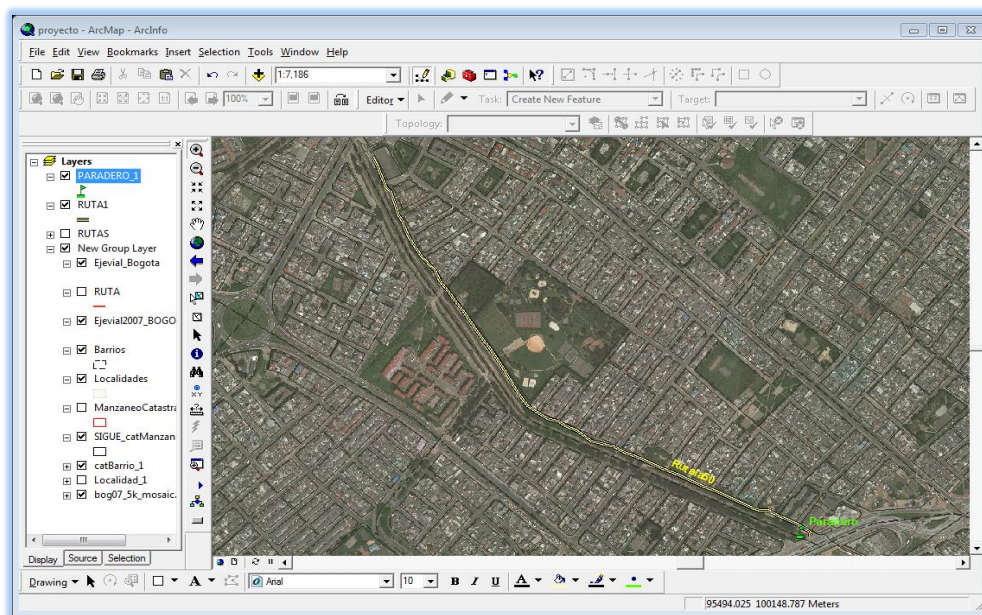
4.2.4 Montaje sobre plantilla de manejo

La plantilla es un documento de ArcMap con formato .MXD donde se tiene montada toda la información necesaria para la edición y manejo de los elementos. El paso a seguir es adicionar a los datos ya existentes en esta plantilla, los nuevos archivos de rutas y paraderos que se han creado anteriormente.



4.2.5 Edición de la información

Después de descargarse. La información registrada por el GPS debe someterse a un proceso de edición que permita su correcta estructuración dentro del SIG, observemos como ha quedado nuestra información de ruta y paradero.



Observando la información registrada en el formato de campo, se puede apreciar que la información ha quedado bien registrada en cuanto a su posición y forma, esto se puede considerar como un primer control de calidad de la información.

Pero observando de forma detallada, sobresalen sitios donde se debe hacer una edición, por ejemplo en la siguiente figura se observa que la ruta no está partiendo del Paradero. Éste es un tipo de error topológico incluido dentro de la categoría de conectividad.



Según el profesor argentino JM Ciampagna (2004), la “topología es el estudio de propiedades geométricas que permanecen invariantes en las transformaciones continuas... En SIG el estudio de la topología tiene importancia en cuanto las computadoras y el software desconocen los problemas topológicos. Es decir, nuestra mente los tiene implícitos en sus razonamientos, pero cuando los queremos plasmar en una computadora los tenemos que explicitar.

Algunas de las propiedades topológicas que se usan en SIG son:

- Inclusión
- Vecindad
- Conectividad

De entre todos los métodos para formar topología vectorial la forma más robusta es la topología arco-nodo la cual basa la estructuración de toda la información geográfica en pares de coordenadas, que son la entidad básica de información para este modelo de datos. Con pares de coordenadas (puntos) forma vértices y nodos, y con agrupaciones de éstos puntos forma líneas, con las que a su vez puede formar polígonos. Básicamente esta es la idea, muy sencilla en el fondo.”

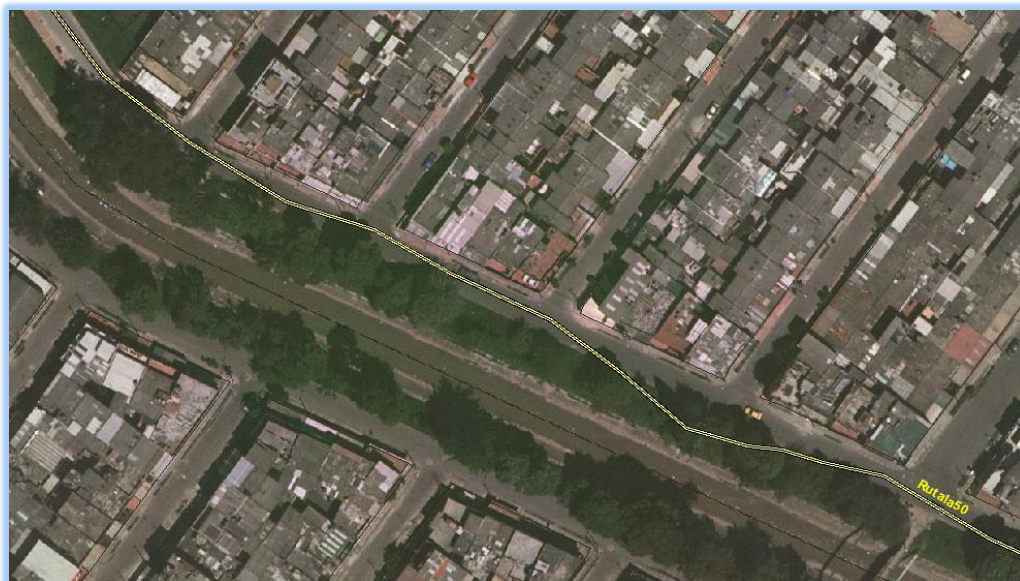
Una vez editada la información ésta debe tener una topología válida, en el caso anterior tendremos como resultado algo así:



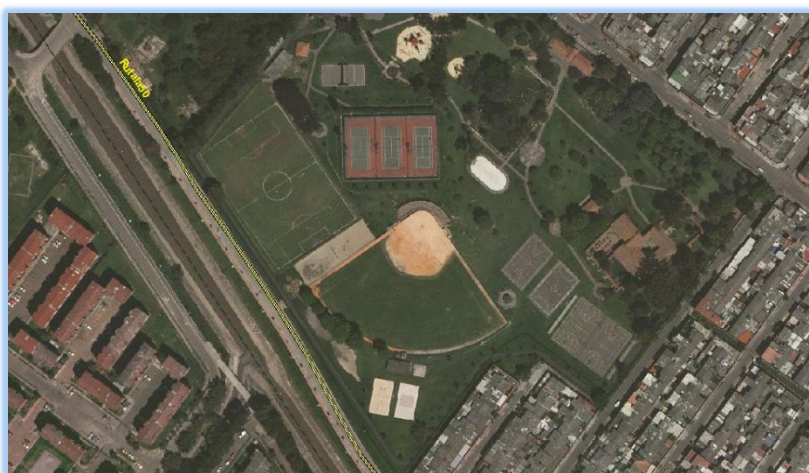
Otro error común, que debe ser editado es el error por posición, el cual puede ser ocasionado por diferentes factores, dentro de los más frecuentes encontramos:

- ✘ Exceso de fuentes de ruido o de distorsión afectan la señal del GPS, lo que hace que la precisión de los datos que registra se pierda y así los datos se alejan en mayor medida de su posición original.
- ✘ Desvíos ocasionales de la ruta ocasionados por cualquier razón, se verán reflejados y deben ser editados.

Se puede observar en la siguiente figura cómo la presencia de árboles en la zona de muestreo afecta la continuidad y posición de la ruta.

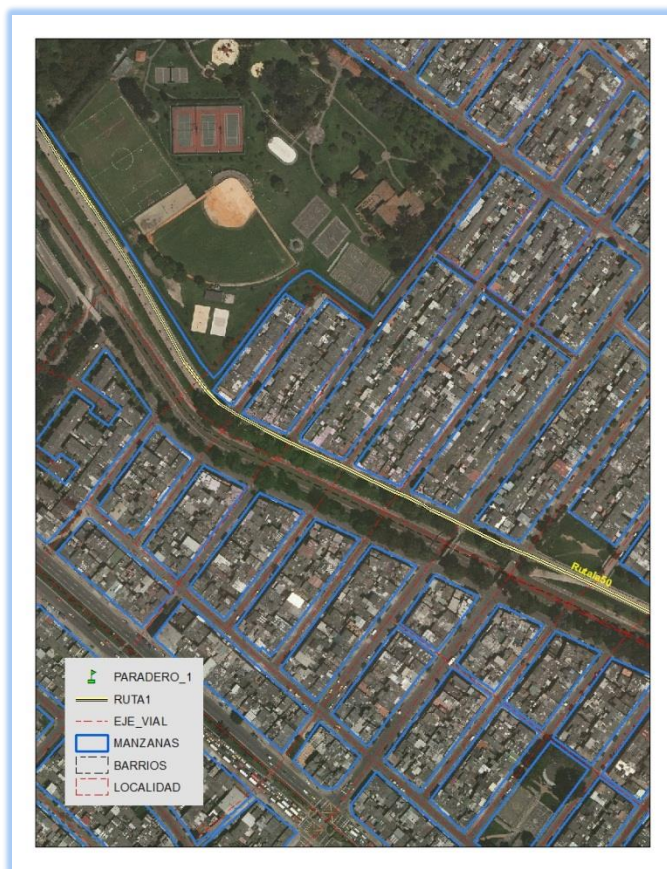


Mientras que en sitios más despejados, la ruta tiene menos distorsión de la realidad por lo tanto es posible que no requiera o sea muy poca la edición que se le debe hacer.



Los errores pos posición deben corregirse, con base en la ortofoto y en la cartografía base de la zona, en caso de tener dudas en la posición de algún elemento se debe

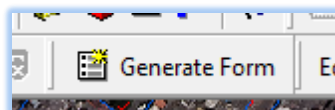
consultar con el profesional de campo para asegurar la integridad de la información. La ruta que está rodeada de árboles deberá quedar después de editada así:



4.2.6 Población de tablas

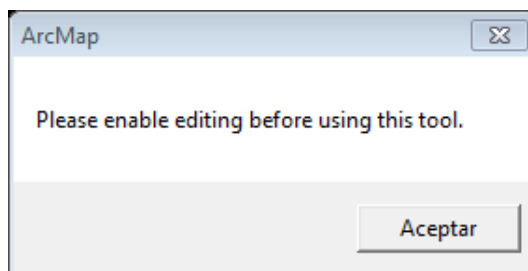
El siguiente paso del trabajo de oficina es la asignación de atributos a cada ruta y paraderos levantados, esto se hará por medio de una rutina programada en Visual Basic, y de gran ayuda para este proyecto, a continuación se presenta la forma de cómo se debe utilizar esta herramienta:

Ubicar en la plantilla general de trabajo el ícono “Generate Form”

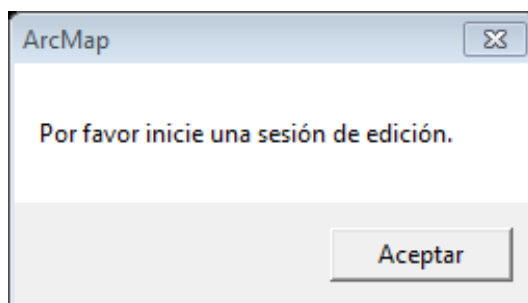


Este ícono contiene la interfaz entre nuestro sitio de trabajo y el script implementado para completar las tablas de atributos.

Una vez se da clic en el ícono, se despliega un mensaje que nos indica que se debe estar dentro de una sesión de edición para poder editar tablas, por lo tanto siempre se debe estar con una sesión de edición activa.

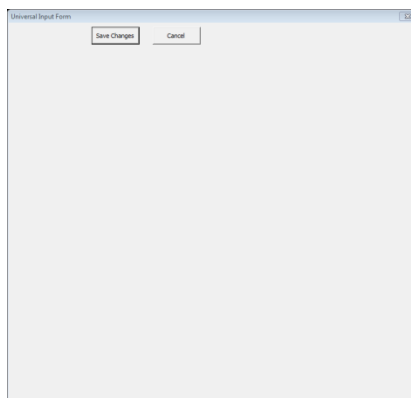


Se ha modificado el código original creado por Christian Maire, para que esta notificación se muestre con un mensaje en español de la siguiente manera:

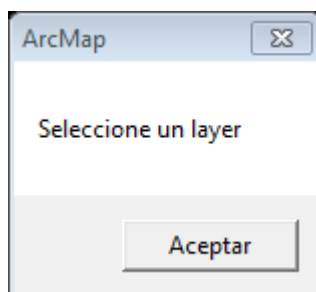


Una vez se ha iniciado la sesión de edición se debe seleccionar un elemento y se presentará un formulario que lista los campos propios del elemento y su correspondiente casilla para anotar el valor deseado, que es el correspondiente al tomado en campo.

Si no existen elementos seleccionados, la pantalla presentará la siguiente ventana:

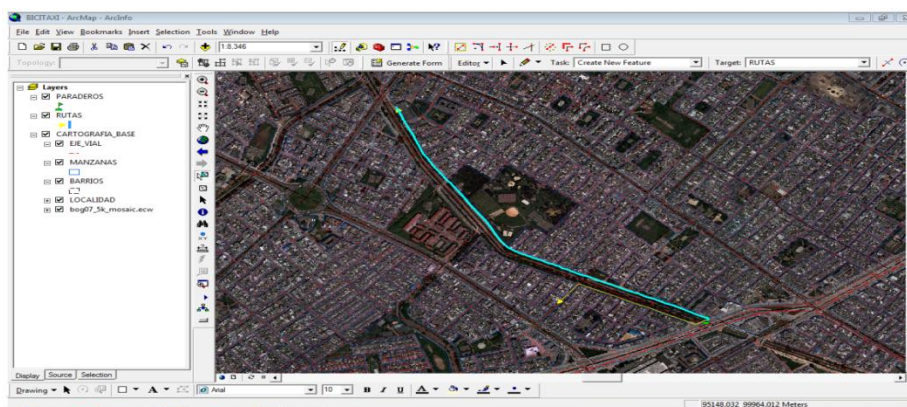


Y es aquí donde se presenta otra modificación al código original creado por Christian Maire, la cual consiste en un mensaje especialmente creado para nuevos usuarios o de poca experiencia para facilitar su trabajo, entonces si no existe ningún elemento seleccionado aparecerá un mensaje como éste:

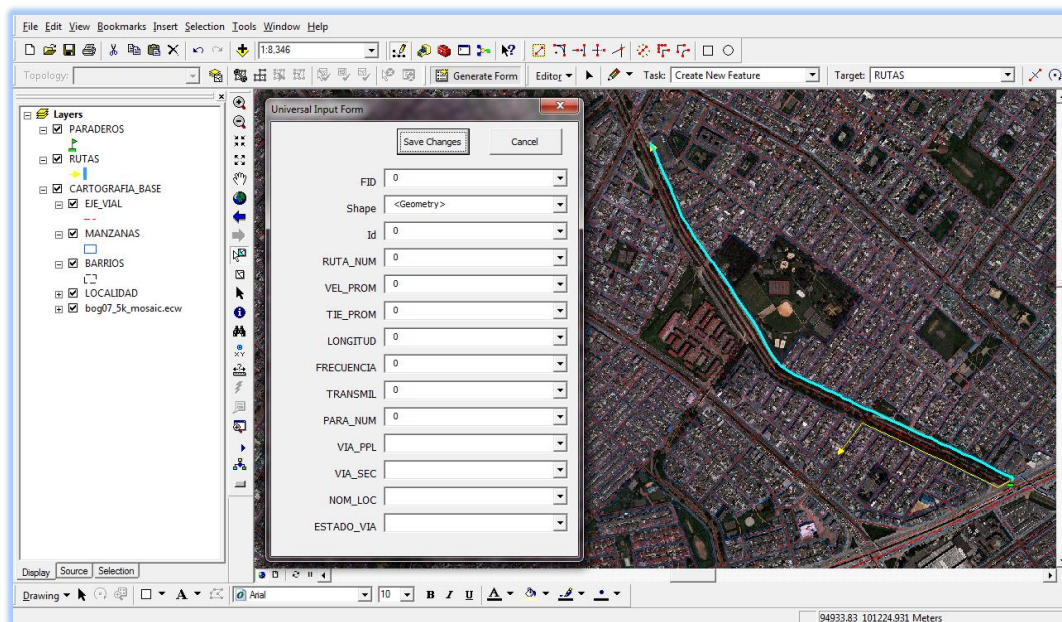


Si se cumple con los parámetros de configuración básicos, es momento para iniciar con la población de las tablas: entonces los pasos a seguir son:

1. Seleccionar el elemento:



- Hacer clic en “Generate Form” donde se despliega una ventana con los campos del shapefile:



Attributes of PARADEROS

FID	Shape *	Id	NUM BICI	PARA NUM	DIRECCION	NOM COMUN	HORA SERV	AFEC ESPA	HORA PICO	NUM USUAR	BAR COD
0	Point	0	0	0							

- Con base en el formato análogo de campo completar los campos en el formulario y guardar los datos haciendo clic en “Save Changes”

Universal Input Form

Save Changes Cancel

FID 0

Shape <Geometry>

Id 0

RUTA_NUM 1

VEL_PROM 4

TIE_PROM 17

LONGITUD 1.4

FRECUENCIA 3

TRANSMIL Si

PARA_NUM 1

VIA_PPL Si

VIA_SEC No

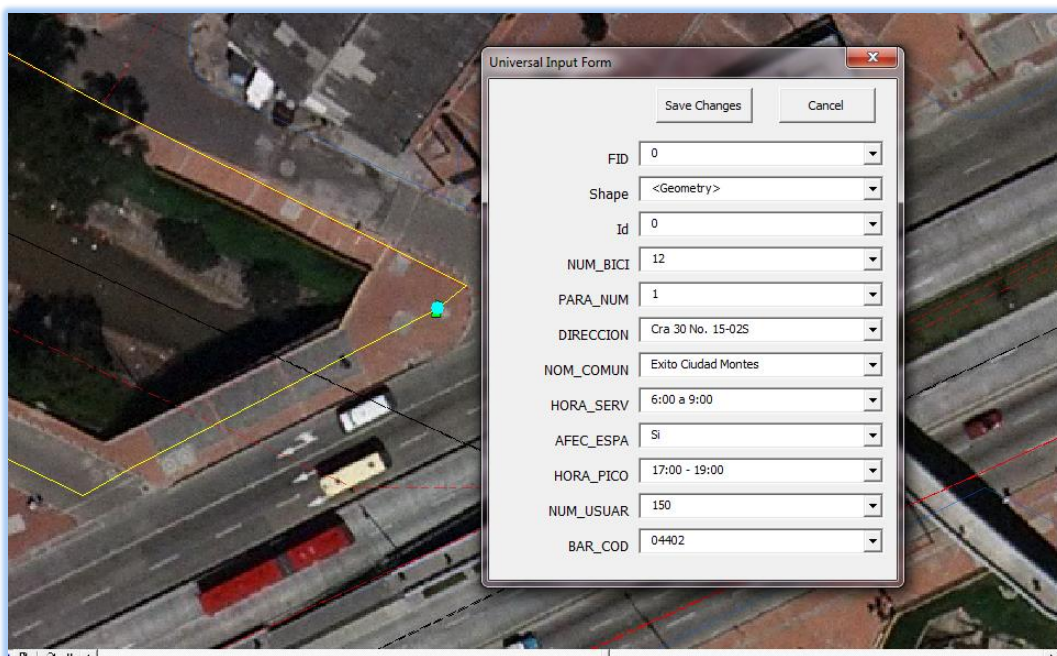
NOM_LOC Puente Aranda

ESTADO_VIA Bueno

La tabla quedara de la siguiente manera:

FID	Shape *	Id	RUTA_NUM	VEL_PROM	TIE_PROM	LONGITUD	FRECUENCIA	TRANSMIL	PARA_NUM	VIA_PPL	VIA_SEC	NOM_LOC	ESTADO_VIA
0	Polyline	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	Polyline	0	1	4	17	1.4	3	0	1	Si	No	Puente Aran	Bueno

En el caso de los paraderos se seguirá el mismo método.

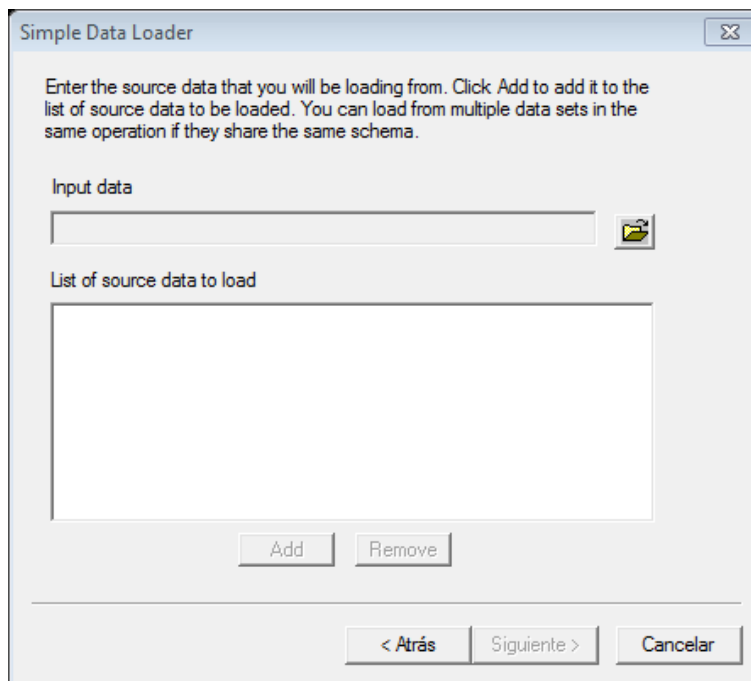


Este es el procedimiento para asignar los valores a cada uno de los elementos (Rutas –Paraderos) que se hayan levantado en campo.

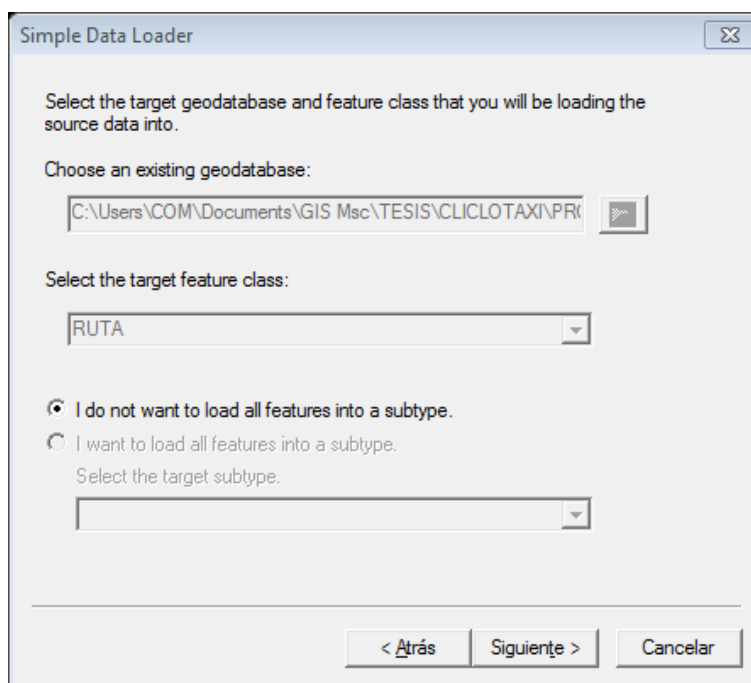
4.2.7 Carga de datos procesados en la Geodatabase

Este es el último paso propuesto por esta guía, este consiste en la carga de los shapefile finales dentro de la personal geodatabase creada únicamente para este fin, el objetivo es tener en un solo archivo el acumulado diario de información. El proceso propuesto es el siguiente:

Ubicar dentro de ArcCatalog la geodatabase creada, dentro de ella desplegar el Feature Dataset al cual queremos cargarle los nuevos datos, sobre este dar clic derecho y escoger la opción load y load data sucesivamente. Se despliega una ventana como esta:



En donde se debe buscar la ruta del Feature class que se quiere cargar. Una vez cargado el siguiente paso será definir la geodatabase y la Feature class en la que se quiere cargar la nueva información, estos valores son generalmente tomados por defecto.



La siguiente opción es importante y se deben registrar los campos para que exista una correspondencia entre el campo existente o de objetivo y el campo a adicionar o fuente.

Simple Data Loader

For each target field, select the source field that should be loaded into it.

Target Field	Matching Source Field
TIEMPO_PROMEDIO [double]	TIE_PROM [double]
LONGITUD [double]	LONGITUD [double]
FRECUENCIA [double]	FRECUENCIA [double]
TRANSMILENIO [string]	TRANSMIL [string]
PARADERO_NUMERO [short int]	PARA_NUM [short int]
VIA_PRINCIPAL [string]	VIA_PPL [string]
VIA_SECUNDARIA [string]	VIA_SEC [string]
NOMB_LOC [string]	NOM_LOC [string]
ESTADO_VIA [string]	ESTADO_VIA [string]

Reset

< Atrás Siguiete > Cancelar

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El resultado final de este proyecto consiste en una Guía para Implementar un Sistema de Información Geográfica específicamente de bicitaxis. Este resultado fue expuesto mediante una prueba piloto, en el capítulo anterior y ahora se presentara un análisis del mismo.

La hipótesis de este proyecto afirma que un SIG es la herramienta ideal para planificadores y urbanistas con la cual podrán tener de manera rápida y confiable toda la información geográfica y espacial de los bicitaxis de la ciudad.

Según la ingeniera Jenny Elizabeth Barrera en su trabajo de grado titulado “Sistemas de Información Geográfica para la toma de decisiones” Para que un SIG sea una herramienta eficaz debe cumplir con la siguiente definición:

“se deberá considerar un SIG como un conjunto de elementos que interactúan entre sí, formando una herramienta poderosa que permite la colección, análisis, almacenamiento, transformación y visualización de la información geográfica... logrando la interacción temática de los materiales tratados con una adecuada coordinación entre los métodos de representación cartográfica y las variables seleccionadas y el proceso de toma de decisiones es definido como la selección de un curso de acción de entre dos o más cursos de acción alternativos” (Barrera, 2001).

Bajo este punto de vista y teniendo en cuenta que la Guía presentada cuenta con la integración georeferenciada de los elementos del mundo real inherentes a la operación de bicitaxis en la ciudad, que estos están contenidos en un SIG, que se pueden representar cartográficamente y que adicionalmente dicha información puede ser materia de diversos tipos de análisis. Es preciso decir que la implementación de un SIG siguiendo la metodología anteriormente expuesta será una herramienta poderosa en la toma de decisiones referentes al bicitaxismo.

El estudio se realizó por el autor del presente proyecto, entre los meses de agosto y diciembre de 2012 en la ciudad de Bogotá capital de Colombia, la cual está situada sobre el altiplano cundiboyacense, una llanura de altitud situada en promedio a 26301 msnm aunque las zonas montañosas del distrito alcanzan 32501 msnm, lo que hace de ella la metrópoli más alta del mundo y la tercera capital después de Quito y La Paz. Tiene un área total de 1776 km² y un área urbana de 307 km²... Por causa de su gran altitud, Bogotá tiene un clima templado de altura; por su baja latitud presenta una escasa oscilación térmica a lo largo del año. Las temperaturas regularmente oscilan entre los 6 y 24 °C, con una media anual de 15 °C. (Alcaldía de Bogotá, 2010)

El actual crecimiento del bicitaxismo en la ciudad sumado a la dificultad en los desplazamientos por los medios de transporte tradicionales incentivaron la creación de una Guía para implementar un SIG que se esperaba pudiera llegar a ser de ayuda en los procesos de toma de decisiones en cuanto a movilidad ciudadana se refiere y que adicionalmente sirviera como punto de partida a personas o entidades interesadas en el tema y que tuvieran los recursos necesarios para realizar un estudio de características regionales en pro de la mejora en la calidad de vida de los bogotanos.

La prueba piloto presentada fue el resultado de querer pasar de un punto de vista teórico o conceptual a uno práctico, en donde se reflejaran los éxitos y fracasos de la metodología planteada en el marco teórico, por medio de ella se lograron identificar las siguientes ventajas y desventajas:

Desventajas:

Implementación:

- Por los elevados recursos económicos y temporales, el desarrollo de SIG planteado en la guía para toda la ciudad de Bogotá, se hace extremadamente difícil. Dejando la posibilidad de llevarlo a cabo solamente por entidades o

empresas que tengan altos recursos disponible para ejecución de este tipo de proyectos.

Software:

- Todo el estudio se presentó en software de pago, es decir que no tiene código libre que permita su uso gratuito, lo que constituye una dificultad de implementación a personas o entidades de bajos recursos.
- Durante el proceso de la creación de un formulario que permitiera el ingreso de datos (población de tablas - numeral 4.2.6) se encontraron serias dificultades ya que se requería de sólidos conocimientos en sistemas programación.

Insumos:

- El uso de imágenes satelitales, ortofotos o elementos raster de alta resolución oscilan entre 700 USD y 12000 USD aproximadamente, lo que puede llegar a ser una dificultad a personas o entidades de bajos recursos.

Social:

- En caso de querer implementar el proyecto en toda la ciudad se debe realizar una adecuada socialización del mismo entre todos los actores inmersos, ya que por tratarse de un medio de transporte informal los bicitaxistas son precavidos al momento de suministrar información referente a su trabajo.

Ventajas:

Software:

- el uso de software comercial como ArcGIS o Microsoft Office permite que una mayor cantidad de usuarios puedan hacer uso de la Guía SIG, ya que su

entorno amigable y su extenso uso alrededor del mundo hacen que existan diversas fuentes de información y entrenamiento para facilitar su uso.

Insumos:

- un insumo de tipo raster de mediana resolución puede no ser el mejor en los procesos de oficina que deben ser ejecutados, pero esto puede ser mitigado con usos de dispositivos GPS de mayor precisión, se debe recordar que el Garmin GX60 con que realizo la prueba tiene precisiones de entre 8 y 15 metros.

Social:

- la implementación de la guía en cualquier entidad estatal o privada creara una necesidad de profesionales que manejen el tema SIG, es decir que se generaran nuevos empleos.

Por lo tanto la prueba piloto es la comprobación de que la metodología para la implementación de un SIG aquí planteada es viable, y demuestra que a pesar de que la Guía tiene algunas desventajas, estas no representan un inconveniente para su exitosa ejecución. A pesar de que en el desarrollo de los procesos se aplicaron métodos aprendidos durante el estudio de la Maestría en SIG de Unigis y de que se adoptaron conceptos adquiridos en proyectos similares por el autor existen temas en los que sería conveniente realizar proyectos de investigación adicional, estos temas son:

- programación orientada a objetos para SIG
- diseño y administración de bases de datos geográficas y,
- servicios de web map service.

No obstante, la Guía tiene diversos elementos que son de interés a personas interesadas en el tema SIG, por ejemplo para:

Planificadores: el contenido de un SIG como se mencionó anteriormente es fundamental en una sociedad moderna que hace uso de sus tecnologías de la información y que quiere sacar el máximo provecho de ellas, en este sentido si se llegara implementar el SIG propuesto diversos profesionales entre ellos planificadores territoriales o urbanistas tendrán una herramienta que seguramente les facilitara la toma de decisiones en este aspecto.

Asociaciones Gremiales: con un sistema de información geográfica, el gremio de bicitaxistas podrá mejorar su servicio.

Estudiantes e investigadores: la Guía tiene elementos recopilados de diversas fuentes debidamente sustentadas, por ellos cualquier interesado en el tema puede tomar el presente documento como una fuente de información secundaria y usarla de la forma que mejor le beneficie.

Por último es importante decir que la guía tiene un alcance no solo local o regional, por los métodos descritos y por la metodología adoptada un proyecto de este tipo aplicado a opciones de movilidad emergentes puede ser usado en cualquier ámbito nacional o continental.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El resultado de este proyecto es la guía metodológica, esta se desarrolló paso por paso mostrando en forma detallada sus etapas, tanto en su forma teórica sustentable desarrollada en el marco teórico como en su forma ejecutable o práctica, desarrollada en el capítulo de metodología. Adicionalmente una vez que esta sea utilizada y en algún futuro el SIG de bicitaxis esté en funcionamiento el porcentaje de que esta herramienta SIG sea de utilidad es muy alto ya que brindara dentro de otras ventajas:
 - Acceso a la información de forma rápida, ordenada y fiable
 - El poder planificar la ciudad sobre datos verídicos
 - Tener un censo de bicitaxis
 - Mejorar la movilidad de los ciudadanos por medio de un transporte económico, ecológico y organizado.
- La guía muestra un camino a seguir en la implementación de un SIG pero como es del conocimiento común no significa que este sea el único, ya dependerá del profesional y de las necesidades, de quien la quiera usar, la elección de aspectos técnicos y procedimentales. En puntos específicos como:
 - Cambios de software
 - Cambios en dispositivos de rastreo
 - Uso de cartografía y elementos geográficos base
 - Cambios en bases de datos, entre otros.
- Si la herramienta propuesta en este trabajo es exitosa, la inclusión de los bicitaxis en el sistema integrado de transporte de Bogotá podrá ser tomada en cuenta con bases sustentables, adicionalmente podrá ser vinculado a otros SIG para formar una sola base de datos que ayude a mejorar la movilidad en la ciudad.

7. REFERENCIAS

- LOZANO RAMÍREZ, Jairo Alexander. “Guía para la elaboración de catastros de alcantarillado en Colombia. Asesor: Juan Saldarriaga. Universidad de Los Andes, Facultad de ingeniería, Departamento de ingeniería civil y ambiental, Bogotá, 2009.
- GUEVARA TINOCO, Roberto. “*Definición y algunas aplicaciones de los sistemas de información geográfica*”. 1ra ed. Bogotá, 25 pág. 2008.
- LEIJA LUNA, Paulina. “sistema de información geográfica para la ayuda de toma de decisiones políticas sociales”. Director: Dr. Sergio Chapa Vergara. Centro de investigación y estudios avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Departamento de computación, México, 2010.
- Los bicitaxis se tomaron las calles de Bogotá hay más de 5 mil (periódico El Tiempo). Yolanda Gómez [en línea]. Bogotá, Colombia: 7 noviembre del 2010 [consultado en: 25 abril 2012], disponible en Internet: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-8298040>
- PUEYO CAMPOS, Ángel. “*El sistema de información geográfica un instrumento para la planificación y gestión urbana*”. 28 ed. Zaragoza, 1991, págs. 175 – 192.
- SEGUÍ PONS, J. M, RUIZ PÉREZ, M, GUAITA MAS, F, ESCALAS, F y BAUZÀ, A. “La planificación de rutas de transporte escolar a través de un SIG: El proyecto SIGTEBAL”. GEOfocus, Revista internacional de ciencia y tecnología de la información geográfica. No 3 (2003) págs. 58-76.
- LONGLEY Paul, GOODCHILD Michael, MAGUIRE David, RHIND David. *Geographic Information Systems and Science*. Flashive, Ryan (Ex Ed); O’shea, James (designer); Barret, Margaret (Marketing). 3a ed. Estados Unidos. Hoboken, NJ: Wiley. 2011. 359 Págs.
- JANKOWSKI, Piotr. “*GIS for Group Decision Making (Research Monographs in GIS)*”. 2 ed. CRC Press. Estados Unidos. 2001. 296 págs.
- MORA ALISEDA, Julián et ALL (2003). *Aplicación de técnicas SIG en la planificación del transporte por carretera en Extremadura (España)*. Universidad de Extremadura. España.
- BOADA Alberto “Los SIG, aplicaciones y términos” 1 ed. Ed Norma, Cali – Colombia, 2012.

- CACACE Y, “ejemplos prácticos de SIG”, 2 ed. Ed. Planeta, Bogotá - Colombia 2012.
- CÁRDENAS BERNAL, Yelena, “WMS como solución en la identificación predial en Fusa – Cundinamarca”, Director Dr Sergio Fajardo, Centro de Investigaciones Aplicadas, Bogotá (2012).
- GARCÍA RUÍZ, fundamentos gerenciales y administrativos para sistemas de información, Ed Oveja Negra, Medellín (2009).
- GUTIÉRREZ, Javier y GOULD, Michael (1994). *SIG: Sistemas de información geográfica*. Ed. Síntesis. Madrid, España.
- MARTÍNEZ Jairo, revista Actualidad Digital. [en línea]. Bogotá, Colombia: 17 de agosto del 2011 [consultado en: 8 mayo 2012], disponible en Internet: <http://www.actualidaddigital33.com>
- RUÍZ REQUENA, A. (1992). *Sistemas de transporte*. Universidad de Granada, Granada.
- SMILE DIEGO, *De los bicitaxis y la movilidad*. (Revista Semana.com), [en línea], Bogotá 2012, disponible en: <http://comunidad.semana.com/t5/Participe/DE-LOS-BICITAXIS-Y-LA-MOVILIDAD/idi-p/24767>. [Consultado el 4 de noviembre]
- SOLANO PLAZAS, Informe anual de movilidad y transporte, memorias, Bogotá – Colombia, 2012.
- VIDAL ROMERO (2012). *Bicitaxis, una alternativa para Bogotá*. En: CONFIDENCIALCOLOMBIA. <http://confidencialcolombia.com/es/1/201/3112/Bici-taxis-una-alternativa-para-Bogot%C3%A1-bicitaxis-alcald%C3%ADa-mayor-bogot%C3%A1-gustavo-petro-concejales-lozano-angelica.htm>. 28 de octubre. Página virtual.
- UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, Como citar bibliografía [en línea], [Madrid, España]: 14 marzo 2012 [consultado: 25 abril 2012]. Disponible en web: http://www.uc3m.es/portal/page/portal/biblioteca/aprende_usar/como_citar_bibliografia

8. ÍNDICE DE ANEXOS

1. Formatos análogos para la recolección de datos en campo
2. Parámetros geodésicos del sistema de referencia Magna – Sirgas.
3. Ficha técnica GPS Map 60cx, Garmin.
4. Script para la ejecución del archivo GPSFile TO SHP
5. Manual y Toolbox gps2shp
6. Modelo para la edición de campos (model builder)
7. Universal Data Entry Form