

**PROCEDIMIENTO PARA LA RECOPILACIÓN, PROCESAMIENTO Y
CONSOLIDACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL DESARROLLO DE SIG
UTILIZADOS EN MODELOS DE REGRESIÓN DE USOS DEL SUELO (LUR)**

Jorge Andrés Hereira Cabana
Estudiante de Ingeniería Civil

Ph. D. Jhon Jairo Cáceres Jiménez
Profesor Planta
Director de Proyecto

Ing. Yurley Rojas Gélvez
Profesional Investigador
Codirector de Proyecto

Universidad Industrial de Santander

Bucaramanga, Santander

Tabla de contenido

1. JUSTIFICACIÓN.....	7
2. VARIABLES GEOGRÁFICAS.....	8
3. FASES DEL PROCEDIMIENTO.....	8
3.1. Recopilación y estructuración de la información	8
3.1.1. Usos del suelo	8
3.1.2. Tipo de vía.....	24
3.1.3. Densidad poblacional	41
3.2. Procesamiento de la información	50
3.2.1. Zonas de influencia (Buffers).....	52
3.2.2. Intersecar (Intersect).....	55
3.2.3. Resumen de estadísticas (Summary Statistics).....	64
3.3. Consolidación de la información	69
4. BIBLIOGRAFÍA.....	73

Lista de tablas

Tabla 1. Leyenda y simbología de las áreas de actividad	15
Tabla 2. Leyenda simplificada y codificación RGB	15
Tabla 3. Clasificación vial según el POT de Bucaramanga y su descripción	38
Tabla 4. Equivalencia entre clasificación POT y OSM con respectiva codificación RGB	38
Tabla 5. Datos geográficos vinculados a cada sitio de monitoreo.....	63
Tabla 6. Sitios de monitoreo y resumen estadístico de la variable usos del suelo	66
Tabla 7. Sitios de monitoreo y resumen estadístico de la variable tipo de vía	67
Tabla 8. Encabezados de variables vinculadas a sitios de monitoreo.....	71

Lista de figuras

Figura 1.a. Recopilación y estructuración, usos del suelo.....	9
Figura 1.b. Recopilación y estructuración, usos del suelo.....	10
Figura 2. Fuentes de información digital, usos del suelo.....	10
Figura 3. Página web de la Alcaldía de Bucaramanga.....	11
Figura 4. Usos del suelo – Archivos descargados de la alcaldía.....	11
Figura 5. Localización del área de interés, Zona urbana de Bucaramanga	12
Figura 6. Proyección Cartográfica en la página Origen Nacional.....	13
Figura 7. Ventana de la herramienta proyectar (Project).....	13
Figura 8. Áreas de actividad, tomado del POT Bucaramanga 2014.....	14
Figura 9. Tabla de atributos y opciones de tabla.....	16
Figura 10. Ventana para agregar campo (Add Field)	16
Figura 11. Edición de características y comenzar a editar	17
Figura 12. Selección por atributos (Select by Attributes).....	17
Figura 13. Elementos coincidentes con la consulta.....	18
Figura 14. Cinta de opciones de campoCalculadora de campo (Field Calculator) 19	
Figura 15. Calculadora de campo (Field Calculator)	19
Figura 16. Guardar ediciones y detener edición.....	20
Figura 17. Opción de propiedades de capa	20
Figura 18. Ventana de propiedades de capa.....	21
Figura 19. Selector de símbolos y sus configuraciones	22
Figura 20. Usos del suelo reclasificados	22
Figura 21. Guardar simbología como archivo de capa.....	23
Figura 22. Archivo de capa guardado	23
Figura 23.a. Recopilación y estructuración, tipo de vía	24
Figura 23.b. Recopilación y estructuración, tipo de vía	25
Figura 24. Fuentes de información digital, tipo de vía	26
Figura 25. Página web de la alcaldía de Bucaramanga	26
Figura 26. Tipo de vía – Archivos descargados de la alcaldía	26
Figura 27. Página web del DANE, pestaña de servicios	27
Figura 28. Página web del DANE, MGN 2017.....	27
Figura 29. Página web del DANE, MGN de Santander	28
Figura 30. Tipo de vía - Archivos descargados del DANE, carpeta MGN	28
Figura 31. Tipo de vía, Archivos descargados del DANE, carpeta VIAS.....	28
Figura 32. Página web OpenStreetMap, pestaña exportar	29
Figura 33. Instalación de complementos de OSM en QGIS.....	30
Figura 34. Agregar información de OSM a la lista de capas	30
Figura 35. Selección del área de interés con complemento OSM Downloader.....	31
Figura 36. Selección de elementos tipo línea en el área de interés	32
Figura 37. Exportar información de OSM a ArcGIS mediante QGIS	32
Figura 38. Tipo de vía – Comparativa entre las fuentes de información	33

Figura 39. Comparativa, intersección de la Av. Quebradaseca y la Kra. 27	34
Figura 40. Comparativa, glorieta del barrio San Francisco	35
Figura 41. Subsistema de infraestructura vial, POT Bucaramanga 2014	36
Figura 42. Selección por atributos y eliminación de subcategorías no incluidas en el POT	37
Figura 43. Comparativa antes y después de eliminación de categorías no incluidas en el POT	37
Figura 44. Renombre a categorías con la función <i>.replace</i> en la calculadora de campo	39
Figura 45. Asignación de simbología en la ventana de propiedades de capa.....	40
Figura 46. Tipo de vía reclasificados.....	40
Figura 47. Guardar simbología como archivo de capa.....	41
Figura 48. Niveles geográficos del MGN, tomado del Manual MGN 2018	41
Figura 49.a. Recopilación y estructuración, densidad poblacional	42
Figura 49.b. Recopilación y estructuración, densidad poblacional	43
Figura 50. Página web del DANE, pestaña de servicios	43
Figura 51. Página web del DANE, descarga de datos geoestadísticos.....	44
Figura 52. Densidad de población - Archivos descargados del DANE.....	44
Figura 53. Localización de la información descargada en el municipio de Bucaramanga	45
Figura 54. Sectorización de la información en zonas urbanas	46
Figura 55. Eliminación de elementos fuera de la zona urbana más grande	47
Figura 56. Simbología automática en la ventana de propiedades de capa	47
Figura 57. Redefinición de rangos en la ventana de clasificación	48
Figura 58. Simbología ajustada a los nuevos rangos en la ventana de propiedades	49
Figura 59. Densidad poblacional reajustada	49
Figura 60. Guardar simbología como archivo de capa.....	50
Figura 61. Sitios de monitoreo en la zona urbana de Bucaramanga.....	51
Figura 62. Procesamiento de la información	52
Figura 63. Acceso a la herramienta de Zona de influencia (Buffer).....	53
Figura 64. Radios de influencia en el área de interés y su comparativa	54
Figura 65. Acceso a la herramienta Intersecar (Intersect).....	55
Figura 66. Usos del suelo intersecados por las zonas de influencia de diferentes radios	56
Figura 67. Tipos de vía y densidad poblacional intersecados por zona de influencia	56
Figura 68. Modificación de la forma de los elementos de la capa al ser intersecados.....	57
Figura 69. Selección por atributos para recálculo de elementos intersecados.....	58
Figura 70. Cálculo de área en metros cuadrados con la herramienta Calcular Geometría	59

Figura 71. Tablas de atributos de las capas de usos del suelo intersecadas de diferentes radios.....	59
Figura 72. Selección por atributos y recalcuro de longitud con herramienta Calcular Geometría	60
Figura 73. Tablas de atributos de las capas de tipo de vía intersecadas de diferentes radios.....	60
Figura 74. Adición de campo y cálculo de área en la capa de densidad poblacional	61
Figura 75. Estimación de la población mediante regla de tres con la Calculadora de Campo.....	62
Figura 76. Datos de área individuales por cada elemento intersecado	63
Figura 77. Acceso a la herramienta de Resumen de Estadísticas (Summary Statistics).....	64
Figura 78. Ventana de Resumen de estadísticas y tipos de estadísticos.....	65
Figura 79. Campos y tipos de estadísticos asignados para la variable usos del suelo.....	66
Figura 80. Campos y tipos de estadísticos asignados para la variable tipo de vía	67
Figura 81. Campos y tipos de estadísticos asignados para la variable densidad poblacional	68
Figura 82. Calculadora de campo y tabla resumen de la variable densidad poblacional	69
Figura 83. Copiar elementos seleccionados en ArcGIS y pegado en Excel.....	70
Figura 84. Campos importantes de la capa de Sitios de monitoreo	70
Figura 85. Tabla consolidada en Microsoft Excel	72

1. JUSTIFICACIÓN

Los modelos de regresión de uso del suelo (LUR) son modelos empíricos resultantes de la combinación de datos provenientes del monitoreo de la contaminación del aire en un número limitado de ubicaciones y la recopilación de variables (de uso del suelo) mediante sistemas de información geográfica (SIG) (Hoek, 2017). Tales variables, también llamadas variables predictoras o variables independientes, en su mayoría, apuntan a caracterizar el impacto del tráfico vehicular, el uso del suelo, la densidad poblacional y demás en diferentes escalas espaciales, ya que estas son un factor determinante en la variación a pequeña escala de la contaminación del aire (ESCAPE, 2008).

Por consiguiente, el presente manual se desarrolla con la finalidad de brindar un procedimiento que permita la recopilación acertada de información sobre algunas de las variables que se usan en la conformación del SIG. Además, este procedimiento se desarrolla en la ciudad de Bucaramanga, pero con el objetivo de que se pueda implementar en otras ciudades a nivel nacional. Por otra parte, las variables que se manejarán serán las de uso del suelo, tipo de vía y densidad poblacional.

2. VARIABLES GEOGRÁFICAS

Para la implementación del modelo LUR, en Europa se tomaron potenciales variables predictoras como tipo de vía, flujo vehicular, velocidad del viento, temperatura, densidad poblacional, uso del suelo y cobertura del suelo (ESCAPE, 2008). Sin embargo, en varios modelos analizados se encontró que las variables predictoras que estos tenían en común eran densidad vehicular y tipo de vía. Además, en general no se incluyeron variables meteorológicas en los modelos, ya que la medición de algunas variables de este tipo resulta costosa y requiere mucho tiempo (Londoño y Cañón, 2015). Debido a estas consideraciones se optó por describir el procedimiento solamente para las variables de uso de suelo, tipo de vía y densidad poblacional.

3. FASES DEL PROCEDIMIENTO

Se dividió el procedimiento en tres diferentes etapas o fases con el fin de obtener resultados específicos en cada una de estas. Las fases que se describen a continuación son la recopilación y estructuración, el procesamiento y la consolidación de la información.

3.1. Recopilación y estructuración de la información

En esta etapa del procedimiento se consultan las fuentes de información relacionadas con cada variable geográfica que se encuentren disponibles de forma virtual. Esto con el fin de obtener datos e información que ayuden a construir la base de datos que se usará en los modelos LUR que se vayan a ejecutar. Además, se realiza la estructuración de los datos obtenidos, es decir, se realizan las ediciones, modificaciones y/o análisis necesarios para cada variable con ayuda del software ArcGIS, el cual es conocido por ser un sistema completo que permite la organización, administración y análisis de información geográfica entre otras funcionalidades (esri Colombia, s.f.).

3.1.1. Usos del suelo

En el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de cada ciudad se encuentra descrito cómo se distribuyen sus diferentes usos de suelo, conforme a la Ley de Desarrollo Territorial, la cual menciona que estos deben ser de tipo urbano, rural y expansión urbana (Ley 388 de 1997, art. 30). En este procedimiento se contempla exclusivamente el suelo urbano, pues, se considera suelo urbano a las áreas del

territorio que cuenten con infraestructura vial y redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado (Ley 388 de 1997, art. 31).

El procedimiento implementado para la recopilación de información de esta variable se ilustra en el diagrama de flujo de las figuras 1.a y 1.b.

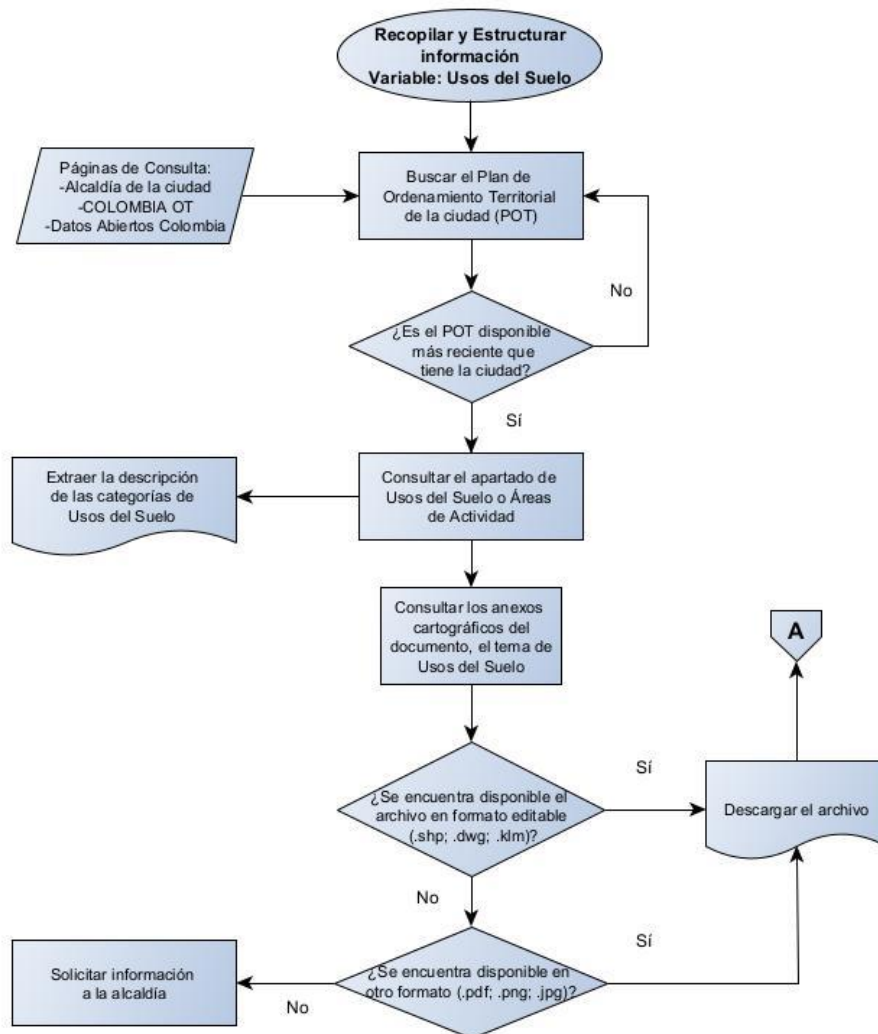


Figura 1.a. Recopilación y estructuración, usos del suelo

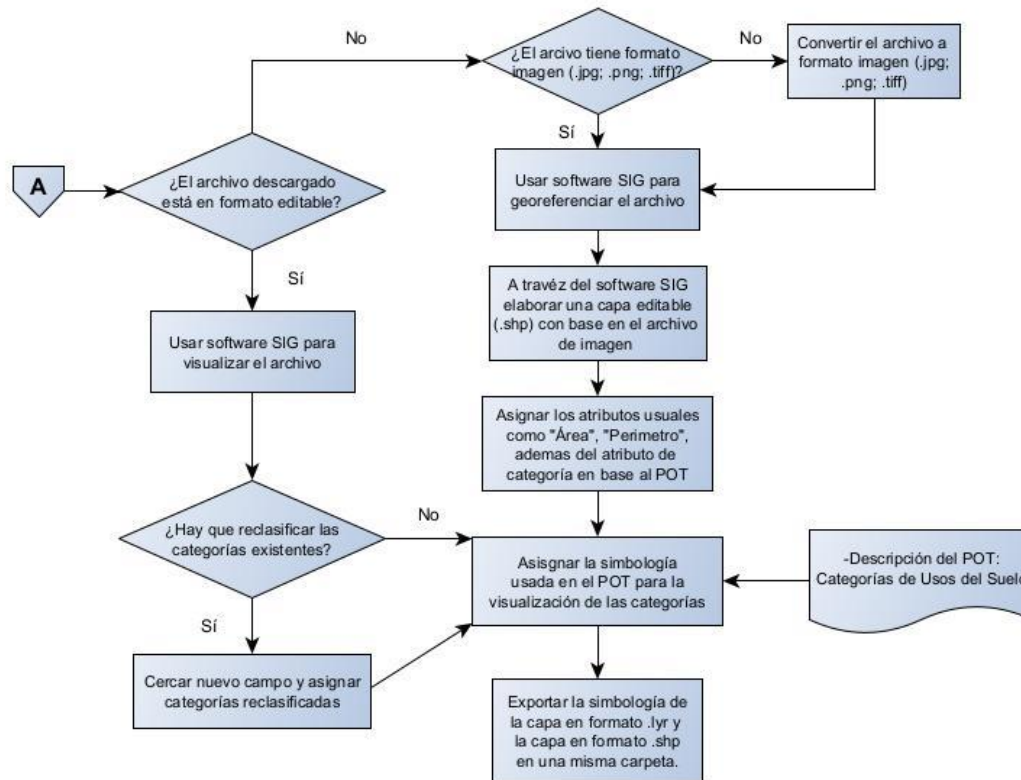


Figura 1.b. Recopilación y estructuración, usos del suelo

– **Consulta de fuentes de información**

Primeramente, se consultaron fuentes virtuales de información que cuentan con bases de datos relacionadas con la temática de ordenamiento territorial como las páginas web de Colombia OT (s.f.), Alcaldía de Bucaramanga (2021) y Datos abiertos Colombia (s.f.) (Figura 2).



Figura 2. Fuentes de información digital, usos del suelo

Luego de realizar la búsqueda, se encontró en la página de la alcaldía con la memoria justificativa y el archivo de la cartografía del POT 2014-2027 (Figura 3), el cual es el más reciente. Se procedió a descargar los archivos y verificar su contenido.



Figura 3. Página web de la Alcaldía de Bucaramanga

Entre los archivos descargados se encuentra la memoria justificativa del POT, donde se describen las Áreas de Actividad, el mapa Áreas de Actividad de Bucaramanga en formato .pdf y la capa del mismo tema en formato .shp como se muestra en la Figura 4.

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
._DS_Store	27/05/2014 3:52 p. m.	Archivo DS_STORE	4 KB
._02_ MEMORIA JUSTIFICATIVA...05-2014...V6 adoptada.pdf	27/05/2014 3:52 p. m.	Adobe Acrobat Document	4 KB
._DS_Store	27/05/2014 12:03 p. m.	Archivo DS_STORE	7 KB
01_ contraPORTADA...MEMORIA...05-2014...V6 adoptada.pdf	23/05/2014 12:09 p. m.	Adobe Acrobat Document	214 KB
02_ MEMORIA JUSTIFICATIVA...05-2014...V6 adoptada.pdf	27/05/2014 12:01 p. m.	Adobe Acrobat Document	151,837 KB
02_ MEMORIA JUSTIFICATIVA...05-2014...V6 adoptada.xps	8/10/2013 12:44 a. m.	Archivo XPS	4,613 KB
U-1 SUBSISTEMA DE INFRAESTRUCTURA VIAL.pdf	23/06/2015 10:22 p. m.	Adobe Acrobat Docum...	46,938 KB
U-2 SUBSISTEMA DE TRANSPORTE.pdf	24/06/2015 12:49 a. m.	Adobe Acrobat Docum...	51,739 KB
U-3 SISTEMA DE ESPACIO PÚBLICO.pdf	24/06/2015 5:49 a. m.	Adobe Acrobat Docum...	50,463 KB
U-4 AREAS DE ACTIVIDAD.pdf	7/07/2015 10:13 a. m.	Adobe Acrobat Docum...	43,719 KB
U-5 TRATAMIENTOS URBANISTICOS.pdf	7/07/2015 10:02 a. m.	Adobe Acrobat Docum...	46,352 KB
U-6 AMENAZAS Y RIESGOS URBANOS.pdf	23/06/2015 11:19 p. m.	Adobe Acrobat Docum...	52,740 KB
U-7 SECTORES NORMATIVOS.pdf	24/06/2015 12:09 a. m.	Adobe Acrobat Docum...	46,135 KB
U-8 OPERACIONES ESTRATEGICAS.pdf	24/06/2015 12:32 a. m.	Adobe Acrobat Docum...	47,393 KB
U-9 ZONIFICACIÓN DE RESTRICCIONES A LA OCUPA...	24/06/2015 12:22 a. m.	Adobe Acrobat Docum...	46,590 KB
Usos_Bga.cpg	17/12/2020 10:20 a. m.	Archivo CPG	1 KB
Usos_Bga.dbf	17/12/2020 10:20 a. m.	Archivo DBF	34,773 KB
Usos_Bga.prj	8/07/2020 7:25 p. m.	Archivo PRJ	1 KB
Usos_Bga.sbn	8/07/2020 7:36 p. m.	Archivo SBN	714 KB
Usos_Bga.sbx	8/07/2020 7:36 p. m.	Archivo SBX	29 KB
Usos_Bga.shp	17/12/2020 10:20 a. m.	Recurso de forma de Au...	34,043 KB
Usos_Bga.shp.DESKTOP-PN20856.10776.5616.sr.lock	16/09/2021 9:48 a. m.	Archivo LOCK	0 KB
Usos_Bga.shp.xml	17/12/2020 10:20 a. m.	Documento XML	22 KB
Usos_Bga.shx	17/12/2020 10:20 a. m.	Forma compilada de Au...	559 KB

Figura 4. Usos del suelo – Archivos descargados de la alcaldía

En el caso de la variable Uso del Suelo es importante poder identificar claramente los usos presentes en la ciudad con el fin de establecer cuales se ven mayormente afectados por la contaminación ambiental. Por otra parte, teniendo en cuenta el diagrama de flujo de la Figura 1.a, el archivo descargado ya se encuentra en formato editable y se procede a visualizarlo en el software ArcGIS.

Además del archivo de usos del suelo, se agregó a la tabla de contenidos de ArcGIS las capas de división política por departamento y por municipio que se encuentra en el archivo descargado del Marco Geoestadístico Nacional (MGN) del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) con el fin de brindar una mejor idea de la ubicación de los usos del suelo en la ciudad de Bucaramanga como se muestra en la Figura 5.

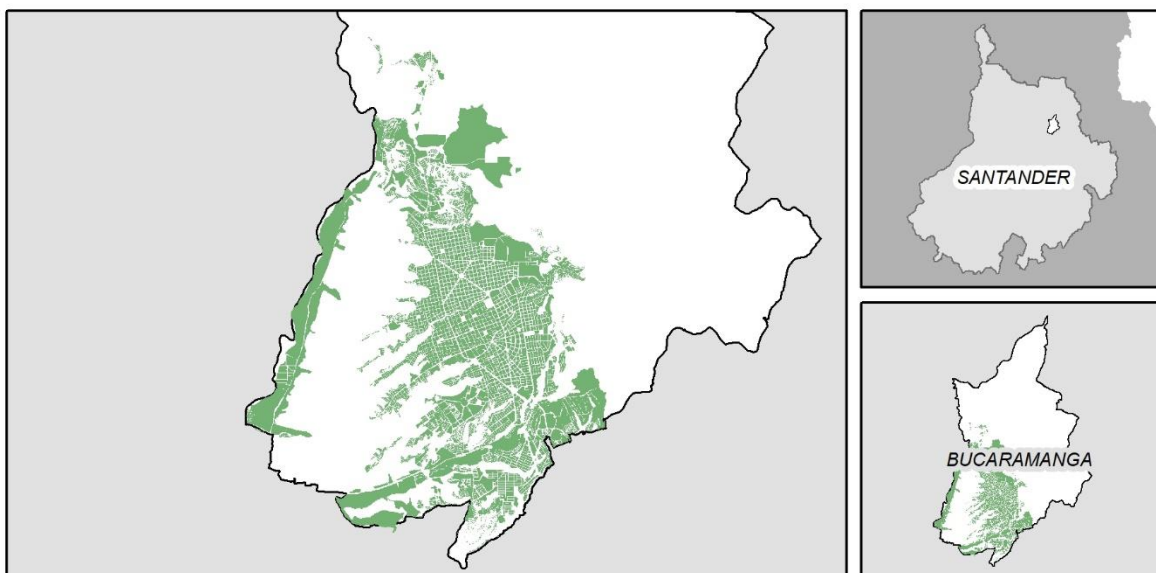


Figura 5. Localización del área de interés, Zona urbana de Bucaramanga

– **Reasignación de sistema coordinado y proyección cartográfica**

Los archivos .shp cuentan por defecto con un sistema de coordenadas y en algunos casos con una proyección cartográfica, sin embargo, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) estableció una nueva proyección cartográfica nacional con el fin de unificar criterios y permitir la interoperabilidad entre las diferentes entidades que trabajan con datos geográficos mediante las Especificaciones técnicas a productos de cartografía básica (Resolución No. 471 de 2020).

Esta proyección cartográfica se encuentra disponible en la página IGAC Origen Nacional (s.f.) en la pestaña de Herramientas como se muestra en la Figura 6. Al darle clic al enlace se descarga el archivo “MAGNA-SIRGAS_Origen-Nacional.prj” con la información de la proyección cartográfica.

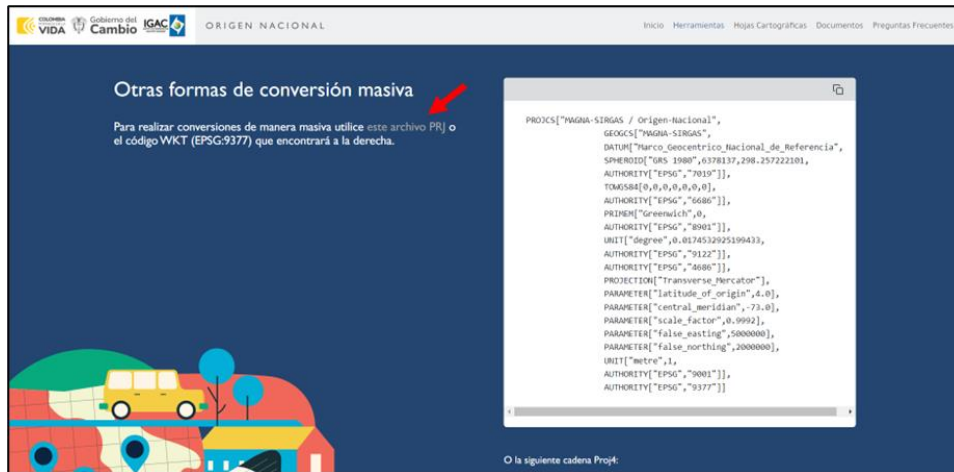


Figura 6. Proyección Cartográfica en la página Origen Nacional.

Luego de obtener el archivo tipo PRJ se debe asignar esta proyección cartográfica a todos los archivos .shp que se hayan de usar en ArcGIS. Este proceso se realiza mediante la herramienta Proyectar (Project); se elige la capa que se desea proyectar a la ventana emergente (Input Dataset or Feature Class) y se escoge la carpeta de destino del archivo (Output Dataset or Feature Class). Después se da clic en el ícono de sistema de coordenadas de salida (Output Coordinate System) y en la ventana emergente se da clic en el ícono agregar un sistema de coordenadas (Add Coordinate System) y se procede a buscar la ubicación del archivo PRJ para asignarlo a la capa, tal como se indica en la Figura 7. Este proceso da como resultado un nuevo archivo con el nuevo sistema de coordenadas asignado, por lo cual se debe reemplazar la capa anterior con esta capa para realizar los cambios y las ediciones pertinentes sobre este nuevo archivo.

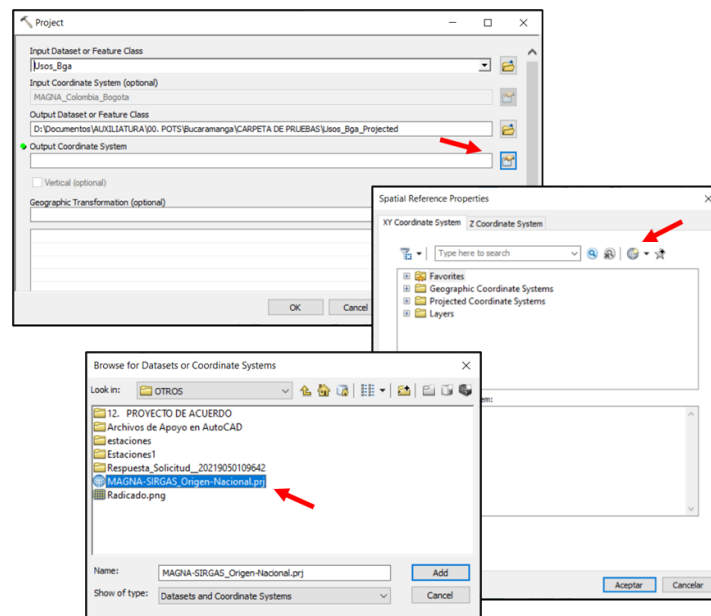




















Figura 7. Ventana de la herramienta proyectar (Project)

Tabla 1. Leyenda y simbología de las áreas de actividad

AREA DE ACTIVIDAD EN SUELO URBANO Y DE EXPANSIÓN				
ACTIVIDAD	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	ÁREA (Ha)
RESIDENCIAL	R-1	Residencial neta		161,50
	R-2	Residencial con comercio y servicios localizado		428,86
	R-3	Residencial mixta - vivienda, comercio y servicio		46,16
	R-4	Residencial con actividad económica		550,14
COMERCIAL Y DE SERVICIOS	C-1	Comercial y de servicios empresariales		11,94
	C-2	Comercial y de servicios livianos o al por menor		238,72
	C-3	Comercial y de servicios pesados		111,98
	C-E	Comercial de eje en Area de Actividad R-2		
DOTACIONAL	D	Dotacional		360,91
	D	Dotacional Recreativo		10,89
INDUSTRIAL	I	Industria		237,23
MULTIPLE	M-1	Múltiple centralidad		98,82
	M-2	Múltiple grandes establecimientos.		91,16

Teniendo esto en cuenta, se agrupan las categorías secundarias de cada actividad y se les asigna la representación de la primera subcategoría de cada actividad. Además, se identifica la codificación de color RGB de cada representación, como se muestra en la Tabla 2. Esto con el fin de asignar la codificación adecuadamente a la capa de uso del suelo a través del software.

Tabla 2. Leyenda simplificada y codificación RGB

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	COD. RGB	ÁREA (Ha)
RESIDENCIAL		255, 255, 0	1186.66
COMERCIAL Y DE SERVICIOS		168, 0, 0	262.64
DOTACIONAL		0, 92, 230	371.8
INDUSTRIAL		178, 178, 178	237.23
MULTIPLE		230, 0, 169	189.98

– Creación de campo y reclasificación

Antes de iniciar la edición de la capa en el software se le agrega un nuevo campo a la tabla de atributos de la capa. Esto con el fin de asignar la nueva clasificación. Primero se da clic derecho sobre la capa para abrir la tabla de contenidos (Open Attribute Table). Luego en opciones de tabla (Table Options) se escoge la opción agregar campo (Add Field) como se muestra en la Figura 9.

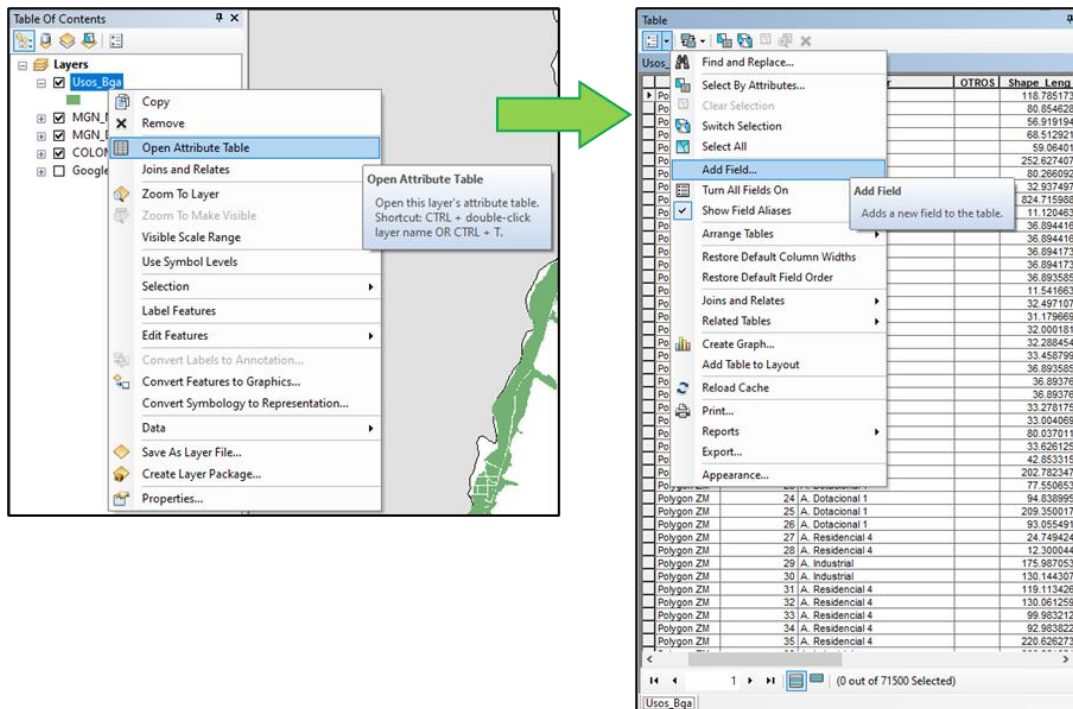


Figura 9. Tabla de atributos y opciones de tabla

Aparecerá la ventana de agregar campo (Figura 10) en la cual se ingresa el nombre del campo, el tipo de dato que en este caso es de tipo texto y por último la longitud máxima de caracteres. Se le da aceptar y este se agrega a la tabla de contenido.

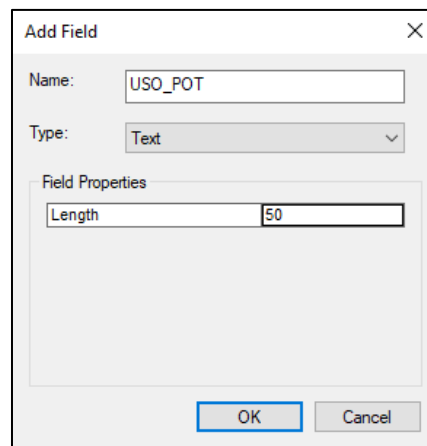


Figura 10. Ventana para agregar campo (Add Field)

Ya creado el nuevo campo entonces se le agregan los datos. Para esto se debe habilitar la edición de la capa dando clic derecho sobre esta, luego edición de características (Edit Features) y comenzar a editar (Start Editing) como se indica en la Figura 11.

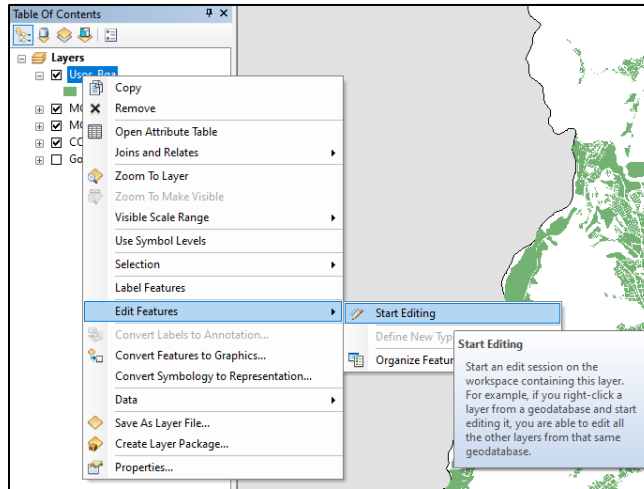


Figura 11. Edición de características y comenzar a editar

Dado que la capa posee subcategorías por cada área de actividad se procede a usar la herramienta de selección por atributos (Select by Attributes) para así poder seleccionar todas las subcategorías relacionadas con un área de actividad específica mediante una consulta de tipo SQL (Structured Query Language) como se muestra en la Figura 12.

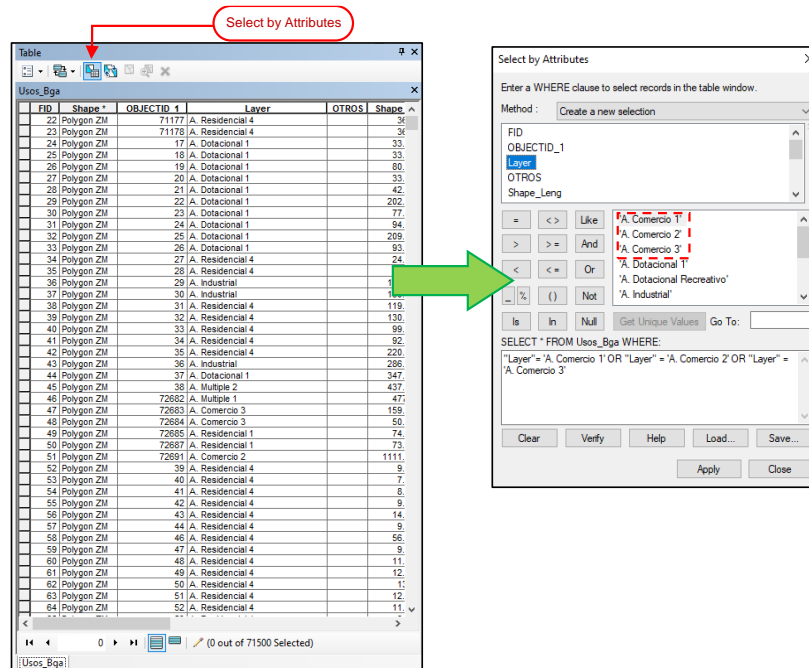


Figura 12. Selección por atributos (Select by Attributes)

Se realizó la consulta para el área de actividad “Comercial y de Servicios” que cuenta con tres subcategorías como se muestra en la Figura 12. La consulta consiste en especificar el campo donde se encuentra el dato que se desea

seleccionar, en este caso el campo se llama "Layer" y como existen tres subcategorías se unen las consultas mediante el conector lógico "OR". De esta manera se seleccionan en la tabla de atributos los elementos que coincidan con esta consulta, tal como se observa en la Figura 13.

FID	Shape *	OBJECTID_1	Layer	OTROS	Shape
47	Polygon ZM	72683	A. Comercio 3		159
48	Polygon ZM	72684	A. Comercio 3		50
51	Polygon ZM	72691	A. Comercio 2		1111
200	Polygon ZM	1484	A. Comercio 3		49
201	Polygon ZM	1485	A. Comercio 3		26
202	Polygon ZM	1486	A. Comercio 3		5
203	Polygon ZM	1487	A. Comercio 3		63
204	Polygon ZM	1488	A. Comercio 3		58
205	Polygon ZM	1489	A. Comercio 3		137
206	Polygon ZM	1490	A. Comercio 3		145
207	Polygon ZM	1491	A. Comercio 3		76
346	Polygon ZM	222	A. Comercio 2		272
347	Polygon ZM	72317	A. Comercio 2		88
439	Polygon ZM	336	A. Comercio 2		102
440	Polygon ZM	337	A. Comercio 2		147
441	Polygon ZM	338	A. Comercio 2		91
442	Polygon ZM	339	A. Comercio 3		35
443	Polygon ZM	340	A. Comercio 3		90
444	Polygon ZM	341	A. Comercio 3		34
445	Polygon ZM	342	A. Comercio 3		80
446	Polygon ZM	343	A. Comercio 3		35
447	Polygon ZM	344	A. Comercio 2		73
448	Polygon ZM	345	A. Comercio 2		57
449	Polygon ZM	346	A. Comercio 2		65
450	Polygon ZM	347	A. Comercio 2		85
451	Polygon ZM	348	A. Comercio 2		99
452	Polygon ZM	349	A. Comercio 2		61
453	Polygon ZM	350	A. Comercio 2		79
454	Polygon ZM	351	A. Comercio 2		102
455	Polygon ZM	352	A. Comercio 2		51
456	Polygon ZM	6612	A. Comercio 1		73
457	Polygon ZM	6613	A. Comercio 1		74
458	Polygon ZM	6614	A. Comercio 1		73
459	Polygon ZM	6615	A. Comercio 1		73
460	Polygon ZM	6616	A. Comercio 1		73
461	Polygon ZM	6617	A. Comercio 1		72
462	Polygon ZM	6618	A. Comercio 1		72
463	Polygon ZM	6619	A. Comercio 1		72
464	Polygon ZM	6620	A. Comercio 1		72
465	Polygon ZM	6621	A. Comercio 1		71
466	Polygon ZM	6622	A. Comercio 1		45
467	Polygon ZM	6623	A. Comercio 1		55
468	Polygon ZM	6624	A. Comercio 1		70

Figura 13. Elementos coincidentes con la consulta

Teniendo los elementos deseados ya seleccionados se procede a ubicar y seleccionar el campo creado previamente para agregarle la nueva clasificación a los elementos. Para este proceso se usa la calculadora de campo (Field Calculator) que aparece al hacer clic derecho sobre el nombre del campo (Figura 14).

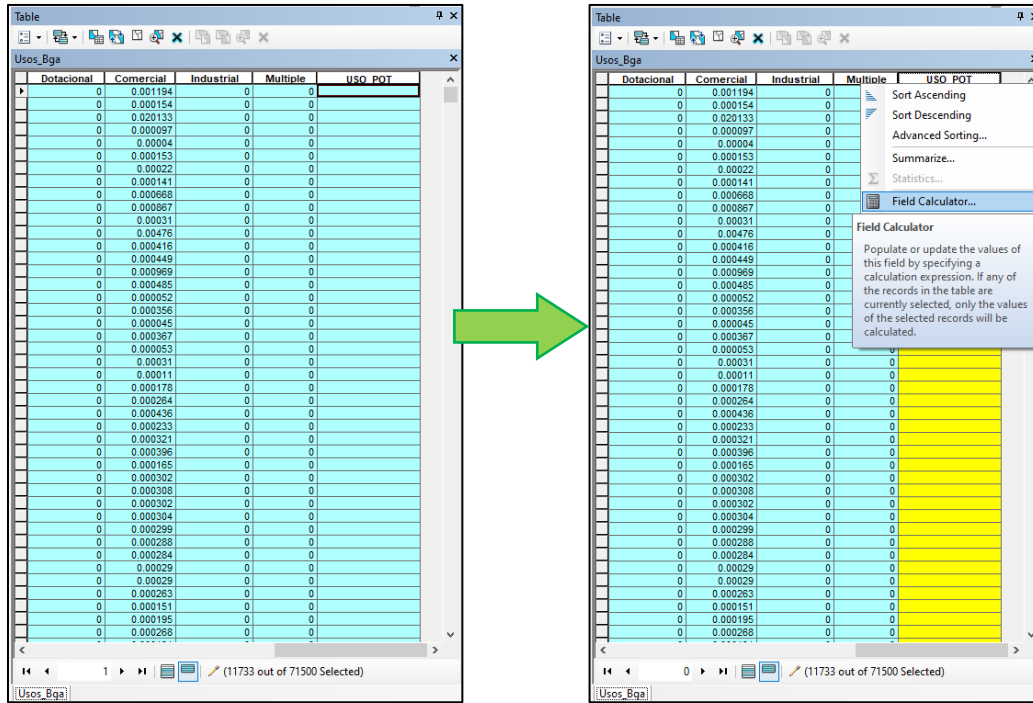


Figura 14. Cinta de opciones de campoCalculadora de campo (Field Calculator)

Aparecerá la ventana de calculadora de campo (Field Calculator) en la cual se debe agregar el nombre de la categoría que se le corresponde a los elementos seleccionados. Dado que el campo es de tipo texto se debe colocar la etiqueta entre comillas para que se haga efectivo el cambio como se muestra en la Figura 15.

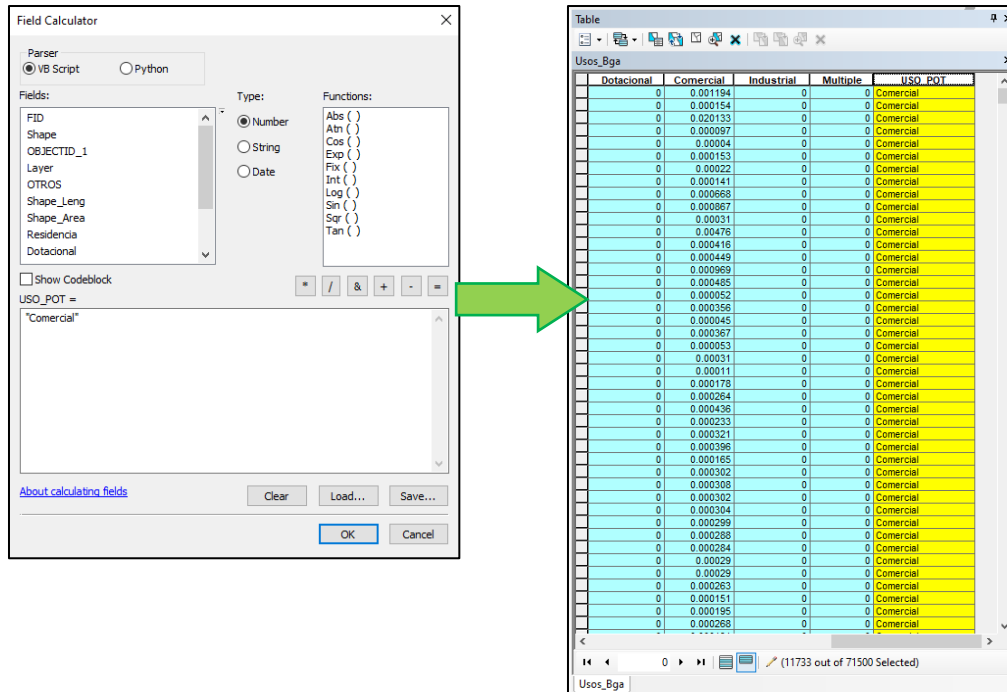


Figura 15. Calculadora de campo (Field Calculator)

De la misma manera se realiza con las demás áreas de actividad: “Residencial”, “Industrial”, “Dotacional” y “Mixto – Múltiple”. Luego de este proceso de asignación de categoría se guardan las modificaciones (Save Edits) y se termina edición (Stop Editing) (Figura 16).

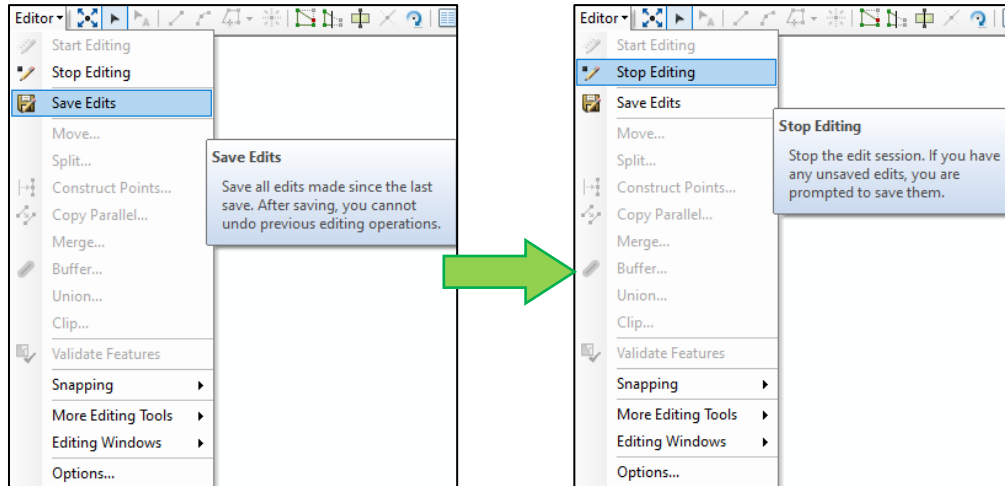


Figura 16. Guardar ediciones y detener edición

– Asignación y preservación de simbología

Ya realizada la reclasificación de los elementos de la capa se le asignan las simbologías respectivas que se establecieron previamente. Para esto se modifican las propiedades de la capa (Layer Properties) y se accede a estas haciendo doble clic sobre la capa o haciendo clic derecho y seleccionando la opción de propiedades (Properties) como se puede ver en la Figura 17.

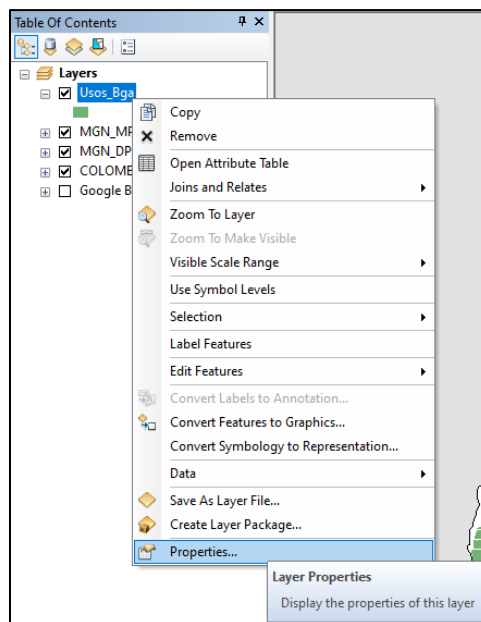


Figura 17. Opción de propiedades de capa

Aparecerá la ventana de propiedades de capa (Layer Properties) (Figura 18). Se accede a la pestaña de simbología (Symbology) y se muestran las categorías en valor único (Show: Categories – Unique values). Luego se selecciona el valor de campo (Value Field) que se desea representar, en este caso es el campo nuevo creado con anterioridad (USO_POT). En seguida se le agregan todos los valores de dicho campo (Add All Values).

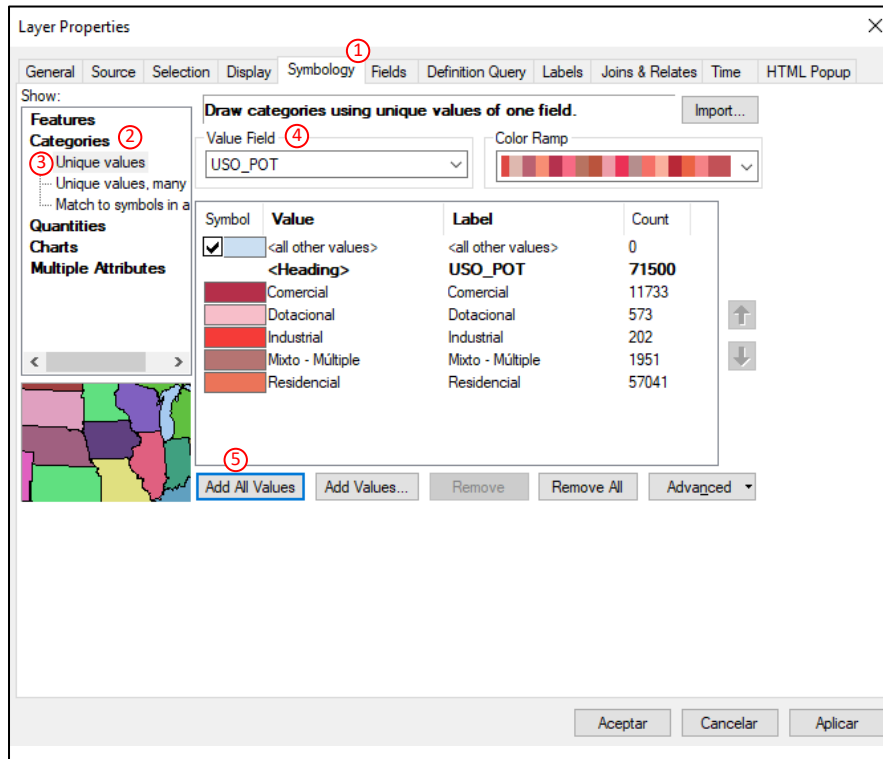


Figura 18. Ventana de propiedades de capa

Ahora, teniendo en cuenta la codificación RGB previamente obtenida, se le asigna la simbología a cada valor del campo. Primero se debe dar doble clic sobre el símbolo del valor, en este caso se empieza por el valor “Comercial”. Luego, aparece la ventana de selector de símbolos (Symbol Selector) e inmediatamente se le asigna el valor de cero (0) al ancho del contorno (Outline Width) como se muestra en la Figura 19. Seguidamente se da clic sobre el color de relleno (Fill Color), clic en más colores (More Colors) y aparece la ventana de selector de color (Color Selector) donde se debe elegir la codificación RGB e ingresar los respectivos valores. Para el caso del valor “Comercial” se dispone el código así: R = 168, G = 0 y B = 0.

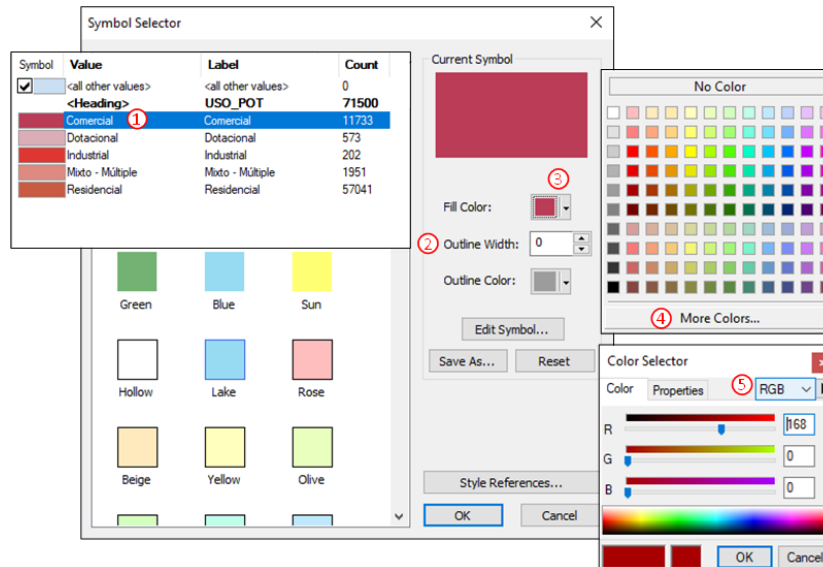


Figura 19. Selector de símbolos y sus configuraciones

Este proceso se repite de la misma manera para los demás valores del campo que representan las áreas de actividad. Al terminar, se da clic aceptar y se puede visualizar el resultado en la Figura 20.

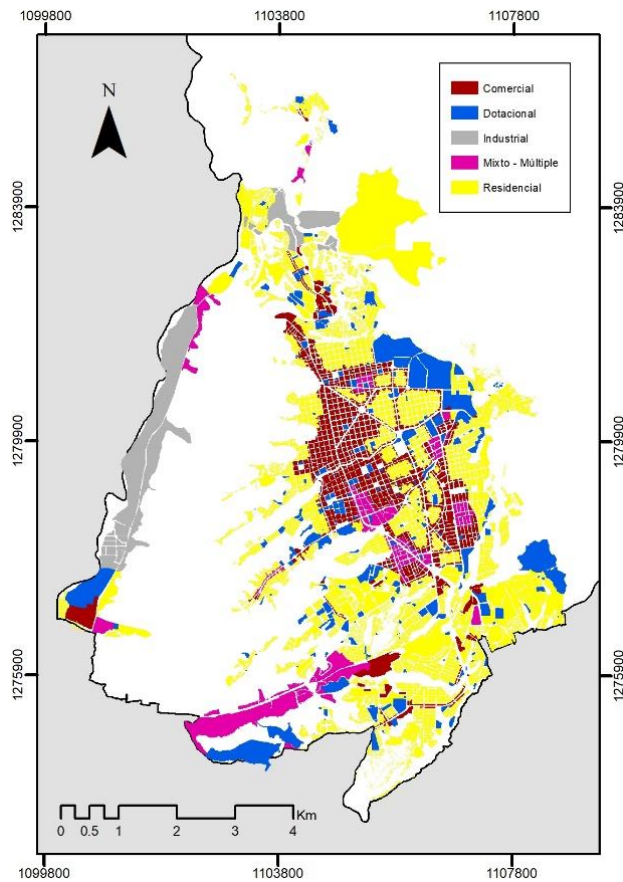


Figura 20. Usos del suelo reclasificados

Ahora, luego de obtener la representación generalizada de las áreas de actividad de Bucaramanga, se debe complementar la actividad con la preservación de esta representación. Se procede a la creación de un archivo tipo Layer (.lyr), el cual permitirá principalmente guardar la información de la simbología que se le ha asignado a la capa de tipo Shapefile (.shp).

Este es un proceso sencillo, pero no por eso menos importante. Lo primero es dar clic derecho sobre la capa en la tabla de contenidos. Luego seleccionar la opción guardar como un archivo de capa (Save As Layer File) (Figura 21). Inmediatamente aparecerá la ventana de guardar capa (Save Layer) y se le asignará una ubicación al archivo, así como un nombre. Por último, se le da clic en guardar y eso es todo.

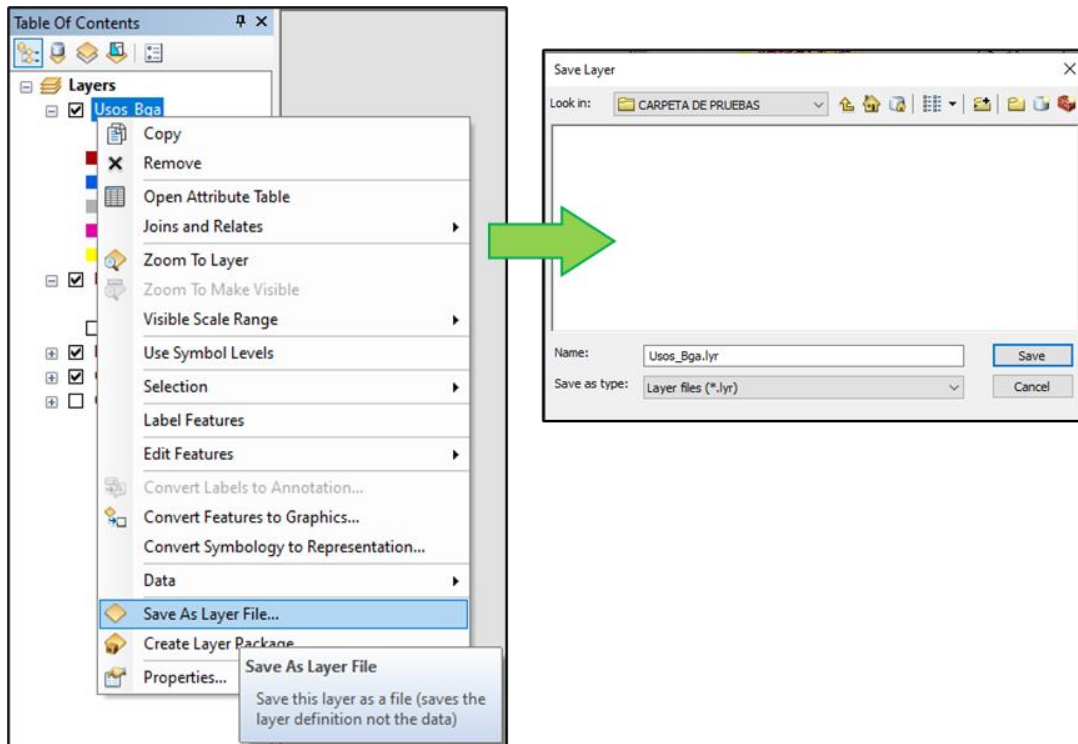


Figura 21. Guardar simbología como archivo de capa

Se tendrán almacenados y disponibles los archivos de datos (.shp) y su simbología (.lyr), como se evidencia en la Figura 22.

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
Usos_Bga.CPG	17/12/2020 10:20 a. m.	Archivo CPG	1 KB
Usos_Bga.dbf	17/12/2020 10:20 a. m.	Archivo DBF	34,773 KB
Usos_Bga.lyr	10/01/2023 10:49 a. m.	ArcGIS Layer	13 KB
Usos_Bga.prj	26/05/2023 10:28 a. m.	Archivo PRJ	1 KB
Usos_Bga.sbn	24/02/2023 6:49 p. m.	Archivo SBN	714 KB
Usos_Bga.sbx	24/02/2023 6:49 p. m.	Archivo SBX	29 KB
Usos_Bga.shp	17/12/2020 10:20 a. m.	Recurso de forma de Au...	34,043 KB
Usos_Bga.shp.xml	27/02/2023 9:21 p. m.	Documento XML	24 KB
Usos_Bga.shx	17/12/2020 10:20 a. m.	Forma compilada de Au...	559 KB

Figura 22. Archivo de capa guardado

3.1.2. Tipo de vía

El POT de Bucaramanga divide su sistema de movilidad en tres subsistemas que son: de Infraestructura Vial, de Transporte y de Estacionamientos y Parqueaderos (Concejo de Bucaramanga, Acuerdo No. 011 de 2014, art. 97), . Este procedimiento se enfocará en el Subsistema de Infraestructura Vial que en su clasificación contempla la red de vías arterias, la cual prioriza el tráfico vehicular que integra el territorio y consolida del área urbana y de expansión; esta red a su vez se clasifica en arterias primarias, secundarias y terciarias (Acuerdo No. 011 de 2014, art. 101,102).

El procedimiento implementado para la recopilación de información de esta variable se ilustra en el diagrama de flujo de las figuras 23.a y 23.b.

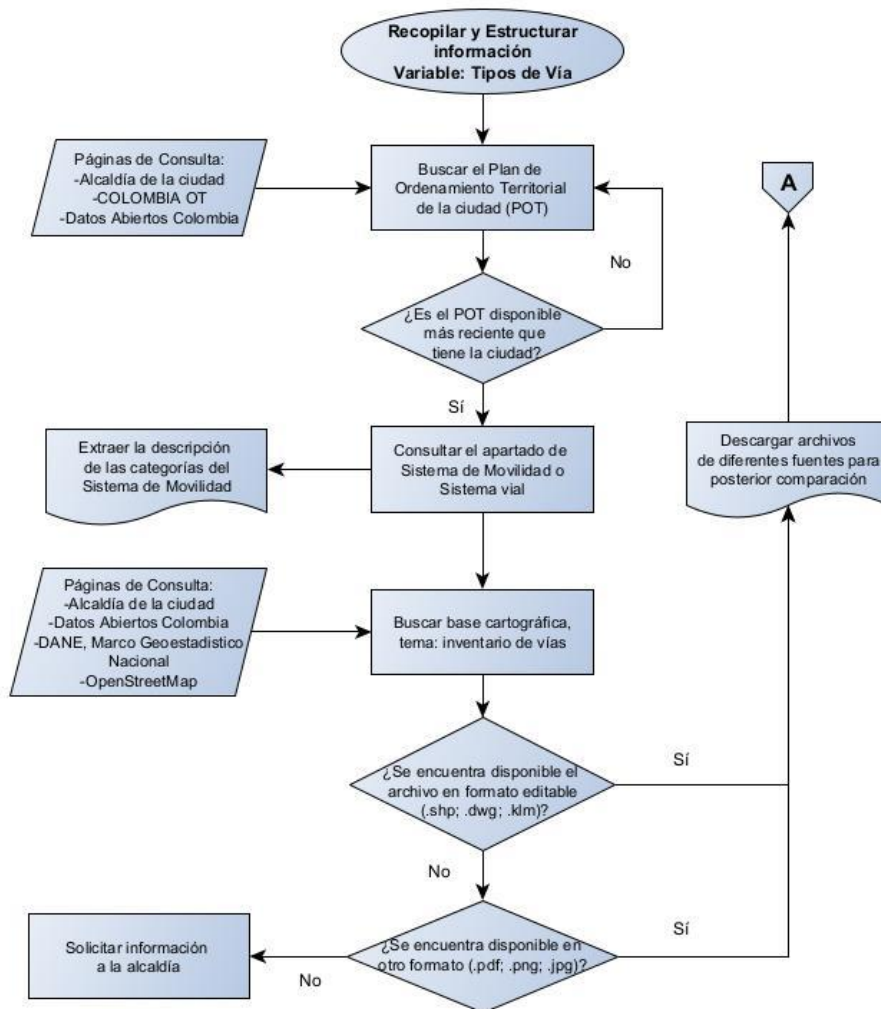


Figura 23.a. Recopilación y estructuración, tipo de vía

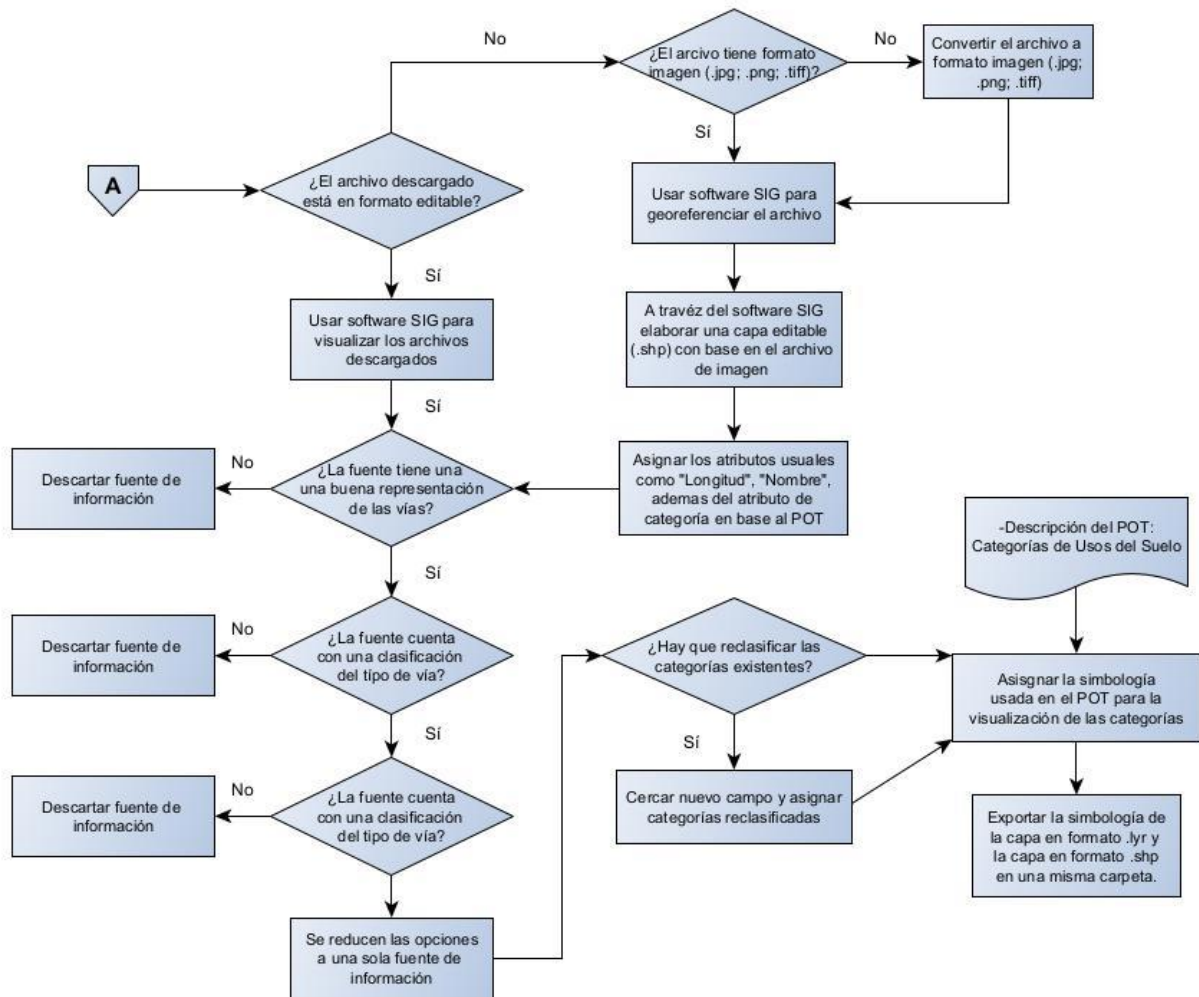


Figura 23.b. Recopilación y estructuración, tipo de vía

– Consulta de fuentes de información

Para esta variable se encontraron tres fuentes de información. En primer lugar, al igual que con la variable usos del suelo, la página de la alcaldía cuenta con información del sistema de movilidad de la ciudad, así como su clasificación (Alcaldía de Bucaramanga, s.f.). Por otra parte, en la página Geoportal DANE (2017) se encuentra el Marco Geoestadístico Nacional (MGN), el cual brinda una herramienta que promueve la integración estadística y geoespacial como parte del Sistema Estadístico Nacional (SEN) (DANE, 2018a). Y por último OpenStreetMap (OSM), el cual es un proyecto colaborativo para crear mapas que cuenta con una base de datos abierta y se alimenta de un gran número de colaboradores que contribuyen a su veracidad y verificación (OpenStreetMap, s.f.) (Figura 24).



Figura 24. Fuentes de información digital, tipo de vía

Entre los archivos encontrados en la página de la alcaldía también se encuentra el documento “Acuerdo No. 011 de 2014”, en el que se describen más detalladamente los tipos de vía, el mapa del subsistema de infraestructura vial en formato .pdf y el respectivo archivo tipo .shp como lo muestran las Figuras 25 y 26.



Figura 25. Página web de la alcaldía de Bucaramanga

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
01. contraPORTADA...ACUERDO...05-2014...V6 adopta...	23/05/2014 12:26 p. m.	Documento Adobe Acro...	212 KB
Acuerdo 011 de 2014 POT 2G.pdf	28/05/2014 12:24 p. m.	Documento Adobe Acro...	13,472 KB
U-1 SUBSISTEMA DE INFRAESTRUCTURA VIAL.pdf	23/06/2015 10:22 p. m.	Documento Adobe Acr...	46,938 KB
U-2 SUBSISTEMA DE TRANSPORTE.pdf	24/06/2015 12:49 a. m.	Documento Adobe Acr...	51,739 KB
U-3 SISTEMA DE ESPACIO PÚBLICO.pdf	24/06/2015 5:49 a. m.	Documento Adobe Acr...	50,463 KB
U-4 AREAS DE ACTIVIDAD.pdf	7/07/2015 10:13 a. m.	Documento Adobe Acr...	43,719 KB
U-5 TRATAMIENTOS URBANISTICOS.pdf	7/07/2015 10:02 a. m.	Documento Adobe Acr...	46,352 KB
U-6 AMENAZAS Y RIESGOS URBANOS.pdf	23/06/2015 11:19 p. m.	Documento Adobe Acr...	52,740 KB
U-7 SECTORES NORMATIVOS.pdf	24/06/2015 12:09 a. m.	Documento Adobe Acr...	46,135 KB
U-8 OPERACIONES ESTRATEGICAS.pdf	24/06/2015 12:32 a. m.	Documento Adobe Acr...	47,393 KB
U-9 ZONIFICACIÓN DE RESTRICCIONES A LA OCUPA...	24/06/2015 12:22 a. m.	Documento Adobe Acr...	46,590 KB
Clasificacion_Vial_Urbana.cpg	18/01/2023 9:45 p. m.	Archivo CPG	1 KB
Clasificacion_Vial_Urbana.dbf	18/01/2023 9:45 p. m.	Archivo DBF	13,712 KB
Clasificacion_Vial_Urbana.prj	18/01/2023 9:45 p. m.	Archivo PRJ	1 KB
Clasificacion_Vial_Urbana.sbn	18/01/2023 9:45 p. m.	Archivo SBN	98 KB
Clasificacion_Vial_Urbana.sbx	18/01/2023 9:45 p. m.	Archivo SBX	6 KB
Clasificacion_Vial_Urbana.shp	18/01/2023 9:45 p. m.	Recurso de forma de Au...	1,009 KB
Clasificacion_Vial_Urbana.shp.xml	18/01/2023 9:45 p. m.	Documento XML	35 KB
Clasificacion_Vial_Urbana.shx	18/01/2023 9:45 p. m.	Forma compilada de Au...	77 KB

Figura 26. Tipo de vía – Archivos descargados de la alcaldía

En el caso del Geoportal del DANE, se puede encontrar el MGN desplegando la pestaña de Servicios como se ve en la Figura 27.

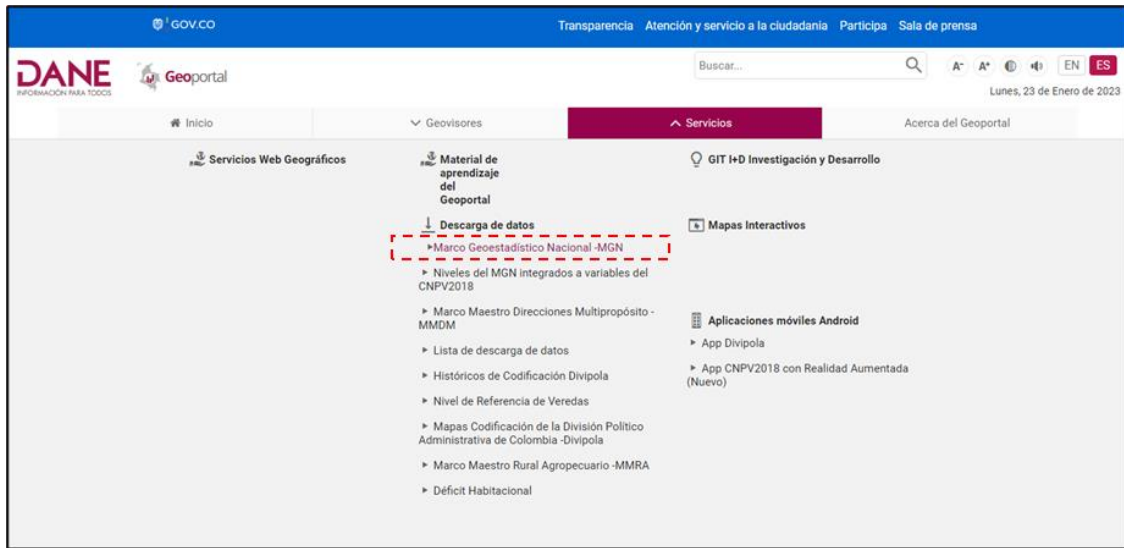


Figura 27. Página web del DANE, pestaña de servicios

La página ofrece una variedad de archivos tipo .shp con diferentes niveles y tipos de información. Sin embargo, dado que este procedimiento se enfoca en la información relacionada con la ciudad de Bucaramanga, se procederá a descargar la versión 2017 del MGN ya que esta es la última de las versiones disponibles que se encuentra separada por departamentos (Figura 28). Teniendo esto en cuenta se descargará la información disponible del departamento de Santander como se ve en la Figura 29 y el Manual de Uso del MGN.

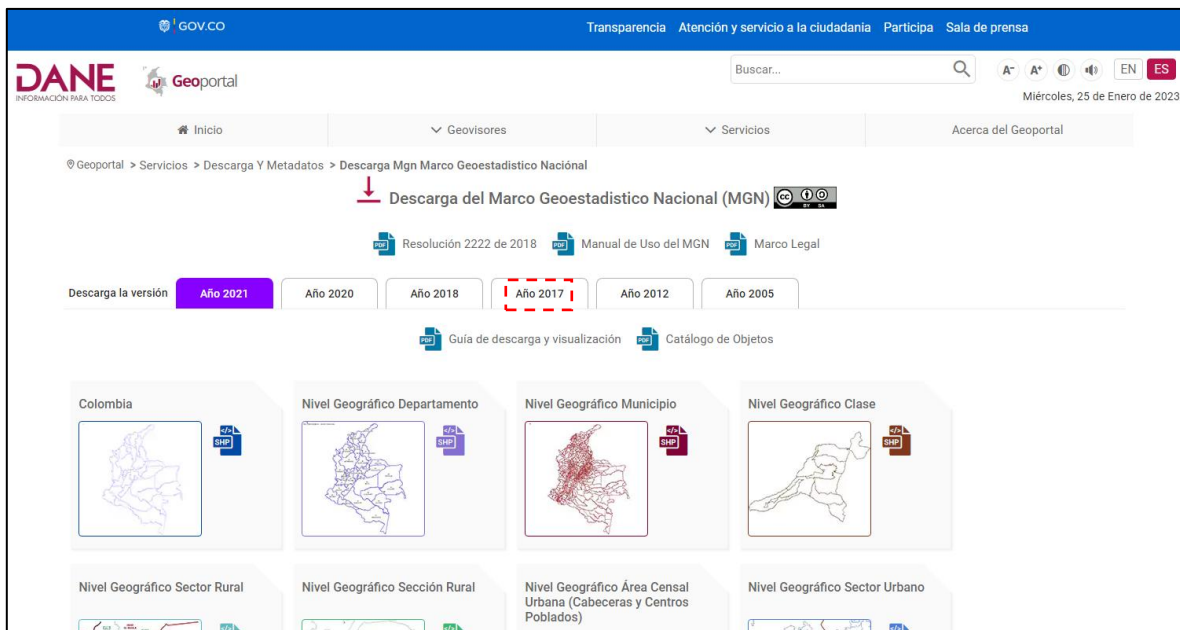


Figura 28. Página web del DANE, MGN 2017

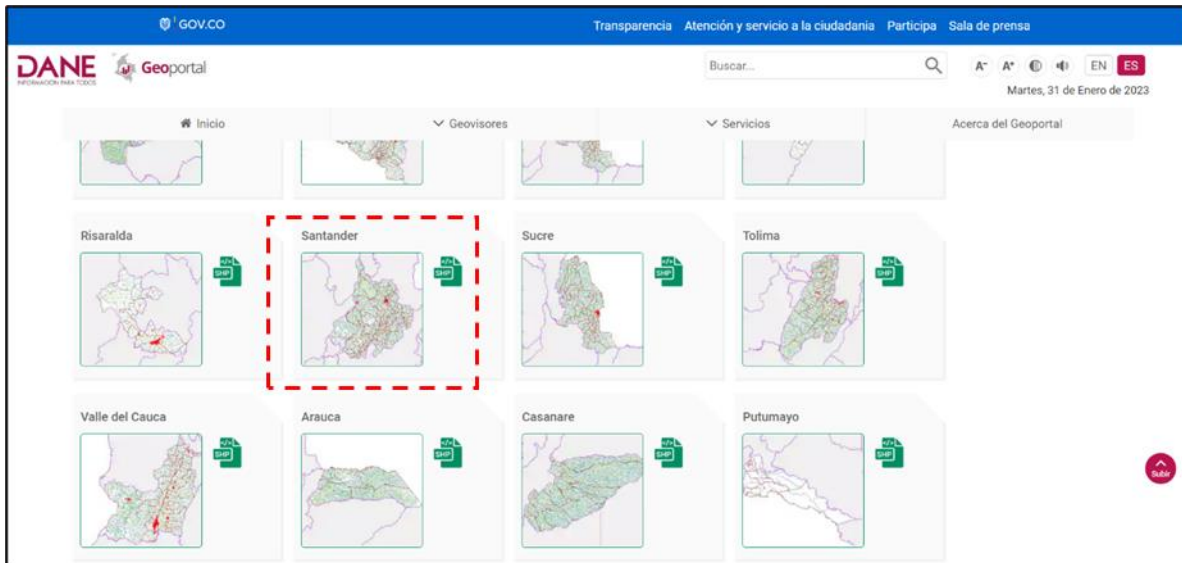


Figura 29. Página web del DANE, MGN de Santander

El archivo descargado en formato .rar se descomprime y se visualiza la información contenida en él. Posteriormente, en la misma carpeta se descarga el Manual de Uso del MGN para una fácil ubicación de este como se muestra en la Figura 30 y se verifica que se encuentre el archivo VIAS tipo .shp como se ve en la Figura 31.

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
ADMINISTRATIVO	1/02/2023 5:14 a. m.	Carpeta de archivos	
COLOMBIA	1/02/2023 5:14 a. m.	Carpeta de archivos	
MGN	21/07/2021 9:53 a. m.	Carpeta de archivos	
RURAL	21/07/2021 9:53 a. m.	Carpeta de archivos	
SIMBOLOS	28/11/2020 10:53 p. m.	Carpeta de archivos	
URBANO	21/07/2021 9:53 a. m.	Carpeta de archivos	
VIAS	1/02/2023 5:23 a. m.	Carpeta de archivos	
Manual_MGN.pdf	1/07/2021 9:35 a. m.	Documento Adob...	8,864 KB
VIG2017_68_BASEyMGN_QGIS.qgs	5/11/2019 10:51 a. m.	QGIS Project	1,113 KB
VIG2017_WGS84_BASEyMGN_ArcGIS.mxd	19/10/2018 2:37 p. m.	ArcGIS ArcMap Do...	8,835 KB

Figura 30. Tipo de vía - Archivos descargados del DANE, carpeta MGN

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
VIAS.cpg	11/08/2015 6:20 p. m.	Archivo CPG	1 KB
VIAS.dbf	11/08/2015 6:20 p. m.	Archivo DBF	5,667 KB
VIAS.prj	11/08/2015 6:20 p. m.	Archivo PRJ	1 KB
VIAS.sbn	11/08/2015 6:20 p. m.	Archivo SBN	186 KB
VIAS.sbx	11/08/2015 6:20 p. m.	Archivo SBX	5 KB
VIAS.shp	11/08/2015 6:20 p. m.	Recurso de forma ...	5,550 KB
VIAS.shp.xml	11/08/2015 6:20 p. m.	Documento XML	21 KB
VIAS.shx	11/08/2015 6:20 p. m.	Forma compilada ...	152 KB

Figura 31. Tipo de vía, Archivos descargados del DANE, carpeta VIAS

– **Consulta en OpenStreetMap a través del software QGIS**

Para OpenStreetMap (OSM) el procedimiento para la obtención de la información es un poco más complejo ya que, aunque la página del proyecto permite descargar datos, esta tiene un límite de nodos que no permite abarcar toda el área de interés que es la zona urbana de la ciudad de Bucaramanga (Figura 32).

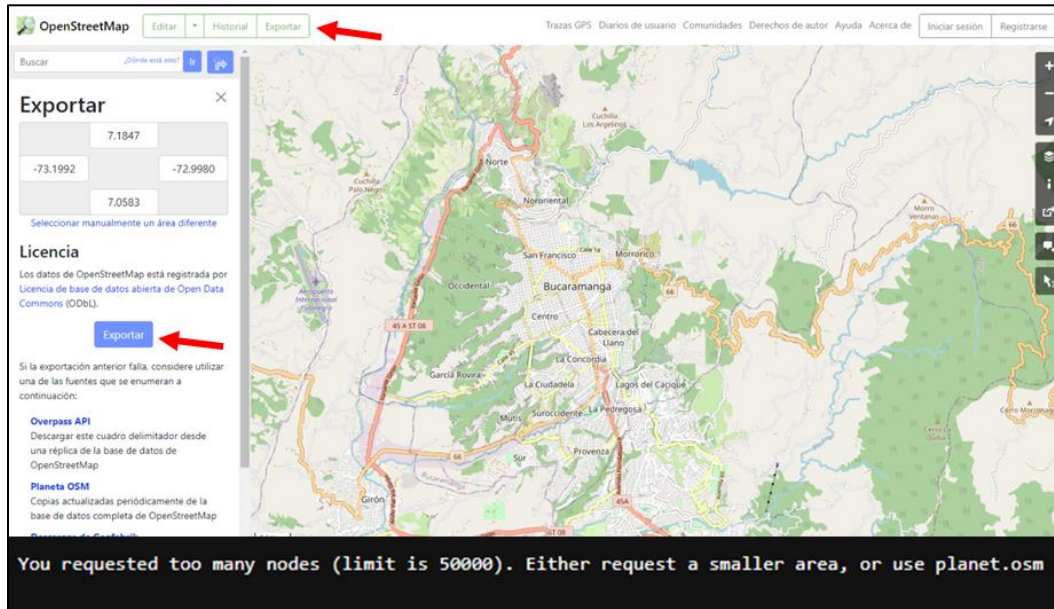


Figura 32. Página web OpenStreetMap, pestaña exportar

Entonces, para este caso en particular se deberá hacer uso del software QGIS; un sistema de información geográfica de software libre y de código abierto que, al igual que ArcGIS, permite organizar, administrar y analizar información geográfica (QGIS, s.f.).

Este software permite la obtención de datos de diferentes fuentes de información; Pero, requiere complementos específicos para la obtención de la información. Al abrir un nuevo archivo se debe buscar la opción *Administrar e instalar nuevos complementos* en la pestaña *Complementos* de la *Barra de herramientas*. Luego, como se desea obtener la información de OpenStreetMap, se consultan sus siglas (osm) en el buscador de la ventana emergente y aparecerán los complementos relacionados con dicha página (Figura 33). Los complementos que se deben instalar se listan a continuación:

- Animate OSM
- ORS Tools
- OSMDownloader
- OSMInfo
- QuickMapServices
- QuickOSM

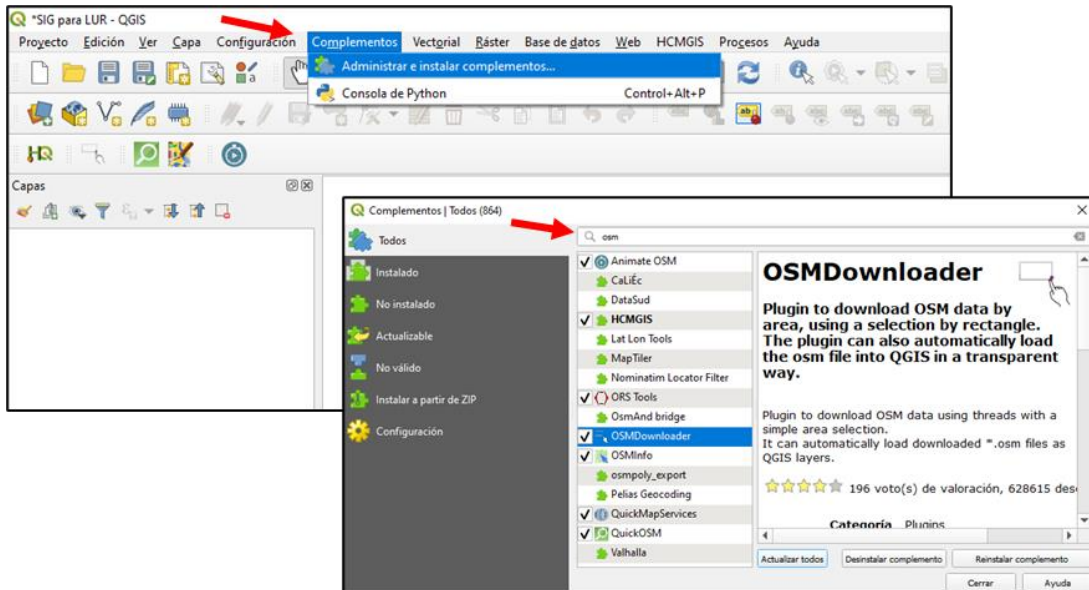


Figura 33. Instalación de complementos de OSM en QGIS

Ya con los complementos de OSM instalados se procede a acceder a la información mediante la pestaña Web, en la opción QuickMapServices > OSM > OSM Standard. Inmediatamente se cargará la capa base de OSM a la tabla de contenidos como se observa en la Figura 34.

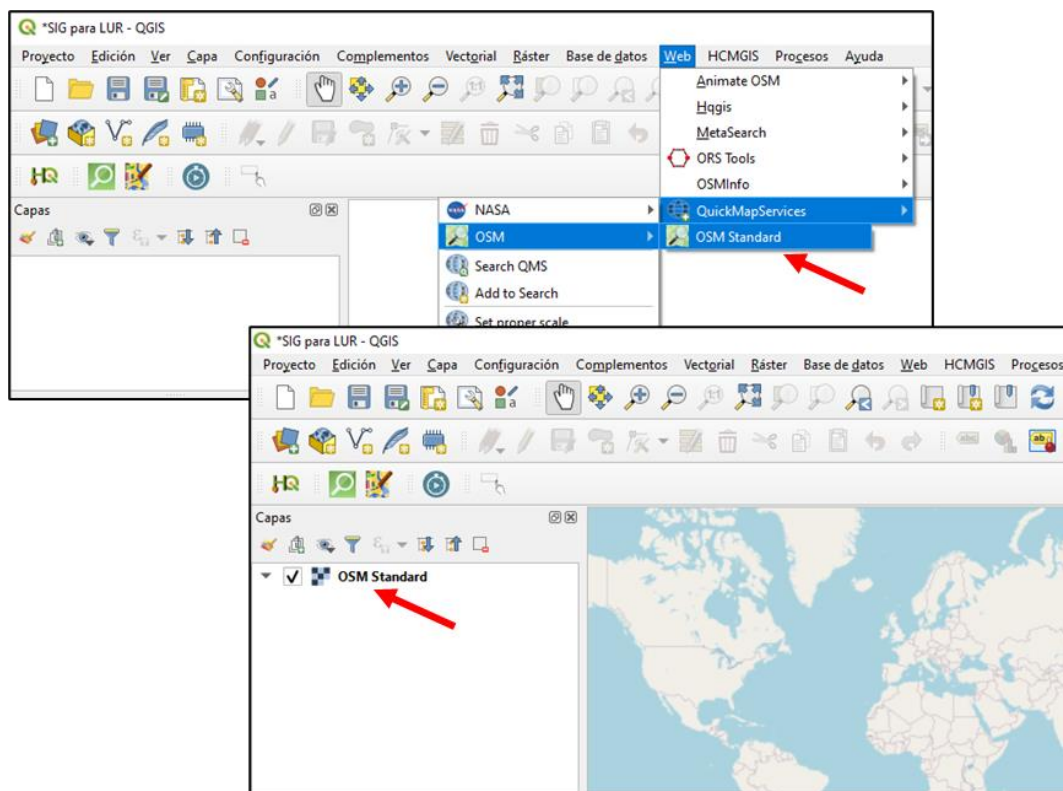


Figura 34. Agregar información de OSM a la lista de capas

Se realiza un acercamiento al área de interés. Mediante el complemento OSMDownloader se realiza la selección del área deseada y se procede a descargar la información en la ventana emergente. Se debe especificar la carpeta de destino y se guardará la información como un archivo con la extensión .osm (Figura 35).

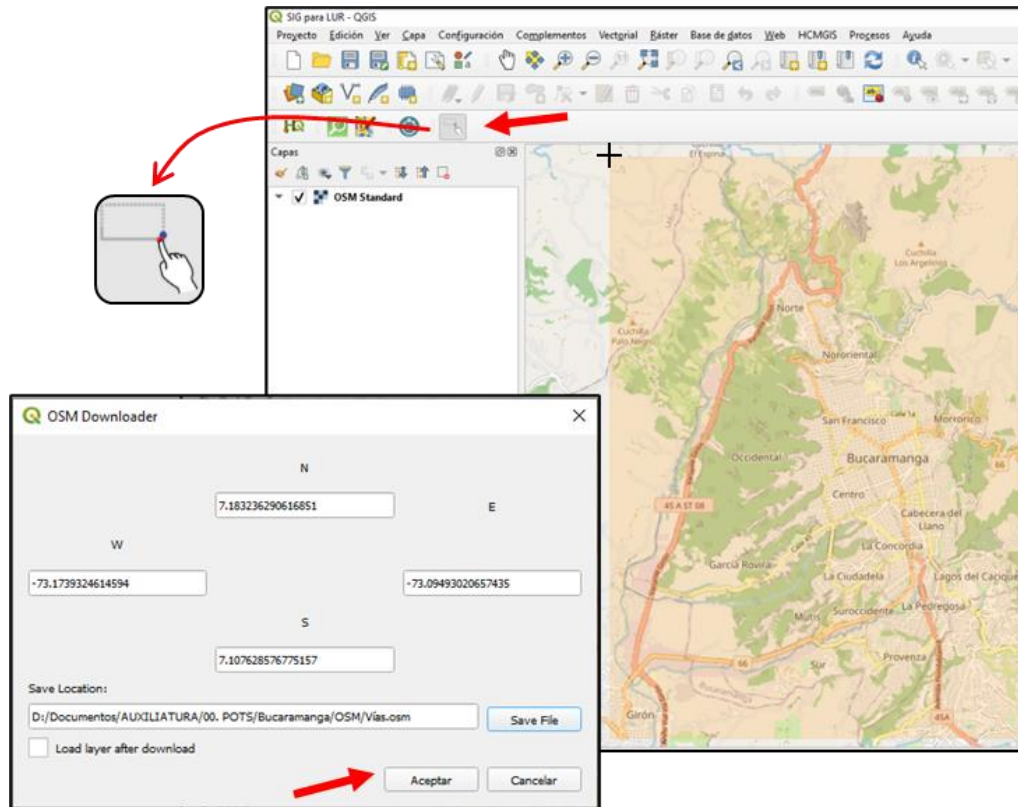


Figura 35. Selección del área de interés con complemento OSM Downloader

Inmediatamente, una ventana emergente permitirá escoger las capas que contiene el archivo .osm. En este caso solo se escoge la capa llamada "lines" ya que esta contiene objetos de tipo línea que representan vías, ríos, límites municipales y demás como se puede apreciar en la Figura 36.

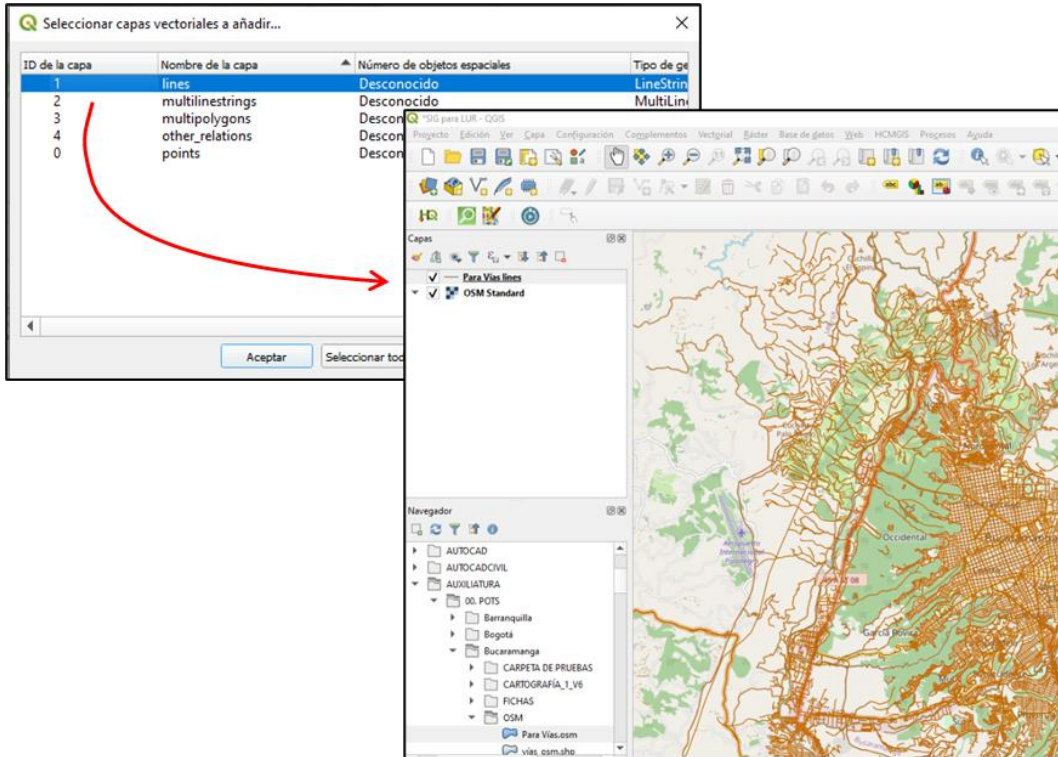


Figura 36. Selección de elementos tipo línea en el área de interés

Por último, se debe exportar la capa con el formato “Archivo shape de ESRI” (Figura 37). El archivo final tendrá la extensión .shp y podrá ser visualizado y manipulado con el software ArcGIS.

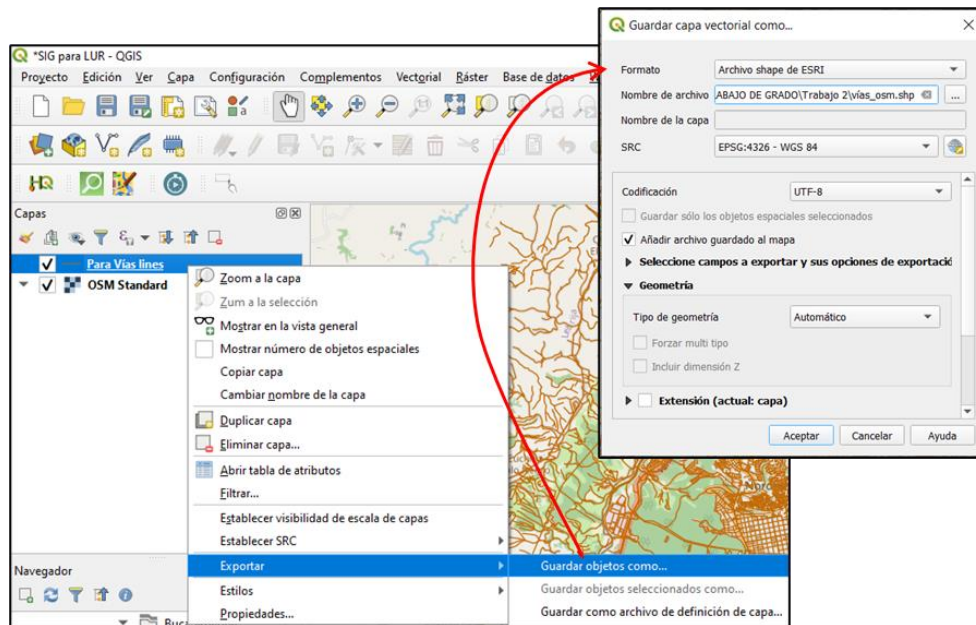


Figura 37. Exportar información de OSM a ArcGIS mediante QGIS

– **Comparativa de fuentes de información consultadas**

Luego de recopilar la información obtenida de las fuentes descritas anteriormente, y antes de editarlas o modificarlas para su estructuración, se visualizan en ArcGIS para determinar cuál de estas fuentes es más completa en cuanto a la representación de las vías en el área de interés (Figura 38).

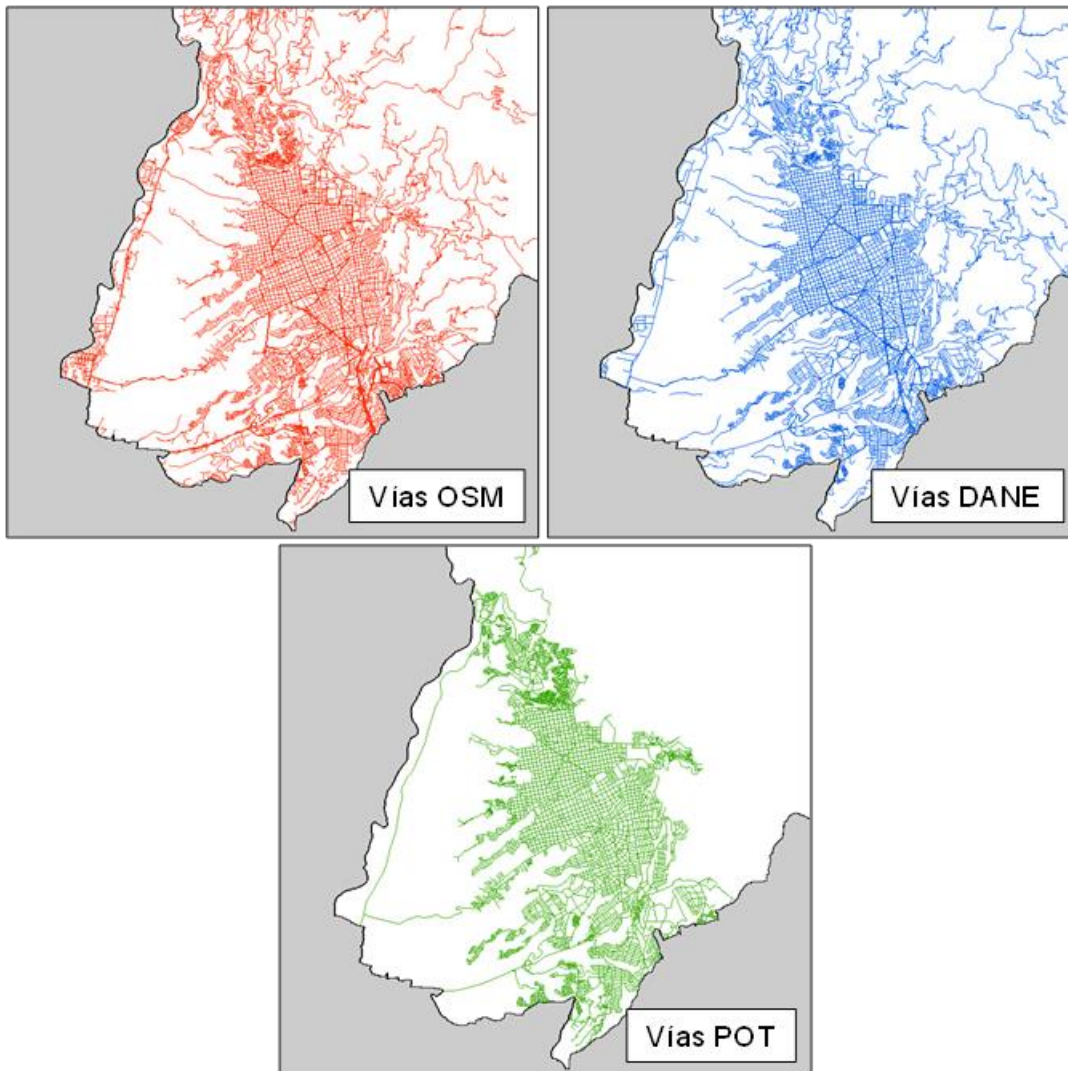


Figura 38. Tipo de vía – Comparativa entre las fuentes de información

A primera vista la información que ofrecen las diferentes fuentes es bastante similar, sin embargo, se puede apreciar que las Vías de OSM contienen ligeramente más elementos que las demás fuentes.

Al realizar una revisión más detallada se pueden encontrar diferencias más notables que ayudan a la elección de una de las fuentes de información. Por ejemplo, dentro

del área urbana de Bucaramanga se puede encontrar diferentes sistemas de enlace en intersecciones como rotondas o intercambiadores viales. Tal es el caso de la glorieta en la intersección de la Av. Quebradaseca y la Kra. 27 en la que, por una parte, las fuentes POT y DANE representan como una simple unión, mientras que la fuente OSM sí contempla este sistema de enlace, como se muestra en la Figura 39.

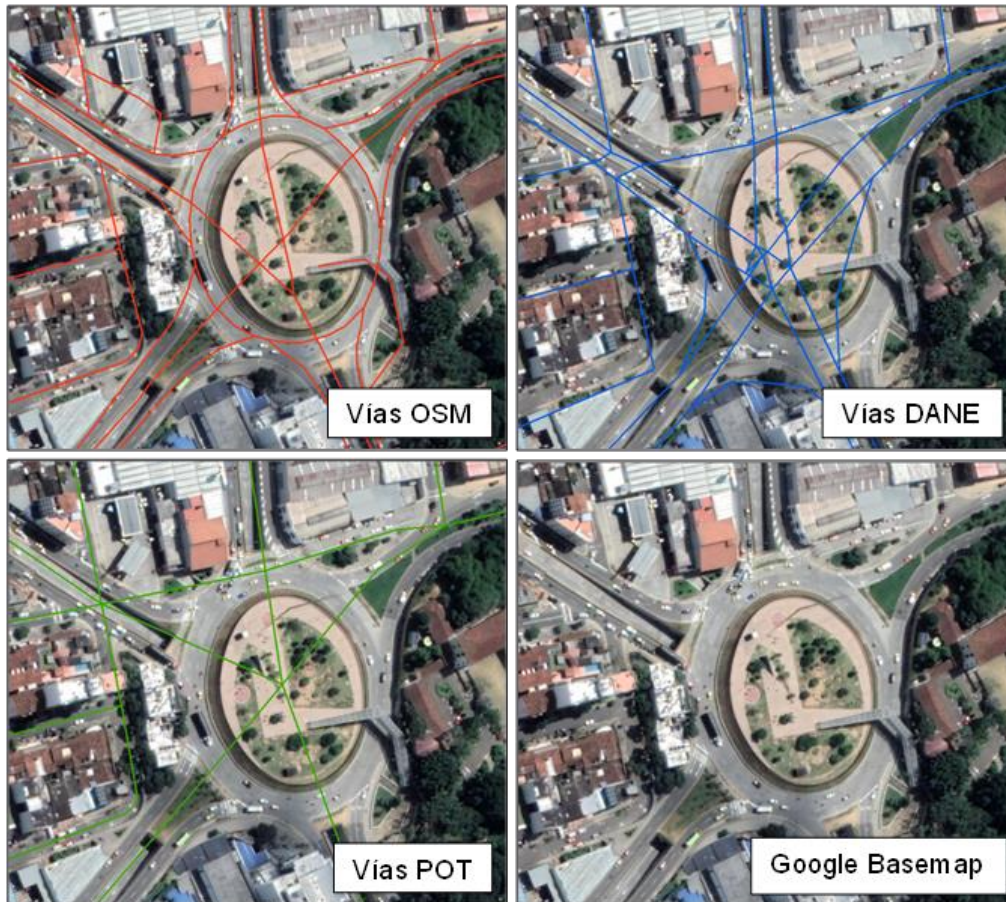


Figura 39. Comparativa, intersección de la Av. Quebradaseca y la Kra. 27

De manera similar ocurre en la glorieta del barrio San Francisco. Aunque la glorieta se ve representada en las tres fuentes de información, en el caso del POT se representan los accesos como de una sola calzada; en el caso del DANE se evidencia un desfase considerable, así como discontinuidades en el sistema; y en el caso de OSM sí se representan las doble calzadas y no presenta desfase (Figura 40).

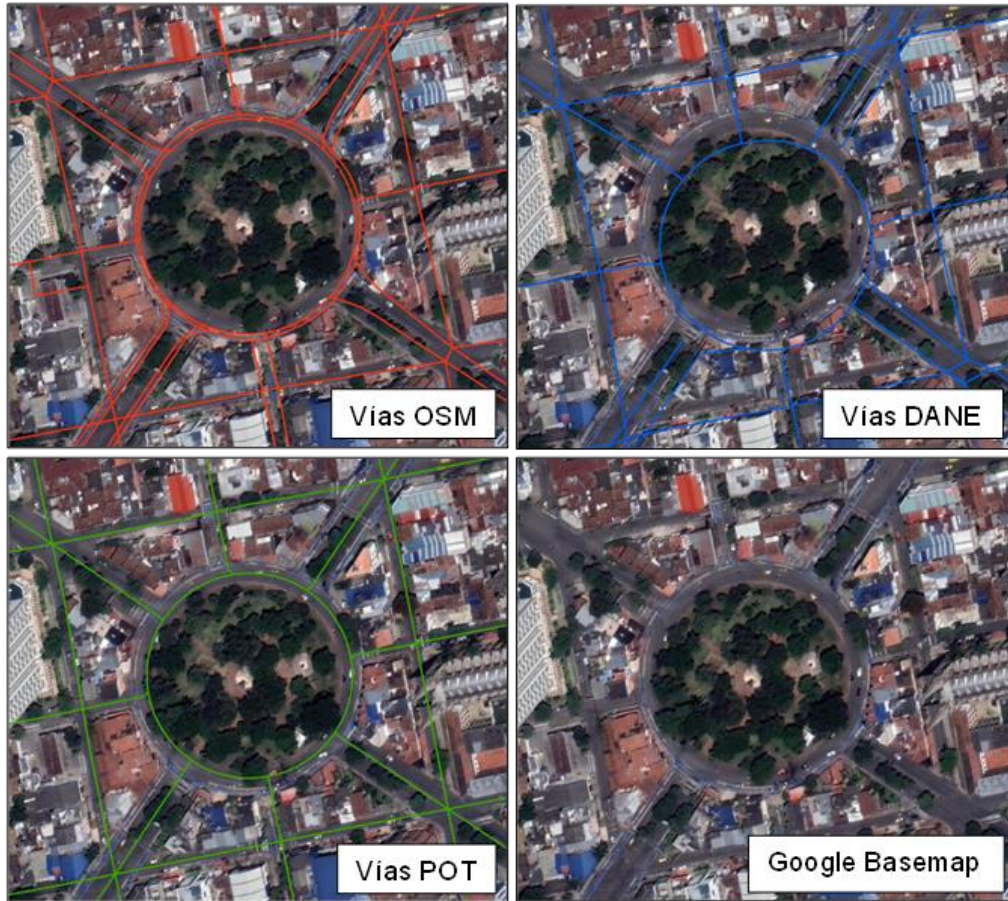


Figura 40. Comparativa, glorieta del barrio San Francisco

Estos son algunos ejemplos de las diferencias que se pueden encontrar entre las fuentes de información consultadas en cuanto a su representación. Por otra parte, están las diferencias en cuanto a los atributos que contienen los elementos y más puntualmente la clasificación según tipo de vía. Para tener una adecuada referencia se cuenta con el mapa de Subsistema de Infraestructura Vial del POT de Bucaramanga (Figura 41), descargado de la página de la Alcaldía, el cual contempla cinco clasificaciones que son: Primaria, Secundaria, Terciaria, Local Nivel 1 y Local Nivel 2.

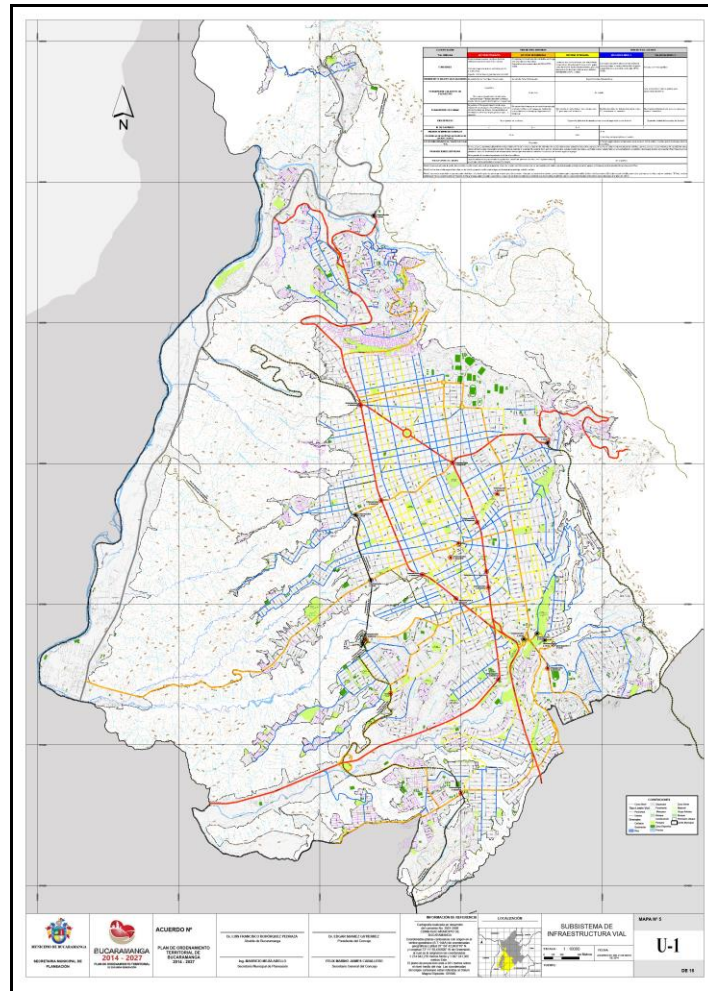


Figura 41. Subsistema de infraestructura vial, POT Bucaramanga 2014

Teniendo en cuenta la clasificación de las vías según el POT y su representación en las diferentes fuentes de información se opta por usar las vías encontradas en OSM para continuar con el procedimiento.

– **Depuración de la fuente de información seleccionada**

En primera instancia, antes de asignar atributos de clasificación vial a la capa de vías de OSM, se deben eliminar los elementos que no conforman el Subsistema de Infraestructura Vial del POT. Para esto se debe habilitar la edición de la capa dando clic derecho sobre esta, luego edición de características (Edit Features) y comenzar a editar (Start Editing). Luego, se procede a usar la herramienta de selección por atributos (Select by Attributes) para así poder seleccionar todas las subcategorías relacionadas con la clasificación vial del POT mediante Structured Query Language (SQL). Los valores que representan las subcategorías relacionadas con el POT se encuentran en el campo “highway” de los atributos de la capa y se muestran en la consulta de la Figura 42.

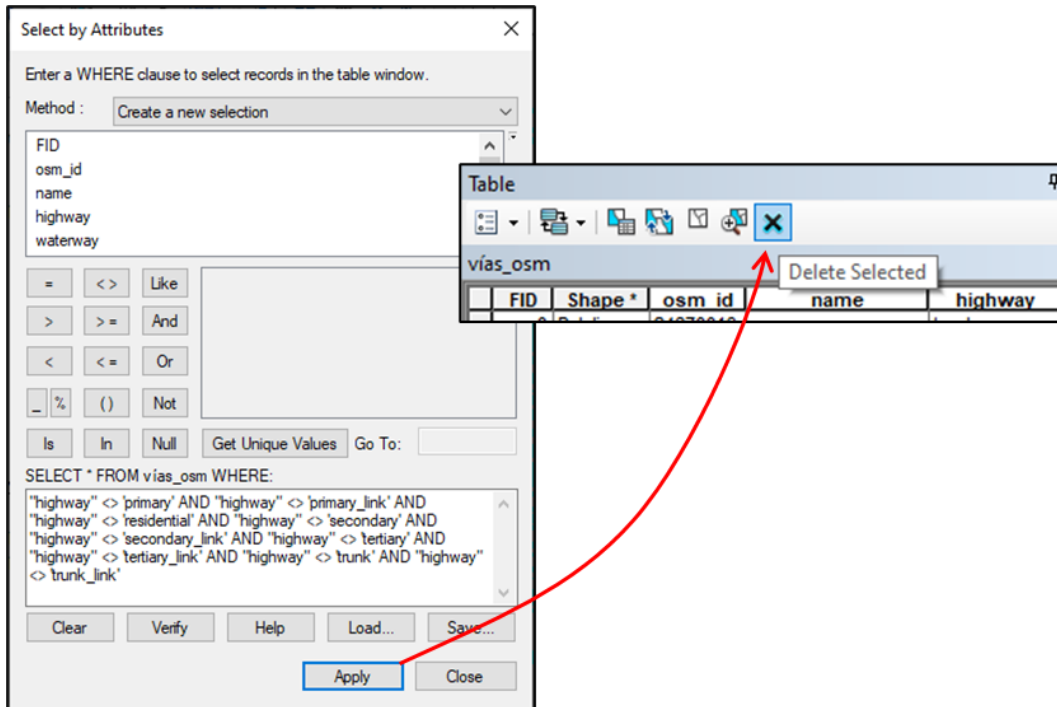


Figura 42. Selección por atributos y eliminación de subcategorías no incluidas en el POT

Luego de la selección mediante la consulta se debe dirigir a la tabla de atributos de la capa y borrar los elementos seleccionados (Delete Selected). De esta manera solamente quedarán los elementos que poseen una subcategoría relevante para el área de interés (Figura 43).

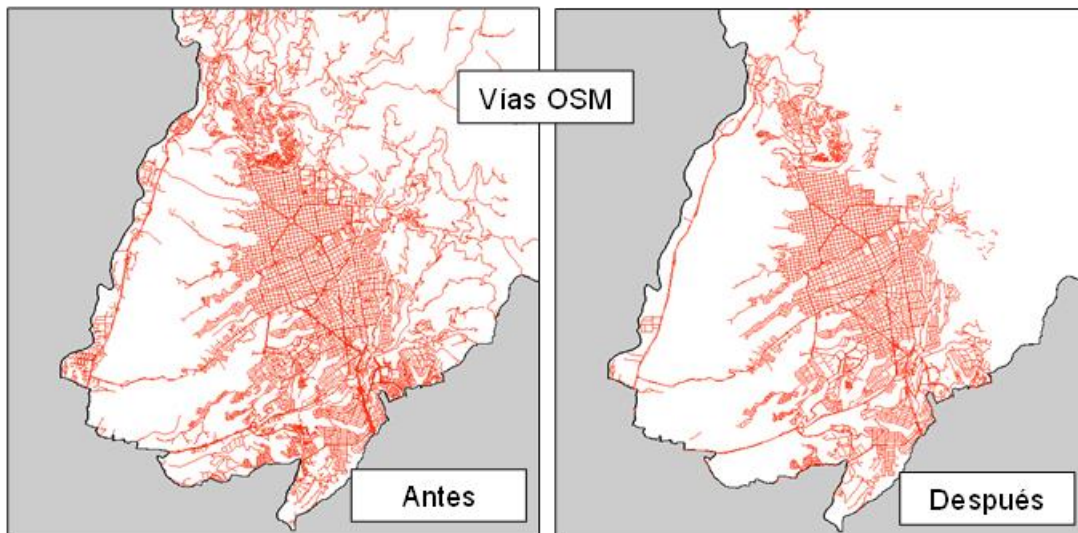


Figura 43. Comparativa antes y después de eliminación de categorías no incluidas en el POT

– **Identificación de tipos de vía, simbología y reclasificación**

El POT de Bucaramanga describe la clasificación vial urbana y sus funciones (Acuerdo No. 011 de 2014, art. 101). Estas se muestran en la Tabla 3.






Tabla 3. Clasificación vial y su descripción, tomado del POT de Bucaramanga

CLASIFICACIÓN VIAL URBANA	RED DE VÍAS ARTERIAS			RED DE VÍAS LOCALES	
	ARTERIA PRIMARIA	ARTERIA SECUNDARIA	ARTERIA TERCIARIA	VIA LOCAL NIVEL 1	VIA LOCAL NIVEL 2
FUNCIONES	Permite la interconexión transitoria de flujos vehiculares nacionales por el área urbana. Vías con mayor volumen de vehículos por día (>15.000TPD). Soporta rutas troncales y pretroncales del SITM.	Complementan la articulación vial de Bucaramanga con otra cabecera municipal; Soporta las rutas pretroncales del SITM. (TPD > 7.000).	Conectan dos o más sectores, con vías arterias secundarias y terciarias; pertenecen a este grupo todas las vías de doble calzada restantes; y las vías alternativas de alto flujo vehicular a las definidas anteriormente. (TPD > 5.000).	Comunican un sector urbano con la red arterial, acceso principal a bamos, sistema de transporte complementario, velocidad controlada. (TPD > 3.000).	Acceso a terrenos y predios

En este apartado se contemplan las arterias primaria, secundaria y terciaria; así como las vías locales de nivel uno y nivel dos. Sin embargo, existe una clasificación que se encuentra dentro del área urbana de la ciudad y también se contempla entre los tipos que propone OSM. Este es el caso de las vías troncales, que cumplen la función básica de integrar zonas de producción y consumo del país (Acuerdo No. 011 de 2014, art. 426.1.a); en el caso del área urbana, estas corresponderían a la Vía Bucaramanga-Rionegro y parte del Anillo Vial Metropolitano.

Con estas consideraciones se planteó la equivalencia entre las clasificaciones del POT y los tipos de OSM. Se proponen cinco valores de clasificación con sus respectivas simbologías y codificación RGB tomada de la clasificación del POT (Tabla 4).

Tabla 4. Equivalencia entre clasificación POT y OSM con respectiva codificación RGB

CLAS. POT	TIPO OSM	CLAS. FINAL	SÍMBOLO	COD. RGB
ARTERIA PRIMARIA	primary	Primaria		255, 0, 0
	primary_link			
ARTERIA SECUNDARIA	secondary	Secundaria		255, 192, 0
	secondary_link			
ARTERIA TERCIARIA	tertiary	Terciaria		255, 255, 0
	tertiary_link			
VÍA LOCAL NIVEL 1	residential	Local		0, 0, 255
VÍA LOCAL NIVEL 2				
TRONCAL	trunk	Troncal		130, 130, 130
	trunk_link			

Ya establecida la nueva clasificación se deben modificar estos valores en la tabla de atributos de las vías de OSM. Para esto se hace uso de la herramienta de calculadora de campo (Field Calculator) y se cambia cada valor tipo OSM por su valor correspondiente en la clasificación final mediante la operación de reemplazar (.replace) en Python. Mediante una formulación adecuada se pueden realizar todos los cambios de categoría a la vez como se muestra en la Figura 44.

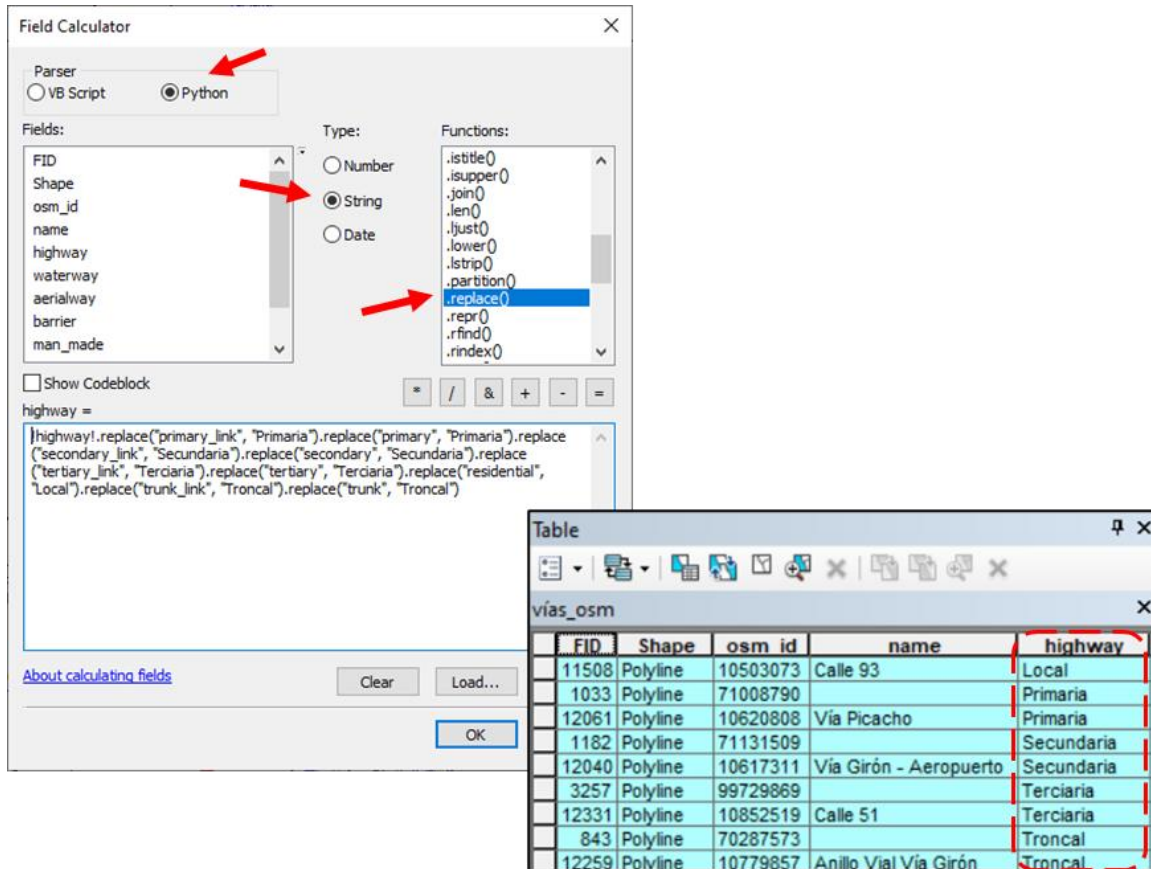


Figura 44. Renombre a categorías con la función .replace en la calculadora de campo

– Asignación y preservación de simbología

Luego de haber realizado todas estas ediciones y modificaciones a los elementos de la capa y sus atributos, se le debe asignar la simbología en la ventana de propiedades de capa (Layer Properties). Se accederá a la pestaña de simbología (Symbology) y se mostrarán las categorías en valor único (Show: Categories – Unique values). Luego se seleccionará el valor de campo (Value Field) que se desea representar, en este caso será el campo que contiene los tipos de vía (type). En seguida se le agregarán todos los valores de dicho campo (Add All Values) (Figura 45). Por último, se modifica la simbología de cada valor del campo según la codificación RGB previamente establecida y se contemplan los resultados en la Figura 46.

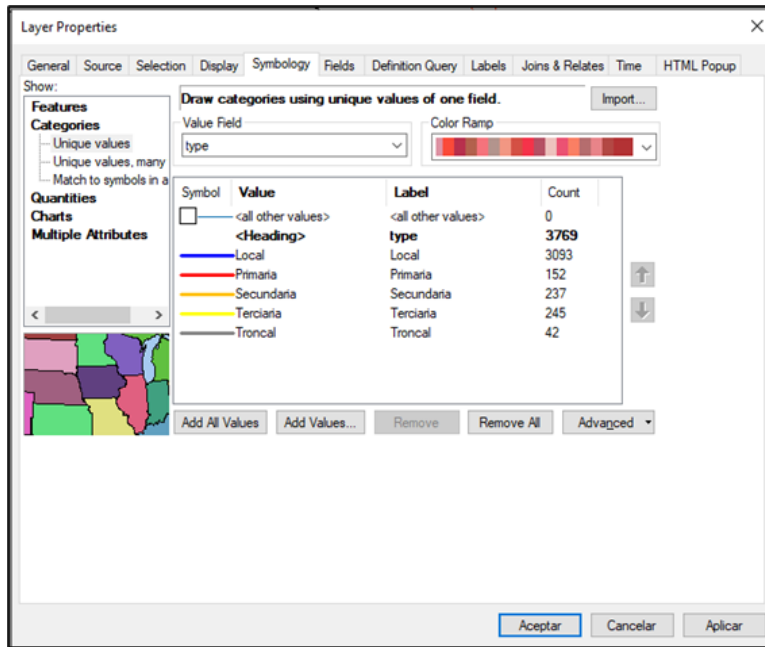


Figura 45. Asignación de simbología en la ventana de propiedades de capa

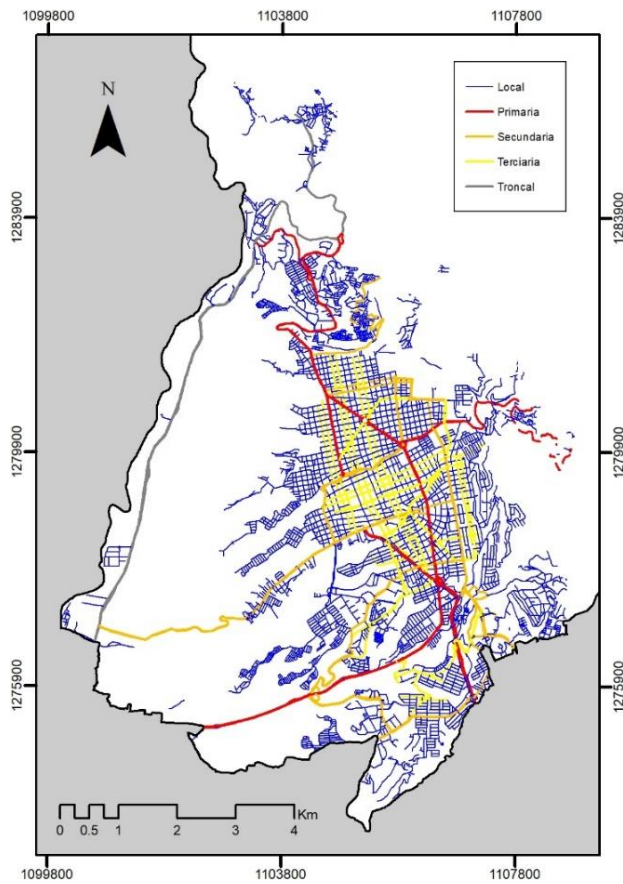


Figura 46. Tipo de vía reclasificados

Ahora, luego de obtener la representación de los tipos de vía, se debe complementar la actividad con la preservación de esta representación. Se crea un archivo tipo Layer (.lyr), el cual permite guardar la información de la simbología que se le ha asignado a la capa de tipo Shapefile (.shp). De esta manera se tendrán almacenados y disponibles los archivos de datos y su simbología (Figura 47).

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
Tipo_Via_Bga.cpg	28/09/2022 12:15 a. m.	Archivo CPG	1 KB
Tipo_Via_Bga.dbf	28/09/2022 12:15 a. m.	Archivo DBF	2,776 KB
Tipo_Via_Bga.lyr	2/06/2023 9:53 a. m.	ArcGIS Layer	11 KB
Tipo_Via_Bga.prj	28/09/2022 12:13 a. m.	Archivo PRJ	1 KB
Tipo_Via_Bga.sbn	28/09/2022 12:15 a. m.	Archivo SBN	36 KB
Tipo_Via_Bga.sbx	28/09/2022 12:15 a. m.	Archivo SBX	2 KB
Tipo_Via_Bga.shp	28/09/2022 12:15 a. m.	Recurso de forma ...	584 KB
Tipo_Via_Bga.shp.xml	28/09/2022 12:13 a. m.	Documento XML	13 KB
Tipo_Via_Bga.shx	28/09/2022 12:15 a. m.	Forma compilada ...	30 KB

Figura 47. Guardar simbología como archivo de capa

3.1.3. Densidad poblacional

La densidad poblacional es una variable que relaciona la población ubicada en una superficie con el área de dicha superficie dando como resultado el promedio de habitantes por unidad de área. En la ciudad de Bucaramanga la densidad poblacional era de 3587 hab/km² lo cual la convierte en la séptima ciudad con mayor densidad de población del país (DANE, 2018b).

El censo realizado por el DANE en el año 2018 presenta una estructura de áreas geostatísticas que tiene en cuenta la organización administrativa y política del territorio, así como su geografía. Esta estructura se muestra en el diagrama de la Figura 48.



Figura 48. Niveles geográficos del MGN, tomado del Manual MGN 2018

Para este caso de estudio, al enfocarse en el área urbana de la ciudad de Bucaramanga, es indispensable contar la mayor cantidad de información posible y al tener en cuenta la estructura del censo del DANE, el área geoestadística más pequeña de la que se puede obtener información es la “Manzana Censal”.

El procedimiento implementado para la recopilación de información de esta variable se ilustra en el diagrama de flujo de las figuras 49.a y 49.b.

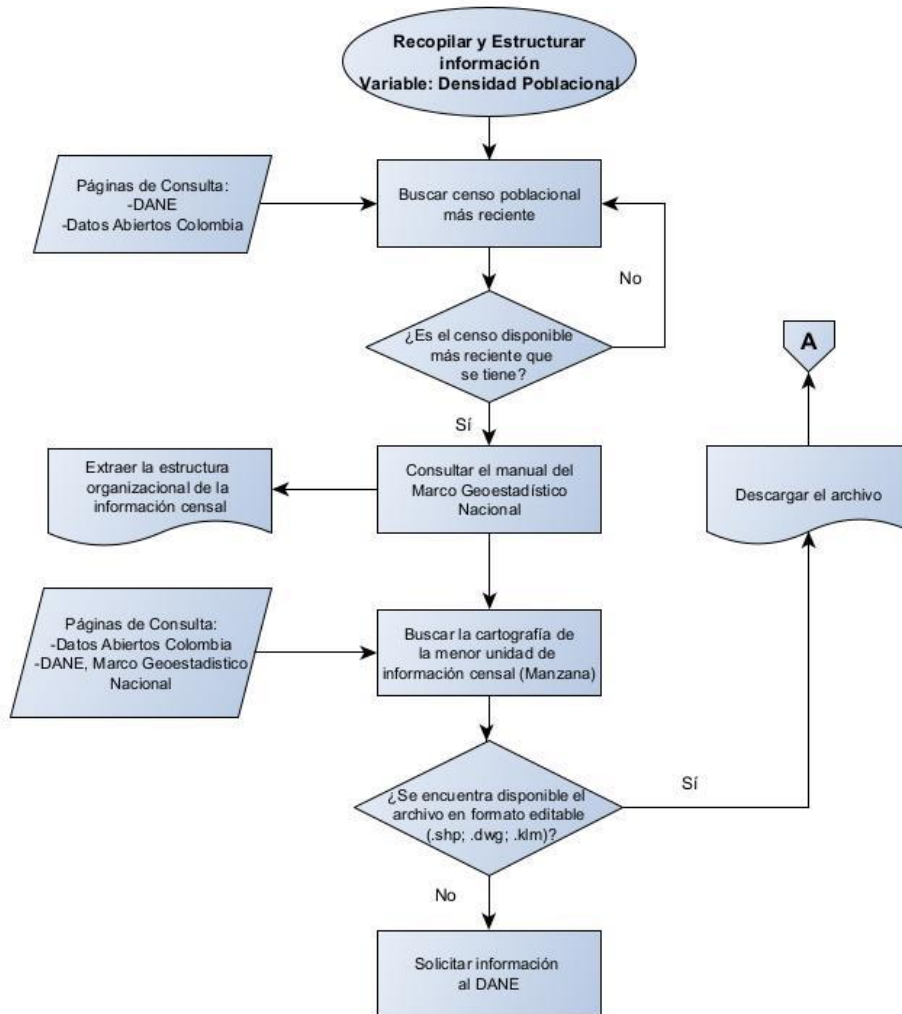


Figura 49.a. Recopilación y estructuración, densidad poblacional

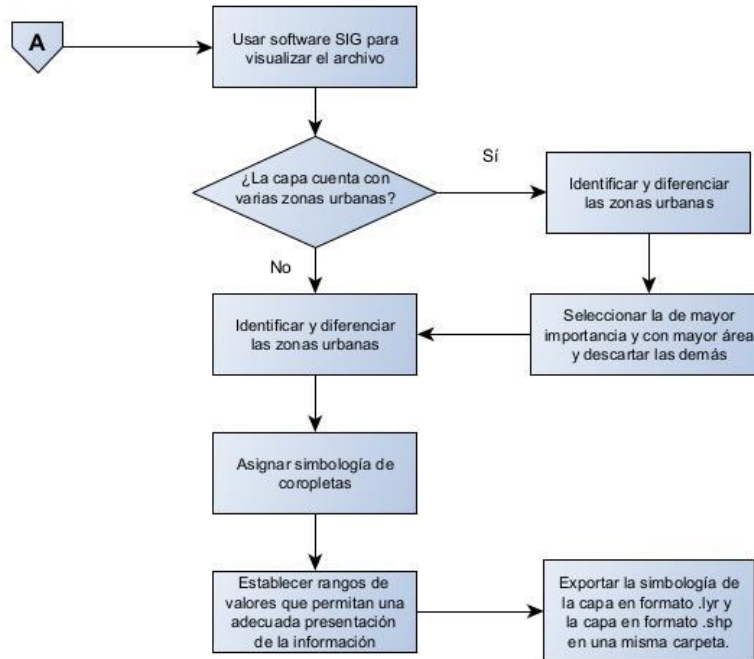


Figura 49.b. Recopilación y estructuración, densidad poblacional

– Consulta de fuentes de información

Primeramente, para acceder a la información de la unidad de “Manzana Censal” se debe ingresar la página del Geoportal del DANE (2021), igual que en la variable anterior, pero esta vez se debe escoger la opción de “Niveles del MGM integrados a variables del CNPV2018” como se muestra en la Figura 50.

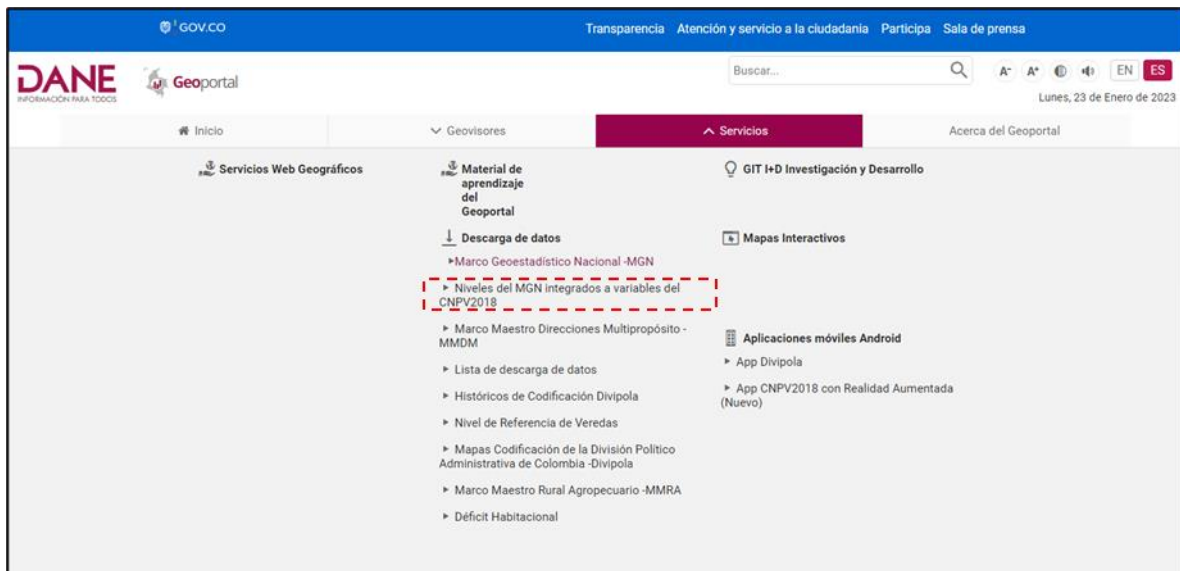


Figura 50. Página web del DANE, pestaña de servicios

Luego se ubica el archivo llamado “MGN-Nivel Manzana integrado al CNPV2018” (Figura 51) y se le da clic en descargar.

Descarga de datos geoestadísticos

Archivos Disponibles
Descargue la información de su interés haciendo click en el icono

Documento	Versión	Formato	Tamaño del archivo	Acción
MGN-Nivel Sección Rural integrado al CNPV2018	2021	shapefile	70 MB	Descargar
MGN-Nivel Sección Urbana integrado al CNPV2018	2021	shapefile	70 MB	Descargar
MGN-Nivel Sector Rural integrado al CNPV2018	2021	shapefile	30 MB	Descargar
MGN-Nivel Sector Urbano integrado al CNPV2018	2021	shapefile	20 MB	Descargar
MGN-Nivel Manzana integrado al CNPV2018	2021	shapefile	400 MB	Descargar
MGN-Nivel Zona Urbana integrado al CNPV2018	2021	shapefile	20 MB	Descargar
Presentación Marco Geoestadístico Nacional 2018	2021	PDF	6 MB	Descargar
MGN2018 Integrado - Instructivo de Uso	2021	PDF	6 MB	Descargar

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)

CALL CENTER
Commutador: (571) 597 8300 ó (571) 597 8398
Línea gratuita de atención: 01 8000 912002
Línea gratuita de atención: 01 8000 912002

HORARIO DE ATENCIÓN
Lunes a viernes 8:00 - 17:00

DIRECCIÓN
Carrera 59 No. 26-70 Interior I - CAN
Código postal: 111321
Apartado Aéreo: 80043

GOBIERNO DE COLOMBIA

Figura 51. Página web del DANE, descarga de datos geoestadísticos

El archivo descargado en formato .rar se descomprime y se visualiza la información contenida en él (Figura 52).

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
Diccionario_Datos_Niveles_Variables_MGN_CNPV2018Intl	28/12/2021 9:58 a. m.	Hoja de cálculo d...	62 KB
MGN_ANM_MANZANA.dbf	4/11/2021 2:59 p. m.	Archivo DBF	956,241 KB
MGN_ANM_MANZANA.prj	28/09/2020 8:49 a. m.	Archivo PRJ	1 KB
MGN_ANM_MANZANA.sbn	12/04/2021 10:24 a. m.	Archivo SBN	4,428 KB
MGN_ANM_MANZANA.sbx	12/04/2021 10:24 a. m.	Archivo SBX	56 KB
MGN_ANM_MANZANA.shp	4/11/2021 2:27 p. m.	Recurso de forma ...	375,184 KB
MGN_ANM_MANZANA.shp.xml	4/11/2021 2:27 p. m.	Documento XML	52 KB
MGN_ANM_MANZANA.shx	4/11/2021 2:27 p. m.	Forma compilada ...	3,946 KB

Figura 52. Densidad de población - Archivos descargados del DANE

Se cuenta con el archivo editable en formato .shp además de una hoja de cálculo que contiene la descripción de los campos en la tabla de atributos. Se procede a visualizar el archivo .shp en ArcGIS como se ve en la Figura 53.

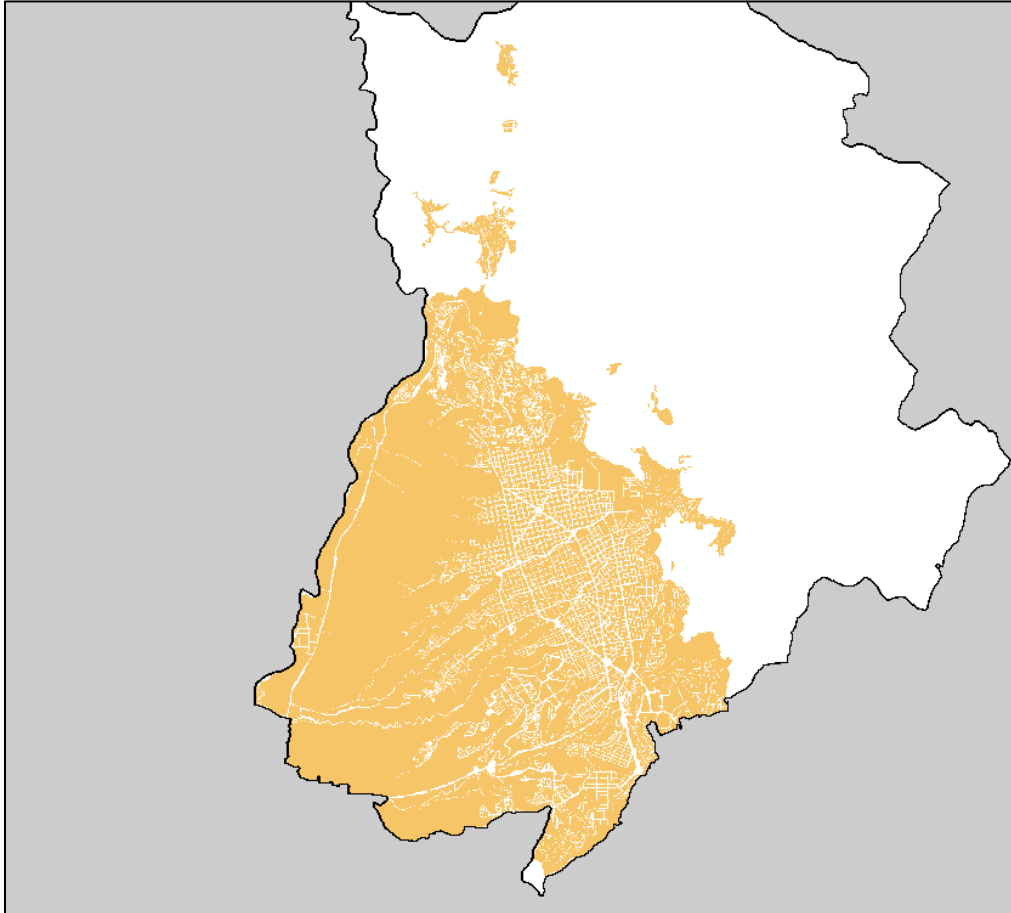


Figura 53. Localización de la información descargada en el municipio de Bucaramanga

– **Depuración de la fuente de información**

A primera vista se puede apreciar que dentro del municipio de Bucaramanga existen varias concentraciones de manzanas urbanísticas, sin embargo, estas están organizadas en distintas zonas urbanas. El diccionario de datos que se encuentra en la hoja de cálculo, descargada de la página del DANE, contempla la variable “ZU_CDIVI”. Esta variable representa el “Código zona urbana concatenado (departamento, municipio y zona urbana)” que permite distinguir las diferentes zonas urbanas en Bucaramanga como se muestra en la Figura 54.

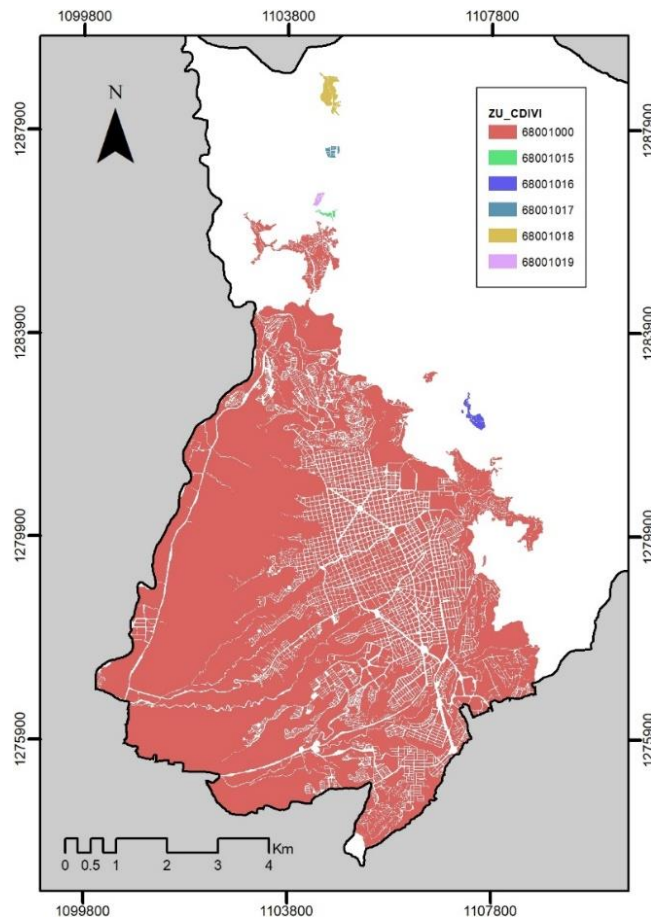


Figura 54. Sectorización de la información en zonas urbanas

En la Figura 54 se logra apreciar que la zona urbana más grande en Bucaramanga corresponde al centro poblado de Bucaramanga, con el código 68001000. Debido a esto, se decide descartar las demás zonas y para esto se debe iniciar la edición (Start Editing) de la capa; luego, en la tabla de atributos, mediante la selección por atributos (Select By Attributes), se escogen todos los elementos que no pertenezcan al centro poblado de Bucaramanga y se eliminan (Delete) como se indica en la Figura 55.

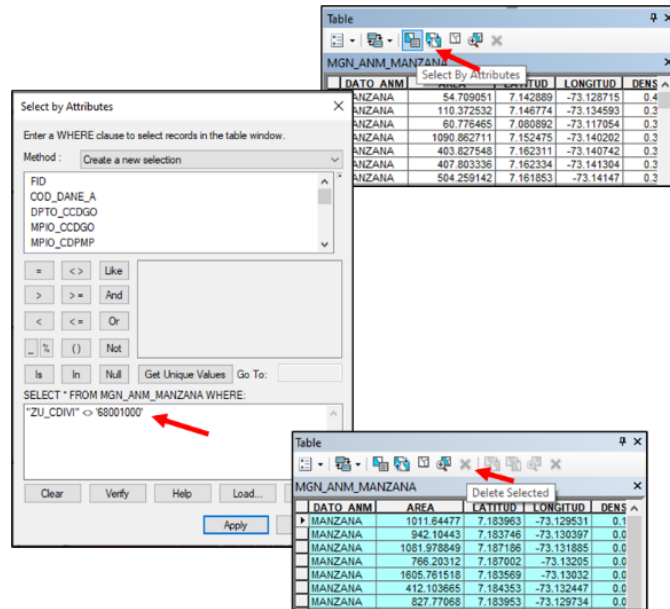


Figura 55. Eliminación de elementos fuera de la zona urbana más grande

– Asignación y preservación de simbología

Luego de realizar este filtro en las manzanas que se usarán para el análisis, se procede a asignar una simbología a la capa con el fin de evidenciar adecuadamente la distribución de la densidad poblacional en la ciudad. Mediante las propiedades de capa (Layer Properties) se escoge la opción de simbolizar por cantidades (Quantities) para poder establecer rangos en la representación de la densidad por colores graduados (Graduated colors) que es como normalmente se encuentra representado este dato (Figura 56).

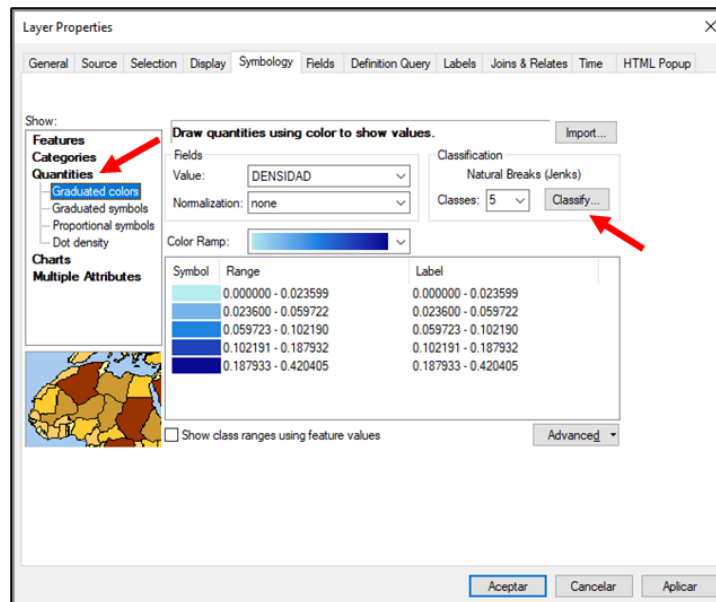


Figura 56. Simbología automática en la ventana de propiedades de capa

Los rangos se establecen en la pestaña de clasificar (Classify), se decide establecer solamente tres rangos (Classes) dado que la variación entre el mínimo y el máximo valor que asume la variable no es considerable; además, se escoge el método de clasificación en cuantiles (Quantile) que permite tener en cuenta las frecuencias de los valores que asume la variable para hacer una distribución más equitativa entre los rangos y luego se ajusta manualmente aproximando los valores de quiebre (Break Values) como se muestra en la Figura 57.

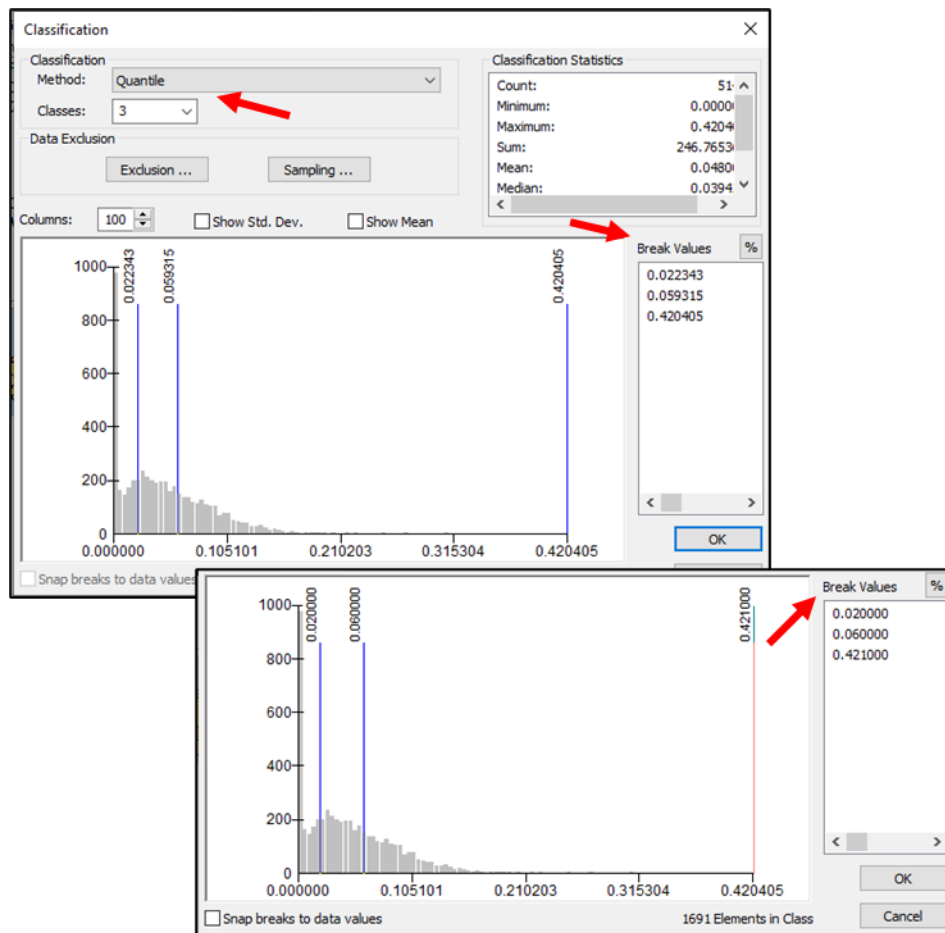


Figura 57. Redefinición de rangos en la ventana de clasificación

Usualmente se mide la densidad en número de habitantes por kilómetro cuadrado, sin embargo, los elementos de la capa poseen tamaños cuya área amerita ser medida en metros cuadrados; debido a esto, se propone la medida de habitantes por cada cien metros cuadrados ($\text{hab}/100\text{m}^2$) para tener una mejor dimensión de la distribución de la población en el territorio como se indica en la Figura 58.

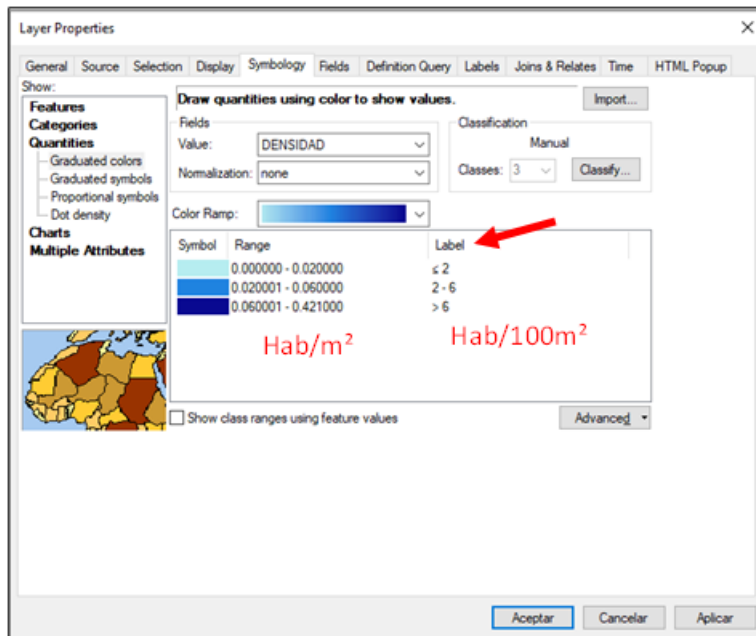


Figura 58. Simbología ajustada a los nuevos rangos en la ventana de propiedades

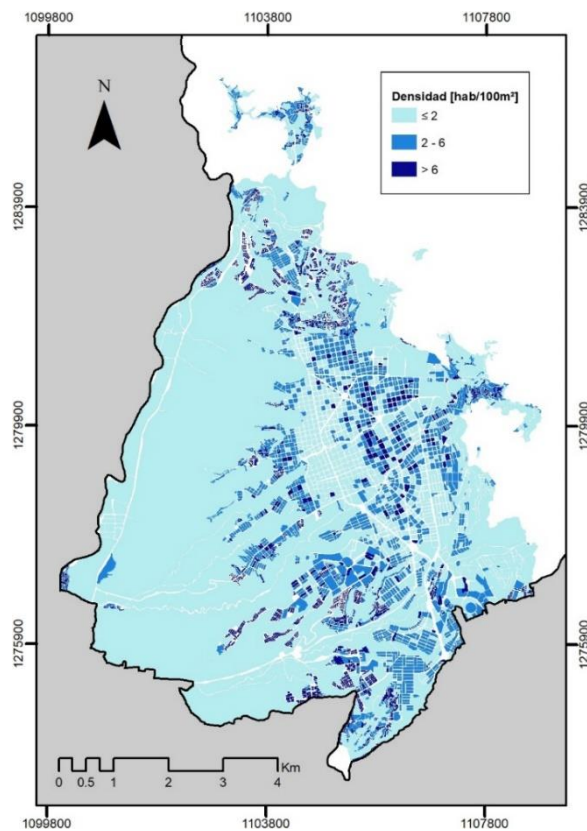


Figura 59. Densidad poblacional reajustada

Ahora, luego de obtener la representación de la densidad poblacional (Figura 59), se debe complementar la actividad con la preservación de esta representación. Se crea un archivo tipo Layer (.lyr), el cual permitirá principalmente guardar la información de la simbología que se le ha asignado a la capa de tipo Shapefile (.shp). De esta manera se tendrán almacenados y disponibles los archivos de datos y su simbología como se ilustra en la Figura 60.

Nombre	Tipo	Tamaño
MGN_ANM_MANZANA.dbf	Archivo DBF	956,241 KB
MGN_ANM_MANZANA.lyr	ArcGIS Layer	12 KB
MGN_ANM_MANZANA.prj	Archivo PRJ	1 KB
MGN_ANM_MANZANA.sbn	Archivo SBN	4,428 KB
MGN_ANM_MANZANA.sbx	Archivo SBX	56 KB
MGN_ANM_MANZANA.shp	Recurso de forma de Au...	375,184 KB
MGN_ANM_MANZANA.shp.xml	Documento XML	52 KB
MGN_ANM_MANZANA.shx	Forma compilada de Au...	3,946 KB

Figura 60. Guardar simbología como archivo de capa

3.2. Procesamiento de la información

En esta etapa del procedimiento ya se cuenta con la información digitalizada y estructurada de las variables elegidas para alimentar los modelos LUR. Ahora, el objetivo es relacionar los datos recopilados con sitios de monitoreo de la contaminación del aire que han sido dispuestos en la ciudad de Bucaramanga. Este procedimiento no contempla la descripción del proceso de selección de los sitios de monitoreo, sin embargo, cabe destacar que el manual ESCAPE menciona aspectos importantes para tener en cuenta al momento de la selección de estos sitios como la distribución de la población participante en estudios epidemiológicos; la cercanía a las vías principales y su densidad de tráfico; el tamaño del área de estudio a analizar. En el caso de la ciudad de Bucaramanga se dispusieron 40 sitios de monitoreo para realizar mediciones de concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5}) y dióxido de nitrógeno (NO₂) como se muestra en la Figura 61.

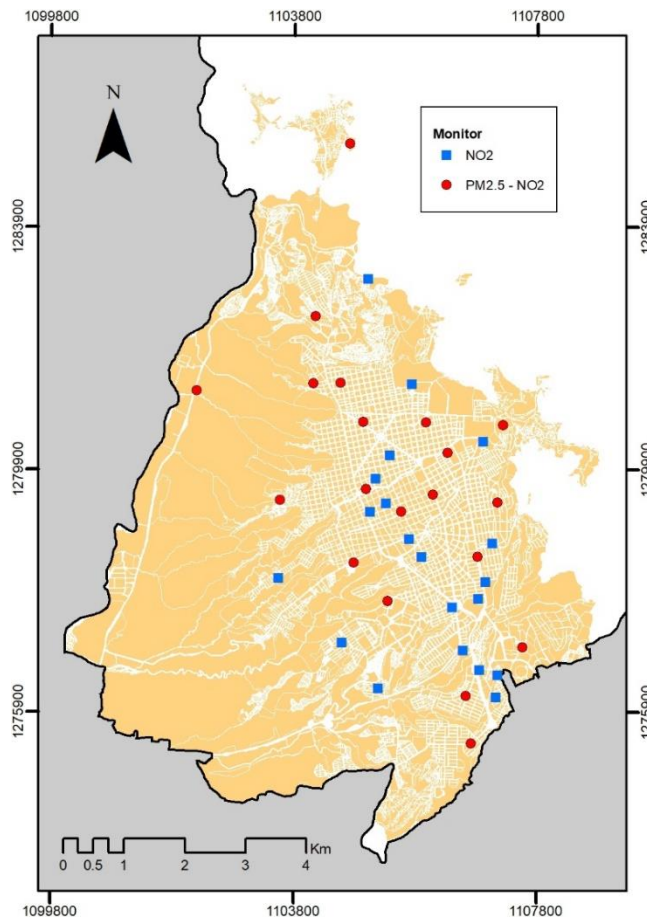


Figura 61. Sitios de monitoreo en la zona urbana de Bucaramanga

Para relacionar las variables geográficas y los sitios de monitoreo se deben establecer zonas de influencia (Buffers), es decir, las zonas donde los contaminantes que se puedan medir en los sitios de monitoreo tengan una explicación originada en las variables geográficas recopiladas. Luego, estas zonas de influencia (Buffers) se deben intersectar con las capas de las variables de uso de suelo, tipo de vía y densidad poblacional para que sus datos se vinculen a cada sitio de monitoreo en función de su ubicación. Posteriormente se recalculan los atributos de los polígonos de las variables que se hayan visto modificados por la intersección y se totaliza la información según las etiquetas de cada variable. Este procedimiento se puede visualizar adecuadamente a través del diagrama de flujo en la Figura 62.

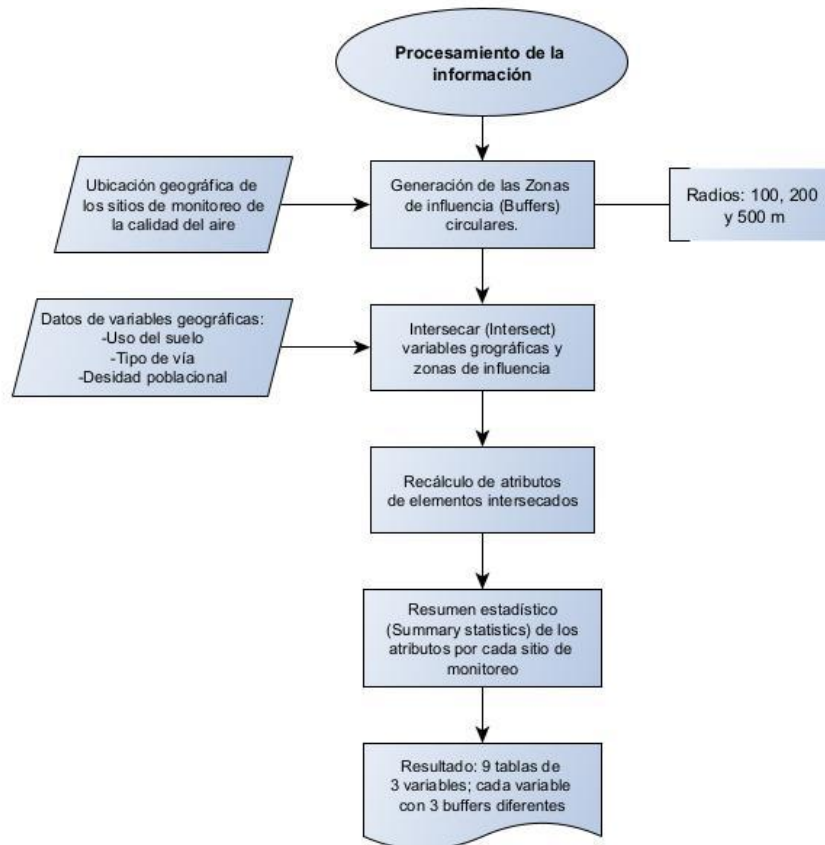


Figura 62. Procesamiento de la información

3.2.1. Zonas de influencia (Buffers)

El manual ESCAPE menciona que la determinación del tamaño de la zona de influencia (Buffer) es muy importante para el rendimiento del modelo y muestra algunos criterios que se deben tener en cuenta al momento de seleccionar estos tamaños. Se indica que varios estudios de monitoreo han mostrado que el impacto de las vías principales en la concentración de los contaminantes del aire relacionados con el tráfico disminuye exponencialmente en función de la distancia a la carretera. Además, muestra que, para el estudio realizado en Europa, se emplearon radios de 300, 1000 y 3000 metros en los tamaños de la zona de influencia (Buffers) para la variable de usos del suelo. Sin embargo, puntualiza que para áreas urbanas el tamaño de las zonas de influencia (Buffers) no debería ser mayor a 500 metros.

De acuerdo con los criterios anteriormente mencionados se decidió establecer radios de 100, 200 y 500 metros para las zonas de influencia (Buffers) de las variables que se tendrán en cuenta en los modelos LUR. Para crear estas zonas de

influencia (Buffers) a partir de los sitios de monitoreo se usará la herramienta del mismo nombre en el software ArcGIS (Buffer) en la pestaña de geoprocresamiento (Geoprocessing). Se abre una ventana que permite agregar los datos necesarios como los elementos de ingreso (Input Features) y las unidades lineales (Linear units) que indicarán cuánta distancia se tomará desde el punto de origen al borde del área (Figura 63). Para cada radio se creará una capa diferente, es decir, una capa de 100, una de 200 y una de 500 metros.

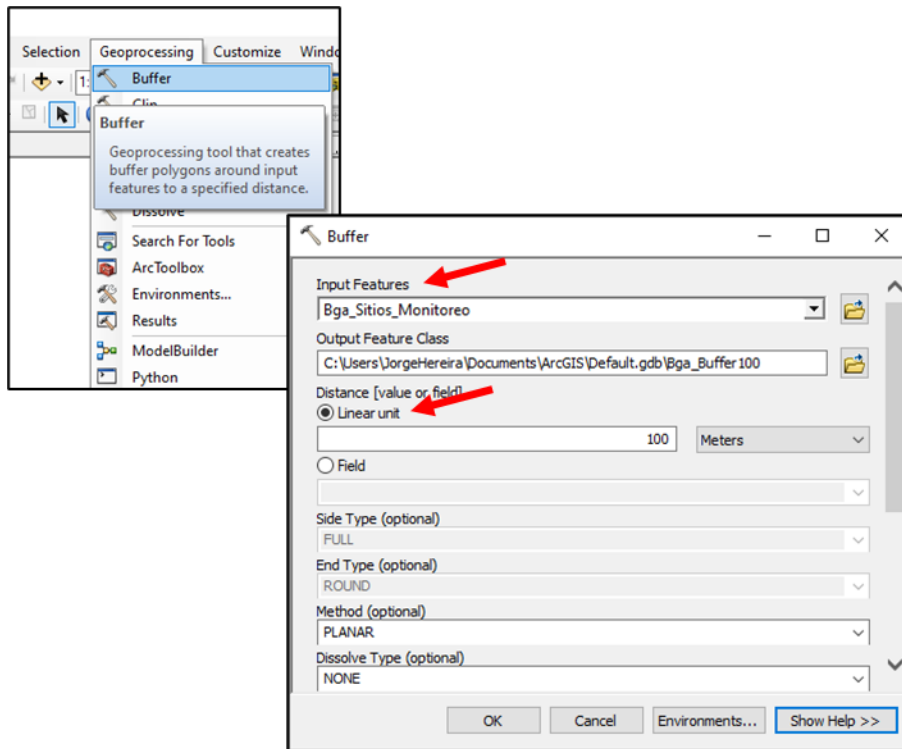


Figura 63. Acceso a la herramienta de Zona de influencia (Buffer)

Los elementos generados por esta herramienta son áreas circulares alrededor de la ubicación del sitio de monitoreo. A su vez, estos elementos adquieren los atributos de los sitios de monitoreo (Nombre, ubicación, tipo de monitor) y además le son agregados los atributos de radio (BUFF DIST) y área de la zona de influencia (AreaBuff) que serán de ayuda para el cálculo de algunos datos más adelante. En la Figura 64 se puede contemplar la cobertura que logran las zonas de influencia de los diferentes radios.

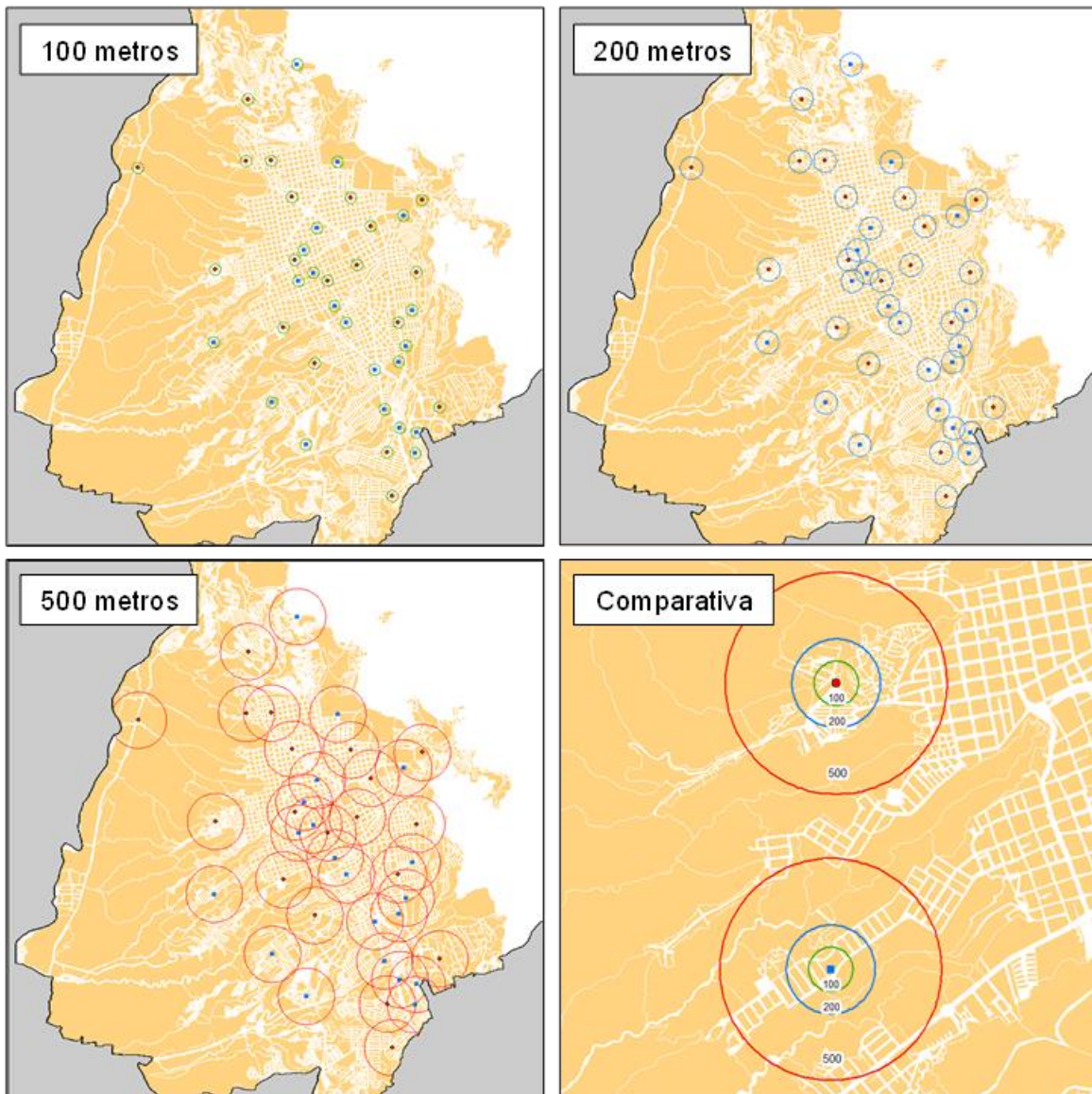


Figura 64. Radios de influencia en el área de interés y su comparativa

Luego de contar con estas zonas de influencia (Buffers) se realiza un proceso de intersección con cada una de las variables recopiladas con el fin de establecer las causas de las concentraciones de contaminantes a 100, 200 y 500 metros de los sitios de monitoreo.

3.2.2. Intersecar (Intersect)

Para determinar los valores de las variables seleccionadas que se encuentran aledaños a los puntos de monitoreo en un radio de 100, 200 y 500 metros, se debe hacer uso de la herramienta Intersecar (Intersect) del software ArcGIS. Esta herramienta permite determinar el área en común de dos capas de información, dando como resultado una capa con dichas áreas comunes, que además contiene la unión de los atributos de las diferentes capas de información. Para este caso, se usarán las capas de Usos de suelo y de Zonas de influencia (Buffers) para realizar la intersección. Se accede a la herramienta Intersecar (Intersect) desde la pestaña de Geoprocesamiento (Geoprocessing) y luego aparece una ventana que permite agregar las capas a intersecar (Figura 65).

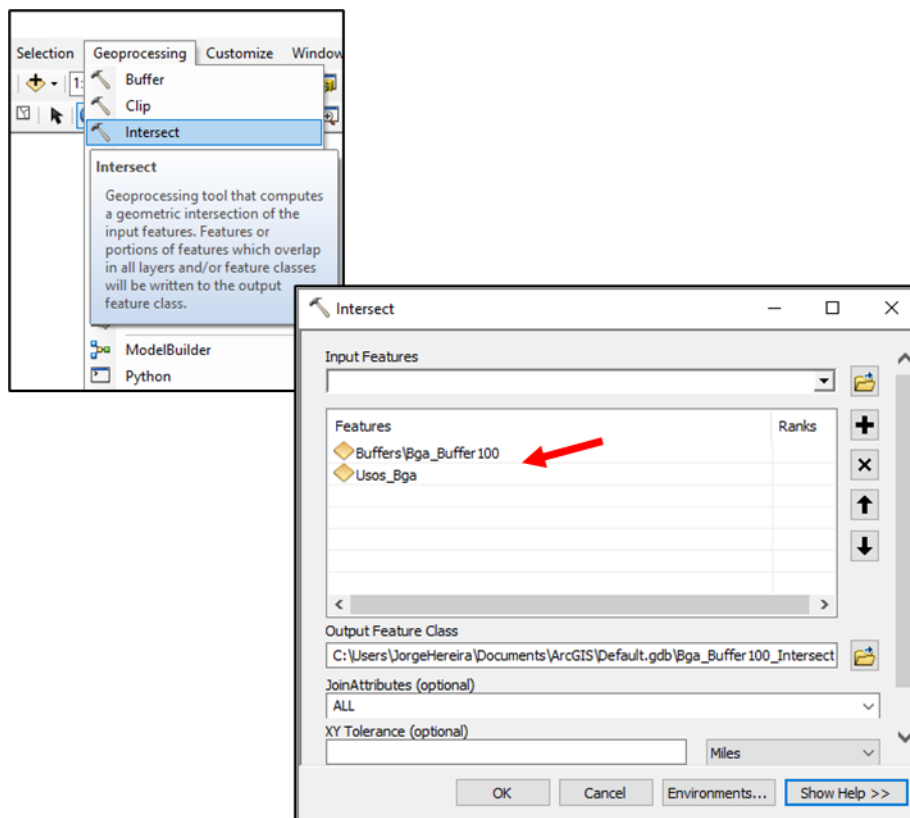


Figura 65. Acceso a la herramienta Intersecar (Intersect)

Inmediatamente se genera una capa con las áreas comunes y los atributos de las capas suministradas a la herramienta como se muestra en la Figura 66.

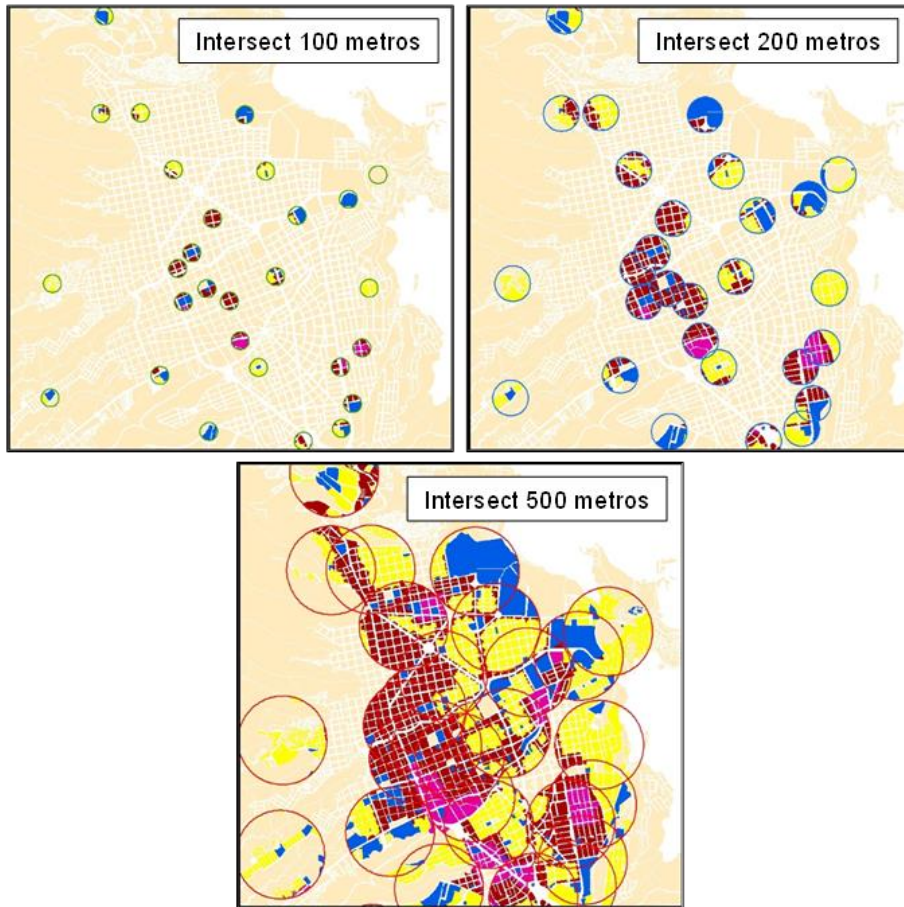


Figura 66. Usos del suelo intersecados por las zonas de influencia de diferentes radios

De igual manera se debe implementar esta herramienta con las variables de tipo de vía y densidad poblacional (Figura 67) y con las zonas de influencia (Buffers) de los diferentes radios.

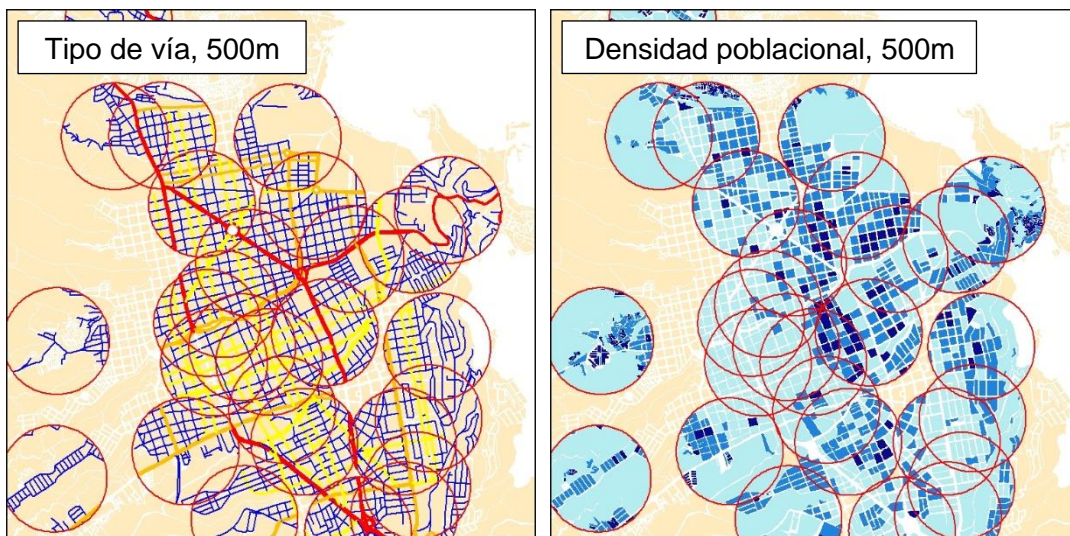


Figura 67. Tipos de vía y densidad poblacional intersecados por zona de influencia

Como ya se mencionó previamente, las nuevas capas generadas poseen los atributos de las capas suministradas a la herramienta de intersección. Sin embargo, para las nuevas capas no se calcula de forma automática los nuevos valores de los atributos de los elementos intersecados. Al ser cortados por la zona de influencia (Buffer), algunos elementos no contarán con la misma forma (Figura 68) y por consiguiente sus valores de atributos (área, longitud, población) se deben actualizar.

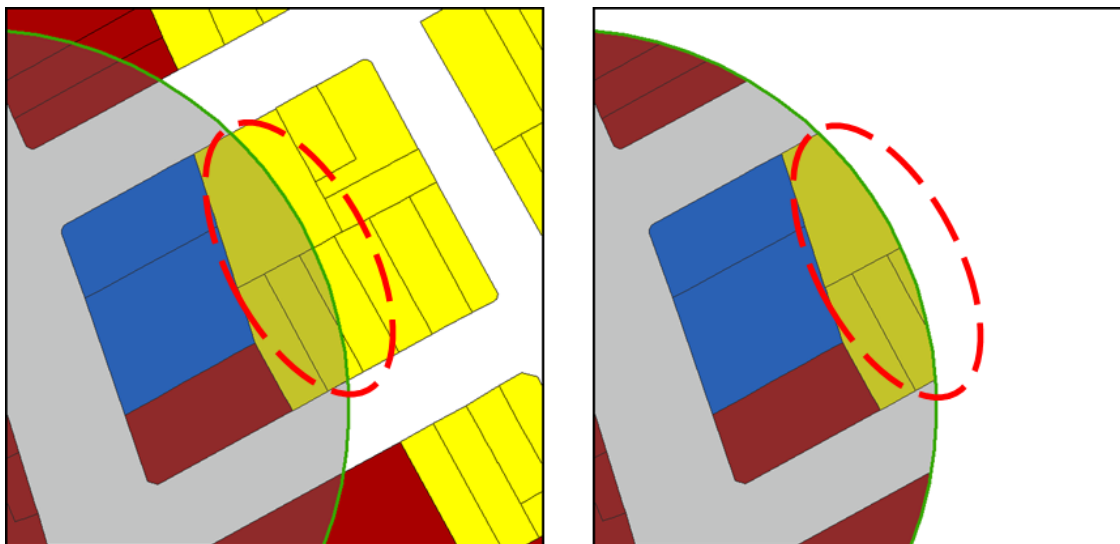


Figura 68. Modificación de la forma de los elementos de la capa al ser intersecados

Cada variable tiene un tipo de dato diferente, así que se describirá el proceso para cada una.

– **Actualización de atributos, variable uso de suelos**

En el caso de la variable uso de suelos, cuyos elementos son polígonos, se deben recalcular los valores de las áreas de cada dato (Residencial, Comercial, Dotacional, Industrial y Múltiple). Para realizar este proceso se debe acceder a editar características (Edit Features) y comenzar a editar (Start Editing). Luego, se debe hacer una selección por atributos (Select By Attributes) y mediante una consulta SQL se escoge un dato en el campo “USO POT” previamente creado, como se muestra en la Figura 69.

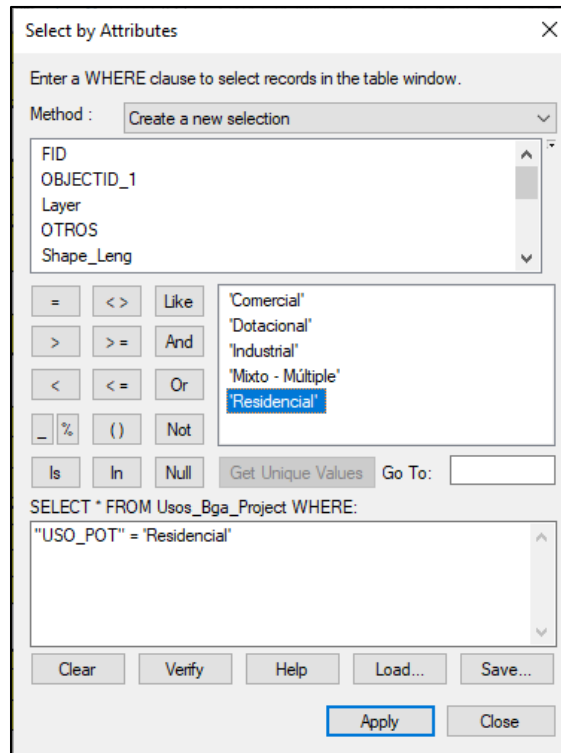


Figura 69. Selección por atributos para recalcular de elementos intersecados

Para este ejemplo se toma el dato “Residencial” y se le da aplicar (Apply). Después, al ver la tabla de atributos de la capa se puede evidenciar que solo se encuentran marcados algunos elementos y a estos se les calculará el área en la respectiva columna del campo “Residencial”, los valores de estos elementos se encuentran en unidades de km^2 . Al dar clic sobre el nombre del campo aparecerá una lista y se escoge la opción de calcular geometría (Calculate Geometry), luego aparece una ventana donde se escoge el área como propiedad a calcular; se escoge el sistema coordenado de la capa; se eligen las unidades para el cálculo, que en este caso será m^2 (Square Meters); se habilita la casilla para calcular solamente elementos seleccionados (Calculate selected records only) y por último se da clic en OK como se indica en la Figura 70.

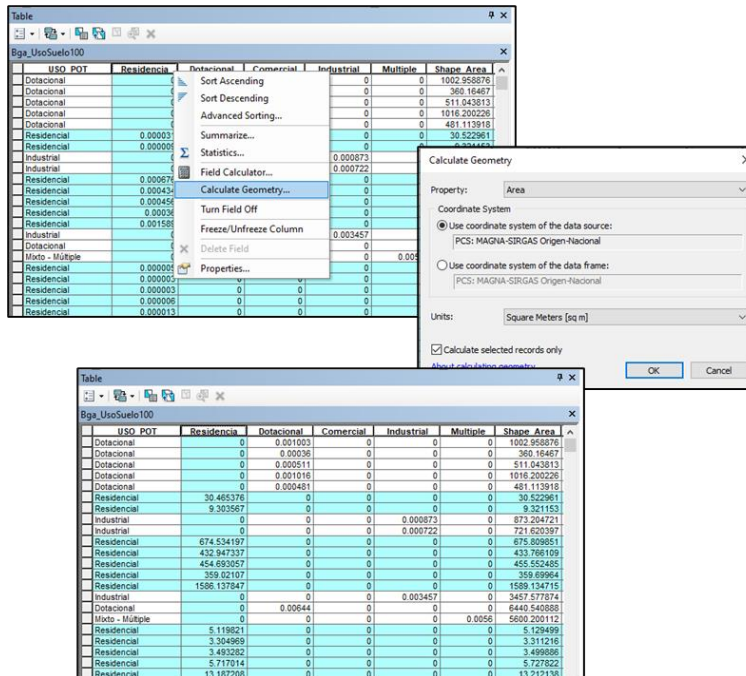


Figura 70. Cálculo de área en metros cuadrados con la herramienta Calcular Geometría

Como resultado se obtienen los valores de los elementos seleccionados actualizados y en la unidad requerida. Este mismo proceso se realiza con las demás categorías de usos de suelo y para las otras capas de diferentes radios; se guardan las modificaciones (Save Edits) y se detiene la edición (Stop Editing) (Figura 71).

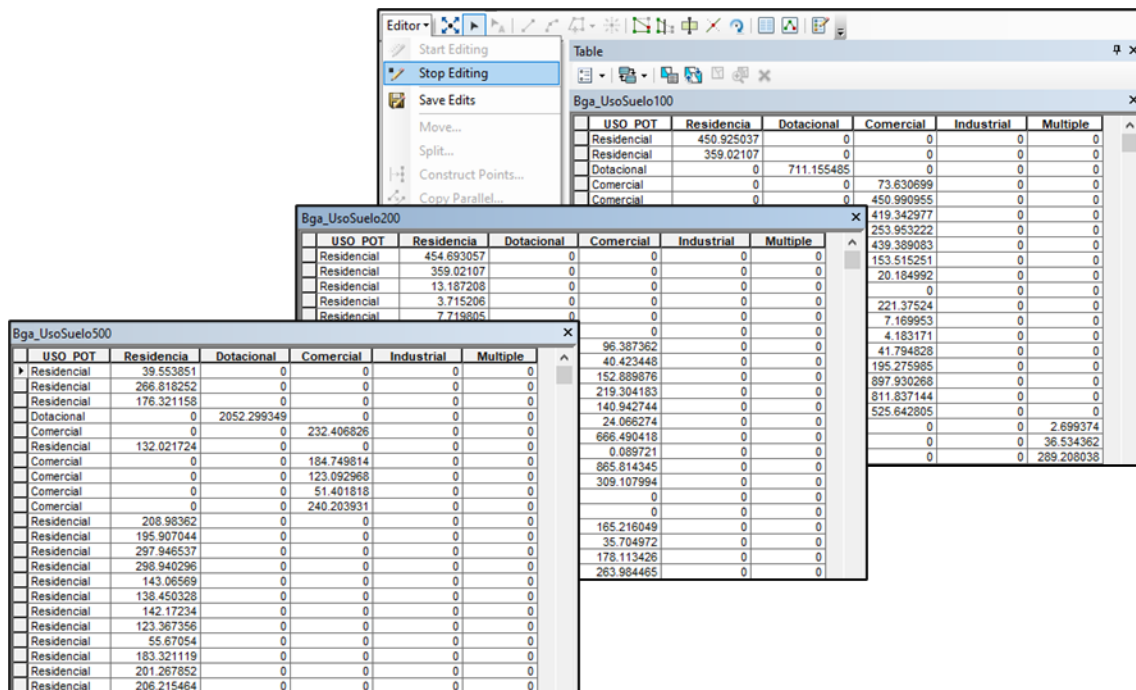


Figura 71. Tablas de atributos de las capas de usos del suelo intersecadas de diferentes radios

– **Actualización de atributos, variable densidad poblacional**

Para la variable de densidad poblacional, cuyo dato representa la relación entre un número de habitantes y un área determinada, no será necesario calcular nuevamente el valor de la densidad. Sin embargo, sí será necesario estimar las nuevas áreas e igualmente el número de habitantes de tal manera que se preserve el valor de la relación de densidad. Para este proceso no se recalculará el valor del área del polígono como se ha hecho en variables anteriores, sino que se creará un nuevo campo en la tabla de atributos para la nueva área del polígono como se muestra en la Figura 74.

The figure illustrates the process of adding a new attribute field and calculating its values. It consists of three main components:

- Add Field Dialog:** Shows the configuration for a new field named 'ArealInter' of type 'Double' with a precision of 0 and a scale of 0.
- Calculate Geometry Dialog:** Shows the configuration for calculating the 'Area' property. It uses the coordinate system of the data source (CTM12) and the units are set to 'Square Meters [sq m]'. The option 'Calculate selected records only' is unchecked.
- Table Views:** Two screenshots of the 'Bga_Densidad100' table. The first shows the initial state with 'ArealInter' values of 0. The second shows the table after calculation, with 'ArealInter' values populated for each record.

AREA	DENSIDAD	CTNENCUEST	ArealInter	Población
4215.290388	0	1	0	0
20207.991565	0	0	0	0
13493.879611	0	4	0	0
13045.542364	0.007512	50	0	97.999999
3310.737475	0.061316	67	0	202.999998
1027.230942	0.077879	26	0	80.000003
1133.930371	0.100535	29	0	113.999997
1099.947185	0.10455	31	0	114.999998
899.955992	0.107783	30	0	96.999999

AREA	DENSIDAD	CTNENCUEST	ArealInter	Población
4215.290388	0	1	244.142181	0
20207.991565	0	0	2457.922288	0
13493.879611	0	4	13466.436502	0
13045.542364	0.007512	50	4633.490161	97.999999
3310.737475	0.061316	67	1615.356366	202.999998
1027.230942	0.077879	26	377.476823	80.000003
1133.930371	0.100535	29	32.671999	113.999997
1099.947185	0.10455	31	451.537377	114.999998
899.955992	0.107783	30	469.329552	96.999999

Figura 74. Adición de campo y cálculo de área en la capa de densidad poblacional

Luego, con el valor del área intersecada del polígono, el área total del polígono y la población total se hará el recalcule de la población en la intersección mediante una regla de tres simple en la calculadora de campo (Field Calculator) (Figura 75).

The image shows the ArcGIS Field Calculator interface on the left and two Table views on the right. The Field Calculator is set to VB Script and has the expression $[Poblacion] * [AreaInter] / [AREA]$ entered. The Table view above shows the initial data with columns: AREA, DENSIDAD, CTNENCUEST, AreaInter, and Población. The Table view below shows the same data with the calculated 'Población' values updated.

Field Calculator Expression:
 $[Poblacion] * [AreaInter] / [AREA]$

Table 1 (Initial Data):

AREA	DENSIDAD	CTNENCUEST	AreaInter	Población
4215.290388	0	1	244.142181	0
20207.991565	0	0	2457.922288	0
13493.879611	0	4	13466.436502	0
13045.542364	0.007512	50	4633.490161	97.999999
3310.737475	0.061316	67	1615.356366	202.999998
1027.230942	0.077879	26	377.476823	80.000003
1133.930371	0.100535	29	32.671999	113.999997
1099.947185	0.10455	31	451.537377	114.999998
899.955992	0.107783	30	469.329552	96.999999

REGLA DE TRES

$$Densidad.Pob = \frac{Pob.Tot}{Area.Tot} = \frac{Pob.Intrct}{Area.Intrct}$$

$$\rightarrow Pob.Intrct = \frac{Pob.Tot \times Area.Intrct}{Area.Tot}$$

Table 2 (Updated Data):

AREA	DENSIDAD	CTNENCUEST	AreaInter	Población
4215.290388	0	1	244.142181	0
20207.991565	0	0	2457.922288	0
13493.879611	0	4	13466.436502	0
13045.542364	0.007512	50	4633.490161	34.807448
3310.737475	0.061316	67	1615.356366	99.046615
1027.230942	0.077879	26	377.476823	29.397622
1133.930371	0.100535	29	32.671999	3.284688
1099.947185	0.10455	31	451.537377	47.208446
899.955992	0.107783	30	469.329552	50.585769

Figura 75. Estimación de la población mediante regla de tres con la Calculadora de Campo

Luego de realizar las intersecciones de las tres variables con los tres radios dados para las zonas de influencia (Buffers) y sus respectivas actualizaciones de datos, se tiene un total de nueve capas diferentes. Los valores o etiquetas de estas capas deben ser cuantificadas de manera particular para cada capa y así establecer el dato que corresponde de cada variable a un sitio de monitoreo específico. La cuantificación depende del tipo de variable, en el caso de usos del suelo debe ser cuantificada en metros cuadrados, para tipo de vía se debe cuantificar en metros lineales y para densidad poblacional se usa número de habitantes y habitantes por metros cuadrados. Esto se puede explicar mejor a través de la Tabla 5.

Tabla 5. Datos geográficos vinculados a cada sitio de monitoreo

DATOS GEOGRÁFICOS VINCULADOS AL SITIO DE MONITOREO				
VARIABLE	UNIDAD	RADIO DE ZONA DE INFLUENCIA		
		100 m	200 m	500 m
Uso del suelo	Metro cuadrado [m ²]	Comercial-100	Comercial-200	Comercial-500
		Dotacional-100	Dotacional-200	Dotacional-500
		Industrial-100	Industrial-200	Industrial-500
		Múltiple-100	Múltiple-200	Múltiple-500
		Residencial-100	Residencial-200	Residencial-500
Tipo de vía	Metro lineal [m]	Primaria-100	Primaria-200	Primaria-500
		Secundaria-100	Secundaria-200	Secundaria-500
		Terciaria-100	Terciaria-200	Terciaria-500
		Local-100	Local-200	Local-500
		Troncal-100	Troncal-200	Troncal-500
Densidad poblacional	Habitantes [hab]	Población-100	Población-200	Población-500
	Habitantes por cada cien metros cuadrados [hab/m ²]	Densidad poblacional-100	Densidad poblacional-200	Densidad poblacional-500

Se tiene entonces que por cada sitio de monitoreo existen 36 datos geográficos que pueden lograr explicar los registros de concentraciones de contaminantes. Estos datos deben ser totalizados, es decir, para cada dato geográfico debe existir un valor numérico que represente, en este caso, ya sea un área, una distancia o una cantidad de personas. Los elementos que han sido interceptados por cada zona de influencia (Buffer) poseen atributos por separado y por lo tanto tienen diferentes valores como lo muestra la Figura 76 en el caso del área en la variable uso del suelo.

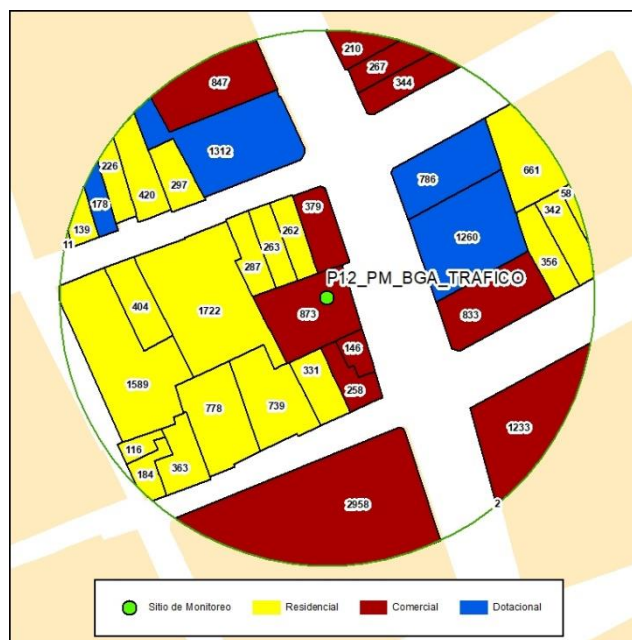


Figura 76. Datos de área individuales por cada elemento intersecado

En el caso del uso del suelo comercial, por poner un ejemplo, se puede evidenciar que posee diferentes valores de área, en metros cuadrados, puesto que se encuentran diferentes elementos con esa categoría dentro de la zona de influencia (Buffer). Sin embargo, se precisa de un solo dato totalizado de área de uso de suelo comercial para que pueda ser asociado al sitio de monitoreo.

3.2.3. Resumen de estadísticas (Summary Statistics)

Para totalizar los valores de cada dato y así poder asociar un solo valor por dato al sitio de monitoreo se debe implementar la herramienta Resumen de estadísticas (Summary Statistics) del software ArcGIS. Con una breve configuración de los parámetros de esta herramienta se tendrá como resultado una tabla que contenga los valores de cada variable relacionados a cada sitio de monitoreo. Dicha configuración cambia dependiendo de la variable a totalizar, así que se mostrará la configuración para cada variable.

– Estadísticas de la variable uso del suelo

Para encontrar esta herramienta primero se debe desplegar la pestaña de Geoprocesamiento (Geoprocessing) y se accede a la ventana de ArcToolbox. Ya en la ventana de ArcToolbox, se despliegan las herramientas de análisis (Analysis Tools) y luego en estadísticas (Statistics) se encuentra el resumen de estadísticas (Summary Statistics) (Figura 77).

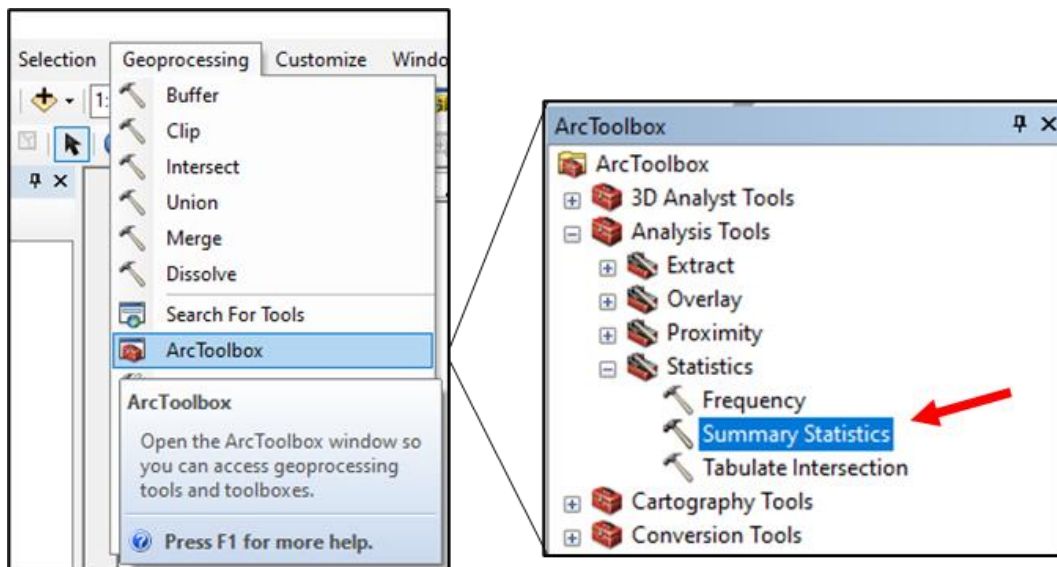


Figura 77. Acceso a la herramienta de Resumen de Estadísticas (Summary Statistics)

Al darle clic inmediatamente aparece la ventana de la herramienta (Figura 78). En este caso se describirá el procedimiento para la capa de información que contiene la intersección de la variable uso de suelo con la zona de influencia (Buffer) de radio de 100m.

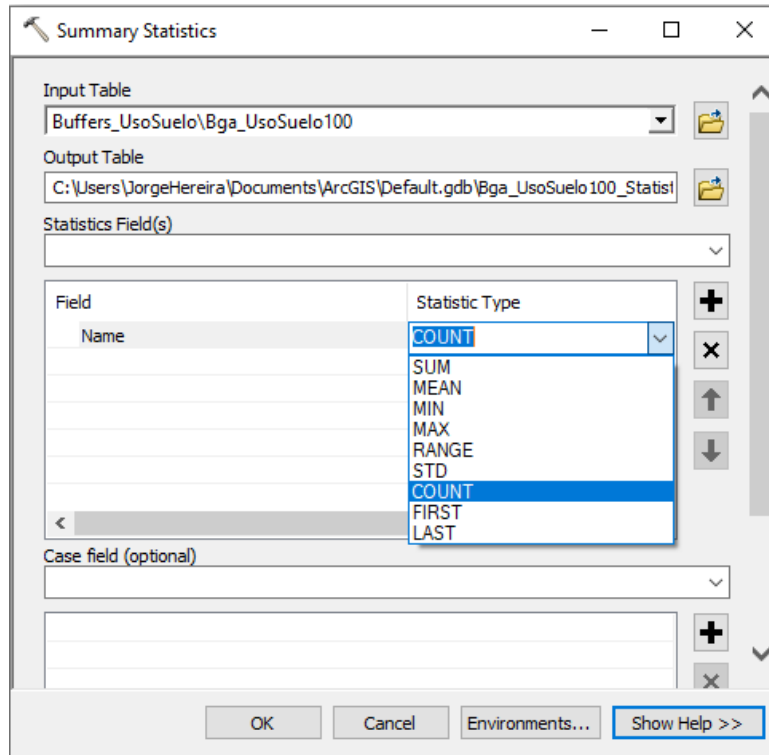


Figura 78. Ventana de Resumen de estadísticas y tipos de estadísticos

En la ventana de la herramienta se pueden apreciar los parámetros de Tabla de ingreso (Input Table) y Tabla de salida (Output Table) donde se especifica la tabla a procesar y la dirección donde se guardará la tabla procesada, respectivamente. El siguiente parámetro son las estadísticas de campo (Statistics Field) en el cual se debe especificar el campo a analizar en el espacio Field y al lado se define el tipo de estadístico (Statistic Type) que se realizará con los datos que se encuentren en el campo. La herramienta cuenta con nueve tipos de estadísticos, sin embargo, para este ejercicio solo se usarán SUM, que consiste en realizar la suma de todos los datos en el campo; MEAN, que calcula el promedio de los datos del campo; COUNT, que realiza un recuento de los elementos no nulos en el campo; y FIRST, el cual encuentra el primer valor del campo y lo asume como valor definitivo. Por último, se encuentra el parámetro Campo de caso (Case field), el cual permite realizar las estadísticas de manera independiente para cada valor que se encuentre en el campo especificado.

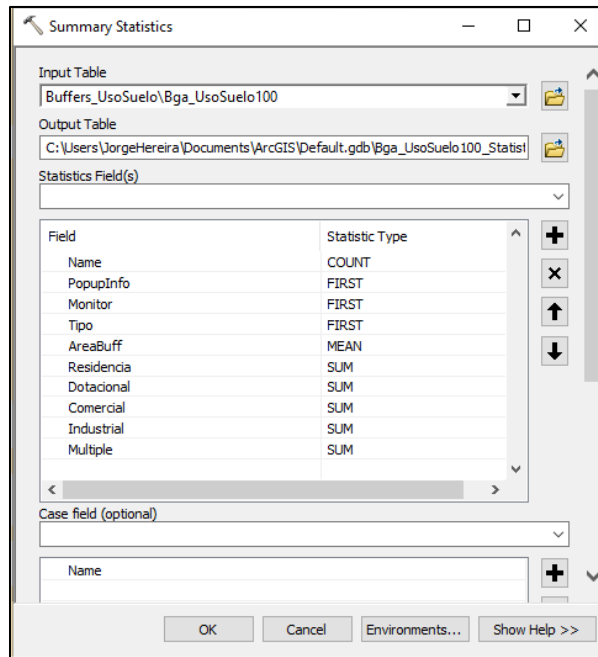


Figura 79. Campos y tipos de estadísticos asignados para la variable usos del suelo

En la Figura 79 se encuentran los campos que contienen la información de los sitios de monitoreo, el área de la zona de influencia (Buffer) y los usos de suelo; cada campo con el estadístico que se le aplicará. Para el campo de caso (Case field) se usará el campo que contiene los nombres de los sitios de monitoreo (Name), al haber 40 sitios de monitoreo, se obtendrán estadísticas separadas para cada sitio de monitoreo que cuente con datos intersecados por la zona de influencia (Buffer).

Tabla 6. Sitios de monitoreo y resumen estadístico de la variable usos del suelo

OID	Name	Cnt	First Popu	First Moni	First Tipo	Ave AreaBu	Sum Reside	Sum Dotaci	Sum Comerc	Sum Indust	Sum Multipl
0	P1_BGA_BACKGROUND	1	MegaColegio Claveriano Fe y Alegría C	PM2.5 - NO2	Background	31374.9371	0	19465.568814	0	0	0
1	P10_PM_BGA_TRAFICO	86	Cra 33 Cl 52 CDMB	PM2.5 - NO2	Tráfico	31374.9371	0	0	11993.800088	0	6218.927256
2	P11_PM_BGA_TRAFICO	105	Comercializadora Los Cereales	PM2.5 - NO2	Tráfico	31374.9371	0	0	17650.539681	0	0
3	P12_PM_BGA_TRAFICO	37	Carrera 27 con Calle 34-35 Sindicato d	PM2.5 - NO2	Tráfico	31374.9371	9548.999889	3535.669421	8348.356837	0	0
4	P13_PM_BGA_TRAFICO	57	Club Comercio parqueadero	PM2.5 - NO2	Tráfico	31374.9371	0	520.616273	19858.724894	0	0
5	P14_PM_BGA_TRAFICO	125	Bomberos Provenza	PM2.5 - NO2	Tráfico	31374.9371	11621.216767	3658.33005	5115.69164	0	0
6	P15_PM_BGA_TRAFICO	42	Edificio Facultad de Salud UIS Cra 32 2	PM2.5 - NO2	Tráfico	31374.9371	3832.79254	16599.711165	2585.656436	0	0
7	P16_PM_BGA_TRAFICO	130	Calle 14 entre 18 y 19 Fundación Niños	PM2.5 - NO2	Tráfico	31374.9371	12687.937805	0	5172.323699	0	0
8	P17_PM_BGA_TRAFICO	130	Sede Cruz Roja	PM2.5 - NO2	Tráfico	31374.9371	3799.811031	8560.823761	5121.542156	0	0
9	P18_PM_BGA INDUSTRIAL	5	Chimítá Harinagro	PM2.5 - NO2	Otros	31374.9371	0	0	0	6377.506841	18229.32425
10	P19_PM_BGA INDUSTRIAL	148	Carrera 16 Calle 6 esquina Droguería	PM2.5 - NO2	Otros	31374.9371	16938.001301	0	3995.13331	0	0
11	P2_PM_BGA RESIDENCIAL	3	Estacion red AMB Ciudadela	PM2.5 - NO2	Residencial	31374.9371	0	17222.899795	0	0	0
12	P20_PM_BGA INDUSTRIAL	77	Colegio Francisco de Paula Santander	PM2.5 - NO2	Otros	31374.9371	15772.016987	0	0	0	0
13	P21_NO_BGA_RESIDENCIAL	161	Villa Helena Calle 19N 25-22 - estacion	NO2	Residencial	31374.9371	9878.398095	0	0	0	0
14	P22_NO_BGA_RESIDENCIAL	21	Porteria UIS Calle 9 Cra 27	NO2	Residencial	31374.9371	0	23409.032413	2971.934768	0	0
15	P23_NO_BGA_RESIDENCIAL	220	Parroquia Nuestra Sra de América	NO2	Residencial	31374.9371	20901.166504	1408.45195	0	0	0
16	P24_NO_BGA_RESIDENCIAL	113	Parroquia Jesus Obrero Diamante I	NO2	Residencial	31374.9371	15503.092284	995.913655	0	0	0
17	P25_NO_BGA_RESIDENCIAL	46	Parroquia Divino Niño	NO2	Residencial	31374.9371	10646.437582	9112.373652	3481.516488	0	0
18	P26_NO_BGA_RESIDENCIAL	80	Centro de salud Multis	NO2	Residencial	31374.9371	4561.591502	21512.657942	0	0	0
19	P27_NO_BGA_RESIDENCIAL	74	Cra. 7 Oc. #3-82 Parroquia La Joya	NO2	Residencial	31374.9371	5811.540425	8852.322324	0	0	0
20	P28_NO_BGA_RESIDENCIAL	44	Electrificadora de Santander ESSA	NO2	Residencial	31374.9371	0	10103.875868	11754.616586	0	0
21	P29_NO_BGA_TRAFICO	19	Parque del Agua	NO2	Tráfico	31374.9371	2272.125674	23223.84129	0	0	0
22	P3_PM_BGA RESIDENCIAL	4	Estacion red AMB Lagos del Cacique.	PM2.5 - NO2	Residencial	31374.9371	5410.779015	23903.305711	0	0	0
23	P30_NO_BGA_TRAFICO	32	Instituto Gabriela Mistral	NO2	Tráfico	31374.9371	5366.854858	11490.236384	0	0	0
24	P31_NO_BGA_TRAFICO	87	Homecenter Calle 45 entre carrera 20	NO2	Tráfico	31374.9371	0	0	4691.603256	0	19968.41936
25	P32_NO_BGA_TRAFICO	50	Supermercado Cajasan	NO2	Tráfico	31374.9371	4482.738926	0	8612.283518	0	0
26	P33_NO_BGA_TRAFICO	6	CAI Viaducto	NO2	Tráfico	31374.9371	11508.11496	0	3915.073285	0	0
27	P34_NO_BGA_TRAFICO	107	Estación de servicio La Pedregosa	NO2	Tráfico	31374.9371	11162.510052	231.6176	8709.115839	0	0
28	P35_NO_BGA_TRAFICO	50	Teatro Santander	NO2	Tráfico	31374.9371	0	5967.635699	12562.277082	0	0
29	P36_NO_BGA_TRAFICO	45	Colegio La Presentación Porteria	NO2	Tráfico	31374.9371	379.337932	14054.166494	8840.967046	0	0
30	P37_NO_BGA INDUSTRIAL-COMERCIAL	121	Poste 8613217	NO2	Otros	31374.9371	0	0	21691.217575	0	0
31	P38_NO_BGA INDUSTRIAL	137	Plaza de mercado La Concordia costad	NO2	Otros	31374.9371	16057.904187	1907.042311	0	0	0
32	P39_NO_BGA COMERCIAL	54	CC Quinta Etapa entrada cra 36 entre c	NO2	Otros	31374.9371	811.935216	0	6244.777764	0	15132.86024
33	P4_PM_BGA RESIDENCIAL	56	Edificio Solarium Cra 39 42-54	PM2.5 - NO2	Residencial	31374.9371	22326.337646	0	0	0	0
34	P40_NO_BGA COMERCIO	82	Plaza de mercado Central	NO2	Otros	31374.9371	0	12462.062736	6872.621352	0	2894.184237
35	P5_PM_BGA RESIDENCIAL	123	Centro de Salud San Rafael. Calle 4 #1	PM2.5 - NO2	Residencial	31374.9371	10450.791665	2176.200617	4777.94631	0	0
36	P6_PM_BGA RESIDENCIAL	126	Parroquia Chiquiquirá. Calle 16 #29-34	PM2.5 - NO2	Residencial	31374.9371	17005.366647	1703.732506	1702.368213	0	0
37	P7_PM_BGA RESIDENCIAL	42	Hospital Local del norte	PM2.5 - NO2	Residencial	31374.9371	7666.870638	17459.450126	0	0	0
38	P9_PM_BGA RESIDENCIAL	87	Barrio Diamante II. Parroquia Divino Sal	PM2.5 - NO2	Residencial	31374.9371	13295.931181	711.155485	0	0	0

En el caso de la capa de uso del suelo con zona de influencia (Buffer) de 100 metros de radio, 39 de los 40 sitios de monitoreo lograron intersecar información a su alrededor como se muestra en la Tabla 6.

– **Estadísticas de la variable tipo de vía**

De la misma manera, se implementa la herramienta para la capa de la variable tipo de vía con zona de influencia (Buffer) de 100 metros de radio con sus respectivos campos (Figura 80).

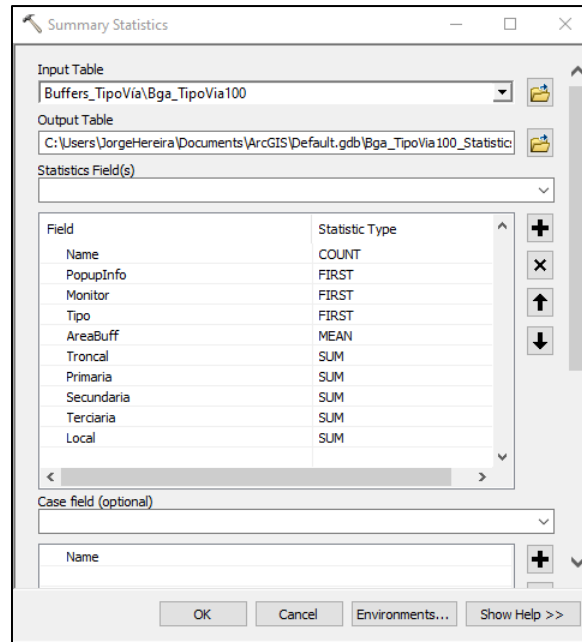


Figura 80. Campos y tipos de estadísticos asignados para la variable tipo de vía

Tabla 7. Sitios de monitoreo y resumen estadístico de la variable tipo de vía

ID	Name	Cnt	Name	First Popu	First Moni	First Tipo	Ave AreaBu	Sum Troncal	Sum Primar	Sum Secund	Sum Tercia	Sum Local
0	P10_PM_BGA_TRAFICO	11	Cra 33 Cl 52 CDMB	PM2 5 - NO2	Tráfico	31374.9371	0	394.327825	197.359438	373.722567	0	0
1	P11_PM_BGA_TRAFICO	13	Comercializadora Los Cereales	PM2 5 - NO2	Tráfico	31374.9371	0	710.914017	117.288059	274.312035	0	0
2	P12_PM_BGA_TRAFICO	11	Carrera 27 con Calle 34-35 Sindicato	PM2 5 - NO2	Tráfico	31374.9371	0	388.541972	0	172.97677	236.802208	0
3	P13_PM_BGA_TRAFICO	9	Club Comercio parqueadero	PM2 5 - NO2	Tráfico	31374.9371	0	0	548.929623	338.295328	0	0
4	P14_PM_BGA_TRAFICO	10	Bomberos Provenza	PM2 5 - NO2	Tráfico	31374.9371	0	0	383.673274	0	557.623823	0
5	P15_PM_BGA_TRAFICO	8	Edificio Facultad de Salud UIS Cra 32	PM2 5 - NO2	Tráfico	31374.9371	0	255.727342	0	0	414.98266	0
6	P16_PM_BGA_TRAFICO	6	Calle 14 entre 18 y 19 Fundación Niño	PM2 5 - NO2	Tráfico	31374.9371	0	380.033933	0	174.260515	479.860498	0
7	P17_PM_BGA_TRAFICO	26	Sede Cruz Roja	PM2 5 - NO2	Tráfico	31374.9371	0	0	509.315812	0	708.585489	0
8	P18_PM_BGA_INDUSTRIAL	4	Chimítá Harinagro	PM2 5 - NO2	Otros	31374.9371	373.823786	0	0	0	0	0
9	P19_PM_BGA_INDUSTRIAL	6	Carrera 16 Calle 6 esquina Droguería	PM2 5 - NO2	Otros	31374.9371	0	0	0	38.874426	662.733323	0
10	P2_PM_BGA_RESIDENCIAL	4	Estacion red AMB Ciudadela	PM2 5 - NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	0	428.68114	0
11	P20_PM_BGA_INDUSTRIAL	5	Colegio Francisco de Paula Santander	PM2 5 - NO2	Otros	31374.9371	0	0	0	0	417.495624	0
12	P21_NO_BGA_RESIDENCIAL	9	Villa Helena Calle 19N 25-22 - estació	NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	0	702.164137	0
13	P22_NO_BGA_RESIDENCIAL	2	Porteria UIS Calle 9 Cra 27	NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	0	170.144981	0
14	P23_NO_BGA_RESIDENCIAL	7	Parroquia Nuestra Sra de América	NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	0	928.159262	0
15	P24_NO_BGA_RESIDENCIAL	7	Parroquia Jesus Obrero Diamante I	NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	0	689.255395	0
16	P25_NO_BGA_RESIDENCIAL	7	Parroquia Divino Niño	NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	0	590.458784	0
17	P26_NO_BGA_RESIDENCIAL	9	Centro de salud Mutis	NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	0	454.511956	0
18	P27_NO_BGA_RESIDENCIAL	8	Cra. 7 Oe. #3-62 Parroquia La Joya	NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	0	595.212988	0
19	P28_NO_BGA_RESIDENCIAL	4	Electrificadora de Santander ESSA	NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	161.169001	535.170252	0
20	P29_NO_BGA_TRAFICO	5	Parque del Agua	NO2	Tráfico	31374.9371	0	220.795434	0	0	155.53117	0
21	P3_PM_BGA_RESIDENCIAL	4	Estacion red AMB Lagos del Cacique	PM2 5 - NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	0	210.052027	0
22	P30_NO_BGA_TRAFICO	14	Instituto Gabriela Mistral	NO2	Tráfico	31374.9371	0	250.458884	0	0	531.866338	0
23	P31_NO_BGA_TRAFICO	6	Homecenter Calle 45 entre carrera 20	NO2	Tráfico	31374.9371	0	0	393.208569	0	357.479699	0
24	P32_NO_BGA_TRAFICO	23	Supermercado Cajasan	NO2	Tráfico	31374.9371	0	653.3264	0	234.407294	767.222421	0
25	P33_NO_BGA_TRAFICO	23	CAI Viaducto	NO2	Tráfico	31374.9371	0	351.200594	0	797.605201	78.893509	0
26	P34_NO_BGA_TRAFICO	7	Estacion de servicio La Pedregosa	NO2	Tráfico	31374.9371	0	0	201.321642	0	338.71335	0
27	P35_NO_BGA_TRAFICO	4	Teatro Santander	NO2	Tráfico	31374.9371	0	0	0	416.036599	191.154968	0
28	P36_NO_BGA_TRAFICO	15	Colegio La Presentación Porteria	NO2	Tráfico	31374.9371	0	422.737316	309.270985	147.886363	0	0
29	P37_NO_BGA_INDUSTRIAL-COMERCIAL	5	Poste 8613217	NO2	Otros	31374.9371	0	0	0	271.269418	412.781645	0
30	P38_NO_BGA_INDUSTRIAL	9	Plaza de mercado La Concordia costa	NO2	Otros	31374.9371	0	0	0	201.79636	732.75091	0
31	P39_NO_BGA_COMERCIAL	7	CC Quinta Etapa entrada cra 36 entre	NO2	Tráfico	31374.9371	0	0	0	342.308309	361.350778	0
32	P4_PM_BGA_RESIDENCIAL	5	Edificio Solarium Cra 39 42-54	PM2 5 - NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	0	506.871789	0
33	P40_NO_BGA_COMERCIO	6	Plaza de mercado Central	NO2	Otros	31374.9371	0	0	0	348.758217	195.4086	0
34	P5_PM_BGA_RESIDENCIAL	12	Centro de Salud San Rafael Calle 4 #	PM2 5 - NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	0	789.896764	0
35	P6_PM_BGA_RESIDENCIAL	8	Parroquia Chiquinquirá Calle 16 #29-3	PM2 5 - NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	0	921.067189	0
36	P7_PM_BGA_RESIDENCIAL	8	Hospital Local del Norte	PM2 5 - NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	0	526.953496	0
37	P9_PM_BGA_RESIDENCIAL	9	Barrio Diamante II Parroquia Divino Sal	PM2 5 - NO2	Residencial	31374.9371	0	0	0	184.906124	580.985695	0

En el caso de la capa de tipo de vía con zona de influencia (Buffer) de 100 metros de radio, 38 de los 40 sitios de monitoreo lograron intersecar información a su alrededor como se muestra en la Tabla 7.

– **Estadísticas de la variable densidad poblacional**

Para la variable de densidad, se tienen disponibles los campos de población y densidad de población (Figura 81). Sin embargo, solamente se tendrá en cuenta el campo de población y se le aplicará el estadístico de suma (SUM) para luego determinar nuevamente el dato de densidad.

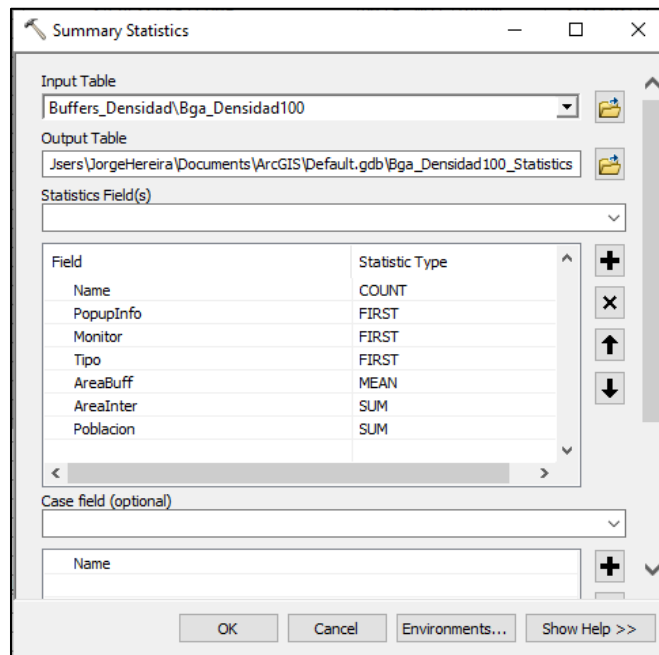


Figura 81. Campos y tipos de estadísticos asignados para la variable densidad poblacional

Esta vez, el dato de densidad se calculará en un nuevo campo dividiendo el dato de población entre el área de la zona de influencia y no entre el área de los polígonos intersecados. Como ya se ha mostrado anteriormente, se debe agregar un nuevo campo a la tabla resultante de la herramienta de resumen de estadísticas (Statistics Field); se activa la edición de la tabla y con la herramienta de calculadora de campo (Field Calculator) se realiza el cálculo y se guardan las ediciones realizadas en la tabla.

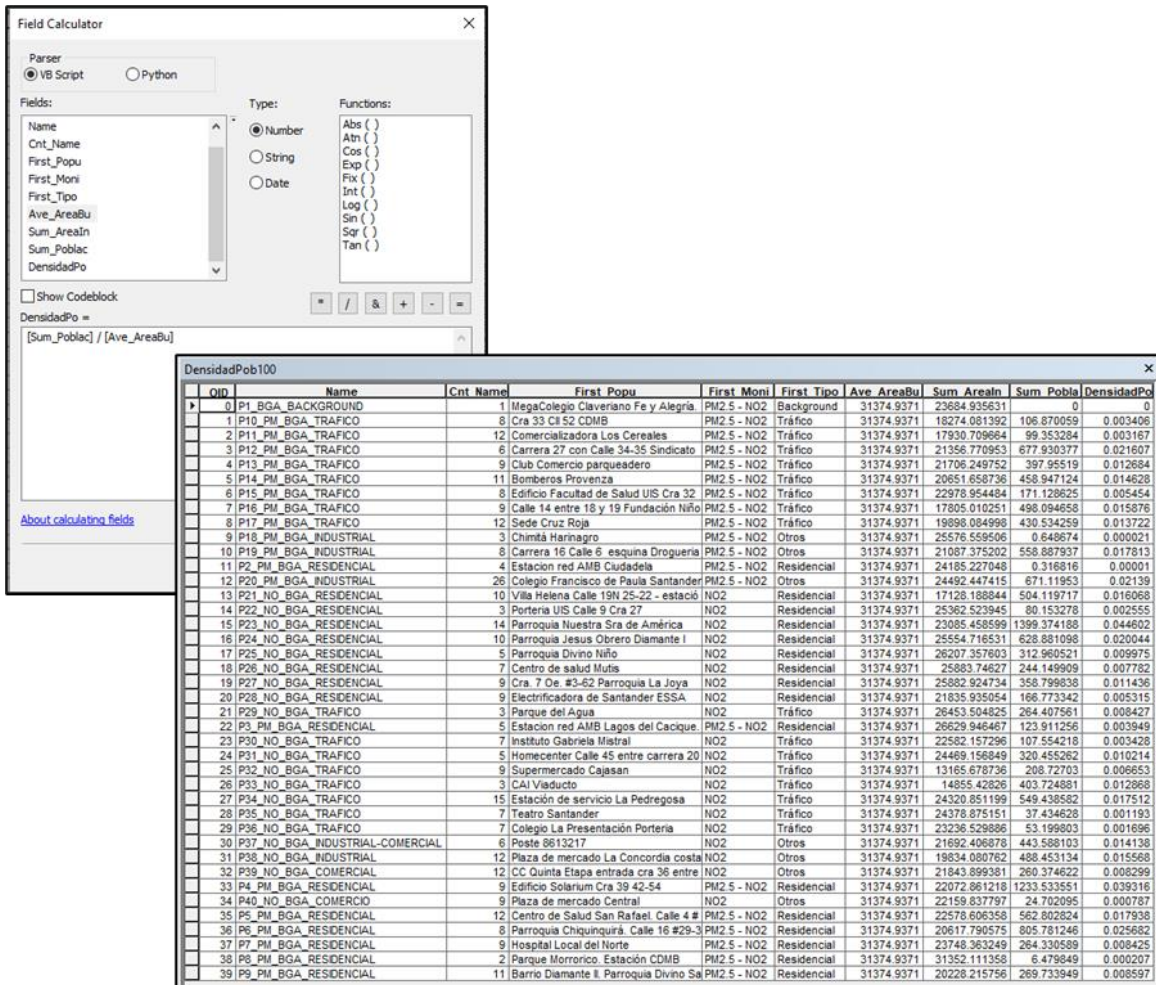


Figura 82. Calculadora de campo y tabla resumen de la variable densidad poblacional

En el caso de la capa de densidad con zona de influencia (Buffer) de 100 metros de radio, los 40 sitios de monitoreo lograron intersectar información a su alrededor como se muestra en la Figura 82. De la misma manera, este procedimiento se debe aplicar a las demás capas con zonas de influencia (Buffer) de 200 y 500 metros de radio. Como resultado, así como se obtuvo nueve capas con la herramienta de intersección (Intersect), se obtuvo nueve tablas de datos totalizados y asociados a los sitios de monitoreo.

3.3. Consolidación de la información

En esta última etapa del procedimiento se cuenta ya con todos los datos de las diferentes variables vinculados a los sitios de monitoreo. Sin embargo, estos datos se encuentran separados en nueve tablas como resultado del cruce entre las tres variables y los tres radios de influencia. Debido a lo laborioso que puede resultar consultar tablas diferentes, se opta por agrupar toda la información en un solo lugar.

En esta ocasión no se combinarán las tablas mediante alguna herramienta de ArcGIS, sino que se consolidarán como una base de datos estática conformada por un solo conjunto de datos (Dataset) en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Aunque se entiende por base de datos el conjunto de datos almacenados en una memoria externa y organizado mediante una estructura de datos, que permite su uso y gestión por diferentes usuarios a través de un sistema de gestión de base de datos (SGBD) (Gómez, 2013); también se sabe que Microsoft Excel no es el programa más adecuado para almacenar bases de datos, ya que existen diversos programas gestores de bases de datos para tal propósito, pero brinda facilidad de almacenamiento y cálculo cuando se trata una poca cantidad de datos (Garmendia, 2018).

Entonces, este proceso consiste en copiar directamente de las tablas de resumen de estadísticas (Summary Statistics) obtenidas en la fase anterior y pegarlas en una hoja de Excel (Figura 83). Se empieza copiando la tabla de los sitios de monitoreo ya que en esta se encuentran los datos de localización y brindará una mejor referenciación durante el proceso de copiado de las demás variables.

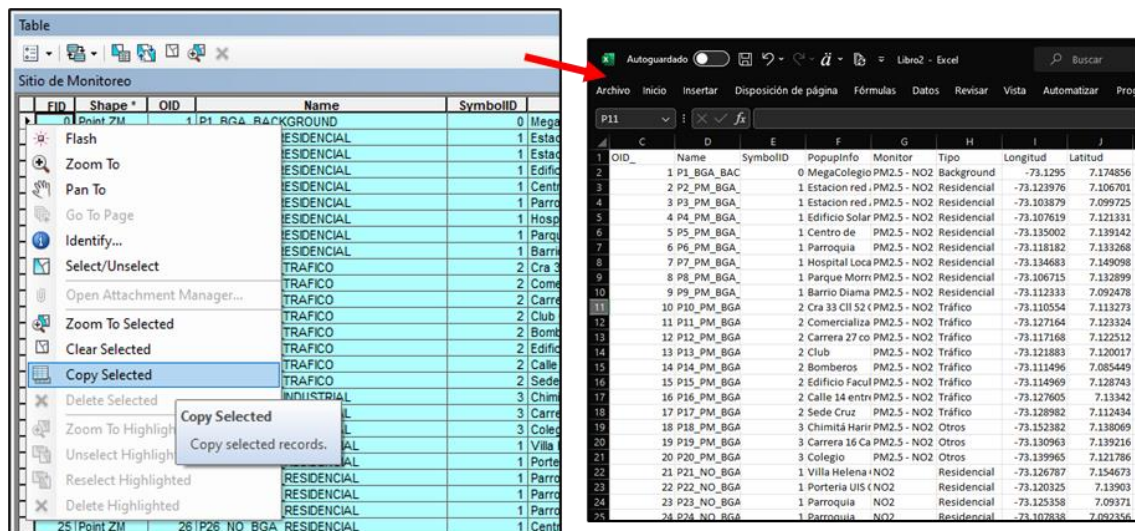


Figura 83. Copiar elementos seleccionados en ArcGIS y pegado en Excel

En una segunda hoja de Excel se copiarán solo los campos con información necesaria y se les agregará un nuevo título abreviado, en este caso son: OID, PUNTO (Name), DESCRIPCION (Popuinfo), MONITOR, TIPO, LONGITUD Y LATITUD. Tal como se muestra en la Figura 84

	A	B	C	D	E	F	G	H
	OID	PUNTO	DESCRIPCIÓN	MONITOR	TIPO	LONGITUD	LATITUD	
1	1	P1_BGA_BACKGROUND	MegaColegio Claveriano Fe	PM2.5 - NO2	Background	-73.1295	7.174856	
2	2	P2_PM_BGA_RESIDENCIAL	Estacion red AMB Ciudadela:	PM2.5 - NO2	Residencial	-73.123976	7.106701	
3	3	P3_PM_BGA_RESIDENCIAL	Estacion red AMB Lagos del	PM2.5 - NO2	Residencial	-73.103879	7.099725	
4	4	P4_PM_BGA_RESIDENCIAL	Edificio Solarium Cra 39 42-:	PM2.5 - NO2	Residencial	-73.107619	7.121331	
5	5	P5_PM_BGA_RESIDENCIAL	Centro de Salud San Rafael.	PM2.5 - NO2	Residencial	-73.135002	7.139142	
6	6	P6_PM_BGA_RESIDENCIAL	Parroquia Chiquinquirá. Cal	PM2.5 - NO2	Residencial	-73.118182	7.133268	
7	7	P7_PM_BGA_RESIDENCIAL	Hospital Local del Norte	PM2.5 - NO2	Residencial	-73.134683	7.149098	
8	8	P8_PM_BGA_RESIDENCIAL	Parque Morrórico. Estación	PM2.5 - NO2	Residencial	-73.106715	7.132899	

Figura 84. Campos importantes de la capa de Sitios de monitoreo

De la misma manera se hará con las tablas de las variables, teniendo siempre la precaución de revisar que los datos correspondan siempre a los monitores asignados, ya que no todos los radios de zonas de influencia (Buffers) lograron intersecar datos. Por otra parte, el orden en que se ubicarán los datos copiados provenientes de las tablas y sus respectivos encabezados están consignados en la Tabla 8.

Tabla 8. Encabezados de variables vinculadas a sitios de monitoreo

VARIABLE	RADIO	ETIQUETA	ENCABEZADO
USO DEL SUELO	100	Comercial	COM100
		Dotacional	DOT100
		Industrial	IND100
		Múltiple	MUL100
		Residencial	RES100
	200	Comercial	COM200
		Dotacional	DOT200
		Industrial	IND200
		Múltiple	MUL200
		Residencial	RES200
	500	Comercial	COM500
		Dotacional	DOT500
		Industrial	IND500
		Múltiple	MUL500
		Residencial	RES500
TIPO DE VÍA	100	Primaria	PRIM100
		Secundaria	SEC100
		Terciaria	TER100
		Local	LOC100
		Troncal	TRO100
	200	Primaria	PRIM200
		Secundaria	SEC200
		Terciaria	TER200
		Local	LOC200
		Troncal	TRO200
	500	Primaria	PRIM500
		Secundaria	SEC500
		Terciaria	TER500
		Local	LOC500
		Troncal	TRO500
DENSIDAD POBLACIONAL	100	Población	POB100
		Densidad	DEN100
	200	Población	POB200
		Densidad	DEN200
	500	Población	POB500
		Densidad	DEN500

Después de realizado el proceso se tiene como resultado la tabla consolidada de los datos procesados de las variables escogidas (Figura 85).

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet titled 'Consolidado-Jorge Herrera...'. The spreadsheet contains a table with the following columns: A (OID), B (PUNTO), C (DESCRIPCION), D (MONITOR), E (TIPO), F (LONGITUD), G (LATITUD), H (COM100), I (DOT100), J (IND100), K (MUL100), L (RES100), M (COM200), N (DOT200), and O (IND200). The rows list various monitoring points (e.g., P1, P10, P11) and their corresponding data values across these variables. The interface includes the standard Excel menu bar (Archivo, Inicio, Insertar, etc.) and a status bar at the bottom.

Figura 85. Tabla consolidada en Microsoft Excel

Esta tabla completa se puede encontrar como archivo anexo al presente procedimiento.

4. BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Bucaramanga (2021). *Archivo POT*. Recuperado en Enero, 2022, de <https://www.bucaramanga.gov.co/bucaramanga-avanza/archivo-pot/>

Colombia OT (s.f.). *Los POT del país*. <https://www.colombiaot.gov.co/pot/>

Concejo de Bucaramanga (Mayo 21, 2014). Acuerdo 011. *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Bucaramanga 2014-2027*. <https://concejobga.cloud/pot-2012-2027/tomo12.pdf>

Congreso de la República de Colombia (Julio 18, 1997). Ley 388. *Ley de Desarrollo territorial*. DO. 43091. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>

Datos Abiertos (s.f.). *Datos abiertos de Colombia*. <https://www.datos.gov.co/>

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE). (2018a). *Manual de uso del marco geoestadístico nacional en el proceso estadístico*, (1° versión). <https://www.dane.gov.co/files/sen/lineamientos/manual-uso-marco-geoestadistico-nacional-en-proceso-estadistico.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de estadísticas (DANE). (2018b). *Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV – 2018*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>

ENV.2007.1.2.2.2. European cohort on air pollution. (2008). *ESCAPE: Study manual*. <http://www.escapeproject.eu/manuals/>

Esri Colombia (s.f.). *ArcGIS Desktop*. <https://www.esri.co/es-co/productos/arcgis-desktop/inicio>

Garmendia Zapata, M. (2018). *Bases de datos en Microsoft Excel: Diseño y Administración. Nociones básicas relacionadas con el campo ambiental*.

Gómez, M. D. (2013). Bases de datos. MB Manuela Mejía, Entrevistador.

Geoportal DANE (2017). *Descarga del Marco Geoestadístico Nacional (MGN)*. Recuperado en Agosto, 2020 de <https://geoportal.dane.gov.co/servicios/descarga-y-metadatos/descarga-mgn-marco-geoestadistico-nacional/>

Geoportal DANE (2021). *Descarga de datos geoestadísticos*. Recuperado en Mayo, 2023 de <https://geoportal.dane.gov.co/servicios/descarga-y-metadatos/datos-geoestadisticos/>

Hoek, G. (2017). Methods for Assessing Long-Term Exposures to Outdoor Air Pollutants. *Curr Envir Health Rpt* 4, 450–462. <https://doi.org/10.1007/s40572-017-0169-5>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (Mayo 11, 2020). Resolución 471. *Especificaciones técnicas que deben tener los productos de la cartografía básica*. <https://www.igac.gov.co/transparencia-y-acceso-a-la-informacion-publica/normograma/resolucion-no-471-de-2020>

Londoño, L., & Cañón, J. (2015). Metodología para la aplicación de modelos de regresión de usos del suelo en la estimación local de la concentración mensual de PM10 en Medellín – Colombia. *Revista Politécnica*, 11(21), 29–40.

OpenStreetMap (s.f.). *¡Bienvenido a OpenStreetMap!* <https://www.openstreetmap.org/>

Origen Nacional (s.f.). *Otras formas de conversión masiva*. <https://origen.igac.gov.co/herramientas.html>

QGIS (s.f.). *QGIS, Un sistema de Información Geográfica Libre y de Código Abierto*. <https://qgis.org/es/site/>