

DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTA
PARA LA PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSITO Y TRANSPORTE EN LAS
COMUNAS 1 Y 2 DE SAN JUAN DE PASTO.

JONNATHAN ALEXANDER CASTRO TORRES
LEONARDO YOVANNY RUIZ RIVAS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
SAN JUAN DE PASTO
2011

DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTA
PARA LA PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSITO Y TRANSPORTE EN LAS
COMUNAS 1 Y 2 DE SAN JUAN DE PASTO.

JONNATHAN ALEXANDER CASTRO TORRES
LEONARDO YOVANNY RUIZ RIVAS

Trabajo de grado, Modalidad Pasantía, requisito parcial para optar al título de Geógrafo
con énfasis en Planificación Regional

Asesor:
CARLOS ALBERTO TORRES
Geógrafo con énfasis en Planificación Regional

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
SAN JUAN DE PASTO
2011

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado, son de responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1ro. Del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del honorable Consejo Directivo de la Universidad d Nariño.

Nota de aceptación

Jurado Delegado

Jurado Delegado

San Juan de Pasto, 5 de marzo 2012

AGRADECIMIENTOS

Aprovechando estas líneas para agradecer la colaboración de todas las personas, que con la información, atención, apoyo, orientación, esfuerzo y nuevas ideas aportadas. Contribuyeron al desarrollo de esta investigación.

Como no podemos nombrar a todos, si quisiéramos reconocer específicamente el valor de algunos de ellos:

En primer lugar agradecer a señor Carlos Torres, docente del Departamento de Geografía por convertirse en el asesor del proyecto, por su colaboración y ayudar a plasmar la idea del principio en esta realidad.

A señor Carlos Alegría, docente del departamento de Geografía de la Universidad de Nariño, por sus aportes teóricos y prácticos para el desarrollo de este proyecto.

Al personal y funcionarios de la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal de Pasto, en especial al Secretario de Tránsito y Transporte Municipal señor Luis Alfredo Burbano Fuentes, al coordinador del proyecto señor Juan Manuel Escobar. Quienes nos entregaron el espacio, tiempo y confianza necesaria para la realización de esta investigación.

Al señor Álvaro Rosero, gerente del terminal de transporte de Pasto, por su colaboración para realización del viaje investigativo al interior del País.

Al señor Néstor Sáenz. Coordinador del Programa de Investigación en Tránsito y Transporte. (PIT). Por su colaboración en el desarrollo la investigación en momentos de oscuridad, por su aporte con los conocimientos necesarios para un mejor desarrollo del proyecto.

Al señor Miguel Eduardo Saavedra, Ingeniero en transportes y vías, funcionario de la Secretaria de Transito Transporte y de la movilidad de Ibagué, por su colaboración y atención durante la visita a dicha institución y por su ayuda durante el proceso de diseño del Sistema de Información Geográfica.

Al cuerpo docente y personal del Departamento de Geografía, quienes de una u otra manera colaboraron en mi formación Académica y personal.

Agradecer a todos aquellos profesores y amigos de la universidad que nos han apoyado y ayudado con sus aportaciones, sugerencias y ánimos. Demostrando que están ahí cuando se les necesita.

A nuestras familias, por habernos apoyado en todo, gracias por haber depositado toda su confianza en nosotros. Y a todos aquellos que olvidamos nombrar.

DEDICATORIA

A María Eugenia Torres, mi mamá, gracias por bríndame tu apoyo en todo momento, por depositar toda tu confianza en mí y por haberme dado la oportunidad de desarrollarme tanto a nivel personal como a nivel profesional. Fuiste y serás siempre para mí un ejemplo a seguir.

A mi familia por haberme apoyado en todos los momentos en que los necesite.

A mi compañero y gran amigo Leonardo. Fue difícil pero nunca perdimos la esperanza y aunque hubo momentos oscuros nunca bajamos los brazos. Gracias por todo.

A los Juanpis y las Monas a quienes les agradezco por su apoyo y colaboración en los momentos en que los necesite.

JONNATHAN ALEXANDER CASTRO TORRES

DEDICATORIA

A DIOS, a Jesús y mamita María, por ser la fuente de la verdadera sabiduría y conocimiento, porque la vida no tendría sentido si no hay DIOS, y por la fe que mueve todas las cosas del mundo, así exista el escepticismo en algunas personas, pero el amor a DIOS es la fuente de mi existir.

A mi abuela Rosa Guzmán, la que me apoyo en esto, mi mama Mireya Rivas, mis tíos Loretty, Egdivar, Hugo, Liliana, Marco Rivas, porque todos aportaron en mi formación, y en medio de mis ideas descabelladas me supieron llevar la corriente.

A mi amigo Jonathan Castro, por el empuje que le puso a esto y sus ideas brillantes, ¡es un genio!

Al señor Milton y doña Lucy fueron como segundos padres, y mi amigo y hermano Juan banano que me puyaron y apoyaron en esta causa.

Y todos los demás.

LEONARDO YOVANNY RUIZ RIVAS

RESUMEN

El presente trabajo se enmarca dentro del proceso de apoyo a la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal de Pasto, con el diseño e implementación de un sistema de información geográfica con el programa ArcGIS 10.

Sin embargo también plantea una serie de desafíos para todos los involucrados durante las etapas de diseño e implementación del mismo.

Mientras que para la secretaria el principal desafío estuvo relacionado con el uso de las nuevas tecnologías de la información (TIC).

Para los investigadores y diseñadores del sistema, la diversidad y heterogeneidad de la información existente, el hecho de ser la primera vez que un modelo de esta naturaleza se intenta utilizar en esta secretaria y la falta de metodologías y los pocos antecedentes SIG aplicadas en este contexto en nuestro país. Fueron los inconvenientes que mayores problemas causaron durante la realización de esta investigación.

Una vez superadas estas dificultades, los resultados obtenidos y la calidad de la información disponible justifican el diseño de este sistema de información geográfica. El cual no solo beneficia a la institución misma, sino a la totalidad de la población del Municipio de Pasto.

Ya que ofrece un conjunto de posibilidades que van desde el mantenimiento y remplazo de señales de tránsito, hasta el despliegue de la información de accidentabilidad a la hora de realizar operaciones de consulta y monitoreo del riesgo.

Ofrece además, la posibilidad de visualizar información sobre las principales características del área de estudio. Para satisfacer las posibles acciones que puedan tomarse en materias de gestión y planificación en cuestiones del tránsito y transporte.

ABSTRACT

This work is part of the process of supporting to the Ministry of Traffic and Municipal Transport of Pasto, with the design and implementation of a geographic information system with ArcGIS 10.

However it also raises a number of challenges for everyone involved during the stages of design and implementation.

While for the secretary the main challenge was related to the use of new information technologies (TIC).

For researchers and system designers, diversity and heterogeneity of existing information, the fact of being the first time a model of this nature is trying to use this secretary and the lack of methodologies and GIS little background applied in this context in our country. These were some drawbacks that caused major problems during the course of this investigation.

Once the difficulties are overcome, the results and quality of available information justifies the design of this geographic information system. Which not only benefits the institution itself but to the entire population of the municipality of Pasto.

It offers a set of possibilities ranging from maintenance and replacement of traffic signals to the deployment of accident information when making query operations and risk monitoring.

It also offers the possibility to display information about the main characteristics of the study area to meet the possible actions that can be taken in management and planning traffic and transport issues.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	24
1. DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSITO Y TRANSPORTE EN LAS COMUNAS 1 Y 2 DE SAN JUAN DE PASTO.	25
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	25
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	26
2. JUSTIFICACIÓN	27
3. OBJETIVOS	29
3.1 OBJETIVO GENERAL	29
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
4. MARCO DE REFERENCIA	30
4.1. MARCO CONTEXTUAL	30
4.1.1 Localización de Pasto	30
4.1.2 Localización Comuna Uno	32
4.1.3 Localización Comuna Dos	33
4.1.4. Localización Área de Estudio	35
4.2. SECRETARIA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE	37
4.2.1 Concepto general	37
4.2.1.1 Funciones de la Secretaria de Tránsito y Transporte	37
4.2.1.2 Procesos de la Secretaria de Tránsito y Transporte:	38
4.2.2 Estructura orgánica de la Secretaría de Tránsito y Transporte	38
4.2.3 Objetivos y estrategias.	39
4.3. ANTECEDENTES DEL TEMA	39
4.4 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	42
4.4.1 Los Sistemas de Información Geográfica	42
4.4.2 Aplicaciones de los SIG	44

4.4.3 El transporte y los SIG	45
4.4.4 Teoría de Redes	46
4.4.5 Accidentes de Tránsito	47
4.4.6 Movilidad	48
4.4.7 Seguridad vial	49
4.5 MARCO LEGAL	49
4.5.1 Constitución Nacional	50
4.5.2 Ley 388 de 1997	50
4.5.3 Ley 769 de 2002	51
4.5.4 Ley 361 de 1997	51
4.5.5 Decreto 3496 de Diciembre 26 de 1983	52
4.5.6 Plan de Ordenamiento Territorial – Acuerdo N° 026 (octubre 13 de 2009)	52
4.5.7 Resolución 068 de 28 de Enero de 2005	52
5. METODOLOGÍA	53
5.1 FASES DE PLANIFICACIÓN	53
5.1.1 Reconocimiento del área de estudio	54
5.1.2 Recopilación de Información Secundaria	54
5.1.2.1 Recopilación de insumos cartográficos	54
5.1.2.2 Recopilación de bases de datos.	54
5.1.3 Recopilación de Información Primaria	55
5.2 PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN	55
5.3 FASE DE DISEÑO	55
5.4 FASE DE PRUEBA	56
5.5 FASE DE IMPLEMENTACIÓN	56
6. PLANEACIÓN	58
6.1 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO	58
6.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.	59
6.2.1 Recopilación de información secundaria	59
6.2.1.1 Revisión de la cartografía base de San Juan de Pasto	59
6.2.1.2 Revisión de la cartografía de sentido vial de San Juan de Pasto	59

6.2.1.3 Revisión de la cartografía del Sistema vial urbano	60
6.2.1.4 Revisión de la cartografía proyecciones viales	60
6.2.1.5 Revisión del Listado General de Accidentabilidad	61
6.2.1.6 Revisión del Listado de Instalación Señales totalidad 2011	61
6.2.1.7 Examinar el Inventario Vial	61
6.2.2 Información primaria	62
6.2.2.1 Inventario de Señalización Vertical	62
6.2.2.2 Inventario de Semaforización	63
6.2.2.3 Inventario de la Malla Vial	63
7. PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN	65
7.1 DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	65
8. FASE DE DISEÑO	66
8.1 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS	67
8.1.1 Modelo Conceptual	67
8.1.2 Descripción de los datos	68
8.1.2.1 Datos geográficos	68
8.1.2.2 Datos no geográficos	74
8.2 DISEÑO DEL MODELO ENTIDAD – RELACIÓN	77
8.3 CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS	79
8.3.1 Homologación de las bases de datos	80
8.3.2 Modelo Lógico	81
8.3.3 Modelo Físico	82
8.4 CORRECIÓN, DIGITALIZACIÓN E INCORPORACIÓN DE LA CARTOGRAFIA DIGITAL DWG AL SISTEMA.	95
8.4.1 Corrección de cartografía digital.	95
8.4.2 Digitalización cartográfica de la información.	96
8.4.2.1 Digitalización de Señales de Tránsito Vertical y Semáforos	96
8.4.2.2 Digitalización de la malla vial	97
8.4.2.3 Digitalización de Accidentes	98

8.5 INCORPORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DIGITAL DWG A LA PLATAFORMA ARCGIS.	99
8.5.1 Carga de archivos DWG a ArcGIS	99
8.5.2 Conversión de archivos DWG. a SHP	101
8.5.3 Conversión de bases de datos a SHEAP	103
8.5.4 Asignación del Sistema de Coordenadas a los archivos SHEAP	105
8.5.5 Interrelación de base de datos gráfica y la base de datos alfanumérica	108
8.5.6 Generacion de metadatos	110
8.6 GENERACIÓN DE LA GEODATABASE Y VALIDACIÓN TOPOLÓGICA	110
8.7 ELABORACIÓN DEL NETWORK DATASET	114
9. PRUEBAS AL SISTEMA	123
9.1 PRUEBAS PRELIMINARES	126
10. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	128
10.1 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	128
10.1.1 Señalización vertical	128
10.1.2 Semaforización	137
10.1.3 Accidentabilidad	150
10.1.4 Malla vial	166
10.1.5 Análisis de redes con la herramienta Network Analyst	168
11. PROPUESTA PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS DE PLANIFICACIÓN EN LA SECRETARIA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE MUNICIPAL	171
CONCLUSIONES	174
RECOMENDACIONES	175
BIBLIOGRAFÍA	177
ANEXOS	180

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Límites físicos Comuna Uno	32
Tabla 2. Ubicación geográfica Comuna Uno	33
Tabla 3. Límites físicos Comuna Dos	34
Tabla 4. Ubicación geográfica Comuna 2	34
Tabla 5. Preguntas que responde un SIG.	44
Tabla 6. Análisis de requerimientos.	66
Tabla 7. Datos geográficos Malla vial	69
Tabla 8. Datos geográficos Señalización vertical.	72
Tabla 9. Datos geográficos Semaforización	73
Tabla 10. Datos geográficos Comunas 1 y 2.	74
Tabla 11. Datos no geográficos Accidentabilidad	75
Tabla 12 . Datos no geográficos Sitios de interés	77
Tabla 13. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Malla vial	83
Tabla 14. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Señales de Tránsito	85
Tabla 15. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Semaforización.	87
Tabla 16. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Comunas_1_2.	90
Tabla 17. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Listado General Accidentalidad.	91
Tabla 18. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Sitios de Interés.	94
Tabla 19. Relación del diccionario de datos y el diseño de la Geodatabase.	111
Tabla 20. Cantidad de señales existentes en el área de estudio.	130
Tabla 21. Cantidad de señales según su código.	131

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del área de estudio	31
Figura 2. Ubicación Comuna Uno	33
Figura 3. Ubicación Comuna Dos	35
Figura 4. Mapa Área de Estudio	36
Figura 5. Estructura Organizacional de la Secretaria de Tránsito y Transporte	38
Figura 6. Fases de desarrollo de un SIG.	53
Figura 7. Secuencia metodológica para DISEÑO de un Sistema de Información Geográfica para la Planificación del Sistema de tránsito y Transporte en las comunas 1 y 2	57
Figura 8. Inconsistencias graficas cartografía vial – cartografía base.	60
Figura 9. Etapas en el diseño de la Base de Datos.	67
Figura 10. Modelo Entidad – Relación.	78
Figura 11. Poblamiento de la base de datos para la capa Comunas1_2	79
Figura 12. Poblamiento de la base de datos de la capa Malla_vial	80
Figura 13. Toma de errores en bases de datos como valores de atributo	81
Figura 14. Ejemplo líneas dobles en algunos elementos y polígonos abiertos.	95
Figura 15. Ejemplo polígonos superpuestos	96
Figura 16. Digitalización de las capas semáforos y señales de tránsito	97
Figura 17. Digitalización de la malla vial	98
Figura 18. Digitalización de los accidentes	99
Figura 19. Adición de archivos a ArcGIS	100
Figura 20. Incluyendo capas del archivo .DWG a ArcGIS	100
Figura 21. Exportación de archivos .DWG a SHEAPFILE.	101
Figura 22. Ruta de almacenamiento del nuevo SHEAP.	102
Figura 23. Archivo SHEAP de la entidad Señales de Tránsito	102
Figura 24. Archivos SHEAP de las entidades que conforman el SIG.	103
Figura 25. Asignación del Sistema de Coordenadas	104
Figura 26. Exportación de bases de datos a Sheap file.	105

Figura 27. Selección del SHEAP en el catalogo para asignar Sistema de Coordenadas	106
Figura 28. Asignación del Sistema de Coordenadas	107
Figura 29. Relación de las tablas a través de un Join	108
Figura 30. Relación de las tablas a través de un Join	109
Figura 31. Metadatos de la entidad Comunas	110
Figura 32. Creación de Geodatabase	111
Figura 33. Estructura del directorio de la Geodatabase	112
Figura 34. Secuencia del proceso para crear una Topology Class	113
Figura 35. Procedimiento para generar el Network Dataset	114
Figura 36. Selección de Feature Dataset.	115
Figura 37. Creación del Network Dataset	116
Figura 38. Selección de fuentes	116
Figura 39. Opción de conectividad	117
Figura 40. Política de conectividad	118
Figura 41. Definición de atributos y determinación de valores	119
Figura 42. Configuración del atributo distancia en giros	120
Figura 43. Configuración de direcciones de manejo.	121
Figura 44. Configuración de direcciones de manejo.	122
Figura 45. Aceptación de valores.	122
Figura 46. Errores de escritura en calles	124
Figura 47. Errores de direccionamiento de la malla vial.	125
Figura 48. Herramienta Flip.	125
Figura 49. Pruebas preliminares a señales de tránsito	126
Figura 50. Pruebas Network Analyst.	127
Figura 51. Representación gráfica de las señales de tránsito	129
Figura 52. Requerimientos de tableros - gráficos dinámicos	133
Figura 53. Requerimientos de las crucetas - gráficos dinámicos.	135
Figura 54. Señal emplazada adecuadamente.	136
Figura 55. Señal mal emplazada	137

Figura 56. Cruces semaforizados en las Comunas 1 y 2	138
Figura 57. Estado del semaforo lentes - gráficos dinámicos.	142
Figura 58. Mantenimiento a componentes del semáforo - gráficos dinámicos.	145
Figura 59. Representación gráfica del tema accidentabilidad.	151
Figura 60. Mapa Accidentabilidad por Tramo Vial	165
Figura 61. Mapa Jerarquía malla Vial	167
Figura 62. Análisis de ruta optimas sin restricciones.	168
Figura 63. Análisis de ruta optimas con restricciones.	170
Figura 64. Ventana de resultados por tiempo y distancia.	170

LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Grafico 1. Motivos de no Georreferenciación Accidentalidad	76
Grafico 2. Clasificación de señales por tipo	130
Grafico 3. Estado señales de tránsito	132
Grafico 4. Requerimientos de tableros	133
Grafico 5. Estado de crucetas	134
Grafico 6. Requerimientos de las crucetas	135
Grafico 7. Gráfico y tabla total de semáforos y tipo semáforo.	139
Grafico 8. Gráfico y tabla Estado del semáforo – cara	140
Grafico 9. Gráfico y tabla Estado del semáforo – lentes	141
Grafico 10. Gráfico y tabla Estado del semáforo – viseras	143
Grafico 11. Gráfico y tabla Estado del semáforo – soporte	144
Grafico 12. Gráfico y tabla Mantenimiento a componentes del semáforo	145
Grafico 13. Gráfico y tabla Estado del semáforo – luminarias.	146
Grafico 14. Gráfico y tabla Mantenimiento a Luminarias del semáforo	148
Grafico 15. Gráfico y tabla Estado del semáforo – controlador.	149
Grafico 16. Gráfico y tabla gravedad en accidentes de tránsito.	152
Grafico 17. Gráfico y tabla clase en accidentes de tránsito.	153
Grafico 18. Gráfico y tabla objeto fijo de choque.	154
Grafico 19. Gráfico y tabla gravedad de accidentabilidad por mes.	155
Grafico 20. Gráfico y tabla gravedad de accidentabilidad por año.	156
Grafico 21. Gráfico y tabla por hora del día.	157
Grafico 22. Gráfico y tabla por día de la semana.	158
Grafico 23. Gráfico y tabla accidentes de tránsito con heridos.	159
Grafico 24. Gráfico y tabla de accidentes de tránsito con muertos.	160
Grafico 25. Gráfico y tabla vehículos involucrado en accidentes de tránsito.	161
Grafico 26. Gráfico y tabla accidentes de tránsito por comuna.	162

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formato de recolección para el Inventario de señalización vertical	181
Anexo B. Formato de recolección para el Inventario de semaforización	182
Anexo C. Formato de recolección para el Inventario de malla vial.	183
Anexo D. Registro fotográfico inventario señalización vertical.	184
Anexo E. Registro fotográfico inventario de semaforización.	185
Anexo F. Estructura del CD.	186

GLOSARIO

Para la interpretación de este Manual se podrán tener en cuenta las siguientes definiciones:

Accidente de tránsito: “Evento generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en él e igualmente afectan la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho”¹.

AutoCAD: Programa de diseño asistido por computadora (CAD) producido por la empresa Auto Desk de amplia difusión en computadoras de tipo personal.

Bases de Datos: “Conjunto de registro relacionados y almacenados en forma electrónica, de acuerdo con un modelo o esquema y a los que se puede tener acceso mediante el computador”².

Calle o Carrera: “Vía urbana de tránsito público, que incluye toda la zona comprendida entre los linderos frontales de las propiedades”³.

Capas o Layer de información: Es un conjunto de elementos que se diferencian por estar en un mismo plano.

Catastro: “El Catastro es el inventario o censo, debidamente actualizado y clasificado, de los bienes inmuebles pertenecientes al Estado y a los particulares, con el objeto de lograr su correcta identificación física, jurídica, fiscal y económica”⁴.

¹ COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 769. (06, Agosto, 2002). Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. Bogotá, D.C.: 2002. p 3.

² INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Referencias bibliográficas: contenido forma y estructura. I.C.S.-01.140.20. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. p 2.

³ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. MANUAL DE SEÑALIZACIÓN Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2004. p 621.

⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE HACIENDA Y CREDITO PÚBLICO. Manual de reconocimiento predial. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. p.75.

Comuna: “Es la proporción de área en que se divide el suelo urbano del municipio de Pasto. Con el fin de mejorar la prestación de servicios y de asegurar la participación de la ciudadanía en el manejo de los asuntos de carácter local”⁵.

Dato: Es un conjunto de señales o signos con un significado particular. Es la unidad más pequeña de información. *Whitten; Benthley y Barlow*, 1996, lo definen como “una colección de hechos considerados de forma aislada”⁶.

Georreferenciación: Ubicación geográfica referente a un objeto u elemento en un sistema coordinado.

Información: “Es el conjunto de datos arreglados y ordenados en forma útil”⁷.

Información geográfica: “Es Información que tiene un componente geométrico espacial, que describe la localización de los objetos en el espacio y las relaciones espaciales entre ellos; un componente temático, que recoge sus características descriptivas, y un componente”⁸.

Metadato: De manera simple metadato es la información acerca de los datos que es utilizado o generado en un SIG. Los metadatos describen el contenido, la calidad, la condición y otras características de los datos.

Sistema de coordenadas. “Son representaciones matemáticas de los espacios, para los SIG y en cartografía en general, un sistema de coordenadas es el marco de referencia matemático en el cual se ubican los objetos en el espacio”⁹.

Sistema de información: “Es una disposición de personas, actividades, datos, redes y tecnología integrados entre sí con el propósito de apoyar y mejorar las operaciones cotidianas de una empresa , así como satisfacer las necesidades de

⁵ ACUERDO No. 026 (Octubre 13 de 2009) por medio del cual se realiza la revisión ordinaria y ajustes del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Pasto, adoptado mediante Decreto Municipal 0084 de 2003 y se dictan otras disposiciones. El Honorable Concejo del Municipio de Pasto, en uso de sus atribuciones legales y en especial las conferidas en la Ley 388 de 1997 y sus decretos reglamentarios, p. 65.

⁶ WHITTEN; BENTLEY y BARLOW. Análisis y Diseño de Sistemas de Información. México: Irwin, 1996. p 47.

⁷ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica: Conceptos básicos, definiciones y generalidades de los SIG. Bogotá D.C.: CIAF. 2011. p 3.

⁸ *Ibíd.*,

⁹ Citado en: IGAC, 2009. Notas de Clase.

información para la resolución de problemas y la toma de decisiones por parte de los directivos”¹⁰.

Señales de Tránsito: “elemento fundamental para la guía y reglamentación de la circulación vehicular y peatonal fin de que pueda llevarse a cabo en forma segura, fluida, ordenada y cómoda; En efecto, a través de la señalización se indica a los usuarios de las vías la forma correcta y segura de transitar por estas, con el propósito de evitar riesgos y disminuir demoras innecesarias”¹¹.

Señales verticales: “Medio de comunicación que por placas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto al uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas”¹².

Señales preventivas: “Su finalidad es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y situaciones especiales presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. También se debe considerar la distancia de ésta al punto que se quiere advertir”¹³.

Señales reglamentarias: “Su fin es comunicar a los usuarios de las vías, las prohibiciones en el uso de las mismas, así como también prohibiciones, restricciones y obligaciones. Su trasgresión constituye una infracción a las normas de tránsito”¹⁴.

Señales informativas: “Guía a los usuarios y entrega información necesaria para que puedan llegar sus destinos de forma segura, simple y directa posible, deben entregar un mensaje claro y en ningún caso debe entregar más de tres lecturas, ni mezclarse con iconos o símbolos que representen condiciones reglamentarias, como velocidades máximas o indicaciones de advertencia de peligro”¹⁵.

Semáforos: “Los semáforos son dispositivos de señalización mediante los cuales se regula la circulación de vehículos, bicicletas y peatones en vías, asignado, por

¹⁰ GUTIÉRREZ, J. S.I.G Sistemas de Información Geográfica [Diapositivas]. Bogotá D.C.: 2006. 205 diapositivas.

¹¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. MANUAL DE SEÑALIZACIÓN. Op. Cit., p. 114.

¹² *Ibíd.*, p. 114.

¹³ *Ibíd.*, p. 114.

¹⁴ *Ibíd.*, p. 115.

¹⁵ *Ibíd.*, p. 115.

las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad electrónica de control”¹⁶.

Transporte: “Es el acarreo de personas, animales o cosas de un punto a otro a través de un medio físico”¹⁷.

Usuario: La persona o genéricamente grupo de personas ha la cual está dedicado un producto específico.

Vía: “Zona de uso público o privado abierta al público destinada al tránsito de público, personas y/o animales”¹⁸.

Zona Urbana: “Zona en la que gran parte del terreno está ocupado por edificaciones”¹⁹.

¹⁶ *Ibíd.*, p. 243.

¹⁷ *Ibíd.*, p. 625.

¹⁸ *Ibíd.*, p. 626.

¹⁹ *Ibíd.*, p. 626.

INTRODUCCIÓN

El Sistema de Información Geográfica de la Secretaría de Tránsito y Transporte de Pasto, es una iniciativa adelantada por los investigadores con el propósito de poner a disposición de la entidad, información geográfica útil en la toma de decisiones referidas al tránsito, seguridad vial y prevención de accidentes. Contribuyendo con ello, en la formulación de planes de tránsito y transporte más precisos, la optimización de estrategias de control y la implementación de medidas de gestión más eficaces.

De conformidad con lo anterior, el sistema a diseñar permitirá visualizar, consultar e imprimir información referente a señales de tránsito, semaforización, red vial y accidentalidad. Con respecto a este último tema, el sistema ofrecerá la posibilidad de visualizar estadísticas con base en las consultas efectuadas, determinar los sitios críticos del área de estudio y construir un mapa de frecuencia de accidentalidad, de acuerdo con los niveles y rangos definidos.

Así mismo, el sistema contara con funcionalidades como la visualización en un sitio específico, que permiten visualizar los temas de investigación, facilitando al usuario el análisis multi-temático, por ejemplo: visualizar accidentalidad y señales de tránsito, en un sitio determinado. Adicionalmente, si el usuario desea conocer la jerarquización de la red vial en el área de estudio. Otra de las funcionalidades que ofrecerá el sistema, es la de origen-destino, que proporciona las opciones de rutas para trasladarse de un sitio a otro.

Para facilitar la ubicación geográfica del usuario, se contara con información básica de la ciudad, conformada por: límite de comuna, manzanas, ejes viales y sitios de interés.

De esta manera, el sistema dará solución a las limitaciones de acceso y manejo de los datos, permitiendo la integración a futuro con otros sectores como infraestructura, planeación, salud, educación, etc. Al ser un proyecto escalable que tiene como objetivo atender las necesidades actuales y futuras de sus usuarios.

1. DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSITO Y TRANSPORTE EN LAS COMUNAS 1 Y 2 DE SAN JUAN DE PASTO.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal de Pasto, cuenta con gran cantidad de información digital, recopilada y almacenada en diferentes dependencias y en distintos formatos. Lo que afecta el normal desarrollo de las actividades llevadas a cabo por la Secretaria. Ya sea a nivel administrativo o a nivel técnico, institucional o personal.

La información se encuentra fragmentada sin que exista un esquema de organización que permita agruparla en temáticas específicas para su fácil consulta, manipulación, validación, divulgación y actualización oportuna. Por otra parte debido a la falta de organización esta información no ha sido utilizada de manera óptima en los distintos proyectos adelantados por la Secretaria, trayendo como consecuencia problemas en la planificación el tránsito y el transporte urbano.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La planificación del tránsito y el transporte, implica el conocimiento y análisis de un conjunto de información multidisciplinaria, pero en la actualidad, estos datos se encuentran dispersos en varias dependencias de la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal, además de encontrarse en distintos formatos, lo que dificulta su acceso, complica y retrasa los procesos de planificación de tránsito y transporte. La utilización de herramientas SIG. Permitirá elaborar 3 modelos para el manejo de la información temática. El primero de ellos orientado el almacenamiento, manipulación y actualización de la información en bases de datos. El segundo la generación de un modelo de representación gráfico que permita la especialización de las bases de datos, y por ultimo un modelo que permita la consulta y análisis de información gráfica y no gráfica, mejorando significativamente la utilización de los datos disponibles, convirtiéndose en una herramienta de gran importancia que contribuya a mejorar los tiempos para la toma de decisiones, ya que el gran volumen de información existente y los distintos formatos en los que se encuentran, hacen tediosa, complicada y lenta su consulta y análisis.

Esta entidad no cuenta con herramientas georeferenciables, que permitan conocer, cuantificar, evaluar, simular y monitorear las condiciones de cambios y necesidades existentes en las cuestiones de tránsito y transporte urbano. Lo que refleja la necesidad de diseñar un SIG que modele este tipo de datos y así atender las necesidades actuales y futuras en los procesos de planificación.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El diseño de un sistema de información geográfica SIG, como herramienta de apoyo, permitirá fortalecer los procesos de toma de decisiones en materia de planificación de tránsito y transporte en las comunas 1 y 2, de San Juan de Pasto - Municipio de Pasto?

2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad los Sistemas de Información Geográficos se han convertido en una herramienta imprescindible en el análisis, gestión y planificación territorial, tanto para los entes gubernamentales como para un amplio espectro de profesionales que trabajan con datos espaciales. Por lo que las instituciones se han preocupado en mantener a los municipios a la vanguardia de este tipo de tecnología con el fin de analizar cada problemática por separado.

En este caso procurando el diseño de un sistema de información geográfica en cuestiones de tránsito y transporte en las comunas 1 y 2 como proyecto piloto en el área urbana del Municipio de Pasto. Generando una herramienta que contribuirá a la planificación del tránsito y transporte urbano, permitiendo conocer, manejar, investigar, manipular y consultar la información existente en la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal, como: datos de accidentalidad, equipamientos, señalización y de la red vial.

Cabe resaltar la necesidad de un sistema de información geográfica, el cual será de mucha utilidad para la planificación del tránsito y transporte urbano, debido a que esta herramienta ayudara a suplir algunas necesidades en cuanto al almacenamiento y administración de los datos al interior de la Secretaria y contribuirá resolver problemas en la movilidad de la ciudad, también informara de manera exacta los sitios del entorno geográfico donde se presentan problemas de accidentalidad, con ubicación georeferenciada de variables como: semáforos, señales de tránsito verticales, accidentes de tránsito y malla vial, lo cual ayudara a formular modelos para la señalización, semaforización, rutas alternas mediante la aplicación del SIG. Optimizando las gestión, planificación y control del tránsito y transporte en las comunas 1, y 2 inicialmente y en un futuro implementarlo en todo el casco urbano del municipio de Pasto.

El proyecto muestra el diseño de un SIG en la Secretaria de Tránsito y Transporte de Pasto, y utiliza la información existente en las distintas dependencias municipales y demás entidades relacionadas con este tema, que contribuyeron a la recopilación, análisis y digitalización de la información, para su posterior administración, tabulación con lo cual se logró crear las base de datos que permitieron el diseño del (SIG), y así concebir una herramienta útil para la planificación del sistema de tránsito y transporte de la ciudad.

Este SIG otorgara a la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal de Pasto, un sistema computarizado con información georeferenciada y bases de datos, los cuales facilitaran el manejo de la información existente en esta entidad, el SIG tendrá la capacidad de relacionar, ajustar y retroalimentar la información, concerniente a las variables de los elementos del tránsito y el transporte encontrados en el área de estudio. Los cuales estarán incorporados al aplicativo

SIG que permitirá realizar búsqueda por atributos, búsqueda por dirección, consultas dirigidas y cruzadas, visualización de fotografías, mapas temáticos, sitios de accesibilidad, simbología, toponimias, cálculos estadísticos, creación de modelos, rutas eficientes de recorrido, condiciones, localizaciones, tendencias en seguridad vial, tránsito y transporte.

Sin duda el SIG establece la diferencia de trabajar entre archivadores y planos análogos versus trabajar con la tecnología al servicio del ser humano, con lo cual se podrá aumentar las actitudes de autorregulación y convivencia tolerante de los actores del tránsito y el transporte, que permitan una movilidad peatonal y vehicular efectiva y segura en la zona céntrica del municipio de Pasto.

Esta investigación aporta al Departamento de Geografía de la Universidad de Nariño, un documento que tratara de la importancia del uso de los SIG como alta tecnología especializada para el tratamiento de información geográfica, como base para estudios y aplicación de un modelo de planificación en lo concerniente a tránsito y transporte, el análisis de datos espaciales, georreferenciados y geográficos, para resolver problemas existentes en el ámbito de tránsito y transporte urbano, por otra parte integrara la interdisciplinariedad del tema a tratar adyacente a la ciencia geográfica.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Sistema de Información Geográfica (SIG), como herramienta para la planificación del Sistema de Tránsito y Transporte en las Comunas 1 y 2 con énfasis en seguridad vial como proyecto piloto para San Juan de Pasto.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la información temática existente del espacio físico de las comunas 1 y 2 de San Juan de Pasto (delimitación comunas, sectores, usos, etc.) y construir la base de datos georeferenciable.
- Realizar el levantamiento catastral de señalización vertical, semaforización y malla vial, en las comunas 1 y 2 de San Juan de Pasto.
- Estructurar una base de datos que facilite la incorporación, consulta y análisis de los accidentes de tránsito ocurridos entre los años 2005 – 2011 en las comunas 1 y 2 de San Juan de Pasto.
- Implementar el SIG para el seguimiento, evaluación y control del sistema tránsito y transporte en las comunas 1 y 2 de San Juan de Pasto.
- Determinar y analizar las problemáticas de los elementos de tránsito y transporte. Centrado en señalización verticales, semaforización, accidentalidad y análisis de redes, procurando desarrollar propuestas de solución para mejorar la capacidad de planificación de la Secretaría.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. MARCO CONTEXTUAL

4.1.1 Localización de Pasto. El presente estudio fue realizado en las comunas 1 y 2 en la zona céntrica del área urbana del Municipio de Pasto Departamento de Nariño (ver Figura 1).

El Municipio de Pasto se ubica al sur oriente del departamento de Nariño, en el denominado valle de atriz, de origen sedimentario derivado de la colmatación de depresiones orogénicas, que a través del tiempo dieron origen a un paisaje donde confluye un área plana enmarcada en una zona montañosa, su área es de: 24149615 Mt², el perímetro es de: 40537,89 metros, y corresponde a 2414,96 Hectáreas²⁰.

Limita al norte con los municipios de Chachagui y Buesaco, al sur con el municipio de Tangua, al oeste con el departamento del Putumayo y al este con los municipios de La Florida, Consacá y Yacuanquer. Figura 1.

Sus coordenadas son: 01° 12' 00" de latitud norte y 77° 16' 00" de longitud occidental²¹.

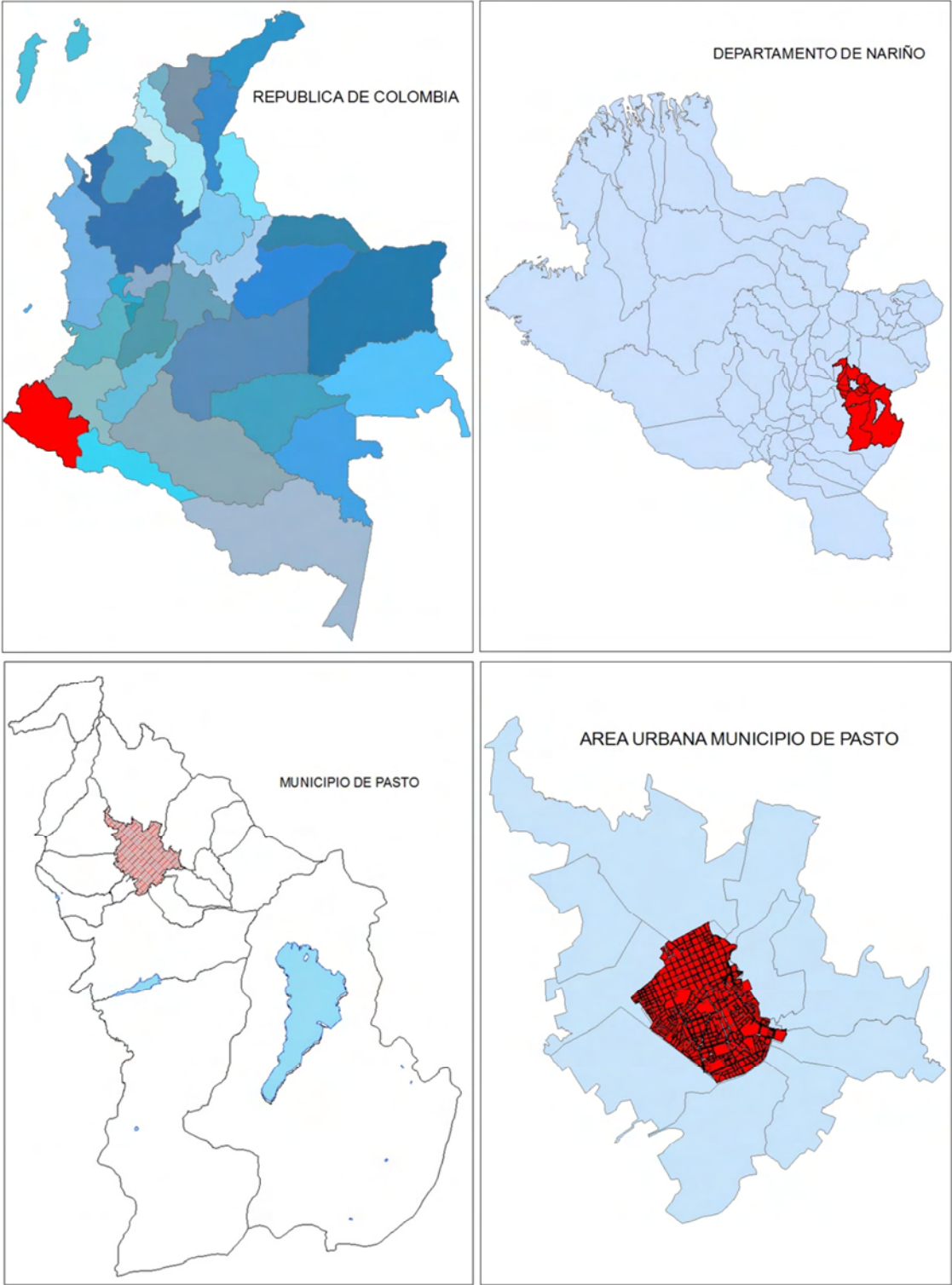
Se encuentra en un rango latitudinal entre los 2200 M.S.N.M y los 2600 M.S.N.M. su temperatura promedio varía desde 12 °C en la cabecera municipal hasta los 17 °C, su precipitación media anual es de 79 (mm) anuales, la población estimada para el 2011 según el DANE es de 416,892 habitantes²².

²⁰ ALCALDÍA DE PASTO, PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. 1998 – 2012. Pasto Realidad Posible. p.26.

²¹ *Ibíd.*, p. 24.

²² *Ibíd.*, p. 24.

Figura 1. Ubicación del área de estudio



Fuente: esta investigación.

4.1.2 Localización Comuna Uno. La Comuna Uno, se encuentra ubicada en el sector céntrico de San Juan de Pasto, sus límites administrativos son: al Nororiente con la comuna 9 y 10, al Occidente con la comuna 7, al Oriente con la comuna 11 y por el Sur con la comuna 2. Con un área de 162 Has.

Según el P.O.T., 2012 Realidad Posible, los límites de la comuna son los siguientes:

Tabla 1. Límites físicos Comuna Uno

COMUNA	LINDERO	DESDE	HASTA	BARRIOS
1. UNO	Carrera 19 Avenida las Américas Avenida Boyacá Carrera 22B Calle 5 Carrera 23 A Calle 4ª Carrera 27 Calle 13 Carrera 29 Calle 14 Carrera 30 Calle 16 Carrera 30	Río Pasto Calle 17 Avenida Las Américas Avenida Boyacá Carrera 22B Calle 5ª Carrera 23ª Calle 4ª Carrera 27 Calle 13 Carrera 29 Calle 14 Carrera 30 Calle 16	Calle 17 Avenida Boyacá Carrera 22 B Calle 5 Carrera 23 A Calle 4ª Carrera 27 Calle 13 Carrera 29 Calle 14 Carrera 30 Calle 16 Río Pasto	Avenida Santander, Bombona, Caracha, Centro El Churo El Cilindro El Parque, El Portalito Hullaguanga, La Panadería, Las Américas, Los Dos Puentes, Marcos de la Rosa, San Agustín, San Andrés, San José, San José Obrero, Santiago y demás barrios que existan o se construyan dentro de los límites respectivos de la presente comuna.
	Línea visual Recta	Intersección Carrera 30 con río Pasto	Intersección Calle 22 Bis con box coulver quebrada La Gallinacera	
	Calle 22 Bis Lindero Occidente Urbanización Ciudad Real	Intersección Calle 22 Bis con box coulver quebrada La Gallinacera	Río Pasto	
	Río Pasto	Desembocadura quebrada la Gallinacera	Carrera 19	

Fuente: el P.O.T Pasto realidad posible 2012.

Por su ubicación geográfica sus usos del suelo según el POT son de tipo comercial, institucional, por localizarse en este sector todo el complejo bancario, algunos de los principales centros comerciales, sitios de interés, instituciones educativas y sitios de cultura²³.

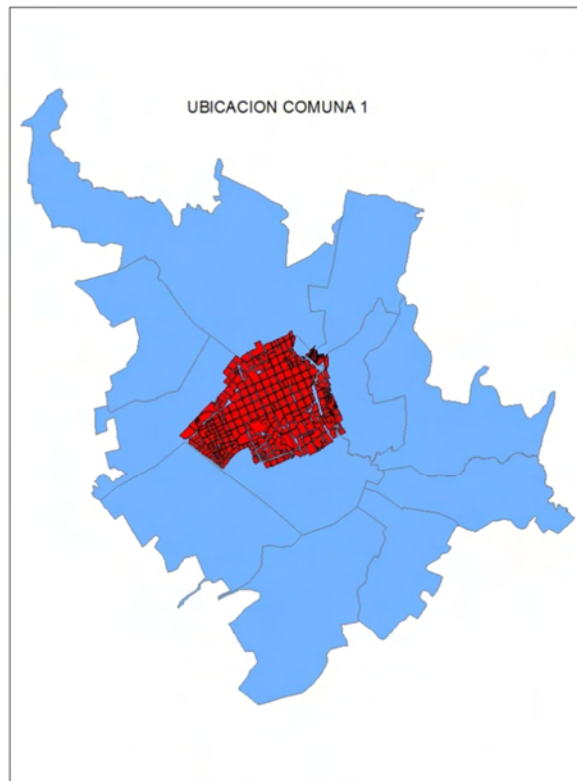
²³ Ibid., p. 41.

Tabla 2. Ubicación geográfica Comuna Uno

Coordenadas planas: Comuna Uno		
Norte:	Coord_X: 977098	Coord_Y: 626459
Sur:	Coord_X: 977766	Coord_Y: 625334
Oriente:	Coord_X: 978231	Coord_Y: 625988
Occidente:	Coord_X: 976591	Coord_Y: 625482

Fuente: el P.O.T Pasto realidad posible 2012.

Figura 2. Ubicación Comuna Uno



Fuente: esta investigación.

4.1.3 Localización Comuna Dos. Dos La Comuna, se ubicada en el sector céntrico de San Juan de Pasto, sus límites administrativos son: al Norte con la comuna 1, al Nororiente con la comuna 10 y 11, al Occidente con la comuna 7, al Oriente con la comuna 3, 4 y 12 y por el Sur con la comuna 5. con un área total de 150 Has, por su ubicación encontramos un sector mucho más residencial, con presencia en algunos sectores de usos del suelo institucional y comercial.²⁴

²⁴ Ibíd., p. 43.

Según el P.O.T., 2012 Realidad Posible, los límites de la comuna son:

Tabla 3. Límites físicos Comuna Dos

COMUNA	LINDERO	DESDE	HASTA	BARRIOS
2. DOS.	Río Pasto	Carrera 19	Carrera 7	Aire Libre, Sendoya,
	Carrera 7	Río Pasto	Calle 21	Atahualpa, Avenida
	Calle 21	Carrera 7	Calle 11	Boyacá, Avenida
	Calle 11	Calle 21	Carrera 9ª	Colombia, Bella Vista,
	Carrera 9ª	Glorieta	Avenida Panamericana	Cubierto, El Olivo, El Prado, El Recuerdo,
Avenida Panamericana	Carrera 9	Cra. 22B	Avenida Boyacá	Fátima, Javeriano, Julián Bucheli, La Gran Colombia, Las Lunas I y II, Las Violetas I, II, III, IV, Los Abedules, Los Álamos, Los Balcones,
Cra. 22B	Avenida Panamericana	Carrera 22B	Avenida Las Américas	Medardo Bucheli, Navarrete Normandía, Parque Bolívar, Salomón, San Miguel, Villa Lucía y demás barrios que existan o se
Avenida Boyacá	Calle 12		Río Pasto	
Carrera 19				

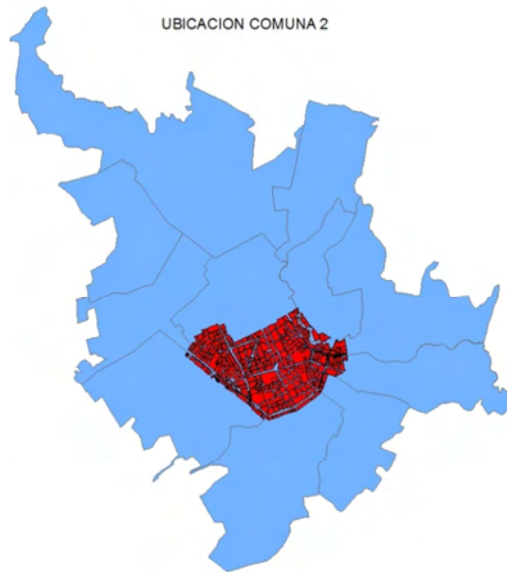
Fuente: el P.O.T Pasto realidad posible 2012.

Tabla 4. Ubicación geográfica Comuna 2

Coordenadas planas: Comuna Dos		
Norte:	Coord_X: 977839	Coord_Y: 625362
Sur:	Coord_X: 978328	Coord_Y: 624459
Oriente:	Coord_X: 978636	Coord_Y: 625241
Occidente:	Coord_X: 977316	Coord_Y: 624721

Fuente: el P.O.T Pasto realidad posible 2012.

Figura 3. Ubicación Comuna Dos



Fuente: esta investigación.

4.1.4. Localización Área de Estudio. El área del proyecto tiene una división político administrativa que involucra el área de 34 barrios del Municipio de Pasto, equivalente a 312 hectáreas, aproximadamente 12.5% de todo el casco urbano.

Teniendo como referentes la división político-administrativa del área del proyecto se presenta unos siguientes límites:

Por el norte, con las Comunas 9 y 10.

Por el sur, con las Comunas 4 y 5.

Por el oriente, con las Comunas 3 y 12.

Por el occidente, con las Comunas 6 y 7.

Figura 4. Mapa Área de Estudio

4.2. SECRETARIA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE

4.2.1 Concepto general. El Departamento Administrativo de Tránsito y Transporte Municipal promueve la adopción de prácticas y conductas adecuadas en la vía, para proteger la vida propia y la de toda la ciudadanía.

4.2.1.1 Funciones de la Secretaria de Tránsito y Transporte:

- Diseñar e implementar acciones de regulación del tránsito y el transporte público y privado a nivel municipal.²⁵
- Autorizar y tomar las medidas oportunas preventivas y sancionatorias para mitigar el impacto en la circulación que puedan producir los trabajos en las vías públicas.²⁶
- Implementar planes, programas y proyectos que conlleven a la prevención de la accidentalidad.²⁷
- Responder, dentro de su jurisdicción por la colocación y mantenimiento, previo estudio de las necesidades e inventario, de las señales viales y del sistema de semaforización.²⁸
- Aplicar y hacer cumplir las normas sobre transporte, tránsito y de protección ambiental.²⁹
- Contribuir a la utilización racional y accesible del espacio público y el transporte para la movilidad.³⁰
- Registrar y administrar la información generada en el municipio sobre el tránsito, el transporte y sus actores.³¹

²⁵ ALCALDÍA DE PASTO. Secretaria de Tránsito y Transporte [en línea] http://www.pasto.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=282:secretaria-de-transito-y-transporte&catid=55:secretarias&Itemid=3 [Citado el 11 de Octubre del 2011].

²⁶ *Ibíd.*,

²⁷ *Ibíd.*,

²⁸ *Ibíd.*,

²⁹ *Ibíd.*,

³⁰ *Ibíd.*,

³¹ *Ibíd.*,

4.2.1.2 Procesos de la Secretaría de Tránsito y Transporte:

- Consultas de comparendos, impuestos y otros en línea.³²
- Consultas de información sobre trámites.³³

4.2.2 Estructura orgánica de la Secretaría de Tránsito y Transporte. La Secretaría de Tránsito y Transporte cuenta con la siguiente estructura administrativa:

- Secretario de Tránsito y Transporte Municipal
- Subsecretario de Movilidad
- Subsecretario Operativo
- Coordinación Operativa y de Policía Judicial
- Jefe Oficina Jurídica
- Subsecretaria de Registro

Figura 5. Estructura Organizacional de la Secretaría de Tránsito y Transporte



Fuente: Secretaría de Tránsito y Transporte.

³² Ibíd.,

³³ Ibíd.,

4.2.3 Objetivos y estrategias.

Misión: “Es misión del Departamento Administrativo de Tránsito y Transporte Municipal, velar por la movilidad segura de las personas, animales y los bienes, en la vía pública y privadas abiertas al público”³⁴.

Tendrá como misión formular y desarrollar la política de tránsito y transporte en el municipio y el desarrollo de planes, programas y proyectos de uso de vías, de conformidad en el código Nacional de tránsito y transporte, y el código Terrestre automotor y demás regulaciones sobre el particular. Si también la de coordinar la relación con las empresas de transporte público colectivo e individual y asimilados; aplicar sanciones por infracciones y en general todo lo relacionado con el tránsito y transporte.

Visión: “Aumentar las actitudes de autorregulación y convivencia tolerante de los actores del tránsito y el transporte, que permitan un tránsito y transporte efectivo y seguro”³⁵.

Objetivos: “Regular, prevenir, sancionar y asistir técnicamente el tránsito y el transporte de los usuarios de las vías públicas o privadas abiertas al público en el municipio”³⁶.

4.3. ANTECEDENTES DEL TEMA

Sistema integral de transporte del Estado de Nueva York (NYDOT).

Con el uso de sistemas de información geográfica, en la plataforma **ArcINFO**, se creó un sistema que permite a los responsables de este departamento visualizar y analizar los distintos tipos de bases de datos con sus distintos métodos de referencia nacional; así, por ejemplo, es posible consultar la información sobre el estado de las distintas señales de tránsito existentes en su jurisdicción, al mismo tiempo despliega la información de accidentes registrados y la gravedad de los mismos.³⁷

³⁴ *Ibíd.*,

³⁵ *Ibíd.*,

³⁶ *Ibíd.*,

³⁷ HELVIA. Repositorio Institucional de la Universidad de Córdoba [en línea] <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/321/13079372.pdf?sequence=1> [Citado el 11 de Octubre del 2011]

El SIG también se utiliza para administrar los proyectos carreteros, visualizar espacialmente los programas de obras, y contribuye a definir los planes de inversión al evaluar los beneficios de cada proyecto en relación con los objetivos de mejoramiento y reducción de la congestión vial. En este sentido el sistema permite un módulo específico para el mantenimiento de los distintos equipamientos e infraestructura vial, generar modelos para las rutas alternas y accidentabilidad. En el manejo de los accidentes el sistema permite ubicar la ocurrencia de los mismos por tipo, severidad, horario, relación con la señalización, etc. Con lo cual los administradores pueden establecer causas probables, patrones espaciales de los eventos y recomendaciones para mejorar la seguridad vial.³⁸

SIG del departamento de transporte de Missouri (MoDOT). Otro ejemplo de utilización de los SIG, en tránsito y transporte, en 1995 el (MoDOT) creó una división específica para coordinar la información espacial de las áreas encargadas de tránsito y transporte del Estado.

El sistema de información geográfica de transporte de Missouri cuenta con la información por tipo de camino, jurisdicción, límite de velocidad, y a nivel de segmento, su historial de reparaciones, con la que se planea su mantenimiento; del mismo modo de datos, los cuales muestran espacialmente el inventario actualizado de señales de tránsito y accidentes, datos los cuales se utilizan para mejorar la administración vial, así mismo incrementar la seguridad y proporcionar información útil al usuario, inclusive por Internet.³⁹

Sistema de Información Geoestadística para el Transporte (SIGET) – México

En el cual el Instituto Mexicano de Transporte, con la asesoría académica del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México llevo a cabo el levantamiento del Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte (INIT), mediante el empleo de receptores del sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés) para la generación de la información geográficamente referenciada en campo y de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para su procesamiento posterior.⁴⁰

El objetivo central del SIGET fue el diseño estructurado del sistema informático para el registro, análisis y representación de la información geográfica y estadística asociada al sistema de transporte mexicano; diseñando y creando un

³⁸ *Ibíd.*,

³⁹ GIS IN TRANSPORTATION. Resources [en línea] <http://www.gis.fhwa.dot.gov/gisrow.asp> [Citado el 12 de Octubre del 2011]

⁴⁰ UNAM. División de Ingenierías Civil y Geomántica [en línea] <http://dictyg.fi-c.unam.mx/~disyp/lecturas/siget.pdf> [Citado el 12 de Octubre del 2011]

sistema de acceso que permite la consulta y representación de la información correspondiente al sector del tránsito y transporte.

Por otra parte, sistematiza el registro y actualiza la información georeferenciada relativa al transporte y su infraestructura, desarrollando un esquema metodológico y conceptual para la utilización del SIGET en las distintas unidades administrativas y organismos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y, en general, en las entidades del sector público y privado que puedan beneficiarse de su existencia.⁴¹

Sistema de Información Geográfica para la Secretaria de Tránsito y Transporte de Ibagué (SIGTTI) – Ibagué – Colombia. Esta es una iniciativa de la administración municipal de Ibagué con el propósito de poner a disposición de entidades gubernamentales, organismos de control y prevención y de la ciudadanía en general, información geográfica que sea útil en la toma de decisiones referidas a movilidad, seguridad vial y prevención de accidentes. Contribuyendo con ello, a la formulación de planes de tránsito y transporte más precisos, la optimización de estrategias de control y medidas de gestión más eficaces para esta ciudad.⁴²

Es un aplicativo que permite a los usuarios del sistema, la ubicación geográfica, de los datos básicos del sistema de tránsito de Ibagué, como límites de comuna, manzanas, ejes viales, focos de accidentabilidad, entre otros.⁴³

Permite además realizar consultas multitemáticas combinando los diversos temas que incluye el sistema de información geográfica tránsito y transporte de Ibagué (SIGTTI) por ejemplo la visualización de la relación de causalidad entre la accidentalidad y señalización para un punto geográfico determinado, señalización de un determinado eje vial, entre otros.⁴⁴

Teniendo en cuentas los antecedentes anteriores, en donde los SIG han significado una gran experiencia de aplicación exitosa y trascendente, para el análisis territorial de la infraestructura y operación del tránsito y transporte, tanto a nivel nacional como internacional; y en respuesta a la necesidad de la Secretaria de Tránsito y Transporte por obtener información precisa y actualizada sobre la localización del mobiliario, especialización de la accidentabilidad y condiciones operativas de la red vial en San Juan de Pasto, con la iniciativa de los

⁴¹ *Ibíd.*,

⁴² ALCALDÍA DE IBAGUÉ. Secretaria de Tránsito y Transporte [en línea] <http://customers.gkudos.com/ibague/sigtti/> [Citado el 03 de Septiembre del 2011]

⁴³ *Ibíd.*,

⁴⁴ *Ibíd.*,

investigadores y con colaboración de dicha entidad, se decide crear una herramienta geoinformática que sume en la solución del problema de diversificación y fragmentación de información en la Secretaría, coadyuvando con esto a la toma de decisiones, con base en el manejo relacional de las bases de datos en su expresión territorial, desde un ambiente gráfico de fácil manejo, con funciones de consulta y despliegue visual, análisis espacial y representación de cartografía.

4.4 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

4.4.1 Los Sistemas de Información Geográfica. “La necesidad de almacenar, manipular, analizar y actualizar espacial y temporalmente la información geográfica generó la necesidad de crear Sistemas de Información Geográfica capaces de cumplir con los diferentes requerimientos, de manera que el usuario pueda pasar de una cartografía análoga (en papel) a una cartografía automatizada que responda a diversas inquietudes espacio–temporales”⁴⁵.

En la actualidad, la tecnología en particular la informática, permite el desarrollo de sistemas automatizados de información de gran capacidad; en este ámbito se han generado herramientas para la manipulación computarizada de información geográfica, a los cuales se los denominan sistemas de información geográfica (SIG). Herramientas que estaban ligados en sus orígenes al manejo de grandes bases de datos y a la cartografía automatizada, pero en estos días los SIG por su naturaleza y capacidad de administrar información tanto espacial como no espacial de múltiples maneras y su flexibilidad, le garantiza un campo de acción. Y no solo hoy en día sino que también en un futuro inmediato. Con mucha más frecuencia y flexibilidad de la que estos, tienen en la actualidad.

Algunas definiciones. Pero es necesario definir claramente en que consiste un sistema de información geográfica. En la actualidad existen muchas definiciones de SIG, que dependen del país, escuela y enfoques, y no se puede decir que alguna resulte más adecuada que otra, sino simplemente que éstas responden a diferentes orientaciones según la perspectiva, circunstancia, aplicación o el punto de vista de sus autores.

De acuerdo con la definición de Star (1990) un SIG es un “sistema de información diseñado para trabajar con datos georeferenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas”⁴⁶.

⁴⁵ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Op. Cit., p. 2.

⁴⁶ STAR, J. *Geographic Information Systems*. Citado por GUTIÉRREZ Javier y GOULD Michael, SIG: Sistemas de Información Geográfica. Barcelona: Síntesis, 2000. p.30

A pesar de lo básico de la definición, en esencia es justamente un grupo de datos coordinados. Aunque cabe añadir que este tipo de sistemas posee la capacidad de analizar los datos por la que la definición más concreta del concepto se encontró en la definición hecha por *la National Center for Geographic Information and Analysis* (NCGIA) o Centro Nacional de Información Geográfica y el Análisis de los Estados Unidos.

“Un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelado y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas de planificación y gestión”⁴⁷. Esta última definición, aunque más larga, refleja fielmente el espíritu de un SIG. “Más que una base de datos, más que un punto referenciado en el espacio. Una herramienta para la resolución de problemas”.

Como se mencionó antes, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) actualmente se han convertido en una herramienta indispensable en los procesos de Ordenamiento Territorial y sobre juegan un papel preponderante en los procesos de planificación, convirtiéndose en instrumentos de uso indispensable, en las acciones encaminadas a planificar las ciudades, clarificando estrategias que ayudan a simplificar el manejo y el análisis de la información espacial. Permitiendo avances notables en la gestión de muchos problemas geográficos (infraestructura, catastro, transporte, seguridad, etc.) Los SIG son instrumentos tecnológicos de capacidades múltiples diseñados y habilitados para registrar y almacenar información geográfica, a partir de la cual se desarrollan y ejecutan la serie de funciones de análisis espacial que los distinguen. En consecuencia, son herramientas útiles a todas aquellas labores relacionadas con la planeación, el ordenamiento, la administración de procesos y actividades con la clara expresión territorial.

Los SIG ofrecen gran variedad de utilidades y aplicaciones relacionadas ordenamiento urbano y territorial. En este caso puntual se establece que su utilidad es almacenar, sistematizar y analizar la información del sistema de tránsito y transporte en San Juan de Pasto (catastro de señalización vertical, seguridad vial, accidentabilidad, análisis de redes, etc.)

El diseño y la implementación del SIG en la Secretaria de Tránsito y Transporte para las comunas uno y dos del área urbana de Pasto, presentara un conocimiento real del entorno geográfico, logrando una mejor planificación en cuanto a esta temática se refiere, permitiendo un adecuado aprovechamiento de los recursos económicos de la ciudad, ya que facilitara conocer de manera rápida las necesidades del sector en cuanto al sistema de transito y transporte, ayudando a verificar el estado de señales de tránsito, semáforos, sitios de accidentabilidad, seguridad vial y análisis de redes. El SIG pretende integrar y mantener actualizada

⁴⁷ *Ibíd.*, p. 31

la información de cada uno de los factores que lo integran, con el fin de analizar estadística y espacialmente las problemáticas de tránsito, transporte y seguridad vial cada una por separado o todas en conjunto.

4.4.2 Aplicaciones de los SIG. Existen 6 grandes tipos de interrogantes a las que un Sistema de Información Geográfica puede dar respuesta:

Tabla 5. Preguntas que responde un SIG.

Preguntas de	Descripción
LOCALIZACIÓN	¿Qué hay en? Siempre se consulta en un mapa o en una base de datos digital donde está un objeto. Ejemplo: ¿Qué hay en el polígono seleccionado?
CONDICIÓN	¿Dónde sucede que? Ejemplo: ¿dónde se ubican las escuelas rurales de un municipio?
EVOLUCIÓN	¿Qué ha cambiado desde? El análisis a través del tiempo permite pronosticar lo que sucederá en el futuro
PATRONES	¿Qué patrones espaciales existen en? Los fenómenos repetitivos son manejables por este tipo de sistemas, cada vez que existe algo que se repite, es porque siempre existe una causa. Ejemplo: ¿Dónde y a qué hora existe alta congestión vehicular?
MODELAMIENTO	¿Qué ocurriría si? Planteamiento de posibles escenarios modificando variables.
RUTAS	¿Cuál es el camino óptimo? (el más corto, más barato, más rápido) entre dos puntos a través de una red.

Fuente: IGAC 2005

Por estos motivos, se puede afirmar que cada vez los SIG son una herramienta más imprescindible para todas aquellas personas que utilizan información geográfica.

4.4.3 El transporte y los SIG. “El transporte es una actividad integradora del territorio, Permite al intercambio de bienes y servicios entre los habitantes, y de los habitantes mismos, en un espacio geográfico, siendo siempre relacionado con la economía, con la sociedad y el medio ambiente, por lo cual en el desarrollo de su planeación siempre ha requerido de datos con características y fuentes diversas”⁴⁸.

Los sistemas de información geográfica y tecnologías asociadas, se han constituido como herramientas indispensables en la toma de decisiones relativas a la planeación de transporte en sus distintas modalidades. Para Miller y Shaw” Los Sistemas de Información Geográfica para el Transporte (GIS-T) se refiere a los principios y aplicaciones de tecnologías de información geográficas a los problemas de transporte”⁴⁹. No obstante el común y creciente uso en el sector del tránsito y el transporte de estas tecnologías a nivel mundial, en Colombia son aún escasos los proyectos en los que estas herramientas han sido desarrolladas y aplicadas con esta temática. En este sentido el SIG para la Secretaria de Tránsito y Transporte del Municipio de Pasto, busca reunir las funciones necesarias para actuar como herramienta útil en el análisis espacial del tránsito y el transporte, debido a la naturaleza geográfica intrínseca de la mayoría de sus datos, “los SIG deben servir como base para la organización coherente de un sistema integrado de información en cualquier dependencia gubernamental”⁵⁰, en este caso la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal que es el organismo encargado de esta actividad.

El Especialista. Néstor Sáenz Saavedra señaló que.

El campo de los GIS-T es muy extenso (análisis de redes, evaluación de impactos ambientales, localización y análisis de accidentes, etc.). Sin embargo, recientemente, en el análisis, gestión y planificación de los transportes, debemos señalar dos características: la naturaleza multidimensional de los datos, que hace compleja la construcción de las bases de datos, y la introducción reciente de tecnologías de la información que han dado lugar, en los últimos años, los conocidos Sistemas de Transporte Inteligente (SIT)⁵¹.

⁴⁸ BACKHOFF, Miguel. Transporte y espacio geográfico. Una aproximación geoinformática. México D.F. UNAM. 2005.

⁴⁹ MILLER, H y SHAW, S. Sistemas de Información Geográfica para el Transporte: Principios y Aplicaciones. Nueva York: Oxford University Press. 2001.

⁵⁰ BACKHOFF, Miguel, Op. cit., p. 27.

⁵¹ ENTREVISTA con Sáenz, Néstor, Coordinador del Programa de Investigación en Tránsito y Transporte. (PIT). Bogotá, 17 Mayo 2011.

El transporte como actividad humana y medio de articulación e integración local, regional y nacional, es por naturaleza un fenómeno geográfico dada su clara expresión territorial. De aquí la dimensión espacial del transporte sea inobjetable y adquiere la categoría de elemento fundamental en los procesos de planeación.

Bajo estas premisas, cabe la posibilidad de intervenir y modificar la organización del territorio para mejorar el tránsito y el transporte en San Juan de Pasto, con una acción conjunta entre la conceptualización, reconocimiento, espacialización y análisis de los datos y sucesos relacionados al sistema de tránsito local, a través del desarrollo del sistema de información geográfica para la Secretaria de Tránsito y Transporte del Municipio de Pasto.

4.4.4 Teoría de Redes. Geográficamente el concepto de red, se vincula en primera instancia con el factor distancia. Ávila sostiene “Que en un sistema denominado red, es un conjunto de elementos materiales e inmateriales, ondas o informacionales, que aseguran la relación de diferentes lugares de un territorio y de las entidades que lo ocupan”⁵².

La complejidad entre los flujos de movilidad y redes actuales de transporte en San Juan de Pasto, hace necesario que la información sobre los aspectos operativos y los procesos de planeación, organización, gestión y evaluación del transporte se realicen utilizando sistemas eficientes de manejo y análisis de información. Bosque, afirma que la importancia del análisis de redes de comunicación mediante el uso de SIG. Se centra en que “una Red es un sistema interconectado de elementos lineales, que forman una estructura espacial por la que pueden pasar flujos de algún tipo”⁵³. Por otra parte, Comas y Ruiz, define a esta como “un sistema interconectado de líneas por la que se desplazan una serie de elementos como personas, bienes y recursos”⁵⁴.

La red vial comprendida en su totalidad y estructurada frente a la planificación urbana, genera circuitos de transporte de personas que se movilizan desde un punto a otro, este circuito estructurado desde su origen hasta el destino más la sucesiva utilización del mismo, ya sea por uno u otro elemento que se moviliza, genera dentro de la teoría de redes las denominadas redes de movilización, que

⁵² AVILA, Álvaro. El transporte de pasajeros en las ciudades del tercer mundo. Bogotá: Universidad La Gran Colombia, 1982.

⁵³ BOSQUE, J. Sistemas de Información Geográfica. Madrid: Rialp. S.A., 1992. p. 58.

⁵⁴ COMAS, David y RUIZ, Ernest. Fundamentos de los sistemas de información geográfica. Barcelona: Ariel, 1993. p. 45.

se componen según Ávila “Por una serie de arcos conectados, que tienen un origen y un destino, así como una impedancia propia.”⁵⁵

Por ello, un SIG es una alternativa óptima para el análisis espacial de las redes de transporte, convirtiéndose en un instrumento de consulta sobre la red vial (sentidos, flujos, jerarquía); para el cálculo en las propiedades de la red (conectividad, longitud, selección de ruta óptima); para la gestión del tráfico. Por tal motivo, Las ventajas que supone el empleo de un SIG para la administración y procesamiento de la información espacial de las redes de transporte.

4.4.5 Accidentes de Tránsito. En la actualidad el estilo de vida de la comunidad en las urbes, es él es el factor que contribuye a determinar las causas de morbilidad que se manifiestan es hechos como: los accidentes de tránsito que ocurren en la vía pública.

Los sistemas de transporte constituyen en el elemento principal y fundamental para el desarrollo social y económico, no solo en Pasto, sino de cualquier parte de Colombia y el mundo. En particular la red vial, en donde vehículos como transeúntes transitan. Sin embargo, la función económica de cualquier modo de transporte solo puede realizarse de manera óptima en medida de que el traslado de personas y bienes se efectuó de manera rápida, confiable y segura.

Rey define a los accidentes de tránsito como "El hecho o circunstancia no intencional que ocurre en la vía pública, cuando el usuario (peatón -conductor) se encuentra circulando y que, por alguna circunstancia personal, de la vía o del vehículo- sufre daño psíquico, físico y material"⁵⁶.

Desde esta perspectiva, las condiciones físicas de donde reside la población de San Juan de Pasto y el desarrollo de los transportes que ha permitido una mayor movilidad de vehículos como de transeúntes, por motivos laborales o por adquisición de bienes y servicios. Estos recientes y abundantes desplazamientos han incrementan el riesgo de accidentes de tránsito, involucrando a toda la sociedad en esta problemática. Motivo por el cual la Secretaria de Tránsito y Transporte, debe enfrentar este problemática para lograr una movilidad más segura en la ciudad.

“Los accidentes de tránsito constituyen sucesos ocurridos en vía pública, en el que interviene uno o más vehículos y de los que resultan daños a las personas y/o a

⁵⁵ AVILA, Álvaro. Op. cit., p.35

⁵⁶ REY, Carlos. Las Condiciones Ambientales de la vida urbana. El tránsito como generador de riesgo de accidentes en la ciudad de Resistencia. Tesis de Maestría en Gestión Ambiental y Ecología. Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 1999. 195 p.

las cosas, derivan de situaciones fortuitas ajenas a la voluntad del agente, de situaciones relacionadas con la imprudencia, negligencia e inobservancia de las leyes”⁵⁷.

Si se parte del supuesto que los accidentes de tránsito no son eventos totalmente aleatorios e inevitables, gran cantidad de ellos mismo podrían evitarse, al considerar que para la prevención requiere conocer, no solo la situación referente a los vehículos involucrados en el siniestro, al conductor y la infraestructura vial, sino también a las características particulares del entorno geográfico y socioeconómico en donde ocurren los accidentes.

De hecho en San Juan de Pasto, poco se sabe de los sitios más peligrosos para la circulación de vehículos y de peatones en la red vial urbana, información que debería ser de total dominio de los entes gubernamentales y de seguridad, para empezar a conocer el problema, concientizarse de su gravedad, y pasar así del conocimiento pasivo a un conocimiento activo y preventivo con el fin de disminuir los accidentes de tránsito en la ciudad.

Por lo cual el estudio de los patrones territoriales y los eventos analizados permitiría identificar los sitios en donde los accidentes se presentan de manera recurrente. Por lo cual el proponer el uso de la tecnología SIG para analizar la distribución de los accidentes en las vías de las comunas 1 y 2 de San Juan de Pasto, pretende el estableciendo un marco general que facilite el análisis integral de la accidentabilidad en el área urbana de Pasto.

4.4.6 Movilidad. En las urbes en general, el sistema de tránsito y transporte se convierte en un elemento clave para las administraciones, en términos de planificación, la cual garantice el normal desplazamiento tanto de vehículos como de transeúntes, debido a la necesidad de la población por desplazarse.

Para Rey y Cardozo, “A mayor capacidad de movilización de los individuos de una sociedad, más capacidad de desarrollar las potencialidades de estos individuos así como de sus actividades y empresas productivas”⁵⁸.

San Juan de Pasto no ha sido ajeno a las problemáticas de movilidad, esto debido a factores como la escasa oferta vial, el crecimiento del parque automotor, transporte público ilegal, baja sensibilidad ciudadana al momento de transitar en la ciudad, intervención estructural de la malla vial, etc. Haciendo que la movilidad urbana en el municipio sea una de las variables fundamentales a tener en cuenta

⁵⁷ *Ibíd.*, p.54

⁵⁸ REY, Celmira E. y CARDOZO, Osvaldo. Vulnerabilidad en Situaciones de Movilidad Urbana. Criterios Teóricos e Indicadores Válidos para su Estudio: Corrientes: Eudene, 2007.

a la hora de plantearse objetivos de desarrollo sostenible en la ciudad. “La repercusión de la movilidad sobre la calidad de vida de los ciudadanos es de gran importancia ya que afecta a una amplia variedad de aspectos, tanto de índole ambiental como social: la calidad del aire, la calidad del espacio público, la seguridad vial y la integración social son algunas de ellos”⁵⁹.

No obstante, la movilidad es muy compleja en la que intervienen desde el diseño urbanístico de la ciudad, hasta las costumbres y estilo de vida de sus habitantes.

4.4.7 Seguridad vial. El principal propósito de la seguridad vial es que el usuario realice su maniobra fluidamente sin incidentes ni accidentes que perjudiquen su integridad o la del vehículo. Sin embargo, “A medida que el entorno de una calle o carretera existente empieza a cambiar, debido principalmente al desarrollo, se nota claramente el aumento del volumen del tránsito, la mayor velocidad de los vehículos, el crecimiento de la población, mayor actividad comercial y económica, etc.”⁶⁰; lo que implica que la seguridad de la vía se vaya deteriorando, por esta razón es necesario asesorar con el fin de añadir oportunamente, las medidas preventivas que permitan una disminución de la probabilidad de accidentes, obteniendo así una ruta con el nivel de seguridad óptimo para cualquier tipo de maniobra. Este efecto también es válido para vías nuevas.

La seguridad vial es una importante área de estudio por razones tanto humanitarias como de salud pública y económica. Según la información proporcionada por la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal. En San Juan de Pasto, en especial en las comunas 1 y 2, este problema es muy crítico. En el área de estudio, el crecimiento de accidentes entre 2005 y 2010 entre 38% a un 45%. Por tal motivo es de gran necesidad buscar alternativas que contribuyan a realizar un diagnóstico sobre el problema de la seguridad vial en la ciudad y así poder tomar medidas preventivas y correctivas que ayuden a solucionarlo.

4.5 MARCO LEGAL

El marco legal, hace referencia a todas las disposiciones legales vigentes en el país, que muestren pertenencia y correlación normativa durante el desarrollo del proyecto.

⁵⁹ *Ibíd.*, p. 48.

⁶⁰ COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 769. (06, Agosto, 2002). Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. Bogotá, D.C.: 2002. p. 22.

4.5.1 Constitución Nacional. La carta magna establece los principios, derechos colectivos e individuales de obligatorio cumplimiento dentro del territorio, además de ser el marco principal en los procesos de manejo, ordenación, planificación y administración del este territorio.

En el Título II de la Constitución Nacional, De los Derechos, las garantías y los Deberes. Capítulo I, De los Derechos Fundamentales establece en el Artículo. 24, el derecho fundamental a la libertad de locomoción en los siguientes términos: “Todo colombiano, con las limitaciones que establezca la ley, tiene derecho a circular libremente por el territorio nacional, a entrar y salir de él, y a permanecer y residenciarse en Colombia”⁶¹.

La Carta Magna, en su Artículo. 82, establece que es deber del Estado velar por la “protección de la integridad del espacio público y por su destinación al uso común, el cual prevalece sobre el interés particular”⁶².

4.5.2 Ley 388 de 1997. La cual dicta las disposiciones para el Ordenamiento Territorial Municipal, y define a este proceso como el conjunto de acciones político administrativas y de planificación concertadas, emprendidas por los municipios, distritos y áreas metropolitanas en ejercicio de su función política, dentro de los límites establecidos por la constitución nacional, disponiendo de los instrumentos eficientes para direccionar el desarrollo territorial bajo su jurisdicción.

Para la Ley 388/1997. En el Capítulo 1 Objetivos y Principios Generales, Artículo. 3, dispone la función pública del urbanismo dentro del ordenamiento del territorio constituye en su conjunto una función pública. Para el cumplimiento de distintos fines como:

“Posibilitar a los habitantes el acceso a las vías públicas, infraestructuras de transporte y demás espacios públicos, y su destinación al uso común, y hacer efectivos los derechos constitucionales de la vivienda y los servicios públicos domiciliarios.”⁶³.

En cuanto que en el Capítulo 3, Planes de Ordenamiento Territorial, Artículo.13 relacionado al contenido del componente urbano del Plan de Ordenamiento Territorial, establece como instrumento de gestión urbanística.

⁶¹ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Constitución Política de 1991. (4, Julio, 1991). Bogotá, D.C.: 1991. p. 4-139.

⁶² *Ibíd.*, p. 20.

⁶³ COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 388. (18, Julio, 1997). Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. Ibagué., 1997. p. 3-78.

La localización y dimensionamiento de la infraestructura para el sistema vial, de transporte y la adecuada intercomunicación de todas las áreas urbanas y la proyectada para las áreas de expansión; la disponibilidad de redes primarias y secundarias de servicios públicos a corto y mediano plazo; la localización prevista para los equipamientos colectivos y espacios libres para parques y zonas verdes públicas de escala urbana o zonal, y el señalamiento de las cesiones urbanísticas gratuitas correspondientes a dichas infraestructuras⁶⁴.

4.5.3 Ley 769 de 2002. En su Artículo.565. Define demarcación y señalización vial. Dicta la reglamentación y características técnicas de la demarcación y señalización de toda la infraestructura vial y responsabiliza a los organismos de tránsito en su respectiva jurisdicción para su aplicación y cumplimiento. Para el cumplimiento de este artículo, el Ministerio de Transporte expidió el Manual de Señalización, Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia, en mayo del 2004.

La Ley en el Capítulo X, en el Artículo. 105⁶⁶, correspondiente a la Clasificación y Uso de las Vías determina la clasificación y prelación de las vías tanto urbanas como rurales, además de autorizar a las autoridades de tránsito competentes, por medio de resolución señalar las categorías correspondientes a las vías urbanas, cualquiera que sea su denominación.

El Código Nacional De Tránsito en el Capítulo XII⁶⁷. Referente a las señales de tránsito, en su Art. 109 – 110 – 111- 112 – 114 – 115; se refiere a obligatorio obediencia de las señales de tránsito, su clasificación, jerarquización y reglamentación de estas señales para todo el Territorio Nacional.

4.5.4 Ley 361 de 1997. Por la cual se establecen mecanismos de integración social de las personas con limitación. En su Art.63 – 64⁶⁸; acuerda las normas destinadas a facilitar el transporte, desplazamiento y accesibilidad en las vías públicas las personas a quienes aplica esta ley.

⁶⁴ *Ibíd.*, p.11.

⁶⁵ COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 769. (06, Agosto, 2002), *Opcit.*, p. 14.

⁶⁶ *Ibíd.*, p. 50.

⁶⁷ *Ibíd.*, p. 52.

⁶⁸ COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 361. (06, Febrero, 1997). Por la cual se establecen mecanismos de integración social de las personas con limitación y se dictan otras disposiciones. *Diario oficial*. Bogotá, D.C., 1997. no. 42.978. p. 25- 28.

4.5.5 Decreto 3496 de Diciembre 26 de 1983. Por el cual el Ministerio de Hacienda y Crédito Público reglamenta parcialmente la Ley 14 de 1983 y se dictan otras disposiciones. Se refiere a la actualización de la cartografía y la fijación de la nomenclatura vial y domiciliaria. Además de reglamentar el inventario o censo, debidamente actualizado y clasificado, de bienes inmuebles pertenecientes al estado y a los particulares, con el fin de lograr su correcta identificación física, jurídica, fiscal y económica.⁶⁹

4.5.6 Plan de Ordenamiento Territorial – Acuerdo N° 026 (octubre 13 de 2009)
De la alcaldía de Pasto, por el cual se realiza la revisión ordinaria y ajustes del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Pasto, adoptado mediante Decreto 0084 de 2003 y se dictan otras disposiciones⁷⁰.

4.5.7 Resolución 068 de 28 de Enero de 2005. Por el cual se reglamenta la adopción como único Datum oficial de Colombia. El Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNA-SIRGAS71

⁶⁹ COLOMBIA, MINISTERIO DE HACIENDA Y CREDITO PÚBLICO. Decreto 3496 (26, diciembre, 1983). Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 14 de 1983 y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C., El Ministerio, 1983.

⁷⁰ Colombia, Alcaldía de Pasto.

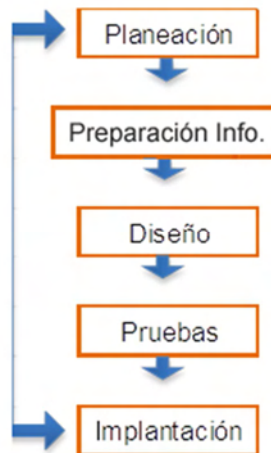
⁷¹ IGAC. Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNA SIRGAS, COLOMBIA – Avances 2005. [en línea]<http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol09/07_Martinez_Colombia.pdf> [Citado el 11 de Abril del 2011]

5. METODOLOGÍA

El proceso metodológico que se presenta a continuación, corresponde al desarrollo sistemático de cada una de las fases y etapas, por las cuales se diseña y construye el sistema de información geográfica, para la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal de Pasto.

El diseño y la implementación de un SIG, requiere de un proceso que debe llevarse a cabo de manera lógica y organizada de tal modo que garanticen el correcto funcionamiento del mismo.

Figura 6. Fases de desarrollo de un SIG.



Fuente: esta investigación.

El desarrollo de la investigación se basó en estas cinco fases, las cuales a su vez están compuestas de una serie de actividades que se describirán a continuación.

5.1 FASES DE PLANIFICACIÓN

El objetivo de esta fase consiste en elaborar, los objetivos que deberán alcanzar con el SIG, identificar las necesidades de la organización, quienes son los usuarios, identificación de los datos e información relevante, identificación del software que se va a utilizar.

5.1.1 Reconocimiento del área de estudio. En consenso con la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal, se delimito el área perteneciente a las comunas 1 y 2 las cuales pertenecen al sector centro de la ciudad como zona de estudio.

La Secretaria de Planeación Municipal, facilito la información cartográfica base de San Juan de Pasto, con la cual se realizó el reconocimiento del área de estudio logrando esquematizar los barrios para cada una de las comunas, tomando como eje las calles y carreras de la ciudad para dar orden al trabajo y lograr adquirir el levantamiento de información primaria de las señales verticales, semáforos y malla vial de la ciudad efectuada en el trabajo de campo.

5.1.2 Recopilación de Información Secundaria. Para el diseño del SIG para la Secretaria de tránsito y transporte de Pasto, fue necesario recopilar de información secundaria pertinente, realizando un listado la información que requería la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal, recopilando datos e información especializada existente como: cartografía, bases de datos de accidentalidad, listados de señalización, semaforización, manuales y malla vial. Las que fueron adquiridas en las Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal como en la Secretaria de Planeación Municipal.

5.1.2.1 Recopilación de insumos cartográficos.

- Mapa base de San Juan de Pasto. Cartografía digital en formato DWG. (AutoCAD), fue adquirida en la Secretaria de Planeación.
- Mapa de sentido vial de San Juan de Pasto. Cartografía digital en formato DWG. (AutoCAD), adquirida en la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal.
- Mapa del Sistema vial urbano. Cartografía digital en formato DWG. (AutoCAD), se obtuvo por parte de la Secretaria de Planeación.
- Mapa cartografía proyecciones viales. Cartografía digital en formato DWG. (AutoCAD), obtenida de la Secretaria de Planeación Municipal.

5.1.2.2 Recopilación de bases de datos.

- Bases de datos de Accidentabilidad. Suministrada por la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal, contiene Información de la accidentabilidad ocurrida en el municipio de Pasto.

- Bases de datos Instalación Señales totalidad 2011. Suministrada por la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal, contiene información de la instalación de señales de tránsito vertical y semáforos en el año 2011.
- Bases de datos Inventario Vial. Obtenido de la secretaría de Tránsito y Transporte Municipal. contiene información de la malla vial de San Juan de Pasto.

5.1.3 Recopilación de Información Primaria. El levantamiento de la información primaria se hizo mediante trabajo de campo, Iniciando con el barrido desde la carrera 7 hasta las carrera 30 y desde la calle 22 hasta la Avenida Panamericana abarcando el total del área de estudio. Con el fin de complementar la información técnica, cartográfica y catastral por medio de trabajo en terreno.

5.2 PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Siendo el segundo paso en el sistema clásico. Su propósito es “el análisis de toda la información recopilada y definir las necesidades y prioridades de la construcción del nuevo sistema”⁷². En esta actividad se va a determinar la información pertinente para el sistema, realizando el análisis necesario de los datos en cuestión de focos de accidentalidad, señalización vertical, semaforización, malla vial, entre otros, el cual permitirá elaborar un diagnóstico para cada uno de ellos y posteriormente elaborar de la base de datos.

5.3 FASE DE DISEÑO

Se elaborara el modelo de datos que constituya al SIG, estructurando la base de datos espacial y temática y concretando todos los procesos que este, de tal manera que satisfagan los requerimientos de los usuarios, definiendo los objetos principales a ser representados en el SIG, definiendo las entidades con sus atributos y las relaciones de las mismas entre sí.

Se procederá a exportar la cartografía en formato DWG, al Software escogido para la elaboración del proyecto. Los cuales se someterán a la respectiva corrección y actualización que ameriten con el propósito de exportarlos al software ArcGIS 10 y Una vez importado el plano digital y la base de datos. Se unirán a partir de un identificador. Para si poder realizar las consultas tanto de la información gráfica como le la información alfanumérica.

⁷² WHITTEN; BENTLEY y BARLOW. Op. cit., p. 52

5.4 FASE DE PRUEBA

En esta fase se conoce en realidad los resultados del sistema. Con pruebas como un proceso cíclico que debe dar como resultado el cumplimiento de los objetivos propuestos en la fase de planeación, y, basado principalmente en realizar una serie de pruebas al sistema, tanto en el funcionamiento como de calidad, con el propósito de corregir cualquier tipo de error existente tanto a nivel gráfico como en las bases de datos.

5.5 FASE DE IMPLEMENTACIÓN

Esta fase consolida la instalación y puesta en marcha del SIG y el inicio de la operación del sistema por parte de los técnicos de la Secretaría de Transito y Transporte Municipal.

Figura 7. Secuencia metodológica para DISEÑO de un Sistema de Información Geográfica para la Planificación del Sistema de tránsito y Transporte en las comunas 1 y 2

6. PLANEACIÓN

Una de las primeras inquietudes planteadas por el personal perteneciente a la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal, fue la ausencia de un sistema de información que les permitiese tomar decisiones de manera rápida. La petición expresa de la institución fue contar con la mayor cantidad de datos en formato digital posible, por lo cual se elabora un listado conjunto con el futuro encargado del manejo y actualización del sistema, Ingeniero Contratista Juan Manuel Escobar G. El cual contaba con los datos que podrían ser recopilados y utilizados para la elaboración el sistema.

Se informó al personal de la Secretaria que existía el interés de diseñar un Sistema de Información Geográfica, que permitiera contar con la información requerida.

Una vez que el Secretario de Tránsito y Transporte Municipal, Sr. Luis Alfredo Burbano Fuentes dio el visto bueno a ésta iniciativa y se otorgaron todas las garantías para que el trabajo fuera desarrollado sin mayores contratiempos, se nombró al Ingeniero Contratista Juan Manuel Escobar G. como coordinador del sistema y la Secretaria, el cual superviso el correcto funcionamiento del proceso de implementación del sistema en la Institución.

El proceso completo tomaría alrededor de ocho meses. Específicamente entre meses de Marzo a Octubre. Desde las primeras reuniones hasta la entrega del sistema y la presentación de los resultados obtenidos.

6.1 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se eligió como área de influencia para este estudio las Comunas Uno y Dos de la zona urbana del municipio de Pasto, el área de estudio se reconoció con la información proporcionada por la Secretaria de Tránsito y Transporte. Tomando como base la cartográfica del casco urbano del Municipio Pasto que a su vez fue facilitada por la Secretaria de Planeación. El área de estudio se delimito tomando como referencia la división comunal existente en el plano cartográfico (0-MAPA BASE URBANO-2009.dwg), tomando desde la Carrera 7 con Calle 22 y desde la Calle 21 con Carrera 9 hasta Carrera 9 con Calle 12 en la Comuna Dos por el sur. y tomando desde la Calle 22 Bis con carrera 30 hasta la calle 16 con Carrera 30 y desde la Calle 14 con Carrera 30 A hasta la Carrera 30 A con Calle 13 en la Comuna Uno por el Norte. Y de oriente a occidente desde la Calle 22 hasta la Avenida Panamericana.

Una vez identificada el área de estudio en la cartografía base, se procedió a cortar el archivo DWG (CAD), para facilitar el diseño de los recorridos a realizar en la etapa de trabajo de campo para el censo de señales de tránsito verticales y semaforización existente en la zona.

6.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.

En base al listado inicial de información que requería la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal, se procedió a recopilar los datos. Los cuales se deberían ser obtenidos de las siguientes maneras.

6.2.1 Recopilación de información secundaria. Para posibilitar la obtención de una línea base confiable y adecuada de información existente en las distintas entidades para el desarrollo del proyecto se realizó un inventario de los datos disponibles. Siendo la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal la fuente principal para la obtención de información secundaria, la cual serviría como sustento y apoyo para el diseño del sistema. Entre las que destacamos los siguientes.

6.2.1.1 Revisión de la cartografía base de San Juan de Pasto. Mediante carta entregada a la Secretaria de Planeación, se solicitó la entrega de la información referida a la cartografía realizada en la revisión y ajustes del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) llevada a cabo en el año 2009. La cartografía fue adquirida como archivo digital en formato DWG (0-MAPA BASE URBANO-2009.dwg) la cual contiene información de la ubicación de las manzanas, límites comunales, red vial y sitio de interés.

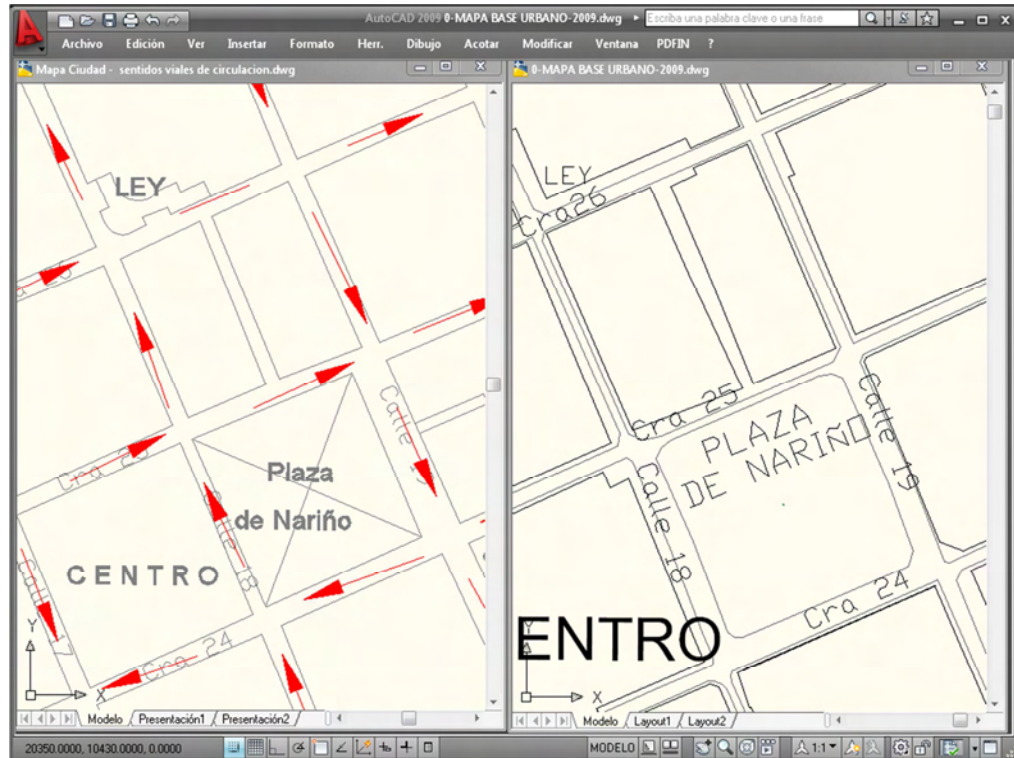
6.2.1.2 Revisión de la cartografía de sentido vial de San Juan de Pasto. Mediante visita al Ingeniero Civil Juan Manuel Escobar G. se solicitó la información correspondiente al direccionamiento vial de la ciudad. Información que fue entregada en formato DWG (Mapa Ciudad - sentidos viales de circulacion.dwg), la contiene la nomenclatura vial de la totalidad de la malla vial urbana y el direccionamiento vial de la misma.

La cartografía obtenida no coincidía gráficamente con la cartografía adquirida de la Secretaria de Planeación. Por lo cual solo se tomó en cuenta para el diseño del sistema las capas:

- SENTIDOS – UNICOS SENTIDO
- SENTIDOS – DOBLE SENTIDO

El direccionamiento vial igualmente fue corroborado en el trabajo de campo.

Figura 8. Inconsistencias graficas cartografía vial – cartografía base.



Fuente: esta investigación.

En la imagen anterior se puede observar detalladamente las inconsistencias anteriormente mencionadas.

6.2.1.3 Revisión de la cartografía del Sistema vial urbano. Mediante solicitud escrita la Secretaria de Planeación facilito esta información en cartografía digital formato DWG. (8-SISTEMA VIAL URBANO. Dwg), archivo que proporciona información del sistema vial urbano y la jerarquización de la malla vial.

6.2.1.4 Revisión de la cartografía proyecciones viales. Cartografía digital en formato DWG. (8ª-PROYECCIONES VIALES-ULTIMO. Dwg), facilitada por la Secretaria de Planeación Municipal. Archivo que contiene la proyección vial para San Juan de Pasto.

Esta información no fue tomada en cuenta para el desarrollo del sistema, ya que actualmente estas obras se encuentran en fase de diseño y ejecución. Y el sistema está enfocado hacia la representación de la realidad actual del área de estudio. Pero es importante resaltar que al momento que esta realidad cambie, el sistema es capaz de adaptarse a ella con la respectiva actualización gráfica y de las bases de datos

6.2.1.5 Revisión del Listado General de Accidentabilidad. Mediante visita realizada por el Ingeniero Civil Juan Manuel Escobar G. a la Subsecretaria Operativa de Tránsito y Transporte, se solicitó la base de datos con la totalidad de accidentes de tránsito ocurridas en el municipio de Pasto, los cuales fueron atendidos por esta dependencia de la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal.

La base de datos fue entregada en formato Excel (Listado General Accidentalidad.xls) y contenía la totalidad de los accidentes ocurridos en el Municipio de Pasto desde el año 2005 hasta la actualidad. Los datos contenidos en las bases de datos van desde información referente al accidente, características del sitio de ocurrencias, agente que atendió el accidente e información de índole administrativo.

Los datos fueron depurados solo teniendo en cuenta la información requerida por los usuarios del sistema y los accidentes ocurridos en la comuna 1 y 2 pertenecientes al área de estudio.

6.2.1.6 Revisión del Listado de Instalación Señales totalidad 2011. Luego de una reunión con el Ingeniero Civil Juan Manuel Escobar G. se hizo entrega de las bases de datos correspondiente a la instalación de señales de tránsito verticales para el año 2011, adquirida en formato EXCEL (Instalación Señales totalidad 2011.xlsx).

Información relevante para el censo de la señalización vertical en el área de estudio, ya que contiene información referente a la ubicación de cada una de las señales instaladas en las comunas Uno y Dos.

6.2.1.7 Examinar el Inventario Vial. Esta información fue adquirida en la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal en formato EXCEL (Inventario Vial.xls). Información que se deriva del inventario vial realizado por la Secretaria en el año 2007.

6.2.2 Información primaria. Para el proceso de levantamiento de información primaria, fue necesario realizar un estudio previo del área de estudio, el cual permitiera generar un plan sistemático de barrido, que facilitaría tener un control efectivo de levantamiento de información.

El trabajo de terreno, se llevó a cabo para realizar el censo (cualitativo y cuantitativo), debidamente actualizado y clasificado del mobiliario urbano de tránsito de las comunas 1 y 2 de la ciudad, con el propósito de levantar información temática del estado de conservación de cada uno de los elementos componentes del SIG (señales verticales, semáforos y malla vial), y así poblar las bases de datos relacionales, todo esto acompañado del registro fotográfico del total de las señales verticales y semáforos catastradas.

La Secretaria de Tránsito y Transporte proporciono los materiales necesarios para el levantamiento de información en campo como: la cartografía base del área de estudio, cinta métrica, formatos de recolección de información con los datos a tomar y con la información adicional para capturar en terreno y chalecos distintivos de la Secretaria, elementos indispensables al momento de realizar el levantamiento de información primaria.

6.2.2.1 Inventario de Señalización Vertical. Se realizó la visita a terreno, con el objetivo de realizar el diagnóstico de la señalización vertical, para lo cual en colaboración con el Ingeniero Juan Manuel Escobar G, se elaboró e formato para la recolección de la información (Anexo A), el cual permitiría especificar claramente los datos a levantarse en campo como:

- Tipo de señal
- Código de señal
- Estado de conservación del tablero
- Requerimientos de la señal
- Estado de la cruceta
- Uso de suelo aledaño
- Observaciones.

Mediante recorridos a pie, se realizó la visita a cada una de las señales de tránsito verticales, emplazadas en las comunas Uno y Dos con el objetivo de realizar el diagnóstico de la ubicación, el estado, requerimientos y el registro fotográfico de la totalidad de las señales de tránsito. Para luego elaborar una base de datos la cual se cargue al SIG, y realizar el análisis de señalización en el área de estudio. Este proceso se llevó a cabo siguiendo la clasificación de señalización del Ministerio de Transporte.

6.2.2.2 Inventario de Semaforización. Para realizar levantamiento de la información concerniente a la semaforización en el área de estudio, se elaboró el formato de recolección de información conjunto con la Secretaria de Tránsito y Transporte (Anexo B), el cual contaba con una amplia gama de datos a recolectar como:

- Tipo de semáforo
- Ubicación del soporte
- Estado y conservación
- Tipo de iluminación
- Secuencia de encendido y apagado de luces
- Controlador
- Cableado
- Usos de suelo aledaño
- Observaciones

Esto permitió tener un control efectivo del levantamiento de información en campo para el diagnóstico de la semaforización del área de estudio.

6.2.2.3 Inventario de la Malla Vial. Con el fin de llevar a cabo el inventario de las vías pertenecientes al área de estudio, fue necesario generar un formato para el levantamiento de información general de todas y cada una de las vías que constituyen la malla vial de las comunas uno y dos (Anexo C).

La información a levantar en el trabajo de campo fue:

- Tipo de vía
- Nomenclatura principal
- Generador de la vía (quien genera la nomenclatura de la vía)
- Nombre de la vía (si existe nombre característico de la vía)
- Sentido de flujo de la vía

Realizado el catastro de señalización, semaforización y malla vial en las comunas Uno y Dos, la información cuantitativa y cualitativa recolectada se registraron en bases de datos para cada uno de los elementos en formato EXCEL, para su posterior conversión a shapefile y carga al SIG.

Presentada inicialmente la metodología utilizada y en la primera etapa se describe la situación actual y se concluye con el diagnóstico en el que de manera resumida se encuentra que:

- ✓La cartografía no es actualizada en forma sistemática.
- ✓Las bases de datos de señalización facilitadas no concuerdan con la realidad, ya que muchas de las señales registradas en dicha base de datos o se encontraban instaladas.
- ✓La nomenclatura de la cartografía digital facilitada, presenta errores en las toponimias correspondientes a direcciones de algunos tramos viales.

7. PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información recolectada de fuentes secundarias y primarias en formato digital o cualquier otro tipo de almacenaje no digital de relevancia para el trabajo comenzó a ser analizada, para su posterior procesado en bases de datos.

En particular aquella reunida durante el trabajo en campo y la obtenida en las distintas reuniones con el personal de la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal.

7.1 DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

El depurado de la información se realizó principalmente a los datos adquiridos en la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal. Mucha información no tenía un orden y una sistematización adecuada para su fácil manejo, Esto debido a que muchos datos existentes en dichas bases eran relevantes o se encontraban sin homologar desde sus inicios.

La depuración de esta información se realizó con el fin de preparar los datos recolectados en campo como en distintas fuentes de información. Con la finalidad de que cumplan con las especificaciones técnicas y de calidad para su futura sistematización e integración a las bases de datos para el diseño del sistema.

La cartografía digital en formato CAD, fue tratada debido a que presentaba errores de digitalización, además su estado desactualizado no nos proporcionaba información necesaria para la ejecución del proyecto. Una vez identificados los errores se realizó las correcciones necesarias y lograr que presente las condiciones y características óptimas, que el programa ArcGIS exige:

- Para el área de estudio se cerró los polígonos de la capa (01-Paramentos, en formato CAD) logrando que queden completos los polígonos de las áreas de las manzanas.
- En la Comuna 1 se modificó los polígonos de los separadores viales de la Carrera 27 con Calle 11, esto debido a que dicho separador se encontraba desactualizado.
- En la Comuna 2 se corrigió los separadores de la Avenida Boyacá, Avenida Champagnat, Avenida Julián Buchely, Avenida Idema y Avenida Colombia.

8. FASE DE DISEÑO

Para llevar a cabo el diseño y futura implementación del SIG, fue necesario cumplir con los requerimientos definidos por los futuros usuarios y por los diseñadores. En base a éstos se realizara el diseño de la bases de datos geográfica.

Tabla 6. Análisis de requerimientos.

Requerimientos	Detalle	
Necesidades de los usuarios	• Recopilación y clasificación de la información existente en la Secretaria de Tránsito y Transporte.	
	• Integrar la información alfanumérica con la información geográfica.	
	• Generar una herramienta que permita realizar consultas para obtener información de las bases.	
	• Establecer puntos críticos de accidentabilidad en la ciudad.	
	• Implantar la metodología para que el SIG pueda abarcar el resto de las comunas.	
Necesidades del sistema	Hardware	Software
	• Procesador: Quad-core Intel	• Sistema Operativo: Windows XP
	• RAM: 4 GB	• ArcGIS 10 – ArcINFO
	• Tarjeta Gráfica: AMD Radeon HD 1GB	• ArcGISDesktop10sp1
	• Tarjeta de Red	• Python 2.6.x
	• Disco Duro: 500 GB	• Extensiones ArcGIS (Dynamic Charting)
Funcionalidad del sistema	• Información clasificada para su fácil manejo.	
	• Despliegue de información grafica y alfanumérica.	
	• Integración de bases alfanuméricas para realizar consultas.	
	• Filtros que permitan realizar consultas específicas.	
	• Anadir información en las bases de datos (geográfica y alfanumérica)	
Frecuencia de actualización	• Geográfica: mensual	
	• Alfanumérica: mensual	

Fuente: esta investigación.

Una vez establecidos los requerimientos, se elaboró el modelo de datos que estructura el SIG, verificando y controlando la calidad de los datos. Seleccionando los datos definitivos que se van a utilizar para la creación de las capas de

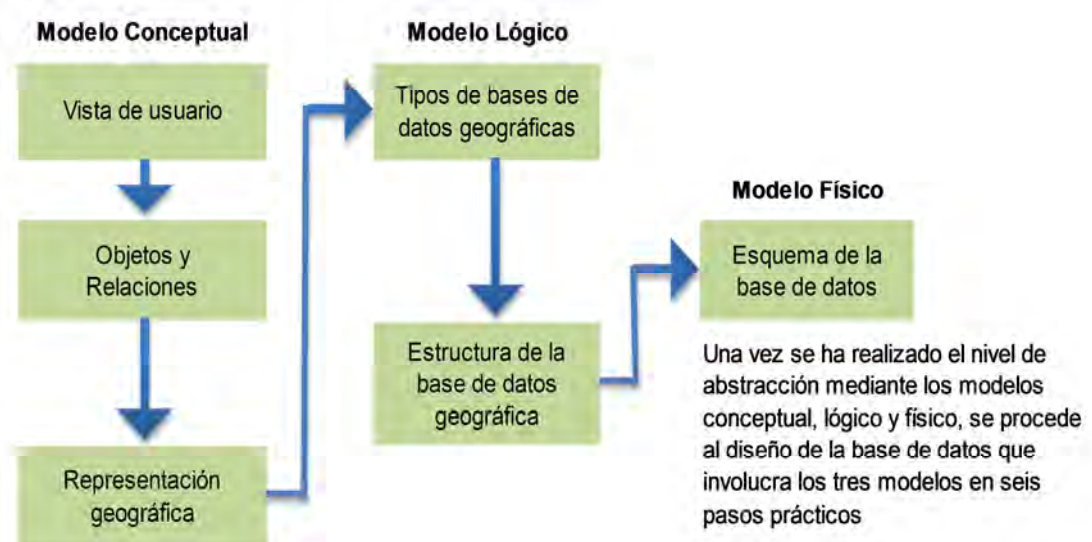
información por áreas de trabajo, estructurando la base de datos espacial y temática y conectando todos los procesos que soportara el SIG, de manera que satisfaga los requerimientos para la producción de mapas temáticos, estadísticas de señalización vertical, semaforización, accidentalidad y red vial.

8.1 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

Una vez realizada todas las tareas de limpieza, depuración, clasificación y homologación de la información suministrada por la Secretaria como: cartografía, bases de datos, documentos Word y los datos de catastro levantado en campo a través de los formatos de recolección. Se estructuro la base de datos para cada uno de los componentes del SIG.

Estructurada la información en tablas, inicia la fase de diseño de la bases de datos.

Figura 9. Etapas en el diseño de la Base de Datos.



Fuente: IGAC. 2005

8.1.1 Modelo Conceptual. El diseño conceptual permite hacer un análisis preliminar de las necesidades del usuario y plasmarlas en diagramas.

Del análisis de los modelos que se encontraron en la investigación, la información recolectada y los requerimientos de la Secretaria de Tránsito y Transporte, se procedió a establecer los tipos de datos necesarios para conformar las bases de

datos a ser utilizadas por el SIG, estableciendo así la estructura relacional de cada nivel temático y eventualmente sus relaciones entre sí.

Las capas seleccionadas para conformar las bases de datos, se agruparon en 6 paquetes, definidos según su relevancia para la Secretaria de Tránsito y Transporte. Identificando cada una de las clases con su correspondiente geometría de representación dando como resultado una aproximación al modelo conceptual.

8.1.2 Descripción de los datos. Para garantizar que el modelo conceptual si supliera las necesidades de la Secretaria, se convocó a una reunión en el ingeniero Juan Manuel Escobar, contratista de la Secretaria de Tránsito y Transporte, y futuro responsable del mantenimiento y actualización con del SIG, con el propósito de presentar las principales características de los datos geográficos y alfanuméricos seleccionados para la elaboración de las bases de datos, procurado retroalimentar y ajustar el modelo propuesto.

8.1.2.1 Datos geográficos. Los datos geográficos cargados al sistema son: Malla vial, Señalización vertical, Semaforización e información básica del área de estudio.

Malla vial. Corresponde a los ejes viales correspondientes a las comunas 1 y 2 de San Juan de Pasto, para lo cual se levantó la información a representar tanto mediante trabajo de campo y oficina. Sobre esta cobertura se realizó la mayor cantidad de trabajo. Considerando que sobre ella se construiría la red para el sistema vial para las simulaciones de circulación con las herramientas de Network Analyst. Como resultado se obtuvo una tabla que incluye Los siguientes campos:

Tabla 7. Datos geográficos Malla vial

Nombre Campo	Explicación o Uso
Tipo_via	Clase de vía
Via	Nombre arteria
Desde	Vía generadora del segmento
Hasta	Vía receptora del segmento
Comuna	Comuna a la que pertenece el segmento
Jerarquia	Jerarquía vial del segmento
Meters	Distancia del segmento
Oneway	Sentido de la calle para el segmento (FT,N y "null")
FT_Minutes	Minutos de desplazamiento desde - hasta en el segmento
CLASE	Categoría del segmento para el etiquetado con Maplex
Hierarchy	Jerarquía del segmento
Clase_ID	Subtipo de Geodatabase para el segmento
No__accide	Numero de accidentes ocurridos en el segmento
Coord_X	Coordenadas planas en X
Coord_Y	Coordenadas planas en Y

Fuente: esta investigación.

Los nombres en ingles de estos campos son puestos de esta manera, para que el programa pueda reconocer automáticamente los atributos de la red. Como jerarquía, sentido de circulación y minutos de desplazamiento. De estar en español deberían asignarse y configurarse manualmente algunas funciones y expresiones en las propiedades del Network Dataset para la utilización de la herramienta Network Analyst.

Meters. En este campo se incorporan los valores de longitud de la futura red vial. Su valor se calcula en metros y se calcularon con la función "Calculate Geometry" de las opciones de tabla de ArcMap 10.

Oneway. En este campo se clasificaron las vías de acuerdo a la circulación vial de las mismas.

Los valores para el sentido de circulación en el campo "Oneway" son los siguientes.

Sentido	Valor (Oneway)
Desde - Hasta	FT
Doble Sentido	(Sin valor)

Estos valores están sujetos al método de digitalización de la Malla vial, por lo cual en este caso el sentido “Hasta – Desde “y el valor “FT” no fueron tenidos en cuenta al conceptualizar los atributos de la capa “Malla_vial”, dado que la digitalización de la totalidad de la malla vial se realizó siempre tomando el sentido “Desde - hasta”.

FT_Minutes. Este campo incorpora los valores de desplazamiento de los vehículos por la malla vial de las comunas 1 y 2.

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

Dónde:

T= Tiempo de desplazamiento

M= Distancia del segmento

K= constante de tiempo

V= Velocidad en unidades de distancia por tiempo

El valor de constante de tiempo, se asignado con la información facilitada por la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal, de acuerdo a la velocidad promedio que los vehículos suelen alcanzar sobre las principales avenidas de la ciudad.

Información facilitada por la oficina de Coordinación Operativa de la Secretaria de Tránsito y Transporte de Pasto, al valor “K” se le asignado una velocidad media de 52Km/h para la totalidad de la red vial perteneciente al área de estudio.

CLASE. En este campo se organizaron todos los segmentos de acuerdo con su topología de red, incorporándose los siguientes valores:

CLASE	Descripción
Calle - Carrera	Calle
Avenida	Avenida
Rond point	Rotonda

Hierarchy. Los valores de jerarquía asignados corresponden a la importancia que posee los desplazamientos de los vehículos sobre la red vial urbana. La mayor

importancia se asocia a las avenidas mientras que las calles y constituyen las de menor relevancia.

Clase jerárquica	Valor
Avenida	1
Rond point	2
Calle	3

Esto significa que para un vehículo es más importante alcanzar una avenida a la hora de realizar un desplazamiento entre dos puntos de la ciudad. Que realizar el mismo trayecto por calles y carreras.

Este tipo de jerarquización se justifica debido a los menores tiempos de desplazamientos alcanzados sobre entidades valores de mayor rango.

Clase_ID. Este campo es de vital importancia ya que es el campo que identifica los subtipos al interior de la Geodatabase. Cada valor representa un atributo específico de la red. En este caso se ejemplifica de la siguiente manera.

Clase_ID	Descripción
1	Avenida
2	Calle
3	Rond point

De esta manera. El programa es capaz de reconocer reglas específicas de conectividad para cada una de estas categorías.

Señalización vertical. Esta corresponde a las señales de tránsito verticales instaladas en las comunas 1 y 2, las cuales se clasifican en (Preventivas, Reglamentarias e Informativas).

Los campos de los atributos de las señales de tránsito verticales son los siguientes:

Tabla 8. Datos geográficos Señalización vertical.

Nombre Campo	Explicación o Uso
Id	Identificador de la señal
Fecha_visi	Fecha en la que se realizo el censo
Direccion_	Direccion de ubicación
Comuna	Comuna en la que se emplaza
Tipo_señal	Tipo de señal según el manual
Codigo_señ	Codigo de la señal según el manual
Ubicación	Sobre que elemento se ubica la señal
Visi_table	Visibilidad de la señal
Est_señal	Estado de la señal
Requeri_se	Requerimiento de la señal
Est_cruce	Estado de la cruceta
Requeri_cr	Requerimiento de la cruceta
Uso_suelo	Uso de suelo aledaño al la ubicación de la señal
Observacio	Observaciones de la señal
Coord_x	Coordenadas planas en X
Coord_y	Coordenadas planas en Y

Fuente: esta investigación.

Semaforización. Esta información corresponde a la totalidad de los semáforos instalados en las Comunas 1 y 2. Haciendo la diferenciación correspondiente a los semáforos vehiculares y peatonales. Ya que las características de cada uno de estos es diferente.

Los datos incorporados para los semáforos son los siguientes:

Tabla 9. Datos geográficos Semaforización

Nobre campo	Explicacion o Uso
ID	Identificador del semaforo
fecha_visi	Fecha en la que se realizo el censo
direccion_	Direccion de ubicación
comuna	Comuna en la que se emplaza
clasificac	Clasificacion del semaforo
Tipo_semaf	Tipo de semaforo
Ubicación	paramento donde esta situado
Soporte	Elemento sobre el que se ubica
Estado_car	Estado de las caras del semaforo
Estado_len	Estado de las lentes de vidrio o plastico del semaforo
Estado_vis	Estado de las visceras que cubren las lentes
Estado_sop	Estado del soporte
Manteni_se	Elementos que necesitan mantenimiento
Tipo_ilumi	Tipo de iluminaciòn del semaforo
Estado_ilu	Estado de las iluminarias
Scn_ence_r	Secuencia de encendido de la luz roja (Seg)
Scn_ence_a	Secuencia de encendido de la amarillaroja (Seg)
Scn_ence_v	Secuencia de encendido de la luz verde (Seg)
Manteni_il	Iluminarias que necesitan mantenimiento
Tip_contro	Tipo de controlador
Estd_contr	Estado del controlador
Tip_cablea	Tipo de cableado
Usos_suelo	Uso de suelo aledaños al semaforo
Observacio	Observaciones del semaforo
Coord_x	Coordenadas planas en X
Coord_y	Coordenadas planas en Y

Fuente: esta investigación.

Comunas_1_2. La información básica corresponde a la información de las comunas, la cual tiene como propósito facilitar la ubicación geográfica del usuario del sistema. En este sentido, se cargó información de manzanas, ejes viales, límite de comuna, límite de barrio.

Los datos cargados para las comunas son los siguientes:

Tabla 10. Datos geográficos Comunas 1 y 2.

Nombre campo	Explicación o Uso
COMUNA	Comuna
ID_COMUNA	Identificador de la comuna
ID_BARRIO	Identificador del barrio
BARRIO	Barrio
ÁREA	Área
PERIME	Perímetro
USOS_SUE_1	Uso de suelo
X_COORD	Coordenadas planas en X
Y_COORD	Coordenadas planas en Y

Fuente: esta investigación.

8.1.2.2 Datos no geográficos. Los datos no geográficos corresponden a la accidentabilidad, datos que son capturados, en aplicativos específicos que solo contienen información alfanumérica.

De acuerdo con lo anterior la espacialización o georreferenciación de esta datos se realizó a partir de los campo **Vía principal** (Vía generadora donde ocurrió el accidente), la georreferenciación de los accidentes se realizó tomando la información de la **Malla Vial**, la cual contiene un campo **Vía**, con lo cual, se realizó un proceso manual para la espacialización de los accidentes en la Malla vial, es decir, se ubican en la vía generadora del accidente.

Accidentabilidad. La información de accidentabilidad a cargar en el sistema es la generada por Secretaria de Tránsito y Transporte, para el análisis de la accidentabilidad en un punto o zona determinada.

La tabla de accidentabilidad en formato XLS, la cual contiene 31 campos, los cuales la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal autorizo la publicación y consulta en el sistema, de los siguientes:

Tabla 11. Datos no geográficos Accidentabilidad

Nombre Campo	Explicación o Uso
Gravedad	Tipo de gravedad del accidente
Clase	Clase de accidente
Choque	Elementos involucrados en el accidente
Objeto_Fijo	Elemento fijo involucrado en el accidente
Fecha	Fecha de ocurrencia del accidente
Hora_Ocurre	Hora de ocurrencia del accidente
Hora_ Levanta	Hora de levantamiento del accidente
Área	Característica territorial del sitio de ocurrencia
Sector	Característica Uso del sitio de ocurrencia
Zona	Zona de ocurrencia
Diseño	Lugar de la malla vial de ocurrencia
Heridos	Numero de heridos
Muertos	Numero de muertos
Vehiculos	Numero de vehiculos involucrados
Día_de_Semana	Día de ocurrencia
Via Principal	Vía Generadora
No._Ppal	Direccion catastral de la vía Generadora
Letra_Ppal	Letra de principal de la vía Generadora
Via_Secundaria	Vía receptora
No._Secun	Direccion catastral
Letra_Secun	Letra de vía
Sitio	Sitio de ocurrencia
Comuna	Comuna
Entidad	Entidad encargada del levantamiento
COORD_X	Coordenadas X
COORD_Y	Coordenadas Y

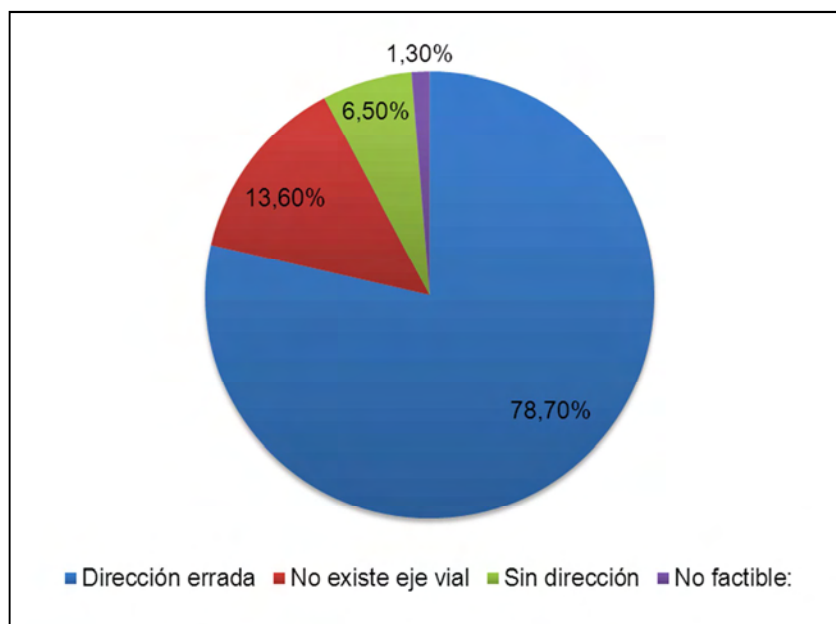
Fuente: esta investigación.

Diseñado el Modelo Conceptual para la accidentabilidad, se adicionaron dos campos extras para la asignación de coordenadas, procedimiento que se realizaría con las herramientas disponibles en **ArcINFO**. La información de accidentabilidad se definió, por parte de la Secretaria de Transito, a partir del año 2005, año en el que se inició la captura de esta información por parte de la

institución. Los resultados de georreferenciación de la información obtenida fueron:

Total registros cargados 2005 - 2011:4.802
Registros georreferenciados: 4.169 (87%)
Registros no georreferenciados: 633 (13%)
Detalle de No Georreferenciación
Dirección errada: 498 (78,7%)
No existe eje vial:86 (13,6%)
Sin dirección:41 (6,5%)
No factible: 8 (1,3%)

Gráfico 1. Motivos de no Georreferenciación Accidentalidad



Fuente: esta investigación.

Como se mencionó anteriormente, se registraron un total de 4802 accidentes de tránsito ocurridos en las comunas Uno y Dos en los años mencionados; de este total de accidentes se pudieron espacializar en el SIG un total de 4.169 accidentes, es decir el 87% del total de accidentes registrados.

Los motivos de no inclusión de los 633 accidentes que corresponden al 13% en el SIG se debe a los siguientes motivos: las direcciones erradas corresponden a nomenclatura no existente en la ciudad, por ej. Autopista 0, Avenida 0, 176, 196, 197, 199, 200, 207, 219, 252, 278, 286, Calle 0, 193, 205, 308, 354, 630, 770, Carrera 0, 124.

Las direcciones no factibles corresponden a nomenclatura de difícil georreferenciación por no incluir vía principal y generadora.

Para mejorar el nivel de georreferenciación, es necesario revisar la dirección de los registros clasificados como “Dirección errada” y “Sin dirección” directamente en los formularios y grabarla nuevamente.

Es de anotar, que a medida que se actualice la información, los porcentajes de georreferenciación van cambiando, de ahí la importancia de tener en cuenta las recomendaciones en el capítulo final de este documento.

Sitios de interés. La información contenida en la tabla correspondiente a este tema está compuesta por los principales sitios de interés y concentración para la población. Los datos que conforman esta tabla son:

Tabla 12 . Datos no geográficos Sitios de interés

Nombre Campo	Explicación o Uso
ID_COMUNA	Comuna en la que se ubica el sitio
LUGAR	Nombre del lugar de interés
TIPO	Tipo de uso
COORD_X	Coordenadas planas en X
COORD_Y	Coordenadas planas en Y

Fuente: esta investigación.

La descripción de cada uno de los campos añadidos se puede observar en el diccionario de datos.

8.2 DISEÑO DEL MODELO ENTIDAD – RELACIÓN

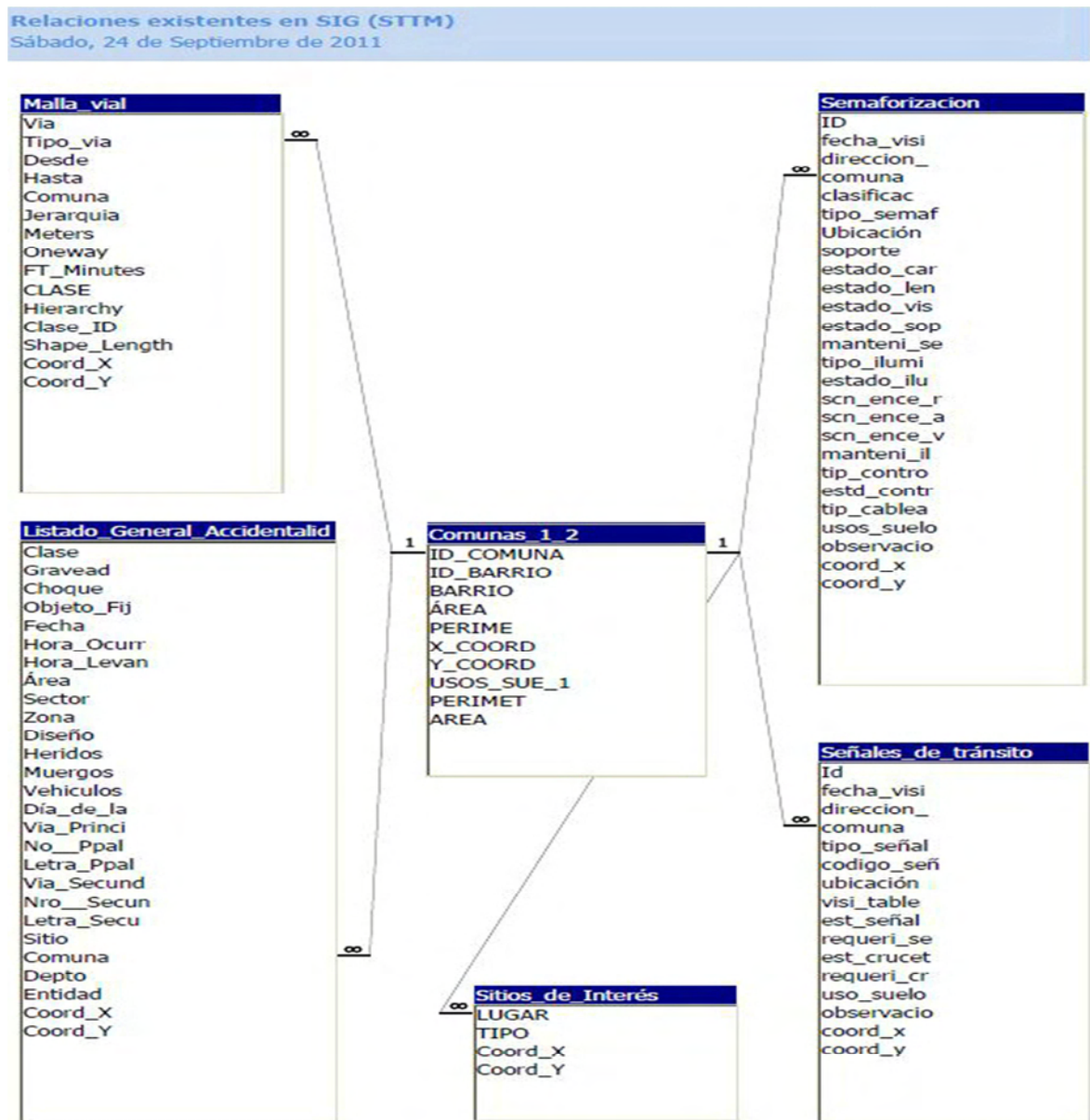
A partir de lo mencionado anteriormente, se generó un diagrama que representa a todas las capas involucradas en el SIG, para su mejor entendimiento, se desarrolló el modelo Entidad – Relación (E-R).

Una vez definido el modelo conceptual de las bases de datos que conformarían el sistema y definidas las funciones de cada una de las entidades y sus atributos se procedió a esquematizar el diseño del modelo E-R, en el cual los contenidos de las bases de datos son, primeramente, identificados y descritos a nivel conceptual, enmarcando la estructura lógica del SIG, de que se compone, que entidades hacen parte de él y el tipo de relaciones existentes entre cada una de ellas.

Para obtener el modelo E-R se agruparon los datos en distintas entidades, convirtiéndose estos en sus atributos, y relacionando las entidades entre si. De esta manera se establecieron en esta instancia un total de 6 entidades.

Siendo una etapa fundamental para el diseño de la base de datos, se desarrolló el siguiente modelo Entidad – Relación. El cual está diseñado según las necesidades de representación y en función de los objetivos trazados para el diseño del SIG.

Figura 10. Modelo Entidad – Relación.



Fuente: esta investigación.

Los datos bajo los cuales se realizó el análisis respectivo y materialización del modelo E –R, son cada una de las variables y atributos que se identificaron anteriormente.

8.3 CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Una vez levantada toda la información secundaria y primaria, y realizado el diagnóstico de la información que estructura del SIG, entre los diseñadores y el coordinador del proyecto.

Se procedió a la creación y poblamiento de las bases de datos. Primeramente en EXCEL, dado la facilidad de manipulación de los datos y su compatibilidad con el Software ACCES a donde se migro la totalidad de los datos, dado que esta herramienta que ofrece mayores recursos y facilidad en cuanto al manejo de bases por ejemplo: permitir elaborar el esquema del modelo Entidad – Relación, asignación de llaves, edición entre otras.

El almacenamiento de los datos para los atributos de cada una de las capas se realizó individualmente. Iniciando en primer lugar por facilidad con las tablas de que se componían principalmente de datos de información secundaria y más adelante realizando el mismo proceso con las capas que se componían principalmente de información recolectada en campo.

La totalidad de las bases de datos, se almaceno en el archivo (SIG_STTM), que se ubica en la carpeta GDB, de la carpeta medre (PASTO).

Figura 11. Poblamiento de la base de datos para la capa Comunas_1_2

ID_COMUNA	ID_BARRIO	AREA	PERIUME	ACCION	Y_COORD	X_COORD	PERIUME
1	363 CENTRO	2230,8738334	198,74550674	977500,67819	624622,63553	INSTITUCIONA	198,7454
1	363 CENTRO	729,46259655	120,54591933	977612,51176	626507,98955	INSTITUCIONA	117,131E
1	7 BOMBONA	978,10815593	129,76732887	977023,10164	626352,16271	INSTITUCIONA	130,6522
1	363 CENTRO	4161,174978	273,80820268	977763,54624	626359,69837	INSTITUCIONA	273,8082
1	363 CENTRO	5914,8535855	312,82574773	977843,51513	626106,46088	INSTITUCIONA	312,8257
1	363 CENTRO	8065,5695246	359,55983027	977799,96295	626020,16283	INSTITUCIONA	359,5598
1	363 CENTRO	1766,5660265	187,62984451	977805,6267	625761,74288	INSTITUCIONA	187,6298
1	363 CENTRO	3157,6862402	269,29336726	977818,34316	625721,91834	INSTITUCIONA	269,2933
1	2 LAS AMERICAS	15645,367195	666,79160418	977638,20654	625441,21758	INSTITUCIONA	666,791E
2	26 LAS VIOLETAS	32482,08499	732,45569235	977910,62446	624786,77938	INSTITUCIONA	732,4556
2	34 EL RECUERDO	2523,4376102	244,67182382	978518,6464	624716,96321	ACTIVIDAD CO	244,6711
2	34 EL RECUERDO	1948,7110729	226,0304655	978519,30806	624717,15187	ACTIVIDAD CO	226,0303
2	34 EL RECUERDO	2763,2445525	229,78046744	978469,88483	624711,29433	ACTIVIDAD CO	229,7804
2	34 EL RECUERDO	2136,8463398	206,25413676	978470,30618	624712,01711	ACTIVIDAD CO	206,2543
2	34 EL RECUERDO	3953,5583259	273,71507229	978546,45519	624826,43796	RESIDENCIAL	273,715E
2	34 EL RECUERDO	3493,3718525	261,03534555	978545,9901	624826,15592	RESIDENCIAL	261,0353
1	10 SANTIAGO	4348,9280475	293,40683973	976983,22433	625482,64594	RESIDENCIAL	293,4068
1	10 SANTIAGO	9264,1533164	463,92325445	977002,392	625543,92904	RESIDENCIAL	463,9232
1	10 SANTIAGO	4913,1801372	305,32632159	976961,63598	625487,48268	RESIDENCIAL	305,3262
1	363 CENTRO	6496,3055261	322,46798223	977732,44533	625649,86266	ACTIVIDAD MI	322,4675
1	0 SANTANDER	3176,9794744	276,64665794	978049,48388	626119,82439	ACTIVIDAD MI	276,646E
1	0 SANTA						

Fuente: esta investigación.

Figura 12. Poblamiento de la base de datos de la capa Malla_vial

Tipo_via	Desde	Hasta	Comuna	Jerarquia	Meters	Oneway	FT	Minutes	CLASE	Hierarchy
Calle	Cra 12	Cra 13		2 Local	110,00717622	FT		0,1269313572	Calle	3
Carrera	Cll 16	Cll 17		2 Local	69,303362115	FT		0,0799654178	Calle	3
Avenida	Cra 14	Cra 14		2 Principal	12,574041482	FT		0,0145085094	Rotonda	2
Avenida	Cra 14	Cra 14		2 Principal	5,2937297104	FT		0,0061081497	Rotonda	2
Avenida	Cll 12	Av Champagne		2 Principal	27,578893447	FT		0,0318218001	Rotonda	2
Avenida	Av Champagne	Av Champagne		2 Principal	26,895054463	FT		0,0310327551	Rotonda	2
Avenida	Av Champagne	Av JulianBuche		2 Principal	13,600757184	FT		0,0156931814	Rotonda	2
Avenida	Av JulianBuche	Av JulianBuche		2 Principal	8,492766223	FT		0,0097993456	Rotonda	2
Avenida	Av JulianBuche	Av Boyaca		2 Principal	18,487905377	FT		0,0213321985	Rotonda	2
Avenida	Av Boyaca	Av Boyaca		2 Principal	7,9325411301	FT		0,0091529321	Rotonda	2
Avenida	Av Boyaca	Cra 14		2 Principal	20,852349377	FT		0,0240604031	Rotonda	2
Avenida	Cra 14	Cll 12		2 Principal	50,36538718	FT		0,0581139083	Rotonda	2
Avenida	Cll 12	Cll 12		2 Principal	12,28206287	FT		0,0141716110	Rotonda	2
Avenida	Cll 12 A	Cll 12 A		2 Principal	11,774307790	FT		0,0135857398	Avenida	2
Avenida	Cll 14	Cll 14		2 Principal	9,9882411616	FT		0,0115248936	Avenida	2
Carrera	Cll 19	Cll 20		2 Principal	135,4129696	FT		0,1562457341	Calle	3
Avenida	Cra 22 B	Cra 22 B		2 Principal	8,0616889052	FT		0,0093019487	Avenida	2
Calle	Cra 10	Cra 11		2 Local	104,58155116	FT		0,1206710206	Calle	3
Avenida	Cll 18 A	Cll 20		2 Principal	15,722192941	FT		0,0181409919	Avenida	2
Avenida	Cra 9	Cra 9		2 Principal	23,174424919	FT		0,0267397211	Avenida	2
Avenida	Cll 21	Cll 22		2 Principal	13,586780557	FT		0,0156770545	Avenida	2
Avenida	Cll 21	Cll 22		2 Principal	39,913510396	FT		0,0460540505	Avenida	2
Avenida	Cll 21	Cll 22		2 Principal	41,007999959	FT		0,0473169230	Avenida	2
Carrera	Cll 21	Cll 22		2 Principal	17,027818004	FT		0,0196474823	Calle	3
Calle	Cra 13	Cra 14		2 Principal	15,142635954	FT				

Fuente: esta investigación.

Las capturas anteriores indican el proceso de poblamiento de las bases de datos que conforman del sistema.

8.3.1 Homologación de las bases de datos. Se realizó la estandarización de los datos de cada uno de los atributos de las bases de datos. Principalmente a los datos obtenidos en las distintas reuniones con el coordinador del sistema y demás funcionarios de la Secretaria. Debido que muchos de los datos presentaban maneras distintas de almacenamiento como por ejemplo:

Para el atributo **“Gravedad”** de la bases de datos **“Listado general de accidentabilidad”** se encontraron datos como 1.CON MUERTOS, 1. CON MUERTO Y 1. CON MUERGOS y para el atributo **“Diseño”** de la misma base de datos se encontró el dato como 1.TRAMO DE VIA y 1.TRAMO VIAL.

Estos datos fueron estandarizados teniendo en cuenta el dato de mayor predominio dentro de las bases de datos.

Errores de la misma característica también se encontraron en algunos atributos de las bases de datos de las capas de Semaforización y Señales_de_tránsito. Los cuales fueron estandarizados para el óptimo funcionamiento del sistema.

Esta actividad es de gran importancia para el funcionamiento del sistema, porque los Software SIG en este caso por el programa ArcGIS 10, tomarían estos errores como valores dentro de la tabla de atributos de la capa.

Figura 13. Toma de errores en bases de datos como valores de atributo



Fuente: esta investigación.

8.3.2 Modelo Lógico. Una vez realizado el modelo conceptual representado por el modelo E-R, eliminados errores y estandarizadas las bases de datos, se procedió a realizar el modelo lógico relacional. Orientado a la representación de la realidad que se expresa mediante diagramas y tablas, es decir, una vez se completa la primera fase del modelo. Se procede a la creación de diagramas y listas para describir los nombres de los objetos su comportamiento y el tipo de relaciones entre ellos.⁷³

El modelo lógico de datos es muy valioso para definir lo que el SIG será capaz de hacer.

El modelo lógico fue construido en relación al modelo E – R, el cual condujo a determinar la estructura de los datos alfanuméricos a través de la elaboración del diccionario de datos, el cual está compuesto por un conjunto de matrices de información básica en la cual se localiza toda la información técnica relacionada con cada una de las capas que componen el SIG, entre las variables que lo componen se encuentran: la denominación técnica de la entidad, definición de la

⁷³ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Op. Cit., p. 51.

entidad, sistemas de proyección, geometría, fuente de los datos, atributos, dominios, dominio, relaciones, entre otros.

8.3.3 Modelo Físico. Una vez mejoradas, pobladas y estructuradas las bases de datos. Se definió que las mismas serian cargadas en su totalidad al programa ArcGIS 10 debido a la gran potencialidad de esta herramienta en efectuar una mantención y modificación de la estructura de las bases de datos con acciones como creación de nuevos campo, borrar campos existentes, búsqueda por atributos y edición que facilitan la actualización de más mismas.

Tabla 13. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Malla vial

Fuente: esta investigación.

Tabla 13. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Malla vial (Continuación)

Fuente: esta investigación.

Tabla 14. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Señales de Tránsito

Fuente: esta investigación.

Tabla 14. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Señales de Tránsito (Continuación).

Fuente: esta investigación.

Tabla 15. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Semaforización.

Fuente: Esta investigación.

Tabla 15. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Semaforización (Continuación).

Fuente: esta investigación.

Tabla 15. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Semaforización (Continuación).

Fuente: esta investigación.

Tabla 16. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Comunas_1_2.

Fuente: esta investigación.

Tabla 17. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Listado General Accidentalidad.

Fuente: esta investigación.

Tabla 17. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Listado General Accidentalidad (Continuación).

Fuente: esta investigación.

Tabla 17. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Listado General Accidentalidad (Continuación).

Fuente: esta investigación.

Tabla 18. Modelo Lógico (diccionario de datos) de la Entidad Sitios de Interés.

Fuente: esta investigación.

8.4 CORRECCION, DIGITALIZACION E INCORPORACIÓN DE LA CARTOGRAFIA DIGITAL DWG AL SISTEMA.

8.4.1 Corrección de cartografía digital. Diseñadas y pobladas las tablas que constituyen la base de datos temática del SIG, se continuó con la corrección de la base de datos grafica conformada por la cartografía digital en formato DWG (AutoCAD) adquirida en la Secretaria de Planeación y Secretaria de Tránsito y Transporte.

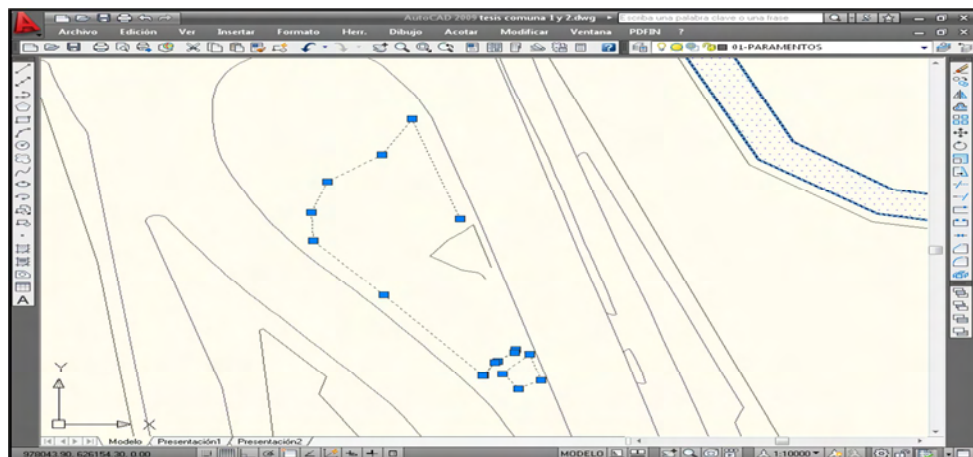
Archivos en los cuales se encontraron inconsistencias tales como:

- La cartografía tiene coordenadas arbitrarias y no se ajustan a la grilla de la misma.
- Tiene problema de cierre de polígonos.
- Existe sobre posición de polígonos.
- Desactualización de polígonos.
- Doble digitalización de líneas y polígonos.

(Ver ejemplos de errores en la cartografía).

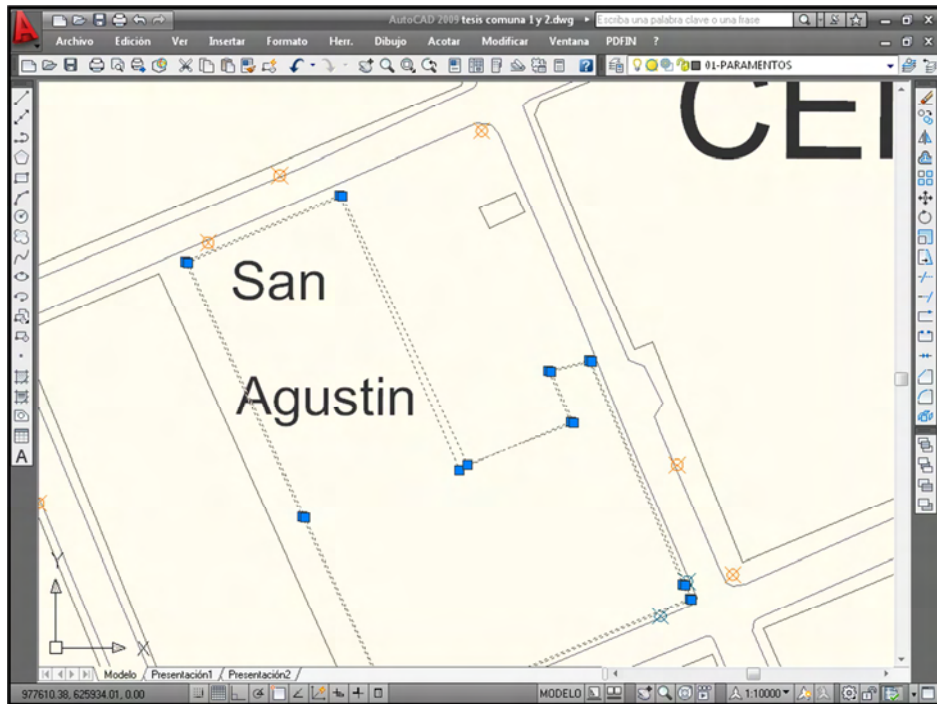
Reconocidas los errores existentes en la base de datos gráfica, el paso a seguir fue corrección de los errores existentes en cada una de las capas necesarias para el diseño del SIG. Una vez solucionados todos los errores de la base cartográfica se continuó con la realización de la topología para las manzanas, andenes y rio pasto, lo que consistió en eliminar las capas duplicadas, cerrar polígonos, unir líneas, para su posterior exportación a ArcGIS 10.

Figura 14. Ejemplo líneas dobles en algunos elementos y polígonos abiertos.



Fuente: esta investigación.

Figura 15. Ejemplo polígonos superpuestos



Fuente: esta investigación.

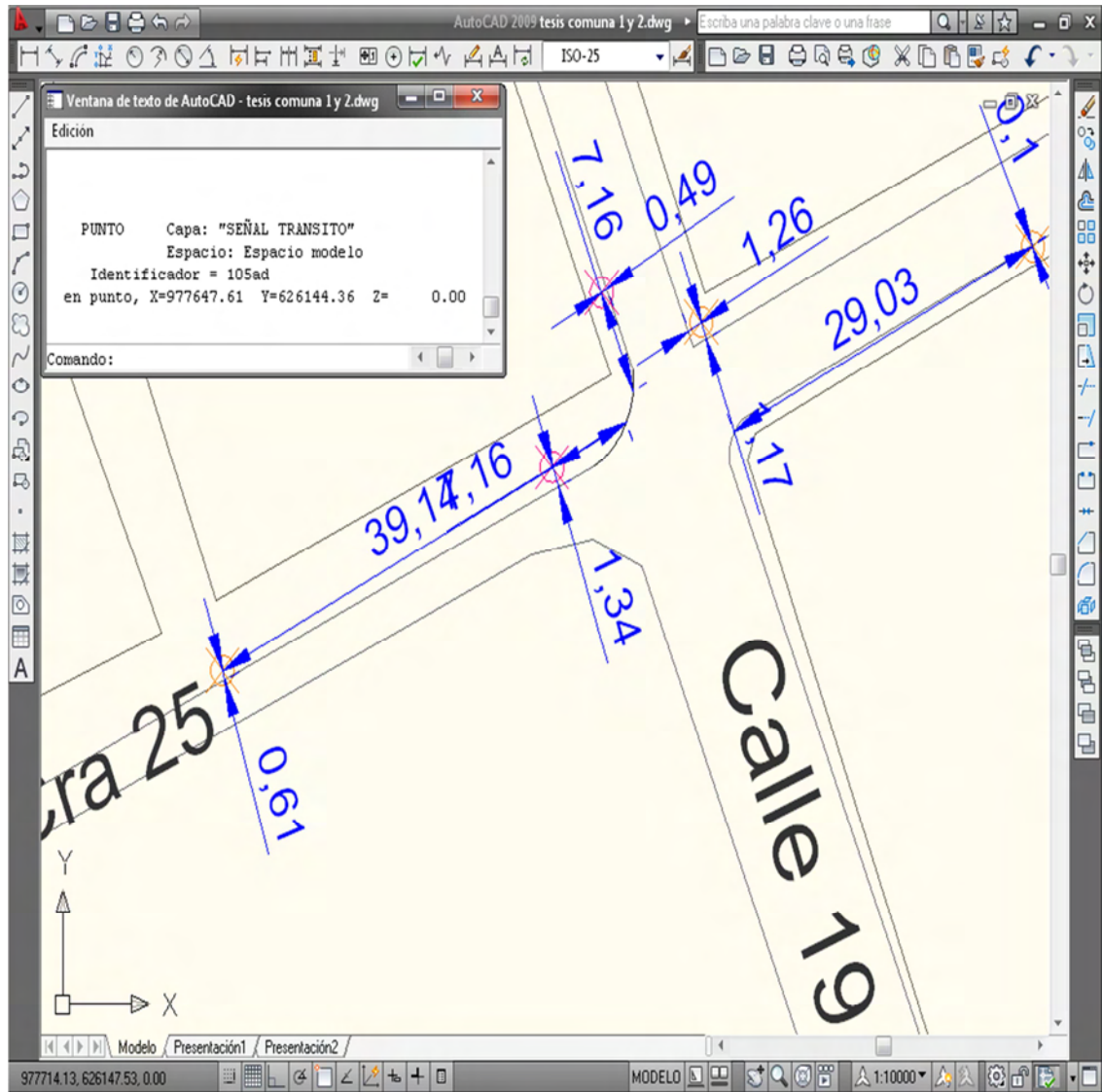
8.4.2 Digitalización cartográfica de la información.

8.4.2.1 Digitalización de Señales de Tránsito Vertical y Semáforos. La digitalización para señales de tránsito verticales y semáforos en AutoCAD. Fue hecha partiendo de la información en formato análoga capturada en campo, que consistía de un plano a mano alzada de la manzana y la posición de señales tránsito y semáforos sobre la misma.

La digitalización de los planos análogos en AutoCAD, inicio con la creación de nuevas capas para cada entidad, el siguiente paso fue en sí, la digitalización de los puntos que representan a señales como a semáforos en las manzanas del mapa base con medidas reales. Esto se realizó con la herramienta **Alineada** de la barra de tareas **Acotada**.

Una vez ubicado el punto sobre la cartografía base georeferenciada, se activó el comando "**LIST**" para desplegar los atributos espaciales del mismo así tomar las coordenadas y copiarlas a su respectiva base de datos.

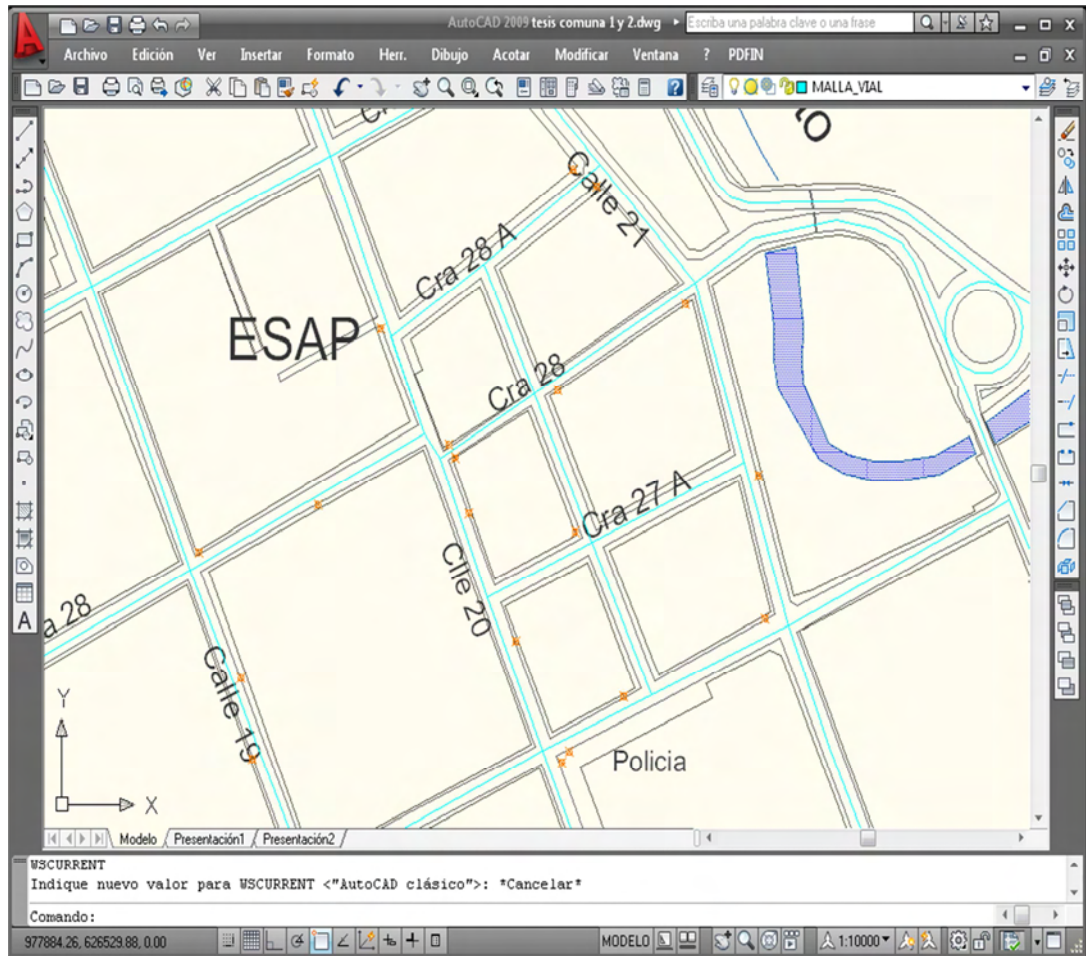
Figura 16. Digitalización de las capas semáforos y señales de tránsito



Fuente: esta investigación.

8.4.2.2 Digitalización de la malla vial. La digitalización de la malla vial de las comunas 1 y 2. Se realizó al igual que las capas señales de tránsito y semáforos. Creando una capa para la entidad malla vial y digitalizando los segmentos de vía, tomando siempre como regla para su digitalización iniciar y finalizar la vectorización del segmento Desde – Hasta.

Figura 17. Digitalización de la malla vial



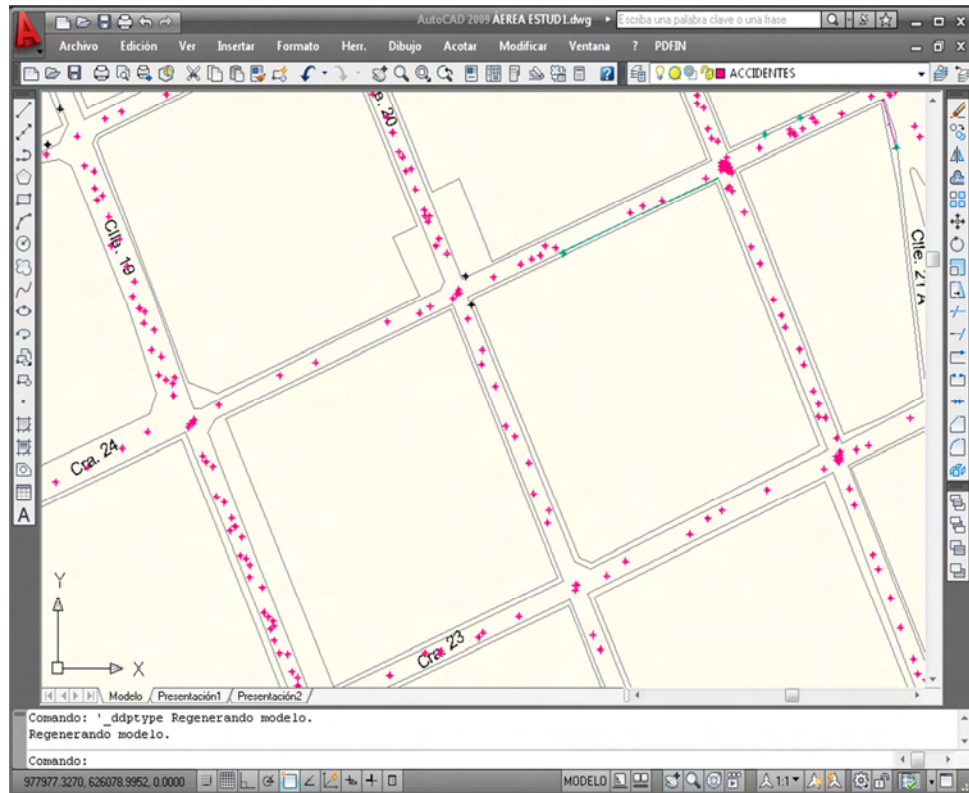
Fuente: esta investigación.

8.4.2.3 Digitalización de Accidentes. La digitalización de los accidentes de tránsito ocurridos en las comunas 1 y 2, se realizó de igual manera que en los casos anteriores. Pero con una diferencia sustancial en la georreferenciación de los datos de accidentabilidad. Se ubicaron los puntos representativos de los accidentes en cada segmento vial de manera aleatoria.

Esto debido a que los datos de accidentes registradas en las bases de datos de accidentabilidad manejadas por la Secretaria de Tránsito y Transporte, en su la gran mayoría se registran teniendo en cuenta la nomenclatura vial y en muy pocos accidentes se indicaba la dirección catastral cercana al siniestro.

Una vez ubicado el punto sobre la cartografía base georreferenciada, se activó el comando **“LIST** “para desplegar los atributos espaciales del mismo así tomar las coordenadas y copiarlas a su respectiva base de datos.

Figura 18. Digitalización de los accidentes



Fuente: esta investigación.

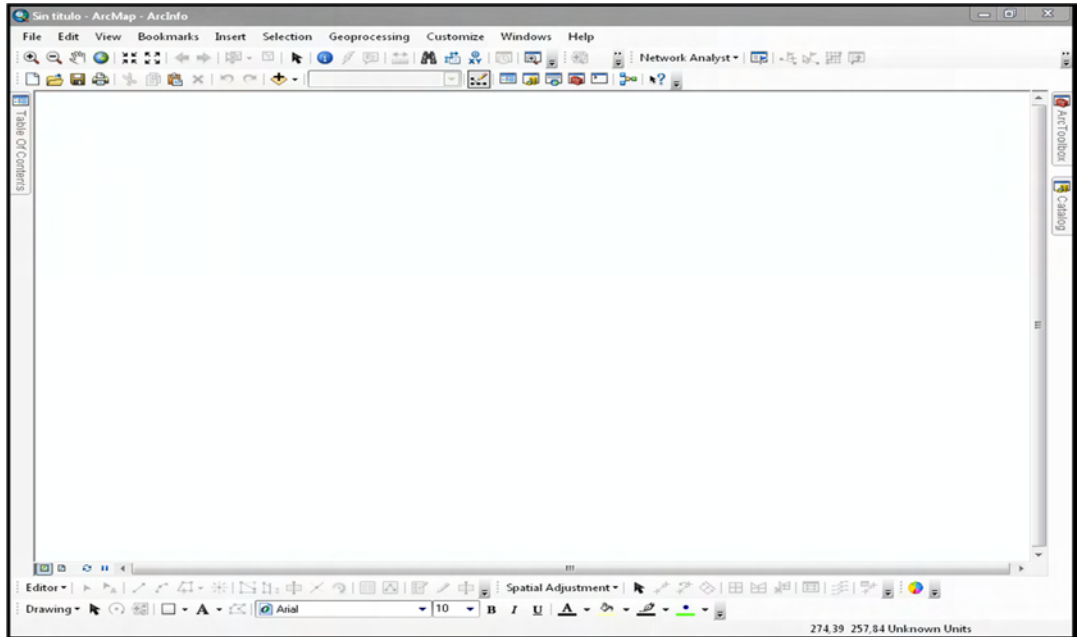
Una vez diseñada la base de datos grafica con las características y condiciones óptimas, que el ambiente ArcGIS exige, fueron almacenadas en una Carpeta denominada CAD, para su posterior conversión a Shapefile.

8.5 INCORPORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DIGITAL DWG A LA PLATAFORMA ARCGIS.

8.5.1 Carga de archivos DWG a ArcGIS. Una vez ajustada y georeferenciada toda la cartografía en AUTOCAD, el siguiente paso es traspasar toda la información a SHAPE para trabajar definitivamente en ArcGIS 10. Los archivos ".dwg" fueron adicionados y exportados al ambiente ArcGIS de la siguiente manera:

Adición de los archivos ".dwg" a ArcGIS. Seleccionamos los archivos al cual se le realizará la conversión a SHAPE. Esto con las herramientas de adición y selección con las que cuenta ArcGIS.

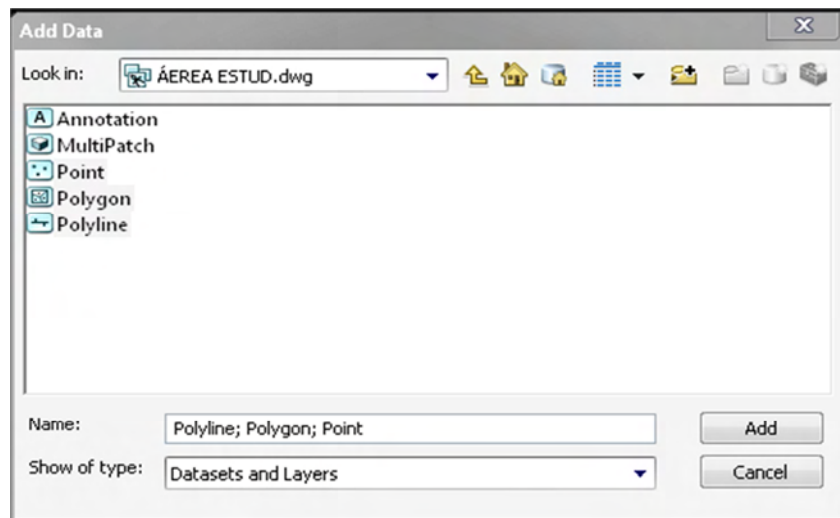
Figura 19. Adición de archivos a ArcGIS



Fuente: esta investigación.

La figura muestra el interface del programa, en donde se procede a llamar al archivo “.dwg” tratado previamente en AutoCAD, seleccionando la opción “Add Data”.

Figura 20. Incluyendo capas del archivo .DWG a ArcGIS



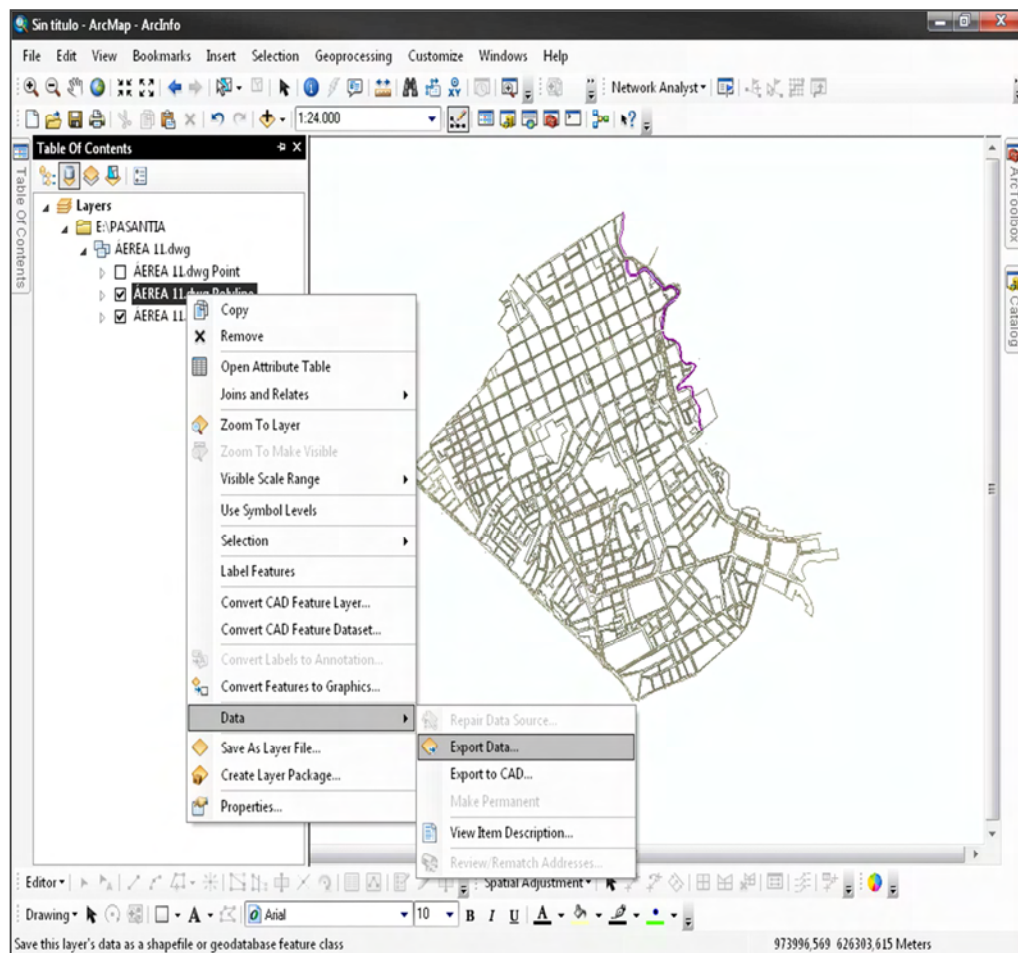
Fuente: esta investigación.

En la figura anterior observamos la búsqueda del archivo .dwg, que en este caso se denomina “**ÁEREA ESTUD.dwg**”, como se puede observar, el archivo se encuentra clasificado por capas de las cuales seleccionamos las de tipo punto, línea y polígono. Geometría en las que se encuentran alojados los elementos a ser exportados a formato SHAPEFILE.

8.5.2 Conversión de archivos DWG. a SHP. Cargados los elementos de la capa seleccionados para su conversión a SHAPEFILE mediante los siguientes pasos:

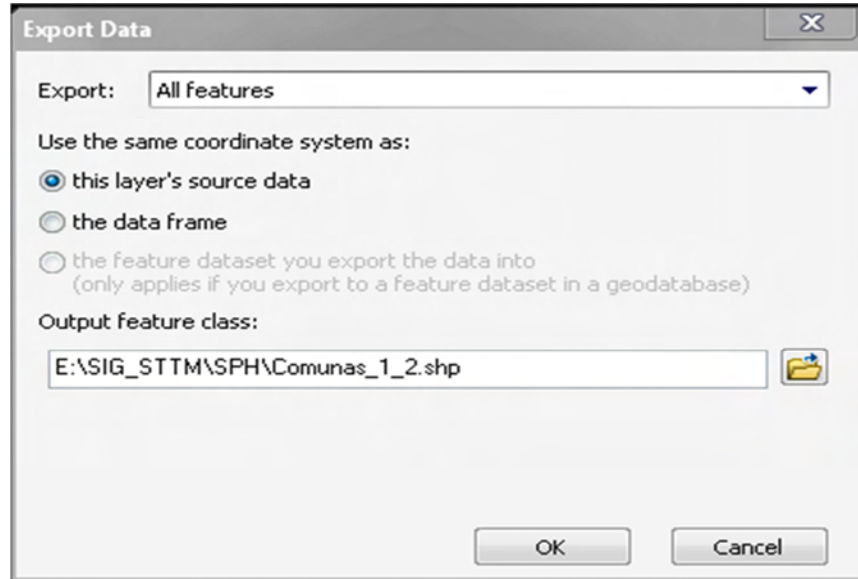
Exportar los datos a SHEAPFILE. Una vez cargada la base de datos grafica al programa, dentro de la tabla de contenidos seleccionamos la entidad a ser exportada y con la herramienta “**Data**” y la función “**Export Data**” realizamos la exportación del archivo al formato .shp

Figura 21. Exportación de archivos .DWG a SHEAPFILE.



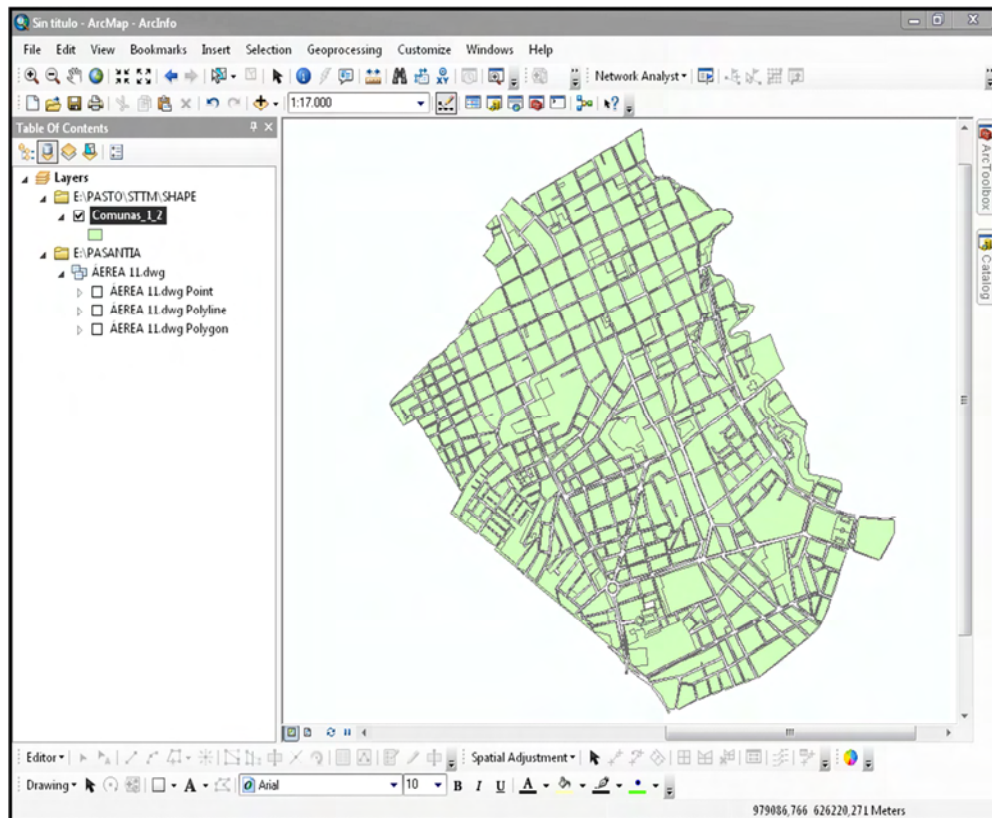
Fuente: esta investigación.

Figura 22. Ruta de almacenamiento del nuevo SHEAP.



Fuente: esta investigación.

Figura 23. Archivo SHEAP de la entidad Señales de Tránsito

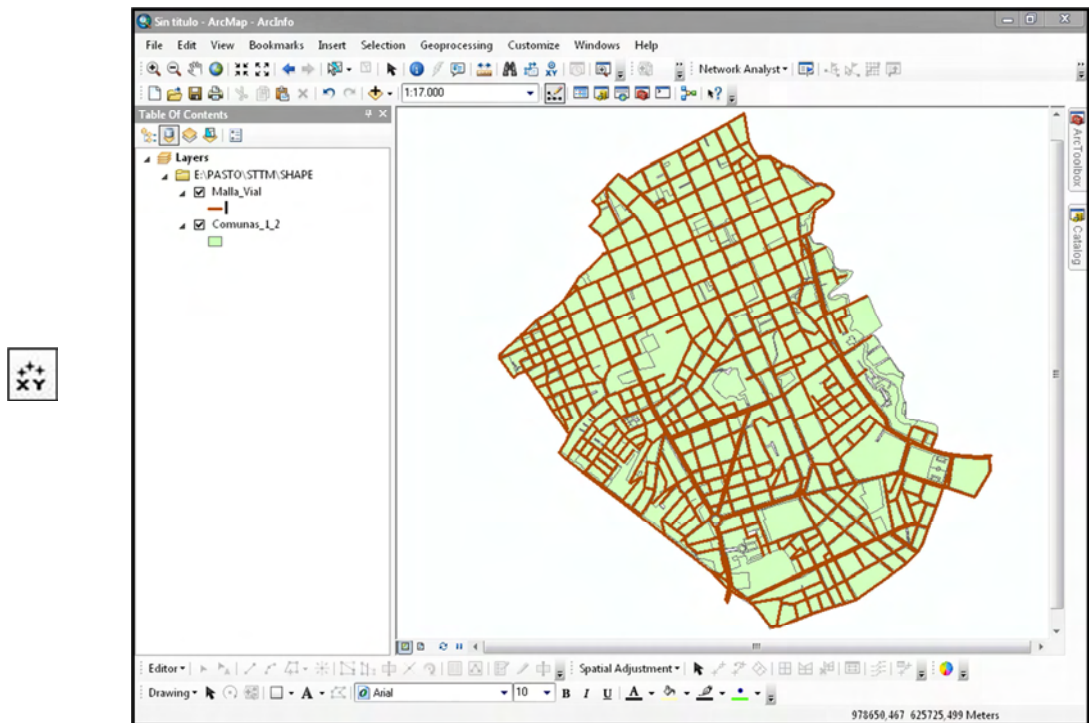


Fuente: esta investigación.

Una vez exporta el archivo de origen al formato SHEAP, el programa por default genera una tabla de atributos. La posteriormente será enlazada con las bases de datos de la entidad correspondiente al archivo SHEAP correspondiente.

Este proceso se realizó de la misma manera para la entidad Malla Vial. Ya que para crear los SHEAP de punto existe una manera más sencilla de conversión utilizando las bases de datos correspondientes a están entidades.

Figura 24. Archivos SHEAP de las entidades que conforman el SIG.



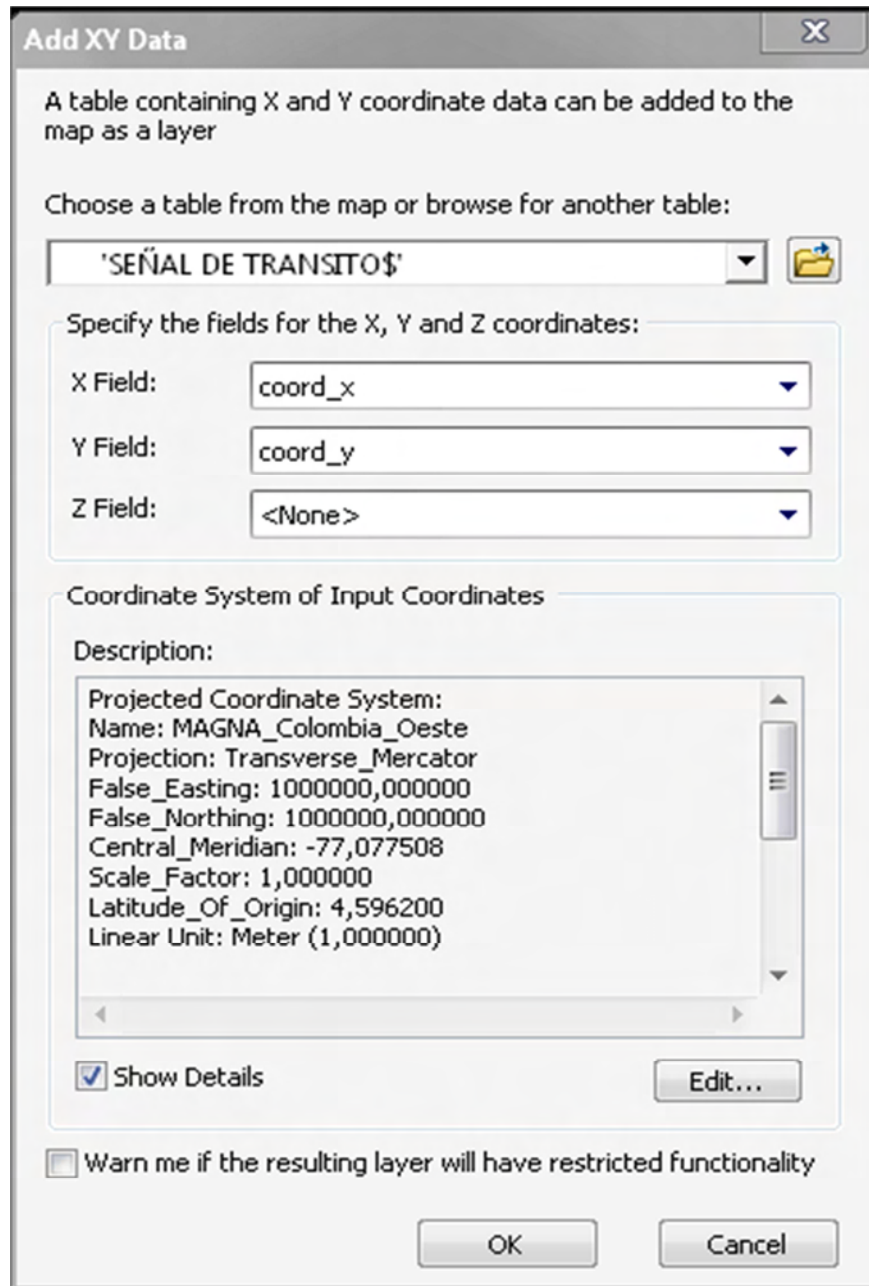
Fuente: esta investigación.

8.5.3 Conversión de bases de datos a SHEAP. Creadas las bases de datos de las entidades de punto con sus respectivas Coordenadas en ACCESS, las seleccionamos y copiamos a EXCEL, después de copiarlas se almacenaron de manera temporal en el formato por defecto asignado por el programa. El paso siguiente consiste en exportarlas a formato SHEAP. Esto se hace directamente en la aplicación ArcMap 10 con la herramienta “Add XY Data”.

De la siguiente manera: Activamos la herramienta “Add XY Data”, seleccionamos el documento temporal EXCEL en este caso el archivo denominado “Señales de tránsito” y dentro de esta cargamos la tabla en donde se encuentran los datos a exportar, en este caso la base de datos de señales de tránsito.

Especificamos los campos X y Y que nos solicita la herramienta seleccionando los campos Coord_X y Coord_Y de la tabla, y paso siguiente le asignamos el sistema de coordenadas.

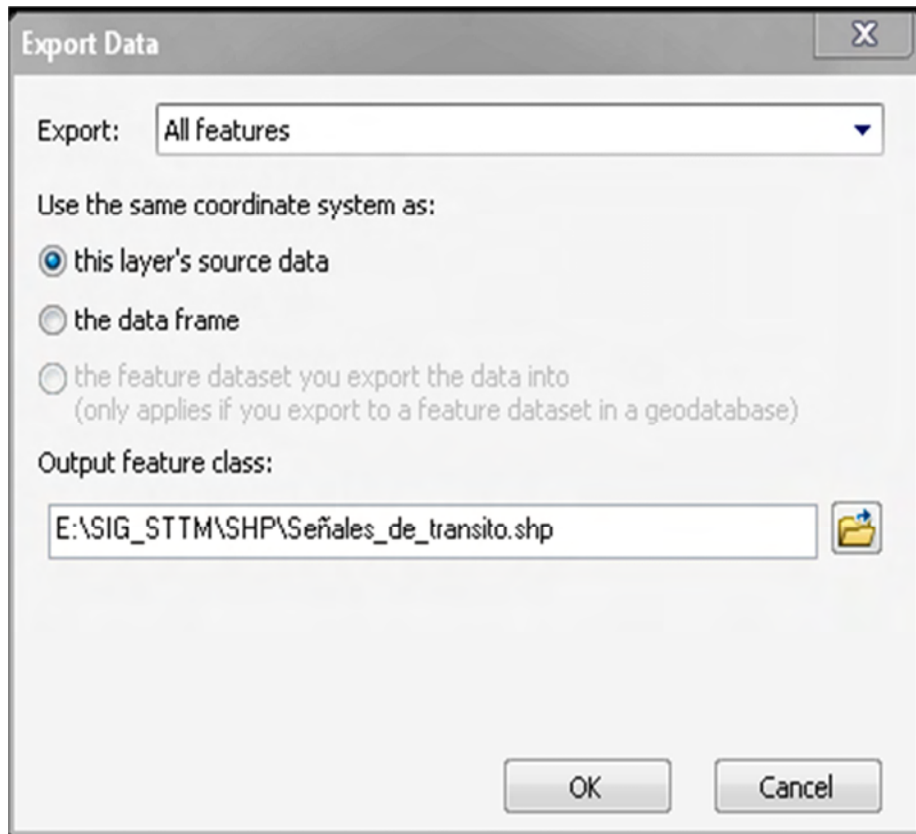
Figura 25. Asignación del Sistema de Coordenadas



Fuente: esta investigación.

Cargada la base de datos en ArcMap, el paso a seguir es exportarla al formato SHEAP, con la herramienta “Data” y “Export Data” de la misma manera explicada anteriormente.

Figura 26. Exportación de bases de datos a Sheap file.



Fuente: esta investigación.

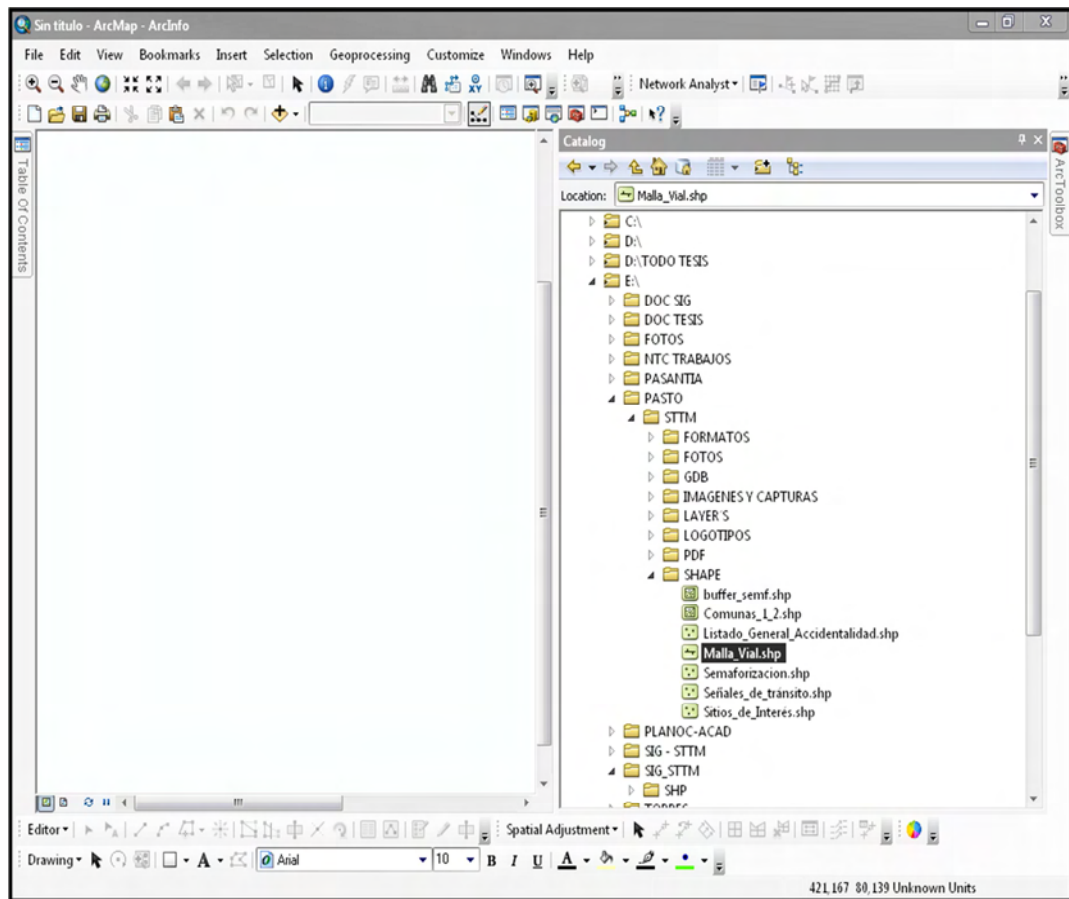
Este mismo procedimiento fue realizado para crear los SHEAP de cada una de las entidades de punto.

8.5.4 Asignación del Sistema de Coordenadas a los archivos SHEAP. Para la asignación del sistema de coordenadas a las entidades, fue necesario guiarse con la grilla asignada a la cartografía base facilitada por la Secretaria de Planeación. La cual se encuentra en el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS (Marco Geocéntrico para las Américas), datum adoptado para la cartografía del Municipio de Pasto desde el año 2009.

El proceso consistió en activar la ventana “Catalog “desde la barra de herramientas “Windows” en ArcMap 10. Activa la ventana nos dirigimos a la carpeta en donde reposan los archivos shapefile de las entidades.

Seleccionamos el archivo “.shp “con click derecho se abre las opciones del mismo y nos dirigimos a la opción “Properties” y seleccionamos la opción “XY *Coordínate System*”, paso siguiente activamos la opción “*Select...*” (seleccionar), en *Browse for Coordínate System* abrimos la carpeta “*Projected Coordinate Systems*”, dentro de esta seleccionamos la carpeta “*National Grids*”, dentro de esta carpeta nos dirigimos a “*South América*” y de los distintos Datum de coordenadas existentes en esta carpeta adicionamos el Datum “*MAGNA Colombia Oeste.prj*”. Después de adicionarlo clickeamos las opciones “Aplicar “y “Aceptar”, con los cual queda definido el sistema de coordenadas para la entidad seleccionada para este proceso.

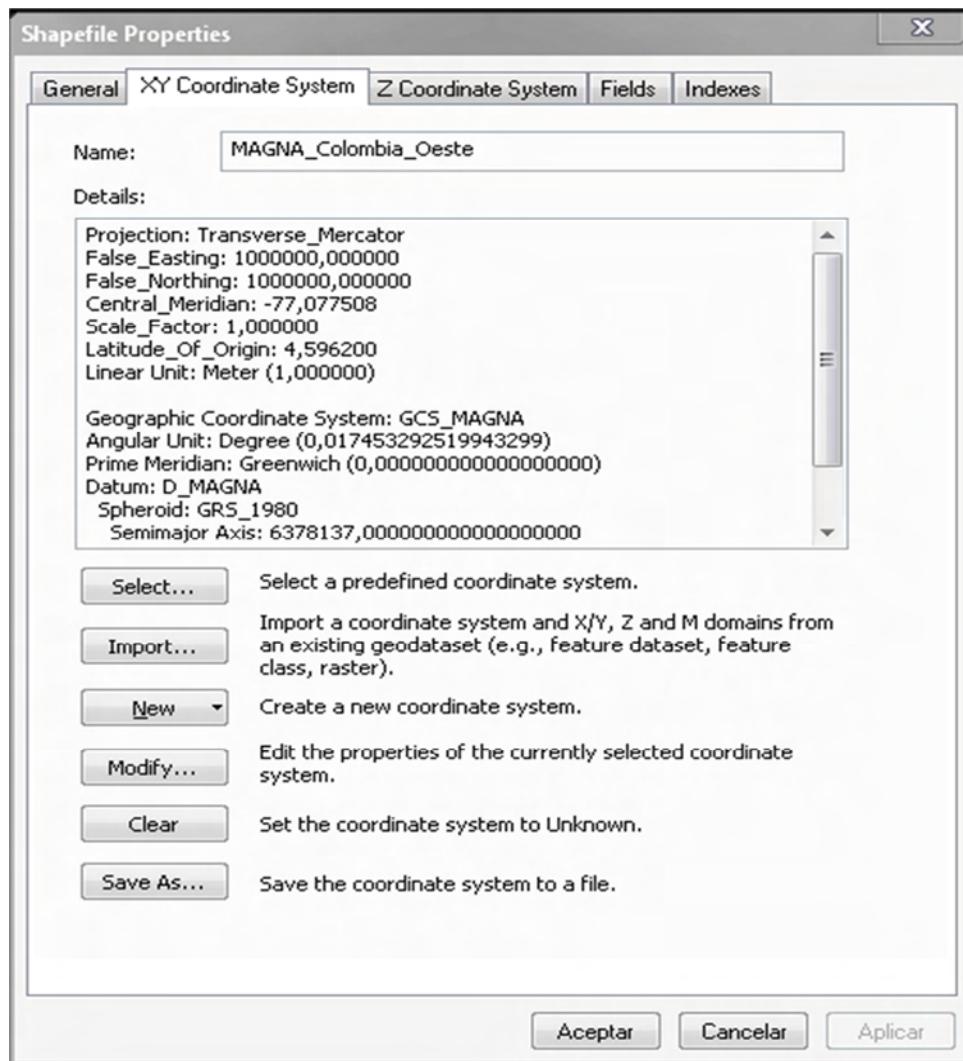
Figura 27. Selección del SHEAP en el catalogo para asignar Sistema de Coordenadas



Fuente: esta investigación.

Cabe mencionar, que la cartografía digital en formato DWG fue georeferenciada desde AutoCAD, utilizando como referencia el sistema de grilla original, por lo cual una vez exportada al programa ArcGIS, los shapefile resultantes adoptan el posicionamiento espacial, por lo cual en el paso anterior solo se asignó el sistema de coordenadas correspondientes.

Figura 28. Asignación del Sistema de Coordenadas



Fuente: esta investigación.

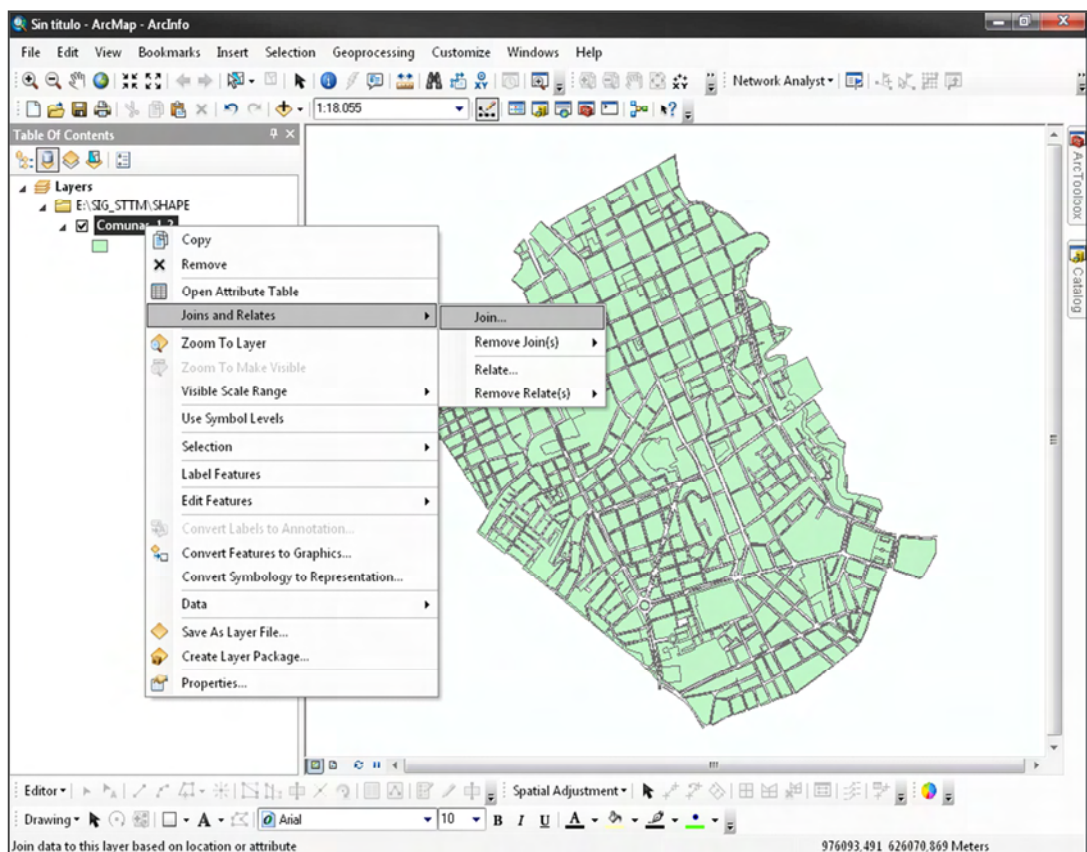
Estos mismos pasos fueron seguidos para la asignación del sistema de coordenadas a la entidad comunas.

8.5.5 Interrelación de base de datos gráfica y la base de datos alfanumérica. Este paso consistió en la unión de las bases de datos alfanuméricas almacenadas en el archivo SIG_STTM (formato ACCES), con los SHAPEFILES a través de la herramienta Join. Herramienta utilizada para la conexión física de las bases de datos gráficas y alfanuméricas.

La unión de la tabla y la capa solo puede realizarse a partir del valor de un campo con el mismo tipo de dato que exista en ambas tablas, el cual establece una relación de uno a uno o de muchos a uno entre la tabla de atributo de la capa y la tabla que contiene la información que se desea unir, el nombre del campo debe ser el mismo para una unión satisfactoria.

La relación de las tablas a través de un Join se realiza de la siguiente manera.

Figura 29. Relación de las tablas a través de un Join



Fuente: esta investigación.

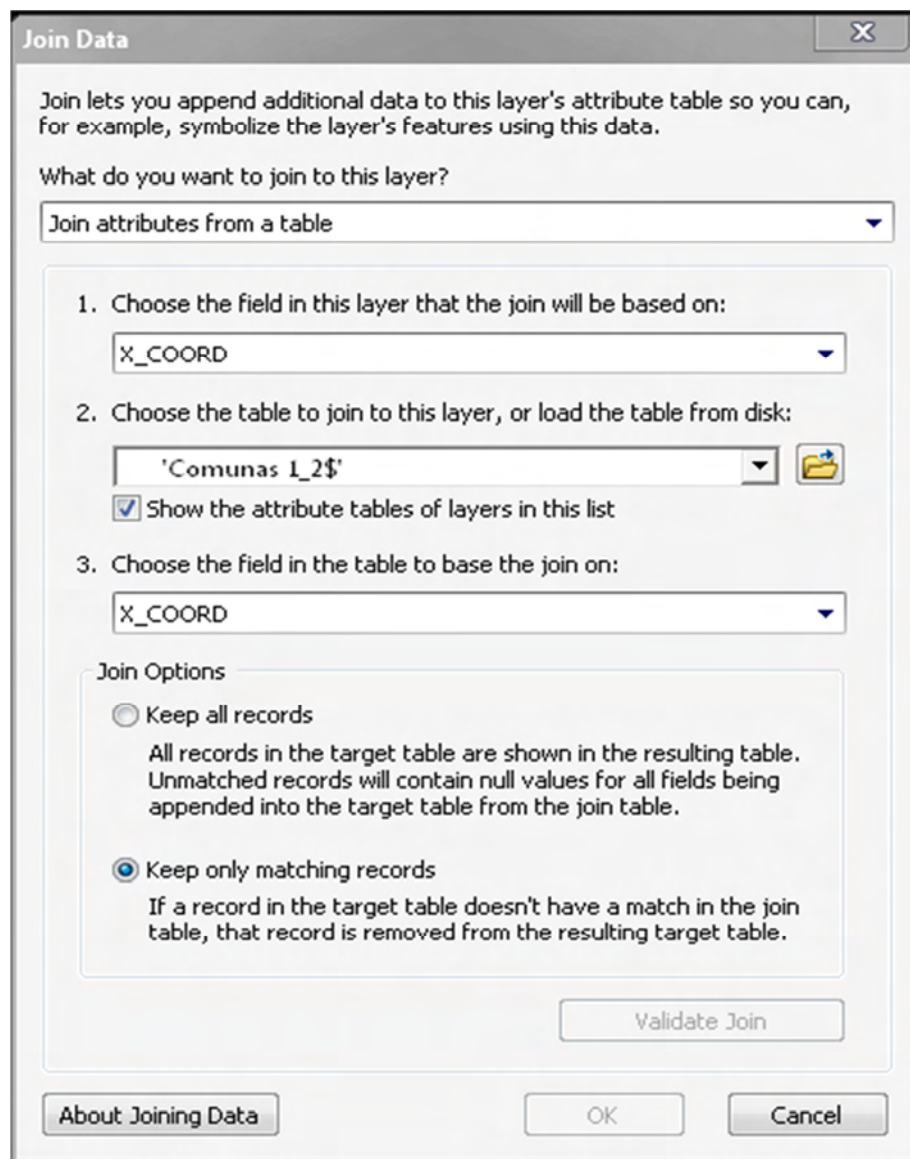
Cargada el archivo SHEAP hacemos click derecho sobre el mismo y nos dirigimos a la herramienta “Joins and Relates” y dentro de esta seleccionamos la aplicación “Join”, el cual despliega la ventana en la cual seleccionamos como se desea hacer

la unión, en este caso sería la opción “Join attributes from a table” (unir desde atributos de tabla).

Paso siguiente, seleccionamos el campo de unión desde la capa, en este caso es el campo “X_COORD”.

Luego cargamos la base de datos que va a ser unida a la capa y automáticamente el programa reconoce el campo compartido entre la capa y la base de datos.

Figura 30. Relación de las tablas a través de un Join

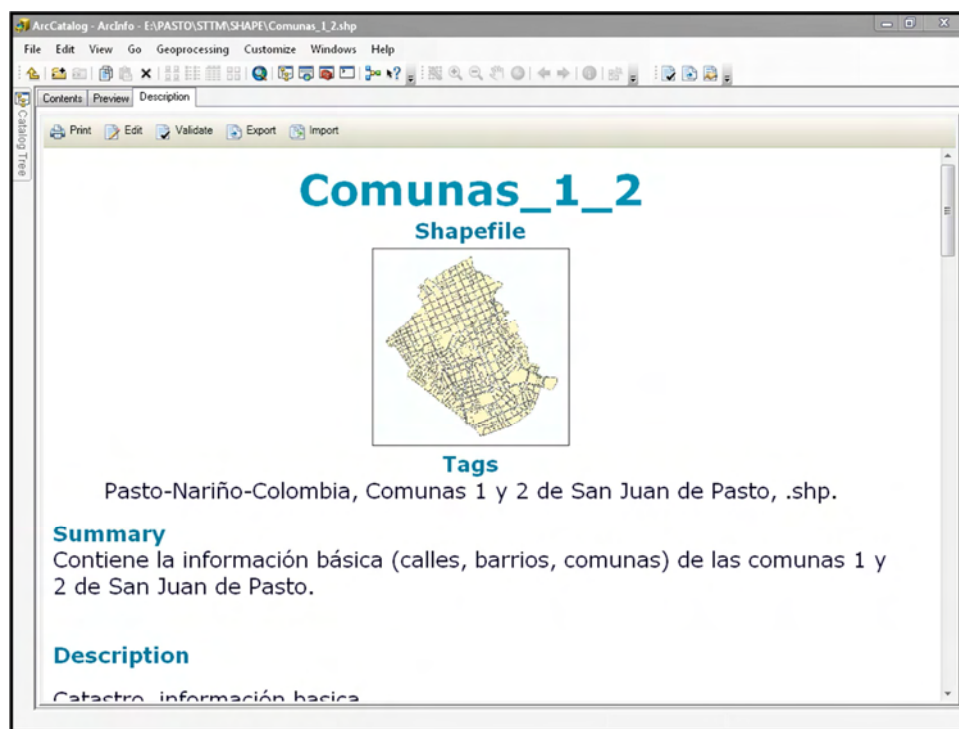


Fuente: esta investigación.

8.5.6 Generacion de metadatos. En termino simple, un metadato es, un conjunto de términos y definiciones que describen las principales propiedades o características de los datos geográficos, permitiendo conocer el que, quien, cuanto y como de los mismos. Es decir reúne un conjunto de información que permite al usuario identificar aspectos o características relacionados con las entidades. Con el fin de entender su contenido, sus posibilidades y limitaciones de acceso y uso.

Los metadatos de las entidades que conforman el sistema, se asignaron con las herramientas que ofrece ArcCatalog 10.

Figura 31. Metadatos de la entidad Comunas





Fuente: esta investigación.

8.6 GENERACIÓN DE LA GEODATABASE Y VALIDACIÓN TOPOLÓGICA

Para la organización de la información dentro de la Geodatabase es necesario conocer los niveles que ésta maneja en el modelo lógico y cómo se relacionan con el diccionario de datos. Esto se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 19. Relación del diccionario de datos y el diseño de la Geodatabase.

<i>Catálogo de objetos</i>	<i>Diseño Lógico</i>
Categoría	Sin relación
Subcategoría	Feature Dataset 
Entidad	Feature Class 

Fuente: esta investigación.

Una vez cargadas las capas de las distintas entidades al sistema, se realizó la elaboración de la Geodatabase que contendría los datos espaciales y sus atributos y relaciones existentes entre ellos.

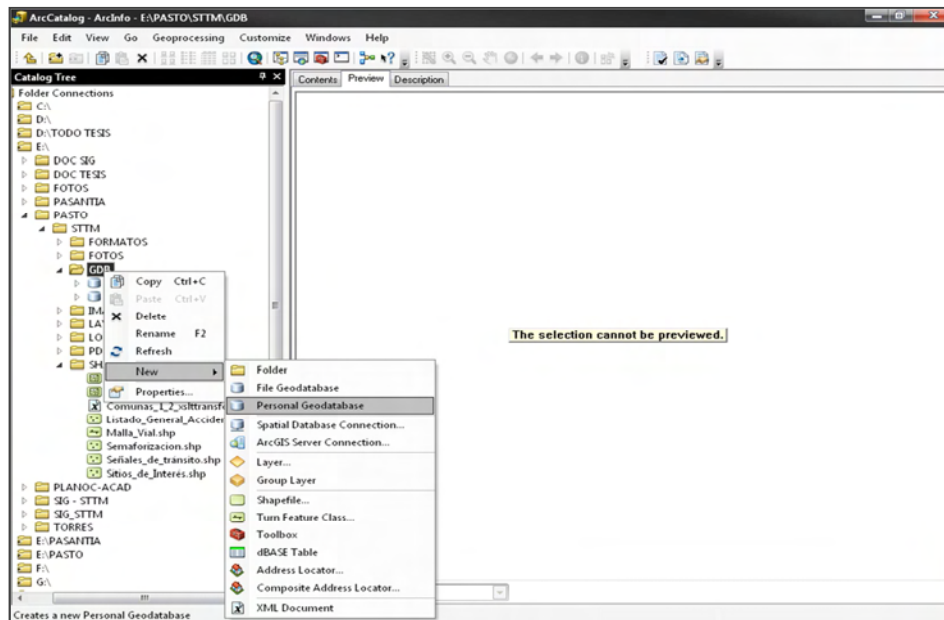
El primer paso para la elaboración de la Geodatabase fue asignarle el directorio de trabajo. Lo cual garantizaría la correcta actualización de los cambios, sin perder ninguna característica de las modificaciones realizadas.

El directorio seleccionado fue:

C:\PASTO\STTM\GDB.

Desde allí se utilizó ArcCatalog de ArcGIS 10 para crear la nueva Geodatabase, del tipo Personal File Geodatabase.

Figura 32. Creación de Geodatabase

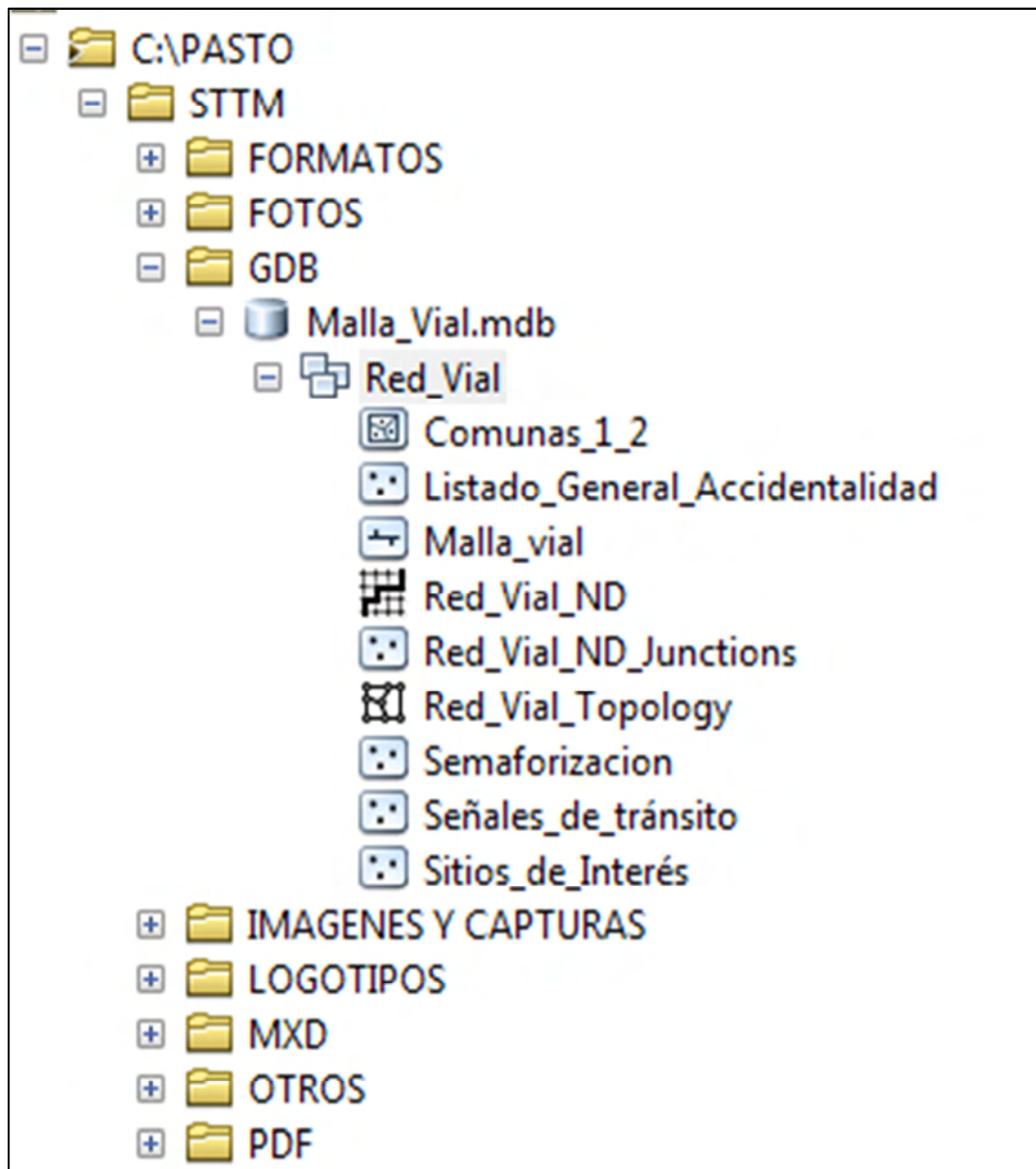


Fuente: esta investigación.

Una vez creada la Geodatabase se generó el Feature Dataset denominado Red vial. El cual contendría los Feature Class de Comunas, semaforización, señales de tránsito, sitios de interés y Malla vial. El programa le asigna automáticamente la proyección geográfica al sistema tomando como referencia la proyección de capas cargadas al mismo.

La estructura del directorio de la Geodatabase quedó organizada de la siguiente manera.

Figura 33. Estructura del directorio de la Geodatabase

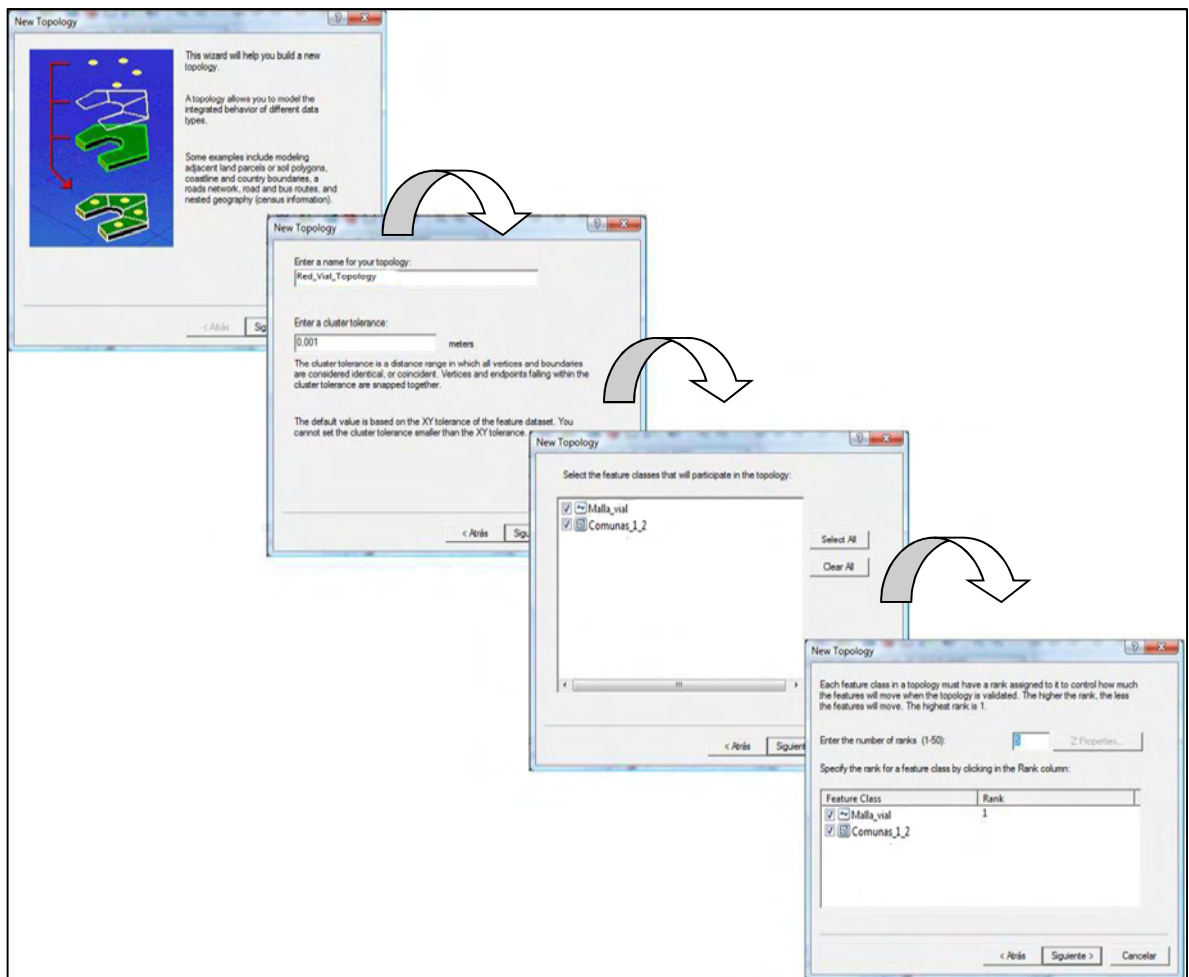


Fuente: esta investigación.

Validación topológica. Dentro de la Geodatabase es posible aplicar las leyes topológicas para validar la integridad geométrica de las coberturas. Creando una Topology Class, dentro del Feature Dataset (Red_Vial).

La elaboración de la topología tiene una secuencia de ventanas (Figura 35). La primera da una explicación de lo que consiste la topología, en la siguiente ventana se define el nombre de esta cobertura, posteriormente aparece una ventana que permite seleccionar los Feature Clases a los que se desea aplicar las leyes topológicas. En la siguiente ventana no se modifica ningún valor.

Figura 34. Secuencia del proceso para crear una Topology Class



Fuente: esta investigación.

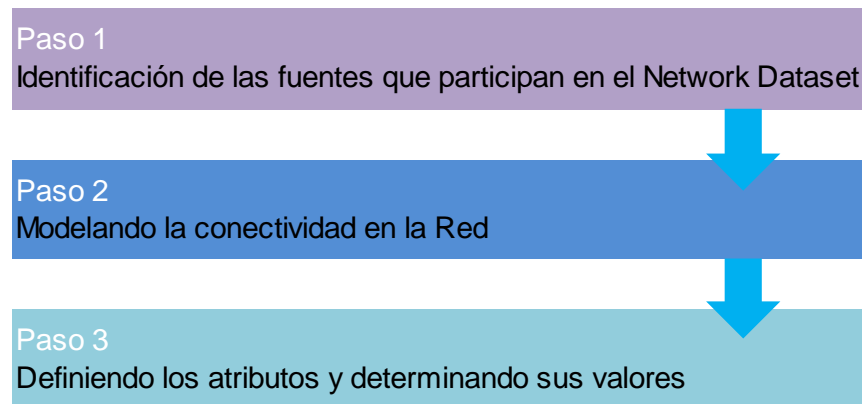
El paso a seguir es definir las reglas topológicas que van a ser aplicadas, estas varían dependiendo del tipo de Feature Classes (polígono, polilínea y punto). Las que se aplicaron en este proyecto de grado.

Definidas las reglas topológicas. Se añade la cobertura a ArcMap, de existir errores se inicia la edición (Editor), y se activa la barra de herramientas de topología (Topology). Con la cual se despliegan los errores existentes, con lo cual se procede a su validación con la corrección manual de las entidades que presentan errores topológicos.

8.7 ELABORACIÓN DEL NETWORK DATASET

Luego de haber definido la organización de la información, además de sus principales características en cuanto a los subtipos y dominios se procedió a elaborar el Network Dataset.

Figura 35. Procedimiento para generar el Network Dataset



Fuente: Manual Network Analyst 10.

Paso 1: Identificación de las fuentes que participan Network Dataset.

Para la construcción del Network Dataset se consideraron tres fuentes de información:

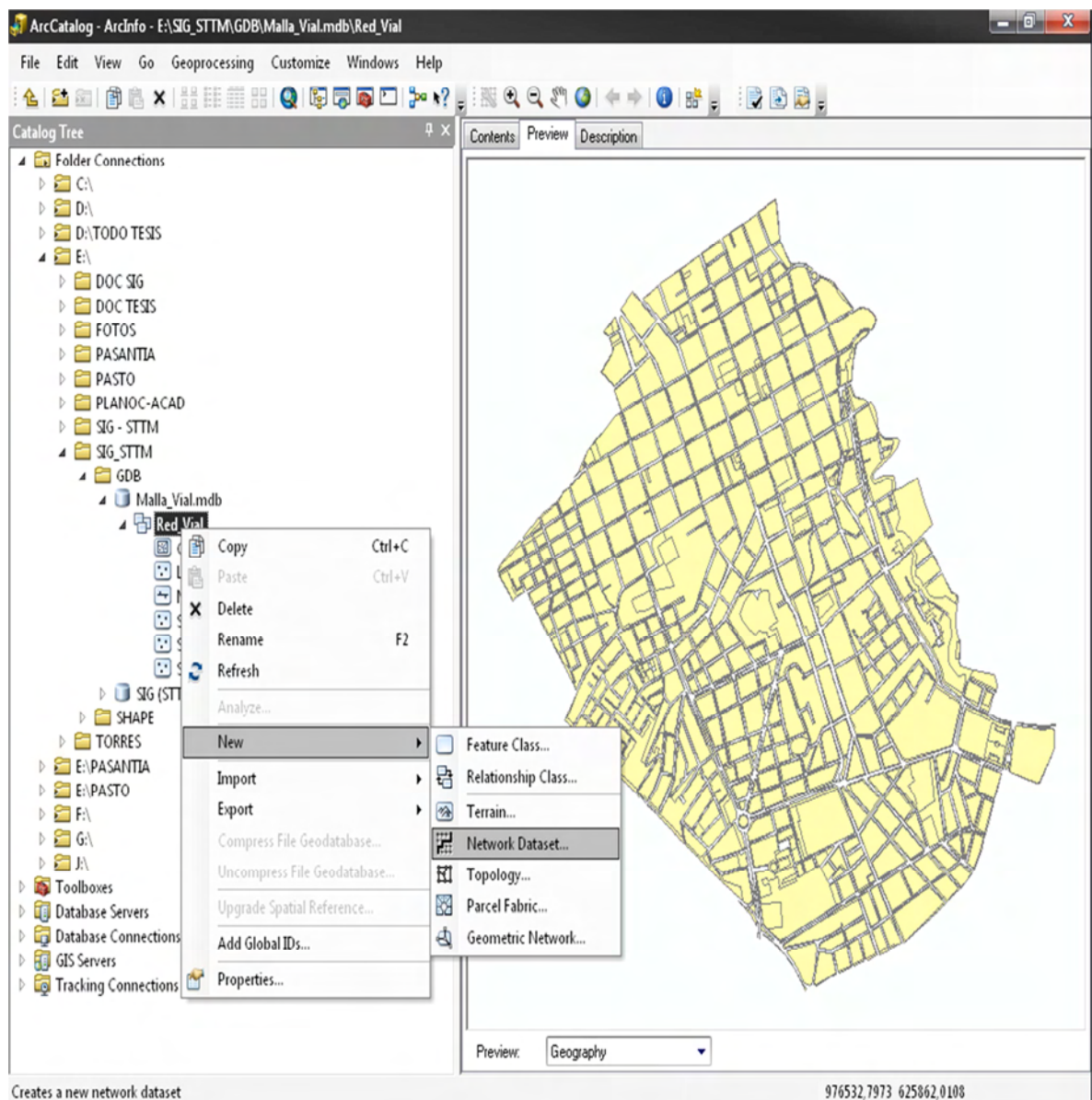
- Malla vial
- Sitos de interés

La malla vial almacena toda la información relativa a los atributos de red (tiempo de desplazamiento, sentidos, categorías, jerarquías y distancias), los tipos de vía, direcciones y los nombres de las calles, entregados por los campos (Tipo de vía, Vía, Desde y Hasta)

Los Sitios de interés presentan información referente a la ubicación de dichos punto, el uso y el nombre del sitio.

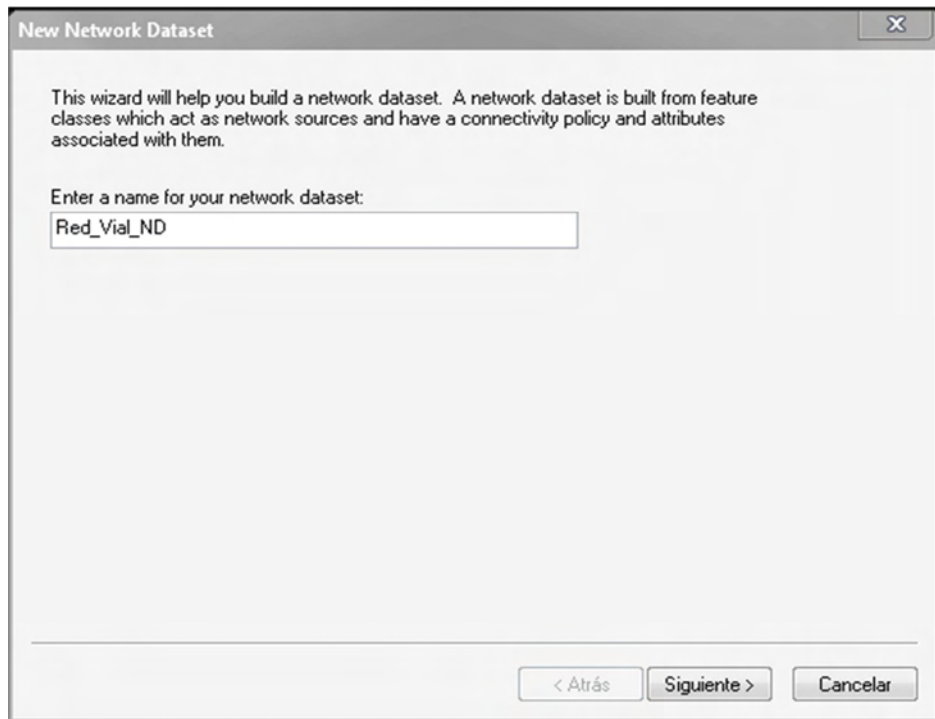
Seleccionados las fuentes de información a utilizar de la Geodatabase, se selecciona el Dataset y sobre él, se crea el Network Dataset.

Figura 36. Selección de Feature Dataset.



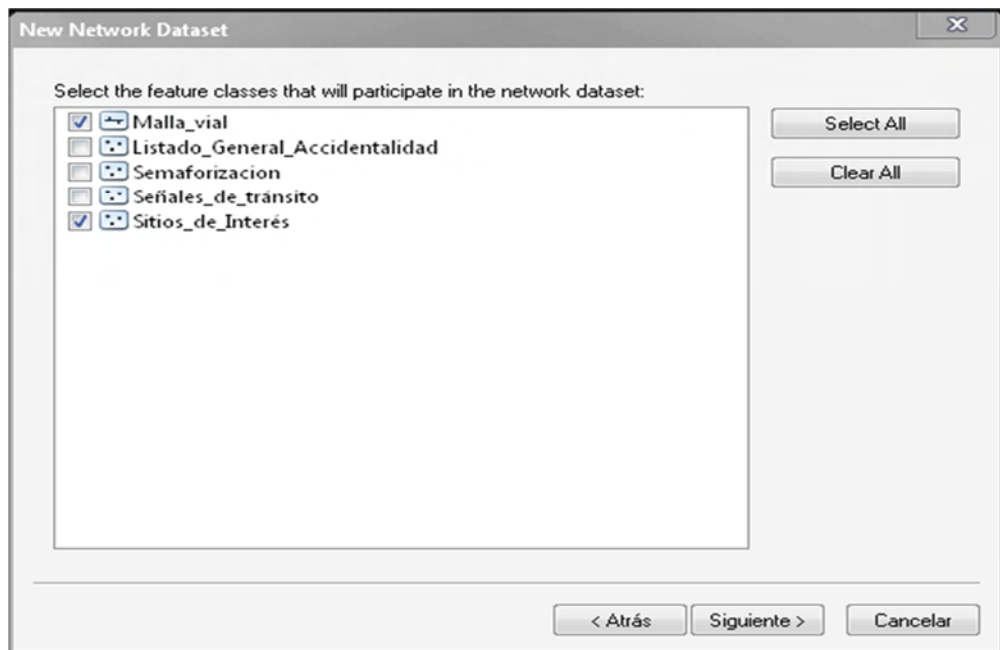
Fuente: esta investigación.

Figura 37. Creación del Network Dataset



Fuente: esta investigación.

Figura 38. Selección de fuentes



Fuente: esta investigación

Paso 2: Modelado de conectividad de la red.

En este paso se configuraron rápidamente las opciones de conectividad.

Figura 39. Opción de conectividad

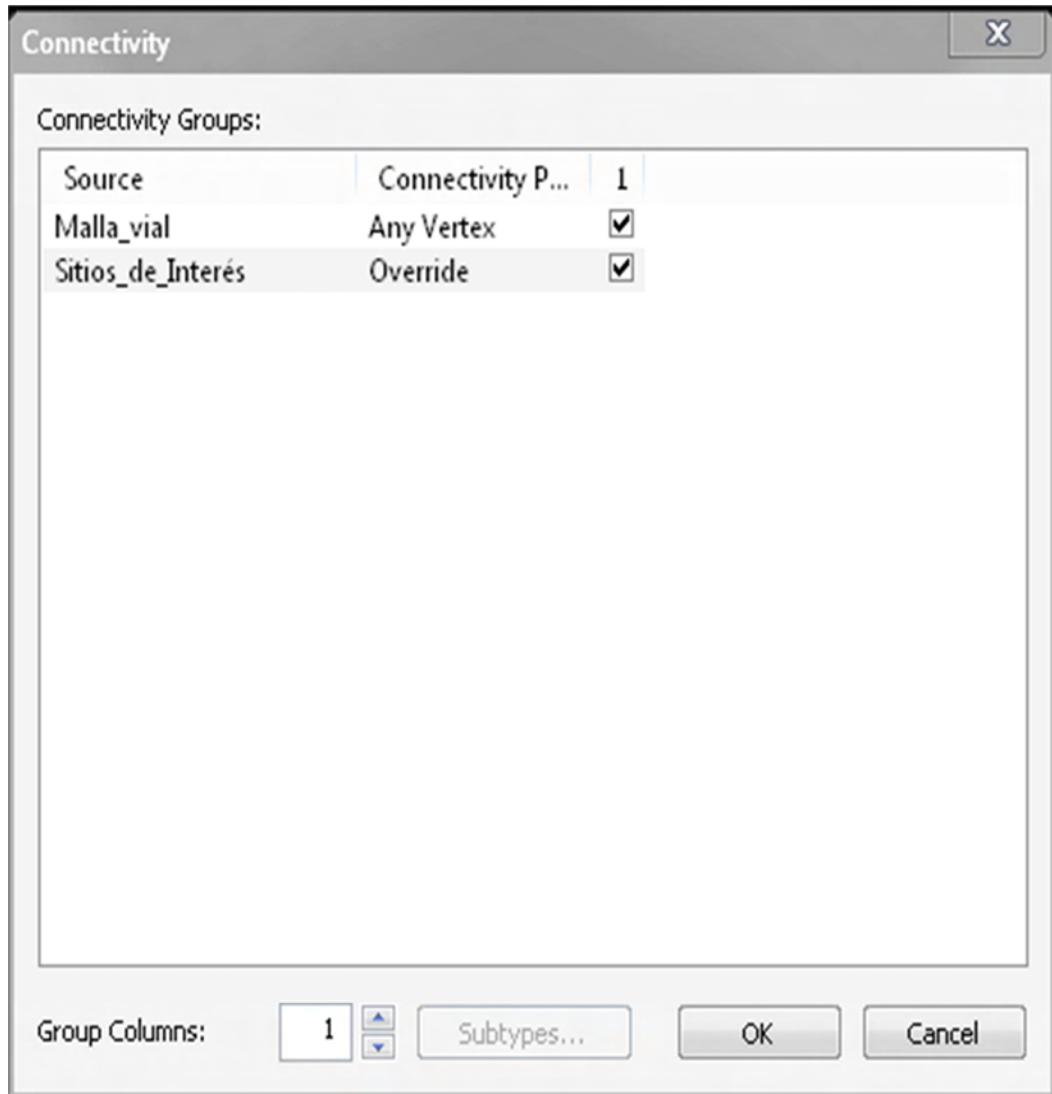


Fuente: esta investigación.

La política de conectividad para los ejes viales se dejó en “Any Vertex” y “Override” para los sitios de interés.

“Any Vertex”, garantiza que la conectividad se realice sobre cualquier vértice del segmento, mientras que “Override”, garantiza la conectividad de los sitios sin importar la política de conectividad del segmento sobre el cual se encuentre.

Figura 40. Política de conectividad

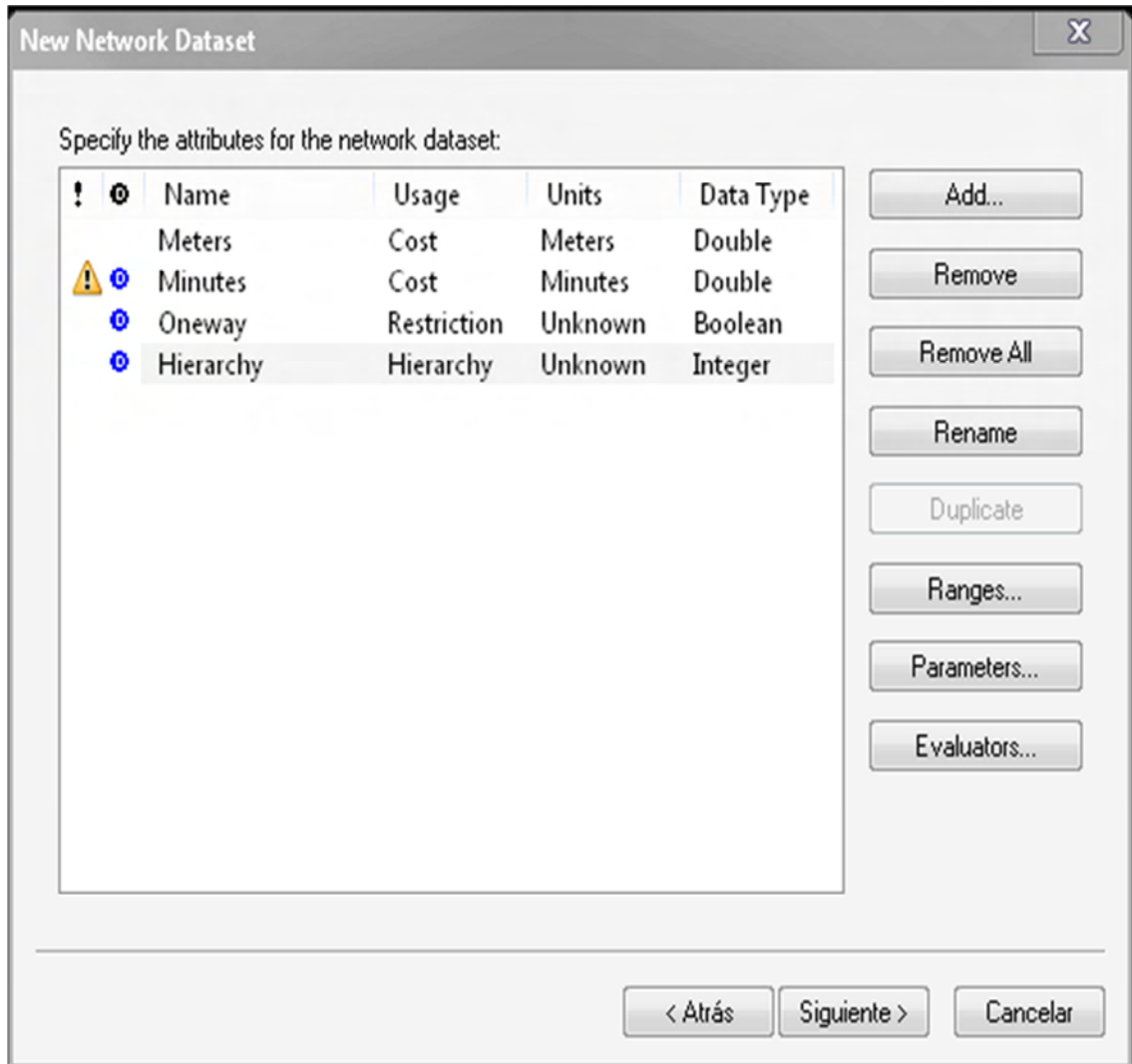


Fuente: esta investigación.

Paso 3: Definición de atributos y determinación de sus atributos.

Dentro del SIG, la malla vial representa al interior de la red, todos los flujos vehiculares que se producen al interior de las comunas 1 y 2. Por lo tanto este Feature Class aporta desde su base de datos la información necesaria para la definición de sus atributos.

Figura 41. Definición de atributos y determinación de valores

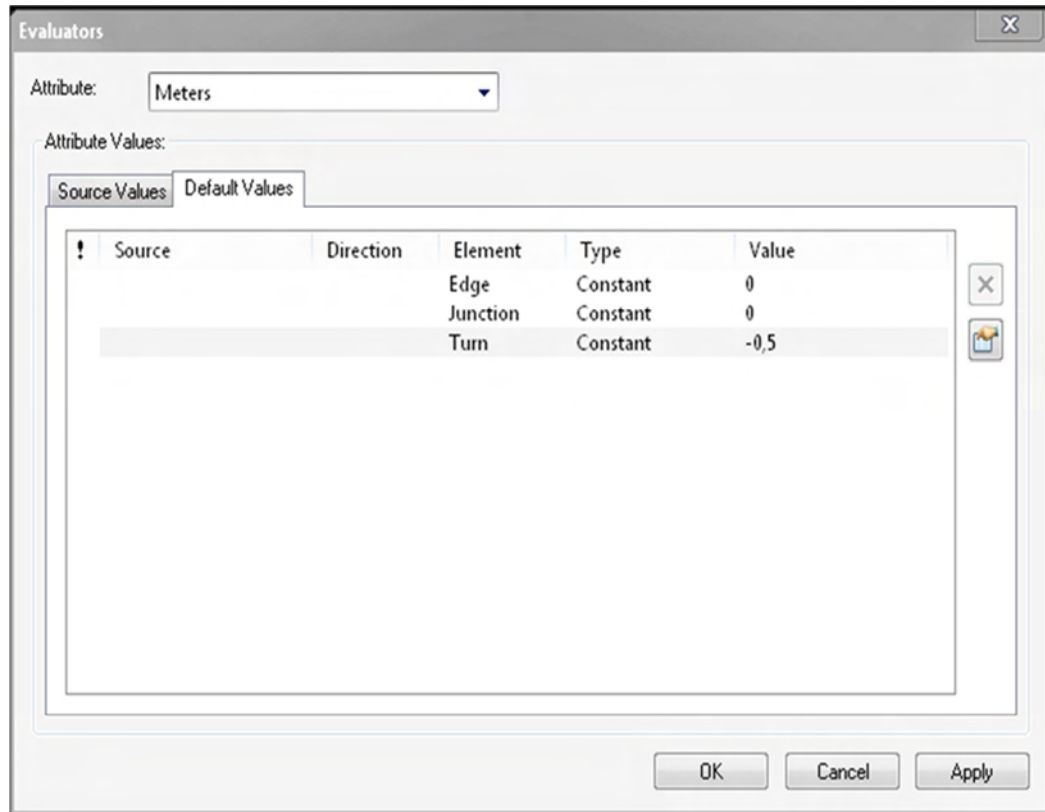


Fuente: esta investigación.

Los atributos que conforman el Network Dataset, fueron asignados automáticamente por el programa tomando como guía los nombres de los atributos al interior de la tabla de atributos de la entidad malla vial.

Pulsando sobre el botón "Evaluators", se configuro el atributo de distancia. Allí se configuro el valor por defecto para los giros.

Figura 42. Configuración del atributo distancia en giros

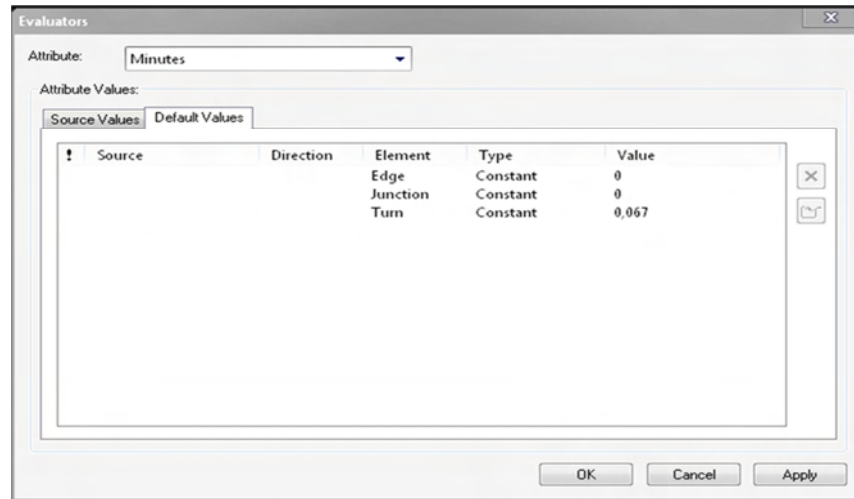


Fuente: esta investigación.

Esto fue hecho para contrarrestar el efecto de angular del giro en las intersecciones. Cada vez que el programa efectuó un giro, serán restados 0.5 metros. Las demás funciones fueron dejadas por defecto.

Al atributo Tiempo (Minutes) también se le realizó la configuración respectiva, pulsando sobre el botón "Evaluators". Allí se configuro también el valor por defecto para los giros.

Figura 40. Configuración del atributo minutos en giros.



Fuente: esta investigación.

Se aplicó una demora intencional en cada giro, esto para compensar el retraso por efectos de la disminución de la velocidad de los vehículos al girar en una intersección cualquiera. El valor añadido corresponde a 4 segundos (0,067 minutos). Las demás configuraciones fueron dejadas por defecto.

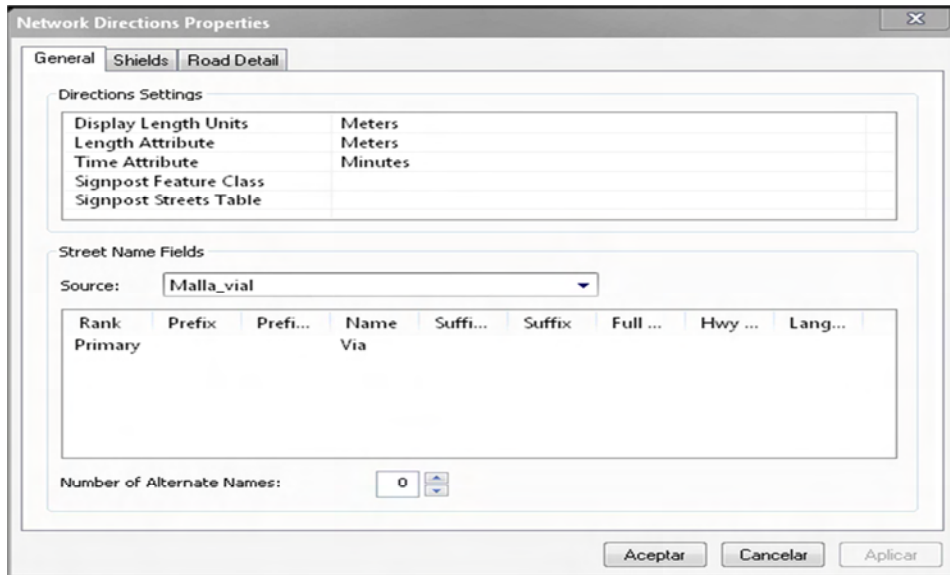
Para los atributos Sentidos (Oneway) y Jerarquía (Hierarchy), no se realizaron cambios. Los valores fueron dejados por defecto para que sean aceptados por el programa.

Figura 43. Configuración de direcciones de manejo.



Fuente: esta investigación.

Figura 44. Configuración de direcciones de manejo.

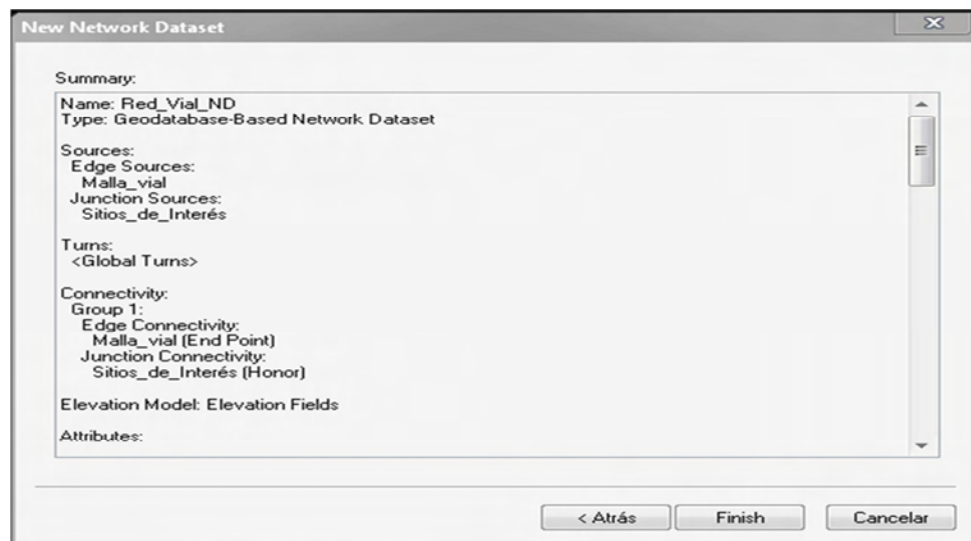


Fuente: esta investigación.

En esta sección se configuro las opciones “Display length units” en kilómetros, “Length Attribute” en metros y “Time Attribute” en minutos y la fuente de los nombres obtenidas desde el campo “Vía”. Estos valores fueron asignados para una mejor representación de los modelos en la aplicación Network Analyst.

Finalmente se aceptaron los valores integrados y se construyó la red.

Figura 45. Aceptación de valores.



Fuente: esta investigación.

9. PRUEBAS AL SISTEMA

En esta fase de proyecto se instaló el Sistema de Información Geográfica en el computador donde se administra la información proveniente del campo, tanto la alfanumérica como la geográfica.

Para llevar a cabo la implementación fue necesario utilizar los manuales técnicos y de usuario, ya que se realizó un pequeño curso SIG, con el Ingeniero Juan Manuel Escobar, quien sería el futuro encargado de actualizar la información alfanumérica y geográfica, con el propósito de familiarizarlo con el programa utilizado para el diseño del SIG y con su barra de herramientas personalizada y la aplicación (Network Analyst) desarrollada para el análisis de redes.

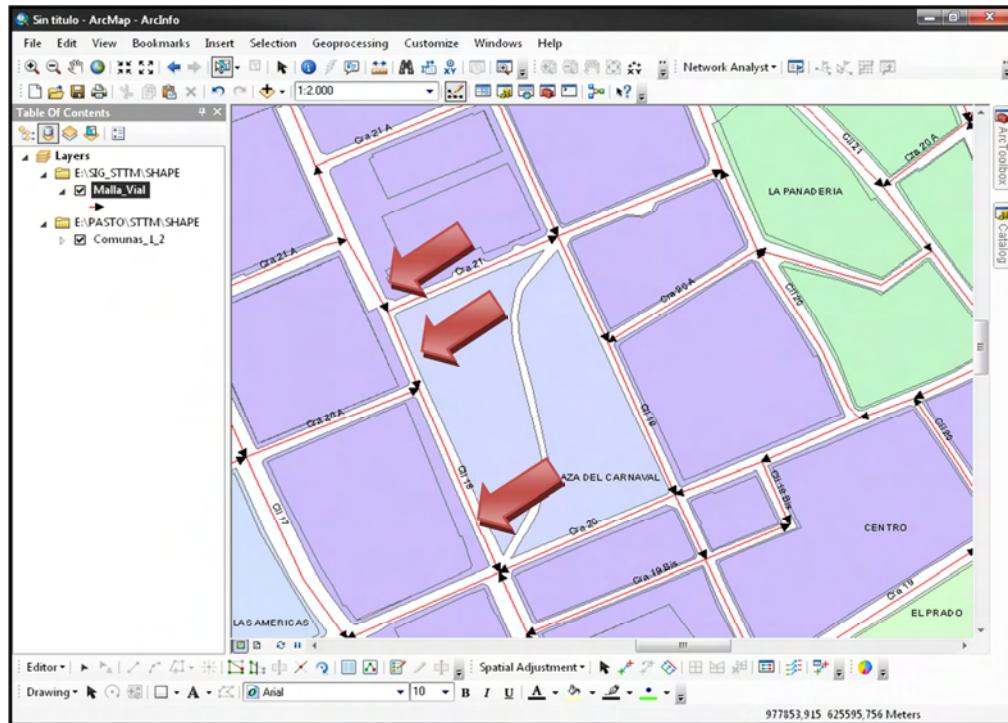
Además, para que quede constancia del funcionamiento correcto del SIG, el usuario final, generó tres mapas, (a partir de Layouts del proyecto), con características definidas por él; para esto puso en práctica el manual de usuario corporativo del programa.

Una vez instalado el SIG en el computador que administra la información de campo en la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal de Pasto, se realizaron las pruebas necesarias que especifiquen los errores presentes en las fases de desarrollo del sistema. A partir de esta etapa, se comenzó a realizar una serie de pruebas al sistema, tanto de funcionamiento, modelamiento de la red y funciones e búsqueda y localización por atributo.

El principal objetivo de esta etapa es determinar cualquier tipo de errores desde los más simples como inadecuada asignación de nomenclaturas o los más comunes errores de escritura de las calles (Por ejemplo Av. Champagna y Crr 17 en lugar de Av. Champagnat y Cra 17).

Para subsanar estos conflictos se realizó la representación por atributos de las entidades en ArcMap, con el fin de reconocer los errores y proceder a corregirlos con las herramientas de edición con las que cuenta ArcGIS10.

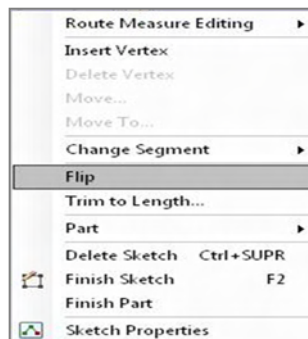
Figura 47. Errores de direccionamiento de la malla vial.



Fuente: esta investigación.

En la figura anterior se puede observar el error de direccionamiento vial en la calle 18. La cual tiene un sentido SUR – NORTE. Pero en algunos segmentos como el comprendido entre las carreras 20 y 21 existe un direccionamiento NORTE – SUR. El cual tuvo que ser corregido con las opciones de edición con las que cuenta el programa, específicamente con la herramienta del “Editor de vértices”, “Flip” utilizada para invertir segmento de línea corrigiendo así el direccionamiento vial de la capa.

Figura 48. Herramienta Flip.



Fuente: esta investigación.

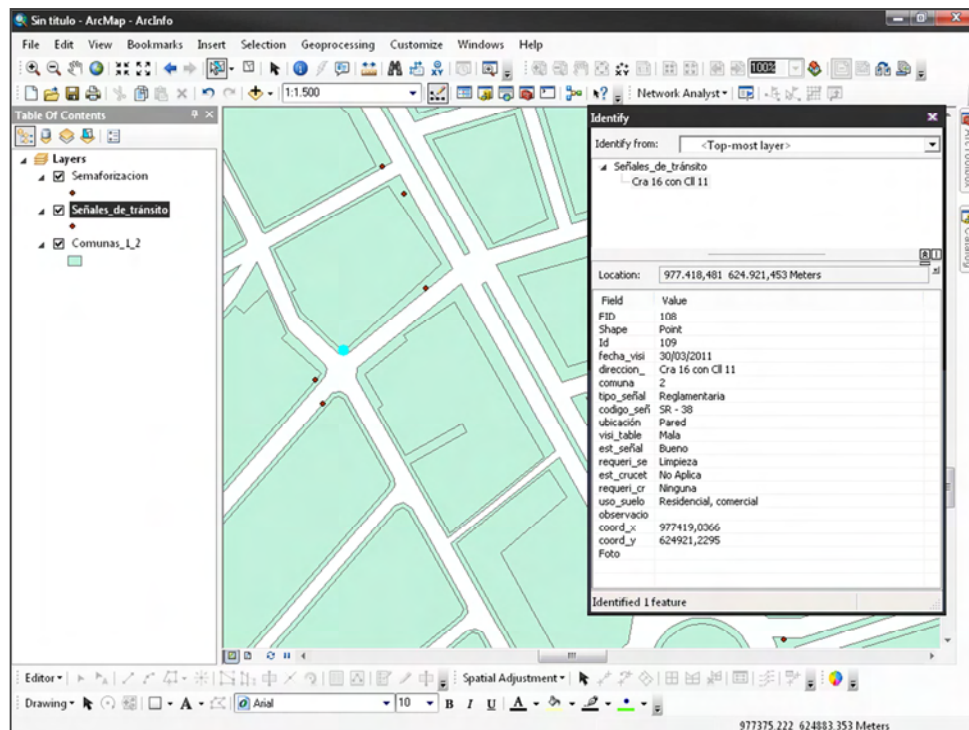
Una vez corregidos todos los problemas de las distintas entidades, se procedió a realizar las pruebas preliminares al sistema.

9.1 PRUEBAS PRELIMINARES

Una vez corregidos los errores existentes en el sistema, el paso siguiente fue realizar algunas pruebas del sistema.

A continuación un ejemplo realizado a partir de la consulta de información.

Figura 49. Pruebas preliminares a señales de tránsito

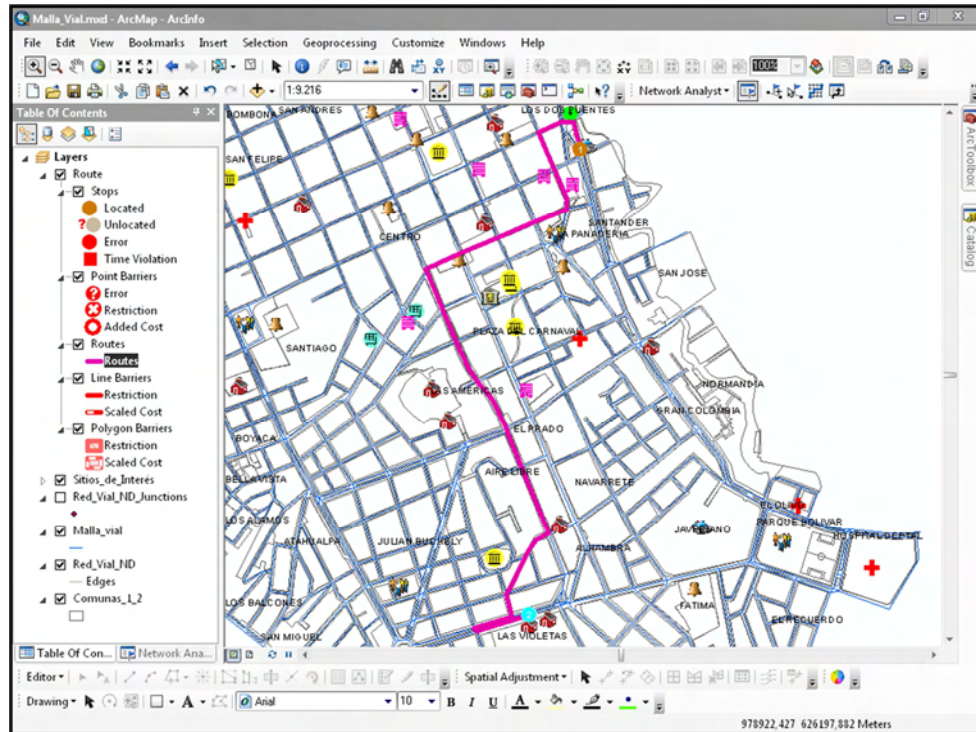


Fuente: esta investigación.

En la figura anterior, se muestra los atributos de una señal de tránsito que corresponde a una determinada fecha de censo y con una información específica, la cual para comprobar su veracidad fue comparada con la información recolectada en campo a través de los formatos. Teniendo en cuenta que dicha señal tiene un identificador en el formato de recolección el cual debe coincidir con la información en el sistema, esta misma acción se realizó con 60 señales que representan el 10 % del total y las cuales fueron seleccionadas de manera aleatoria para lograr la mayor veracidad de la realidad; Esta misma acción se realizó con la semaforización existente en las comunas 1 y 2.

En el siguiente caso a modo de ejemplo se busca la ruta en minutos. Desde la estación de Bomberos de la Avenida Santander hasta el Colegio Champagnat, el siguiente es el resultado de la consulta.

Figura 50. Pruebas Network Analyst.



Fuente: esta investigación.

La figura anterior muestra una de las pruebas realizadas con la aplicación Network Analyst, sobre la malla vial. Comprobando así la veracidad de la red vial del sistema y la conectividad de todos los segmentos viales convirtiéndose así en una prueba muy importante, para la representación veras de la circulación vehicular al interior de la red vial con el fin de ser utilizada más adelante como el insumo principal en el modelamiento de circulación vial en el área de estudio.

Una vez concluida la etapa de pruebas, y realizadas las correcciones necesarias por razones estrictamente funcionales. El paso a seguir fue la implementación del sistema en la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal.

10. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Con el diseño de esta nueva fuente de información, se proporciona una base para realizar consultas de forma rápida y específica, con la que se agiliza los procesos de gestión y planificación en cuestiones de seguridad vial, tránsito y transporte.

Tras realizar la asociación visual de la información, se comenzó a realizar los planos, al fin de entregar una visión general de la situación actual, luego de manera más específica, se comenzó a consultar la situación por entidades, realizando consultas por atributos y realizando análisis estadísticos de la situación actual de los mismos.

10.1 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Teniendo en cuenta que el sistema de información geográfica nace bajo la necesidad de optimizar el volumen de información de las entidades que lo conforman. El SIG permite:

- Almacenar información catastral de señales de tránsito y semáforos.
- Permite realizar análisis y modelamiento espacial, análisis estadísticos y cartográficos generando un valor agregado a la información
- Facilita la toma de decisiones, sirviendo como herramienta a la planificación estratégica.

10.1.1 Señalización vertical. Para la realización de este análisis se utilizó la información alfanumérica como geográfica para la obtención de resultados importantes como la distribución espacial, estado y requerimiento de la señalización vertical existente en las comunas Un y Dos.

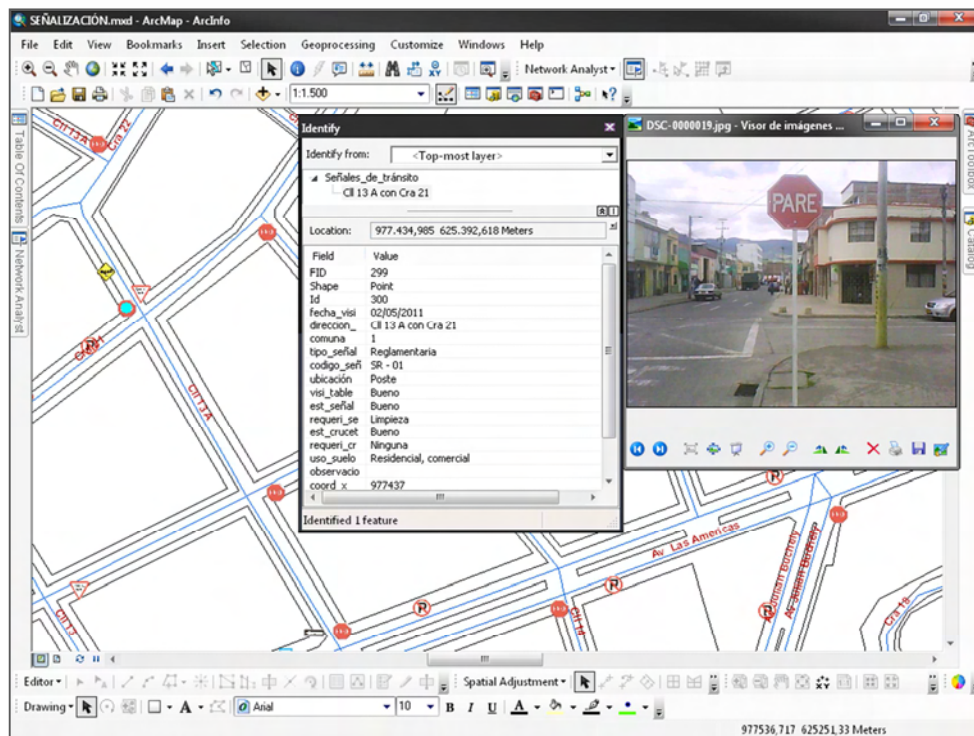
Análisis grafico de las señales verticales. Incorporada toda la información alfanumérica y geográfica al SIG, se realizó una representación gráfica de las señales de tránsito verticales existentes en el área de estudio, buscando individualizar cada uno de los elementos que conforman esta entidad.

Para lograrlo se tomó las imágenes de todas las señales de tránsito según el Manual de señalización vial para Colombia. Reeditándolas y exportándolas al formato BMP (bitmap, mapa de bits), formato con el cual el programa, sería capaz de realizar la representación gráfica deseada.

Paso siguiente se añadió el hipervínculo correspondiente al registro fotográfico de las señales de tránsito verticales, con el objetivo de realizar una representación visual de esta entidad en el sistema.

Una vez representadas las señales de tránsito, gráficamente, se procedió a obtener la información distintiva de cada señal con la herramienta "Identify" identificador, la que pueden ser utilizada para la información de los diferentes campos que incluye el tema Señales de tránsito verticales.

Figura 51. Representación gráfica de las señales de tránsito



Fuente: esta investigación.

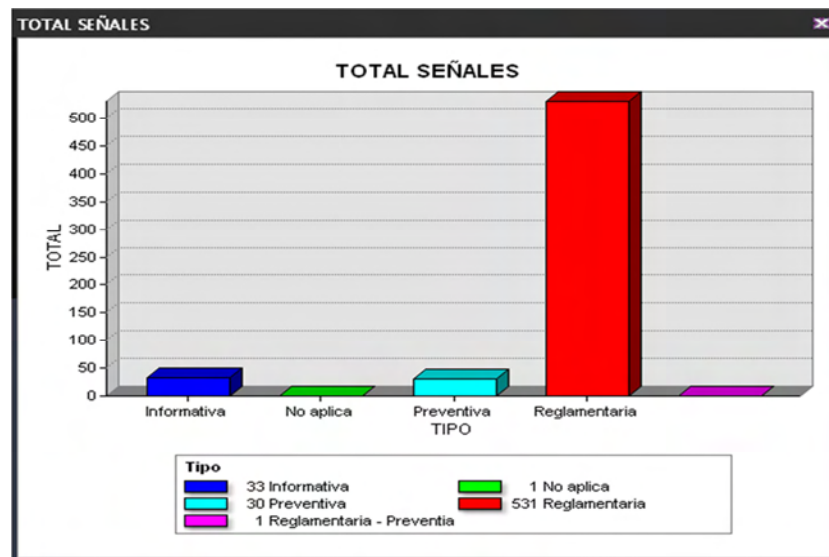
La imagen anterior muestra la representación de la información alfanumérica y fotográfica de las señales de tránsito, de gran importancia ya que permite por parte de los encargados de la planificación desde las oficinas de la secretaría de tránsito y transporte municipal, tomar decisiones acertadas sin tener que desplazarse al campo, por medio del sistema de información geográfica.

Hechas la representación gráfica en el sistema de las señales de tránsito, comenzaron a surgir interrogantes más complejos, los que debían ser respondidos por el sistema.

Total señales de tránsito existente en el área de estudio.

Uno de los primeras inquietudes era saber la cantidad se señales instaladas en el área de estudio. Como resultado de la consulta, el sistema despliega la información alfanumérica y estadística con la cual es posible visualizar, analizar y gestionar utilizando estas importantes herramientas que proporciona el SIG.

Grafico 2. Clasificación de señales por tipo



Fuente: esta investigación.

Tabla 20. Cantidad de señales existentes en el área de estudio.

Rowid	FREQUENCY	TIPO SEÑAL
1	33	Informativa
2	1	No aplica
3	30	Preventiva
4	531	Reglamentaria
5	1	Reglamentaria - Preventia

Fuente: esta investigación.

Como se observa en el Grafico 2. El total de señales de tránsito verticales en las comunas Uno y Dos es de 596 señales, de las cuales 533 las cuales equivalen al 89,4% corresponden a señales reglamentarias, seguidas por las señales informativas con un total de 33 que equivalen a 5,5% a su vez seguidas por las señales preventivas con un total de 30 que corresponden al 5 % del total.

Es de resaltar que el gran número de señales de tránsito reglamentarias, es una medida de gestión del tránsito en la ciudad, usadas para establecer las prohibiciones y restricciones de circulación vehicular, con el fin de regular el uso de la red vial.

Señales de tránsito existen según el código.

Para este análisis, se generó una tabla de frecuencias según el código de la señal. La cual nos mostró la cantidad de señales de tránsito existentes según el código. Pero por la gran robustez de la tabla, fue necesario editarla en EXCEL, para una mejor representación.

Tabla 21. Cantidad de señales según su código.

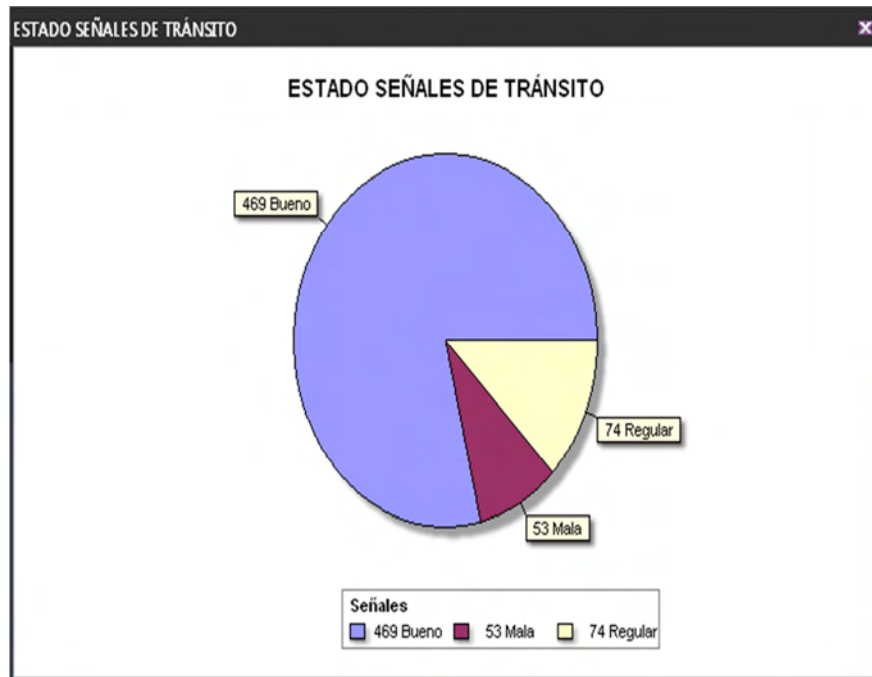
CANTIDAD	SEÑALES
1	SI - 14, SI - 24, SP - 20, SP - 30, SP - 42, SP - 67, SR - 03, SR - 04, SR - 06, SR - 12, SR - 13, SR - 21, SR - 23, SR - 30 . SR - 47, SR - 35.
2	SP - 46, SR - 32
3	SI - 16, SR - 08, SR - 37, SR - 41
4	SI - 13, SR - 20
7	SR - 39
8	SR - 30
9	SR - 29
11	SI - 26, SR - 10
12	SR - 25
13	SI - 08 - SR - 02
21	SR - 28 A
24	SP - 47
26	SR - 18
102	SR - 38
124	SR - 01
174	SR - 28

Fuente: esta investigación.

Estado de las señales de tránsito verticales.

Bajo esta consulta, se incorporó la información del estado de los tableros de las señales de tránsito, los resultados obtenidos fueron: en buen estado 469 señales que corresponde al 78,7%, en regular estado 74 señales que equivale al 12,4% y en mal estado 53 señales con el 8,9% esto se puede observar en el Grafico 3.

Grafico 3. Estado señales de tránsito



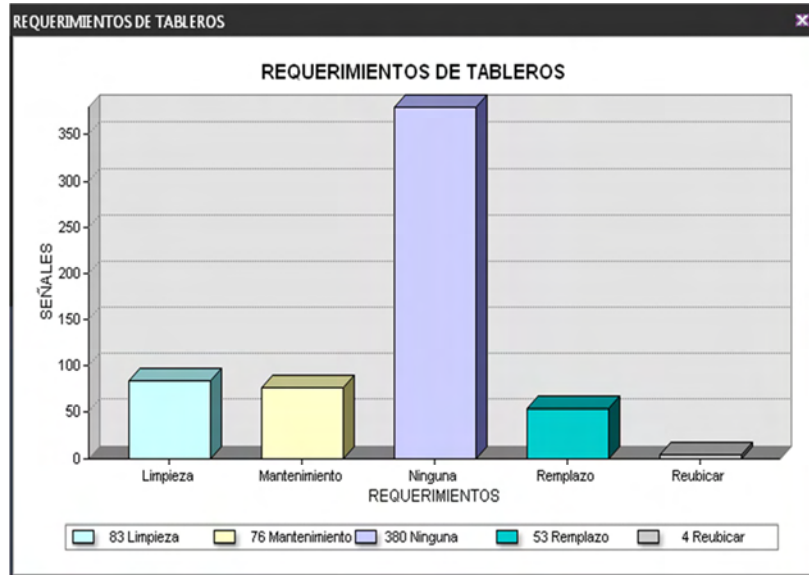
Fuente: esta investigación.

Requerimientos de los tableros

Determinado el estado de las señales de tránsito, se continuó con determinar las necesidades de los tableros. Es decir las acciones correctivas o de remplazo en función de las observaciones en campo. En base a esto se obtuvo que 380 señales de tránsito que equivale al 63,8% no requieren ninguna acción correctiva, 13,9% que corresponde a 83 señales requieren la limpieza de los tableros, el 12,8% que son 76 señales necesitan de mantenimiento de los tableros, 53 señales que corresponde al 8,9% se le deben remplazar los tableros y 4 señales que equivale al 0,7% deben ser reubicadas. Esto se puede observar en el Grafico 4.

A continuación se muestra el resultado obtenido a dicha consulta, la primera grafico muestra los resultados obtenidos con la generación de tablas de frecuencia las cuales muestra resultados alfanuméricos y de gráficos.

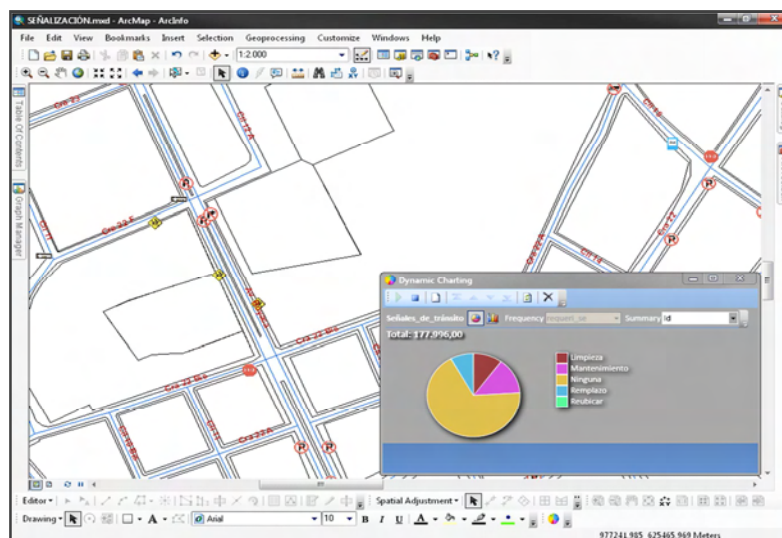
Grafico 4. Requerimientos de tableros



Fuente: esta investigación.

A continuación se muestra los resultados de la misma consulta, arrojando los resultados de forma interactiva, utilizando la herramienta “Dynamic Charting” (gráficos dinámicos), herramienta descargada desde el banco de recursos de la ESRI. La cual es de gran utilidad, debido a que permite realizar un análisis estadístico y grafico de manera rápida y con iguales resultados, que con la primera opción.

Figura 52. Requerimientos de tableros - gráficos dinámicos



Fuente: esta investigación.

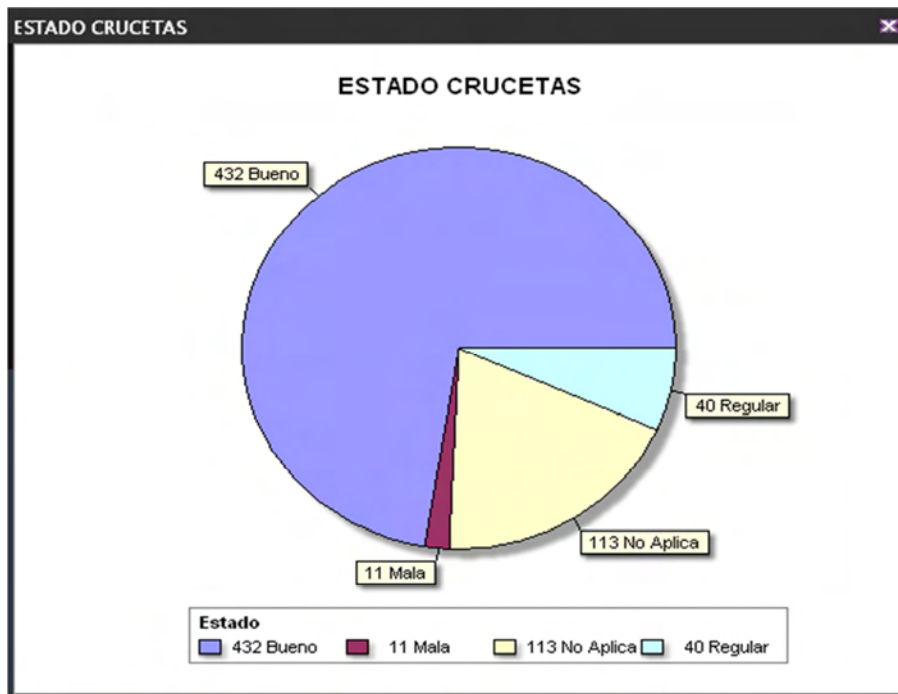
Estado de las crucetas.

Realizando las consultas al sistema, se pretendió conocer es estado de las crucetas de las señales de tránsito. Esto permite determinar en forma estadística y gráfica, el estado de las crucetas de la totalidad de las señales instaladas en el área de estudio.

Los resultados obtenidos en relación al estado de las crucetas de las señales de tránsito son: 432 señales correspondientes al 72,5% se encuentran en buen estado, el 6,7% que equivale a 40 señales se encuentran en regular estado y el 1,8% de las señales que son 11 se encuentran en mal estado. Esto se puede observar en el Grafico 5.

El restante 22,3% que corresponde a 133 señales, no fueron tenidas en cuenta para este análisis ya que corresponden a señales de parad (ubicadas en paredes).

Grafico 5. Estado de crucetas

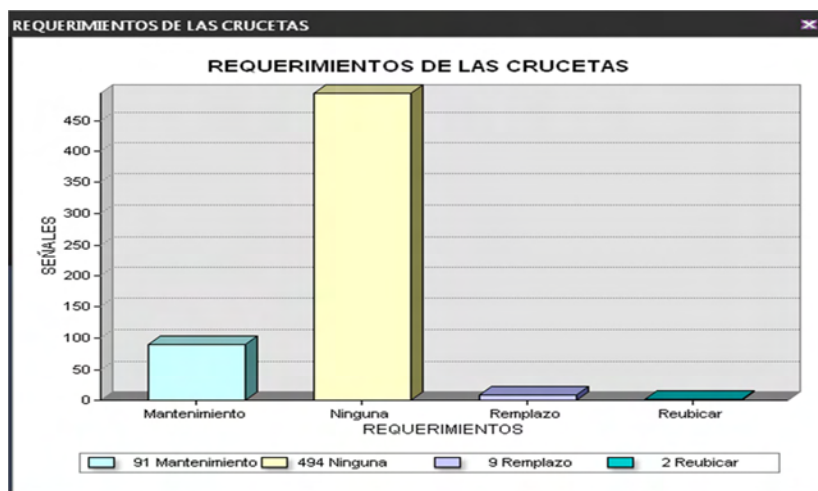


Fuente: esta investigación.

Requerimientos de las crucetas. Reconocido el estado de las crucetas, el paso siguiente era conocer cuáles eran las acciones necesarias para reparar los desperfectos de las crucetas. Con el fin de que las señales de tránsito cumplan su objetivo de la mejor manera posible.

El resultado que se obtuvo de los requerimientos en las crucetas de las señales de tránsito en las comunas Uno y Dos son: 494 señales que equivale al 82,9% no necesitan de acciones correctivas, el 15,3% que corresponde a 91 señales debe realizársele un mantenimiento, al 9 señales que representa el 1,5% deben ser reemplazadas y 2 señales que representa el 0,3% deben ser reubicadas. Esto se puede observar en el Grafico 6.

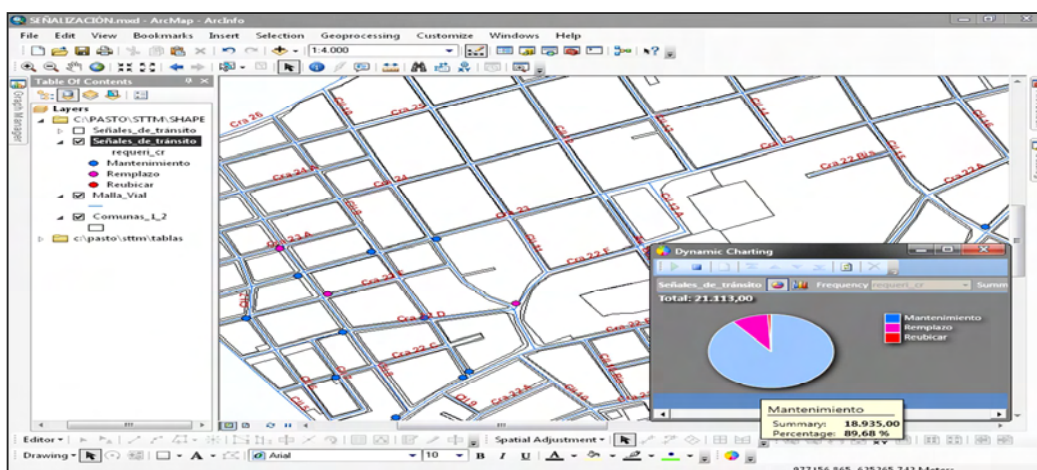
Grafico 6. Requerimientos de las crucetas



Fuente: esta investigación.

Posteriormente se realizara una representación gráfica de las señales, a las cuales se les debe realizar acciones correctivas a las crucetas.

Figura 53. Requerimientos de las crucetas - gráficos dinámicos.



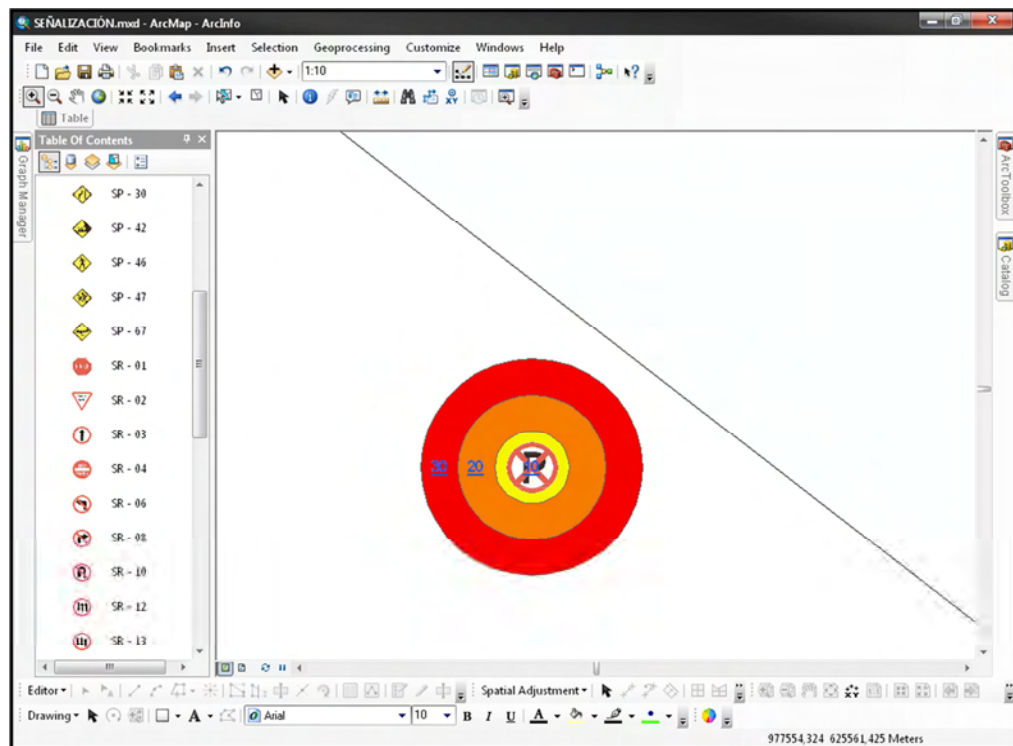
Fuente: esta investigación.

Emplazamiento de las señales de tránsito verticales.

Una vez consultada, la base de datos de las señales de tránsito, se observó que el mayor daño causado a las mismas era por golpes en el tablero y las crucetas. En el trabajo de campo, se pudo determinar que estos golpes se debían a la ubicación cercana de las señales al borde del andén, conociendo la causante de esta problemática; El paso a seguir fue consultar en el Manual de Señalización Vial para Colombia, en específico la normativa para la instalación y ubicación de señales tránsito verticales, el cual dicta que “las señales de tránsito verticales en las zonas urbanas serán instaladas de tal forma que la distancia de la señal medida desde su extremo más sobresaliente hasta el borde del andén no sea menor a 0.3 Mt.”⁷⁴

Mediante la herramienta “Múltiple Ring Buffer” se creó el radio de restricción, para el estudio de la ubicación de las señales, guiándose por el manual se crearon áreas circulares con un radio de 30 Centímetros cada una.

Figura 54. Señal emplazada adecuadamente.

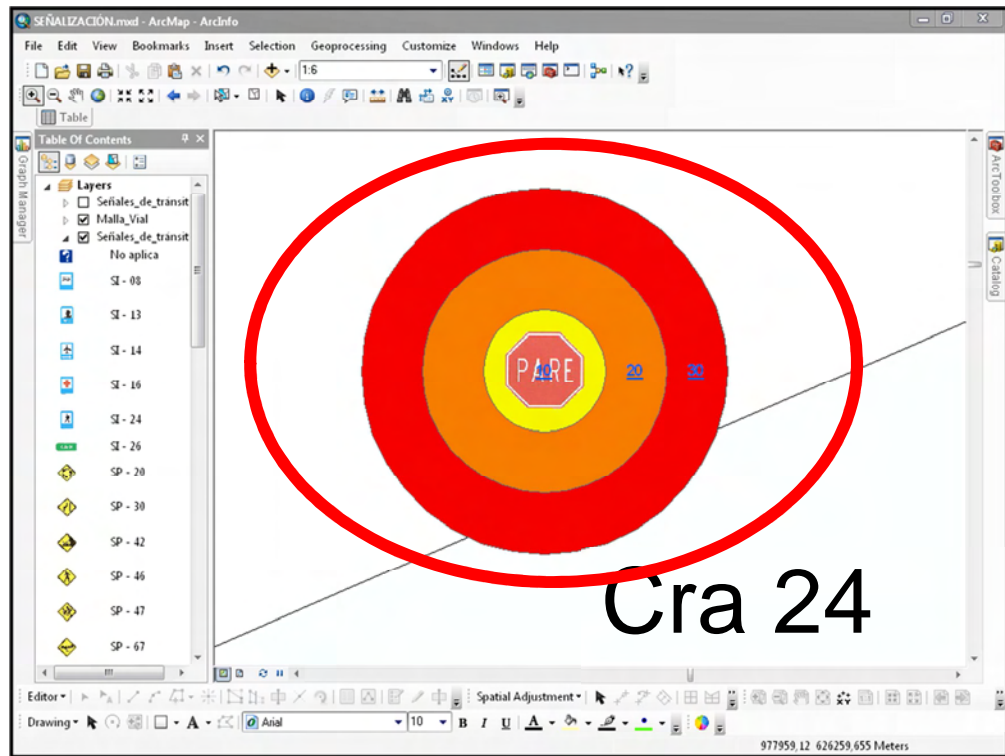


Fuente: esta investigación.

⁷⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. MANUAL DE SEÑALIZACION Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y cicloramas de Colombia. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2004. 22 p.

La figura anterior muestra el emplazamiento adecuado de las señales de tránsito en zonas urbanas, las cuales deben ser ubicadas desde el borde del andén hacia el paramento a una distancia no menor a 30 centímetros ni mayor a 1 metro.

Figura 55. Señal mal emplazada



Fuente: esta investigación.

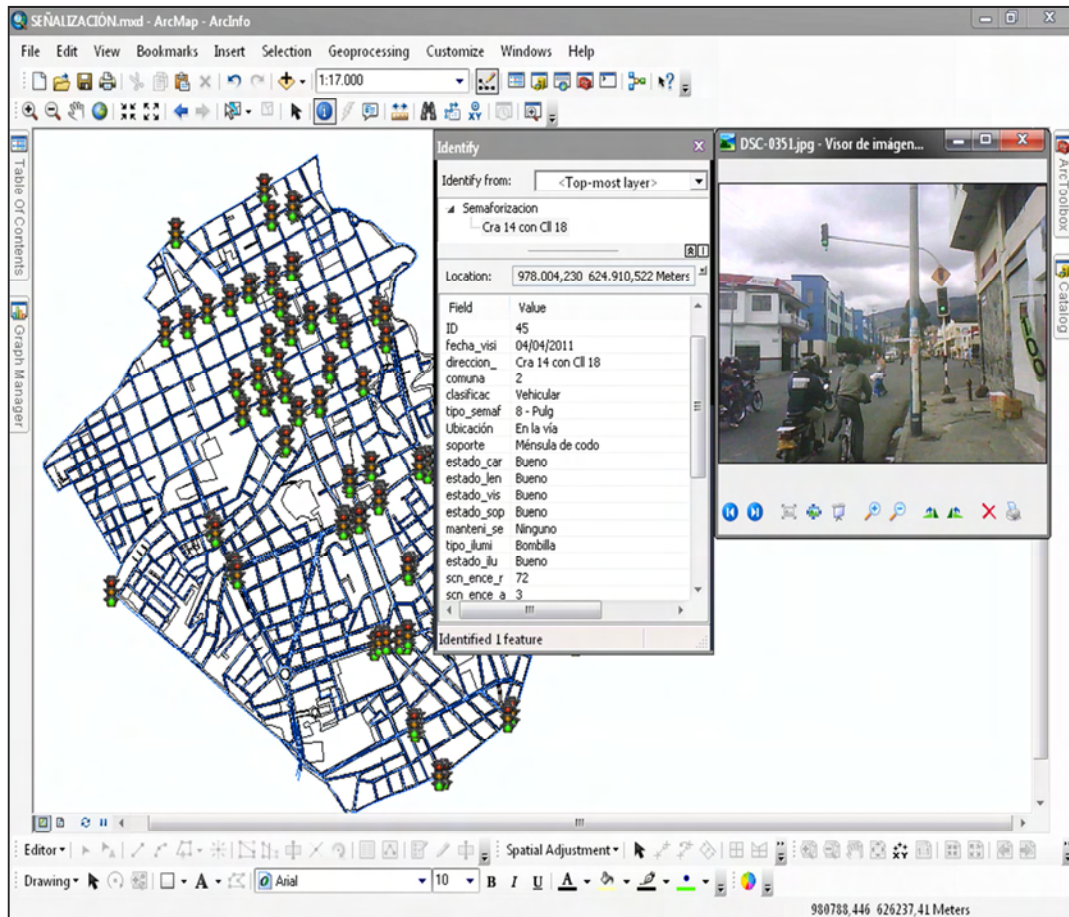
La Figura 56. Muestra el mal emplazamiento de la señal de tránsito SR – 01 (Pare), la cual se encuentra sobresaliendo del borde del andén, lo que la hace mucho más propensa a sufrir golpes en el tablero o en su cruceta por el tránsito principalmente de vehículos con alturas superiores a 2 metros.

En total con la creación de los buffers, se encontró que un total de 25 señales de 596 se encontraban mal emplazadas y por ende fuera de la norma estipulada por el Manual de Señalización.

10.1.2 Semaforización. Para este caso, lo primero que se necesitaba era una vista de la ubicación de los cruces semaforizados en las comunas, los semáforos hacen referencia a la ubicación de ellos dentro de las comunas.

En la siguiente figura se hace una representación de los cruces semaforizados existentes en las comunas 1 y 2.

Figura 56. Cruces semaforizados en las Comunas 1 y 2

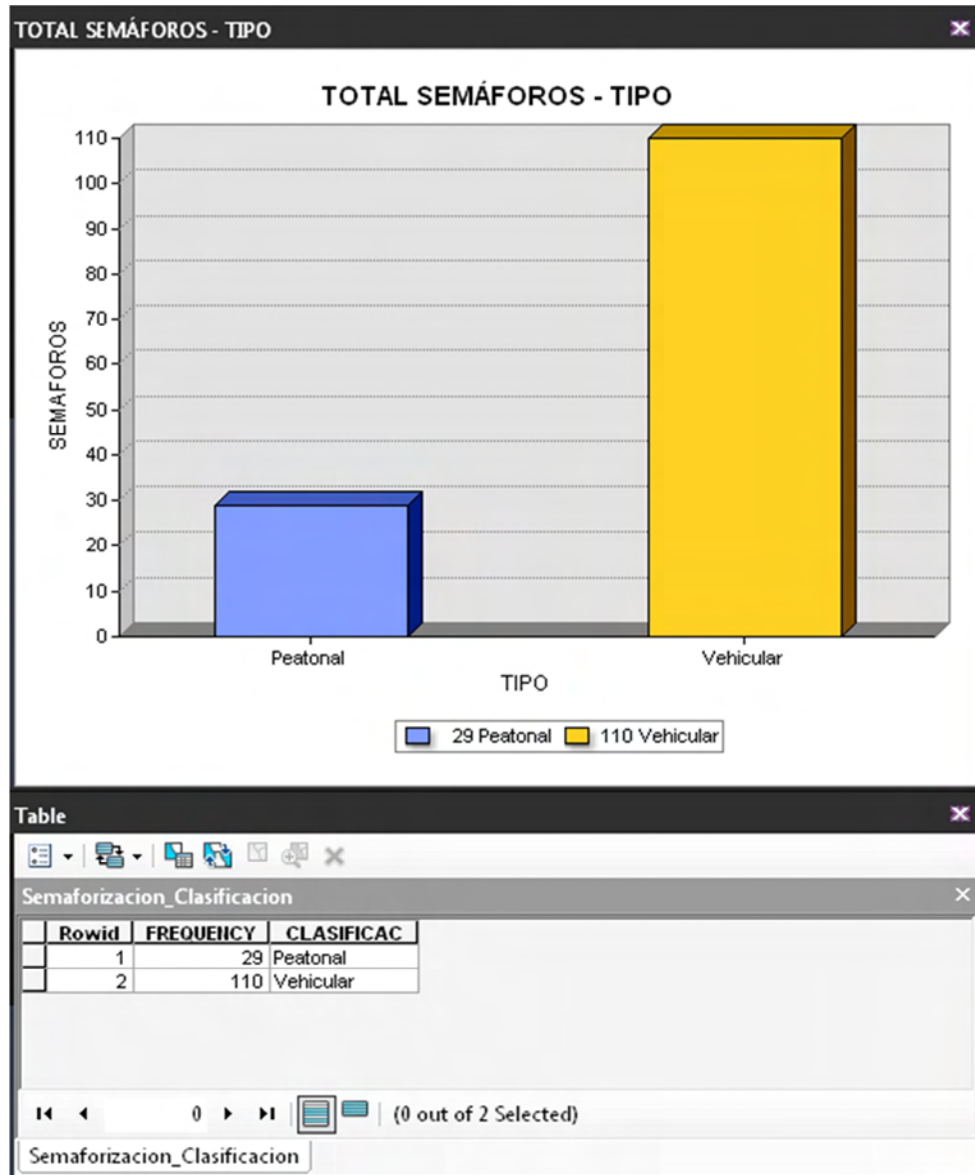


Fuente: esta investigación.

Una vez representada la información de la semaforización de las comunas 1 y 2, se procedió a generar más información a partir del planteamiento de consultas. Con el objetivo de coadyuvar a los procesos de gestión y planificación por parte de los funcionarios de la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal.

Total semáforos y clasificación. Del total de 139 semáforos existentes en las comunas Uno y Dos, se obtuvo que los semáforos que predominan en esta zona son: con el 79,1% que representan 110 semáforos son de tipo vehicular y el 20,9% corresponden a semáforos de tipo peatonal con un total de 29. Esto se puede observar en el Grafico 7.

Grafico 7. Gráfico y tabla total de semáforos y tipo semáforo.



Fuente: esta investigación.

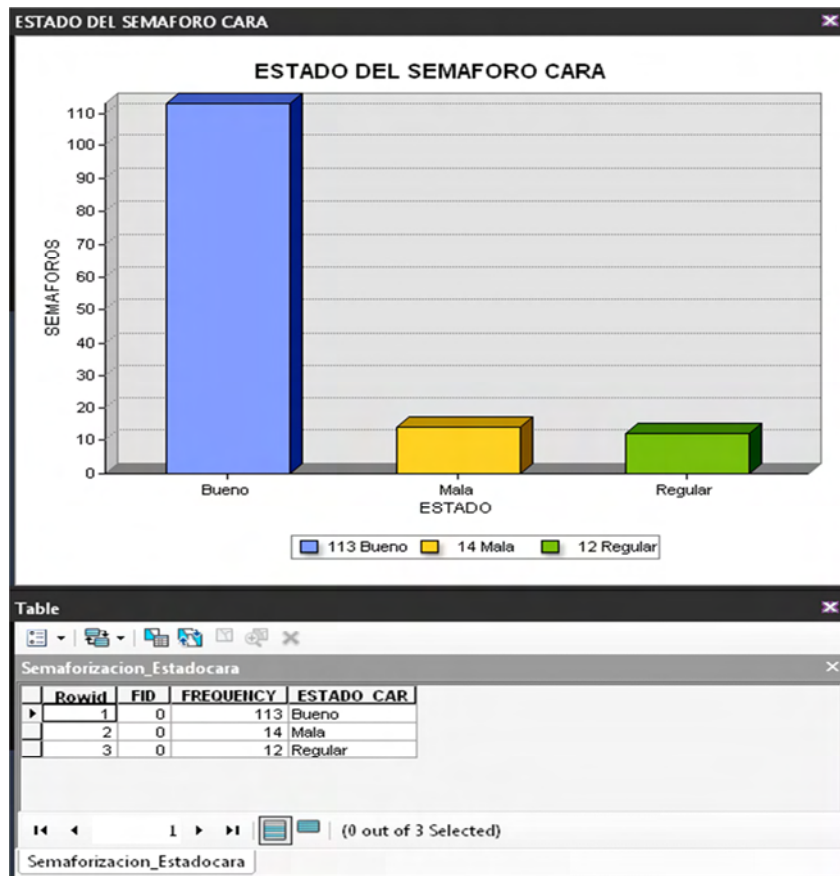
La información extraída de las consultas, se encuentran en Tablas y puede representarse mediante gráficos, así es posible visualizar, analizar y gestionar utilizando estas importantes herramientas que proporcionan ArcGIS 10.

Estado del semáforo. Se tomó los datos del estado de los distintos componentes del semáforo cuyos valores fueron utilizados para la creación de tablas y gráficos que permitieron realizar un análisis estadístico del estado actual de la semaforización existente en las comunas 1 y 2.

Estado de los componentes del semáforo. Estado cara. Hace referencia al estado del frontal del semáforo, sobre cuales se ubican(lentes,viseras y luminarias).

De los datos registrados del estado de la cara de semáforo, se obtuvieron los siguientes resultados: los semáforos con un estado bueno en sus caras son en total 133 que representa el 81,3%, los semáforos presentan lentes en regular estado son 12 los que equivalen al 8,6% y los semáforos que presentan caras en mal estado son en total 14 que corresponde al 10,1%, esto se puede observar en el Grafico 8.

Grafico 8. Gráfico y tabla Estado del semáforo – cara



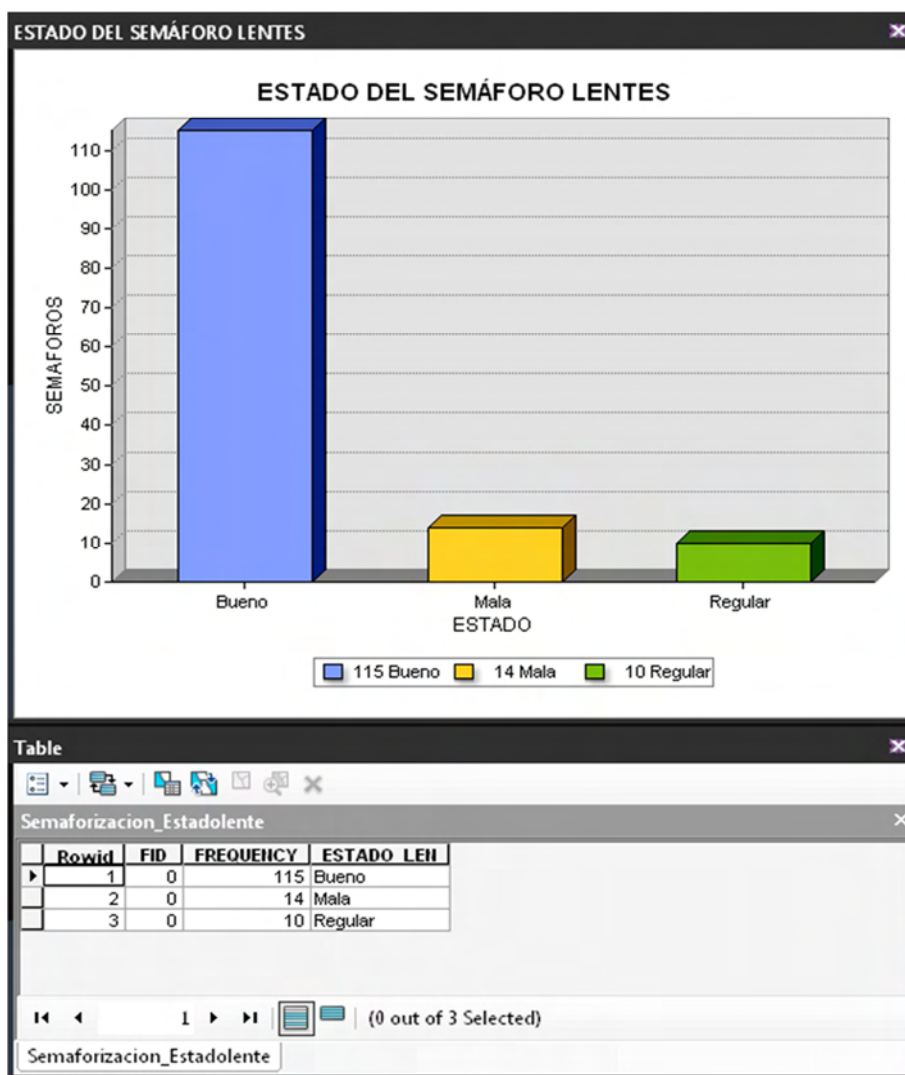
Fuente: esta investigación.

Estado lente. Hace referencia al estado de la “unidad óptica que por refracción dirige la luz proveniente de la lámpara”⁷⁵.

⁷⁵ Ibid., p. 244.

De los semáforos registrados el estado de las lentes arrojó los siguientes resultados: los semáforos con las lentes en buen estado son en total 115 que corresponde al 82,7%, los semáforos con lentes en regular estado son en total 14 los cuales representan el 7,2% y los semáforos cuyas lentes se encuentran en mal estado son en total 14 los que equivalen al 10,1%, Grafico 9.

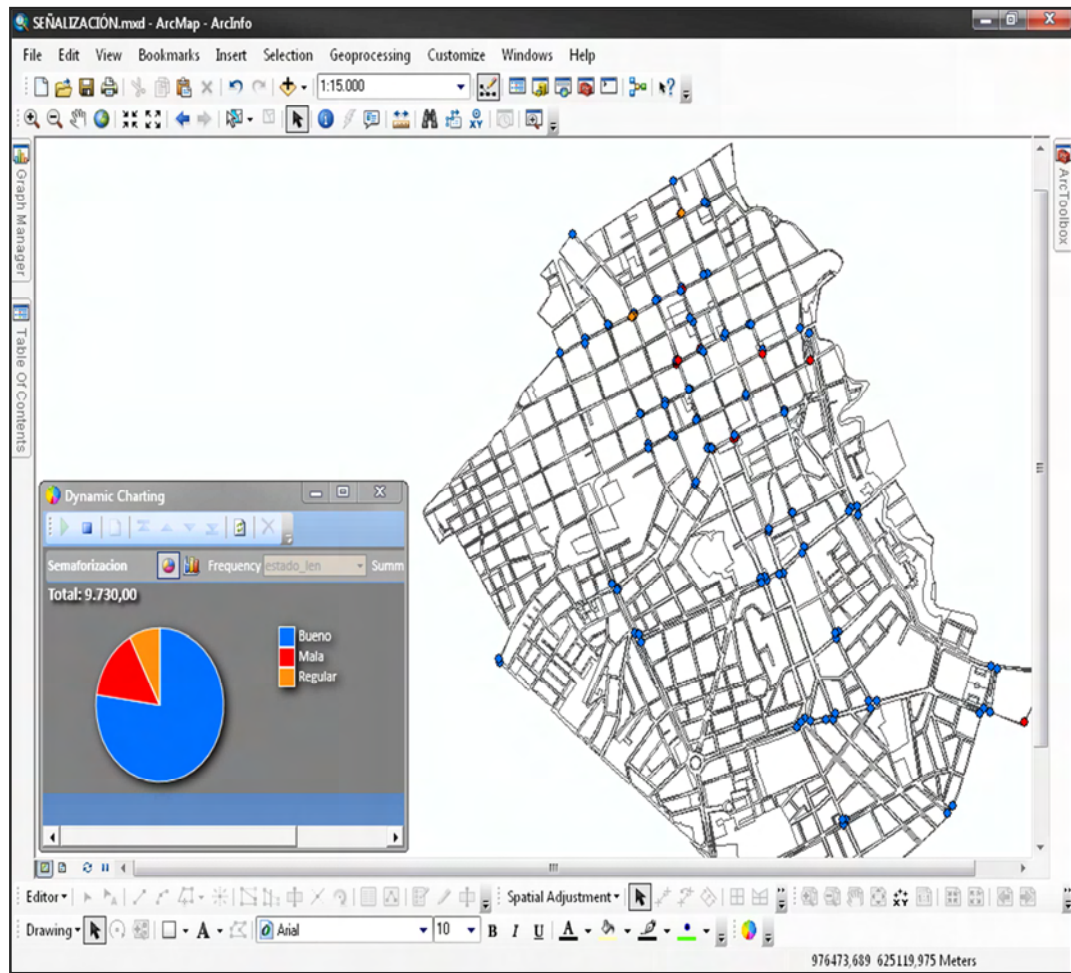
Grafico 9. Gráfico y tabla Estado del semáforo – lentes



Fuente: esta investigación.

La grafica anterior muestra el estado de las lentes de los semaforos de manera alfanumerica y grafica.

Figura 57. Estado del semáforo lentes - gráficos dinámicos.



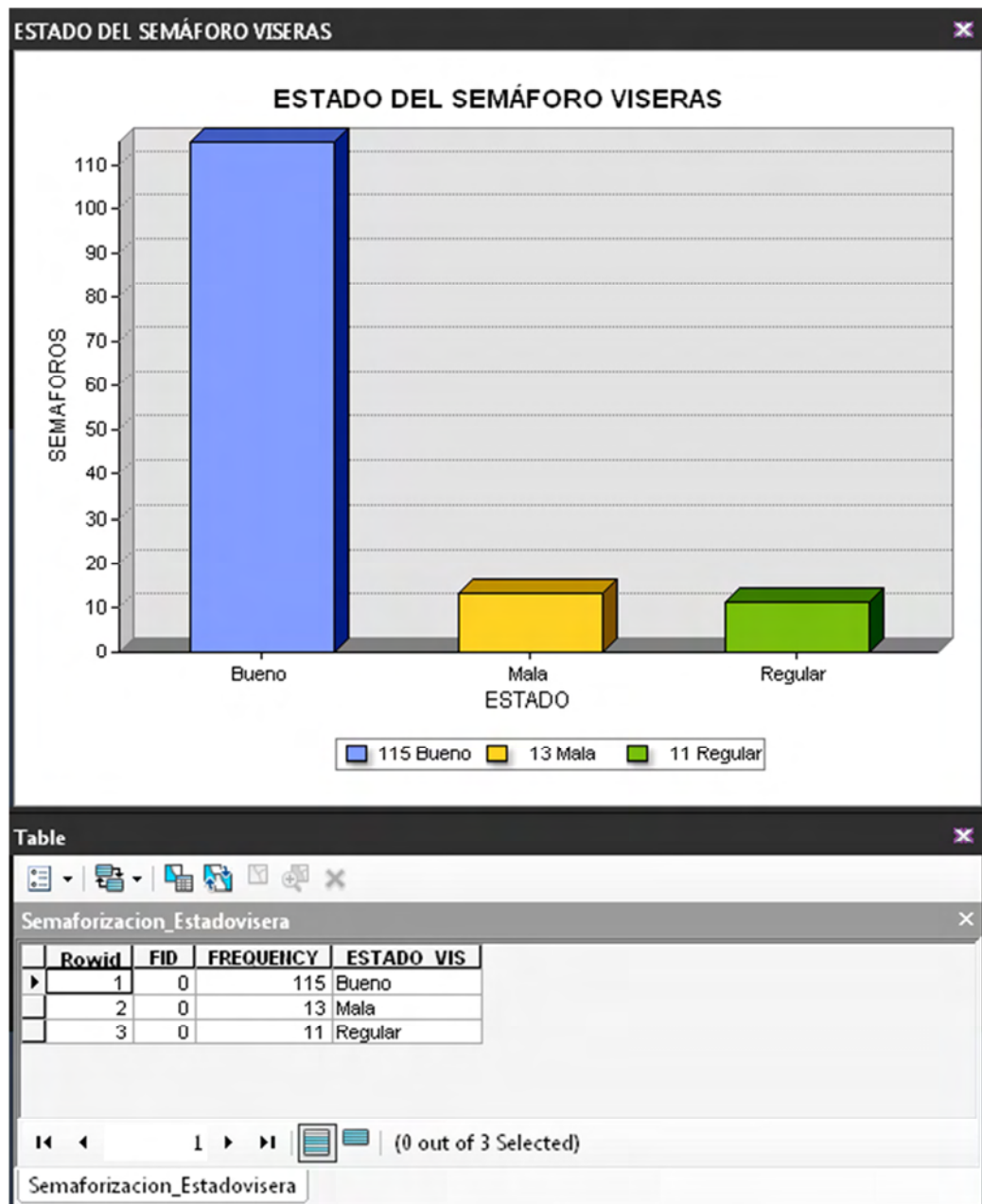
Fuente: esta investigación.

Estado visera. Hace referencia al estado de los “elementos que se colocan encima o alrededor de cada una de las unidades ópticas, para evitar que a determinadas horas los rayos del sol incidan sobre estas y den la imprecisión de estar iluminadas”⁷⁶.

Según los datos del diagnóstico de la semaforización en las comunas Uno y Dos, se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto al estado de las viseras: el 82,7% de los semáforos que representan un total de 115, presentan viseras en buen estado, el 7,9% que equivale a 11 semáforos tienen viseras en regular estado y el 9,4% de los semáforos que corresponde a 13 del total presentan viseras en mal estado. Esto se puede observar en el Grafico 10.

⁷⁶ *Ibíd.*, p. 244.

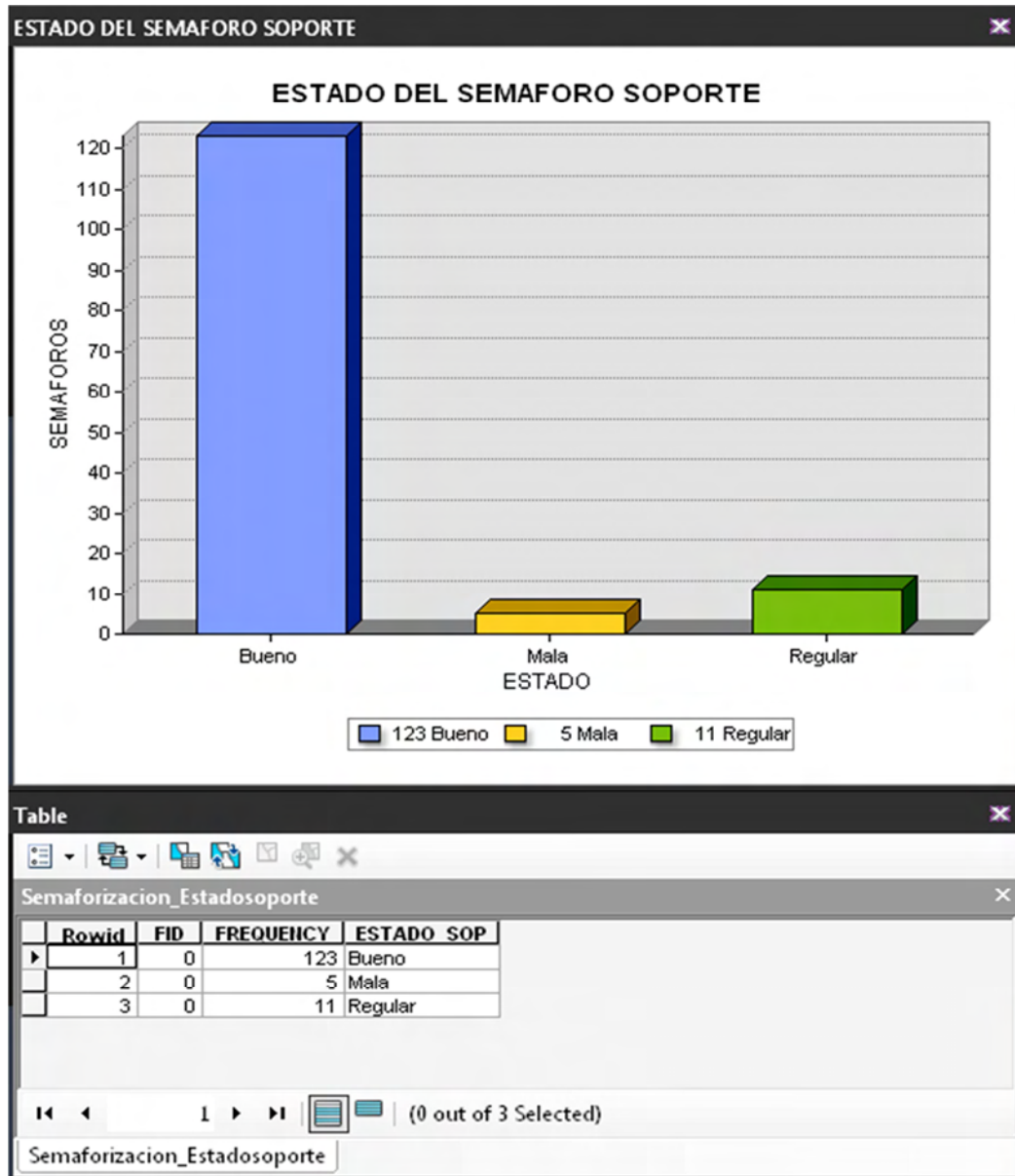
Grafico 10. Gráfico y tabla Estado del semáforo – viseras



Fuente: esta investigación.

Estado del soporte o poste. Hace referencia al estado del elemento de sujeción del semáforo. En base al análisis del estado de los postes de los semáforos ubicados en las comunas Uno y Dos se obtuvo que el 89,5% que representa un total de 123 semáforos presentan postes en buen estado, el 7,9% que equivalen a 11 semáforos presentan postes en regular estado y el 3,6% que son 5 semáforos tienen postes en mal estado. Esto se puede observar en el Grafico 11.

Grafico 11. Gráfico y tabla Estado del semáforo – soporte



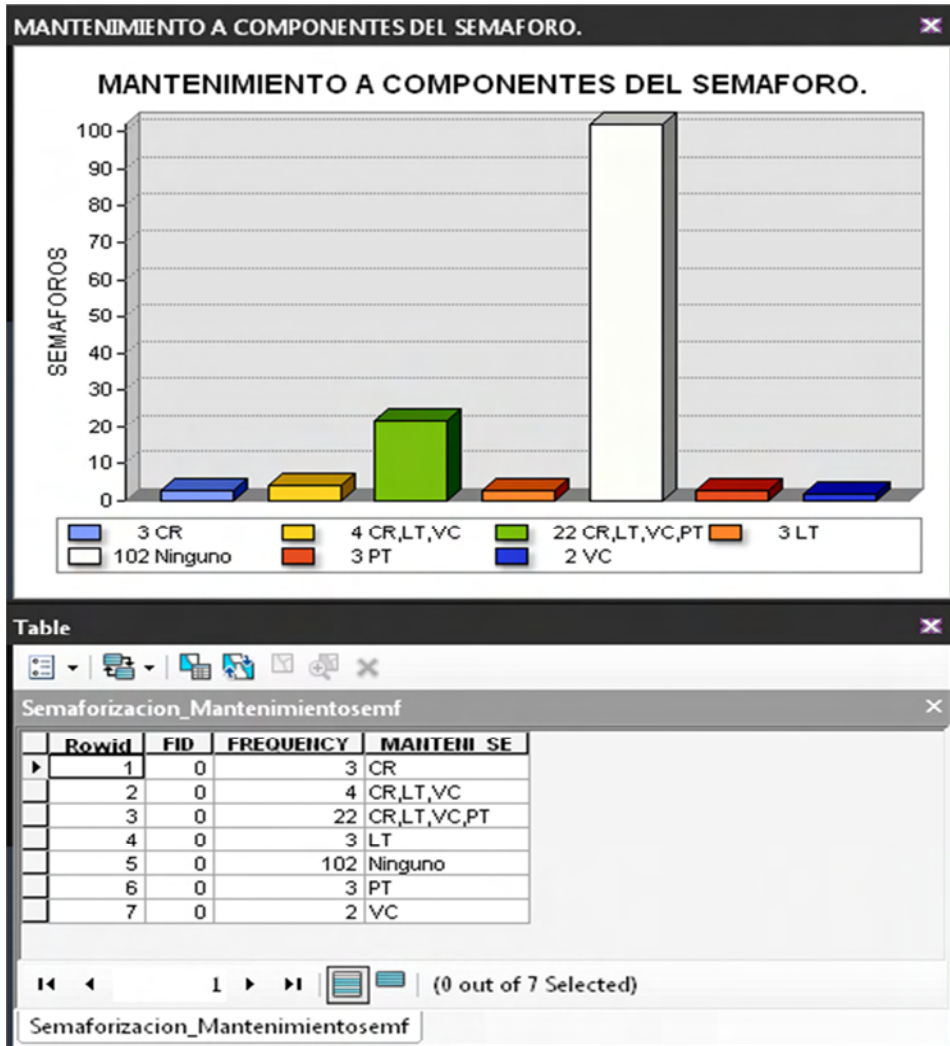
Fuente: esta investigación.

Mantenimiento a componentes del semáforo. Una vez realizado el análisis del estado de los componentes externos de los semáforos, es imprescindible saber a que elementos es necesario realizarle el mantenimiento correspondiente.

Los resultados obtenidos a esta consulta fueron: al 73,3% que representa un total de 102 semáforos, no se les debe realizar ninguna tarea de mantenimiento, al 15,8% equivalentes a 22 semáforos se les debe realizar un mantenimiento a los siguientes componentes: cara, lente, visera y poste (CR,LT,VC,PT), al 2,9% que corresponde a 4 semáforos se les debe realizar mantenimiento a los siguientes

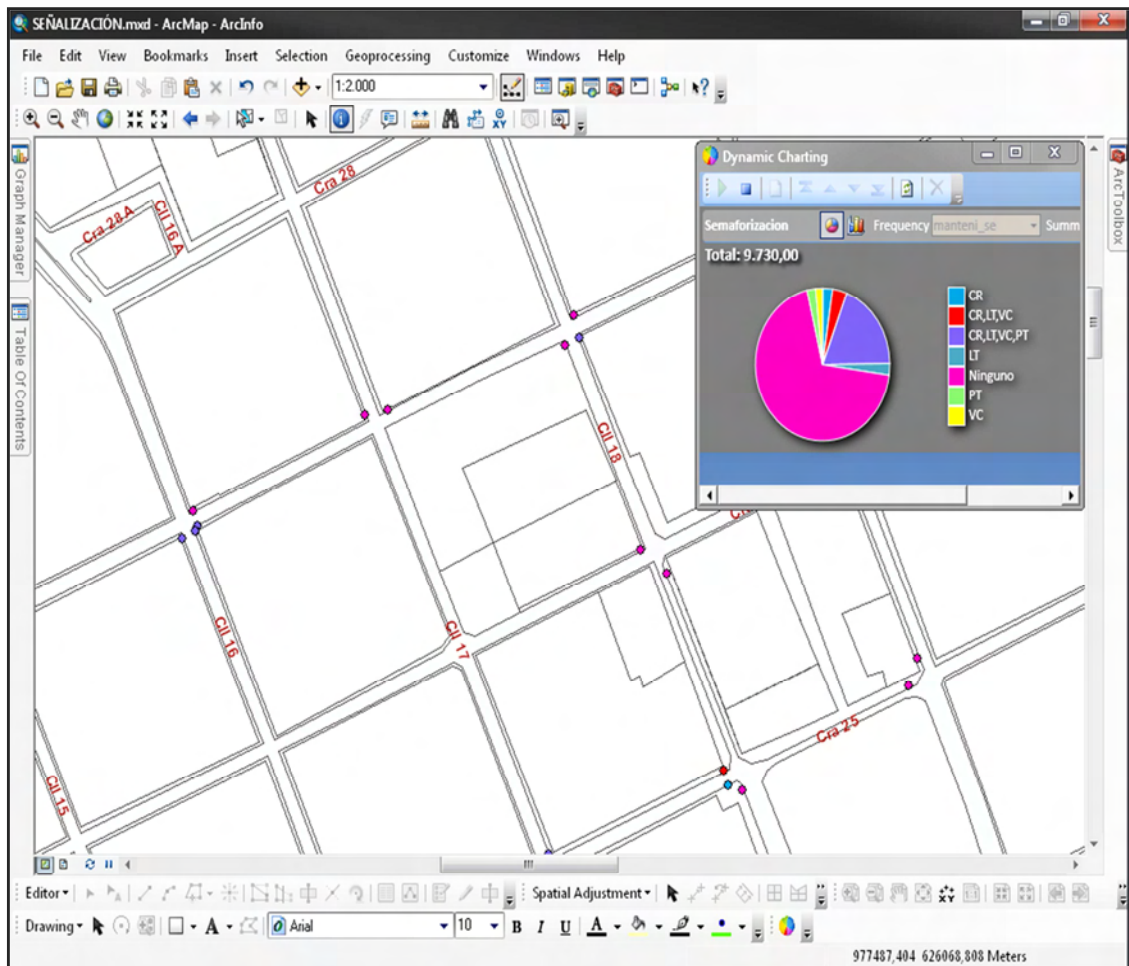
componentes: cara, lente y visera (CR,LT,VC), al 2,2% que representan a 3 semáforos se les debe realizar mantenimiento a la cara (CR), al 2,2% se le debe realizar mantenimiento a las lentes (LT), al 2,2% deben realizársele mantenimiento a los postes (PT) Y AL 1,4% que corresponde a 2 semáforos debe realizársele mantenimiento a las viseras. Esto se puede observar en el Grafico 12.

Grafico 12. Gráfico y tabla Mantenimiento a componentes del semáforo



Fuente: esta investigación.

Figura 58. Mantenimiento a componentes del semáforo - gráficos dinámicos.

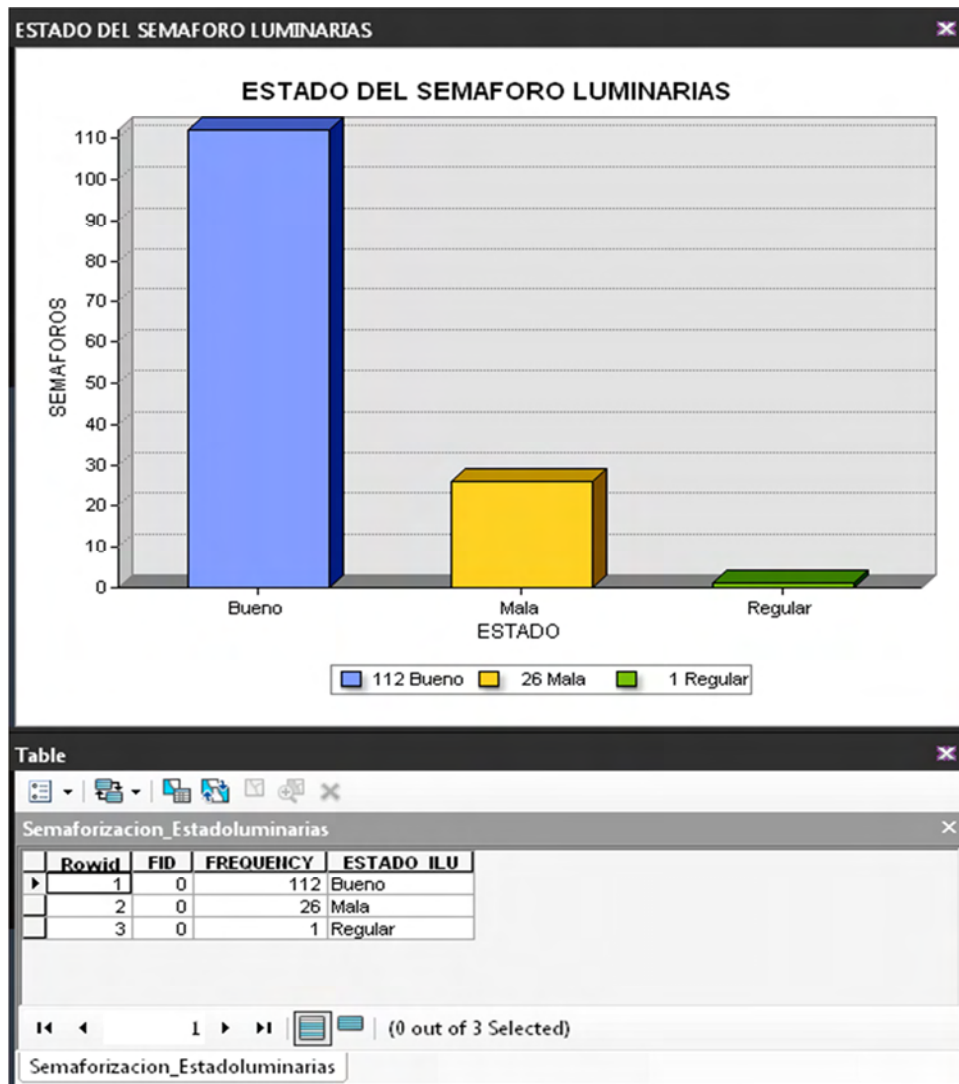


Fuente: esta investigación.

Estado de las luminarias. Hace referencia el estado de las bombillas o LED, luces las cuales son utilizadas para el control vehicular.

De los datos registrado en el SIG, se obtuvo que el estado de las luminarias de los semáforos de las comunas Uno y Dos son los siguientes: un total de 112 semáforos que representa el 80,6% presentan un estado optimo de sus luminarias, 1 semáforo que representa el 0,7% presenta un estado regular en sus luminarias y 26 semáforos correspondientes al 18,7% tiene luminarias en mal estado (no funcionan). Esto se puede observar en el Grafico 13.

Grafico 13. Gráfico y tabla Estado del semáforo – luminarias.



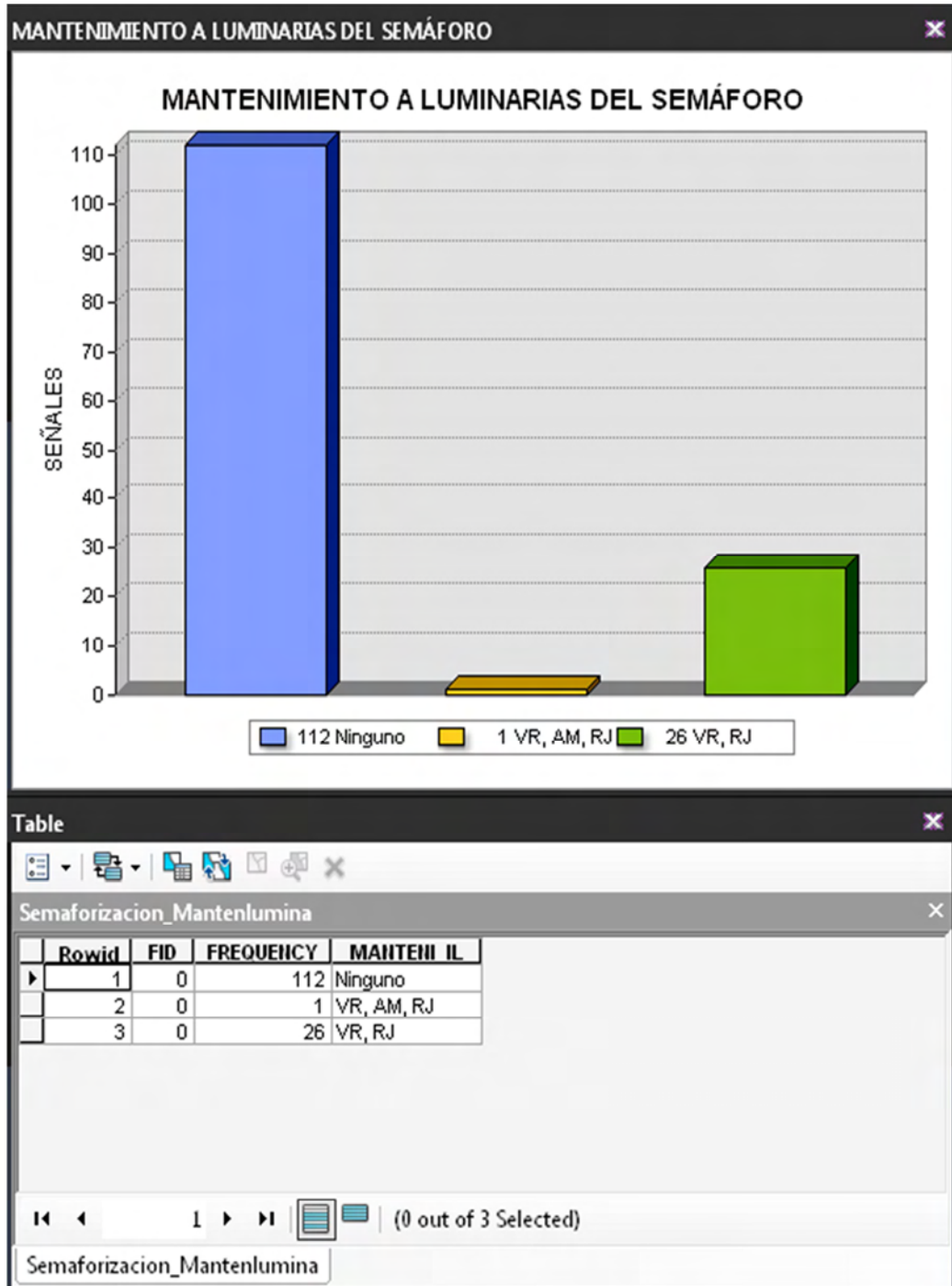
Fuente: esta investigación.

Los 26 semáforos cuyas luminarias no funcionan, corresponde en su totalidad a semáforos peatonales.

Mantenimiento a luminarias de semáforos. Realizado el análisis del estado de las luces de la totalidad del semáforos existentes en el área de estudio, el paso a seguir fue conocer a cuales semáforos era necesario realizar algún tipo de mantenimiento en las luminarias.

Los resultados obtenidos son: a 112 semáforos que equivalen a 80,6% no es necesario realizar ningún tipo de mantenimiento, al 18,7% que es igual a 26 semáforos es necesario cambiarle la luz verde y roja (VR,RJ), y a 1 semáforo es necesario cambiarle las luces verde, amarilla y roja (VR,AM,RJ). Esto se puede observar en el Grafico 14.

Grafico 14. Gráfico y tabla Mantenimiento a Luminarias del semáforo



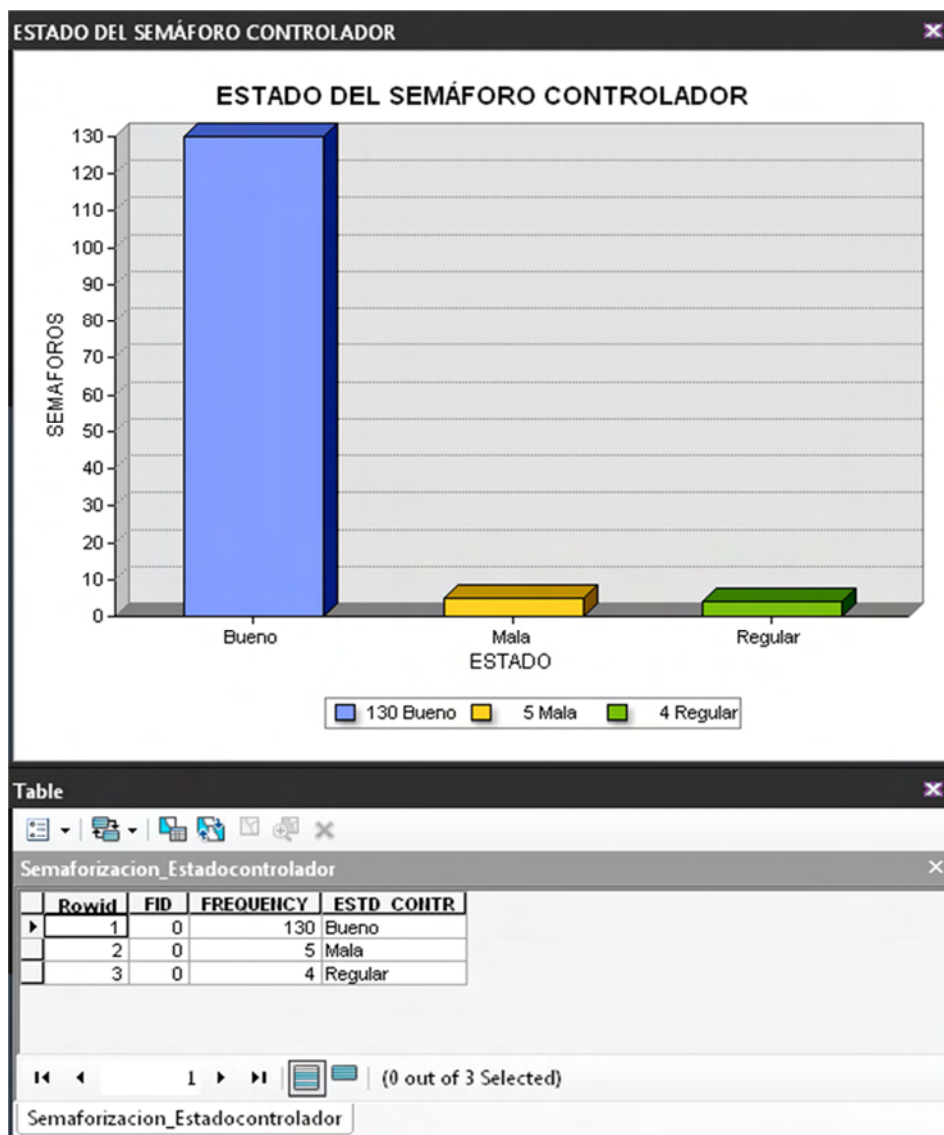
Fuente: esta investigación.

Estado del semáforo controlador. Hace referencia al estado del “mecanismo

electrónico encargado de ordenar los cambios de luces en los semáforos”⁷⁷.

Los resultados obtenidos sobre el estado de los controladores de los semáforos son: 9 semáforos que representan un 4.38% del total, presentan un estado entre malo y regular que no hace referencia al funcionamiento del controlador sino al estado del contenedor de dicho dispositivo.

Gráfico 15. Gráfico y tabla Estado del semáforo – controlador.



Fuente: esta investigación.

⁷⁷ Ibíd., p. 245.

10.1.3 Accidentabilidad. El análisis de esta problemática a través de un SIG, puede constituirse en el eje principal para su gestión. Es así como uno de los objetivos del diseño del sistema de información geográfico para la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal de Pasto es crear y mantener un modelo de la ciudad para tener un conocimiento de ésta, lo que posibilite así una gestión idónea en sus funciones. Desde esta perspectiva se cree que el conocimiento de la ciudad incluye la seguridad vial, y esta expresada a través de los accidentes de tránsito que anualmente presentan un promedio entre 600 a 800 casos en el área de estudio. Los cuales desde el año 2005 hasta el primer trimestre del año 2011 produjeron un total de 24 muertes.

Una vez cargada la base cartográfica del área de estudio en la que se encuentra identificada por completo la malla vial de la misma, que incluye avenidas, calles y carreras. Se inició el registro de los accidentes, con el propósito de reconocer espacialmente la distribución de los siniestros entre los años 2005 – 2011. Así, a través de un archivo de puntos que muestra la representación geográfica de los accidentes de tránsito ocurridos en las comunas 1 y 2 de San Juan de Pasto, se detectaron las áreas más vulnerables a sufrir accidentes de tránsito distinguiendo sectores de alta, media y baja peligrosidad. Surgiendo, por lo tanto, una cartografía temática relevante, a través de la cual podremos apreciar con facilidad las áreas mencionadas.

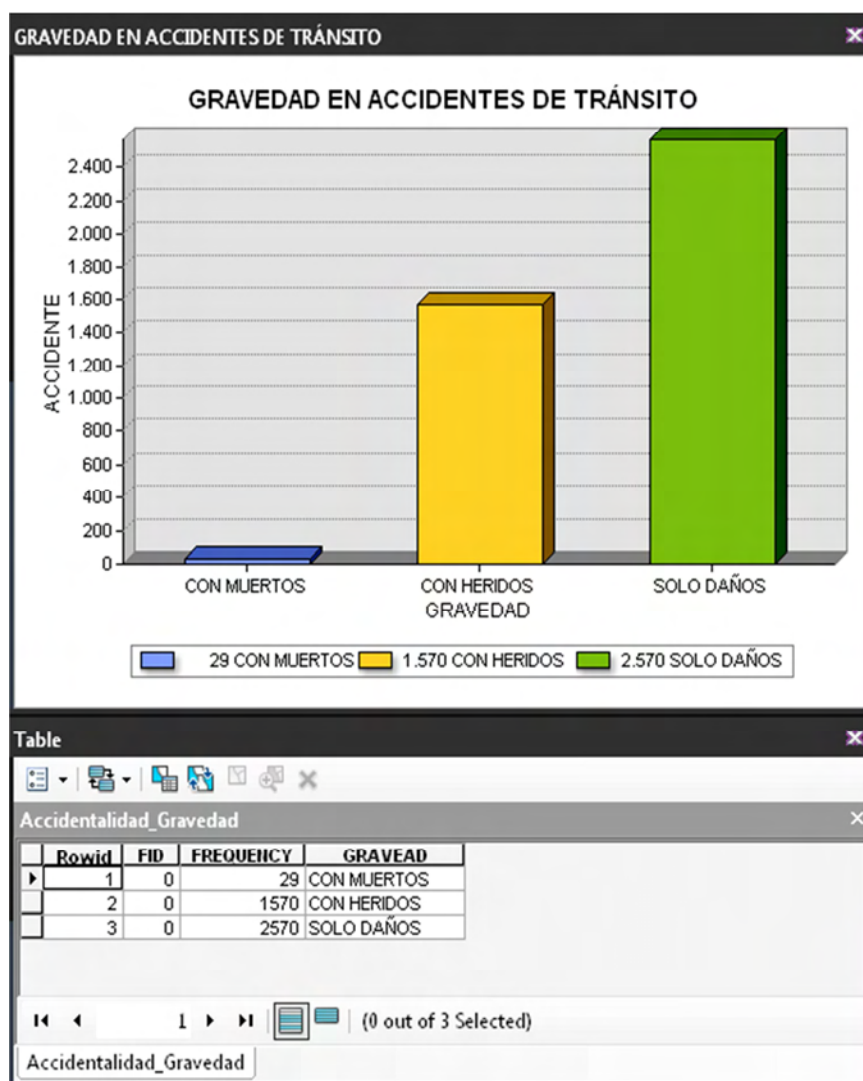
Sintetizando, el SIG nos permitirá crear y utilizar un mapa el cual será relacionado con la base de datos de atributos de accidentabilidad, significando esto que solo es necesario diseñar el mapa de la red o del sistema vial de las comunas 1 y 2 de San Juan de Pasto y establecer una relación temporal con las bases de datos. Este tratamiento forma parte del análisis de redes.

El empleo de los SIG para analizar el problemática de los accidentes de tránsito se fundamenta por las siguientes razones: Los accidentes de tránsito requieren del análisis geográfico; Su estudio demanda grandes volúmenes de información de diferentes fuentes y formatos; El estudio de los accidentes de tránsito involucra el análisis de distintas variables.

A continuación se presentan las distintas estadísticas obtenidas en los años 2005 a 2011:

Gravedad en accidentes de tránsito. De los 4,169 accidentes de tránsito especializados, se obtuvo en cuanto a la gravedad de los accidentes que: el 61,76 % del total de los accidentes presentan SOLO DAÑOS, 37,61 % de los accidentes presentan CON HERIDOS y el 0,63% de los accidentes presentan MUERTOS. Esto se puede observar en el Grafico 16.

Grafico 16. Gráfico y tabla gravedad en accidentes de tránsito.

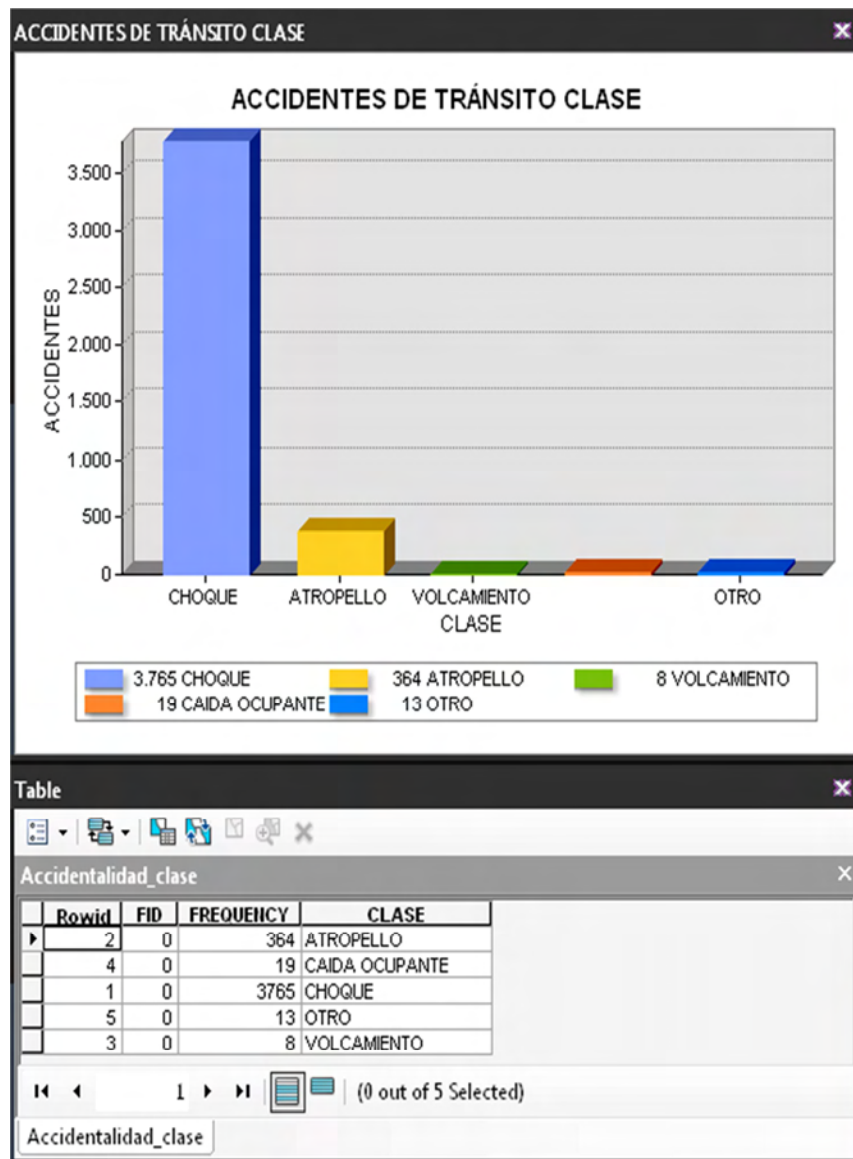


Fuente: esta investigación.

Este análisis se llevó a cabo tomando la relación existente entre los accidentes de tránsito y la gravedad de los mismos.

Accidentes de tránsito clase. De los accidentes de tránsito en las comunas Uno y Dos, se obtuvo que las clases de accidentes de tránsito que predominan son: los Choques con el 90%, los Atropellos con el 9,14%, Caída ocupante con el 0,43 %, choques de otra clase con el 0,26 % y accidentes por Volcamiento con 0,17%. Esto se puede observar en el Grafico 17.

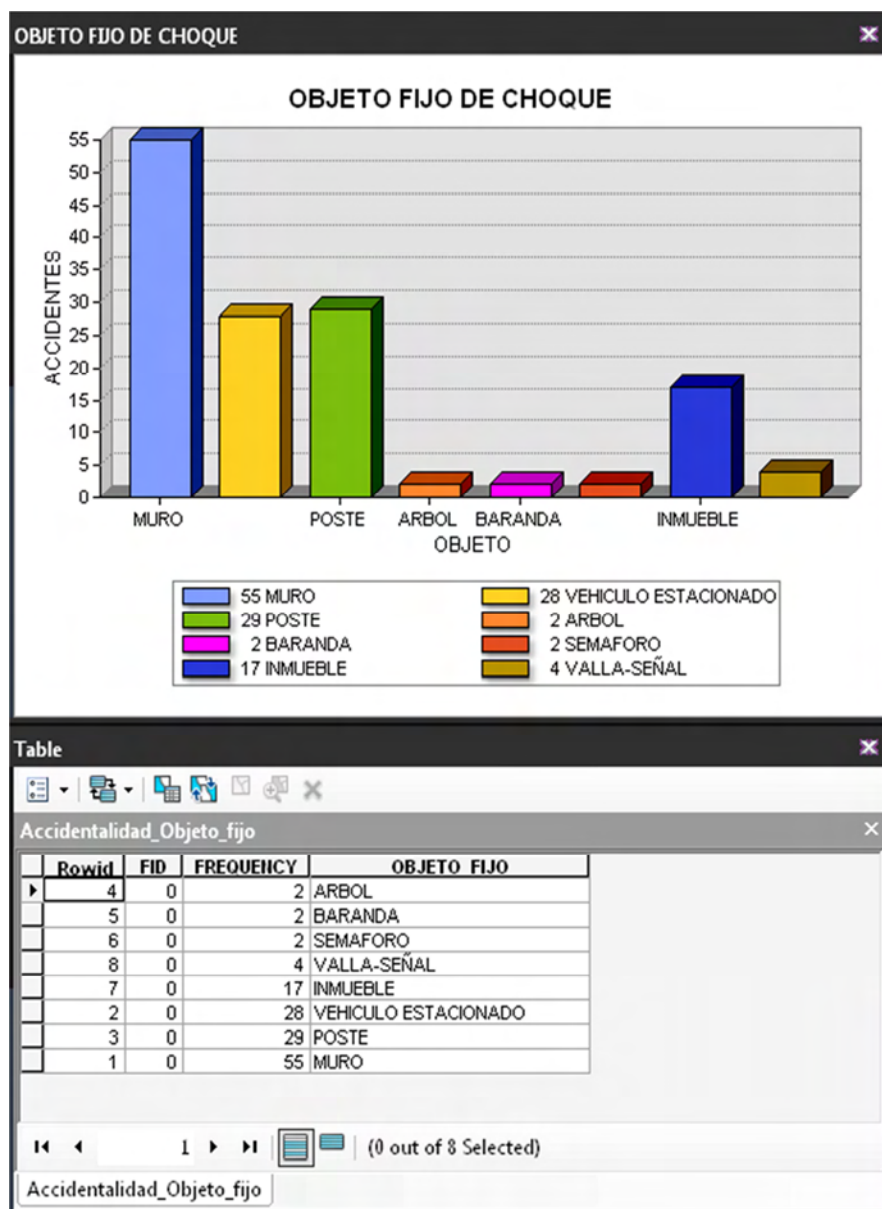
Grafico 17. Gráfico y tabla clase en accidentes de tránsito.



Fuente: esta investigación.

Objeto fijo de choque. Con relación al objeto de colisión de los vehículos involucrados en siniestros de tránsito, del total de los casos (en los que se encuentra dicha información registrada), la mayoría de los choques se producen contra muros con un 39,92%, coques contra postes con el 25.31%, vehículos estacionados con el 15,85%, contra inmuebles con el 11.95%, los choques contra vallas o señales con el 1,77% y los coches contra árboles, semáforos y barandas con el 2%. Esto se puede observar en el Grafico 18.

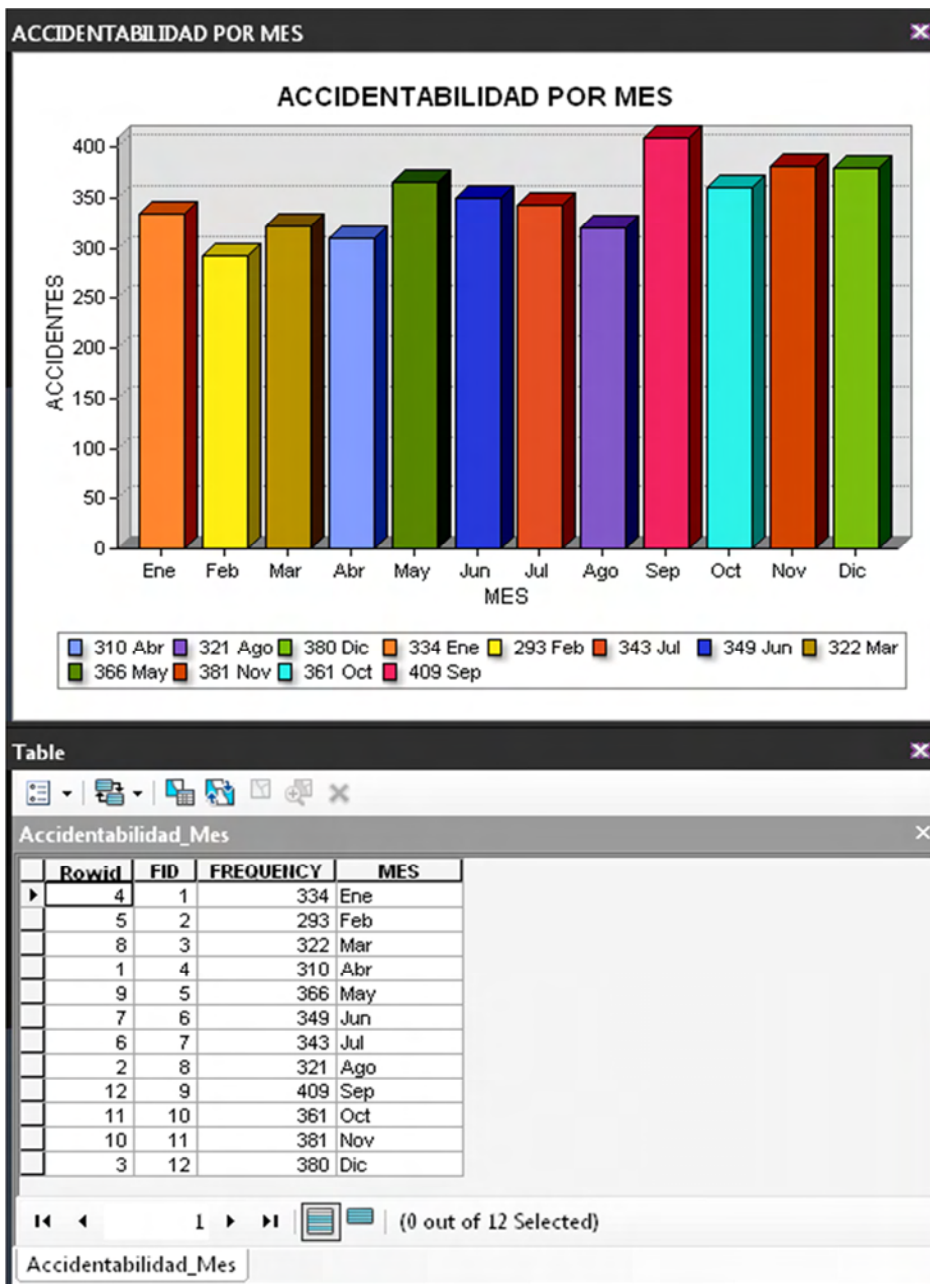
Grafico 18. Gráfico y tabla objeto fijo de choque.



Fuente: esta investigación.

Accidentabilidad por mes. Según los datos registrados, no se determinó una tendencia de los meses con mayor ocurrencia de accidentes de tránsito. Sin embargo se obtuvieron los siguientes resultados, los meses de mayor ocurrencia son septiembre, noviembre y diciembre. Pero no muy por encima del resto de los meses del año. Grafico 19.

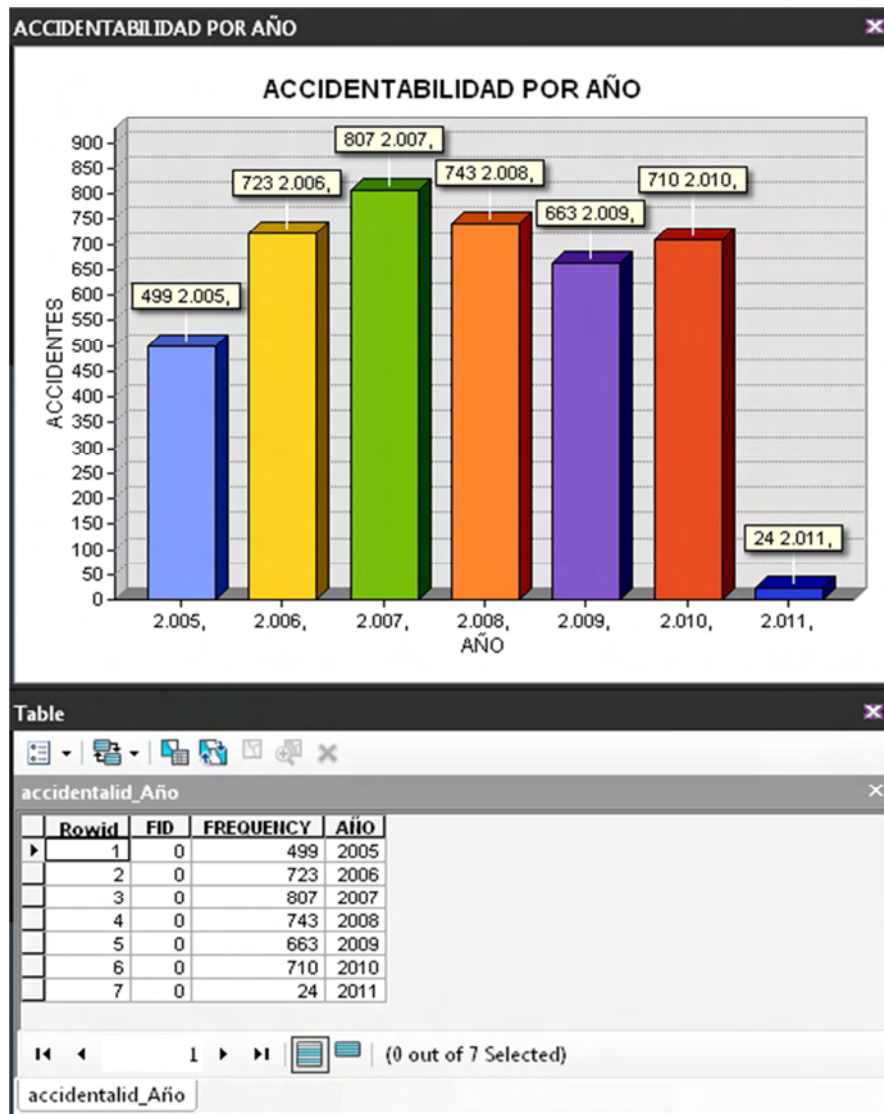
Grafico 19. Gráfico y tabla gravedad de accidentabilidad por mes.



Fuente: esta investigación.

Accidentabilidad por año. Los accidentes de tránsito producidos en los últimos 6 años en el área de estudio llegan a 4166 hechos. En la siguiente figura se ve la ocurrencia de accidentes de tránsito, la cual ha tenido varios cambios. Así, en 2005 se registró el menor número de accidentes, con un total de 499 siniestros. Los años siguientes muestran un aumento llegando a su máximo en el año 2007, con un total de 807 accidentes registrados, los años restantes muestra una tendencia similar en la ocurrencia de accidentes de tránsito. Esto se puede observar en el Grafico 20.

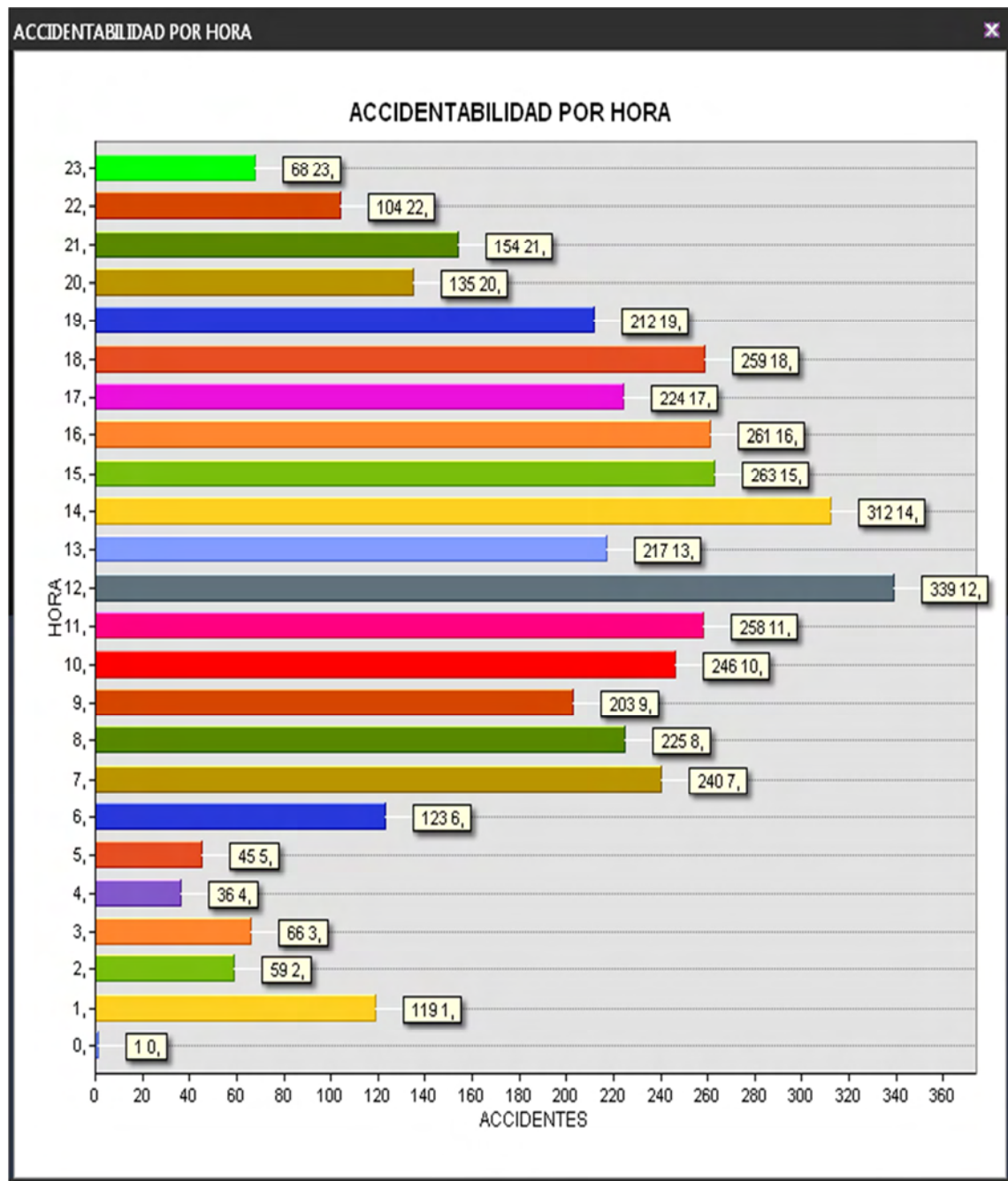
Grafico 20. Gráfico y tabla gravedad de accidentabilidad por año.



Fuente: esta investigación.

Accidentabilidad por hora. En base a la información recopilada se obtuvo que los accidentes de tránsito, están ocurriendo en el horario de la mañana: de 8:00 am a 12:00 pm y en el horario de la tarde y noche: 2:00 pm a 4:00 pm y de 6:00 pm a 7:00 pm.

Gráfico 21. Gráfico y tabla por hora del día.

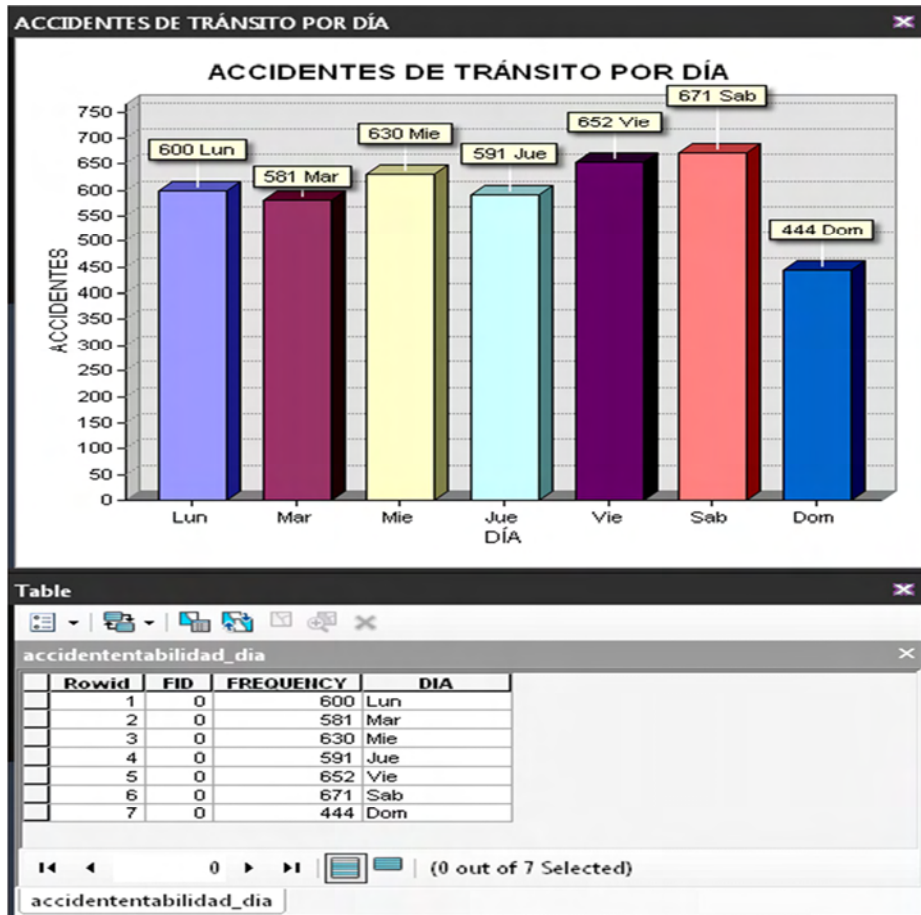


Fuente: esta investigación.

Estos intervalos de hora fueron realizados en función de los tres momentos críticos que se presenta el tráfico diario en las comunas 1 y 2, el primero en la mañana de 7:00 am a 9:00 am, el segundo al medio día de 12:00 pm a 2:00 pm y el tercero en la noche de 6:00 pm a 8:00 pm.

Accidentes de tránsito por día. Según los datos registrados, se determinó una tendencia de los días de mayor ocurrencia de accidentes de tránsito, obteniendo los siguientes resultados que indican que el día con menor registro de accidentes es el día Domingo con un total de 444 accidentes que representa el 9,44 %, y los días Viernes y Sábados son los días que ocurren la mayoría de accidentes, siendo el Sábado el día con mayor proporción con un total de 671 siniestro que representan al 15,91 %, esto podría deberse a que en los fines de semana existe mayor tránsito vehicular y peatonal en la zona de estudio. Observar en el Grafico 22.

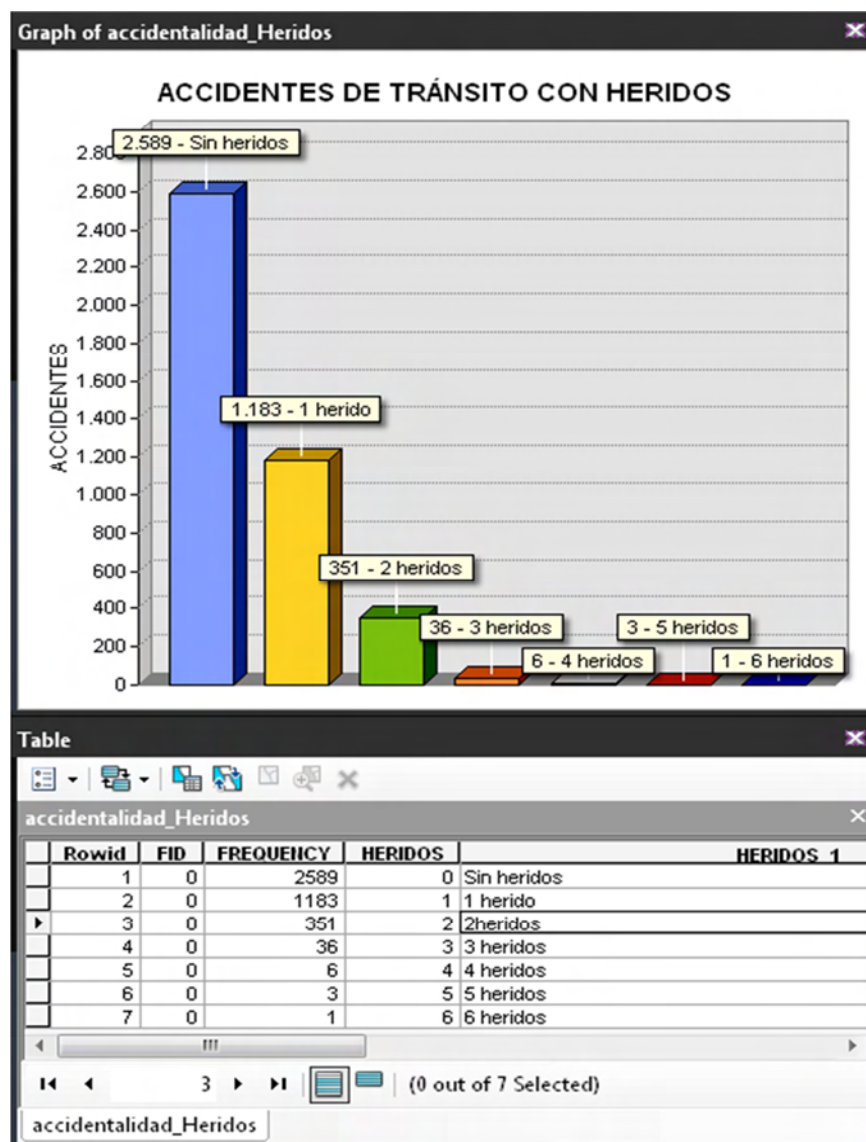
Grafico 22. Gráfico y tabla por día de la semana.



Fuente: esta investigación.

Accidentes de tránsito con heridos. Como consecuencia de los accidentes de tránsito ocurridos entre los años 2005 a 2011 en el área de estudio, se determinó que de un total de 4166 accidentes. 2.589 no presentaron heridos que equivalen al 62,20% del total de los accidentes registrados. En tanto, hubo 1.183 accidentes de tránsito en los cuales con un herido, que representa al 28,21 % del total, 351 con dos heridos que representa al 8,47%, 36 con tres heridos que equivale al 0,88%, 6 con cuatro heridos que constituye el 0,14%, 3 accidentes que presentaron cinco heridos que representa al 0,07% y 1 accidente con seis heridos que equivale a 0,03%.

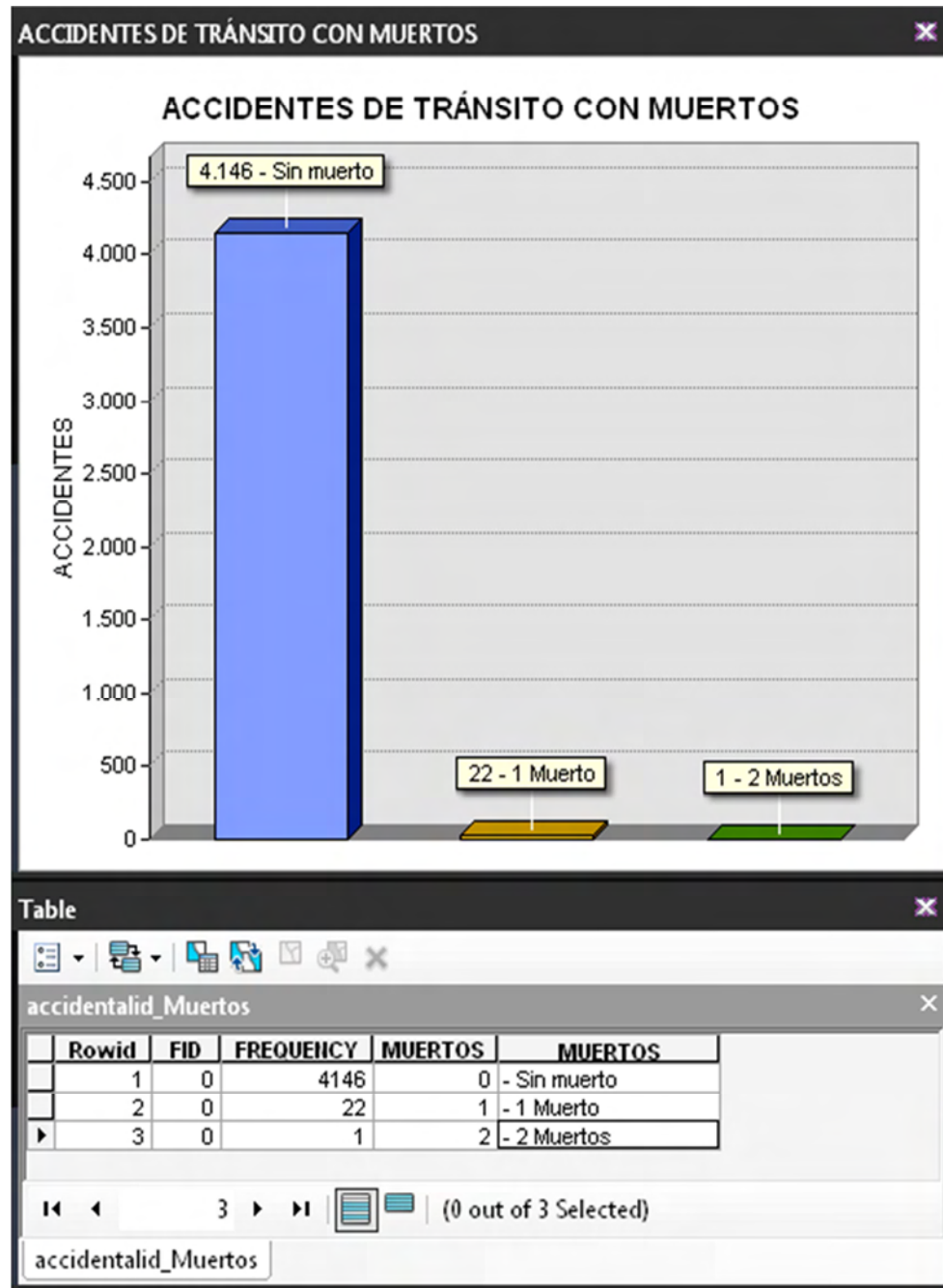
Gráfico 23. Gráfico y tabla accidentes de tránsito con heridos.



Fuente: esta investigación.

Accidentes de tránsito con muertos. Los datos arrojados por el SIG, indica que desde enero del 2005 a enero del 2011. Accidentes sin víctimas mortales 4.146, mientras que accidentes en los hubo un muerto fueron 22 y los accidentes con dos muertos totalizo 1 accidente.

Grafico 24. Gráfico y tabla de accidentes de tránsito con muertos.

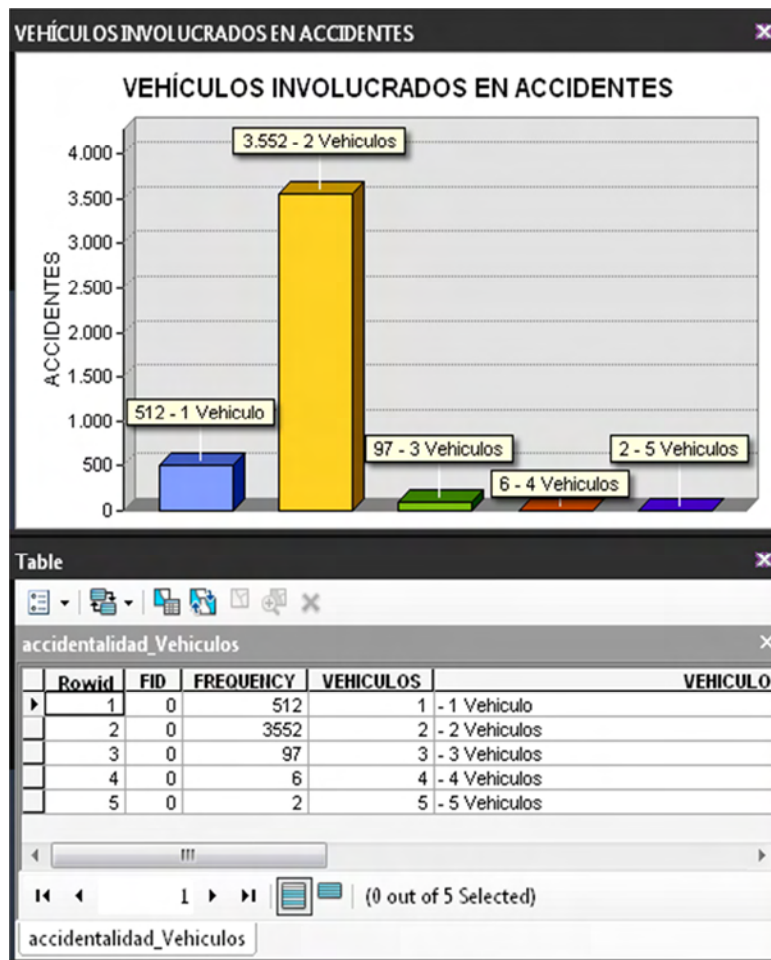


Fuente: esta investigación.

Accidentes de tránsito vehículos involucrados. A efectos de esta investigación se ha agrupado la información sobre las características de los accidentes brindada por la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal de Pasto, en este caso la cantidad de vehículos involucrados por accidentes de tránsito.

Los resultados obtenidos sobre la cantidad de vehículos involucrados por accidente fueron: 512 accidentes involucran a un solo vehículo lo que corresponde al 11,72%, 3.552 accidentes involucraron a 2 vehículos lo que equivale al 85,68%, 97 accidentes se vieron involucrados 3 vehículos lo que corresponde al 2,38 %, 6 siniestros involucraron a 4 vehículos lo que equivale a 0,16% y se presentaron 2 accidentes con 5 vehículos involucrados que corresponde al 0,06% del total de accidentes registrados en el área de estudio. Esto se puede observar en el Grafico 25.

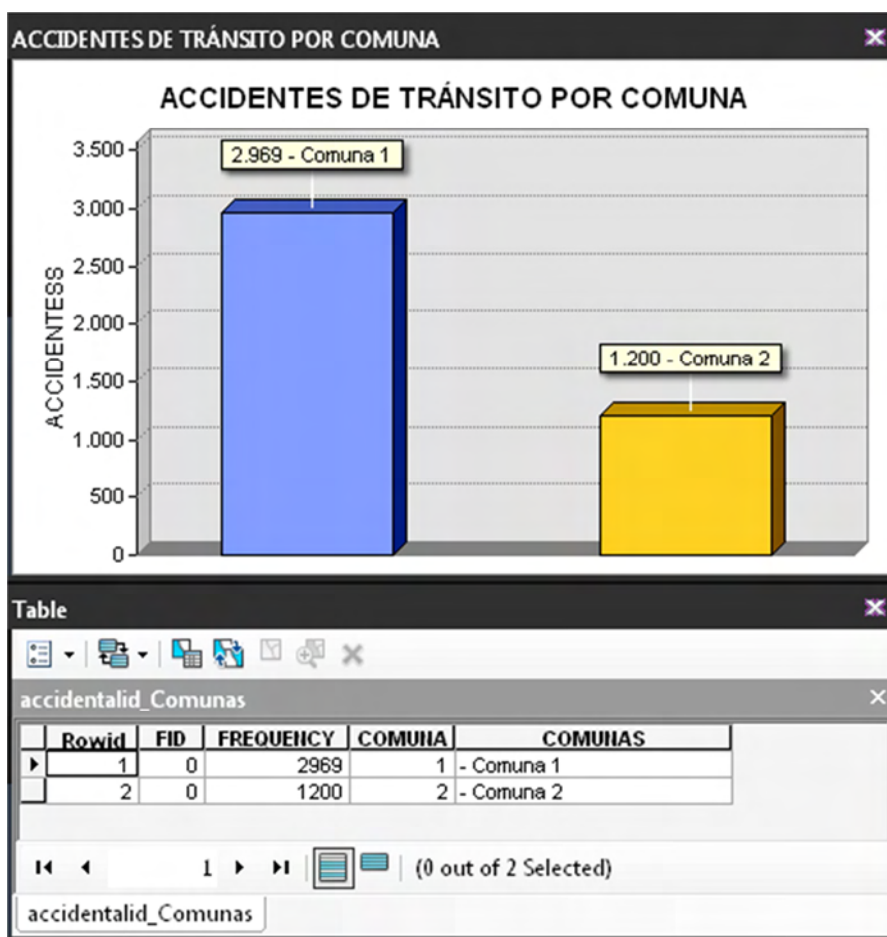
Grafico 25. Gráfico y tabla vehículos involucrado en accidentes de tránsito.



Fuente: Esta investigación.

Accidentes de tránsito por comuna. En el siguiente gráfico y tabla se puede observar la distribución de accidentes de tránsito por comuna, y de la que hay que destacar que los accidentes ocurridos en la Comuna Uno son elevadamente superiores, con un total de 2.969 siniestros los que equivalen al 70,58 %, y un total de 1.200 accidentes ocurridos en la comuna 2 que corresponde al 29,42%, del total de accidentes de tránsito registrados en el área de estudio. Todo lo cual nos muestra la necesidad de revisar las políticas de seguridad vial en la zona céntrica de la ciudad.

Gráfico 26. Gráfico y tabla accidentes de tránsito por comuna.



Fuente: esta investigación.

Análisis de accidentes de tránsito por tramo vial. Los accidentes de tránsito son complejos pues intervienen muchas variables en su desarrollo y el análisis espacial es una herramienta imprescindible para identificar patrones en su ocurrencia ya hacer correlaciones con otras variables.

Fue necesario determinar los accidentes de tránsito que ocurrieron a lo largo de los tramos viales o segmentos de vía, considerando que un tramo se refiere a un segmento de vía que posee características físicas y operativas iguales en toda su longitud. Esta definición de longitud de un “tramo” en una red vial, varía de acuerdo al tipo de análisis que se pretenda realizar.

La cuantificación de los accidentes ocurridos en cada tramo de la red vial de las comunas 1 y 2 de San Juan de Pasto, se realizó a partir de la tabla de atributos del tema MALLA VIAL, en la cual existe un campo denominado (No_accide) en donde se almacena la ocurrencia de los siniestros por cada uno de los segmentos viales, según información suministrada por la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal. Como resultado de este proceso, fue posible clasificar los segmentos viales de acuerdo con el criterio de peligrosidad que cada segmento representa.

El mapa 2. Ilustra la vista correspondiente a la clasificación de los segmentos viales según la frecuencia o número de accidentes en ellos ocurridos en los años 2005 a 2011. Esta clasificación se realizó en 5 rangos de frecuencia indicados en el mapa; pudiéndose identificar en color rojo, los segmentos que resultaron con mayor frecuencia de accidentes (26 ó más). Se localizaron 12 puntos críticos los cuales caen dentro del rango de mayor peligrosidad de acuerdo con este criterio. Los cuales 10 puntos críticos se encuentran en la comuna 1. Sector de la ciudad en donde se emplazan importantes centros salud, administrativos, comerciales, seguridad, etc. Motivo por el cual se concentran una mayor cantidad de flujos vehiculares y peatonales, además de esto la comuna 1 es atravesada por la totalidad de las rutas de transporte público de la ciudad, lo que aumenta las probabilidades de ocurrencia de accidentes de tránsito.

En este contexto los resultados obtenidos muestran que el tramo vial de la calle 17 entre carreras 19 y 20, el segmento con mayor índice de accidentabilidad, seguido por el tramo de la calle 21 entre carreras 24 y 25, continuando con el tramo de la calle 19 entre carreras 23 y 24, el tramo de la calle 22 entre carreras 24 y 25, el tramo de la calle 21 entre carreras 23 y 24, le sigue el tramo de la calle 15 entre carreras 22 y 22 A, el tramo de la calle 18 entre carreras 20 y 20 A, seguido a su vez por el tramo de la calle 17 entre carreras 23 y 24, el de la calle 17 entre carreras 20 y 20 A y finalizando con el tramo vial de la calle 18 entre carreras 19 y 19 Bis.

Los otros dos puntos críticos de accidentabilidad se ubican en la comuna 2, la cual se caracteriza por la localización de áreas comerciales y residenciales con altos niveles de circulación peatonal y vehicular. En esta comuna se presenta una menor concentración de accidentes de tránsito, lo que minimiza la peligrosidad de la red vial de esta comuna. Se destacan como puntos críticos de accidentabilidad, siendo el primer punto crítico el del tramo vial de la calle 18 entre carreras 16 y 17 A y seguido por el tramo de la calle 17 entre las carreras 16 y 18.

El Mapa de accidentabilidad por tramo vial, Permite esbozar la representación que muestra las áreas de alta, media y baja peligrosidad en cuestión de siniestros que involucran vehículos. La detección de establecimientos comerciales, recreativos, educativos, seguridad o de salud en estas áreas. Lo cual permitirá advertir en estas instituciones, acerca de la inseguridad vial en sus alrededores inmediatos. Por otro lado se dará a conocer la necesidad de una mayor señalización en estos sectores como así la importancia de desarrollar, en dichas áreas medidas y acciones tendientes a la prevención de los accidentes.

Figura 60. Mapa Accidentabilidad por Tramo Vial

10.1.4 Malla vial. Para la malla vial en el área de estudio se creó un mapa de clasificación jerarquía. Los cuales se clasifican según su función en: Arteria mayor, Arteria Menor, Colectora, local y principal.

La jerarquización de las vías está dada según su importancia y la razón de su función y dimensiones, en concordancia con el modelo propuesto, sistema de transporte y de la gestión de movilidad⁷⁸.

Vías Principales. Conforman la red vial básica de la ciudad, facilita el movimiento expedito de grandes volúmenes de tránsito entre el municipio, su entorno y al interior del mismo⁷⁹.

Vías Arterias Mayores. Son las que permiten la movilidad, accesibilidad e integración entre el área urbana y su periferia. Todos los movimientos de larga distancia se canalizan por estas vías. Son divididas bidireccionales y pueden tener control total o parcial de acceso⁸⁰.

Vías Arterias Menores. Cumplen funciones similares a las vías arterias principales y en algunos casos presentan características semejantes a éstas, pero con menor alcance (longitud)⁸¹.

Vías Colectoras. Son las que conectan las vías arterias con las vías locales, proporcionando movilidad y acceso a las propiedades colindantes. Son el último elemento vial donde se permite la operación del sistema de transporte urbano de pasajeros. Se controla su intersección al mismo nivel de las vías arterias mayores y en el caso de tener separador deben permitir maniobras de retorno. Pueden ser bidireccionales.⁸²

Vías locales. Estas vías proporcionan el acceso directo a las propiedades, facilitando el tránsito local.

A continuación se presenta el mapa de jerarquización vial de la malla vial del área de estudio, con base en la cartografía del sistema vial determinado por el Plan de Ordenamiento Territorial P.O.T Pasto realidad posible 2012.

⁷⁸ Ajuste al Plan de Ordenamiento Territorial. ACUERDO No. 026. (Octubre 13 de 2009), Op. Cit., p.135.

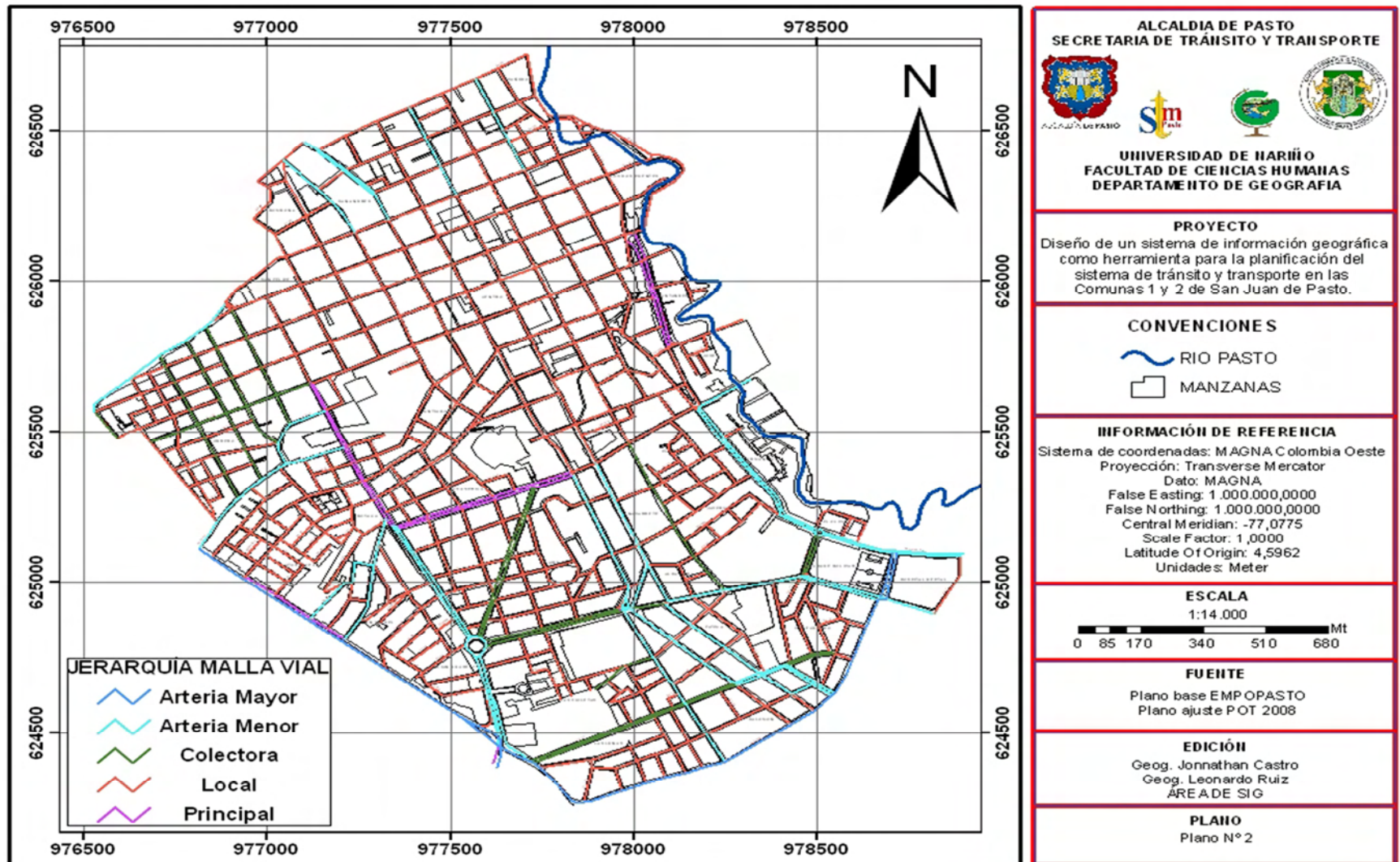
⁷⁹ *Ibíd.*, 130.

⁸⁰ *Ibíd.*, 130.

⁸¹ *Ibíd.*, 130.

⁸² *Ibíd.*, 133.

Figura 61. Mapa Jerarquía malla Vial



10.1.5 Análisis de redes con la herramienta Network Analyst. Una vez realizado el diseño y posterior ajuste al sistema, pudieron realizarse algunos modelamientos y análisis sobre la red vial de las comunas 1 y 2 de San Juan de Pasto.

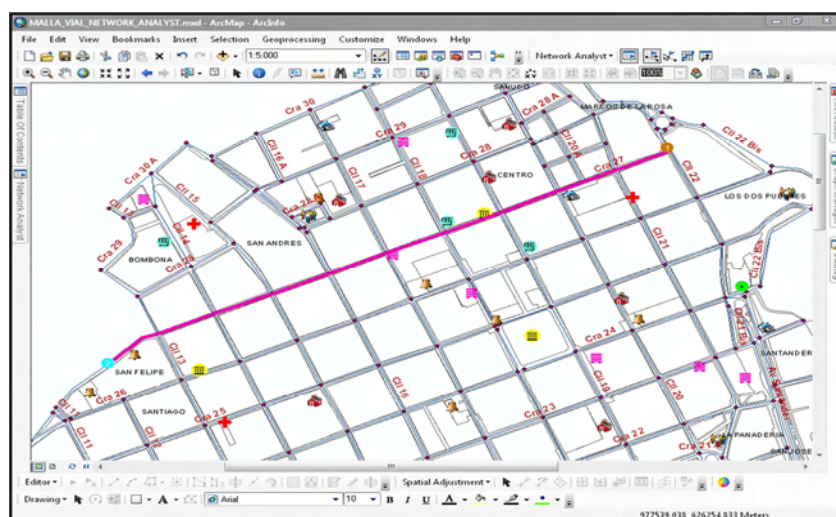
La idea principal es realizar modelamientos en los que se pueda asignar rápidamente la alternativa más idónea, utilizando la capacidad del software para decidir una ruta alternativa en futuros casos de cierre de vías, por la adecuación de la malla vial, la realización de nuevos proyectos viales o cierres por alguna situación especial.

Las características y principales resultados de cada modelamiento se detallan a continuación.

Una vez conocida el posible cierre de algún o algunos segmentos viales en el área de estudio, se puede buscar una ruta alternativa. Mediante al asignación de los puntos desde – hasta (Stop en el software), el establecimiento de restricciones (Point Barriers en el software), la asignación de las condiciones para la generación de las rutas alternativas, en este caso por distancia y la generación de la ruta alternativa.

A continuación se hace una representación a modo de ejemplo de la utilización de la herramienta Network Analyst para la creación de rutas alternativas en caso de cierres viales. La siguiente figura muestra el recorrido real entre la Carrera 27 con Calle 22 hasta la Carrera 27 con Calle 13, en la cual no existe ningún tipo de restricción sobre la malla vial.

Figura 62. Análisis de ruta óptimas sin restricciones.

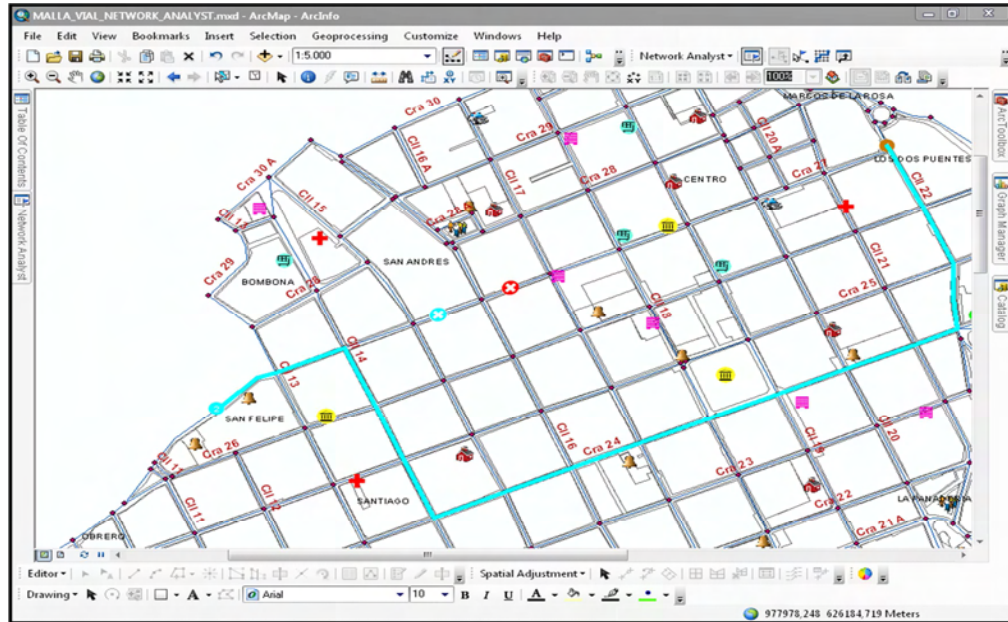


Fuente: esta investigación.

A continuación simulamos puntos de barrera sobre la malla vial, los cuales representarían posibles cierres de vía por obras, por lo cual es necesario crear una vial alterna para realizar el desplazamiento entre los puntos estipulados desde – hasta. En un recorrido que represente un menor recorrido a través de la malla vial habilitada.

Siendo el software capaz de encontrar la ruta optima tomando como punto de partida las condiciones de circulación establecidas en la ventana de la herramienta Network Analyst y los atributos que contiene la capa malla vial, utilizando en este caso el campo Meters, el cual corresponde a la longitud de los segmentos viales. Tomando así los segmentos que representen un recorrido entre los puntos A y B en una menor distancia.

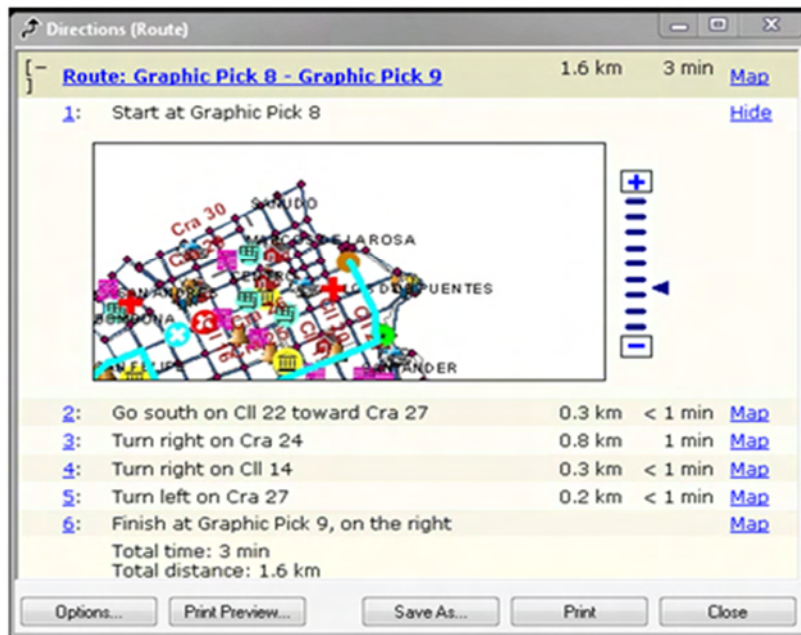
Figura 63. Análisis de ruta óptimas con restricciones.



Fuente: esta investigación.

Los resultados pueden observarse en una ventana la cual muestra las condiciones del recorrido. Como se ve a continuación

Figura 64. Ventana de resultados por tiempo y distancia.



Fuente: esta investigación.

11. PROPUESTA PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS DE PLANIFICACIÓN EN LA SECRETARIA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE MUNICIPAL

Para la propuesta de alternativas en los procesos de planificación adelantados por la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal de Pasto, se utilizó tanto la información geográfica como alfanumérica con la cual se obtuvo importantes resultados de algunos de los componentes del tránsito y transporte de la ciudad (Señalización vertical, semaforización, accidentabilidad, seguridad vial y red vial) variables que son fundamentales en la toma de decisiones.

Es de resaltar que las propuestas realizadas a continuación se lo hizo solo para la zona correspondiente a las comunas Uno y Dos de San Juan de Pasto ya que la información geográfica disponible se limita a esta área.

Señalización vertical y Semaforización: con base del diagnóstico realizado en campo y los resultados arrojados por el SIG, se presenta a continuación una serie de propuestas con el objeto de mejorar las situaciones descritas anteriormente.

- Establecer en el municipio una unidad que lidere la gestión de la señalización y semaforización. Los cuales deberán no solo abordar proyectos de instalación sino también realizar el control de la instalación adecuada, mantenimiento, reubicación y remplazo de las señalización y semaforización de la ciudad de Pasto. Medidas que de implementarse permitirían superar las problemáticas descritas anteriormente, mejorando así la seguridad vial en la ciudad.
- Elaborar una normativa respecto a la construcción, instalación y remplazo de señalización vertical. La cual debe ser de obligatorio cumplimiento para las empresas encargadas de esta actividad en el municipio.
- Además de realizar la instalación de nuevas señales de tránsito las empresas encargadas señalización, deberían encargarse de realizar el trabajo de mantenimiento pertinente y de prevención de las señales para asegurar un funcionamiento seguro y eficiente del tránsito en toda la ciudad.
- Implementar el SIG, en la ciudad de Pasto, con el objetivo de mejorar y trabajar de manera simplificada en el sentido administrativo, ya que la utilización de estas herramientas dan optimo resultado en corto plazo, ya que se evita la redundancia de información y de compras.
- Desarrollar esquemas de señalización enfocados principalmente a los peatones, esto con el objetivo de regular el comportamiento de los peatones un la ciudad. Además de convertirse en elementos de gran importancia debido a la falta de semáforos de tipo peatonal.
- Instalar señales de tránsito informativas para las distintas instalaciones deportivas, con el objetivo de informar a los vehículos sobre la existencia de grande flujos de tránsito de peatones en dichas zonas.

- Realizar un plan de reposición de la totalidad de los semáforos peatonales existentes en el área de estudio, con el objetivo de mejorar las condiciones de seguridad vial en la ciudad.
- Reubicar la semaforización que se encuentre fuera de servicio, en lugares que ameriten ser semaforizados, con el objetivo de disminuir costos de instalación de semáforos.
- Una vez que se impulsen las acciones descritas anteriormente, se propone impulsar campañas por radio, impresos, vía pública e internet, que apunte a crear conciencia de la importancia de conocer, respetar y atender la señalización instalada y de esta manera, disminuir la pérdida de las señales por vandalismo o hurto de las mismas, lo cual trae como consecuencia, detrimento de los estándares de seguridad vial, aumento de la accidentabilidad y pérdidas económicas para la ciudad.

Accidentabilidad y seguridad vial. En el análisis de los accidentes de tránsito mediante la utilización del SIG, facilito la identificación y clasificación de los tramos con altos niveles de accidentabilidad. Este estudio sobre la incidencia de los accidentes de tránsito desde el punto de vista espacial es una importante herramienta, que permite planificar los procesos de intervención tanto social como infraestructural, permitiendo un abordaje integral de la problemática de los accidentes de tránsito.

- La totalidad de los puntos críticos de accidentabilidad en las comunas Uno y Dos, se caracterizan principalmente por coches entre vehículos, por lo cual es necesario un mejoramiento de la infraestructura vial de estas zonas (señalización, diseño geométrico) que procure mejorar las condiciones actuales en favor de los usuarios.
- En la intersección de la Calle 17 con Cra 19, es necesario que las horas pico de tránsito permanezca un auxiliar de circulación, el cual este encargado de regular el tránsito vehicular y peatonal en esa zona d la ciudad. Procurando minimizar los altos índices de accidentabilidad que se presenta en dicha intersección.
- En los tramos viales de las Calle 17 y 18 entre Carreras 16 y 18, es necesario la vigilancia por parte de agentes de tránsito de la Subsecretaria Operativa de Tránsito y Transporte de Pasto, en las jornadas de inicio y culminación de la jornada estudiantil, con el principal objetivo de regular el tránsito vehicular y peatonal de la zona. Además de la instalación de señales de tránsito SP-46 y SP-47. Las cuales prevengan a los conductores de vehículos particulares y públicos sobre el alto tránsito peatonal existente en estos tramos viales.
- La mayoría de los tramos viales con problemáticas de seguridad vial, presentan deficiencias del equipamiento vial, como la iluminación, la señalización. Factores que incrementan el riesgo de accidentes. Además, existen otros factores relacionados con hábitos y estilo e vida de la sociedad, usos de suelo, ambientales, etc. Que no fueron estudiados por falta de información, los cuales sería recomendable incorporar a los reportes a la hora del levantamiento del

siniestro. Lo cual ayudaría a comprender mejor la epidemiología de los accidentes en la ciudad de Pasto.

- La identificación de establecimientos educativos, recreativos o de salud en las zonas de mayor probabilidad de accidentes de tránsito, podrían ayudar a que la Secretaria de Tránsito y Transporte advirtiera acerca de la inseguridad vial en su entorno.

- La reducción de los accidentes de tránsito se puede lograr mediante el empleo de acciones en el campo de la seguridad vial, en sitios en los que la frecuencia de accidentes así lo amerite; sin embargo en la practica la situación es más compleja, considerando que no se trata de uno o varios factores que puedan ser analizados individualmente, y que son muchas las variables involucradas en la ocurrencia de este tipo de siniestros.

- El reto futuro seria transformar esta iniciativa, en un sistema de información activo, flexible y permanente que sea capaz de generar información con una periodicidad regular.

- El desarrollo de este Sistema de Información Geográfica, en la totalidad de San Juan de Pasto, sería de gran utilidad para la prevención de accidentes de tránsito y serviría de modelo para otras ciudades del país.

- Los resultados obtenidos, constituirían en el inicio de un plan destinado a mejorar las condiciones viales en las vías, al mismo tiempo seria acertado la destinación de agentes de tránsito para los tramos e intercesiones críticas de la ciudad.

CONCLUSIONES

El objetivo general planteado en el inicio del desarrollo de esta investigación, era desarrollar una herramienta SIG para la planificación del Sistema de Tránsito y Transporte en las Comunas 1 y 2 como proyecto piloto. La cual fuera práctica y sencilla de interpretar, para que pudiera convertirse en una potente herramienta de apoyo en la gestión tránsito, transporte y seguridad vial.

Con el desarrollo de este proyecto se logró obtener información correcta, ordenada e integrada en un solo programa, para facilitar el manejo de los datos alfanuméricos y geográficos de seguridad vial y del sistema de tránsito y transporte.

Uno de los principales beneficios que proporciona el SIG, es la reducción del volumen físico de la información con la que se inició, es decir, se pasa de un gran volumen de información disperso en distintas dependencias a un solo sistema que almacena directamente toda la información.

Los SIG dentro del concepto planificación, es una importante herramienta de apoyo para la toma de decisiones en la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal de Pasto. Ya que por la sencillez del manejo de una gran cantidad de datos y la disminución de tiempo y esfuerzo para la consulta y análisis, puede disminuir el tiempo de respuesta a una posible problemática en la administración de la seguridad vial y en la gestión de equipamiento vial para el municipio.

Es necesario recordar que este es solo un primer esfuerzo de consulta y análisis de la información mencionada en el desarrollo del documento para el municipio de Pasto, partiendo de este sistema, se puede lograr estructurar un sistemas más complejo que contenga una capa de información para toda el área urbana del municipio de Pasto.

Se considera que los avances logrados en este trabajo son ya elementos concretos sobre los cuales se puede empezar a apoyar la generación de alternativas tecnológicas que contribuyan a la planificación y toma de decisiones para la administración del tránsito, transporte y seguridad vial.

Una vez finalizada esta investigación podemos concluir que se ha llegado a los objetivos planteados: creando una herramienta acorde al objetivo principal.

RECOMENDACIONES

El SIG implementado en una herramienta dinámica que constante evolución que requiere el desarrollo de actividades de tipo administrativo, técnico y político, por parte de la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal de Pasto, con el fin de garantizar su óptimo funcionamiento. Ellas son:

1.Asignación del Responsable del Sistema de Información Geográfica. Se debe garantizar administrativamente un perfil que actualice y mejore la información almacenar en el sistema, así como las funcionalidades del aplicativo.

Se sugiere que este perfil tenga formación académica en Sistemas de Información Geográfica.

2.Mejoramiento de la Información. Se debe tener en cuenta que hay dos tipos de información: básica y temática referida a tránsito y transporte.

En relación con la información básica, es decir, manzanas, ejes viales y límites político administrativos, ésta es responsabilidad de la oficina de Planeación. No obstante, es necesario que la administración municipal defina una única cartografía básica a ser utilizada por los diferentes organismos, garantizando que cumpla con parámetros técnicos tales como: georreferenciación a la Red Magna y niveles de precisión altos.

Lo anterior, permitirá el intercambio de información entre los diferentes entes gubernamentales de manera segura.

En cuanto a la información temática, se recomienda implementar las siguientes estrategias:

Accidentalidad. Información existente. Revisar los registros del periodo comprendido entre 2005 – 2011, correspondiente a “Dirección errada” y “Sin Dirección”, verificando la información de los formularios y grabando nuevamente.

a) Información nueva. Para la captura de información en campo, se propone analizar las siguientes alternativas:

b) Modificar el formulario de campo actual, agregando opciones que permitan ingresar la nomenclatura (vía principal y generadora) de manera completa y estandarizada.

c) Adicionar una hoja al formulario de campo, que permita ingresar la nomenclatura de forma completa y estandarizada.

Para la captura de información en oficina (digitalización), es necesario implementar mecanismos de control de calidad, mediante muestreo estadístico.

Señalización. Incluir en la contratación de señalización, específicamente en lo referente a cartografía, lineamientos técnicos, tales como:

a) Entrega de archivos en formato estándar e00, Shape, etc.

b) Incluir la estructura definida en el modelo de datos (atributos)

3.Mantenimiento. Para el SIG, se requiere desarrollar de forma periódica un mantenimiento sobre la base de datos y archivos temporales generados para garantizar el correcto funcionamiento.

4.Mejoramiento de la Herramienta. Se requiere la apropiación de la herramienta, no solo por parte de la Secretaría de Tránsito, sino de todas las entidades gubernamentales, con el fin de construir una infraestructura de datos espaciales de la ciudad que incluya todos los sectores: planeación, salud, educación, turismo, infraestructura, servicios públicos, entre otros, de tal manera, que apoye la gestión municipal de manera integral y coordinada.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCALDÍA DE PASTO, PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. 1998 – 2012. Pasto Realidad Posible. p.226.
- AVILA, Álvaro. El transporte de pasajeros en las ciudades del tercer mundo. Bogotá: Universidad La Gran Colombia, 1982.
- BACKHOFF, Miguel. Transporte y espacio geográfico. Una aproximación geoinformática. México D.F. UNAM. 2005.
- BARRIENTOS, Miguel. NETWORK ANALYST, El Análisis de redes desde ArcGIS 9.2. Madrid: Síntesis, p.140.
- BOSQUE, J. Sistemas de Información Geográfica. Madrid: Rialp. S.A., 1992. p. 215.
- CASAMAYOR RÓDENAS, Juan Carlos; MOTA HERRANZ Laura y CELMA GIMÉNEZ, Matilde. Base de datos relacionales. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Prentice Hall, 2003. p. 16 – 32, 54 -56.
- COMAS, David y RUIZ Ernest. . Fundamentos de los sistemas de información geográfica. Barcelona: Ariel, 1993. p. 95.
- GUTIÉRREZ, J. S.I.G Sistemas de Información Geográfica [Diapositivas]. Bogotá D.C.: 2006. 205 diapositivas.
- GUTIERREZ, Javier y GOULD, Michael, sistemas de información geográfica. Madrid: Síntesis, 1994. p. 25.
- GUTIERREZ, Javier y MONZON, Andrés. Los SIG en sistemas de tránsito. Ciudad de Barcelona: Síntesis, 2000. p.30.
- POTRYKOWSKI, M. y TAYLOR, Z. Geografía del Transporte. Barcelona: Ariel, 1984. p.168.
- COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Constitución Política de 1991. (4, Julio, 1991). Bogotá, D.C.: 1991. p. 4-139.
- COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 769. (06, Agosto, 2002). Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. Bogotá, D.C.: 2002. p. 76.

COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 388. (18, Julio, 1997). Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. Ibagué., 1997. p. 78.

COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 361. (06, Febrero, 1997). Por la cual se establecen mecanismos de integración social de las personas con limitación y se dictan otras disposiciones. Diario oficial. Bogotá, D.C., 1997. no. 42.978. p. 79.

COLOMBIA. MINISTERIO DE HACIENDA Y CREDITO PÚBLICO. Manual de reconocimiento predial. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. p.75.

COLOMBIA, MINISTERIO DE HACIENDA Y CREDITO PÚBLICO. Decreto 3496 (26, diciembre, 1983). Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 14 de 1983 y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C., El Ministerio, 1983.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. MANUAL DE SEÑALIZACION Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2004. 643 p.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica: Conceptos básicos, definiciones y generalidades de los SIG. Bogotá D.C.: CIAF. 2011. 3 .p

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas colombianas para la presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación, sexta actualización. I.C.S.-01.140.20.Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. 36 p. NTC 1486.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Referencias bibliográficas: contenido forma y estructura. I.C.S.-01.140.20. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. 33 p. NTC 5613.

REY, Carlos. Las Condiciones Ambientales de la vida urbana. El tránsito como generador de riesgo de accidentes en la ciudad de Resistencia. Tesis de Maestría en Gestión Ambiental y Ecología. Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 1999. 195 p.

SECRETARIA DE PLANEACIÓN MUNICIPAL DE PASTO, Revisión y ajuste ordinario del plan de ordenamiento territorial: Pasto 2011 realidad posible: división política administrativa urbana de San Juan de Pasto. Escala 1: 5000. Pasto: Secretaria de Planeación municipal, 2009. 5 planos: col; 120*70 cm.



WHITTEN; BENTLEY y BARLOW. Análisis y Diseño de Sistemas de Información. México: Irwin, 1996. 247 p.

ALCALDÍA DE PASTO. Secretaría de Tránsito y Transporte Internet:
(http://www.pasto.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=282:secretaria-de-transito-y-transporte&catid=55:secretarias&Itemid=3)


IGAC. Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNA SIRGAS, COLOMBIA
– Avances 2005. Internet:
(http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol09/07_Martinez_Colombia.pdf>)

ANEXOS

Anexo A. Formato de recolección para el Inventario de señalización vertical

	<p><i>DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSITO Y TRANSPORTE EN LAS COMUNAS 1 Y 2 DE SAN JUAN DE PASTO.</i></p> <p>Secretaría de tránsito y Transporte Municipal</p>	 <p>ALCALDÍA DE PASTO</p>																	
<p>1 GENERALIDADES</p>																			
<p>FECHA VISITA: _____</p>																			
<p>Dirección de referencia. _____</p>																			
<p>Comuna _____ Archivo Fotográfico: _____</p>																			
<p>2 TIPO DE SEÑAL CLASIFICACION:</p>																			
<p>Reglamentaria Preventiva Informativa</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>CODIGO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr> </tbody> </table>	No.	CODIGO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>CODIGO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr> </tbody> </table>	No.	CODIGO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<p>UBICACIÓN</p> <p>Poste <input type="checkbox"/> Pared <input type="checkbox"/></p>
No.	CODIGO																		
<input type="text"/>	<input type="text"/>																		
<input type="text"/>	<input type="text"/>																		
<input type="text"/>	<input type="text"/>																		
No.	CODIGO																		
<input type="text"/>	<input type="text"/>																		
<input type="text"/>	<input type="text"/>																		
<input type="text"/>	<input type="text"/>																		
<p>3 ESTADO Y CONSERVACIÓN DEL TABLERO:</p>																			
<p>Visibilidad:</p>	<p>Buena <input type="checkbox"/></p>	<p>Regular <input type="checkbox"/></p>	<p>Mala <input type="checkbox"/></p>																
<p>Estado:</p>	<p>Buena <input type="checkbox"/></p>	<p>Regular <input type="checkbox"/></p>	<p>Mala <input type="checkbox"/></p>																
<p>Daños causados por: _____</p>																			
<p>4 REQUERIMIENTOS DE LA SEÑAL Buena <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/></p>																			
<p>Accion de Mantenimiento Limpieza: <input type="checkbox"/> Mantenimiento: <input type="checkbox"/> Reemplazo: <input type="checkbox"/></p>																			
<p>Observaciones: _____</p>																			
<p>5 ESTADO CRUCETA: Buena <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/></p>																			
<p>Accion de Mantenimiento Limpieza: <input type="checkbox"/> Mantenimiento: <input type="checkbox"/> Reemplazo: <input type="checkbox"/></p>																			
<p>Observaciones: _____</p>																			
<p>6 USOS AREAS ALEDAÑAS:</p>																			
<p>Residencial <input type="checkbox"/> Recreacional <input type="checkbox"/></p>	<p>Comercial <input type="checkbox"/> otros _____</p>	<p>Institucional <input type="checkbox"/></p>	<p>Industrial <input type="checkbox"/></p>																
<p>7 CROQUIS:</p>																			


Anexo B. Formato de recolección para el Inventario de semaforización



TRANSITO Y TRANSPORTE

DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSITO Y TRANSPORTE EN LAS COMUNAS 1 Y 2 DE SAN JUAN DE PASTO.

Secretaría de tránsito y Transporte Municipal



ALCALDÍA DE PASTO

1. GENERALIDADES

FECHA VISITA: _____

Dirección de referencia. _____

Comuna _____ Archivo Fotográfico: _____

2 TIPO DE SEMAFORO: CLASIFICACION: N° IDENTIF _____

Vehicular <input type="checkbox"/>	Tipo 8 Pulg <input type="checkbox"/>	12 Pulg <input type="checkbox"/>
Peatonal <input type="checkbox"/>	Tipo Estático <input type="checkbox"/>	Animado <input type="checkbox"/>
Especial <input type="checkbox"/>		

3 UBICACIÓN Y SOPORTE:

Ref. - Norte

Ubicación a un lado de la vía: Poste Ménsulas cortas

Ubicados en la vía: Ménsulas de codo Cables suspensión

4 ESTADO Y CONSERVACIÓN:

Cara: Buena <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Mala <input type="checkbox"/>
Lente: Buena <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Mala <input type="checkbox"/>
Vísera: Buena <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Mala <input type="checkbox"/>
Poste o ménsula Buena <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Mala <input type="checkbox"/>

Observaciones: _____

5 TIPO DE ILUMINACIÓN: Led Bombilla Estado

Observaciones: _____

6 FECHA DE MANTENIMIENTO: _____

7 SECUENCIA DE ENCENDIDO Y APAGADO DE LAS LUCES:

Tiempo encendido (seg).

Roja: <input type="checkbox"/>		
Amarilla: <input type="checkbox"/>		
Verde: <input type="checkbox"/>		

Observaciones: _____

8 CONTROLADOR

Interno Caja independiente

Estado Buena Regular Mala



9 CABLEADO

Aéreo Subterránea

10 USOS AREAS ALEDAÑAS:

Residencial <input type="checkbox"/>	Comercial <input type="checkbox"/>	Institucional <input type="checkbox"/>
Recreacional <input type="checkbox"/>	otros _____	Industrial <input type="checkbox"/>

Anexo C. Formato de recolección para el Inventario de malla vial.

	<p><i>DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSITO Y TRANSPORTE EN LAS COMUNAS 1 Y 2 DE SAN JUAN DE PASTO.</i></p> <p>Secretaría de tránsito y Transporte Municipal</p>	 <p>ALCALDÍA DE PASTO</p>
1. GENERALIDADES		
FECHA VISITA: _____		
Via de referencia. _____		
Comuna _____		
2 TIPO DE VIA: _____		
3 DESDE - HASTA:		
DESDE <input type="text"/> HASTA <input type="text"/>		
4 JERARQUÍA: _____		
5 SENTIDO: _____		
Observaciones: _____		
CROQUIS		

Anexo D. Registro fotográfico inventario señalización vertical.

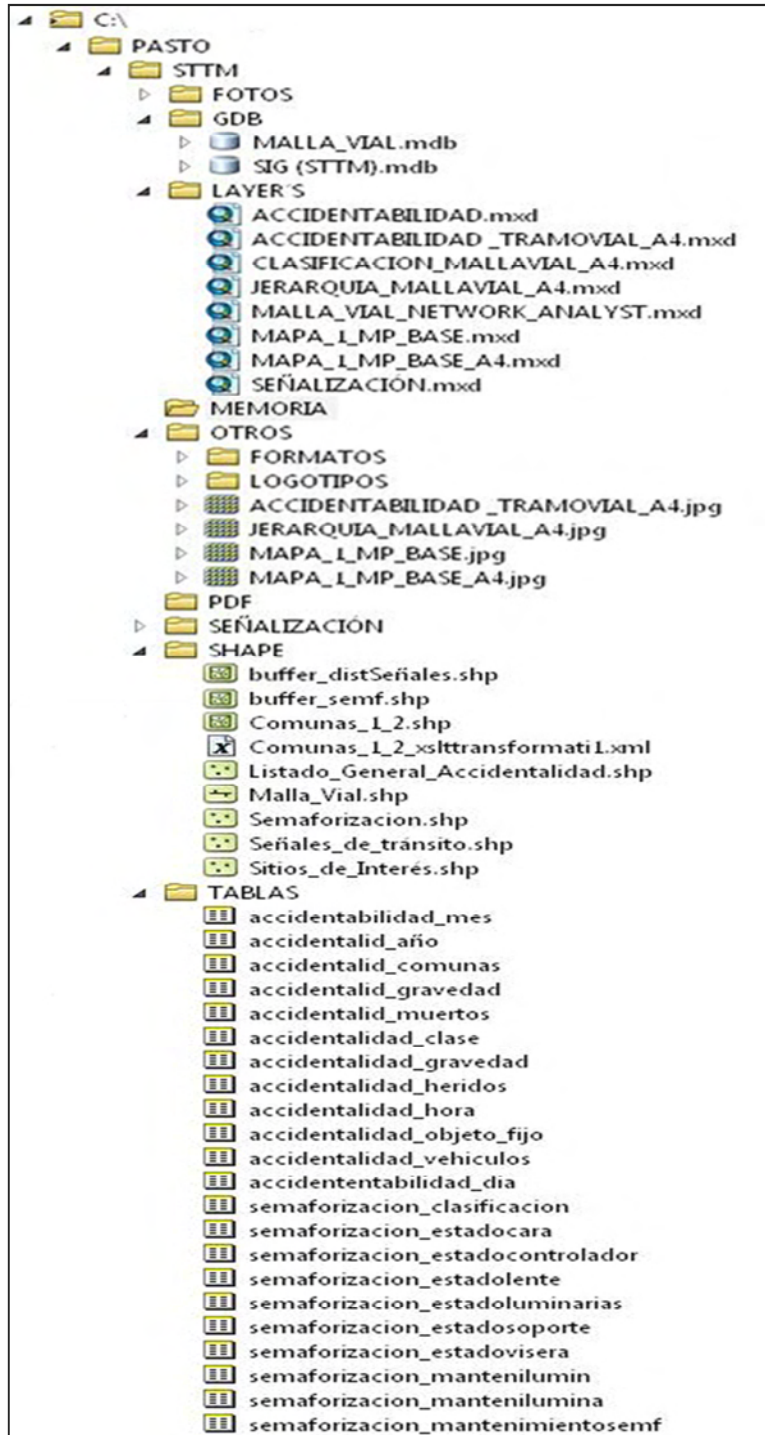


Anexo E. Registro fotográfico inventario de semaforización.



Anexo F. Estructura del CD.

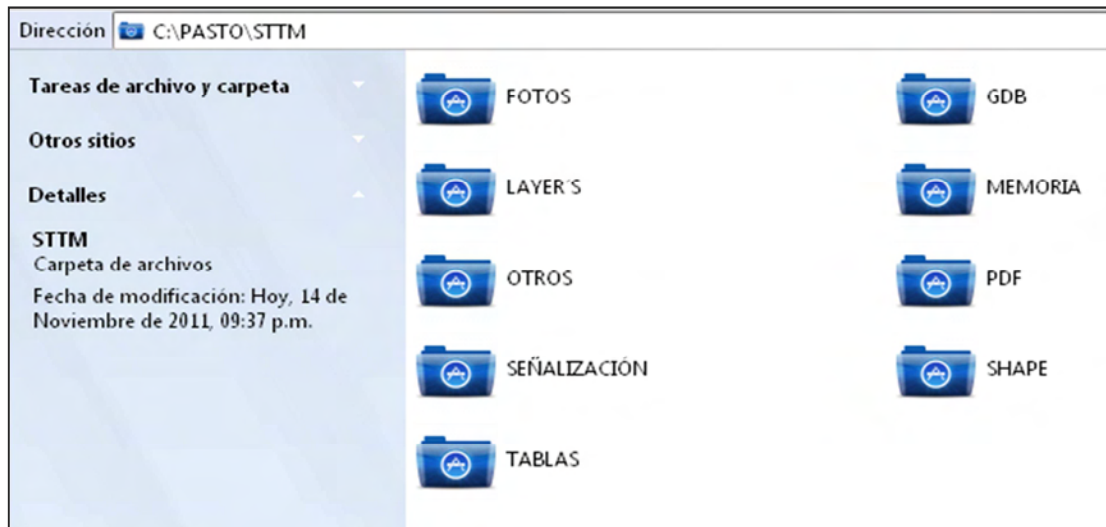
El CD contiene toda la información digital del presente proyecto. Para una mejor comprensión de la información se pasa a detallar su contenido.



Es importante para que un buen funcionamiento de la aplicación se mantenga la estructura de directorios. Para ello, copiar el contenido del DC en C:\

STTM (SIG para la Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal de Pasto)

Contiene el SIG diseñado, así como la estructura de las carpetas para un buen funcionamiento de esta.



- FOTOS:** Contiene el registro fotográfico de Señales de tránsito y semáforos del área de estudio.
- GDB:** Bases de datos alfanuméricas en formato MDB y IDB.
- LYER´S:** Directorio de los archivos MXD.
- MEMORIA:** Contiene los archivos correspondientes a la memoria en formato. DOCX Y .PDF.
- OTROS:** Contiene temas relacionados con el proyecto.
- PDF:** Contiene archivos cartográficos diseñados en formato .PDF.
- SEÑALIZACIÓN:** Contiene los iconos personalizados para señales de tránsito y semáforos, en formato. BMP.
- SHAPE:** Directorio de temas desarrollados para el SIG, del a Secretaria de Tránsito y Transporte Municipal.
- TABLAS:** Directorio de tablas relacionadas con el Sistema de Información Geográfica.