

**PRIORIZACIÓN VIAL COMO INSUMO PARA LA GESTIÓN DE LA INVERSIÓN
DE LOS RECURSOS PÚBLICOS EN LA RED VIAL DEL VALLE DEL CAUCA
ELABORACIÓN DEL PLAN PILOTO - MUNICIPIO DE GUADALAJARA DE
BUGA 2018**

ANDRÉS ORLANDO LÓPEZ MEJÍA
JUAN FERNANDO VÁSQUEZ GUZMÁN

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
SANTIAGO DE CALI
2019

**PRIORIZACIÓN VIAL COMO INSUMO PARA LA GESTIÓN DE LA INVERSIÓN
DE LOS RECURSOS PÚBLICOS EN LA RED VIAL DEL VALLE DEL CAUCA
ELABORACIÓN DEL PLAN PILOTO - MUNICIPIO DE GUADALAJARA DE
BUGA 2018**

POR:
ANDRÉS ORLANDO LÓPEZ MEJÍA
JUAN FERNANDO VÁSQUEZ GUZMÁN

Trabajo de tesis para optar al título de:
Ingeniero Topográfico

Directores:
PhD. CIRO JARAMILLO MOLINA
Profesor Asociado

ING. ANDRÉS FELIPE ASTUDILLO
Director Técnico Geosoluciones DAJ SAS

UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
SANTIAGO DE CALI
2019

NOTA DE APROBACIÓN

El trabajo de grado titulado “PRIORIZACIÓN DE LA INVERSIÓN DE LOS RECURSOS PÚBLICOS EN LA RED VIAL DEL VALLE DEL CAUCA ELABORACIÓN DEL PLAN PILOTO - MUNICIPIO DE GUADALAJARA BUGA 2018.”, presentado por los estudiantes Andrés Orlando López Mejía y Juan Fernando Vásquez como requisito parcial para optar el título de Ingeniera Topográfica, fue aprobado por:

Director de Tesis.

Co - Director de Tesis.

Jurado 1.

Jurado 2.

Dedicatoria

A Dios en primera instancia por no apartarse de mi camino, a mi esposa por ser un apoyo incondicional en este largo proceso, a mi familia por ser el motor que me motiva a seguir adelante, y a Geosoluciones DAJ por confiar en nosotros.

Juan Fernando Vásquez Guzmán

Agradezco a Dios por ser mi apoyo y mi sustento en todos los proyectos de mi vida, por demostrarme que siempre esta conmigo y llena mi vida de regalos aun sin merecerlos, a mi familia por ser el motor que motiva mi vida para ser cada día más exitoso y en especial a Geosoluciones que me cobijó desde sus inicios y me ha hecho crecer personal y profesionalmente.

Andrés Orlando López Mejía

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	2
2	OBJETIVOS	3
2.1	OBJETIVO GENERAL	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
4	JUSTIFICACIÓN	4
5	MARCO CONCEPTUAL	5
5.1	SISTEMA DE REFERENCIA	5
5.2	MARCO DE REFERENCIA	5
5.3	GPS	5
5.4	PROYECCIONES CARTOGRAFICAS	6
5.5	ELIPSOIDE:	6
5.6	GEOIDE:	6
5.7	DATUM:	7
5.8	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	7
5.9	RED VIAL	7
6	MARCO LEGAL	8
7	ANTECEDENTES	9
8	MARCO METODOLÓGICO	13
8.1	REQUERIMIENTOS PRELIMINARES	13
8.1.1	DIAGNOSTICO DE LA INFORMACION	13
8.1.2	CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	13
8.1.3	GESTION DEL RECURSO FISICO Y TECNOLOGICO	14
8.1.4	GESTION DEL TALENTO HUMANO	18
8.1.5	CONSTITUCION DEL SISTEMA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO	19
8.1.6	PLAN DE SEGURIDAD DE INFORMACION	19
8.1.7	INDUCCION DEL PROYECTO AL PERSONAL	19
8.1.8	ELEMENTOS A TENER EN CUENTA PARA CAPTURA DE DATOS DE CAMPO:	20

8.1.9	ELEMENTOS A TENER EN CUENTA PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION CAPTURADA EN CAMPO:	22
8.2	DETERMINACION DE LA RED VIAL RURAL MUNICIPAL A PRIORIZAR	22
8.2.1	EDICIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SECUNDARIA	23
8.2.2	SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO EN LAS ALCALDÍA (I MESA):	24
8.2.3	VALIDACION Y VERIFICACION DE LAS VIAS A INVENTARIAR MEDIANTE MESA DE TRABAJO CON EL MUNICIPIO (II MESA):	25
8.2.4	PREPARACION DE LA INFORMACION PRE-CAMPO:	25
8.3	CAPTURA DE DATOS EN CAMPO.	26
8.3.1	RED DE CONTROL GNSS.	26
8.3.2	CAPTURA DE DATOS EN CAMPO DE LOS ELEMENTOS Y CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS VIAS.	27
8.4	POST-PROCESO	29
8.4.1	POST-PROCESO DE BASES GNSS:	29
8.4.2	POST-PROCESO DE ARCHIVOS DE LOS EQUIPOS DE MANO (COLECTORES):	34
8.5	DIGITALIZACIÓN.	35
8.5.1	INSUMOS	35
8.5.2	CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS ESPACIAL	35
8.6	PRIORIZACIÓN.	50
8.6.1	GEOPROCESAMIENTO	53
9	RUTAS CRÍTICAS	57
9.1	REQUERIMIENTOS PRELIMINARES Y DETERMINACION DE LA RED VIAL RURAL MUNICIPAL A PRIORIZAR:	57
9.2	CAPTURA DE DATOS EN CAMPO	58
9.3	POST-CAMPO	59
10	RESULTADOS Y ANÁLISIS	60
11	RECOMENDACIONES	72
12	CONCLUSIONES	73
13	CRONOGRAMA	75
14	BIBLIOGRAFIA	76
15	ANEXOS DIGITALES	78

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Municipio de Guadalajara de Buga/Valle del Cauca con sus vías validadas.....	14
Ilustración 2 Especificaciones Técnicas Mobile Mapper 50.....	17
Ilustración 3 Organigrama.....	18
Ilustración 4. Capacitación en campo	21
Ilustración 5. Verificación de PDOP y Recepción de Satélites	22
Ilustración 6. “Antes” y “Después” de editar la capa de vías.....	24
Ilustración 7. Método de posicionamiento GPS.....	28
Ilustración 8. Bases localizadas en el municipio de Guadalajara de Buga	28
Ilustración 9. Formulario para la solicitud de datos Rinex manejados por Geored	30
Ilustración 10. Procesamiento en el software Leica Geo Office.....	32
Ilustración 11. Carpeta entregable de las bases GNSS	32
Ilustración 12. Procesamiento con el software Mobile Mapper Office 5.0.....	34
Ilustración 13 Carpetas generadas para el almacenamiento de las fotografías.....	40
Ilustración 14 Perfil de la vía 25VL17-BUGA - LA HABANA - TRES ESQUINAS.....	50
Ilustración 15. Vías codificadas y validadas - Mesa de trabajo II.....	61
Ilustración 16. Desviación estándar del posicionamiento GNSS	63
Ilustración 17. Total, de elementos inventariados	66
Ilustración 18. Distribución de la red vial de Buga de acuerdo al tipo de terreno	67
Ilustración 19. Distribución de la red vial de Buga de acuerdo al tipo de superficie	67
Ilustración 20. Distribución de la red vial de Buga de acuerdo al estado	68
Ilustración 21. Prioridad de Vías.	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de priorización de vías terciarias	12
Tabla 2 Recursos físicos y tecnológicos.	14
Tabla 3. Comparación de equipos GNSS para captura de elementos viales	15
Tabla 4 Especificaciones Técnicas POLAR X2 – SOUTH.....	16
Tabla 5. Capas según la resolución 1321 2018 del Ministerio de Transporte.....	20
Tabla 6. Capas complementarias de apoyo.	20
Tabla 7. Construcción de capas oficina.....	20
Tabla 8. Estructura de datos de los Shapefiles de las vías validadas y abscisados.	25
Tabla 8. Estructura de datos de los Shapefiles de las vías validadas y abscisados (Continuación)	26
Tabla 9. Reporte de las bases GNSS	33
Tabla 10. Ejemplo de reporte de tramo levanto por vía.....	35
Tabla 11. Atributos de la capa EJES.....	36
Tabla 12. Atributos de capa PRS.....	38
Tabla 13. Atributos de la capa FOTOEJE	39
Tabla 14. Atributos de la capa PUENTES.....	40
Tabla 15. Atributos de la capa MUROS	42
Tabla 16. Atributos de la capa TUNELES	42
Tabla 17. Atributos de la capa SITIOSCRITICOS	43
Tabla 18. Atributos de la capa OBRASDRENAJE.....	44
Tabla 19. Atributos de la capa PROPIEDADES	46
Tabla 20 Matriz Diagnóstico:.....	51
Tabla 21. Matriz Resumen	52
Tabla 22. Capas requeridas para Priorización.	53
Tabla 23. Atributos de TIPO_SUPERFICIE_RODADURA	54
Tabla 24. Atributos de CONECTIVIDAD_OTRAS_VIAS	54
Tabla 25. Atributos de ESTADO_VIA.....	55
Tabla 26. Atributos de POBLACION_BENEFICIADA.....	55
Tabla 27. Atributos de CENTROS_SOCIALES.....	55
Tabla 28. Atributos de VOLUMEN_TRANSITO.....	56
Tabla 29. Atributos de PRODUCTIVIDAD.....	56
Tabla 30. Atributos de PRIORIZACION_TERCIARIA.....	57
Tabla 31 Actividades ruta crítica (en las 3 primeras atapas)	59
Tabla 32 Índices de riesgo	60
Tabla 33 Resultado de las pruebas con GPS POLAR X2 – SOUTH.....	60
Tabla 34 Resultado de las pruebas con GPS MOBILE MAPPER 50 – SPECTRA GEOSPATIAL	61
Tabla 35. Bases GNSS del levantamiento del municipio de Guadalajara de Buga	62
Tabla 36. Cumplimientos de los estándares establecidos por el IGAC	63
Tabla 37. Elementos por vía.	64
Tabla 37. Elementos por vía (Continuación)	65
Tabla 38. Kilometraje de las principales características viales del municipio de Guadalajara de Buga	66

Tabla 39 Resultado Transito promedio diario entregado por Grupo Vial (Insumo para la priorización)	68
Tabla 40. Puntaje y priorización por vía	70
Tabla 41. Cronograma de actividades, plan de trabajo integral.....	75
Tabla 41. Cronograma de actividades, plan de trabajo integral (Continuación).....	76

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. CONPES 3857 de 2016	78
ANEXO B. Resolución 1321 del 30 de abril de 2018.....	78
ANEXO C. Acciones Preventivas del Trabajo - APT	78
ANEXO D. Instructivo para las fases operativas	78
ANEXO E. Formato De Revisión De Información Secundaria.....	78
ANEXO F. Formato de inspección de pre uso.....	78
ANEXO G. Mapas y Perfiles resultado del inventario vial	78
ANEXO H. Metodología TPD.	78
ANEXO I. MINFRA-IN-PV-1 “Instructivo Para La Matriz Priorización De Vías Terciarias”	78

RESUMEN

El documento muestra las experiencias en la construcción del plan piloto en el municipio de Guadalajara de Buga en el marco de un contrato suscrito con la Gobernación del Valle del Cauca denominado “Mejoramiento de la eficiencia técnica para la priorización de los recursos públicos en la red vial del Valle del Cauca”, basado en la metodología para reportar información al SINC “Sistema integral Nacional de Información de Carreteras”, en los lineamientos dictados en la resolución 01321 de 2018 y del instructivo para la priorización de vías terciarias MINFRA-IN-PV-1, detallando una metodología guiada por la norma y generando un cronograma tipo para replicar en los 39 municipios restantes teniendo en cuenta las fases de planificación, captura de información, procesamiento y resultados.

Palabras clave: Inventario, Priorización, Red vial, Buga, Valle del Cauca.

ABSTRACT

The document shows the experiences in the construction of the pilot plan in the municipality of Guadalajara de Buga in the framework of a contract signed with the Government of Valle del Cauca called "Improvement of technical efficiency for the prioritization of public resources in the road network Valle del Cauca, based on the methodology to report information to the SINC "Comprehensive National Highway Information System", the guidelines dictated in resolution 01321 of 2018 and the instructions for the prioritization of the tertiary roads MINFRA-IN-PV-1, the information guided by the standard and the generation of the schedule to replicate in the 39 municipalities taking into account the phases of planning, information capture, processing and results.

Keywords: Inventory, Prioritization, Road network, Buga, Valle del Cauca.

1 INTRODUCCIÓN

El siguiente documento describe a rasgos generales el marco metodológico, alcances y productos obtenidos en la construcción del plan Piloto, de acuerdo con lo estipulado en el contrato 1.310.02-59.1 – 2429 del 27 de febrero de 2018, “MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA TÉCNICA PARA LA PRIORIZACIÓN DE LA INVERSIÓN DE LOS RECURSOS PÚBLICOS EN LA RED VIAL DEL VALLE DEL CAUCA”, aplicando una metodología de trabajo con base en el proceso general para reportar información que conforma el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras SINC – Versión 3” Resolución No. 1321 de 2018 del Ministerio de Transporte, donde finalmente, se adopta la metodología de priorización establecida por el INVIAS (Para vías de tercer orden) que se encuentra en el documento MINFRA-IN-PV-1 “INSTRUCTIVO PARA LA MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE VÍAS TERCARIAS.

Geosoluciones DAJ S.A.S, empresa consultora encargada de la ejecución del contrato, contando con el aval de la interventoría y supervisión del proyecto, determinó que el municipio de Guadalajara de Buga era idóneo para realizar las pruebas y adelantar el proyecto en su fase inicial, debido a que este municipio cuenta con características físicas y geomorfológicas comunes a las presentes en las vías de los 39 municipios restantes, teniendo en cuenta que la ubicación geográfica permitiría estimar valores promedios de costos, desplazamientos, recurso humano e imprevistos.

En la implementación del plan piloto se diagnosticó la información suministrada por la alcaldía de Buga, además, se evaluaron los tiempos de ejecución, precisión de los equipos utilizados y el rendimiento del personal en campo para la captura de los datos en campo y en oficina para el procesamiento de la información, teniendo en cuenta las condiciones ambientales, operacionales y técnica, estableciendo una ruta crítica que permitiera extrapolar los posibles imprevistos dentro la ejecución de un proyecto macro.

El inventario vial realizado demostró que el municipio cuenta con 61 tramos viales correspondientes a 270.83 km. Con los resultados de este estudio se logró obtener los diferentes productos exigidos por la norma 1321 de 2018 y MINFRA-IN-PV-1, como son, capas geográficas, bases de datos geoespaciales y la matriz de priorización vial la cual arrojó que 59 vías tienen una prioridad media, 1 tiene prioridad baja y tan solo una vía tiene una prioridad alta, además se generaron perfiles longitudinales de cada vía y planos clasificados por variable que sirven como herramienta para entender como están constituidas de las vías del municipio.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el inventario y priorización vial del municipio de Guadalajara de Buga, dentro del contrato de consultoría No. 1.310.02-59.1-2429 (MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA TÉCNICA PARA LA PRIORIZACIÓN DE LA INVERSIÓN DE LOS RECURSOS PÚBLICOS EN LA RED VIAL DEL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Socializar el proyecto con los representantes designados por la Alcaldía con el fin de dar a conocer el alcance, beneficios y requerimientos del mismo.
- ✓ Determinar el tipo de equipos a utilizar según su nivel de precisión, capacidad, duración de batería y operatividad.
- ✓ Definir la metodología de campo y post campo a aplicar en los 40 municipios objeto del contrato, basado en el Anexo técnico (Resolución 1321 de 2018).
- ✓ Realizar el inventario vial de los tramos viales validados en el municipio de Guadalajara de Buga y así corroborar la metodología adoptada.
- ✓ Incorporar los resultados del cálculo del Tráfico Promedio Diario - TPD, como insumo para la priorización.
- ✓ Construir un plan de trabajo y cronograma que sea replicable a los 39 municipios restantes.

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia desde el 2008 se encuentra a la expectativa de grandes promesas de desarrollo en el tema de infraestructura vial, el gobierno nacional ha planeado proyectos de gran envergadura como lo son las carreteras 4G que permitirían conectar de una manera eficiente las grandes urbes facilitando el tránsito de personas y mercancías en tiempos más cortos y a menores costos (Rojas Diana, 2016).

Para que este sistema funcione de una manera adecuada, es necesario articular las vías secundarias y terciarias, que por su estado actual de deterioro propician al bajo crecimiento de la economía agrícola e impiden el desarrollo económico de la zona rural (Rojas Diana, 2016).

La red terciaria del país consta de 142.284 kilómetros, de los cuales 27.577 están a cargo de la Nación, 13.959 corresponden a los departamentos y 100.748, a los municipios (Acosta & Alarcón, 2017). De los más de 140 mil kilómetros, solo el 25% está en relativo buen estado, mientras el 6% cuenta con algún tipo de pavimento. El Departamento Nacional de Planeación (DNP), admitió ante el Congreso Nacional de Infraestructura que el 36,6% de esas vías rurales se encuentra en pésimas condiciones, es decir, que son caminos de

herradura, lo que no permite a muchas zonas alcanzar algún nivel de progreso y menos tener conectividad con las autopistas que conectan a las grandes ciudades.

El Instituto Nacional de vías calculó que se requerirían 50 billones de pesos para lograr los cambios requeridos y planeados hasta el 2030, lo que exigiría inversiones de 3,3 billones al año durante 15 años. Esto, si se logra un manejo de los recursos absolutamente transparente INVIAS (2015).

El gobierno nacional en su política de desarrollo creó el CONPES 3857 (2016) para destinar recursos de regalías (10 billones de pesos) a los diferentes municipios y poder mejorar la malla vial secundaria y terciaria del país, sin embargo, a pesar de los esfuerzos del gobierno la mayoría de los municipios se han visto afectados al no contar con los insumos necesarios para solicitar dichos recursos, tales como categorización vial, inventarios y matrices de priorización para la inversión vial.

La Gobernación del Valle del Cauca ha tenido la iniciativa de proveer a 40 de sus 42 municipios quienes no contaban con los insumos requeridos para solicitar recursos al DNP para mejorar sus vías secundarias y terciarias, por esta razón se ejecutó el proyecto piloto en el municipio de Guadalajara de Buga, municipio que cuenta con características viales presentes en la mayoría de los municipios del departamento.

De lo anterior, se puede concluir que hasta la fecha el país está destinando recursos para el desarrollo de sus municipios en el ámbito de infraestructura vial sin tener un insumo de precisión que evalúe y caracterice el estado y priorización de las vías rurales, de aquí que, toda la información suministrada al ministerio de transporte, que alimente su Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras - SINC – servirá como herramienta que soporte las decisiones en cuanto a la destinación de recursos.

4 JUSTIFICACIÓN

Para alcanzar los metas de desarrollo a los que el país quiere llegar y teniendo como objetivo principal la inversión en infraestructura vial, se hace necesario contar con información georreferenciada que permita conocer el estado actual de las vías en todos los municipios.

Según la norma, que además de formular los lineamientos técnicos que se deben seguir para reportar la información al SINC, determina los tiempos límite en los que se debe entregar esta información (31/12/2019), por lo cual se debe llevar a cabo una categorización, inventario y priorización de las vías de segundo y tercer orden que servirán para conectar las troncales principales (vías 4G) que se desarrollarán a lo largo del país (Quintero, 2011).

Una vez consolidadas las bases de datos en el SINC, se tendrá una herramienta confiable para la priorización de inversiones en los municipios, distritos especiales y departamentos.

Es importante la contextualización mediante un sistema de información geográfica, por cuanto la priorización vial se hace teniendo en cuenta variables ambientales, económicas (agricultura y minería), técnicas y sociales, que finalmente permiten conocer las necesidades de las poblaciones y la cantidad de recursos que se deben disponer para satisfacerlas.

5 MARCO CONCEPTUAL

5.1 SISTEMA DE REFERENCIA

Es un conjunto de lineamientos teórico-matemáticos que definen ciertos parámetros numéricos, de constantes geométricas y físicas sobre los cuales se determina la forma y tamaño de la tierra con su respectiva escala y orientación a fin de establecer coordenadas sobre la superficie; tal recurso a nivel global se denomina Sistema de Referencia Internacional Terrestre (ITRS por sus siglas en inglés) (IGAC, 2004).

5.2 MARCO DE REFERENCIA

El Marco de Referencia Internacional Terrestre (ITRF por sus siglas en inglés), que no es más que la materialización o realización del ITRS mediante una red de puntos de precisión (vértices geodésicos) que son calculados usando las directrices del Sistema de Referencia Global. Dicha red se mide por medio de equipos de recepción satelital (GPS – GNSS) donde se capturan y almacenan datos, estos provienen de la observación y seguimiento de cuerpos celestes y satélites artificiales que se consideran fijos en el espacio u orientadores para ubicarse en el entorno.

El marco ITRF es de alcance global, por lo que para ganar especificidad a nivel infraestructural y procedimental existen diferentes densificaciones continentales del mismo. Particularmente, la densificación para nuestro continente se denomina como “Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS)”. Siguiendo el orden de ideas acerca de la materialización de dicho sistema, se tiene que para Colombia existe una densificación de SIRGAS denominada “Marco Geocéntrico Nacional de Referencia (MAGNA-SIRGAS)”. Como tal las densificaciones suponen un aumento de estaciones de seguimiento que deben estar amarradas o en concordancia con las estaciones primarias del ITRF (IGAC, 2004).

5.3 GPS

Sistema de Posicionamiento Global (más conocido con las siglas en inglés GPS) es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) el cual permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, con una precisión hasta de centímetros usando GPS diferencial, aunque lo habitual son unos pocos metros. El sistema fue desarrollado e instalado, y actualmente es operado, por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (Xu, 2010).

5.4 PROYECCIONES CARTOGRAFICAS

Son transformaciones matemáticas que permiten representar (proyectar) a la esfera en el plano, y convertir las coordenadas geográficas (latitud & longitud) en coordenadas cartesianas (x & y). Este proceso conlleva distorsiones de la superficie original en 3 dimensiones, al convertirse a una superficie plana de dos dimensiones.

Proyección Conforme: conserva el ángulo entre dos puntos medidos en la superficie de referencia y en el mapa, si no lo conserva se dice que la proyección tiene anamorfosis angular.

Proyección Equidistante: conserva las distancias; en todo el mapa no se cumple esta propiedad, pero debido a la escala, se puede considerar que las deformaciones son tan pequeñas que se admiten como tolerables, cuando la proyección no cumple esta propiedad tiene anamorfosis lineal.

Proyección Equivalente: conservan las superficies, cuando no lo cumplen tienen anamorfosis superficial.

Proyección Afiláctica: no conservan ninguna de las propiedades anteriores, pero tienen valores tolerables para determinadas zonas.

Se ha adoptado para la cartografía oficial el sistema de proyección Gauss-Krüger, que se trata de una proyección conforme, cilíndrica y transversal. La primera propiedad permite representar los objetos espaciales conservando las formas, donde la transferencia analítica del elipsoide al plano se efectúa sobre un cilindro tangente a un meridiano (Patricia Snaider, 2010).

5.5 ELIPSOIDE:

Superficie matemática que permite la relación biunívoca entre el sistema de coordenadas cartesiano y el sistema de coordenadas geodésico correspondiente, es la figura geométrica que más se ajusta a la forma de la tierra, debido al producto de la rotación de la tierra que produce el achatamiento polos, esta forma difiere ligeramente de la esfera (Snaider, 2010).

5.6 GEOIDE:

Cuerpo de forma casi esférica, aunque con un ligero achatamiento en los polos definido por la superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre (superficie gravimétrica), difiere ligeramente del elipsoide (la gravedad varía con el relieve superficial y submarino), esta superficie es una forma física que no tiene asociada ninguna expresión matemática pero que permite tener las ondulaciones para poder calcular con precisión las alturas basándose en el nivel medio del mar como cota cero (Snaider, 2010).

5.7 DATUM:

Conjunto de puntos de referencia en la superficie terrestre con los cuales se toman las medidas de posición, hace parte de la definición de sistemas de referencia que describen el tamaño y la forma de la Tierra (Geodesia) (Snaider, 2010).

5.8 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El Sistema de Información Geográfica “SIG”, es un conjunto de herramientas que permiten realizar operaciones de forma eficiente, relacionando diferentes componentes (usuarios, hardware, software, procesos), donde interactúan los sistemas de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión (Goodchild, 1990).

Se pueden distinguir tres fases en la evolución de los SIG: (Fallas, 1996):

- ✓ Fase de Inventario. Esta fase se caracteriza por las aplicaciones relacionadas con grandes inventarios de datos, como los inventarios de redes públicas, inventario de redes de transporte, o el catastro.
- ✓ Fase de Análisis. En esta fase los SIG son capaces de resolver preguntas más complejas, que exigen relacionar distintas capas de información y utilizar técnicas estadísticas y de análisis espacial. Ejemplo la localización de rellenos sanitarios, ubicación de centros de atención, supermercados, etc.
- ✓ Fase de Gestión. Está orientada hacia la gestión y la decisión, se hace énfasis en análisis espacial sofisticado y en la modelización.

5.9 RED VIAL

La Red Vial Nacional de Carreteras hace parte de la infraestructura de transporte encargada al Gobierno Colombiano y cumple la función básica de integración de las mayores zonas de producción y de consumo, clasificada en 3 grandes grupos:

Red Principal o de Primer Orden: Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y de consumo del país y de éste con los demás países (A cargo de la nación).

La Red Secundaria o de Segundo Orden: Aquellas vías que unen cabeceras municipales entre si y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una principal (A cargo de departamentos).

La Red Terciaria o de Tercer Orden: Aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas, o unen veredas entre sí (a cargo de los municipios).

La Red Nacional de Carreteras es la red vial de Colombia regulada por el Ministerio de Transporte Colombiano mediante el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) y sus direcciones territoriales (Decreto 1735 de agosto de 2012) y a veces delegadas a empresas privadas por concesión.

6 MARCO LEGAL

A continuación, se delimitan las normas que regulan las actuaciones en desarrollo del objeto contractual:

- a. Resolución 339 del 26 de febrero 1999 del Ministerio de transporte, por la cual se establece la nomenclatura de las carreteras a cargo de la Nación y algunas a cargo de los entes territoriales y se dictan otras disposiciones.
- b. Resolución 068 del 28 de enero de 2005 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. "Por la cual se adopta como único datum oficial de Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNA-SIRGAS".
- c. ISO DIS 19131: 2006, Geographic Information – Data product specifications.
- d. Ley 1228 de 2008, por la cual se determinan las fajas mínimas de retiro obligatorio o áreas de exclusión para las carreteras del sistema vial nacional, se crea el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras "SINC" como sistema público único nacional conformado por toda la información correspondiente a las carreteras a cargo de la Nación, de los departamentos, los municipios y los distritos especiales.
- e. Norma Técnica Colombiana NTC 5662 2010 - Información Geográfica – Especificaciones Técnicas de productos geográficos.
- f. NTC 5798:2011, Información Geográfica. Referencia espacial por coordenadas.
- g. Resolución 399 del 17 de junio de 2011 del IGAC. "Por la cual se definen los orígenes cartográficos para la proyección Gauss - Krüger, Colombia (Transverse Mercator)".
- h. Resolución 1860 del 29 de mayo 2013 del Ministerio de Transporte, por la cual se adopta la Metodología General para reportar la información que conforma el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras "SINC" – Versión 1.
- i. Resolución 1274 del 6 de abril de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se modifica la Resolución número 1527 de 2012 y se dictan disposiciones para aquellas vías que se encuentren dentro de zonas protegidas.
- j. Resolución 1067 del 23 de abril 2015 del Ministerio de Transporte, por la cual se modifica la Resolución 1860 del 29 de mayo de 2013 y se adopta la Metodología

General para reportar la información que conforma el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras “SINC” – Versión 2.

- k. CONPES 3857 del 25 de abril 2016 el cual formula los lineamientos para la gestión de la red vial terciaria a cargo de los municipios, los departamentos y la nación. Tiene en cuenta que el aspecto más relevante que ha predominado en la gestión vial regional, y que ha incidido como causa específica en el deterioro de las carreteras terciarias, es la carencia de una política para mantener y conservar la red vial regional en buen estado.
- l. Resolución 5574 del 20 de diciembre 2016 del Ministerio de Transporte, por la cual se prorroga el término establecido en el numeral 6.6.1 del documento denominado Metodología General para reportar la información que conforma el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras “SINC” – Versión 1, adoptada por la Resolución 1860 de 2013 y modificada por la Resolución 1067 de 2015.
- m. Resolución 1528 del 23 de mayo 2017 del Ministerio de Transporte, por la cual se implementa el Sistema de Administración de Puentes de Colombia SIPUCOL de la red vial Nacional, la ficha de información de SIPUCOL y se dictan otras disposiciones.
- n. La Resolución 1321 del 30 de abril 2018 del Ministerio de Transporte, por la cual se amplía el plazo para reportar la información que conforma el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras “SINC” hasta el 31 de diciembre 2019 de conformidad con la metodología general para reportar la información que conforma el “SINC” – Versión 3, adoptada por la Resolución 1860 de 2013 y modificada por la Resolución 1067 de 2015.)

7 ANTECEDENTES

Según Jeyapalan (2004), existen diferentes métodos para la obtención de datos de campo para inventarios viales, entre los que se encuentran, trabajos con estación total, registro con sistemas de posicionamiento global (GPS), fotogrametría con video-captura y realidad virtual, en vías urbanas y rurales, información con la cual se puede estructurar un SIG que podría integrar los resultados de uno o varios de los métodos de captura dependiendo de las necesidades del usuario, en los que, la precisión con estación total está en el orden de 1 a 8 metros, con GPS de 1 a 15 metros y con las imágenes de video de 1 a 8 metros; esta precisión puede ser menor dependiendo de los equipos, las condiciones climáticas y de las habilidades del operador. Aclara que, el tiempo que se gasta en campo en la captura de información con estación total y con GPS es superior a la que consume un trabajo fotogramétrico transportado de manera terrestre, pero que, asimismo, el tiempo que se gasta en oficina calibrando, ajustando y corrigiendo mediante procesos fotogramétricos es mayor. La realidad virtual se puede usar para visualizaciones 3D con propósitos de modificaciones o ajustes.

La construcción de una milla de vía promedio para este año (2000), puede costar \$15.000 a \$20000 dólares, mientras que su medición menos de \$1000, esto depende de la precisión o escala a la que se tome la información, donde dicha precisión no es la misma para vías rurales o vías urbanas. El trabajo con estación total es más preciso, pero puede ser más costoso que los otros métodos mencionados.

El trabajo con DGPS puede ser más productivo que los otros métodos, pero se debe tener en cuenta que las obstrucciones por edificios o arboles pueden dañar la precisión o no permitir la captura, también, la obtención de alturas de árboles, postes, señales de tránsito, entre otras no son fácil de obtener con este método, además de ser un método que consume mucho tiempo en campo.

El método de video captura, que se ejecuta utilizando cámaras digitales, GPS, sistemas de navegación inercial (INS) y sensores, está siendo utilizado para inventarios y verificación visual de características, estando disponible con costos muy asequibles, donde los GPS no pueden registrar información y donde los trabajos con estación total resultan muy costosos. Como desventaja se puede marcar que el método con fotogrametría terrestre se condiciona a lo visual, por lo que las características necesarias para los inventarios viales como alturas de muros, de puentes, o diámetro de tuberías en obras no quedarían registradas en las fotografías.

La priorización de recursos para el mejoramiento de la infraestructura vial es una herramienta la cual muchos gobiernos han implementado para optimizar el gasto público y satisfacer las necesidades de movilidad de la población.

Para lograr una adecuada priorización y que realmente apoye la toma de decisiones que aporten al desarrollo económico y social, los mismos deben ser acorde a las actividades que producen dicho desarrollo, como la producción agrícola, turismo, visita a áreas protegidas, zonas que presentan subdesarrollo (Serrano, 2015)

Antes de la ejecución de un proyecto se debe determinar su viabilidad, para lo cual se utilizan técnicas de decisión simples como la utilización del VAN (Valor Actual Neto), el TIR (Tasa Interna de Rentabilidad) o la relación costo – Beneficio, y dependiendo de los resultados se toma la decisión. En otros casos, cuando hay varias alternativas posibles de proyectos, o cuando hay múltiples proyectos y los recursos solo alcanzan para la realización de una parte de ellos, se deben tomar decisiones más complejas que involucran más variables para tomar la decisión (Serrano, 2015).

Existen diferentes modelos y metodologías adoptadas para ayudar en la toma decisiones de priorización vial, el INVIAS en el 2004 implementó el modelo HDM-4 (Highway Design and Maintenance Standards Model), este modelo contempla el proceso de gestión de carreteras en cuanto a las siguientes funciones, planificación – programación – preparación y operaciones.

Cada una de estas funciones se realiza como una secuencia de actividades conocidas como el ciclo de gestión, donde para llevar a cabo cada una se recomienda un análisis integrado del sistema. El ciclo proporciona una serie de pasos bien definidos que ayudan a

tomar las decisiones del proceso de gestión. El proceso de gestión de carreteras en su conjunto puede, por lo tanto, considerarse como un ciclo de actividades que se realizan dentro de cada una de las funciones de gestión.

Dentro de las variables involucradas se encuentran:

Número estructural efectivo SNE:

- Medida de la capacidad del paquete estructural del pavimento ante una determinada sollicitación de cargas dinámicas.
- Se determina a partir de las deflexiones mediante la técnica del retrocálculo.
- Índice de Rugosidad Internacional IRI, es un indicador estadístico de la regularidad superficial del pavimento, representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta, IRI igual a cero) y el perfil longitudinal real existente en el instante de la medida.
- Índice de Deterioro Superficial Is, es un indicador que representa la gravedad y extensión de las fisuraciones y agrietamientos de tipo estructural presentes en el pavimento
- Tránsito Promedio Diario TPD, Número promedio de vehículos que circulan en un corredor vial en un día.

La gestión vial también se ha desarrollado a nivel urbano y como ejemplo de ello, se puede evidenciar el caso de Bogotá DC (Rios Martinez,2008) quien implementó un modelo de gestión similar al adoptado por el Banco Mundial (HDM-4), que es el modelo de estándares de conservación y diseño de carreteras desarrollado por dicha entidad. El modelo simula, para cada tramo de carretera, año a año, las condiciones de la misma y los recursos utilizados para conservación con cada estrategia, así como las velocidades de los vehículos y los recursos físicos consumidos por la operación de vehículos. Una vez estimadas las cantidades físicas necesarias para construcción, las obras y operación de vehículos, se aplican los precios y costos unitarios especificados por los usuarios para determinar los costos financieros y económicos. Luego se hace el cálculo de los beneficios relativos de las diferentes alternativas, seguido del cálculo del valor actual y de la tasa de rentabilidad.

El Sistema de Gestión de la infraestructura de Bogotá D.C. está basado en el funcionamiento coordinado de personal capacitado, de una serie de herramientas computacionales, inventarios viales y de espacio público, componentes cartográficos y acciones de seguimiento y monitoreo incluyendo investigaciones que permitan sostenibilidad.

El sistema de gestión de la infraestructura permite que la Administración Distrital conozca el valor del patrimonio de la malla vial y del espacio público, su magnitud, sus necesidades y disponer de la información sobre composición y características cuadra a cuadra, y de esta manera plantear estrategias de rehabilitación y mantenimiento, así como programar la inversión de recursos de manera óptima, con base en datos más reales.

El ciclo del sistema de gestión inicia con la toma de información de inventario y de diagnóstico de la infraestructura urbana que tiene a cargo el Instituto. Este proceso se realiza mediante tres fuentes: contratos de inventario y diagnóstico efectuados entre el IDU y empresas especialistas en el tema, información suministrada por las empresas constructoras contratadas por el IDU y por visitas técnicas realizadas por funcionarios del IDU.

Posteriormente se pretende amoldarse al sistema HDM-4 para lo cual se realizaron las proyecciones necesarias al sistema mejorando los siguientes módulos: Efectos para los usuarios, modelos de priorización, Análisis económico y efectos sociales y medioambientales.

Finalmente, el DNP adopta la metodología de priorización establecida por el INVIAS haciendo un diagnóstico social, la metodología establecida por el INVIAS en el documento de código MINFRA-IN-PV-1 “INSTRUCTIVO PARA LA MATRIZ PRIORIZACIÓN DE VÍAS TERCARIAS”, la cual se resume en la tabla 1:

Tabla 1. Matriz de priorización de vías terciarias

CRITERIOS		PARAMETROS		
TECNICOS Max 34 Puntos	TIPO DE SUPERFICIE Max 10 Puntos	Pavimentada: Concreto - Asfáltico (2 puntos)	Afirmado, Estabilizado, Placa huella (rieles), empedrado (6 puntos)	Tierra (10 puntos)
	CONECTIVIDAD CON OTRAS VIAS Max 10 Puntos	Una vía nacional (4 puntos)	Una vía departamental (3 puntos)	Otra vía terciaria (1 punto)
		Una vía acuática (1 punto)	Un camino de herradura (1 punto)	
	ESTADO DE LA VIA Max 14 Puntos	BUENO (6 puntos)	REGULAR (10 puntos)	MALO (14 puntos)
SOCIALES Max 36 Puntos	POBLACION BENEFICIADA Max 16 Puntos	Dispersa (menos de 5 viviendas/km) (3 puntos)	Media (de 5 a 10 viviendas/km) (10 puntos)	Concentrada (más de 10 viviendas/km) (16 puntos)
	CENTROS SOCIALES Max 20 Puntos	Centro de salud (6 puntos)	Escuela (5 puntos)	Iglesia, centro religioso o cementerio (2 puntos)
		Sitio recreativo o turismo (5 puntos)	Centro comunitario u otro similar (2 puntos)	
ECONOMICOS Max 30 Puntos	VOLUMEN TRANSITO Max 10 Puntos	Menor a 20 vehículos/día (4 puntos)	Entre 20 y 50 vehículos/día (8 puntos)	Mayor a 50 vehículos/día (10 puntos)
	PRODUCTIVIDAD Max 20 Puntos	Terrenos aledaños a la vía sin cultivos y potencialmente cultivables (4 puntos)	Haciendas y/o fincas de gran extensión cultivadas (agrícola, pecuaria, forestal) (10 puntos)	Pequeñas fincas productoras y/o minifundios cultivados (20 puntos)
PUNTAJE TOTAL Max 100 Puntos				

Fuente: MINFRA-IN-PV-1

8 MARCO METODOLÓGICO

En el plan de trabajo para el municipio de Guadalajara de Buga se identificaron actividades, tiempos, procedimientos, productos y subproductos, para lo cual se crearon 7 fases principales (Requerimientos preliminares, determinación de la red vial rural a priorizar, captura de datos en campo, post-proceso, digitalización, priorización, resultados y análisis) que contienen de forma detallada el procedimiento ejecutado en cada una, ajustadas al cronograma de actividades.

8.1 REQUERIMIENTOS PRELIMINARES

Antes de empezar con la captura de la información de los elementos físicos de las vías, se tuvieron en cuenta diferentes parámetros iniciales que permitieron tener un manejo adecuado del desarrollo del mismo; tanto para las fases de planificación como para las fases operativas. En este capítulo se definen los requerimientos de personal, estudio de equipos GPS y demás equipos tecnológicos, entidades o elementos cartográficos, demostración y análisis en el manejo de los equipos adquiridos, además de la demostración del software para procesar la información capturada en campo.

8.1.1 DIAGNOSTICO DE LA INFORMACION

Como primera medida se realizó un análisis de la norma, aplicada y ejercida actualmente bajo la resolución 1321 del 30 de abril 2018 (Anexo A) la cual amplía los plazos (ley 1228 del 16 de julio de 2008) para que los municipios, distritos especiales y departamentos aporten información al sistema Integral Nacional de Información de Carreteras - SINCR, resolución que además da los lineamientos ajustados para la captura y presentación de dicha información.

Una vez reconocida la estructura de datos que se debían capturar y procesar, se recopiló la información suministrada por la Gobernación del Valle del Cauca para el municipio de Guadalajara de Buga (Bases de datos, Shapefiles y números de contacto), esta información se recopiló, organizó y fue evaluada de acuerdo a la pertinencia, suficiencia y veracidad.

Este proyecto está compuesto por el manejo de información secundaria en un 43% y en 57% de información primaria, la información secundaria hace referencia a toda la información cartográfica obtenida o generada que sirva para la digitalización de los ejes viales y de las referencias principales en cada sitio, además de los resultados obtenidos del tránsito promedio diario TPD realizado por una firma externa; la información primaria hace referencia a todos los datos levantados y procesados con información de primera mano capturada en campo.

8.1.2 CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El plan piloto se llevó a cabo en el municipio de Guadalajara de Buga con coordenadas planas centrales aproximadas 919000N y 1107400E en el sistema de referencia MAGNA

SIRGAS origen Oeste, en su red terciaria o vías rurales se reconocieron 60 tramos con un total de 268.47 Km. validados.

En la ilustración 1 se muestra la imagen con los tramos de vía a inventariar.

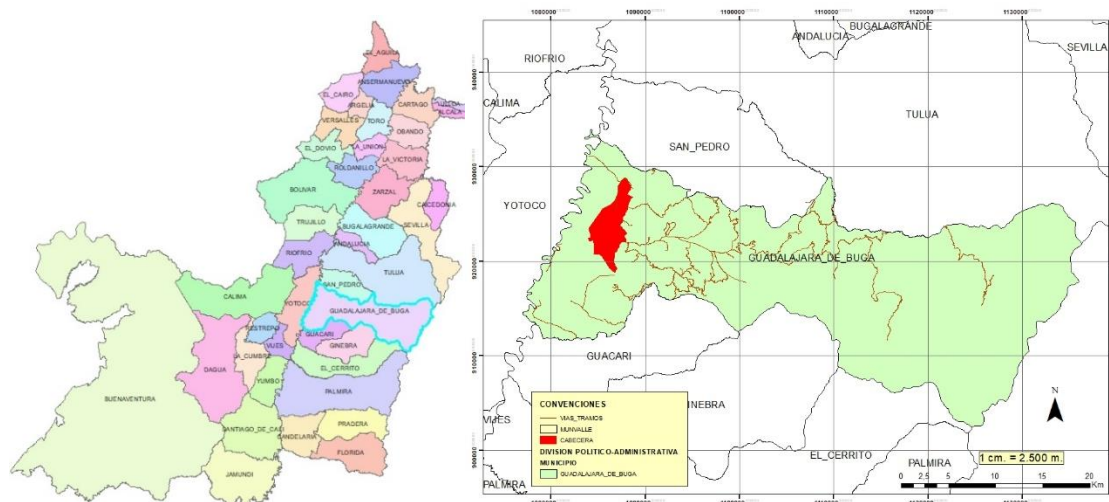


Ilustración 1 Municipio de Guadalajara de Buga/Valle del Cauca con sus vías validadas.

Fuente: Propia

8.1.3 GESTION DEL RECURSO FISICO Y TECNOLÓGICO

Para garantizar una correcta ejecución de las labores de campo y de proceso de información se debía contar con equipos que permitieran tener el máximo rendimiento con las mejores precisiones esperadas según condiciones específicas, para lo cual se describe en la tabla 2 los recursos necesarios para llevar a cabo el inventario y priorización.

Tabla 2 Recursos físicos y tecnológicos.

RECURSO FÍSICO Y TECNOLÓGICO	CARACTERÍSTICAS
GPS submétricos (2).	precisión de posicionamiento submétrica $\leq 5m$. equipo mono frecuencia.
GPS submétricos de alta precisión (2)	Precisión de posicionamiento con post-proceso: Horizontal: $3mm + 0.5 \text{ ppm (emc)}$ Vertical: $6 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm (emc)}$ Equipo doble frecuencia.
Computadores (2)	Procesador ≥ 4 núcleos Memoria RAM $\geq 8 \text{ GB}$ Sistema Operativo = 64 BITS

Tabla 2 Recursos físicos y tecnológicos. (continuación)

RECURSO FÍSICO Y TECNOLÓGICO	CARACTERÍSTICAS
	Disco Duro > = 1 TB
Software de dibujo y SIG	ArcGIS 10.5
Odómetros	Resistente a los diferentes tipos de rodadura y condiciones atmosféricas
Herramienta menor	Herramienta rígida para medir (Flexómetro) Herramienta para podar zonas de difícil acceso (Machete)
Indumentaria	Indumentaria de identificación del equipo de trabajo: Gorra, Chaleco, Carné con los Logos respectivos.

Fuente: Propia

En la tabla 3 se muestra la lista de comparación de los equipos puestos a prueba para la realización del inventario vial, evaluados en sitios con condiciones ideales (mojones de la red de control geodésico para Santiago de Cali), decisión que se tomó obviando que, al tratarse de mismas condiciones para todos los equipos (tiempos de captura, hora, clima, cobertura satelital, etc.) y al hacer el traslado a sitios con condiciones características de la red terciaria en el municipio (sitios encañonados, semi encañonados, con cobertura vegetal o cualquier otro tipo de obstáculo), estos se comportarían de una manera similar pero se disminuiría un poco la precisión.

Tabla 3. Comparación de equipos GNSS para captura de elementos viales

TIPO GPS/REQUERIMIENTOS	PRECISIÓN	DURACIÓN BATERÍA	PROGRAMACION / OPERATIVIDAD	RESISTENCIA AGUA/GOLPES	PESO
POLAR X2 - SOUTH			X	X	
GNSS MOBILE MAPPER 50 (Equipo Empleado)	X	X	X	X	X

Fuente: Propia

En base a las fichas técnicas aportadas en este documento de los dos equipos puestos a prueba, se categorizó como bueno o más conveniente (marcado con una x) los que cumplieran a satisfacción con el resultado esperado.

Para el atributo de Precisión se realizó un análisis con toma de datos en campo poniendo una base con equipo doble frecuencia (STONEX S800) en la placa de la red de control geodésica para Cali 76001136 (N870432.057, E1060170.319, Z960.863 Coordenadas época 1995.4 - N870432.097, E1060170.408, Z961.167 época 2018.8, en el sistema de referencia MAGNA SIRGAS OESTE) ubicada en el estadio de atletismo Pedro Grajales – Canchas Panamericanas.

Los Rover se ubicaron en las placas 76001137 (Cra. 23 con calle 5 B/ Alameda), 76001140 (Cra. 23 con calle 25E B/ El Prado), con tiempos de captura de 30 segundos, 1 minuto, 2 minutos, 3 minutos y 5 minutos, esto con el fin de determinar cuál equipo cumplía con el factor de precisión inferior a 5 metros establecido en la resolución 1321 y cuáles eran las diferencias en metros según el tiempo de captura, sabiendo que este análisis nos serviría posteriormente para determinar con que tiempo obtendríamos la precisión requerida. De acuerdo a PDOP y HRMS, ajustándonos a los lineamientos de norma.

Los puntos obtenidos para cada equipo se descargaron y procesaron mediante el software específico de cada marca.

La tabla 4 muestra las especificaciones técnicas del equipo GPS POLAR X2 del fabricante SOUTH.

Tabla 4 Especificaciones Técnicas POLAR X2 – SOUTH

Especificaciones			
System	Sistema Operativo	WEH6.5(WM 6.5 Versión actualizada)	Android 4.4.2
	Procesador	1 GHz	Quad-Core 1.3GHz
	Almacenamiento	512MB RAM	1GB RAM
		16GB ROM (32GB opcional)	
		Up to 32G extensible	
GNSS	Canales	72	
	GNSS	GPS L1, BD1, GLONASS L1(opcional)	
	Salida de datos	NEMA-0183	
	I/O Protocolo	RTCM2.3(1, 3, 9), RTCM31 etc.	
	Rata de actualización	1Hz	
	Readquisición	<1s	
	Inicio	<30s	
	Precisión	Posicionamiento de un solo punto:5m	
		SBAS:2~5m	
		Diferencial:1~3m	
Multimedia	Cámara	5.0 megapíxeles AF, Con flash	8.0 megapíxel AF, con flash
	Pantalla	Pantalla resistente de 4.3 pulgadas (480×800)	Capacidad de pantalla 4.3inch 480×800
	Sensor	Brújula electrónica, sensor de gravedad, Termómetro, Altímetro de presión atmosférica, sensor de luz and sensor de distancia (opcional)	
	Otras funciones	auriculares y micrófono (integrados)	
	Funciones extendidas (Opcional)	Escáner facial, NFC, identificación por huella	
Comunicación	3G	WCDMA	
	Bluetooth	BT2.1+EDR	BT4.0 compatible a BT2.1+EDR
	WIFI	IEEE 802.11 b/g/n	

Tabla 4 Especificaciones Técnicas POLAR X2 – SOUTH (continuación)

	USB	Soporta carga USB y función OTG	
Eléctrico	Batería	Carga 3.7V, 4200mAh Li-Ion, 2 baterías (standard)	
	Vía de la batería	Una sola batería >10 hrs	
	Carga	2 cargadores estándar, 2 horas de carga rápida; soporte para cargador de carro y pal de carga.	
Medioambiental	A prueba de agua / Polvo	IP67	
	A prueba de choques / Golpes	1.5m	
	Temperatura	Temperatura de operación: -30°C~60°C	Temperatura de almacenamiento: -40°C~80°C
Propiedades Físicas	Tamaño	156×85×29mm	
	Peso	0.32kg contando la batería.	

Fuente: South

En la ilustración 2 se muestran las especificaciones técnicas del equipo Mobile Mapper 50 del fabricante Spectra Geospatial.

MobileMapper® 50 Especificaciones

Especificaciones GNSS

- Antena interna: 72 canales
- GPS L1 C/A
- GLONASS L1 C/A
- Galileo E1
- Beidou B1
- SBAS: WAAS/EGNOS/MSAS/GAGAN/QZSS
- Sistema de tres constelaciones: GPS/GAL or GPS/GLO/GAL or GPS/Beidou/GAL
- Conector de la antena externa
- Salida NMEA
- Grabación de datos brutos

Especificaciones de precisión (RMS horizontal) ¹

- SBAS en tiempo real: < 1,5 m típicos
- Postprocesado: < 80 cm típicos

Procesador

- Qualcomm Snapdragon 410
- Cuatro núcleos
- Frecuencia de reloj: 1.2 GHz

Sistema operativo

- Android® 6.0 (certificado por Google)
- Idiomas disponibles: Afrikaans, Alemán, Inglés, Español, Francés, Italiano, Portugués (Portugal y Brasil), japonés, coreano, Chino simplificado, griego, ruso, azerbaiyano, Checo, danés, lituano, húngaro, holandés, Noruego (bokmål), rumano, finlandés, Sueco, turco, búlgaro, serbio (cirílico), Hindi, polaco
- El paquete de software incluye: Servicios de Google móvil, Sat-Look

Comunicaciones

Celular

- GSM (850,900,1800,1900), GPRS, EDGE, UMTS, WCDMA (B1, B2, B5, B8), TD-SCDMA (B34, B39), LTE-FDD(B1, B3, B4, B5, B7, B8, B20), LTE-TDD (B38/B39/ B40/B41) (no disponible en la versión solo wifi)
- Wifi (IEEE) 802.11 b/g/n
- Bluetooth 4.0 modo dual
- USB (conector micro B USB)
- NFC (no compatible en la versión solo wifi)

Características físicas

Tamaño

- 164 x 82 x 14,6 mm

Peso

- 310 g con batería extra (278 g para versión solo wifi y batería estándar)

Teclado de la interfaz de usuario

- 2 teclas de volumen y tecla de encendido, apagado y reinicio 2 botones programables y botones táctiles Android estándar
- Teclado en pantalla

Pantalla

- Dimensiones: 13,4 cm, capacitiva multitáctil
- Resolución 1280 x 720 píxeles
- Brillo: 450 cd/m²
- Gorilla Glass resistente a golpes
- Rotación automática

Memoria

- 2 GB SDRAM
- Almacenamiento: 16 GB (no volátil). 8 GB en la versión solo wifi²
- Tarjeta de memoria MicroSDHC™ (hasta 64 GB, SanDisk®, Kingston® recomendado)

Características medioambientales

- Temperatura de funcionamiento: De -20 °C a +60 °C
- Temperatura de almacenamiento: De -30 a +70 °C sin batería
- Humedad: 95% sin condensación
- A prueba de agua y polvo: IP67
- Caida libre: 1,2 m sobre hormigón

Características de alimentación

- Batería de iones de litio, 4800 mAh (3100 mAh en la versión solo wifi)
- Duración de la batería: > 15 h a 20 °C con GPS activado ³
- Tiempo de carga: 4 horas
- Batería extraíble

Interfaz

- USB 2.0 (micro)
- Conector de la antena externa
- Conector de audio Jack 2,5 (estándares CTIA/AHU)
- Conector pogo pin (en serie, USB y de corriente)

Multimedia y sensores

- Cámara Principal de 13 Mpx con flash (8 Mpx en la versión solo wifi)
- Cámara frontal de 2 Mpx
- Brújula electrónica (no compatible en la versión solo wifi)
- Sensor-G
- Altavoz
- Microfono
- Sensor de luminosidad

Accesorios estándar

- Correa
- Protectores de pantalla (2)
- Cargador de CA
- Cable USB

Accesorios opcionales

- Antena GPS magnética externa
- Soporte para poste
- Batería de alta capacidad: 4800 mAh

1 Precisión si las condiciones son buenas (cielo despejado) con GPS/ GLD y más de 7 satélites a la vista (con RTK+ 45 dBHz) (Incluido 1 SBAS).

2 Cuentan con total capacidad pero la memoria disponible es menor ya que el sistema operativo y las aplicaciones de fábrica ocupan parte de ella.

3 Con batería de gran capacidad, luz de fondo al 70 % del brillo y wifi desconectada.

Estas especificaciones podrían cambiar sin previo aviso

Ilustración 2 Especificaciones Técnicas Mobile Mapper 50.

Fuente: SpectraGeospatial

8.1.4 GESTION DEL TALENTO HUMANO

Para la complementación del equipo de toma de datos en campo, se evidenció la necesidad de contar con personal auxiliar que ayudara con la captura de información tanto de los elementos del inventario vial (2 personas), en la guardia de la base GPS ubicada en los puntos estratégicos preidentificados en oficina (1 persona), como del conductor que nos llevaría al sitio inicial por día según el abscisado planificado el día anterior, como de las necesidades de todo el equipo de trabajo (1 persona), organigrama representado en la ilustración 3.

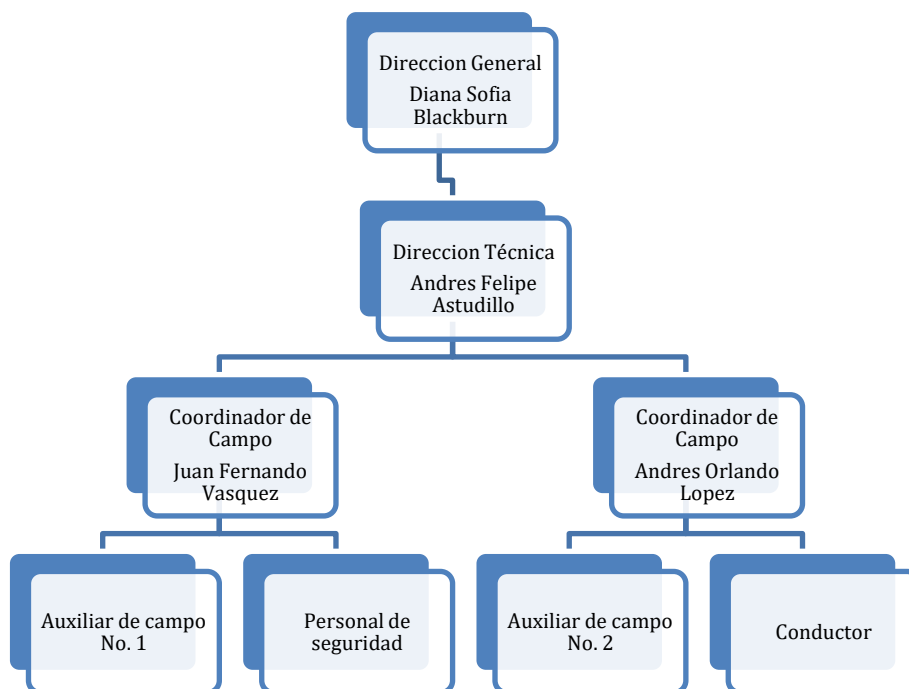


Ilustración 3 Organigrama.

Fuente: propia

Entre las labores desarrolladas por parte de los auxiliares están: La captura de información de las distancias odométricas (tomadas con un odómetro manual) para los puntos tomados cada 100 m. (FOTOEJES) y con ellos los puntos de referencia cada 1000 m. reales (PRS); la medida con cinta métrica de los anchos de berma, cuneta y separadores viales, alto-ancho de muros, alto-ancho de puentes, etc.; esta información además de ser de difícil manejo para una sola persona, pudo haber generado errores u omitir información por parte del operario del equipo GPS (por la densidad de información a capturar y los elementos de trabajo que se deben usar) , con lo que se pudieron haber retrasado las labores de captura de información y de oficina.

Por otra parte, se vio la necesidad de contratar personal para la custodia de las bases GPS materializadas y posicionadas para el postproceso de los datos de campo; para esta labor se contrató un trabajador en seguridad privada con la documentación pertinente para tal fin.

8.1.5 CONSTITUCION DEL SISTEMA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Este plan está compuesto por el manual de Salud y Seguridad en el Trabajo y por la identificación de las acciones generales preventivas en el trabajo de campo y oficina, además de las APT (Acciones Preventivas de Trabajo) por cada puesto de trabajo (Anexo B).

El día 8 de noviembre de 2018 se reunieron en las instalaciones de Geosoluciones DAJ SAS en la ciudad de Cali, el Director Técnico, Coordinadores, Ingenieros y Auxiliares de campo, para realizar la capacitación de trabajo en equipo y seguridad en el trabajo. De dicha reunión se destaca los siguientes temas tratados:

- 1.Reconocimiento de la estructura organizacional.
- 2.Reconocimiento de las líneas de comunicación.
- 3.Establecimiento de normas de comunicación.
- 4.Reconocimiento de riesgos en el trabajo.
- 5.Compromiso de usar todos los elementos de protección.
- 6.Nombramiento de líderes de seguridad y salud en el trabajo.
- 7.Reconocimiento del procedimiento de reporte de incidentes en el trabajo.

8.1.6 PLAN DE SEGURIDAD DE INFORMACION

El Plan de Seguridad de Información constituye la ruta a seguir por parte de la organización con el fin de gestionar de una forma adecuada la seguridad de toda la información e implementar sistemas de manejo y gestión documental, permitiendo, por un lado, conocer perfectamente el estado de la misma y, por otro lado, identificar en qué línea se debería actuar de cara a mejorar la seguridad de la información.

Dentro del plan de seguridad de Información se ha consolidado un documento para las fases operativas (Anexo C) que sintetiza la fase operativa desde la configuración de los equipos con las bases de datos (Geodatabase) ajustadas a la norma hasta la digitalización de la información, teniendo en cuenta los siguientes ítems:

1. Alistamiento de la información.
2. Captura de datos en campo.
3. Post-proceso.
4. Digitalización.

8.1.7 INDUCCION DEL PROYECTO AL PERSONAL

Se realizó una socialización del proyecto al personal involucrado y a los líderes de la empresa (específicamente en la línea operativa), en cuanto a la captura y procesamiento de la información; en esta demostración se presentó además las generalidades del proyecto (Objetivo, productos, actividades, etc.), una presentación del equipo GNSS escogido para la captura de datos en campo por parte del proveedor del equipo Empresa GeoSystem y se realizó una ejercicio práctico de captura de información con dichos equipos.

8.1.8 ELEMENTOS A TENER EN CUENTA PARA CAPTURA DE DATOS DE CAMPO:

Se llevo a cabo la elaboración del documento “*Instructivo para las fases operativas*” (Anexo C) en el que se identifican todos los elementos existentes en la vía que se deben inventariar (con sus respectivos ejemplos y fotografías), para el cual se tuvo como apoyo los manuales de inspección visual de INVIAS, bajo los lineamientos de la Resolución 1321 del 30 de abril 2018 del Ministerio de Transporte.

En las tablas 5, 6 y 7 se presenta la estructura de los elementos de la vía que se capturaron en campo y los que fueron creados en oficina en procesos de post campo.

Tabla 5. Capas según la resolución 1321 2018 del Ministerio de Transporte.

No.	NOMBRE DE LOS ARCHIVOS SHP	ELEMENTOS	TIPO DE GEOMETRÍA	CAPTURA
1	EJES	EJES VIALES	POLILINEA	CAMPO Y OFICINA
2	FOTOEJES	FOTO DE LOS EJES VIALES	PUNTO	CAMPO
3	PRS	PUNTOS DE REFERENCIA LINEAL	PUNTO	OFICINA
4	PROPIEDADES	PROPIEDADES DE LAS VIAS	POLILINEA	CAMPO / OFICINA
5	PUENTES	PUENTES	PUNTO	CAMPO
6	MUROS	MUROS	PUNTO	CAMPO
7	SITIOSCRITICOS	SITIOS CRITICOS DE INESTABILIDAD	PUNTO	CAMPO
8	OBRASDRENAJES	OBRAS DE DRENAJE	PUNTO	CAMPO
9	TUNELES	TUNELES	PUNTO	CAMPO

Fuente: Propia

Tabla 6. Capas complementarias de apoyo.

No.	NOMBRE DE LOS ARCHIVOS SHP	TIPO DE GEOMETRÍA	CAPTURA
1	BERMA	PUNTO	CAMPO
2	CUNETA	PUNTO	CAMPO
3	SEPARADOR	PUNTO	CAMPO
4	CONSTRUCCIONES	PUNTO	CAMPO

Fuente: Propia

La capa PROPIEDADES se construyó en la fase de digitalización a partir de la información recolectada en campo en las capas: FOTOEJES, BERMA, CUNETA, PUENTES y SEPARADOR. Por otra parte, la capa CONSTRUCCIONES se construyó como información a tener en cuenta para el producto de priorización y en ella se identificaron las construcciones de tipo “equipamientos”.

Tabla 7. Construcción de capas oficina.

NO.	CAPAS	CAPTURA	SE CONSTRUYEN CON LA CAPA	INFORMACIÓN A TENER EN CUENTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CAPA
1	EJES	CAMPO Y OFICNA	EJES Y FOTOEJE	POSICIÓN GEOGRÁFICA
2	PRS	OFICINA	EJES Y FOTOEJE	LONGITUD VERDADERA
3	PROPIEDADES	OFICINA	FOTOEJES	DIST_ODOME
				TIPOEJE
				SENTIDO
				TIPO TERR
				TIPO SUPERF
				NUMCARR

Tabla 7. Construcción de capas oficina (continuación)

NO.	CAPAS	CAPTURA	SE CONSTRUYEN CON LA CAPA	INFORMACIÓN A TENER EN CUENTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CAPA
				ANCHOCARR
				ESTADO
			BERMA	ANCHOBERMA
				OBS
			CUNETA	ANCHOCUNET
				OBS
			SEPARADOR	ANCHOSEPAR
				OBS

Fuente: Propia

Una vez estructurado y aprobado dicho manual que contiene además el protocolo de carga y descarga de datos GPS entre otras generalidades explicadas a detalle para las fases operativas; se llevó a cabo la demostración teórica de dichos documentos con la presencia tanto de los ingenieros líderes de la empresa como de los auxiliares que acompañarían el proceso. Esta capacitación o demostración permitió conocer la idoneidad de los colaboradores y de igual manera sirvió para retroalimentar a los capacitadores gracias a la experiencia de algunos ingenieros en procesos de inventarios similares al que se realizaría en este proyecto.

La segunda fase de la demostración se realizó con un ejercicio práctico en campo de captura de información y de identificación de elementos y de sus respectivas características físicas, como lo muestra la ilustración 4, simulando una jornada continua diaria de trabajo; práctica para la cual se tomaron algunas muestras en diferentes tipos de terreno para determinar con que error medio cuadrático y con que PDOP se podía trabajar para obtener datos en los rangos de precisión requerida (hasta 5 metros).



Ilustración 4. Capacitación en campo

Esta jornada permitió al equipo técnico conocer los rendimientos de captura de información (expuestos en las conclusiones) en los distintos escenarios que se puedan presentar durante la ejecución del proyecto, para condiciones favorables (lugares despejados, en filis

de montaña), normales (terrenos escarpados poco cubiertos) y adversas (sitios encañonados), estas condiciones específicas pueden ser de tipo, topográfico, climatológico, atmosférico, de actividad solar y de coberturas que puedan causar fallas en la recepción o corte de la señal (cobertura vegetal, edificios, sitios con campos electromagnéticos altos, etc.).

Mediante el ejercicio práctico se pudo evidenciar que antes de la captura de un elemento en campo se debía verificar que el equipo cumpliera con los estándares mínimos como, PDOP (Dilución de precisión en posición) menor que 5, “HRMS” (Error medio cuadrático horizontal) inferior a 4.5 y un buen número de satélites (más recepción - mejor calidad). Como se ilustra en la ilustración 5.

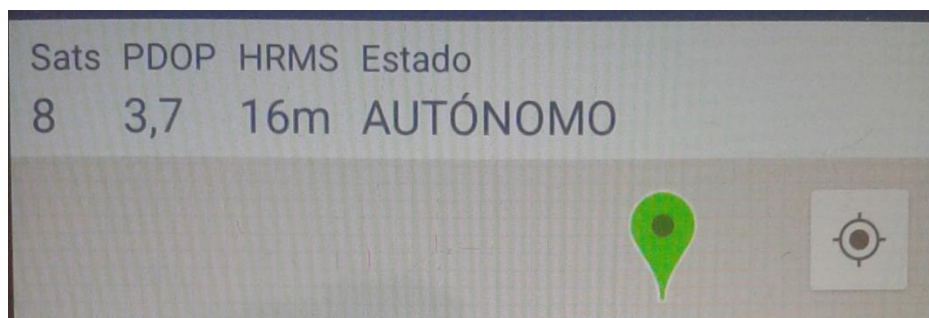


Ilustración 5. Verificación de PDOP y Recepción de Satélites

Fuente: Propia

Por otra parte, se notó que era necesario la inclusión de una capa de abscisados cada 100 metros para controlar la captura de información y ser ordenados en la toma de la misma.

8.1.9 ELEMENTOS A TENER EN CUENTA PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION CAPTURADA EN CAMPO:

Se elaboró un instructivo para el postproceso de la información capturada en campo y del protocolo de carga y descarga de datos GPS (“*Instructivo para las fases operativas*” Anexo C), que sirven como soporte para la metodología a implementar durante el proyecto, posteriormente se realizó un ejercicio práctico procesando la información capturada en campo y se precisaron algunos detalles a tener en cuenta para esta tarea, como son, tener las coordenadas de las bases en el mismo sistema de referencia que tiene el archivo con el que se levantó la información (.MAP), reconocimiento del software respecto a la carga de archivos raw de Rover y Base, procesamiento y resultados.

8.2 DETERMINACION DE LA RED VIAL RURAL MUNICIPAL A PRIORIZAR

La Gobernación del Valle del Cauca a través de la Secretaria de infraestructura, hizo entrega los ejes de las vías departamentales (información secundaria), en formato

Shapefile, las cuales fueron analizadas y procesadas en oficina para garantizar parámetros básicos como georreferenciación, escala y geometría; debido a que la información entregada no contaba con vías de segundo y tercer orden, se hizo necesaria la adquisición de la misma por parte de entidades como IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), CVC (Corporación Autónoma regional para el Valle del Cauca) Y SGC (Servicio Geológico Colombiano).

Para obtener dicha información el IGAC y el SGC, cuentan con portales donde se pueden descargar las Bases de Datos Geoespaciales, IGAC = <https://www.igac.gov.co/>, SGC = <https://miig.sgc.gov.co/Paginas/advanced.aspx>, y CVC = por medio de un oficio donde se solicita la información utilizada como soporte del inventario y la priorización vial del municipio.

El mapa de carreteras del INVIAS¹ se utilizó como base para conocer las vías que esta entidad tiene bajo su administración (estas vías no hacen parte del objeto del contrato debido a que ya tienen toda la información levantada y procesada).

La Gobernación, adicional a la información espacial entregada de las vías, hizo entrega de un listado de contactos (teléfonos, e-mails) de funcionarios de la alcaldía que tienen acceso y manejo de información cartográfica asociada al proyecto, quienes serían los encargados de permitir el acercamiento y acompañamiento del proyecto en su fase inicial.

8.2.1 EDICIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SECUNDARIA

Después de tener almacenada y organizada la información, y habiendo revisado su suficiencia y veracidad mediante un documento llamado “*Formato de Revisión de Información Secundaria*” (Anexo D), se procedió a ajustar los Shapefiles de vías entregados por la Gobernación del Valle del Cauca, usando las imágenes satelitales del ArcGis BaseMap (requerimiento de la entidad contratante, debido a que es la plataforma de control utilizada por el DNP), una vez digitalizados los tramos al eje se identificaron puntos de inicio y fin de cada tramo codificándolos de acuerdo con la Resolución del Ministerio de transporte 339 del 26 de febrero 1999.

8.2.1.1 Alineación de vías al eje:

Como primer paso se corrigió el Shapefile de vías, garantizando que las líneas se encontraran debidamente digitalizadas y ajustadas a las fotografías aéreas o mapas base, esto de forma generalizada como se muestra en la ilustración 6.

¹ ¹ <https://hermes.invias.gov.co/carreteras/>



Ilustración 6. “Antes” y “Después” de editar la capa de vías.

Fuente: Propia

Este proceso se realizó para todas las vías de los casi 268 kilómetros repartidos en 60 tramos (información entregada por la Gobernación).

8.2.1.2 Asignación de códigos a las vías de interés:

Esta actividad se hace tomando como referencia la Resolución 339 del 26 de febrero de 1999 del ministerio de transporte, que proporciona los lineamientos para la asignación de códigos o nomenclatura de las carreteras a cargo de la nación y de los demás entes territoriales. Tomando como base los shapes TOTAL_VIAS_DPTO y TOTAL_VIAS_INVIAS (Vías administradas por ANI e INVIAS), los cuales contienen las vías nacionales y departamentales con sus respectivos códigos (no pueden ser modificados), se generó la nomenclatura de las vías secundarias y terciarias que no se encontraban codificadas; este identificador fue derivado del código de la vía departamental o nacional.

8.2.1.3 Cartografía complementaria:

Para complementar los Shapefiles de interés, fue necesario utilizar cartografía base como: LÍMITES DE MUNICIPIO, CABECERAS MUNICIPALES, MANZANAS, DRENAJE SENCILLO, VEREDAS, EQUIPAMIENTO, entre otras.

8.2.1.4 Generación e Impresión de Planos (mxd):

Teniendo toda la cartografía necesaria editada y organizada se procedió a generar el MXD² exportado a PDF, para la impresión del plano en el que se iba a debatir en las mesas de trabajo.

8.2.2 SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO EN LAS ALCALDÍA (I MESA):

En primera instancia se buscó contactar a los encargados del manejo de la información teniendo en cuenta el listado de contactos entregado por la Gobernación, al no encontrar respuesta rápidamente, se buscó tener un acercamiento directo en la alcaldía, esto con el

² Salida grafica de ArcMap

fin de definir fecha y hora de la primera mesa de trabajo, la cual contempló, la presentación del proyecto, alcances, metodología, revisión y depuración de las vías identificadas preliminarmente por el grupo consultor, edición de sitios de interés (ubicados sobre planos impresos) como sectores dentro de las veredas, mobiliarios, equipamientos, cultivos, extracción de materiales, áreas de interés turístico, áreas de interés ambiental, zonas con alteración de orden público y localización de comunidades indígenas y/o afrodescendientes, además se solicitó el suministro de mapas, planos, Shapefiles, información poblacional y POT (Plan De Ordenamiento Territorial) o EOT (Esquema de Ordenamiento Territorial), de los que dispusiera la alcaldía, además se establecieron compromisos de entrega registrados en el Acta de reunión No. 1.

Para establecer la veracidad, suficiencia y pertinencia de la información suministrada se usó el formato técnico donde se puede valorar dicha información (Anexo D).

8.2.3 VALIDACION Y VERIFICACION DE LAS VIAS A INVENTARIAR MEDIANTE MESA DE TRABAJO CON EL MUNICIPIO (II MESA):

Una vez consolidada toda la información generada a partir de la primera mesa de trabajo y de los insumos pactados, se reestructuró el Shapefile de vías municipales, agregando o quitando tramos y adicionando los sitios de interés presentados en la mesa 1, esta modificación conllevó a reestructurar la codificación vial; posteriormente se programó la segunda mesa de trabajo en la cual se validarían las vías a ser incluidas dentro del inventario pertenecientes a la red secundaria y terciaria del municipio, así como los nombres y códigos de acuerdo con lo establecido por la entidad en el marco del proyecto. Además, se hizo una revisión de localización de los sitios de interés referenciados en la mesa 1.

Se elaboró el acta de validación de los tramos verificados en la mesa 2, generando una tabla de Excel con los códigos y longitudes de cada vía. Se dejó la observación que los tramos validados con sus correspondientes longitudes podrían cambiar en la ejecución del proyecto, sea por la inexistencia de algunas vías (vías privadas o privatizadas), por el recorte en las longitudes (no llega hasta donde se tenía planteada) o por la aparición de otras que no se hubieran tenido en cuenta.

8.2.4 PREPARACION DE LA INFORMACION PRE-CAMPO:

Con la información validada en la mesa 2, se procedió a realizar el ajuste a los ejes viales de forma más detallada haciendo uso del software ArcMap 10.

Además de los tramos codificados se generó un Shapefile (tipo punto) a partir del abscisado, este sirvió como base para la captura de datos en campo, en la tabla 8 se muestra la estructura de datos de las vías validadas.

Tabla 8. Estructura de datos de los Shapefiles de las vías validadas y abscisados.

SHAPE_LENG	LONGITUD DEL TRAMO EN METROS
ADMINISTRA	Administrador la vía

Tabla 9. Estructura de datos de los Shapefiles de las vías validadas y abscisados (Continuación)

SHAPE_LENG	LONGITUD DEL TRAMO EN METROS
TIPO_VIA	Jerarquización, primero, segundo o tercer orden
COD_VIA	Código de la vía
NOM_VIA	Nombre de la vía
KM	Longitud del tramo en kilómetros
NUM	Numeración de los tramos
OBSERVACIO	Observaciones
ABSCISA	Abscisa

Fuente: Propia

8.3 CAPTURA DE DATOS EN CAMPO.

La captura de datos en campo se compuso por dos etapas, la primera fue la red de control GNSS, que hace referencia a la materialización y captura de información de los puntos GPS para la creación de una red control, la cual funcionaría como base y apoyo para el procesamiento diferencial de los elementos y características físicas de las vías, siendo la captura de estos últimos la segunda etapa.

8.3.1 RED DE CONTROL GNSS.

En este apartado se explica de manera detallada la metodología utilizada para la captura de la información para las bases GNSS en el municipio de Buga, teniendo en cuenta, entre otros factores, la ubicación de las bases oficiales IGAC y las vías validadas.

8.3.1.1 Planeación Captura De Datos En Campo.

En la planeación de la captura de datos en campo se identificó, revisó y verificó la existencia de estaciones base o puntos de control con coordenadas conocidas que estén ligados a la Red Geodésica Nacional activa o pasiva administradas por el IGAC que garantice la vinculación al Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas - MAGNA-SIRGAS.

8.3.1.2 Identificación De Estaciones Base De Referencia – Redes Activas.

El IGAC tiene a disposición la Red Geodésica Nacional representada en su red Activa “MAGNA ECO” que cuenta con 46 estaciones a nivel nacional y 3 en el departamento del Valle del Cauca (CALI, BUENAVENTURA Y ZARZAL), además de su red pasiva que cuenta con 62 mojones con coordenadas fijas ajustadas entre los años 1994 y 1997 (IGAC 2019).

Estos puntos en su distribución actual no cubren de manera uniforme el territorio nacional, muchas de las placas de la red pasiva hoy no existen, por su parte la red activa es insuficiente y en ocasiones presenta fallas viéndose afectada su operación y la disposición de los datos.

Existen entidades que ponen a disposición bases activas como dato abierto para todas las personas u organizaciones que la requieran, con el fin de generar, aportar y contribuir con

la generación de nuevo conocimiento y apoyar con la toma de decisiones del territorio colombiano, estas entidades son:

GeoRED corresponde a la denominación corta adoptada para el proyecto “Implementación de la Red Nacional de Estaciones Geodésicas Satelitales GPS con propósitos geodinámicos”, y es la contracción del significado de GEODESIA: RED DE ESTUDIOS DE DEFORMACIÓN como la aplicación específica en el estudio y análisis de la deformación de la corteza terrestre en Colombia (Mora, 2006).

Las estaciones base GNSS de CENICAÑA están ubicadas en puntos fijos con coordenadas geográficas precisas. Proporcionan información confiable para diferentes cálculos y levantamientos de control geodésico, colección de datos para Sistemas Información Geográfica (SIG) y levantamientos fotogramétricos de tipo terrestre, entre otras utilidades. Registran los datos de las coordenadas geográficas durante las 24 horas del día y los publica en web cada hora en intervalos de un segundo (formato RINEX) (CENICAÑA, 2018).

8.3.2 CAPTURA DE DATOS EN CAMPO DE LOS ELEMENTOS Y CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS VIAS.

Geosoluciones DAJ SAS CERTIFICA que conforme lo estipula el contrato N° 1.310.02-59.1-2429, clausula 3, numeral 6, todas las bases y los puntos calculados de la red de apoyo creadas en este proyecto para el Municipio de Buga, se encuentran vinculadas al Marco Geocéntrico Nacional de Referencia (MAGNA – SIRGAS), acorde con la normatividad emitida por el IGAC y cumplen los estándares mínimos requeridos para garantizar la precisión y la certidumbre del trabajo realizado.

8.3.2.1 Método de Posicionamiento GNSS:

El método utilizado para el posicionamiento de las bases o puntos auxiliares de control es el de **Posicionamiento relativo estático**, el cual consiste en observar datos por medio de dos o más receptores simultáneamente, para así luego combinar dichas observaciones generando vectores (líneas bases) entre sus respectivas antenas. Uno de los dos receptores que conforman la línea base, debe estar ubicado en un punto de coordenadas conocidas (base) para poder determinar así, el vector que los une, con una buena precisión como lo muestra la ilustración 7.

Para este posicionamiento se requiere de un tratamiento posterior a la recepción de los datos (corrección diferencial), por lo que el posicionamiento relativo de precisión se efectúa en tiempo diferido. Con base en lo anterior, esta modalidad es la que satisface las precisiones requeridas para trabajos geodésicos y topográficos. Cada base calculada se usó posteriormente en el calculo de otras bases generando una especie de red GNSS

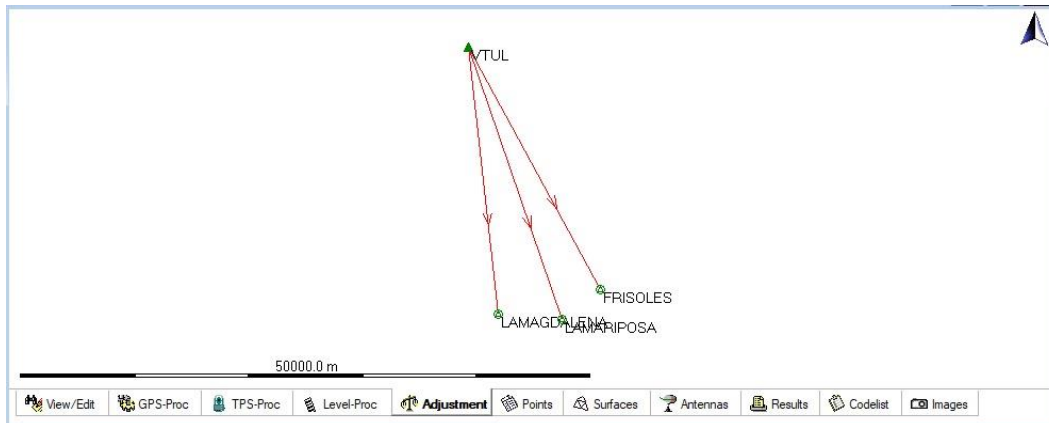


Ilustración 7. Método de posicionamiento GPS

Fuente: Propia

8.3.2.2 Localización de las bases GNSS:

Teniendo fijas las bases oficiales, se hizo un prediseño en oficina de la distribución de las bases secundarias o bases que servirían para el post-proceso de la información del inventario vial, para esto se tuvo en cuenta que debían cubrir un radio no mayor a 8 kilómetros, además que debían estar entrelazadas posibilitando un traslape entre ellas.

Posteriormente se realizó la distribución de las bases en campo, revisando que los sitios predefinidos además de tener la cobertura requerida cumplieran con criterios de topografía (sitios altos), seguridad (que se puedan dejar en el sitio con probabilidad baja de ser robados o dañados), y tecnicidad (sitios con poca cobertura vegetal, fuera de líneas de alta o media tensión, alejados de edificaciones, etc.)

Por último, se posicionaron las bases mediante el método relativo estático por medio de equipos GNSS doble frecuencia (Trimble 4700, Stonex S800a y S800) como se muestra en la ilustración 8.



Ilustración 8. Bases localizadas en el municipio de Guadalajara de Buga

Fuente: Propia

8.3.2.3 Captura en campo de los elementos y características físicas de las vías:

Se realizó la captura de las características físicas de las vías citadas en el numeral 8.1.8.1 “Identificación y estructuración de la información a capturar y procesar”. Teniendo los GPS programados con antelación.

La captura de las características físicas de las vías se realizó en parejas constituidas por el profesional y el auxiliar; el profesional es el encargado de la toma de los elementos y su respectiva información haciendo uso del equipo GPS de mano, por otra parte, el auxiliar es el encargado de realizar las mediciones haciendo uso del odómetro y de la cinta métrica (distancia odométrica, ancho de carril, ancho de cuneta, ancho de berma, longitud de las obras de drenaje, etc.)

Para garantizar la calidad de la información capturada y evitar reprocesos se elaboró el formato de inspección de pre uso (Anexo E), que consta de una lista de chequeo usada para revisar las condiciones físicas y operativas del dispositivo.

8.4 POST-PROCESO

En el siguiente capítulo se explica de manera detallada el procesamiento GNSS que se divide en: Post-proceso de las bases GNSS y el Post-proceso de los archivos de los equipos de mano.

8.4.1 POST-PROCESO DE BASES GNSS:

La información capturada de las bases GNSS se descargó por día para después ser procesada en oficina, de manera preliminar se revisó la información contenida en el observable modificando el nombre del punto y la altura instrumental. Esta información se almacenó en carpetas nombradas con la fecha de captura.

Para el procesamiento de la información se hizo necesario la descarga de las efemérides³ precisas (GPS Y GLONASS) que son un que garantizan una mejor precisión en el posicionamiento, dependiendo del día se descargaron los archivos Rinex (Puntos activos de las entidades oficiales).

8.4.1.1 Descarga de archivos Rinex (Puntos Activos de las Entidades oficiales):

Las entidades oficiales tenidas en cuenta para el proyecto son el IGAC y el Servicio Geológico Colombiano (SGC), quienes mediante sus páginas web ofrecen los servicios de descarga de bases GNSS, perteneciente a las siguientes redes geodésicas: Red Magna Eco (administrada por el IGAC) y Geored (administrada por SGC). Para la descarga de archivos Rinex de las bases de dichas entidades se debe seguir los siguientes pasos:

³ Conjunto de parámetros numéricos que describen las posiciones precisas de los satélites en función del tiempo. Las mismas pueden ser transmitidas (Broadcast Ephemeris) o efemérides precisas las cuales se calculan en base a observaciones realizadas por redes de rastreo de los satélites GPS y está disponibles unos días después de la toma de datos. <https://glosarios.servidor-alicante.com>

-Red Magna Eco (IGAC)

Los archivos Rinex se pueden descargar mediante la siguiente url (<ftp://132.255.20.140/>) usando el nombre usuario: anonimo y contraseña: anonimo. El servidor presenta la información organizada en carpetas por día GPS, en el siguiente url se muestra el día GPS correspondiente a la fecha de captura de la información (<https://www.ngs.noaa.gov/CORS/Gpscal.shtml>).

La carpeta del día GPS, contiene las subcarpetas 18o, 18n y 18g dentro de las cuales se encuentra la información de observación, navegación para la constelación GPS y navegación para la constelación GLONASS respectivamente de todas las bases activas.

- Geored (SGC)

Los archivos Rinex se pueden solicitar mediante la siguiente url (<http://geored2.sgc.gov.co/solicitudes/Paginas/default.aspx>), donde se debe llenar un formulario, con información básica del solicitante como lo muestra la ilustración 9.

Registrar Solicitud Volver Creditos Ayuda

(*) Identificación del Solicitante: 94544915
(*) Nombre del Solicitante:
(*) Nombre Empresa:
(*) Dirección de la Empresa:
(*) Número de Teléfono:
(*) Ciudad:
(*) Correo Electrónico:

Adicionar las estaciones de las cuales se requiere información

(*) Tipo Estación: Permanente
(*) Id Estación: AEBS
(*) Tipo de Información: Rinex
(*) Fecha de Inicio: dic 13, 2018
(*) Fecha Final: dic 13, 2018

Lista Estaciones				
LISTADO (1)				
Estación	Tipo de Información	Fecha Inicio	Fecha Final	Eliminar
AEBS	Rinex	13-dic-2018	13-dic-2018	Eliminar

Indique el propósito de su solicitud

(*) Descripción Asunto:

Ilustración 9. Formulario para la solicitud de datos Rinex manejados por Geored

Fuente: Pagina Web Oficial de Geored

Debidamente diligenciado el formulario se da clic en *enviar* y se obtiene respuesta aproximadamente en tres días desde la fecha de solicitud.

8.4.1.2 Descarga de efemérides precisas (GPS Y GLONASS):

Las efemérides precisas para la constelación de satélites GPS y GLONASS se descargan de las url (<ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/>) y (<ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/glonass/products/>) respectivamente. El servidor presenta la información organizada en carpetas por semana GPS, en el siguiente url se muestra la semana GPS correspondiente a la fecha de captura de la información (<https://www.ngs.noaa.gov/CORS/Gpscal.shtml>).

La carpeta de la semana GPS, contiene los datos de las efemérides precisas ultrarrápidas, rápidas y finales, que están representadas por las abreviaciones igu, igr e igs respectivamente. La utilización de estos archivos depende de la necesidad en precisión en el posicionamiento, la disponibilidad de las efemérides está directamente relacionada con el aporte a la precisión del posicionamiento (las efemérides ultrarrápidas están disponible en un tiempo más corto, pero ofrecen menor precisión en el resultado final de las coordenadas).

La estructura del nombre de cada archivo está dada por la abreviación seguida de la semana GPS y el día (el cual se encuentra entre 0 y 6, siendo el domingo día 0 y el sábado el día 6).

La extensión de los archivos a descargar es .sp3.

8.4.1.3 Post-proceso con el software Leica Geo-Office de las bases:

Teniendo la información organizada en carpetas (RINEX ROVER “Base local”, RINEX BASE “Base IGAC/GEORED” y EFEMERIDES) por días de posicionamiento de las estaciones ubicadas estratégicamente, se procesaron las bases asociadas al primer día de toma de datos con la base oficial más cercana, estas bases fueron posicionadas por aproximadamente 8 horas mientras se capturaba la información del inventario vial.

Para los siguientes días se dispuso de la base que mejor resultado tuvo en el post-proceso y sirvió como base de las otras estaciones hasta que concluyó el trabajo de campo.

Los archivos Rinex de la base de referencia y las bases locales se importaron al software Leica Geo Office, junto a las efemérides precisas. Se definieron las coordenadas de la base de referencia según la ficha oficial o del reporte en caso de que ya hayan sido procesadas. Así mismo se definieron los parámetros de procesamiento como la máscara de elevación, tipo de solución, modelo troposférico, constelaciones de satélites, entre otros.

En la ilustración 10 se muestra la interfaz del software de procesamiento con las líneas base de 4 puntos calculados.

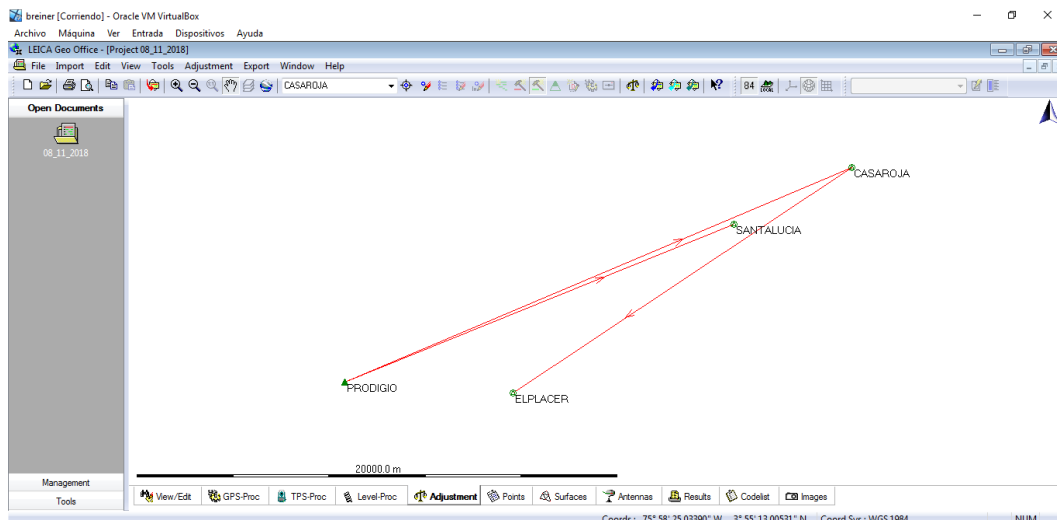


Ilustración 10. Procesamiento en el software Leica Geo Office.

Fuente: Propia

Ya aplicada la corrección diferencial de las bases, se procedió a generar un reporte en el software donde se representan las coordenadas geocéntricas (X, Y, Z) corregidas, la desviación estándar del procesamiento y la calidad en el posicionamiento.

De cada una de las bases se creó una carpeta que contiene la información inherente al cálculo de las coordenadas GPS como se muestra en la ilustración 11:

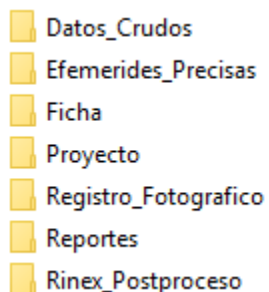


Ilustración 11. Carpeta entregable de las bases GNSS

Fuente: Propia

- Datos_Crudos

Contiene la información de los datos crudos referente a las bases GNSS tomadas en el municipio de Buga (sin procesamiento diferencial).

- Efemerides_Precisas

Contiene información con las efemérides precisas para el sistema GNSS, utilizadas en el post-proceso con el fin de mejorar el posicionamiento con la metodología de corrección diferencial.

- Ficha

Contiene las fichas por base, donde se presentan las coordenadas en Gauss-Krüger, Magna_Oeste (Norte, Este y Altura), en geográficas (Latitud, Longitud y Altura), imagen de la ubicación espacial del punto y fotografías en el sitio (si la base fue tomada días anteriores se utiliza la misma ficha.) Estas fichas fueron generadas mediante una plantilla creada en oficina en el software ArcGis para agilizar el proceso.

- Proyecto

Contiene cada proyecto resultante de la corrección diferencial de las bases. Si todas las bases tomadas en el día ya han sido procesadas en días anteriores, no se vuelve hacer corrección diferencial, ya que se tiene la información de las coordenadas con corrección y la diferencia de tiempo es muy corta. Teniendo en cuenta lo anterior para ese día no habría información del proyecto.

- Registro_Fotografico

Contiene el registro fotográfico de cada base utilizada durante la captura de datos.

- Reportes

Contiene los reportes generados en la corrección diferencial por cada base. Si la base ya ha sido procesada en días anteriores, se utiliza el mismo reporte, teniendo en cuenta lo explicado en el ítem de proyecto.

- Rinex_Postproceso

Contiene los archivos Rinex (archivo estándar) con las coordenadas corregidas diferencialmente. Los archivos de esta carpeta son utilizados como base para el procesamiento diferencial de las características asociadas a las vías. Además, se genera un archivo .txt con la proyección a MAGNA OESTE para ser utilizado en la revisión de las coordenadas al importar el Rinex al software Mobile Mapper. Culminado el procesamiento de las bases se creó una tabla donde se identificaron las bases GNSS utilizadas por cada día, el tiempo de inicio y fin de toma, la duración de toma, el tiempo de observación (si hacía referencia a una base a corregir), distancia hasta la base de referencia, el tiempo mínimo de que debería tener la base teniendo en cuenta la regla de 15 minutos + 5/km (según la actualización del año 2016 para el “MANUAL DE PROCEDIMIENTOS Levantamientos Topográficos De Precisión” del IGAC con Cód. P30200-04/11) y la certidumbre del punto como se muestra en la tabla 9.

Tabla 10. Reporte de las bases GNSS

FECHA DE TOMA	NOMBRE DE LA BASE	INICIO DE TOMA [HH:MM:SS]	FIN DE TOMA [HH:MM:SS]	DURACIÓN [HH:MM:SS]	TIEMPO DE AMARRE [HH:MM:SS]	DISTANCIA A LA BASE [Km]	TIEMPO MÍNIMO [HH:MM:SS]	CERTIDUMBRE (%)
1 DE NOVIEMBRE BUGA	VTUL	0:00:00	23:59:45	23:59:45	BASE	BASE	BASE	-
	LAUNION	9:08:42	18:05:29	8:56:47	8:56:47	24.814	2:19:04	100%
	CERRORICO	8:33:11	12:08:08	3:34:57	3:34:57	6.796	0:48:59	100%
	ZANJONHONDO	13:39:31	16:23:17	2:43:46	2:43:46	8.577	0:57:53	100%

Fuente: Propia

8.4.2 POST-PROCESO DE ARCHIVOS DE LOS EQUIPOS DE MANO (COLECTORES):

La información capturada con los equipos de mano se descargó por día de trabajo para después ser procesada en oficina, de manera preliminar se revisó que no existan errores asociados a los datos crudos. Esta información se almacenó en carpetas nombradas con la fecha de captura.

Posteriormente los archivos Rinex de las bases Post-procesadas junto con los datos crudos generados de los GPS de mano (.urw), se importaron al software Mobile Mapper Office configurado en el sistema de referencia MAGNA SIRGAS OESTE, antes de realizar el procesamiento se revisaron las coordenadas ajustadas de las bases, para garantizar que no se modificaran al importar el archivo Rinex al programa.

Con la información en el software y ya realizadas las verificaciones correspondientes, se programó el software con un umbral de 4,5 en el HRMS (error medio cuadrático) y en 5 en el PDOP, esto con el fin de asegurar el nivel de precisión requerido en el proyecto.

La ilustración 12 muestra el procesamiento de la información en el cual se generan vectores desde las bases de referencia hacia los puntos capturados, estos se dividen en vectores superados y no superados, los que estén por encima de los umbrales se consideran vectores no superados y los que estén por debajo de los umbrales se consideran vectores superados.

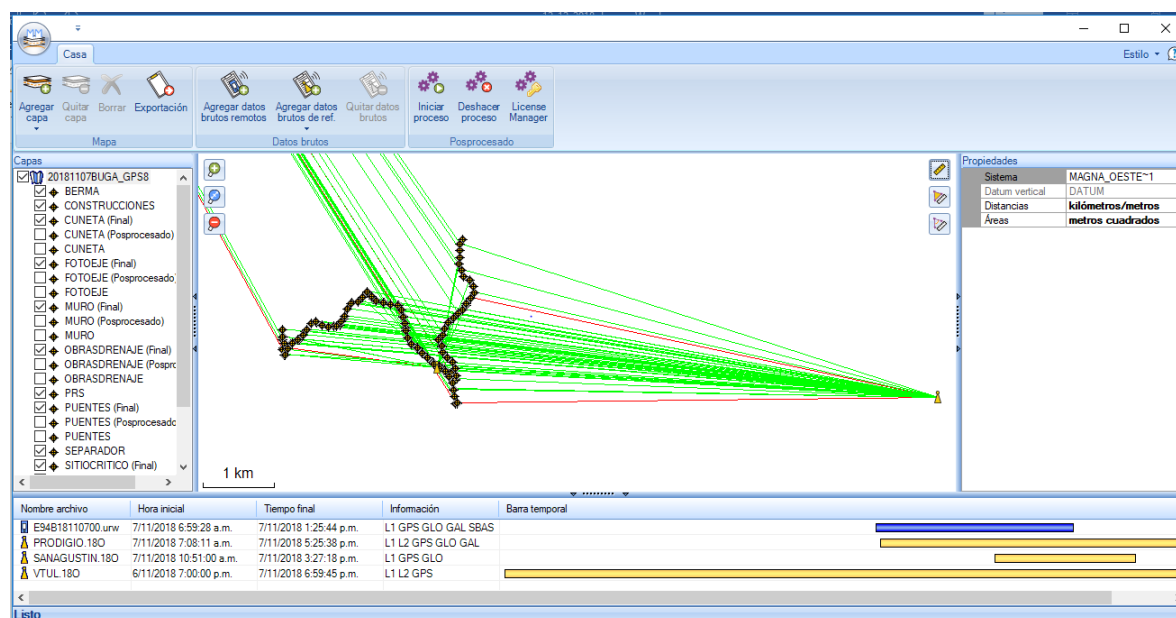


Ilustración 12. Procesamiento con el software Mobile Mapper Office 5.0

Fuente: Propia

A partir de lo anterior se generó un reporte por cada tramo de vía registrado por día como se muestra en la tabla 10, donde se puede identificar diferentes aspectos como: reconocedor, fecha, número del equipo utilizado, número de puntos asociados al tramo,

procesado - no procesado y por último el porcentaje de error del tramo, si el nivel del porcentaje de error era muy alto se analizaba cual podía ser su causa y se registraba en la observación para ser corregido.

Tabla 11. Ejemplo de reporte de tramo levanto por vía

RECONOCEDOR	GPS	FECHA DE CAPTURA	MUNICIPIO	VIA	LONGITUD (KM)	LONGITUD (M)	BASES	TOTAL PUNTOS POST-PROCESADOS	DATOS POST-PROCESADOS	DATOS NO POST-PROCESADOS	PORCENTAJE DE ERROR	OBSERVACION
ANDRES	2	5/11/2018	BUGA	25VLF	1,4	1400	BALBOA	4	4	0	0%	

Fuente: Propia

8.5 DIGITALIZACIÓN.

La digitalización tiene como objetivo la creación de la base de datos espacial, que está compuesta por las capas geográficas a reportar al SINC según los lineamientos definidos por la resolución 1321 del 2018. En los siguientes subcapítulos se explica de manera detallada los insumos necesarios y las tareas realizadas para el cumplimiento de este objetivo.

8.5.1 INSUMOS

Para iniciar con la actividad de digitalización se requiere la información de:

- Datos post-procesados de los equipos mano.
- Shapefile de vías validadas.
- Modelo Digital de Terreno (DEM).
- Shapefile de vías INVIAS o ANI.
- Shapefile de vías departamentales.
- Shapefile de veredas y limite municipal.
- Fotografía aérea o Base Map.

Con la información requerida se verificó que cada una de las vías validadas dentro del municipio se encontraran inventariadas (características capturadas en campo), si lo anterior no se cumplía, se determinó a partir de la información de campo si la vía era privada, privatizada, no existía o si su longitud y forma difería de la información que muestra el Shapefile de vías validadas.

8.5.2 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS ESPACIAL

La información de los elementos fue almacenada en el tipo de base de datos denominada Geodatabase, que es la estructura en la que está diseñado el Sistema de Información Nacional de Carreteras (SINC), que permite tener ciertas condiciones de integridad y relación de elementos que a su vez conlleva a una interoperabilidad en publicaciones WEB.

La información que provee el sistema está definida en el formato ESRI Shapefile (SHP) como única forma de entrega de las capas geográficas por parte de dichas entidades, esto garantiza el normal funcionamiento de la capa.

8.5.2.1 CAPAS GEOGRÁFICAS A REPORTAR

Los elementos para reportar tienen definido un nombre y tipo de geometría como se muestra en la tabla 4; cada una de las capas geográficas debe tener una estructura que permita la incorporación de la coordenada Z (altura sobre el nivel de mar) y debe tener almacenada la información correspondiente a las coordenadas que conforman cada registro.

Se utiliza el Modelo Digital de Terreno (MDT), creado y validado por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, para recalcular la coordenada Z, debido a que su resolución (tamaño de píxel de 2,5 metros) ofrece una mejor precisión a nivel vertical que los equipos GNSS de mano.

Un registro de una capa de tipo “punto” debe estar ubicado exactamente sobre la capa EJES de la respectiva vía.

- EJES

El elemento base principal del sistema es el eje de las vías, éste representa la geometría de cada una de las vías siguiendo su eje, todos los demás elementos deben estar asociados a su geometría y al respectivo código de vía. La capa de ejes es digitalizada en el sentido de la vía, esto quiere decir que los elementos correspondientes a la vía deben tener un orden que coincida con la orientación esta; la orientación de la vía es la misma que la circulación de los vehículos, en caso de ser doble sentido tiene la orientación del inicio y final según el origen-destino.

Inicialmente se generó un Shapefile por elemento (FOTOEJE, BERMA, CUNETAS, SEPARADOR, OBRAS DRENAJE, PUENTES, MUROS, TUNELES, SITIOS CRÍTICOS, CONSTRUCCIONES) a partir de la información presente en los datos Post-procesados empleando la herramienta “*Merge de Elementos*” – creada en Arcpy de Arcmap bajo el lenguaje de programación Python, que agrupa los shapefiles por el nombre de los elementos y luego los integra, porque en campo estos datos se capturan de forma independiente, ya que son varios operadores los que toman información.. Con el Shapefile de FOTOEJE se procedió a vectorizar la capa de EJES teniendo como base el Shapefile de vías validadas del municipio y las imágenes satelitales de la plataforma de ESRI.

En la tabla 11 se evidencia la información que debe ser capturada para la capa EJES, que tiene definidos los siguientes campos (atributos) con sus respectivas características:

Tabla 12. Atributos de la capa EJES

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
CODIGO VIA	Texto	Identificador único de la vía.	Texto de 4 a 15 caracteres	Sí	Shapefile de vías validadas
NOMBRE VIA	Texto	Nombre de la vía.	Texto de 3 a 100 caracteres	Sí	Nombre de la vereda o centro poblado donde se encuentre, su posible destino, abscisado o intersección más cercana

Tabla 11. Atributos de la capa EJES (continuación)

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
CATEGORIA	Entero	Categoría de la vía de acuerdo con la Resolución 1530 de 2017 del Ministerio de Transporte.	Número entre 1 y 4 en donde: 1 = Primer orden 2 = Segundo orden 3 = Tercer orden 4 = No ha sido categorizada aún	Sí	* Shapefile de vías departamentales * Shapefile de vías de la ANI NOTA: Si no se encuentra en las dos fuentes anteriores, se define como "NO CATEGORIZADA AUN"
LONGITUD	Real	Longitud verdadera (considerando altitudes) del registro en metros.	Número entre 1 y 250000	Sí	Campo
TIPOEJE	Entero	Tipo de infraestructura del eje.	Número entre 1 y 4 en donde: 1 = Calzada sencilla 2 = Calzada doble 3 = Glorieta 4 = Ramal enlace único sentido 5 = Ramal enlace doble sentido	Sí	Campo
SENTIDO	Entero	Sentido de circulación del registro con respecto al inicio (A) y al final (B) de la vía.	Número entre 1 y 4 en donde: 1 = Sentido A-B de la vía 2 = Sentido B-A de la vía 3 = Doble sentido 4 = No aplica	Sí	Campo
CODIGOVIA1	Texto	CODIGOVIA de una vía diferente cuya continuidad dependa del registro.	Texto de 4 a 15 caracteres	NO	Oficina
OBS	Texto	Observación. Se puede usar para almacenar información adicional del registro que de ninguna manera se pueda incluir en los demás campos.	Texto de 10 a 250 caracteres	NO	Campo

Fuente: Propia

Luego de trazar el eje de las vías se procedió a completar sus atributos: el código de vía se asigna a partir del código de las vías validadas en las mesas de trabajo, el código de las vías departamentales, y el código de cada municipio, para el caso del municipio de Guadalajara de Buga este código es 111. El nombre de vía se determinó de acuerdo a las veredas, centros poblados y abscisado de las vías. La categoría se establece con ayuda de las vías departamentales, de aquí que, las vías inventariadas que no fueran departamentales se registraron con el dominio "NO HA SIDO CATEGORIZADA AUN" con código 4.

Para obtener la longitud real en el Shapefile de EJES, se convierten a 3D todos los tramos por medio de la herramienta "interpolate shape" – de 3DAnalyst, teniendo en cuenta el

modelo digital de elevación (DEM) del Valle del Cauca con 2,5 metros de resolución. La información de tipo eje y sentido se extrae de los atributos de la capa FOTOEJE.

- PRS

En la capa de PRS (puntos de referencia lineal) se almacena la información de referencia desde el inicio de la vía a través de cada una de sus calzadas, estos puntos se encuentran en un intervalo de aproximadamente 1 km. Para algunas vías del país ya están definidos por medio de postes de referencia, en estos casos los puntos a reportar fueron los existentes. En los casos en que no existieran las referencias físicas, estos debieron ser establecidos uniformemente cada 1 km. con la ayuda del MDT del Valle del Cauca, por ejemplo, una vía de 15 km tendría 16 PRS.

En la tabla 12 se evidencia la información que debe ser capturada para la capa PRS, ,que tiene definidos los siguientes campos (atributos) con sus respectivas características:

Tabla 13. Atributos de capa PRS

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
CODIGOVIA	Texto	CODIGOVIA del registro asociado en la capa EJES.	Texto de 4 a 15 caracteres	Sí	Capa Ejes
FECHA	Texto	Fecha de toma de información en campo asociada al registro.	Texto de 10 caracteres en formato: AAAA-MM;DD	Sí	Campo
NUMPR	Texto	Número del PR comenzando en 0 desde el punto inicial de la vía.	Número entre 0 y 250	Sí	Oficina, se enumera los PRS en la orientación de la vía, empezando con 0
CALZADA	Entero	Calzada a la cual corresponde el punto de referencia con respecto al inicio (A) y al final (B) de la vía.	Número entre 1 y 3 en donde: 1 = Calzada sentido A-B de la vía 2 = Calzada sentido B-A de la vía 3 = Calzada única	Sí	Campo
DISTVERD	Real	Distancia verdadera a través de la vía desde su inicio. En metros.	Número entre 0 y 250000	Sí	Oficina
OBS	Texto	Observación. Se puede usar para almacenar información adicional del registro que de ninguna manera se pueda incluir en los demás campos.	Texto de 10 a 250 caracteres	No	Campo

Fuente: Propia

Para la generación de los PRS se implementó una herramienta denominada “*Creación de PRS*”, que genera puntos cada 1000 metros teniendo en cuenta la orientación de la vía y la longitud en 3D.

La creación de los PRS conlleva la determinación de coordenadas [X, Y, Z], cada kilómetro partiendo del inicio de la vía, para esto se calcularon las distancias entre los puntos de digitalización y se fueron acumulando iterativamente hasta llegar al múltiplo de 1000 metros final de la vía. Para el cálculo de las coordenadas se utilizó la ecuación de la recta en el espacio.

$$(X, Y, Z) = (X_0, Y_0, Z_0) + \lambda(u_1, u_2, u_3)$$

Donde,

X, Y, Z son las coordenadas del punto de interés (PRS)

X_0, Y_0, Z_0 son las coordenadas de un punto de referencia inicial del segmento de vía (definido a partir de los nodos de digitalización) que contiene el PRS.

u_1, u_2, u_3 son los componentes del vector director del segmento lineal que contiene el PRS.

Siguiendo la secuencia de creación de los puntos de referencia lineal se designó el número de PR y la distancia verdadera, y a partir de la relación espacial entre los ejes y los PRS se establecieron los códigos de vía. La fecha y la calzada se asociaron por medio de los fotoejos tomados en campo los cuales contienen esta información.

- FOTOEJE

La capa de FOTOEJE contiene la información del registro fotográfico de cada una de las vías, que debe ser tomado cada 100 metros aproximadamente (de esta forma se obtiene un registro visual). Se debe cumplir con especificaciones de la fotografía como el formato, tamaño y peso de la imagen. Los puntos de FOTOEJE que representan el kilómetro deben poseer la posición espacial idéntica a los puntos PRS, y entre puntos de referencia lineal debe existir como mínimo 9 puntos de FOTOEJE.

La capa de FOTOEJE de campo contiene más atributos, que son utilizados para la segmentación de la capa de PROPIEDADES, pero son depurados para la entrega de la capa.

En la tabla 13 se muestra la información que debe ser capturada para el Shapefile de FOTOEJE, que tiene definidos los siguientes campos (atributos) con su respectiva característica.

Tabla 14. Atributos de la capa FOTOEJE

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
CODIGOVIA	Texto	CODIGOVIA del registro asociado en la capa EJES.	Texto de 4 a 15 caracteres	Sí	Capa Ejes
FECHA	Texto	Fecha de toma de información en campo asociada al registro.	Texto de 10 caracteres en formato: AAAA-MM;DD	Sí	Campo
NUMPR	Texto	Número del PR comenzando en 0 desde el punto inicial de la vía.	Número entre 0 y 250	Sí	Capa PRS
FOTO	Texto	Nombre de la Foto	Texto de 4 a 15 caracteres	Sí	Campo
RUTAFOTO	Texto	URL de ubicación del archivo fotográfico en formato JPG	Texto de 10 a 250 caracteres	Sí	Oficina
CALZADA	Entero	Calzada a la cual corresponde el punto de referencia con respecto al inicio (A) y al final (B) de la vía.	Número entre 1 y 3 en donde: 1 = Calzada sentido A-B de la vía 2 = Calzada sentido B-A de la vía 3 = Calzada única	Sí	Campo

Tabla 13. Atributos de la capa FOTOEJE (continuación)

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
OBS	Texto	Observación. Se puede usar para almacenar información adicional del registro que de ninguna manera se pueda incluir en los demás campos.	Texto de 10 a 250 caracteres	No	Campo

Fuente: Propia

Para completar el campo de RUTAFOTO se organizan las fotografías por carpetas que representen cada una de las vías y se toma esta nueva ubicación como la ruta a ingresar en el campo, para lograr esto se emplea las herramientas “Fotos” y “Rutafoto” como se muestra en la ilustración 13.

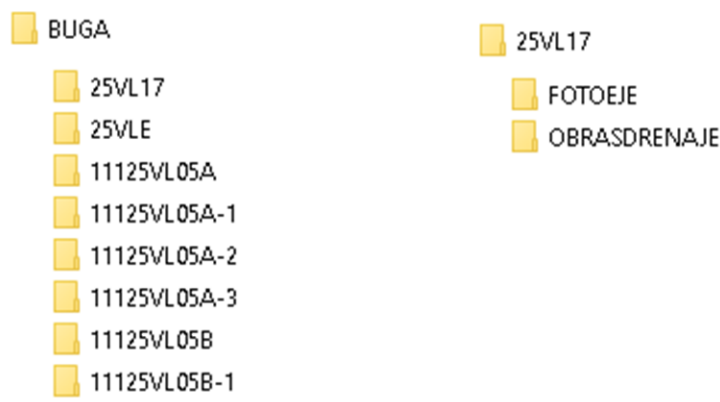


Ilustración 13 Carpetas generadas para el almacenamiento de las fotografías

El atributo CALZADA es definido teniendo en cuenta el tipo eje y el sentido registrado en la capa EJES.

- PUENTES

Cada registro representa un elemento, por ejemplo, un registro debe contener la información de los atributos del puente asociado y su geometría promedio debe ser consignada en los campos respectivos, lo mismo se aplica para las capas MUROS, TUNELES y SITIOSCRITICOS. Los registros deben estar ubicados sobre la capa EJES y representar el inicio de la vía.

En la tabla 14 se muestra la información que debe ser capturada para la capa PUENTES, que tiene definidos los siguientes campos (atributos) con sus respectivas características:

Tabla 15. Atributos de la capa PUENTES

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
CODIGO VIA	Texto	CODIGO VIA del registro asociado en la capa EJES.	Texto de 4 a 15 caracteres	Sí	Capa Ejes
FECHA	Texto	Fecha de toma de información	Texto de 10 caracteres en formato: AAAA-MM;DD	Sí	Campo

Tabla 14. Atributos de la capa PUENTES (continuación)

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
		en campo asociada al registro.			
LONGITUD	Real	Longitud verdadera (considerando altitudes) del puente en metros.	Número entre 1 y 3000	Sí	Campo
DISTINI	Real	Distancia verdadera a través de la vía desde su inicio hasta el inicio del puente en metros.	Número entre 0 y 250000	Sí	Oficina
NOMBRE	Entero	Nombre del puente.	Texto de 3 a 100 caracteres	Sí	Campo
ANCHOTABLE	Real	Ancho del tablero en metros.	Número entre 2 y 30	Sí	Campo
NUMLUCES	Entero	Número de luces.	Número entre 0 y 20.	Sí	Campo
ESTADOSUP	Entero	Estado de la capa de rodadura	Número entre 1 y 4 en donde: 1 = Bueno 2 = Regular. 3 = Malo 4 = Intransitable	Sí	Campo
ESTADOEST	Entero	Estado a nivel estructural	Número entre 1 y 4 en donde: 1=Bueno 2= Regular 3 = Malo 4= No funcional	Sí	Campo
OBS	Texto	Observación. Se puede usar para almacenar información adicional del registro que de ninguna manera se pueda incluir en los demás campos.	Texto de 10 a 250 caracteres	No	Campo

Fuente: Propia

- MUROS

Cada registro representa un elemento, por ejemplo, un registro debe contener la información de los atributos del muro asociado y su geometría promedio debe ser consignada en los campos respectivos, lo mismo se aplica para las capas PUENTES, TUNELES y SITIOSCRITICOS. Los registros deben estar ubicados sobre la capa EJES y representar el inicio de la vía.

En la tabla 15 se evidencia la información que debe ser capturada para la capa MUROS, que tiene definidos los siguientes campos (atributos) con sus respectivas características:

Tabla 16. Atributos de la capa MUROS

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
CODIGO VIA	Texto	CODIGO VIA del registro asociado en la capa EJES.	Texto de 4 a 15 caracteres	Sí	Capa Ejes
FECHA	Texto	Fecha de toma de información en campo asociada al registro.	Texto de 10 caracteres en formato: AAAA-MM;DD	Sí	Campo
LONGITUD	Real	Longitud verdadera (considerando altitudes) del puente en metros.	Número entre 1 y 3000	Sí	Campo
DISTINI	Real	Distancia verdadera a través de la vía desde su inicio hasta el inicio del puente en metros.	Número entre 0 y 250000	Sí	Oficina
LADO	Entero	Lado a la cual corresponde el muro con respecto al inicio (A) y al final (8) de la vía.	Número entre 1 y 3 en donde: 1 = Lado en sentido A-B de la vía 2 = Lado en sentido B-A de la vía	Sí	Campo
ANCHOCOR	Real	Ancho promedio del muro en la corona en metros	Número entre 0,1 y 20	Sí	Campo
ALTURA	Entero	Altura promedio del muro en metros	Número entre 0,1 y 50	Sí	Oficina, haciendo uso del DEM
OBS	Texto	Observación. Se puede usar para almacenar información adicional del registro que de ninguna manera se pueda incluir en los demás campos.	Texto de 10 a 250 caracteres	No	Campo

Fuente: Propia

- TUNELES

Cada registro representa un elemento, por ejemplo, un registro debe contener la información de los atributos del túnel asociado y su geometría promedio debe ser consignada en los campos respectivos, lo mismo se aplica para las capas PUENTES, MUROS y SITIOS CRITICOS. Los registros deben estar ubicados sobre la capa EJES y representar el inicio de la vía.

La capa TUNELES tiene definidos los siguientes campos (atributos) con sus respectivas características como se muestra en la tabla 16.

Tabla 17. Atributos de la capa TUNELES

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
CODIGO VIA	Texto	CODIGO VIA del registro asociado en la capa EJES.	Texto de 4 a 15 caracteres	Sí	Capa Ejes
FECHA	Texto	Fecha de toma de información en campo asociada al registro.	Texto de 10 caracteres en formato: AAAA-MM;DD	Sí	Campo
LONGITUD	Real	Longitud verdadera (considerando altitudes) del puente en metros.	Número entre 1 y 3000	Sí	Campo

Tabla 16. Atributos de la capa TUNELES (continuación)

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
DISTINI	Real	Distancia verdadera a través de la vía desde su inicio hasta el inicio del puente en metros.	Número entre 0 y 250000	Sí	Oficina
NOMBRE	Entero	Nombre del puente.	Texto de 3 a 100 caracteres	Sí	Campo
ANCHOCARR	Real	Ancho promedio de los carriles. En metros.	Número entre 1.5 y 5	Sí	Campo
NUMCARR	Entero	Número de carriles.	Número entre 1 y 6	Sí	Campo
ESTADO	Entero	Estado visual del túnel	Número entre 1 y 3 en donde: 1 = Bueno 2 = Regular 3 = Malo	Sí	Campo
OBS	Texto	Observación. Se puede usar para almacenar información adicional del registro que de ninguna manera se pueda incluir en los demás campos.	Texto de 10 a 250 caracteres	No	Campo

Fuente: Propia

Para la capa PUENTES, MUROS y TUNELES la distancia inicial -DISTINI- es determinada midiendo la longitud real (teniendo en cuenta la topografía) desde el inicio de la vía hasta el elemento empleando la herramienta “*Calculo DISTINI*”, que calcula la distancia entre nodos de digitalización y los acumula hasta llegar al correspondiente elemento.

- SITIOSCRITICOS

Cada registro representa un elemento, por ejemplo, un registro debe contener la información de los atributos del sitio crítico asociado y su geometría promedio debe ser consignada en los campos respectivos, lo mismo se aplica para las capas PUENTES, MUROS y TUNELES. Los registros deben estar ubicados sobre la capa EJES y representar el inicio de la vía.

La capa SITIOSCRITICOS tiene definidos los siguientes campos (atributos) con sus respectivas características como se muestra en la tabla 17.

Tabla 18. Atributos de la capa SITIOSCRITICOS

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
CODIGO VIA	Texto	CODIGO VIA del registro asociado en la capa EJES.	Texto de 4 a 15 caracteres	Sí	Capa Ejes
FECHA	Texto	Fecha de toma de información en campo asociada al registro.	Texto de 10 caracteres en formato: AAAA-MM;DD	Sí	Campo

Tabla 17. Atributos de la capa SITIOSCRITICOS (continuación)

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
LADO	Entero	Lado de la vía en el que se encuentra el sitio crítico	1 = Lado derecho en sentido definido para la vía 2 = Lado izquierdo en el sentido definido para la vía	Sí	Campo
TIPO	Entero	Tipo de sitio crítico	1 = Hundimiento de subrasante o pérdida de la banca 2 = Detritos en la vía 3 = Abultamiento sobre o bajo la carretera 4 = Cambios de forma 5 = Deformación de estructuras adyacentes 6 = Deformación de estructuras adyacentes 7 = Erosión 8 = Derrumbes 9 = Deslizamientos 10 = Grietas de tracción en	Sí	Campo
SEVERIDAD	Entero	Severidad del sitio crítico	1 = Sin daño o daño insignificante 2 = Daño pequeño reparación no necesaria 3 = Daño pequeño reparación necesaria 4 = Daño grave reparación urgente	Sí	Campo
OBS	Texto	Observación. Se puede usar para almacenar información adicional del registro que de ninguna manera se pueda incluir en los demás campos.	Texto de 10 a 250 caracteres	No	Campo

Fuente: Propia

- OBRASDRENAJE

En el caso que se evidencia el cruce de un cuerpo de agua y por el verano no se presente flujo de agua, igual debe ser levantado el punto.

En la tabla 18 se muestra la información que debe ser capturada para la capa OBRASDRENAJE, que tiene definidos los siguientes campos (atributos) con sus respectivas características.

Tabla 19. Atributos de la capa OBRASDRENAJE

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
CODIGO VIA	Texto	CODIGO VIA del registro asociado en la capa EJES.	Texto de 4 a 15 caracteres	Sí	Capa Ejcs

Tabla 18. Atributos de la capa OBRASDRENAJE (continuación)

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
FECHA	Texto	Fecha de toma de información en campo asociada al registro.	Texto de 10 caracteres en formato: AAAA-MM;DD	Sí	Campo
ESTADOSERV	Entero	Estado de servicio de la obra de drenaje.	Número entre 1 y 3 en donde: 1 = Colmatada 2 = Medianamente colmatada 3 = Limpia	Sí	Campo
ESTADOGEN	Entero	Estado general de la estructura de la obra de drenaje.	Número entre 1 y 4 en donde: 1 = Bueno 2 = Regular 3 = Malo 4 = No funcional	Sí	Campo
TIPO	Entero	Tipo de obra de drenaje	Número entre 1 y 5 en donde: 1 = Box culvert 2 = Tubería (alcantarilla) 3 = Bateas 4 = Cruce cuerpo de agua superficial 5 = Otro	Sí	Campo
MATERIAL	Entero	Material del que está hecho la obra de drenaje	Número entre 1 y 5 en donde: 1 = Concreto 2 = PVC 3 = Madera 4 = Metálica 5 = Otro	Sí	Campo
LONGITUD	Real	Longitud de la obra de drenaje.	Número entre 1 y 30	Sí	Campo
NUMSECC	Entero	Número de secciones.	Número entre 1 y 10	Sí	Campo
ANCHO	Real	Ancho de la obra de drenaje o diámetro de la alcantarilla.	Número entre 0.1 y 10	Sí	Campo
OBS	Texto	Observación. Se puede usar para almacenar información adicional del registro que de ninguna manera se pueda incluir en los demás campos.	Texto de 10 a 250 caracteres	No	Campo
FOTO	Texto	Nombre de la Foto	Texto de 4 a 15 caracteres	Sí	Campo
RUTAFOTO	Texto	URL de ubicación del archivo fotográfico en formato JPG	Texto de 10 a 250 caracteres	Sí	Oficina

Fuente: Propia

Para completar el campo de RUTAFOTO se organizan las fotografías por carpetas que representen cada una de las vías y se toma esta nueva ubicación como la ruta a ingresar en el campo, para lograr esto se emplea las herramientas “Fotos” y “Rutafoto”.

- PROPIEDADES

La capa de PROPIEDADES debe ser idéntica en geometría a la capa EJES y cada registró asociado debe dividirse en registros que representen segmentos con los mismos atributos (en caso que haya cambios de atributos), esto quiere decir que cada dato de cada campo debe representar las condiciones del segmento de vía asociado al registro.

En la tabla 19 se muestra la información que debe ser capturada o procesada en oficina para la capa PROPIEDADES, que tiene definidos los siguientes campos (atributos) con sus respectivas características.

Tabla 20. Atributos de la capa PROPIEDADES

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
CODIGOVIA	Texto	CODIGOVIA del registro asociado en la capa EJES.	Texto de 4 a 15 caracteres	Sí	Capa Ejes
FECHA	Texto	Fecha de toma de información en campo asociada al registro.	Texto de 10 caracteres en formato: AAAA-MM;DD	Sí	Capa de Fotoejes
LONGITUD	Real	Longitud verdadera (considerando altitudes) del registro en metros.	Número entre 1 y 250000	Sí	Oficina, se calcula la longitud después de la segmentación de la capa
TIPOTERR	Entero	Tipo de terreno.	Número entre 1 y 4 en donde: 1 = Escarpado 2 = Montañoso 3 = Ondulado 4= Plano	Sí	Capa de Fotoejes
PENDIENTE	Real	Pendiente en grados sexagesimales, positiva en ascenso y negativa en descenso, tomando el sentido del inicio al final de la vía asociada.	Número entre -45 y 45	Sí	Oficina, con la información de la pendiente inicial, final y la longitud del tramo
TIPOSUPERF	Entero	Tipo de superficie.	Número entre 1 y 8 en donde: 1= Destapado 2 = Afirmado 3 = Pavimento asfáltico 4 = Tratamiento superficial 5 = Pavimento rígido 6 = Placa huella 7 = Pavimento articulado 8= Otro	Sí	Capa de Fotoejes
ESTADO	Entero	Estado del segmento de la vía asociado al registro según lo explicado en el cuadro correspondiente.	Número entre 1 y 5 en donde: 1 = Bueno 2 = Regular 3 = Malo 4 = Pésimo 5 = Intransitable	Sí	Capa de Fotoejes
NUMCARR	Entero	Número de carriles.	Número entre 1 y 6	Sí	Capa de Fotoejes
ANCHOCARR	Real	Ancho promedio de los carriles en metros.	Número entre 1,5 y 5	Sí	Capa de Fotoejes
ANCHOBERMA	Real	Ancho de las bermas. Suma del ancho de todas las bermas que existan en la calzada. En metros.	Número entre 0,4 y 6	No	Capa Berma (capa auxilair)
ANCHOCUNET	Real	Ancho de las cunetas. Suma del ancho de todas las cunetas que existan en la calzada. En metros.	Número entre 0,1 y 4	No	Capa Cuneta (capa auxilair)
ANCHOSEPAR	Real	Ancho de un posible separador adicional dentro de la misma calzada con el mismo sentido. Es diferente al separador asociado a la segunda calzada que	Número entre 0,1 y 50	No	Capa Separador (capa auxilair)

Tabla 19. Atributos de la capa PROPIEDADES (continuación)

Nombre	Tipo	Descripción	Dominio	Oblig.	Extracción de la información
		tiene un sentido contrario. En metros.			
OBS	Texto	Observación. Se puede usar para almacenar información adicional del registro que de ninguna manera se pueda incluir en los demás campos.	Texto de 10 a 250 caracteres	No	Campo

Fuente: Propia

Por cada registro existente en la capa EJES debe existir al menos 1 registro en la capa PROPIEDADES y los datos de los registros de cada campo representarán la situación real de cada segmento de vía asociado. Para casos en los que todos los atributos sean iguales para el segmento de vía que representa un registro de la capa EJES, existirá solamente 1 registro asociado en la capa de PROPIEDADES. Para casos en los que uno o más atributos cambien dentro de un mismo registro de la capa EJES, se debe crear una copia idéntica del registro en la capa PROPIEDADES y se debe dividir en registros según el cambio de atributos. Los criterios utilizados para la segmentación de la capa propiedades son:

- Diferencia de 1 grado sexagesimal en la pendiente
- Diferencia de 20 centímetros en ancho de carril
- Diferencia de 5 centímetros en ancho de berma
- Diferencia de 5 centímetros en ancho de cuneta
- Diferencia de 5 centímetros en ancho de separador
- Existencia de puentes
- Tipo de Terreno
- Tipo de superficie
- Número de carril
- Estado de las vías

A continuación, se detalla el proceso desarrollado para determinar la capa de PROPIEDADES a partir de los criterios definidos:

A partir de la herramienta “*Normalización para segmentar*” se normalizan los campos o atributos de la capa FOTOEJE (teniendo en cuenta los dominios establecidos en la resolución), que contienen las características que hacen parte de la capa de PROPIEDADES y permiten la partición de la capa EJES: estado, tipo de superficie, ancho de carril y número de carril.

• Tipo De Terreno

Para tipo de terreno se tomó la decisión de establecerlo en oficina debido a que depende de la percepción del encargado de capturar la información en campo incurriendo a una errónea caracterización del terreno.

Por lo anterior, se determina el tipo de terreno en tramos de 50 metros en base a la capa EJES. Con las herramientas “*Create Points on Lines*” y “*Split Line at Point*” se realizan particiones de 50 metros a las cuales se les calcula la pendiente en grados sexagesimales

a partir de las cotas de los nodos de estos segmentos y con esta variable y los siguientes rangos se establece el tipo de terreno (herramienta “*Pendiente*”):

0 – 4	=>	PLANO
4 - 15	=>	ONDULADO
15 - 25	=>	MONTAÑOSO
25 - 45	=>	ESCARPADO

Por último, se agrupan los segmentos con el mismo TIPO DE TERRENO, determinando así, la segmentación por tipo de terreno.

- **Tipo de Superficie, Número de Carril Y Ancho de Carril**

Esta información es tomada en el elemento FOTOEJE y hace referencia a las características tomadas en la dirección de la vía desde el FOTOEJE actual hasta el siguiente. Para ubicar los FOTOEJE donde se presenta un cambio que implique segmentación, se define un código de tres cifras a partir de la normalización desarrollada previamente donde el primer dígito representa el tipo de superficie, el segundo el ancho de carril y el último el número de carril.

Con la herramienta “*Cortes*”, que solicita como datos de entrada la capa de FOTOEJE, se identifican los puntos de cambio y por lo tanto donde se debe segmentar la vía.

La información de los fotoejos establecidos como puntos de corte, es asociada a su respectivo segmento, que es el más cercano siguiendo la orientación de la vía.

- **Estado**

La característica de estado tomada en la capa FOTOEJE y normalizada previamente, hace referencia al tramo de vía entre el FOTOEJE actual y el anterior. Por esto, debe invertirse la orientación de las vías y aplicar la metodología utilizada anteriormente con el tipo de terreno, el ancho de carril y el número de carril simultáneamente.

- **Ancho de Berma, Cuneta y Separador**

Debido a la complejidad al evaluar los criterios de ancho de berma, cuneta y separador, causado porque se captura la información al inicio, final e intermedio de los segmentos viales y lado derecho e izquierdo de la vía, se realiza la segmentación de manera manual, donde se revisa si existe diferencia entre la información del punto y el punto de abscisa anterior.

La información de manera puntual es asociada a su respectivo segmento, que es el más cercano siguiendo la orientación de la vía.

Para finalizar la capa de propiedades se realiza la unificación de todos los segmentos creados a partir de la intersección geométrica con todas las entidades para obtener la capa de PROPIEDADES segmentada por cada uno de los criterios definidos en la resolución. Seguidamente se identificaron los segmentos menores a 1 metros y se unieron geoméricamente al segmento vecino con mayor longitud.

8.5.2.2 CONTROL DE CALIDAD

Se realiza un control de calidad después de construir las capas a entregar, que consiste en tres (3) procesos:

- ✓ Validación de Topologías
- ✓ Exactitud Temática
- ✓ Consistencia Lógica

- **Validación de Topologías**

Depuración de la geometría de los elementos

- Elementos duplicados
- Existencia de intersección de los ejes
- Alineación de los elementos puntuales sobre el eje
- Geometría idéntica entre ejes y propiedades

- **Exactitud Temática**

Se realiza control sobre los atributos asociados a las capas a entregar, donde se evalúa que no existan campos vacíos o nulos y que los dominios cumplan los requerimientos de la estructura de datos exigidos por la resolución para cada uno de los atributos. La evaluación anterior es la misma para todas las capas; adicionalmente con la capa de OBRASDRENAJE se evalúa que exista relación lógica entre el atributo tipo con el de material, por ejemplo, no existe relación lógica entre una obra de drenaje donde el tipo sea tubería y el material sea madera. Para este último caso si no se encuentra la relación se hace uso de la fotografía de campo para modificar a la realidad los anteriores atributos o campos.

- **Consistencia Lógica**

Se realiza control sobre la relación lógica que debe existir entre las capas:

- Se revisa que todos los elementos presenten el código de vía del eje al cual pertenecen.
- Los FOTOEJES que se encuentran en el inicio de cada kilómetro tienen que tener geometría idéntica con el punto de PRS.

PERFILES

Adicionalmente se determinó un perfil longitudinal (herramienta “*Perfiles*”) por cada una de las vías inventariadas, que sirva como un futuro elemento de juicio para la toma de decisiones como se muestra en la ilustración 14.

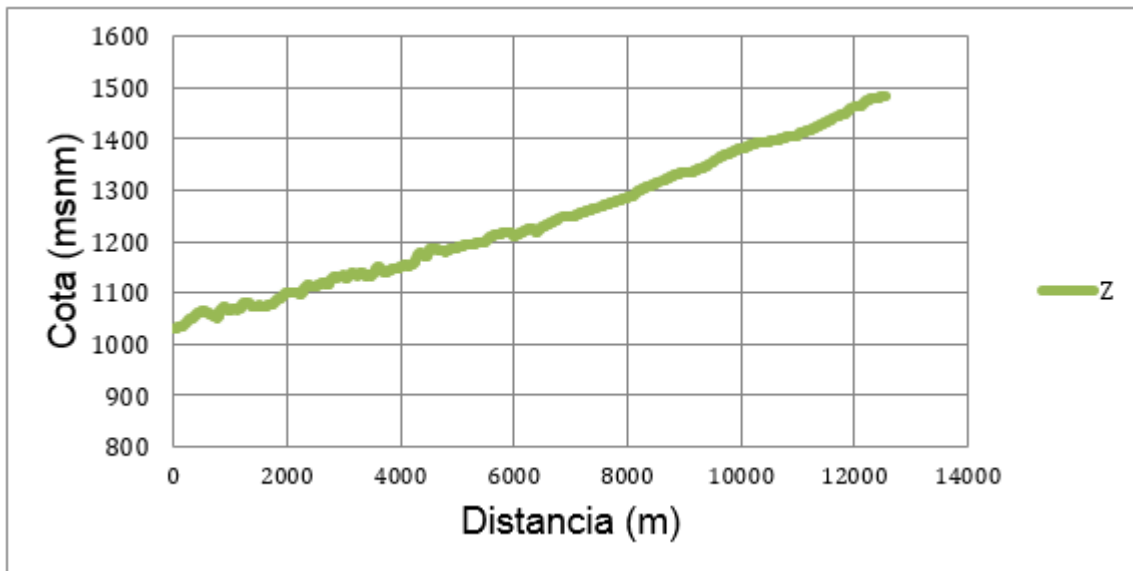


Ilustración 14 Perfil de la vía 25VL17-BUGA - LA HABANA - TRES ESQUINAS

8.6 PRIORIZACIÓN.

La priorización de las vías debe estar de acuerdo con las políticas gubernamentales y deben enfocarse a:

- Beneficiar a la comunidad en general.
- Promover la productividad rural.
- Contribuir a alcanzar metas sociales y económicas de reducción de la pobreza y generación de empleo.
- Promover actividades e inversiones que permitan el mejoramiento de la calidad de vida en las comunidades involucradas.
- Mejorar la integración regional y/o la conectividad.
- Garantizar la participación de la comunidad.

Para realizar la priorización se debe utilizar la metodología de evaluación multicriterio tomando en cuenta la situación vial actual. Para aplicar este proceso se tienen en cuenta criterios de índole social, económico y técnico.

Criterios Sociales: Este criterio tiene relación con la valoración de los beneficios que puede lograr la comunidad como consecuencia del mejoramiento y la conservación rutinaria de las vías.

Criterios Económicos: Estos criterios consideran el beneficio económico que puede lograrse en el tránsito de los usuarios que utilizan el camino o el potencial productivo de la zona del entorno de la vía.

Criterios Técnicos: Estos criterios se refieren a las características de las vías en cuanto al tipo de superficie, el estado, la conectividad y la geometría.

Con la base de datos geográfica estructurada según los lineamientos técnicos del inventario vial resolución 1321 de 2018, se procederá a realizar la priorización de las vías terciarias, según la metodología establecida por el INVIAS (para vías de tercer orden) en el documento de código MINFRA-IN-PV-1 “INSTRUCTIVO PARA LA MATRIZ PRIORIZACIÓN DE VÍAS Terciarias” (Tabla 1).

Como insumo para la priorización de las vías de primer y segundo orden que cuentan con Resolución de categorización del Ministerio de Transporte, se realiza una matriz diagnóstica y una matriz resumen de las características y elementos físicos capturados en campo en el inventario vial, como diagnóstico social, técnico y económico de estas vías, dado que la metodología para priorizar vías de primer y segundo orden comprende la formulación de un Plan Vial Departamental (PVD) y/o Plan Regional de Infraestructura Intermodal de Transporte (PRIIT) con base en lineamientos técnicos, económicos y administrativos. Este proceso se sale del alcance del contrato (formulación de un PVD y/o PRIIT).

La valoración de cada criterio de la tabla anterior se realiza con base en información secundaria suministrada por las entidades del orden nacional, departamental y municipal. Los criterios tipo de superficie, estado de la vía y volumen de tránsito son variables que se obtienen mediante información resultado del inventario vial de características físicas.

Como resultado de la valoración se consideran vías de alta prioridad las que se encuentren en el rango igual o mayor a 67 puntos. Prioridad media entre 33 y 66 puntos y prioridad baja inferiores a 33 puntos.

Las vías que no cuenten con resolución de categorización expedida por el Ministerio de Transporte se consideraran vías terciarias.

Se entrega una matriz de diagnóstico y una matriz resumen de las características y elementos físicos capturados en campo en el inventario vial, como diagnóstico social, técnico y económico de estas vías, como insumo para la priorización de las vías de primer y segundo orden que cuentan con Resolución de categorización del Ministerio de Transporte.

En las tablas 20 y 21 se presentan los componentes de la matriz diagnóstico y matriz resumen:

Tabla 21 Matriz Diagnóstico:

I. IDENTIFICACIÓN VÍA										
Departamento	Municipio	Código Vía	Nombre Vía	Categoría	Longitud	Tipo Eje	Sentido	Fecha toma de información	PR inicial	PR Final
II. VARIABLES TÉCNICAS										

Tabla 20 Matriz Diagnóstico (continuación)

Tipo de Superficie				Conectividad con otras vías						Estado de la vía			
Pavimentada (concreto, asfalto) (2 puntos)	Afirmado, estabilizado, placa huella (rieles), empedrado (6 puntos)	Tierra (10 puntos)	Total (Max. 10)	Una vía nacional (4 puntos)	Una vía departamental (3 puntos)	Otra vía terciaria (1 punto)	Una vía acuática (1 punto)	Un camino de herradura (1 punto)	Total (Max. 10)	Bueno (6 puntos)	Regular (10 puntos)	Malo (14 puntos)	Total (Max. 14)

III. VARIABLES SOCIALES										
Población beneficiada				Centros sociales en la carretera						
Dispersa (menos de 5 viviendas/km) (3 puntos)	Media (de 5 a 10 viviendas/km) (10 puntos)	Concentrada (más de 10 viviendas/km) (16 puntos)	Total (Max. 16)	Centro de salud (6 puntos)	Escuela (5 puntos)	Iglesia o centro religioso (2 puntos)	Sitio recreativo o turismo (5 puntos)	Centro comunitario u otro similar (2 puntos)	Total (Max. 20)	

IV. VARIABLES ECONÓMICAS								V. Puntaje Total (Max. 100)
Volumen de tránsito				Productividad				
Menor a 20 vehículos/día (4 puntos)	Entre 20 y 50 vehículos/día (8 puntos)	Mayor a 50 vehículos/día (10 puntos)	Total (Max. 10)	Terrenos aledaños a la vía sin cultivos, potencialmente cultivables (4 puntos)	Haciendas y/o fincas de gran extensión cultivadas (agrícola, pecuaria, forestal) (10 puntos)	Pequeñas fincas productoras y/o minifundios cultivados (20 puntos)	Total (Max. 20)	

Tabla 22. Matriz Resumen

I. IDENTIFICACIÓN VÍA											
Departamento	Municipio	Código Vía	Nombre Vía	Categoría	Longitud	Tipo Eje	Sentido	Fecha toma de información	PR inicial	PR Final	

II. Longitud por tipo de terreno				III. Pendiente predominante	IV. Longitud por tipo superficie							
Escarpa	Montañoso	Ondulado	Plano		Destapado	Afirmado	Pavimento asfáltico	Tratamiento superficial	Pavimento rígido	Placa huella	Pavimento articulado	Otro

Tabla 21. Matriz Resumen (continuación)

V. Longitud por estado					VI. Características físicas									
Bueno	Regular	Malo	Pésimo	Intransitable	Número de carriles predominante	Ancho promedio de carriles	Ancho promedio de bermas	Ancho promedio de cunetas	Ancho promedio de separador	Número de puentes o pontones	Número de muros	Número de túneles	Número de sitios críticos	Número de obras de drenaje

8.6.1 GEOPROCESAMIENTO

Para la realización de la priorización de las vías del municipio de Buga, se hace necesario diferentes procesos geográficos donde se empieza con la creación de diferentes capas con cruce de información, que son requeridas para la priorización como lo muestra la tabla 22.

Tabla 23. Capas requeridas para Priorización.

CAPA GEOGRAFICA	GEOMETRIA
TIPO_SUPERFICIE_RODADURA	LINEA
CONECTIVIDAD_OTRAS_VIAS	LINEA
ESTADO_VIA	LINEA
POBLACIÓN_BENEFICIADA	LINEA
CENTROS_SOCIALES	LINEA
VOLUMEN_TRANSITO	LINEA
PRODUCTIVIDAD	LINEA
PRIORIZACION_TERCARIAS	LINEA

Fuente: Propia

Las capas TIPO_SUPERFICIE_RODADURA y ESTADO_VIA se obtienen mediante un ponderado de los valores encontrados en el inventario realizado, apoyado en los puntajes existentes dentro de las tablas establecidas en el documento MINFRA-IN-PV-1 “INSTRUCTIVO PARA LA MATRIZ PRIORIZACIÓN DE VÍAS TERCARIAS” (Tabla 1), el VOLUMEN_TRANSITO se obtienen mediante información resultado del inventario vial de características físicas; las capas CONECTIVIDAD_OTRAS_VIAS, POBLACIÓN_BENEFICIADA, CENTROS_SOCIALES, PRODUCTIVIDAD se generan mediante información secundaria del orden nacional, departamental y municipal, además de la capa PRIORIZACION_TERCARIAS representa el resultado de la priorización en vías de tercer orden con los puntajes obtenidos al evaluar los criterios técnicos, sociales y económicos. A continuación, se presentan los atributos de estas capas:

- **TIPO_SUPERFICIE_RODADURA Geometría: Línea**

La creación de la capa **TIPO_SUPERFICIE_RODADURA** se realiza mediante el resultado del inventario vial de características físicas, de donde se extrae la información del tipo de superficie de la rodadura contenida en la capa PROPIEDADES con sus atributos como se muestra en la tabla 23. Para el cálculo del puntaje de tipo de superficie se calcula la longitud que presenta cada una de las características (pavimentada, afirmada y tierra) y su respectivo porcentaje en comparación con la longitud total de la vía, este valor se multiplica

con el puntaje definido en la MATRIZ DE PRIORIZACIÓN como lo muestra la tabla 20 y se realiza la sumatoria de los valores resultantes, ejemplo:

$$\text{Puntaje Tipo Superficie} = \left(\frac{\text{Long Pavimentada}}{\text{Long Total}} * 2 \right) + \left(\frac{\text{Long Afirmada}}{\text{Long Total}} * 6 \right) + \left(\frac{\text{Long Tierra}}{\text{Long Total}} * 10 \right)$$

Tabla 24. Atributos de TIPO_SUPERFICIE_RODADURA

ATRIBUTO	TIPO DATO
DEPARTAMENTO	Texto
MUNICIPIO	Texto
CODIGO VIA	Texto
NOMBRE VIA	Texto
CATEGORIA	Texto
LONGITUD_TOTAL_VIA	Double
LONGITUD_PAVIMENTADA	Double
LONGITUD_AFIRMADA	Double
LONGITUD_TIERRA	Double
PUNTAJE_TIPO_SUPERFICIE	Double

Fuente: Propia

- **CONECTIVIDAD_OTRAS_VIAS Geometría: Línea**

La creación de la capa **CONECTIVIDAD_OTRAS_VIAS** se realiza mediante información secundaria del orden nacional. Se asigna el puntaje definido en la MATRIZ DE PRIORIZACIÓN para la conectividad entre vías, los atributos de la capa se muestran en la tabla 24.

Tabla 25. Atributos de CONECTIVIDAD_OTRAS_VIAS

ATRIBUTO	TIPO DATO
DEPARTAMENTO	Texto
MUNICIPIO	Texto
CODIGO VIA	Texto
NOMBRE VIA	Texto
CATEGORIA	Texto
LONGITUD_TOTAL_VIA	Double
CONECTIVIDAD_VIA_NACIONAL	Entero
CONECTIVIDAD_VIA_DEPARTAMENTAL	Entero
CONECTIVIDAD_VIA_TERCIARIA	Entero
CONECTIVIDAD_VIA_ACUATICA	Entero
CONECTIVIDAD_CAMINO_HERRADURA	Entero
PUNTAJE_CONECTIVIDAD	Entero

Fuente: Propia

- **ESTADO_VIA Geometría: Línea**

La creación de la capa **ESTADO_VIA** se realiza mediante el resultado del inventario vial de características físicas, de donde se extrae la información del estado de la vía contenida en la capa PROPIEDADES con sus atributos como se muestra en la tabla 25. Para el cálculo del puntaje de tipo de superficie se calcula la longitud que presenta cada una de las características (bueno, regula y malo) y su respectivo porcentaje en comparación con la longitud total de la vía, este valor se multiplica con el puntaje definido en la MATRIZ DE

PRIORIZACIÓN como lo muestra la tabla 20 y se realiza la sumatoria de los valores resultantes, ejemplo:

$$\text{Puntaje Tipo Superficie} = \left(\frac{\text{Long Bueno}}{\text{Long Total}} * 6 \right) + \left(\frac{\text{Long Regular}}{\text{Long Total}} * 10 \right) + \left(\frac{\text{Long Malo}}{\text{Long Total}} * 14 \right)$$

Tabla 26. Atributos de ESTADO_VIA

ATRIBUTO	TIPO DATO
DEPARTAMENTO	Texto
MUNICIPIO	Texto
CODIGO VIA	Texto
NOMBRE VIA	Texto
CATEGORIA	Texto
LONGITUD_TOTAL_VIA	Double
LONGITUD_ESTADO_BUENO	Double
LONGITUD_ESTADO_REGULAR	Double
LONGITUD_ESTADO_MALO	Double
PUNTAJE_ESTADO	Double

Fuente: Propia

- **POBLACIÓN_BENEFICIADA Geometría: Línea**

La creación de la capa **POBLACIÓN_BENEFICIADA** se realiza mediante información secundaria del orden nacional. Se asigna el puntaje definido en la MATRIZ DE PRIORIZACIÓN para la población beneficiada, los atributos de la capa se muestran en la tabla 26.

Tabla 27. Atributos de POBLACION_BENEFICIADA

ATRIBUTO	TIPO DATO
DEPARTAMENTO	Texto
MUNICIPIO	Texto
CODIGO VIA	Texto
NOMBRE VIA	Texto
CATEGORIA	Texto
LONGITUD_TOTAL_VIA	Double
VIVIENDAS_DISPERSA	Entero
VIVIENDAS_MEDIA	Entero
VIVIENDAS_CONCENTRADA	Entero
PUNTAJE_POBLACION_BENEFICIADA	Entero

Fuente: Propia

- **CENTROS_SOCIALES Geometría: Línea**

La creación de la capa **CENTROS_SOCIALES** se realiza mediante información secundaria del orden nacional. Se asigna el puntaje definido en la MATRIZ DE PRIORIZACIÓN para centros sociales, los atributos para esta capa se muestran en la tabla 27.

Tabla 28. Atributos de CENTROS_SOCIALES

ATRIBUTO	TIPO DATO
DEPARTAMENTO	Texto
MUNICIPIO	Texto
CODIGO VIA	Texto
NOMBRE VIA	Texto
CATEGORIA	Texto

Tabla 27. Atributos de CENTROS_SOCIALES (continuación)

ATRIBUTO	TIPO DATO
LONGITUD_TOTAL_VIA	Double
EXISTENCIA_CENTRO_SALUD	Entero
EXISTENCIA_ESCUELA	Entero
EXISTENCIA_IGLESIA_CENTRO_RELIGIOSO	Entero
EXISTENCIA_SITIO_RECREATIVO_TURISMO	Entero
EXISTENCIA_CENTRO_COMUNITARIO	Entero
PUNTAJE_CENTROS_SOCIALES	Entero

Fuente: Propia

- **VOLUMEN_TRANSITO Geometría: Línea**

La creación de la capa **VOLUMEN_TRANSITO** se realiza mediante información secundaria, que es capturada y procesada por una empresa especializada en estudios de tránsito y movilidad. Se asigna el puntaje definido en la MATRIZ DE PRIORIZACIÓN para el volumen de tránsito, los atributos para esta capa se muestran en la tabla 28.

Tabla 29. Atributos de VOLUMEN_TRANSITO

ATRIBUTO	TIPO DATO
DEPARTAMENTO	Texto
MUNICIPIO	Texto
CODIGO_VIA	Texto
NOMBRE_VIA	Texto
CATEGORIA	Texto
LONGITUD_TOTAL_VIA	Double
MENOR_20_VEHICULOS	Entero
ENTRE_20_50_VEHICULOS	Entero
MAYOR_50_VEHICULOS	Entero
PUNTAJE_VOLUMEN_TRANSITO	Entero

Fuente: Propia

- **PRODUCTIVIDAD Geometría: Línea**

La creación de la capa **PRODUCTIVIDAD** se realiza mediante información secundaria del orden nacional. Se asigna el puntaje definido en la MATRIZ DE PRIORIZACIÓN para la productividad, los atributos para esta capa se muestran en la tabla 29.

Tabla 30. Atributos de PRODUCTIVIDAD

ATRIBUTO	TIPO DATO
DEPARTAMENTO	Texto
MUNICIPIO	Texto
CODIGO_VIA	Texto
NOMBRE_VIA	Texto
CATEGORIA	Texto
LONGITUD_TOTAL_VIA	Double
TERRENOS_NO_CULTIVOS_POTENCIALES	Entero
FINCAS_GRADES_CULTIVADAS	Entero
PEQUEÑAS_FINCAS_CULTIVADAS	Entero
PUNTAJE_PRODUCTIVIDAD	Entero

Fuente: Propia

- **PRIORIZACION_Terciarias Geometría: Línea**

La creación de la capa **PRIORIZACION_Terciarias** es la intersección resultante de todas las capas creadas en el geoprocesamiento para la priorización, siendo la intersección la suma de los puntajes y el cálculo del puntaje total.

Como resultado de la valoración se consideran vías de alta prioridad las que se encuentren con puntaje igual o mayor a 67 puntos. Prioridad media entre 33 y 66 puntos y prioridad baja inferiores a 33 puntos, los atributos para esta capa se muestran en la tabla 30.

Tabla 31. Atributos de PRIORIZACION_Terciaria

ATRIBUTO	TIPO DATO	DOMINIO
DEPARTAMENTO	Texto	NA
MUNICIPIO	Texto	NA
CODIGO VIA	Texto	NA
NOMBRE VIA	Texto	NA
CATEGORIA	Texto	NA
LONGITUD TOTAL VIA	Double	NA
PUNTAJE TIPO SUPERFICIE	Double	NA
PUNTAJE CONECTIVIDAD	Entero	NA
PUNTAJE ESTADO	Double	NA
PUNTAJE POBLACION BENEFICIADA	Entero	NA
PUNTAJE CENTROS SOCIALES	Entero	NA
PUNTAJE VOLUMEN TRANSITO	Entero	NA
PUNTAJE PRODUCTIVIDAD	Entero	NA
PUNTAJE TOTAL	Double	NA
PRIORIDAD	Texto	Alta Media Baja

Fuente: Propia

9 RUTAS CRÍTICAS

La ruta crítica es determinada a través de los subproductos del plan de trabajo del plan piloto. La idea de determinar la secuencia de los elementos terminales del proyecto con la duración entre ellos, determinando o identificando la dependencia de una actividad o tarea sobre otras con el fin de completar el proyecto teniendo una ruta planeada o establecida. La duración de la ruta crítica determina la duración del proyecto entero. Cualquier retraso en un elemento de la ruta crítica afecta a la fecha de término planeada del proyecto.

Es muy importante determinar la dependencia de algunas actividades sobre otras, debido a que se pueden desarrollar algunas actividades sólo cuando una o varias actividades previas o predecesoras han sido completadas.

9.1 REQUERIMIENTOS PRELIMINARES Y DETERMINACION DE LA RED VIAL RURAL MUNICIPAL A PRIORIZAR:

A pesar que todas las actividades de esta etapa se desarrollaron a la par, es conveniente identificar qué actividades externas al consultor como la socialización del proyecto, que se constituyen en actividades imprescindibles e ineludibles y que marcan el comienzo de otras actividades futuras. A pesar del esfuerzo que realizó la gobernación para socializar el

proyecto, hay que reconocer que el día de la convocatoria, no se tuvo reporte de presencia masiva de los alcaldes o sus representantes, por lo cual obligó al consultor a incorporar una actividad más, de resocialización del proyecto.

A través de la socialización se han identificado otros elementos, que generan actividades adicionales, como tener que socializar el proyecto a comunidades de la zona rural en especial a presidentes de juntas de acción local o comunidades étnicas que requieren que se les solicite el acceso a sus territorios. El consorcio tomó la decisión de realizar socializaciones a estas comunidades, con el fin de allanar la ruta para el desarrollo del trabajo y minimizar los riesgos, pero hay que tener en cuenta que, sin el apoyo de estas comunidades, el acceso a los territorios sería nulo o se dilatará en el tiempo.

El subproducto diagnóstico de la Información, puede presentar retrocesos, al valorar la información, dependiendo si esta información fue entregada oportunamente, si la fuente es considerada como válida y si es actualizada o aún es vigente. De actividades como valoración de la información y el tener la información necesaria para el proyecto dependen actividades futuras como la identificación preliminar de las vías a inventariar y el cruce de capas temáticas para la priorización en la etapa final del proyecto.

En las visitas concertadas con los funcionarios de las alcaldías, se pueden presentar vías que no están registradas por ninguna entidad, por estar localizadas en zonas que han sido afectadas por el conflicto armado. Estas zonas serán de alto riesgo para el personal que realizará el trabajo de campo y los tiempos dependen del acompañamiento de los líderes comunitarios de las respectivas zonas.

Cuando se reprograma una nueva mesa de trabajo con los funcionarios, debido a las múltiples ocupaciones inherentes a sus cargos, en ocasiones presentan reprocesos o reprogramación de fechas, que se salen del dominio del consultor, alargando los tiempos de conclusión de esta actividad. Igualmente se ha identificado que, al interior de las administraciones municipales, se presentan fallas en la comunicación.

9.2 CAPTURA DE DATOS EN CAMPO

Aunque el control y desarrollo de este subproceso depende del consultor, el trabajo de campo se podría ver truncado o afectado en algunas áreas sino se cuenta con el acompañamiento de la comunidad y las administraciones municipales, debido a la diversidad de riesgos que se presentan en los trabajos de campo.

Como puntos críticos se pueden identificar: la entrega de información oportuna, de buena calidad y veraz, como punto de partida, por parte del consultor, es necesario tener claro que el tema logístico es fundamental para el desarrollo del proceso, esta actividad implica vivienda, transporte y alimentación, distribución del trabajo o vías a inventariar entre otras. Otro elemento fundamental es la carga y descarga de la información en los equipos y en general el protocolo de seguridad de la información. La toma de datos en campo puede sufrir retrocesos si no se cumplen los protocolos establecidos en los manuales de campo y si se presentan fenómenos climatológicos como lluvias prolongadas, como ocurrió durante

el ejercicio realizado de captura de datos en el plan piloto donde se presentaron varios días lluviosos que limitaron el rendimiento de los ingenieros de campo.

9.3 POST-CAMPO

Aquí se agrupan todos los subprocesos desarrollados en oficina (Postproceso, Digitalización y Priorización). Las actividades de Post campo dependen de los insumos generados en las etapas previas, tanto de la información primaria como de la información secundaria, por lo tanto, los retrasos y dificultades encontradas se verán reflejados en este subproceso. Como principales dificultades inherentes a esta etapa se encuentran la carga y descarga de información de los equipos móviles y retrasos derivados de la retoma de información en campo o la inclusión de nuevos tramos de vía objeto de inventario lo cual modifica los parámetros para realizar los geo-procesos pertinentes, en la tabla 31 se muestran la categorización de los tipos de amenaza y su respectivo manejo para cada una de las fases de la ruta crítica.

Tabla 32 Actividades ruta crítica (en las 3 primeras etapas)

Tipo de Amenaza	Amenazas o contingencias	propuesta de solución	reproceso estimado	NIVEL DE RIESGO
Social	delincuencia común	socialización y acompañamiento de la comunidad o actores representativos de la zona	3 días	BAJO
Social	grupos étnicos	socialización con representantes de estas comunidades	30 días	ALTO
Social	zonas rojas y grupos al margen de la ley	socialización y acompañamiento de la comunidad o actores representativos de la zona	30 días	ALTO
Social	presencia de explosivos	acompañamiento de la comunidad y la unidad antiexplosivos del ejército y capacitación del personal	30 días	ALTO
Social	cartografía desactualizada	verificación con imágenes aéreas en oficina y ajuste con información de otras fuentes	3 días	BAJO
Técnico Operativo	falta de experiencia de los auxiliares de campo	creación de manuales y capacitaciones	1 día	BAJO
Técnico Operativo	riesgos operativos y seguridad en el trabajo	establecer manuales de seguridad y procedimientos de mejora continua	1 día	BAJO

Tabla 33 Actividades ruta crítica (en las 3 primeras etapas) (Continuación)

Tipo de Amenaza	Amenazas o contingencias	propuesta de solución	reproceso estimado	NIVEL DE RIESGO
Técnico Operativo	problemas de manejo de información	normalización de la información levantada para una fácil digitalización y capacitación en manejo y seguridad de la información	1 día	BAJO

Fuente: Propia

En la tabla 32 se relaciona los índices para la medición de riesgos anteriormente mencionadas:

Tabla 34 índices de riesgo

BAJO	afecta la continuidad de la gestión y puede generar reprocesos leves
MEDIO	afecta la continuidad de la gestión y genera reprocesos
ALTO	afecta el proceso adelantado y genera reprocesos en la gestión

Fuente: Propia

10 RESULTADOS Y ANÁLISIS

En las tablas 33 y 34 se presentan las pruebas realizadas a los 2 equipos en la placa 76001137 (Cra. 23 con calle 5 B/ Alameda, ubicada a aproximadamente 1.6 Km. de la base); solo se muestra este resultado por la similitud en las diferencias para las dos placas objeto de comparación.

Tabla 35 Resultado de las pruebas con GPS POLAR X2 – SOUTH

GPS POLAR X2 - SOUTH									
30 SEGUNDOS		1 MINUTO		2 MINUTOS		3 MINUTOS		5 MINUTOS	
NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE
872047.27	1060004.36	872047.87	1060004.66	872048.67	1060004.96	872048.87	1060005.66	872049.27	1060005.96
PLACA 76001137 (Cra. 23 con calle 5 B/ Alameda)									
NORTE					ESTE				
872050.371					1060006.860				
DIFERENCIA 1		DIFERENCIA 2		DIFERENCIA 3		DIFERENCIA 4		DIFERENCIA 5	
-3.10	-2.50	-2.50	-2.20	-1.70	-1.90	-1.50	-1.20	-1.10	-0.90

Fuente: Propia

Tabla 36 Resultado de las pruebas con GPS MOBILE MAPPER 50 – SPECTRA GEOSPATIAL

GPS MOBILE MAPPER 50 - SPECTRA GEOSPATIAL									
30 SEGUNDOS		1 MINUTO		2 MINUTOS		3 MINUTOS		5 MINUTOS	
NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE
872048.85	1060005.90	872049.11	1060006.05	872049.83	1060006.67	872050.15	1060006.62	872050.10	1060006.67
PLACA 76001137 (Cra. 23 con calle 5 B/ Alameda)									
NORTE					ESTE				
872050.371					1060006.860				
DIFERENCIA 1		DIFERENCIA 2		DIFERENCIA 3		DIFERENCIA 4		DIFERENCIA 5	
-1.52	-0.96	-1.26	-0.81	-0.54	-0.19	-0.22	-0.24	-0.27	-0.19

Fuente: Propia

Después de las reuniones llevadas a cabo en la alcaldía del municipio, en las mesas 1 y 2 con miembros de la Secretaría de Obras Públicas de Buga se identificó, validó y entregó 60 vías correspondientes a 268.47 kilómetros. En la ilustración 15, se muestra el plano con las vías validadas.

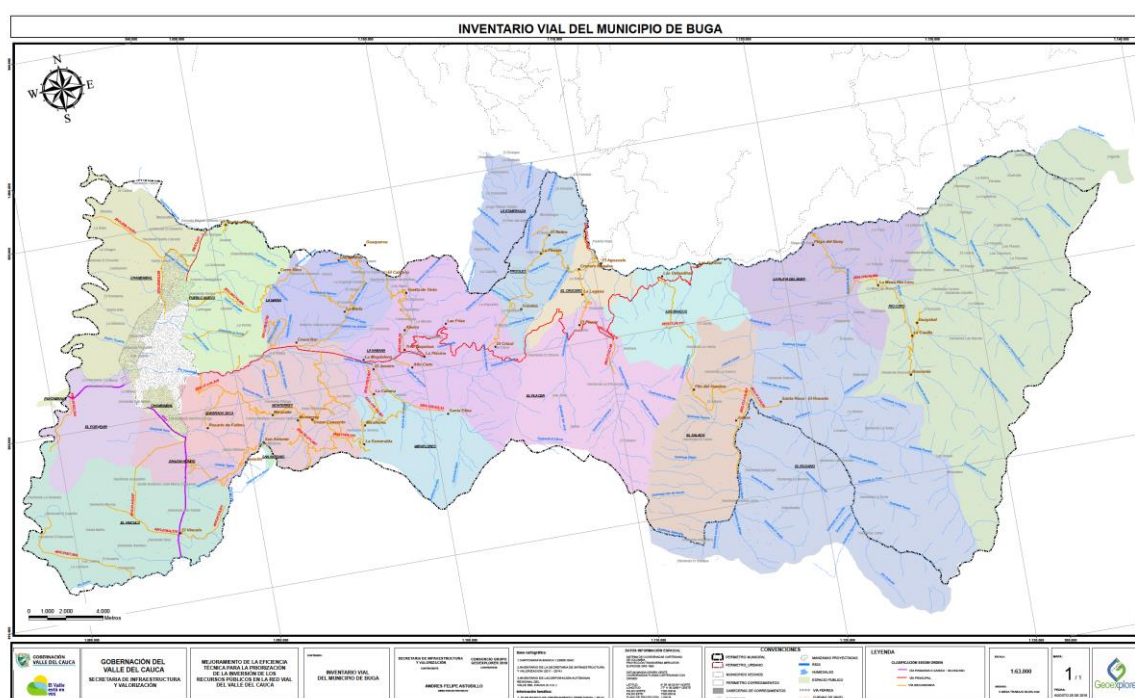


Ilustración 15. Vías codificadas y validadas - Mesa de trabajo II

Para el amarre a la Red Geodésica Nacional se utilizaron dos (2) bases activas ZARZ y VTUL, la primera perteneciente a la red activa MAGNA ECO administrada por el IGAC y la segunda pertenece a la red activa “GeoRED” del Servicio Geológico Colombiano – SGC, además se capturaron un total de veintiún (21) puntos con los equipos GNSS que conforman la red de control para el Post-proceso de los equipos de mano; esta actividad tuvo una duración de 8 días.

En la Tabla 35 se registra la fecha de toma y nombre de las bases utilizadas.

Tabla 37. Bases GNSS del levantamiento del municipio de Guadalajara de Buga

FECHA DE TOMA	NOMBRE DE LA BASE
3 DE DICIEMBRE	VTUL
	HUAKAR
	SANTAROSADETAPIAS
4 DE DICIEMBRE	VTUL
	LAUNION
	CERRORICO
	ZANJONHONDO
	LAMARIA
5 DE DICIEMBRE	VTUL
	FRISOLES
	LAMAGDALENA
	ELDILUVIO
6 DE DICIEMBRE	VTUL
	BALBOA
	LASBRISAS
	MIRAFLORES
10 DE DICIEMBRE	VTUL
	PRODIGIO
	SANAGUSTIN
11 DE DICIEMBRE	PRODIGIO
	SANAGUSTIN
12 DE DICIEMBRE	BUGA
	LAMARIA
	PRESIDENTE
	TENERIFE
	ELDILUVIO
	HUAKAR
13 DE DICIEMBRE	SANANTONIO
	ELDILUVIO
	SANAGUSTIN
	ZARZ
	RIOFRIO
	ELMEZTIZAL

Fuente: Propia

Los tiempos de observación de los 21 puntos fueron determinados según la actualización del año 2016 para el “MANUAL DE PROCEDIMIENTOS Levantamientos Topográficos De Precisión” del IGAC con Cód. P30200-04/11, fecha noviembre 2011 y versión 3 donde se rige por la regla de 15 minutos + 5min/km. Con el fin de tener mayor abundancia de datos, se tomó la decisión que ningún punto base, tenga un periodo inferior a 20 minutos.

En la tabla 36 se puede observar que todos los puntos levantados pertenecientes a la red de control, cumplen con el tiempo mínimo de toma definido por la aplicación de la regla de 15 minutos + 5min/km, teniendo un promedio de 3 horas 55 minutos y 44 segundos por exceso del tiempo mínimo y que su desviación estándar según los reportes generados por el software de procesamiento Leica Geo Office no exceden los 2 cm, siendo CERRORICO el valor atípico con una desviación estándar de 14,120 mm como se puede observar con facilidad en la ilustración 16.

Tabla 38. Cumplimientos de los estándares establecidos por el IGAC

NOMBRE DE LA BASE	TIEMPO DE AMARRE [HH:MM:SS]	DISTANCIA A LA BASE [Km]	TIEMPO MÍNIMO [HH:MM:SS]	DIFERENCIA ENTRE TIEMPO MÍNIMO Y AMARRE	DESVIACION ESTANDAR EN X [mm]	DESVIACION ESTANDAR EN Y [mm]	DESVIACION ESTANDAR EN Z [mm]	DESVIACION ESTANDAR TOTAL [mm]
HUAKAR	8:12:11	46,748	4:08:44	4:03:27	0,3	0,7	1	1,257
SANTAROSADETAPIAS	8:43:17	12,088	1:15:26	7:27:51	0	0	0	0,000
LAUNION	8:56:47	24,814	2:19:04	6:37:43	0,4	0,8	0,3	0,943
CERRORICO	3:34:57	6,796	0:48:59	2:45:58	5,6	11,7	5,6	14,128
ZANJONHONDO	2:43:46	8,577	0:57:53	1:45:53	0,1	0,3	0,1	0,332
LAMARIA	7:46:31	4,758	0:38:47	7:07:44	0,1	0,1	0,1	0,173
FRISOLES	5:35:43	24,039	2:15:12	3:20:31	0,8	1,4	0,5	1,688
LAMAGDALENA	7:54:44	23,465	2:12:19	5:42:25	0,4	0,8	0,3	0,943
ELDILUVIO	7:34:42	25,097	2:20:29	5:14:13	0,4	0,9	0,3	1,030
BALBOA	3:30:41	19,041	1:50:12	1:40:29	0,5	0,9	0,4	1,105
LASBRISAS	5:21:05	26,973	2:29:52	2:51:13	1,3	2,5	0,9	2,958
MIRAFLORES	5:04:30	26,989	2:29:57	2:34:33	1,4	4,7	1,6	5,159
PRODIGIO	10:17:27	28,634	2:38:10	7:39:17	0,4	0,9	0,4	1,063
SANAGUSTIN	4:36:18	7,008	0:50:02	3:46:16	0,4	0,8	0,2	0,917
BUGA	3:26:32	28,921	2:39:36	0:46:56	0,3	0,7	0,2	0,787
PRESIDENTE	4:50:22	15,228	1:31:08	3:19:14	0,7	1,5	0,5	1,729
TENERIFE 2	6:20:08	40,273	3:36:22	2:43:46	0,2	0,4	0,1	0,458
SANANTONIO	4:24:26	6,865	0:49:20	3:35:06	0,5	1,1	0,4	1,273
RIOFRIO	7:37:06	36,079	3:15:24	4:21:42	0,3	0,7	0,3	0,819
ELMEZTIZAL	6:17:43	14,65	1:28:15	4:49:28	0,1	0,3	0,1	0,332
PROMEDIO				3:55:44				1,766

Fuente: Propia

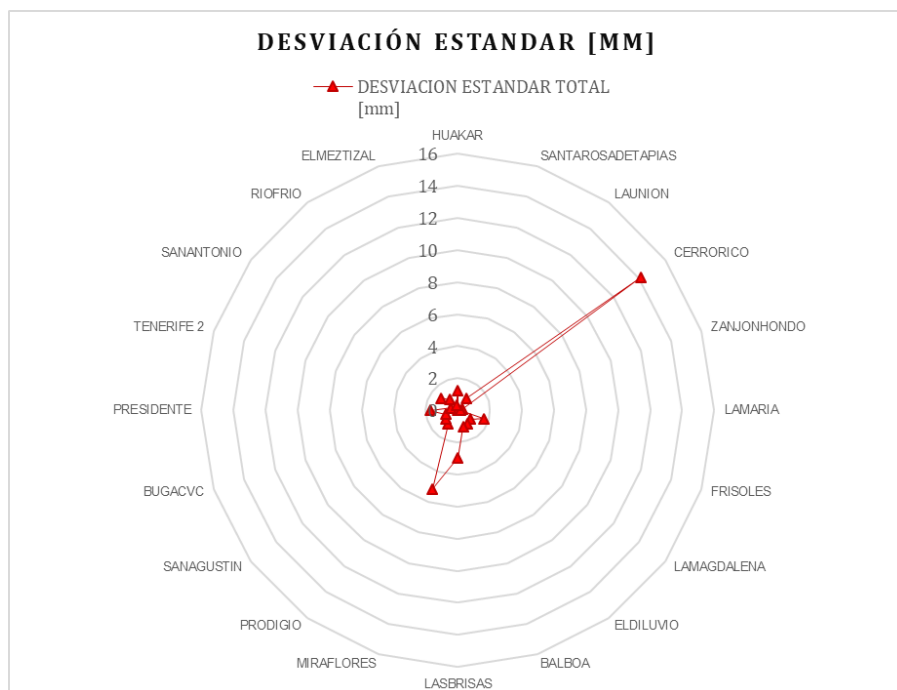


Ilustración 16. Desviación estándar del posicionamiento GNSS

Fuente: Propia

Cómo resultado de los elementos levantados en las vías del municipio de Buga, se capturaron un total de 4505 elementos, siendo el FOTOEJE el elemento más capturado y berma el elemento menos capturado como se muestra en la tabla 37 y en la ilustración 17; este resultado a priori puede ser evidente debido a que FOTOEJE se debe tomar cada 100 metros y BERMA no es una característica muy común en vías de tercer orden, siendo esta categoría la predominante en las vías del proyecto.

Teniendo en cuenta que finalmente el total de kilómetros inventariados es 270,83 kilómetros divididos en 61 vías, el total de elementos equivale a una densidad aproximada de 16 puntos por kilómetro. La densidad estimada varía en relación a las características físicas y los elementos encontrados en terreno.

Se garantizó la suficiencia de los datos registrados en los atributos geográficos, de acuerdo a la densidad mínima requerida por la interventoría del proyecto (12 puntos por kilómetro). Lo que significa una suficiencia del 33% por encima de la densidad mínima aceptada.

Tabla 39. Elementos por vía.

CODIGO DE VÍA	ELEMENTOS POR VÍA									
	BERMA	CONSTRUCCIONES	CUNETA	FOTOEJE	MURO	OBRASDRENAJE	PRS	PUENTES	SITIOCRITICO	TOTAL
11125VL05A	0	4	3	9	0	2	3	0	0	21
11125VL05A-1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3
11125VL05A-2	0	0	0	7	0	0	1	0	0	8
11125VL05A-3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
11125VL05B	0	3	2	60	0	4	0	1	0	70
11125VL05B-1	0	0	6	37	1	1	0	0	0	45
11125VL05C	0	0	0	111	0	7	10	1	0	129
11125VL05D	0	0	2	11	0	1	0	0	0	14
11125VL05E-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11125VL05F-1	0	0	2	4	0	0	0	0	0	6
11125VL05H-1	0	0	4	28	0	6	4	0	0	42
11125VL16-2	0	5	32	141	3	62	16	4	0	263
11125VL16-2-1	0	1	2	95	3	27	8	1	0	137
11125VL16-2-1B	0	1	5	14	0	6	1	1	0	28
11125VL16-2-1C	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
11125VL16-2-2	0	1	0	5	0	0	0	0	0	6
11125VL16-2A	0	0	2	12	0	3	1	0	0	18
11125VL16-2B	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
11125VL16-2C	0	0	0	11	0	0	1	0	0	12
11125VL16-2D	0	1	6	12	0	0	1	0	0	20
11125VL16-2E	0	0	0	9	0	3	0	0	0	12
11125VL17	0	1	20	387	10	154	23	6	38	639
11125VL17-1	0	3	8	112	2	38	10	1	2	176
11125VL17A	0	1	0	128	0	13	0	1	0	143

Tabla 40. Elementos por vía (Continuación)

CODIGO DE VÍA	ELEMENTOS POR VÍA									
	BERMA	CONSTRUCCIONES	CUNETA	FOTOEJE	MURO	OBRASDRENAJE	PRS	PUENTES	SITIOCRITICO	TOTAL
11125VL17C	0	3	11	102	3	54	9	3	0	185
11125VL17C-1	0	0	2	18	0	8	0	0	0	28
11125VL17C-2	0	0	3	40	0	8	4	0	0	55
11125VL17D	2	2	14	37	1	9	4	0	0	69
11125VL17E	0	2	1	64	1	38	7	0	4	117
11125VL17E-2	0	1	10	76	2	59	1	1	0	150
11125VL17E-2A	0	0	0	16	0	15	0	0	0	31
11125VL17E-2B	0	0	7	42	0	15	5	0	0	69
11125VL17E-2C	0	0	0	13	0	6	0	1	0	20
11125VL17E-3	0	1	1	31	0	7	3	0	1	44
11125VL17F	0	1	0	18	0	1	0	0	0	20
11125VL17G	0	3	24	159	0	49	12	0	7	254
11125VL17G-1	0	0	1	21	0	2	0	0	2	26
11125VL17H	0	2	15	56	3	19	0	1	13	109
11125VL17H-1	0	7	5	34	1	14	4	0	1	66
11125VL17H-1A	0	0	0	4	0	3	0	1	0	8
11125VL17H-1B	0	3	11	55	0	27	7	0	5	108
11125VL17I	0	0	2	12	0	3	0	0	0	17
11125VL17J-1	0	0	6	230	0	54	0	1	6	297
11125VL17J-1A	0	1	3	7	0	1	0	1	0	13
11125VL17K	0	1	6	9	0	1	0	0	0	17
11125VL17L	0	2	2	10	0	2	0	0	0	16
11125VL17M	0	0	0	10	0	1	1	1	0	13
11125VL17N-1	0	0	3	9	0	1	0	0	0	13
11125VL18	0	2	15	93	0	47	6	1	0	164
11125VLE-1A	0	0	4	38	0	2	0	0	2	46
11140VL01A	0	0	0	61	0	7	6	0	0	74
11140VL01B	0	1	0	47	0	5	0	0	0	53
11140VL01C	0	0	0	31	0	2	3	0	0	36
11140VL01D	0	1	0	18	0	0	0	0	0	19
11140VL01D-1	0	0	0	7	0	0	0	0	0	7
11140VL01E	0	4	3	105	4	24	10	1	3	154
11140VL01F	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5
11140VL01G	0	1	0	43	0	1	0	1	1	47
25VL17	2	13	34	147	11	39	17	7	2	272
11125VL17K-1	0	0	0	26	0	5	0	0	1	32
25VLE	2	0	5	35	0	6	0	1	0	49
TOTAL GENERAL	6	72	282	2934	45	862	179	37	88	4505

Fuente: Propia

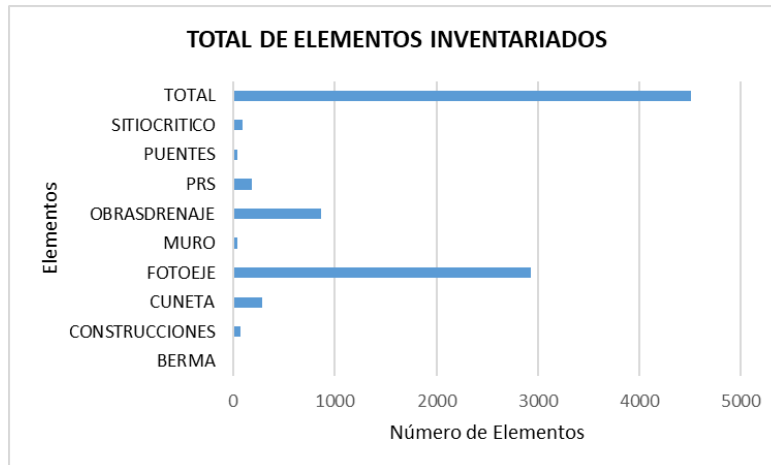


Ilustración 17. Total, de elementos inventariados

Fuente: Propia

A partir de la capa de PROPIEDADES, se extrae la información de las características principales de las vías de donde se obtuvo un resumen del kilometraje por tipo de terreno, tipo de superficie y estado como se muestra en la tabla 38.

Tabla 41. Kilometraje de las principales características viales del municipio de Guadalajara de Buga

CARACTERÍSTICAS	DOMINIO	Km
TIPO DE TERRENO	Escarpado	2938,51
	Montañoso	27669,18
	Ondulado	163855,12
	Plano	76365,94
TIPO DE SUPERFICIE	Destapado	17990,11
	Afirmado	226157,30
	Pavimento asfáltico	18608,77
	Tratamiento superficial	315,59
	Pavimento rígido	4055,23
	Placa huella	3615,94
	Pavimento articulado	85,80
	Otro	0,00
ESTADO	Bueno	23779,95
	Regular	102296,63
	Malo	105935,25
	Pésimo	33693,04

Fuente: Propia

A partir de esta información se observa que la mayor parte de la infraestructura vial del municipio se presenta en un tipo de terreno ondulado (60.5% con respecto al kilometraje total), seguidos por plano, montañoso y escarpado como se muestra en la ilustración 18. La pendiente promedio es de 6 grados sexagesimales. Estas vías se ubican al oeste de la cabecera municipal de Guadalajara de Buga.

TIPO DE TERRENO

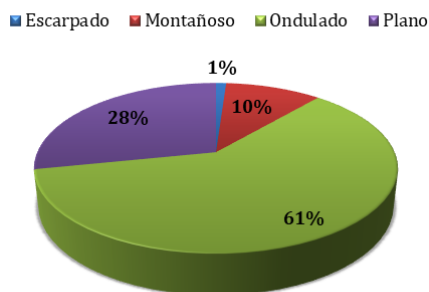


Ilustración 18. Distribución de la red vial de Buga de acuerdo al tipo de terreno

Fuente: Propia

La ilustración 19 muestra los porcentajes de tipo de superficie existentes en el municipio; con respecto a este ítem la capa de rodadura predominante es el afirmado con 226.15 kilómetros, es decir un 84% de las vías inventariadas. 18.61 kilómetros aproximadamente corresponden a pavimento asfáltico, tipo de superficie presentado principalmente en las vías departamentales de segundo orden 25VL17 y 25VLE.

TIPO DE SUPERFICIE

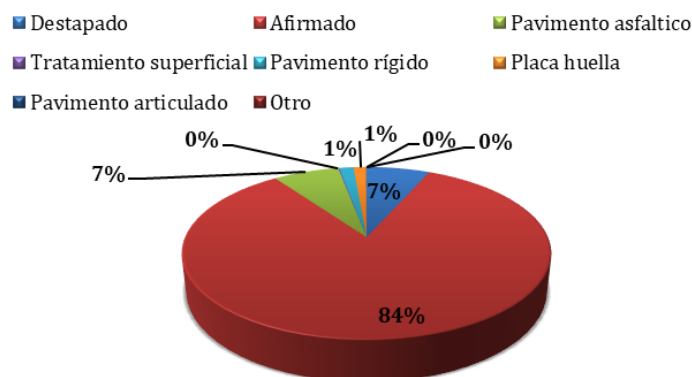


Ilustración 19. Distribución de la red vial de Buga de acuerdo al tipo de superficie

Fuente: Propia

En cuanto al estado de las vías, el 40% del kilometraje vial evaluado en campo presenta un mal estado y el 38% un estado regular, como se muestra en la ilustración 20.

ESTADO

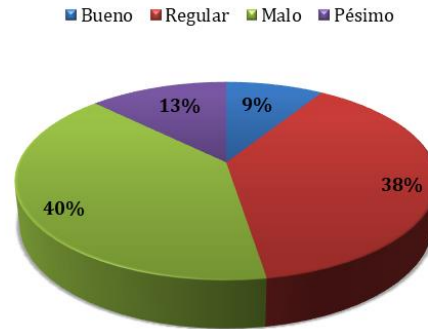


Ilustración 20. Distribución de la red vial de Buga de acuerdo al estado

Fuente: Propia

En el ANEXO F se incluyen 10 planos generados con la información del inventario vial, clasificados por: ancho de carril, ancho de cuneta, estado, cantidad de muros, número de carriles, cantidad de obras de drenaje, cantidad de puentes, cantidad de sitios críticos, Tipo de superficie y Tipo de terreno.

La tabla 39 muestra los resultados entregados como información secundaria por una entidad especializada para el tránsito promedio diario; el ANEXO G muestra la metodología implementada por el consultor para el cálculo del TPD.

Tabla 42 Resultado Tránsito promedio diario entregado por Grupo Vial (Insumo para la priorización)

CODIGO_VIA	AUT	MCBUS	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3	C4	C5	C6	MOT	BICI	MIXTOS
11125VL05C	19	3	1	1	1	1	1	0	1	0	33	3	52
11140VL01C	43	6	1	1	1	1	1	0	1	0	73	6	117
11140VL01B	43	6	1	1	1	1	1	0	1	0	73	6	117
11140VL01A	34	5	1	1	1	1	1	0	1	0	57	5	91
11125VL05D	14	0	8	0	1	0	1	0	0	0	88	14	101
11140VL01D	24	0	13	0	1	0	1	0	0	0	147	23	167
11125VL05F-1	10	0	6	0	1	0	1	0	0	0	59	10	67
11140VL01D-1	93	0	52	0	4	0	2	0	0	0	586	91	668
11140VL01F	19	0	11	0	1	0	1	0	0	0	118	19	134
11125VL16-2-1	126	4	52	3	4	0	2	0	0	0	674	91	785
11125VL05E-1	93	0	52	0	4	0	2	0	0	0	586	91	668
11125VL16-2-1C	13	1	6	1	1	0	1	0	0	0	68	10	79
11125VL16-2-1B	16	1	7	1	1	0	1	0	0	0	81	11	95
25VLE	4728	618	31	8	55	19	9	0	72	0	8097	615	12978
11125VLE-1A	677	115	4	0	0	0	0	0	0	0	1113	33	1804
25VL17	1158	29	45	8	16	113	2	0	0	0	2708	846	3932
11125VL17J-1	52	0	0	8	9	8	1	0	0	0	118	5	201
11125VL17I	10	0	0	2	2	2	1	0	0	0	22	1	37
11125VL17G	78	0	0	10	12	8	2	0	0	0	196	9	308
11125VL17G-1	12	0	0	2	2	2	1	0	0	0	30	2	47

Tabla 43 Resultado Transito promedio diario entregado por Grupo Vial (Insumo para la priorización) (continuación)

CODIGO_VIA	AUT	MCBUS	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3	C4	C5	C6	MOT	BICI	MIXTOS
11125VL17H-1B	12	0	0	2	2	2	1	0	0	0	30	2	47
11125VL17H-1	3	0	0	1	1	1	1	0	0	0	6	1	10
11125VL17H	16	0	0	2	3	2	1	0	0	0	40	2	62
11125VL18	108	0	40	0	9	0	0	0	0	0	523	174	623
11125VL17E-2B	13	0	0	0	3	0	0	0	0	0	198	15	184
11125VL16-2	58	2	3	1	1	6	1	0	0	0	136	43	197
11125VL16-2A	12	1	1	1	1	2	1	0	0	0	28	9	40
11125VL16-2B	9	1	1	1	1	1	1	0	0	0	21	7	30
11125VL16-2C	6	1	1	1	1	1	1	0	0	0	14	5	20
11125VL17-1	26	0	0	0	6	0	0	0	0	0	396	29	368
11125VL17K	18	1	1	1	1	2	1	0	0	0	41	13	59
11125VL17L	24	1	1	1	1	3	1	0	0	0	55	17	79
11125VL17C-1	15	1	1	0	1	1	1	0	0	0	45	8	59
11125VL17C	299	6	6	0	3	17	2	0	0	0	898	150	1169
11125VL05H-1	27	1	1	0	1	2	1	0	0	0	81	14	106
11125VL17C-2	30	1	1	0	1	2	1	0	0	0	90	15	117
11140VL01E	24	1	1	0	1	2	1	0	0	0	72	12	94
11125VL17A	26	0	0	4	5	4	1	0	0	0	59	3	101
11125VL17K-1	21	0	0	3	4	4	1	0	0	0	47	2	81
11125VL17F	22	1	1	1	1	2	1	0	0	0	61	21	80
11125VL17E-2	34	0	0	0	6	0	0	0	0	0	445	25	417
11125VL17E	26	0	0	0	6	0	0	0	0	0	396	29	368
11125VL17E-2A	11	0	0	0	3	0	0	0	0	0	159	12	148
11125VL17E-3	21	0	0	0	5	0	0	0	0	0	317	24	295
11125VL17D	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	371	38	316
11125VL05A-2	14	2	2	0	1	4	1	0	0	0	180	30	234
11125VL05A	18	2	2	0	1	5	1	0	0	0	225	38	293
11125VL05A-1	11	1	1	0	1	3	1	0	0	0	135	23	176
11125VL05A-3	7	1	1	0	1	2	1	0	0	0	90	15	117
11125VL05B	15	1	1	0	1	1	1	0	0	0	45	8	59
11125VL05B-1	12	1	1	0	1	1	1	0	0	0	36	6	47
11125VL16-2D	12	1	1	1	1	2	1	0	0	0	28	9	40
11125VL16-2E	9	1	1	1	1	1	1	0	0	0	21	7	30
11125VL17M	12	1	1	1	1	2	1	0	0	0	28	9	40
11125VL17E-2C	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	89	5	84
11140VL01G	10	2	1	1	1	1	1	0	1	0	17	2	26
11125VL17	104	0	0	15	18	16	2	0	0	0	235	9	401
11125VL17N-1	11	0	0	2	2	2	1	0	0	0	24	1	41
11125VL17H-1A	3	0	0	1	1	1	1	0	0	0	6	1	10
11125VL16-2-2	19	1	8	1	1	0	1	0	0	0	102	14	118
11125VL17J-1A	5	0	0	1	1	1	1	0	0	0	10	1	17

Después de realizar el geo proceso pertinente, se evidenció que el municipio de Buga tiene una total de 61 vías, de las cuales 59 tienen una prioridad media, 1 tiene prioridad baja y tan solo una vía tiene una prioridad alta como lo muestra la tabla 40. Dando como resultado que casi el 100% (97%) de las vías inventariadas en el municipio tienen prioridad de inversión media.

Tabla 44. Puntaje y priorización por vía

CODIGO VIA	LONGITUD TOTAL VIA [m]	PUNTAJE TOTAL	PRIORIDAD
11125VL05C	10457,4924	49,601	Media
11140VL01C	2874,14454	68,690	Alta
11140VL01B	4478,65518	63,596	Media
11140VL01A	5935,96423	50,838	Media
11125VL05D	930,449545	65,403	Media
11140VL01D	953,121377	61,397	Media
11125VL05F-1	482,110581	65,986	Media
11140VL01D-1	430,304383	54,000	Media
11140VL01F	500,211012	56,487	Media
11125VL16-2-1	7074,8069	58,568	Media
11125VL05E-1	216,298515	61,070	Media
11125VL16-2-1C	446,389837	54,000	Media
11125VL16-2-1B	1333,53735	51,000	Media
25VLE	2821,77273	59,519	Media
11125VLE-1A	3565,06052	62,831	Media
25VL17	12659,4618	55,733	Media
11125VL17J-1	22684,1013	46,538	Media
11125VL17I	782,514715	49,294	Media
11125VL17G	12525,5769	44,752	Media
11125VL17G-1	2076,46848	41,996	Media
11125VL17H-1B	5071,5954	44,857	Media
11125VL17H-1	3332,17253	46,517	Media
11125VL17H	7127,29082	47,649	Media
11125VL18	8479,78796	56,732	Media
11125VL17E-2B	3756,50263	43,201	Media
11125VL16-2	11539,9096	43,720	Media
11125VL16-2A	1201,43941	53,520	Media
11125VL16-2B	200,047735	56,000	Media
11125VL16-2C	1088,79345	39,640	Media
11125VL17-1	11102,3632	54,053	Media
11125VL17K	626,405597	54,951	Media
11125VL17L	827,834565	52,772	Media
11125VL17C-1	1414,59144	56,309	Media
11125VL17C	9595,70803	48,463	Media

Tabla 40. Puntaje y priorización por vía (continuación)

CODIGOVIA	LONGITUD TOTAL VIA [m]	PUNTAJE TOTAL	PRIORIDAD
11125VL05H-1	2432,0487	43,801	Media
11125VL17C-2	4031,72886	39,575	Media
11140VL01E	10002,1587	60,495	Media
11125VL17A	13022,8133	48,599	Media
11125VL17K-1	2532,84278	32,944	Baja
11125VL17F	1393,26738	61,978	Media
11125VL17E-2	6790,36197	47,999	Media
11125VL17E	6110,75032	46,721	Media
11125VL17E-2A	1637,40435	44,495	Media
11125VL17E-3	2888,67538	37,468	Media
11125VL17D	3687,1149	48,399	Media
11125VL05A-2	222,316688	61,156	Media
11125VL05A	479,47227	58,631	Media
11125VL05A-1	220,839173	62,828	Media
11125VL05A-3	142,597546	66,000	Media
11125VL05B	5371,20414	63,149	Media
11125VL05B-1	3681,88	52,371	Media
11125VL16-2D	1142,91525	54,036	Media
11125VL16-2E	824,74779	52,225	Media
11125VL17M	984,325615	54,957	Media
11125VL17E-2C	1293,01844	44,758	Media
11140VL01G	4214,36762	48,890	Media
11125VL17	37332,6406	58,105	Media
11125VL17N-1	349,180456	43,000	Media
11125VL17H-1A	383,419454	47,858	Media
11125VL16-2-2	542,906983	63,753	Media
11125VL17J-1A	520,867125	39,000	Media

La ilustración 21 muestra la localización y distribución de las vías existentes en el municipio de Buga, categorizadas según los resultados de la priorización.

Como insumo para la priorización de las vías de primer y segundo orden que cuentan con Resolución de categorización del Ministerio de Transporte, se debe realizar una matriz diagnóstica y una matriz resumen de las características y elementos físicos capturados en campo en el inventario vial, como diagnostico social, técnico y económico, y dado a que la metodología para priorizar vías de primer y segundo orden comprende la formulación de un Plan Vial Departamental (PVD) y/o Plan Regional de Infraestructura Intermodal de Transporte (PRIIT) con base en lineamientos técnicos, económicos y administrativos, la priorización para estas vías se sale del alcance del proyecto.

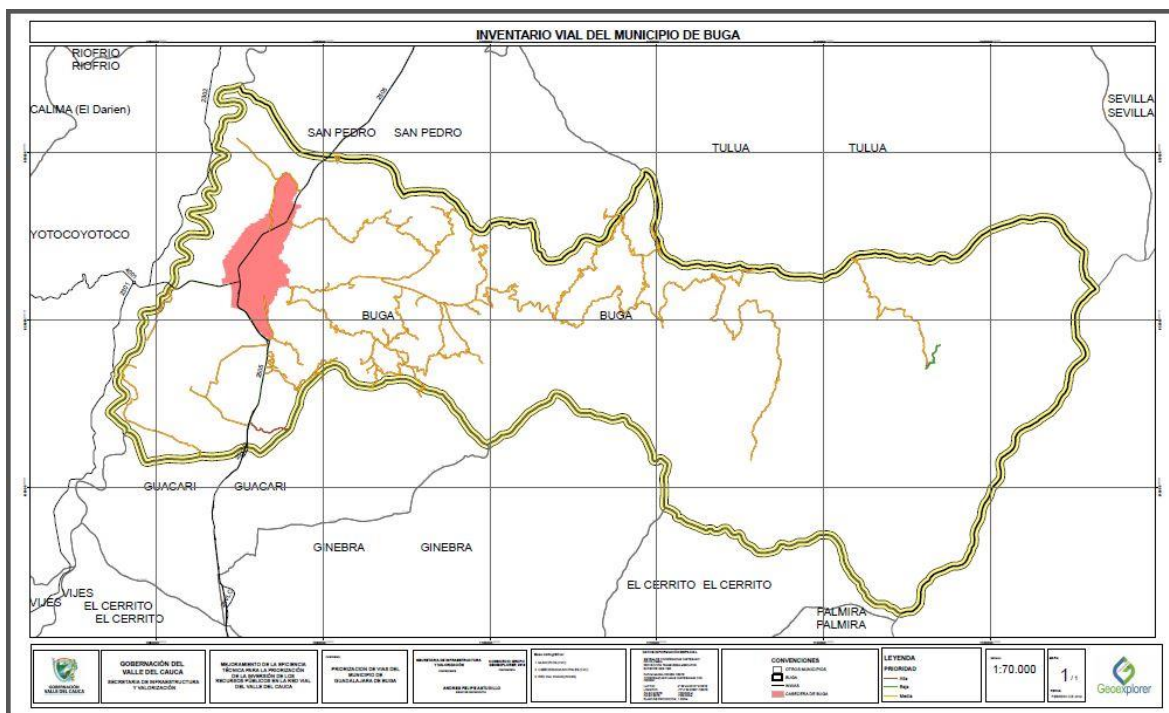


Ilustración 21. Prioridad de Vías.

11 RECOMENDACIONES

Socializar el proyecto con las autoridades municipales es una labor importante, sin embargo, es pertinente llevar a cabo dicha tarea con aquellos líderes comunitarios y veredales que sirven como difusores de la información con su comunidad, permitiendo conocer de primera mano las inquietudes de la población y adicionalmente nutriendo el inventario con información que solo este tipo de actores comunitarios posee, resaltando el valor de esta actividad principalmente en sitios donde se presentan problemas de orden público (presencia de grupos al margen de la ley o comunidades étnicas con territorios colectivos).

Determinar los factores externos que influyen de forma negativa en el correcto desarrollo del proyecto (políticos, jurídicos, sociales, económicos, técnicos, ambientales, etc.) permite modelar futuros eventos y a la vez construir estrategias de solución o planes de contingencia puntuales. Aunque se sabe que cada municipio presenta sus particularidades es indispensable estar preparados para cada contingencia que se presente y abordar este tipo de problemáticas de la mejor manera.

Se requiere la elaboración de documentos donde se explique de forma detallada el paso a paso del proceso metodológico para cada una de las fases operativas, tanto de campo como de oficina, con el fin de desarrollar el plan piloto de una manera eficiente, estos instructivos finalmente servirán como guía metodológica a ser replicada en el resto de municipios, donde es probable que se requiera de mas personal, el cual deberá ajustarse a los lineamientos contenidos en dichos manuales.

Es importante ejecutar un programa de capacitación teórica, técnica y práctica haciendo uso de los instructivos desarrollados para cada uno de los profesionales y auxiliares de campo y oficina, esto ayuda a mejorar la calidad de los procesos y contribuye de forma benéfica en los rendimientos, asimismo, se deben brindar las charlas de seguridad en el trabajo y seguridad de la información, siendo de obligatorio cumplimiento para todos los miembros de la organización, estos permiten minimizar los riesgos operativos y mantener el control de los procesos.

Para la captura de datos de campo se debe tener en cuenta que la configuración del equipo este de acuerdo con los lineamientos técnicos predefinidos, además que cumpla con los estándares de calidad en cuanto a la precisión según las pruebas de datos en campo ajustadas para el equipo GPS a utilizarse (PDOP; GDOP, HRMS), asimismo, se recomienda para tener una mayor agilidad en las labores de campo, revisar que los formularios estén correctamente diligenciados antes de guardar los puntos (relevancia en los campos de fotos y observaciones que son importantes para la fase de digitalización), por otra parte se recomienda descargar la información diariamente, tanto de los archivos de los GPS base como de los GPS utilizados para georreferenciar los elementos del inventario vial.

La captura de los puntos para la capa FOTOEJE se debe realizar cada 100 metros reales en terreno tomando como guía el abscisado definido en oficina para el tramo, la ubicación de estos puntos cambiará dependiendo de la correcta digitalización de las vías y de las pendientes del terreno. Esta información se debe capturar en el sentido que fue definida la vía, si no se hace de esta manera, retrasaría las labores de oficina teniendo que organizar los datos. Se recomienda crear la capa PRS en oficina basándose en la información capturada para los foto-ejes.

El proceso de digitalización y elaboración GDB se apoya en la información inventariada, es importante que se registren con claridad los detalles o anomalías encontradas en terreno en el campo observaciones configurado en la estructura de datos del GPS para cada capa.

La cantidad de personal dispuesto para captura de datos en campo debe ser proporcional al personal encargado de labores de post-campo, por el alto volumen de información y trabajo de oficina que se necesita para cumplir con los requerimientos del proyecto.

12 CONCLUSIONES

El desarrollo del plan piloto permitió establecer metodologías y lineamientos que serán herramientas fundamentales para la ejecución del proyecto en los 39 municipios restantes, adicionalmente se elaboró un plan de trabajo pasando por cada uno de los niveles operativos, teniendo en cuenta cronograma y personal.

Según las pruebas realizadas en campo para los dos equipos GPS de captura de información del inventario vial, se concluyó que el dispositivo que mejor cumple con los requerimientos del proyecto era el Spectra GNSS Mobile Mapper 50, debido a que técnicamente es apto en cuanto a precisión, duración de batería (alcanza para un día entero de toma de datos), operación y programación muy sencilla, además de ser resistente a golpes leves y a la intemperie.

En el diagnóstico de la información entregada por la Alcaldía de Guadalajara de Buga, se identificó que los archivos suministrados estaban desactualizados o incompletos y en ocasiones presentaban diferencias de escalado o de sistema de referencia, por lo que hizo necesaria la verificación técnica haciendo uso de un formato para identificar la oportunidad, veracidad y suficiencia de la misma; esta información fue complemento de los planos y capas cartográficas suministradas por la Gobernaciones del Valle del Cauca y el IGAC.

Se determinó un rendimiento aproximado de 5 km. inventariados y 3.5 km. digitalizados por comisión por día, este rendimiento depende de las características físicas de las vías y condiciones climáticas para la parte de campo, además de la claridad y cantidad de los datos capturados para la parte de oficina, estos valores se establecen como un promedio cuando el personal ya tenga al menos 15 días de trabajo continuo.

Es importante resaltar que no solo fueron inventariados los elementos directamente relacionados con la vía y su estado, si no también elementos externos que son a su vez factores influyentes y determinantes para el futuro de la vía como los sitios críticos (deslizamientos, erosión, hundimientos, desplazamientos, deformaciones, etc.), estos permiten tener espacializados estos focos de atención ya que representan un punto de alerta a la vía y a sus poblaciones beneficiadas.

En el procedimiento de priorización de las vías, es importante aclarar que aunque el Gobierno Nacional tiene establecido, a través de documentos de los Ministerios de turismo y Agricultura, cuáles son los sitios turísticos del departamento y los productos agrícolas que tienen prioridad, el consultor con la ayuda de cada administración Municipal podrá identificar en la metodología todas las zonas turísticas y los productos agrícolas predominantes a partir de información que suministren los municipios y las coberturas actuales de los suelos de CVC.

Se empleó la categorización de las vías que se encuentra oficializada por la Gobernación del Valle del Cauca por medio de la Resolución 5951 del 31 de diciembre 2015, la cual expide la categorización de las vías que conforman el "Sistema Nacional de Carreteras o Red Vial Nacional correspondientes al Departamento del Valle del Cauca".

El proceso de estudio de tránsito para la definición del TPD (Tráfico Promedio Diario), requiere para su realización, la definición de las estaciones Maestras Zonales, Estaciones Satélites y Estaciones Específicas, que arrojan los resultados que se incorporan en este proyecto como insumo importante para la priorización vial.

La información resultante de la priorización vial permite a las alcaldías enfocar esfuerzos y direccionar recursos en vías de gran importancia y con potencial de desarrollo para los sectores productivos, habitacionales, turístico, etc.

Se resalta la necesidad que entidades gubernamentales se apoyen en los resultados aquí obtenidos, ya que son insumo no solo para toma de decisiones a nivel Nacional sino a nivel local y/o departamental.

Con los resultados obtenidos en este proyecto se evidencia que a la fecha el municipio de Buga no necesita una inversión inmediata para el mejoramiento vial, pues más del 96% de las vías, según la metodología de INVIAS, presentan a una prioridad media; es importante aclarar que estas condiciones pueden cambiar en el transcurso del tiempo por el deterioro de la vía, la construcción de equipamientos, creación de nuevas zonas agrícolas, pecuarias

o de producción minera o también por las construcciones de nuevas vías de primer o segundo orden.

13 CRONOGRAMA

El plan general de trabajo replicable en los 39 municipios restantes se resume en el cronograma expuesto en la tabla 41, donde se tiene en cuenta la ruta crítica evaluada durante la ejecución del plan piloto y se adapta para dos comisiones de trabajo en campo y oficina. Este plan cambiaría dependiendo de la cantidad de kilómetros a inventariar por municipio y la inclusión de más personal.

Tabla 45. Cronograma de actividades, plan de trabajo integral

PRODUCTO	SUBPRODUCTO	SEMANAS																PROCEDIMIENTO
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
PRIORIZACIÓN DE LA INVERSIÓN DE LOS RECURSOS PÚBLICOS EN LA RED VIAL DEL VALLE DEL CAUCA - PLAN PILOTO MUNICIPIO DE GUADALAJARA DE BUGA 2018-2019 (270.83 Km. - 61 VÍAS)	REQUERIMIENTOS PRELIMINARES																	1. DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN
																		2. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO
																		3. GESTIÓN DEL RECURSO FÍSICO Y TECNOLÓGICO
																		4. GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO
																		5. CONSTITUCIÓN DEL SISTEMA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO
																		6. PLAN DE SEGURIDAD DE INFORMACIÓN
																		7. INTRODUCCIÓN DEL PROYECTO AL PERSONAL
																		8. ELEMENTOS A TENER EN CUENTA PARA LA CAPTURA DE DATOS EN CAMPO
																		9. ELEMENTOS A TENER EN CUENTA PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN CAPTURADA EN CAMPO
	DETERMINACIÓN DE LA RED VIAL RURAL MUNICIPAL A PRIORIZAR																	1. EDICIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SECUNDARIA
																		2. SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO A LAS ALCALDÍAS
																		3. VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LAS VÍAS A INVENTARIAR MEDIANTE MESA DE TRABAJO CON EL MUNICIPIO
																		4. PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN PRE-CAMPO
	CAPTURA DE DATOS EN CAMPO																	1. RED DE CONTROL GNSS
																		2. CAPTURA DE DATOS EN CAMPO DE LOS ELEMENTOS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS VÍAS
	POST-PROCESO																	1. POST-PROCESO DE BASES GNSS
																		2. POST-PROCESO DE ARCHIVOS DE LOS EQUIPOS DE MANO
	DIGITALIZACIÓN																	1. INSUMOS
																		2. CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS ESPACIAL

Tabla 46. Cronograma de actividades, plan de trabajo integral (Continuación)

PRODUCTO	SUBPRODUCTO	SEMANAS																PROCEDIMIENTO
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
	PRIORIZACIÓN - METODOLOGÍA INVIAS																	1. GEOPROCESAMIENTO
	RESULTADOS Y ANALISIS																	1. ELABORACION DEL INFORME

14 BIBLIOGRAFIA

- Acosta, M., & Alarcón, P. (2017). *LAS VIAS TERCIARIAS EN COLOMBIA, UNA OPORTUNIDAD PARA LA INGENIERÍA VIAL Y EL DESARROLLO DEL PAÍS*. (Ingeniería Civil, Universidad Católica de Colombia Cauca, *PLAN VIAL DEPARTAMENTAL DEL VALLE DEL CAUCA 2011 - 2020*.
- Fallas, J. (1996). Sistema de información geográfica: una visión integral. In *Revista Geográfica de America Central* (Vol. 32, pp. 27-39).
- Gong, J., Zhou, H., Gordon, C., & Jalayer, M. (2012). *Mobile Terrestrial Laser Scanning for Highway Inventory Data Collection*.
- Goodchild, M. F. (1990). GIS and basic research: The national center for geographic information and analysis. *Government Information Quarterly*, 7(3), 343-355. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0740624X9090029N>. doi:[https://doi.org/10.1016/0740-624X\(90\)90029-N](https://doi.org/10.1016/0740-624X(90)90029-N)
- Guochang, X. (2010). *Sciences of Geodesy – Advances and Future Directions* (Springer Ed. 1 ed.).
- Highway Design Manual* (2012).
- IGAC, I. G. A. C. (2004). ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA ADOPCIÓN DEL MARCO GEOCÉNTRICO NACIONAL DE REFERENCIA MAGNA-SIRGAS COMO DATUM OFICIAL DE COLOMBIA.
- Jalayer, M., Zhou, H., Gong, J., Hu, S., & Grinter, M. (2014). A Comprehensive Assessment of Highway Inventory Data Collection Methods. *Transportation Research Forum*, 53, 73-92.
- Jeyapalan, K. "Mobile Digital Cameras for As-Built Surveys of Roadside Features." *Journal of Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 70 (3), (2004): 301-312.
- Jeyapalan, K. and E. Jaselskis. Technology Transfer of As-Built and Prelimi
- Maerz, N., & McKenna, S. (1995). MOBILE HIGHWAY INVENTORY AND MEASUREMENT SYSTEM. In: MUNICIPAL, D. A. D. P. (2015). ANÁLISIS INTEGRAL DE LA RED DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA LA MOVILIDAD MOTORIZADA EN EL MUNICIPIO DE CALI. In U. D. VALLE (Ed.), *ESTUDIO DE INVENTARIO VIA*.
- Ortiz, L., & Rodríguez, A. (2011). *Inventario de la red vial terciaria nacional del corregimiento de Catambuco Municipio de Pasto (Nariño)*. Universidad de Nariño,
- Planeación, D. N. d. (2016). LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PARA LA GESTIÓN DE LA RED TERCIARIA. 3857, 74.

- Quintero, J. (2011). Inventarios viales y categorización de la red vial en estudios de Ingeniería de Tránsito y Transporte. *Revista Facultad de Ingeniera, UPTC*, 20, 65-77.
- Ramírez, A. (2015). *Inversión en infraestructura vial y su impacto en el desarrollo económico: Un análisis al caso Colombia (1993-2014)*. (Magister en Ingeniería Administrativa), Universidad Nacional de Colombia,
- Snaider, P. (2010). Proyecciones Cartográficas y Sistemas de Referencia. *Revista geográfica digital, IGUNNE*, 13.
- Ríos, J (2008). SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS SOBRE LA CIUDAD DE BOGOTÁ. *Grupo de investigación ROMA, Universidad Militar Nueva Granada Bogotá DC*.

15 ANEXOS DIGITALES

ANEXO A. CONPES 3857 de 2016

ANEXO B. Resolución 1321 del 30 de abril de 2018

ANEXO C. Acciones Preventivas del Trabajo - APT

ANEXO D. Instructivo para las fases operativas

ANEXO E. Formato De Revisión De Información Secundaria

ANEXO F. Formato de inspección de pre uso

ANEXO G. Mapas y Perfiles resultado del inventario vial

ANEXO H. Metodología TPD

ANEXO I. MINFRA-IN-PV-1 “Instructivo Para La Matriz Priorización De Vías Terciarias”