

**PASANTÍA EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOMÁTICA, GESTIÓN Y
OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS, COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL
DESARROLLO DE PROYECTOS DE MOVILIDAD Y TRANSPORTE DURANTE
EL SEGUNDO PERIODO ACADÉMICO DEL AÑO 2016**

NELSON DEIWER BAZA SOLARES

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

**PASANTÍA EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOMÁTICA, GESTIÓN Y
OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS, COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL
DESARROLLO DE PROYECTOS DE MOVILIDAD Y TRANSPORTE DURANTE
EL SEGUNDO PERIODO ACADÉMICO DEL AÑO 2016**

NELSON DEIWER BAZA SOLARES

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director

WILFREDO DEL TORO RODRÍGUEZ

MSc en Ingeniería Civil

Tutora:

CLAUDIA PATRICIA BÁEZ

Ingeniera Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la Ingeniera Claudia Báez Trujillo por la contribución y apoyo para el cumplimiento de los objetivos propuestos y al grupo de investigación GEOMÁTICA por permitirme llevar a cabo la pasantía de investigación y hacer parte mi formación profesional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL PROYECTO: FORMULACIÓN DEL PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD URBANA DEL MUNICIPIO DE SOCORRO	14
1.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN VIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO	15
1.1.1 Metodología	16
1.1.2 Personal de trabajo	17
1.1.3 Registro de Información	18
1.1.3.1 Registro de información en oficina	19
1.1.3.2 Registro de información en campo	21
1.1.4 Procesamiento de información.....	23
1.1.5 Producto final	23
1.2. ENCUESTA DOMICILIARIA IDA & REGRESO	24
1.2.1 Determinación y distribución de la muestra	25
1.2.2 Formulario de entrevista	27
1.2.3 Capacitación de personal.....	28
1.2.4 Trabajo de campo	29
2. ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE EL PROYECTO: ELABORACIÓN DEL DIAGNOSTICO PARA LA FORMULACIÓN DEL TALLER DEL PLAN MAESTRO DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	31
2.1 METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DEL PROYECTO	32

2.2 AFOROS PEATONALES	32
2.3 AFOROS VEHICULARES.....	33
2.4 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	34
2.4.1. Procesamiento de información vehicular	34
2.4.2. Procesamiento de información peatonal	36
2.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS SEDES Y SU ZONA DE INFLUENCIA	37
2.6 IDENTIFICACIÓN DE CONFLICTOS DE MOVILIDAD	38
2.7 MODELOS DE MICROSIMULACIÓN.....	39
2.8 MEDIDAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD.....	40
3. CONCLUSIONES	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
BIBLIOGRAFÍA.....	49

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Imagen aérea georreferenciada del Socorro con malla vial	16
Figura 2. Zonificación del municipio de Socorro	19
Figura 3. Visualización general de elementos en ArcMap	20
Figura 4. Llenado de características asociadas a las señales horizontales	20
Figura 5. Registro fotográfico del trabajo de campo.....	21
Figura 6. Llenado de información con formulario interactivo en ArcPad	22
Figura 7. Infraestructura vial del municipio de Socorro levantada en campo	23
Figura 8. Elementos dentro de la carpeta Geodatabase	24
Figura 9. Subgrupos de áreas.....	26
Figura 10. Muestra espacializada	27
Figura 11. Mapa de seguimiento.....	28
Figura 12. Capacitación de personal.....	29
Figura 13. Registro fotográfico de aforos peatonales.....	33
Figura 14. Registro fotográfico de aforos vehiculares	34
Figura 15. Distribución horaria de los vehículos equivalentes en la intersección de la Cra 33 con la Av Quebradaseca	36
Figura 16. Partición modal diaria.....	36
Figura 17 Distribución horaria de volúmenes peatonales en la facultad de salud UIS.....	38
Figura 18. Conflictos de movilidad en las sedes UIS	39
Figura 19. Modelamiento de la intersección de la carrera 30 con calle 10 de Bucaramanga.....	40
Figura 20. Medidas propuestas para la sede central de la UIS.....	41
Figura 21. Propuesta para la concentración de parqueaderos.	42
Figura 22. Delimitación de sendero peatonal.....	43
Figura 23. Resalto trapezoidal propuesto	44

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Actividades desarrolladas durante la pasantía en el contexto del Plan Maestro de Movilidad.....	14
Tabla 2. Actividades desarrolladas durante la pasantía.....	32

LISTA DE ANEXOS*

ANEXO A. ELEMENTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

ANEXO B. MANUAL DE ESQUIEMA GENERAL DE TRABAJO

ANEXO C. EQUIPOS, HERRAMIENTAS E IMPLEMENTOS DE TRABAJO

ANEXO D. FORMATO ENCUESTA DOMICILIARIA

ANEXO E. METODOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE LA ENCUESTA IDA &
REGRESO SOCORRO 2017

ANEXO F. FORMATO ENTREGADO DE DIARIO DE VIAJES

ANEXO G. FORMATO PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACION PEATONAL

ANEXO H. FORMATO PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACION
VEHICULAR

ANEXO I. PLAN DE SEÑALIZACION

ANEXO J. FORMATO PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACION DE
ESTACIONAMIENTOS

* Ver documentos adjuntos en el CD-ROM

RESUMEN

TITULO: PASANTÍA EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOMÁTICA, GESTIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS, COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE MOVILIDAD Y TRANSPORTE DURANTE EL SEGUNDO PERIODO ACADÉMICO DEL AÑO 2016*

AUTOR: NELSON DEIWER BAZA SOLARES**

PALABRAS CLAVE: Inventario vial, encuestas domiciliarias, microsimulación, aforo vehicular, aforo peatonal

En este trabajo se dan a conocer las labores desempeñadas durante el desarrollo de la pasantía de investigación con el grupo de investigación Geomática, gestión y optimización de sistemas, adscrito a la escuela de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander, brindando apoyo como auxiliar de ingeniería en proyectos pertenecientes a la rama de la movilidad y el transporte adelantados durante el segundo periodo académico del año 2016.

Durante el periodo de cuatro meses que conformó la pasantía, se realizaron actividades relacionadas con el levantamiento de información de inventarios viales y encuestas domiciliarias que a su vez estaban compuestas por tareas como el apoyo en la planeación de operativos de campo, la creación e identificación de formularios y la capacitación de personal en conceptos ingenieriles y el uso de dispositivos móviles para el registro de información en campo; todo esto enmarcado en la elaboración del Plan Maestro de Movilidad Urbana del municipio de Socorro del departamento de Santander. Además, se llevaron a cabo aforos vehiculares y peatonales, modelos de micro-simulación, planos de señalización vial y caracterización de las zonas en estudio en cuanto a aspectos de movilidad y transporte enmarcadas de la elaboración del diagnóstico para la formulación del taller del plan maestro de la Universidad Industrial de Santander.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil Director: Wilfredo Del Toro Rodríguez MSc en Ingeniería Civil Tutora: Claudia Patricia Báez Ingeniera Civil

ABSTRACT

TITULO: PASANTÍA EN EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOMÁTICA, GESTIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS, COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE MOVILIDAD Y TRANSPORTE DURANTE EL SEGUNDO PERIODO ACADÉMICO DEL AÑO 2016*

AUTOR: NELSON DEIWER BAZA SOLARES**

KEYWORDS: Road Inventory, Home Surveys, Microsimulation, Vehicular Gauge, Pedestrian Gauge

This work presents the work carried out during the development of the research internship with the research group Geomatics, management and optimization of systems, attached to the civil engineering school of the Industrial University of Santander, providing support as an engineering assistant in projects pertaining to the branch of mobility and transport in advance during the second academic period of the year 2016.

During the four-month period of the internship, activities related to the lifting of information of road inventories and household surveys were carried out, which in turn were composed of tasks such as support in the planning of field operations, the creation and identification of forms and the training of personnel in engineering concepts and the use of mobile devices for the registration of information in the field; all this framed in the elaboration of the Master Plan of Urban Mobility of the municipality of Socorro of the department of Santander. In addition, vehicle and pedestrian capacities were carried out, models of micro-simulation, road signaling plans and characterization of the zones in study in terms of mobility and transport aspects framed in the elaboration of the diagnosis for the formulation of the workshop of the master plan of the Industrial University of Santander.

* Project of grade

** Faculty of Engineering Physical Mechanical. School of Engineering Civil Director: Wilfredo Del Toro Rodríguez MSc en Ingeniería Civil Tutora: Claudia Patricia Báez Ingeniera Civil

INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de complementar el ejercicio académico con la práctica profesional y de esta forma fortalecer el desarrollo de habilidades de investigación, resolución de problemas y liderazgo se realizó una pasantía de investigación en el grupo de investigación GEOMÁTICA, Gestión y Optimización de Sistemas, adscrito a la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander (UIS), en donde se adelantaron proyectos para realizar los estudios y diseños de movilidad y el transporte en diferentes municipios del departamento de Santander.

Dentro de los proyectos desarrollados se encuentra la elaboración del diagnóstico para la formulación del taller del plan maestro de la Universidad Industrial de Santander, en donde se desarrollaron actividades como aforos vehiculares y peatonales, modelos de microsimulación e inventarios de señalización en los municipios de Málaga, Bucaramanga, Floridablanca, Barrancabermeja, Barbosa, Socorro y Piedecuesta, donde se encuentran las respectivas sedes de la UIS.

Otro de los proyectos se realizó en el municipio de Socorro con el que llevó a cabo el convenio que tiene por objeto aunar esfuerzos entre la UIS y el municipio de Socorro para desarrollar los estudios técnicos necesarios que permitan la formulación del Plan Maestro de Movilidad urbana del municipio de Socorro en el que se brindó apoyo en desarrollo de actividades como encuestas domiciliarias y el inventario vial del casco urbano municipal.

En el presente documento se presenta en detalle las tareas desarrolladas dentro de cada uno de los proyectos anteriormente mencionados, además de la contribución realizada.

1. ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL PROYECTO: FORMULACIÓN DEL PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD URBANA DEL MUNICIPIO DE SOCORRO

Un Plan Maestro de Movilidad tiene por objeto caracterizar la movilidad urbana del municipio con el fin de identificar estrategias, y así optimizar el tránsito de vehículos, peatones y la prestación de un adecuado servicio de transporte.

Durante la pasantía se llevaron a cabo actividades enmarcadas en el desarrollo del Plan Maestro de Movilidad como el levantamiento de información vial del área urbana del municipio de Socorro y la realización de encuestas domiciliarias, a su vez cada actividad estaba conformada por un grupo de tareas necesarias para su culminación. En la tabla 1 se presentan las tareas realizadas por cada actividad.

Tabla 1. Actividades desarrolladas durante la pasantía en el contexto del Plan Maestro de Movilidad

Actividad	Tareas Realizadas
Levantamiento de información vial del área urbana del municipio de Socorro, Santander.	Apoyo en formulación de operativo de campo
	Creación de formularios
	Capacitación de personal
	Procesamiento de información
Encuesta Ida & Regreso Socorro 2017	Recopilación de información
	Determinación de la muestra
	Creación de formulario
	Capacitación de personal

1.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN VIAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO

Las labores realizadas en esta actividad consistieron en la investigación, coordinación, capacitación y ejecución del operativo de campo para el registro de información por parte del personal bajo la supervisión de un tutor asignado por el grupo de investigación. Además de la organización y administración de la información recolectada.

El alcance de esta actividad contempló el levantamiento de las características físicas, geométricas, ubicación y estado de funcionamiento de las vías, considerando elementos tales como:

- ✓ Anchos de calzada
- ✓ Ancho y número de carriles
- ✓ Clasificación de tipos de superficie vial
- ✓ Estado de superficie de rodadura
- ✓ Señalización vertical y horizontal
- ✓ Parqueaderos y paradas de transporte público
- ✓ Levantamiento de estructuras de obras de drenaje, obras de contención y puentes

El grupo de investigación realizó previamente imágenes aéreas georreferenciadas, y con estas se identificaron los 55,1 kilómetros de malla vial que componen actualmente el municipio como se observa en la figura 1.

Figura 1. Imagen aérea georreferenciada del Socorro con malla vial



Fuente: Grupo de investigación GEOMÁTICA

1.1.1 Metodología Para el desarrollo del levantamiento de información en primer lugar se crearon formularios digitales en dispositivos portátiles con el fin de facilitar el registro de información en campo, seguidamente se realizaron las capacitaciones al personal de trabajo acerca de los formularios de los dispositivos a utilizar y finalmente se llevó a cabo el registro de información distribuida en una fase de trabajo en oficina y una fase de trabajo en campo.

Dentro de las especificaciones técnicas, se estableció el alcance del inventario, el cual contempló la identificación de los siguientes elementos:

- Cunetas
- Canales
- Box Culvert
- Sumideros
- Muros de contención
- Puentes

- Señalización vertical y horizontal
- Separadores
- Paraderos autorizados
- Parqueaderos
- Daño de pavimento
- Secciones transversales

Los elementos anteriormente descritos que conforman el inventario vial se detallan más específicamente en el anexo 1.

Cada uno de los elementos se registró con la siguiente información asociada a cada uno de ellos:

- Código único de cada elemento
- Tipo de elemento
- Tipo de material
- Estado de servicio
- Severidad de daño
- Dimensiones
- Ubicación de referencia
- Observaciones
- Fecha de captura
- Coordenadas

1.1.2 Personal de trabajo Para la ejecución del proyecto se contó 8 auxiliares de ingeniería, residentes del municipio de Socorro, con los cuales se estableció un horario de trabajo basado en la disponibilidad del personal, los rendimientos establecidos previamente para el registro de información cada kilómetro y las condiciones de seguridad del sector con el fin de garantizar la integridad del personal y los equipos de la institución.

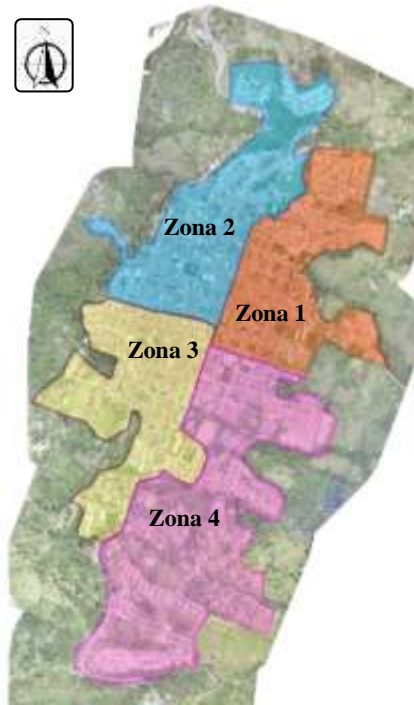
El personal de trabajo fue capacitado en el manejo y cuidado de los equipos y software necesarios para el levantamiento de información, además de ser instruidos conceptualmente en la identificación de elementos propios de la infraestructura vial [9]. En el anexo 2 se encuentra el documento entregado al personal durante la capacitación.

Después de brindar la capacitación teórica, se realizaron pruebas piloto en campo con el fin de verificar el correcto desempeño por parte de las comisiones de trabajo y los rendimientos de los equipos que permitieron el registro de la información.

Antes de iniciar actividades se realizó una socialización a través de medios de comunicación como la radio, la televisión y el periódico, donde se informó a la comunidad acerca de las actividades que se llevarían a cabo y se les instó a colaborar con el personal, además los trabajadores fueron instruidos a extender una explicación amable cuando la comunidad así lo demandase.

1.1.3 Registro de Información Para el registro de información de la infraestructura vial del municipio se propuso dividir el área urbana del municipio en cuatro partes con densidades viales aproximadamente iguales como se ilustra en la siguiente figura.

Figura 2. Zonificación del municipio de Socorro



Una vez realizada la zonificación, se conformaron cuatro comisiones de dos trabajadores cada una y se asignaron respectivamente a cada una de las zonas.

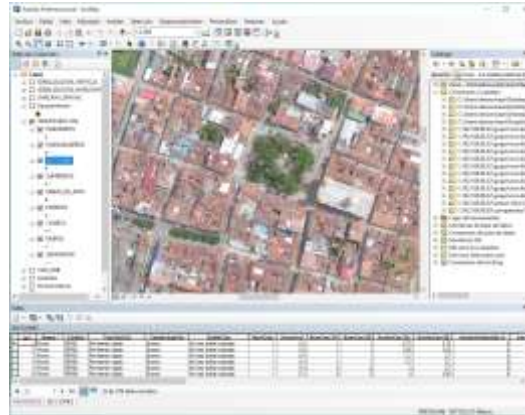
El operativo para la ejecución del inventario se realizó en dos etapas:

1.1.3.1 Registro de información en oficina Durante esta etapa las comisiones conformadas realizaron un reconocimiento virtual en detalle de la malla vial que conforma cada una de las zonas respectivamente asignadas apoyados en Google Street View, es decir que se registraron características cualitativas con el fin de hacer una identificación preliminar de los elementos que conforman las vías, estos elementos serían verificados posteriormente en la siguiente etapa además de registrar información cuantitativa como anchos de andenes y calzadas entre otros.

Para llevar a cabo el reconocimiento virtual se utilizó la herramienta ArcGis, el cual es un completo sistema conformado por tres aplicaciones integradas, ArcCatalog,

ArcMap y AcrTolbox, los cuales que permiten recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica de manera sistematizada [1]. A continuación, se presenta la interfaz general del software ArcMap.

Figura 3. Visualización general de elementos en ArcMap



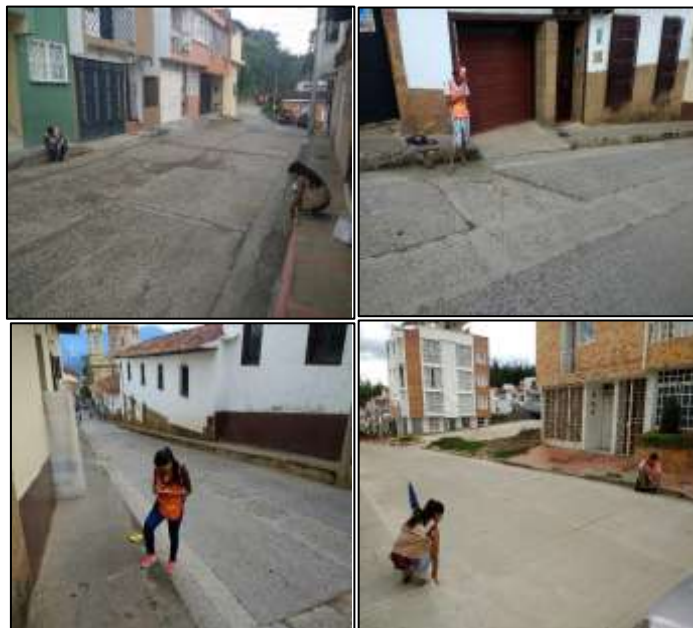
En la figura 5 se presentan las ventanas necesarias para el llenado de la tabla de características de las señales horizontales.

Figura 4. Llenado de características asociadas a las señales horizontales



1.1.3.2 Registro de información en campo En esta fase de trabajo cada comisión recorrió la totalidad de la malla vial que conformaba la zona asignada respectivamente verificando la existencia y características de los elementos registrados en oficina e incluyendo aquellos elementos que no fueron identificados previamente. A cada una de las comisiones se le asignó 1 dispositivo PDA, un decámetro y los implementos de identificación respectivos para cada persona.

Figura 5. Registro fotográfico del trabajo de campo

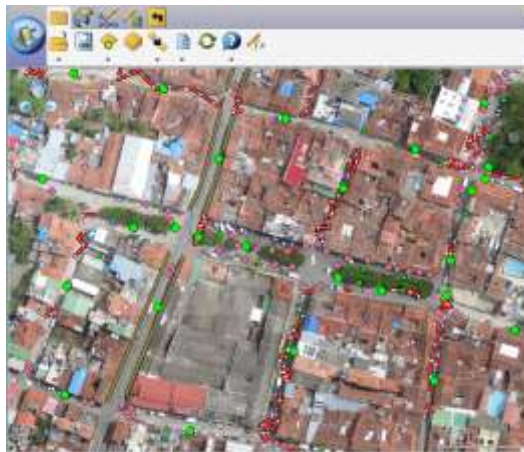


Software para el trabajo de campo

El levantamiento de información se realizó con la ayuda del Software ArcPad, el cual se especializa en la recolección de información. Este es un software de mapeo de campo que permite la captura, edición y visualización de información geográfica de forma rápida y eficientemente [2]. A continuación, se presenta una imagen donde se pueden apreciar algunos de los elementos registrados en campo como cunetas (líneas amarillas) y sumideros (puntos verdes).

Con el objetivo de facilitar el ingreso de la información por parte del personal de campo, se crearon formularios interactivos con la ayuda de la herramienta ArcPad Studio, estos permitían el llenado de la lista de características propias de cada elemento identificado previamente, es decir, el usuario seleccionaba la ubicación de dicho elemento e inmediatamente se desplegaba una tabla con la lista de datos cualitativos y cuantitativos a llenar (ver figura 6).

Figura 6. Llenado de información con formulario interactivo en ArcPad



Equipos herramientas e implementos de trabajo

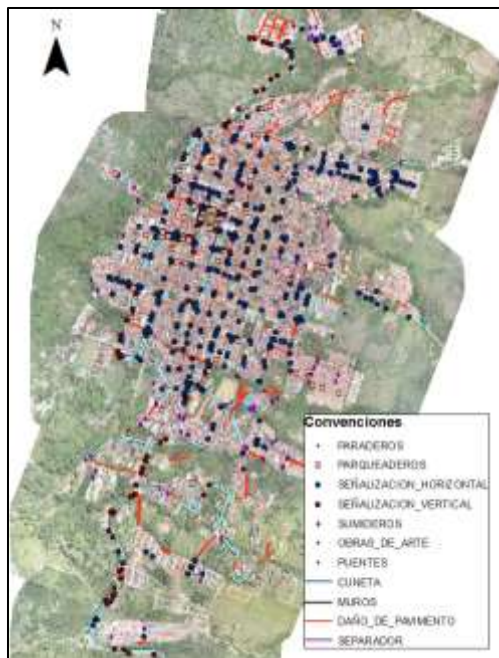
Con el fin de optimizar los rendimientos en el registro de información durante el trabajo de campo, se utilizaron los siguientes equipos, herramientas e implementos:

- ✓ PDA (Personal Digital Assistant)
- ✓ Odómetro
- ✓ Decámetro
- ✓ Implementos identificativos

Cada uno de los elementos anteriormente mencionados, se describen con más detalle en el anexo 3.

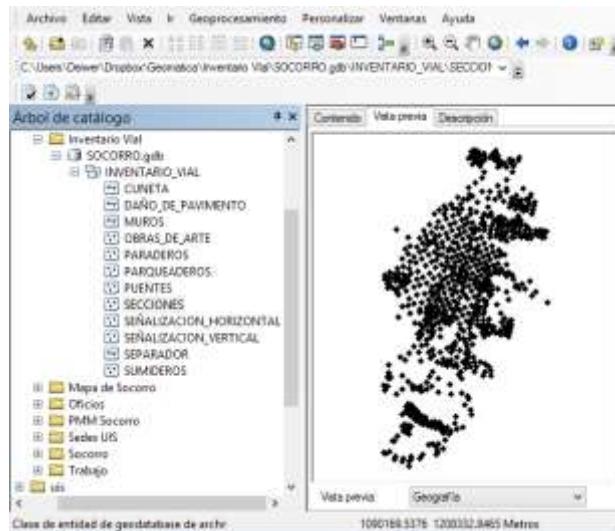
1.1.4 Procesamiento de información Una vez finalizadas las labores del trabajo de campo, se obtuvo como producto una carpeta por cada comisión con una lista de elementos que conformaban la infraestructura vial del municipio en formato Shapefile, los cuales contaban con una serie de características cualitativas y cuantitativas asociadas a cada uno de ellos. Estas carpetas fueron extraídas a un ordenador para posteriormente ser unificadas con la ayuda de la herramienta “Merge” del ArcToolbox arrojando como resultado la totalidad de elementos georreferenciados en el mapa del municipio como se presenta en la figura 8.

Figura 7. Infraestructura vial del municipio de Socorro levantada en campo



1.1.5 Producto final Después de unificada la información se almacenó en una carpeta de archivos Geodatabase. Esta cuenta con un modelo de información integral para representar y administrar información geográfica [3]. En la figura 9 se presentan los elementos organizados dentro de la carpeta Geodatabase en la herramienta ArcCatalog.

Figura 8. Elementos dentro de la carpeta Geodatabase



1.2. ENCUESTA DOMICILIARIA IDA & REGRESO

El estudio de origen y destino tiene como fin obtener información detallada sobre las características de los viajes que realizan los habitantes de la zona urbana para proyectar la planeación en el transporte urbano, con miras a satisfacer las necesidades de movilización de la población [4].

Un estudio de origen y destino puede estar limitado a una vía rural o urbana en particular, o puede incluir cualquier parte o toda el área metropolitana [5]. En este caso el estudio se realizó únicamente para el casco urbano del municipio de Socorro, donde inicialmente se realizó difusión en los medios de comunicación para informar a la población acerca de la encuesta y posteriormente se realizó la entrevista, indagando principalmente sobre los viajes realizados por los residentes del hogar.

1.2.1 Determinación y distribución de la muestra En primer lugar, se recolectó la información municipal necesaria a entidades públicas como el DANE, el Sisbén, el acueducto y el despacho de planeación.

Según las proyecciones del DANE, la población del Socorro para el año 2017 es de 30847 habitantes. En el caso del Socorro la población se consideró como finita, por lo tanto, el cálculo de la muestra se realizó con la fórmula de tamaño de muestra para las estimaciones de variables de proporciones en muestro sobre poblaciones finitas:

$$n = \frac{Z^2 * P * (1 - p) * N}{(N - 1) * e^2 + P * (1 - P) * Z^2}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

P = proporción de la variable a estimar en la población

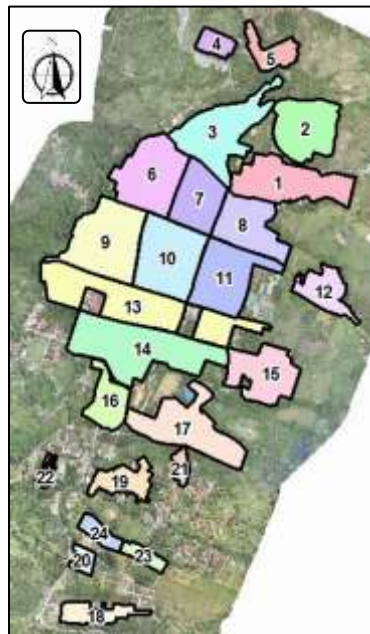
e = margen de error máximo aceptado

z = puntaje típico en la distribución

Según la información recibida por el acueducto municipal, actualmente se cuenta con 8039 hogares en el casco urbano, este valor corresponde a la variable “N”; el porcentaje de error aceptado en este caso es del 5%; el nivel de confianza comúnmente utilizado corresponde al 95%, lo cual da como resultado 1,96 en el puntaje típico de la distribución; la proporción de la variable a estimar en la población corresponde a un 50%, el cual es un parámetro conservador. Con las variables anteriormente mencionadas el número de encuestas necesarias es de 367 hogares.

Una vez determinada la muestra, se procedió a determinar la forma de muestreo tal que la distribución de las encuestas fuera lo más aleatorio posible. Para esto se utilizó el método aleatorio estratificado, el cual consistió en dividir la población en subgrupos y seleccionar aleatoriamente la muestra de cada uno de esos subgrupos. En la siguiente figura se ilustra la división por subgrupos de la población que se realizó.

Figura 9. Subgrupos de áreas

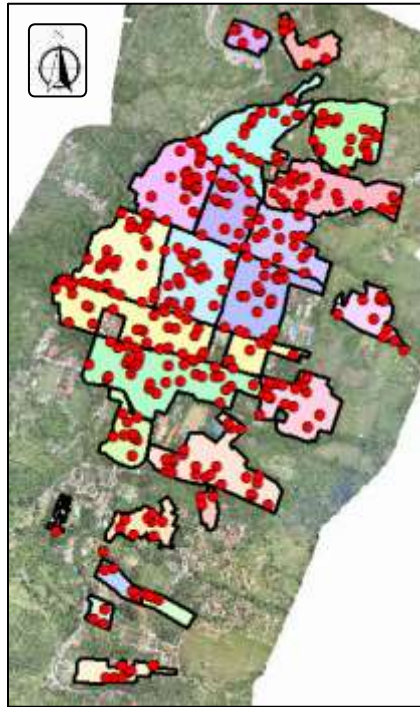


Para realizar la distribución de los hogares seleccionados, se utilizó la lista de direcciones con la que contaba el acueducto municipal, con esta información se clasificaron los hogares por zonas y finalmente se realizó la distribución aleatoria con la ayuda de la herramienta Microsoft Excel.

Posteriormente se especializó la muestra en el mapa del municipio, es decir, se situaron cada una de las viviendas seleccionadas aleatoriamente en el mapa con el fin de ubicar geográficamente los formularios digitales y facilitar la ubicación por parte de los encuestadores. Esta labor se llevó a cabo con la ayuda del software

ArcMap. En la siguiente figura se presentan los hogares espacializados (puntos rojos) en cada una de las zonas.

Figura 10. Muestra espacializada



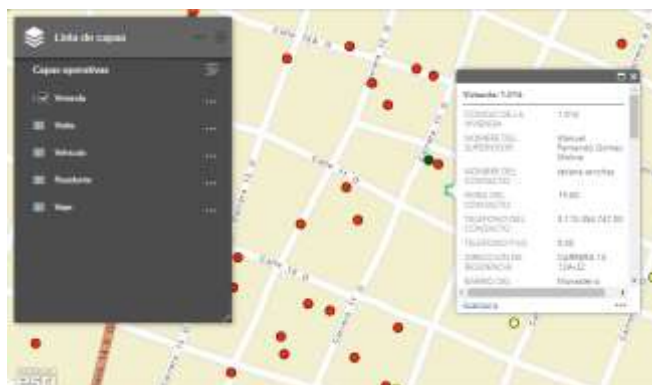
1.2.2 Formulario de entrevista Una vez establecida la muestra y la forma de muestreo, se procedió a crear un formulario que contara con los requisitos mínimos establecidos en el manual para estudios de origen y destino del ministerio de transporte colombiano. Este formulario se conformó con diferentes secciones según las necesidades del proyecto:

- ✓ Información general de la vivienda.
- ✓ Datos socioeconómicos básicos de los residentes y de la vivienda.
- ✓ Valoración de transporte informal.
- ✓ Diario de viajes de los residentes.

El formulario final conformado por las secciones anteriormente descritas se podrá visualizar en el anexo 4.

Con el fin de facilitar la digitalización de la información recopilada y el posterior procesamiento de información, las encuestas se realizaron con tablas que contaban con la aplicación “Collector for Arcgis”, esta aplicación especializada en la recolección de información, permitía visualizar el mapa con los hogares seleccionados, al elegir uno de los hogares inmediatamente se desplegaba el formulario con todas las secciones anteriormente descritas. Además, la aplicación permite el almacenamiento de la información registrada en una base de datos de la red, esta información era revisada periódicamente con el fin de hacer un seguimiento de las encuestas realizadas. En la figura 12 se presenta el mapa de seguimiento de las encuestas realizadas.

Figura 11. Mapa de seguimiento



1.2.3 Capacitación de personal Para la realización de las encuestas, se contrataron 16 trabajadores, estas personas fueron capacitadas en los objetivos de la encuesta, los criterios a tener en cuenta para cada tipo de formulario, el uso de los dispositivos y la forma en la que debían abordarse las personas, esta información fue complementada con un documento que se encuentra en el anexo 5, además de esto se hizo difusión en los medios de comunicación con el fin de motivar a la comunidad a brindar su colaboración [6].

Figura 12. Capacitación de personal



Como complemento a las capacitaciones se realizaron pruebas piloto, encuestando hogares que no hacían parte de la selección muestral.

1.2.4 Trabajo de campo Debido a la necesidad de encuestar a todos los miembros del hogar, las encuestas se realizaron en el intervalo horario que comprende las 5 Pm y las 9 Pm, Sin embargo, en muchos casos será imposible reunir a todos los miembros de una familia en un mismo horario, por lo cual se realizaron un máximo de 3 visitas por hogar.

En general, los días martes a jueves son considerados como típicos para efectos de la planeación de transporte; es común que los lunes ocurran ausencias en centros de trabajo y de estudios, mientras que los viernes suelen registrarse más viajes que en cualquier otro día hábil [1]. Dado que en las entrevistas domiciliarias se recopila información sobre viajes efectuados en días típicos, la realización de las encuestas se limitaba a esos días específicos, por lo cual se establecieron dos etapas de trabajo.

La primera etapa de trabajo fue la socialización, durante esta el personal recorrió las viviendas seleccionadas en los días no típicos, con el fin de socializar los objetivos de la encuesta, recolectar información de contacto y dejar un formato de viajes para que cada residente lo llenara en un día típico previamente asignado, esta socialización se realizó principalmente los días lunes, con el fin de aprovechar al máximo los días típicos.

Durante la segunda etapa el personal realizó encuestas domiciliarias en los días martes a domingo, recolectando los formatos de viajes diligenciados por los residentes y en los casos en los que todos los residentes no están presentes se acordaron nuevas visitas. El formato de diarios de viaje entregado en cada hogar se encuentra en el anexo 6.

2. ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE EL PROYECTO: ELABORACIÓN DEL DIAGNOSTICO PARA LA FORMULACIÓN DEL TALLER DEL PLAN MAESTRO DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Este proyecto involucró la totalidad de las sedes que conforman la Universidad Industrial de Santander y su objetivo principal fue desarrollar el diagnóstico y valoración de aspectos de movilidad y transporte correspondiente a las todas sedes, es decir, estudiar el impacto que genera en la movilidad la interacción de los diferentes modos que se relacionan dentro y fuera de la zona de influencia de las sedes, esto con el fin de optimizar las condiciones operacionales del tráfico peatonal y vehicular en los respectivos sectores de estudio. A continuación, se listan las sedes de la universidad involucradas en este estudio:

- Sede Principal
- Sede Salud
- Sede Barrancabermeja
- Sede Barbosa
- Sede Socorro
- Sede Málaga
- Sede Floridablanca
- Sede Guatiguara
- Sede Bucarica

Para la culminación de este proyecto se llevaron a cabo actividades que brindaron información en materia de movilidad y transporte, estas actividades se desarrollaron siguiendo el mismo esquema de trabajo para cada una de las sedes. A continuación, se presentan las actividades desarrolladas durante este proyecto:

Tabla 2. Actividades desarrolladas durante la pasantía

Proyecto	Actividades Realizadas
Elaboración del diagnóstico para la formulación del taller del plan maestro de la Universidad Industrial de Santander.	Aforos vehiculares y peatonales
	Elaboración de planos
	Procesamiento de información
	Modelos de micro simulación
	Medidas para el mejoramiento de la movilidad propuestas

2.1 METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DEL PROYECTO

En primera instancia se recopiló información de las bases de datos de planeación y planta física de la universidad, sin embargo, la universidad carece de documentos y registros históricos sobre volúmenes vehiculares y peatonales, capacidad de parqueaderos e infraestructura vial para el desarrollo del presente estudio, por lo cual fue necesario el levantamiento de información primaria para el desarrollo de los informes diagnósticos.

La información primaria levantada en campo se conformó principalmente por estudios de volúmenes vehiculares y peatonales, niveles de ocupación de parqueaderos, una encuesta origen – destino y un levantamiento de fotografía aérea.

2.2 AFOROS PEATONALES

Con base en labores de identificación en campo, se establecieron puntos de aforo peatonal con el fin de caracterizar la zona de estudio, identificando puntos críticos en donde se tomó el registro de entrada y salida de peatones a los diferentes campus que conforman la UIS [8]. El formato utilizado se encuentra en el anexo 7.

Los levantamientos de información se ejecutaron en el periodo que comprende las 5:30 Am y las 7:30 Pm. de días típicos. Se realizó la capacitación del personal seleccionado y fueron dotados con implementos necesarios como chalecos identificativos, lapiceros, contadores y formatos para el registro de la información.

Figura 13. Registro fotográfico de aforos peatonales



Fuente: Grupo de investigación GEOMÁTICA

2.3 AFOROS VEHICULARES

Se identificaron los puntos críticos con base en revisiones previas en campo y se establecieron puntos de conteo en las principales entradas a los campus. También se consideraron las principales intersecciones aledañas a las sedes con el fin de caracterizar los flujos en las zonas de influencia de los sectores en estudio.

La toma de información se realizó durante el periodo comprendido entre las 5:30 Am y las 7:30 Pm tanto para las entradas a las sedes como para sus intersecciones aledañas.

Figura 14. Registro fotográfico de aforos vehiculares



Fuente: Grupo de investigación GEOMÁTICA

El personal fue capacitado y dotado con los implementos necesarios como en el caso de los aforos peatonales. Los formatos para el registro de la información se presentan en el anexo 8.

2.4 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Inicialmente se realizó la digitalización y organización de la información. Se realizó el análisis de la información obteniendo distribuciones horarias a lo largo del día por tipos de vehículos, vehículos mixtos y equivalentes en cuanto a aforos vehiculares. Para los aforos peatonales se obtuvieron distribuciones horarias, de las cuales se identificaron las horas críticas en la zona de influencia respectiva.

2.4.1. Procesamiento de información vehicular A partir de los aforos vehiculares y peatonales se obtuvieron distribuciones horarias. En el caso de las distribuciones horarias vehiculares fue necesario convertir los flujos de vehículos mixtos a vehículos equivalentes, los cuales permiten expresar el espacio ocupado por cada unidad de transporte de cada modo (un bus, un camión, una moto, etc.) como un vehículo liviano de pasajeros; los factores de equivalencia que se tomaron son los siguientes:

Tabla 4. Factores de equivalencia por modo

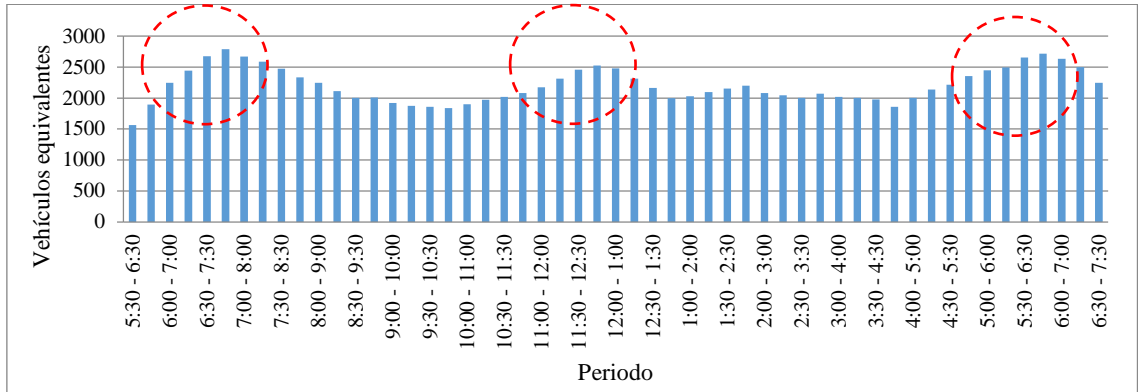
Modo	Factor de equivalencia
Bicicleta	0.3
Moto	0.5
Liviano	1.0
Bus	2.0
Camión	2.5

Las distribuciones horarias permiten la identificación de la repartición espacial y temporal de los flujos en los respectivos sectores en estudio, es decir, las zonas de influencia de cada sede, de forma que pudieron identificarse picos de intensidad a lo largo del día como se presenta en la figura 16.

En función del grafico de distribución horaria de los flujos vehiculares en la zona de influencia de la facultad de salud UIS se determinó que los tres picos de intensidad a lo largo del día corresponden a las 06:45 a 07:45 de la mañana con un total de 2787 vehículos equivalentes, seguido de la hora entre 05:45 y 06:45 de la tarde con una concentración de flujo de 2654 vehículos equivalentes y por último el horario de 11:45 y 12:45 con 2526 vehículos equivalentes.

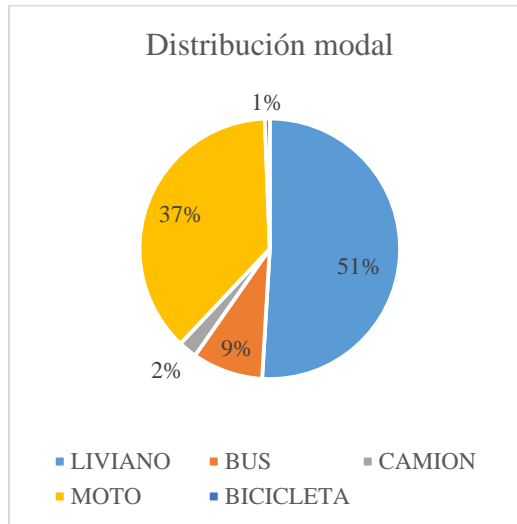
Con base en los aforos vehiculares también se obtuvieron distribuciones espaciales en las zonas de influencia de las sedes durante la hora pico. En la figura 17 se presenta la distribución espacial que tiene lugar en la intersección de la Carrera 33 con Avenida Quebradaseca con aproximadamente 128500 vehículos mixtos por día y donde se evidencia una superioridad en la participación de los viajes realizados en vehículos livianos (taxis y automóviles particulares).

Figura 15. Distribución horaria de los vehículos equivalentes en la intersección de la Cra 33 con la Av Quebradaseca



Fuente: Grupo de investigación GEOMÁTICA

Figura 16. Partición modal diaria



Fuente: Grupo de investigación GEOMÁTICA

2.4.2. Procesamiento de información peatonal Partiendo de la información de flujos peatonales registrada en campo, se identificaron picos de desplazamiento crítico para cada una de las entradas de las sedes de la UIS. Los tres picos de desplazamiento crítico principales se presentan en los periodos de 01:15 a 02:15 de la tarde con un promedio de peatones en la sede de 289, seguido por el periodo de 07:00 a 08:00 de la mañana con un promedio de peatones de 215 y

finalmente en el intervalo de 05:30 a 06:30 de la tarde con un promedio de peatones de 210 para la entrada y salida principal de la sede. En la figura 18 se presenta la distribución horaria de peatones al día para la facultad de salud.

2.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS SEDES Y SU ZONA DE INFLUENCIA

Adicionalmente a la información de aforos vehiculares y peatonales registrada, se hizo una identificación de las condiciones de servicio en las que se encuentra la infraestructura vial y peatonal tanto para la zona interna, como para la zona de influencia de cada sede. Las condiciones físicas de las zonas externas a las sedes fueron contrastadas con las especificaciones establecidas en los respectivos planes de ordenamiento territorial (POT) de cada municipio al que pertenecen las sedes, esto con el fin de establecer deficiencias de funcionamiento debido a la mala organización de los espacios públicos.

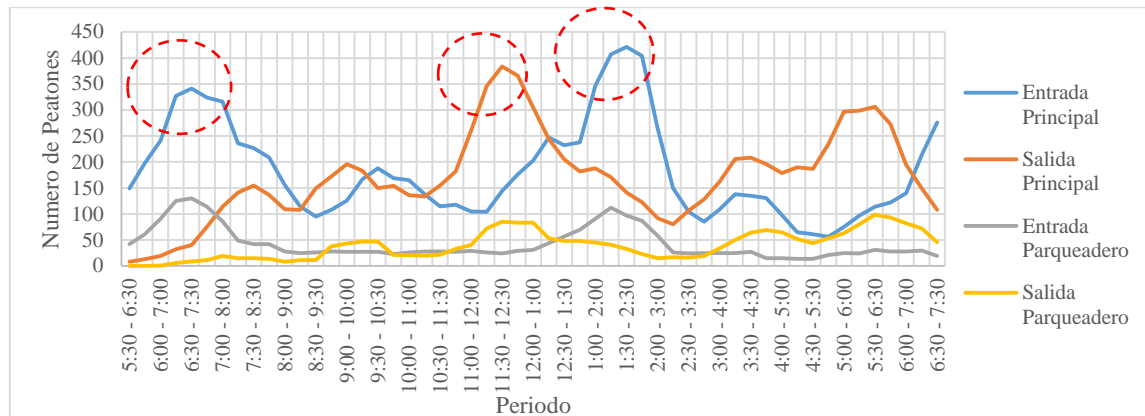
También se realizaron inventarios de señalización vertical y horizontal para la zona interna y perimetral externa de las sedes, esto con el fin de verificar que se brindarán condiciones de seguridad para la comunidad que hace y no hace parte de la institución.

Estos planos fueron elaborados con base en los reconocimientos de campo y la ayuda del software AutoCAD. En el anexo 9 se encuentra un plano tipo de señalización realizado para la facultad de salud.

Por otra parte, se realizó un estudio de capacidad de parqueaderos, con el fin de identificar la oferta y demanda de la infraestructura de estacionamientos en cada una de las sedes. Para llevar a cabo este estudio se registró la cantidad de espacios destinados a los automóviles, motocicletas y bicicletas, se determinó el área efectiva de estacionamientos con la ayuda de las imágenes aéreas de las

sedes y finalmente se realizó un inventario de señalización en los estacionamientos. El formato empleado en el estudio de capacidad de parqueaderos se presenta en el anexo 10.

Figura 17 Distribución horaria de volúmenes peatonales en la facultad de salud UIS



Fuente: Grupo de investigación GEOMÁTICA

2.6 IDENTIFICACIÓN DE CONFLICTOS DE MOVILIDAD

Con base en las visitas de campo, los estudios anteriormente descritos y las reuniones con integrantes de la comunidad UIS, se identificaron los conflictos de movilidad que aquejan los diferentes campus y sus zonas de influencia. Todas las sedes en general presentaron un deficiente uso y gestión de las zonas de estacionamiento debido a la inexistencia de señalización vertical y horizontal que permita alertar debidamente a los usuarios de estos espacios. Además, en los campus no cuentan con infraestructura tal que permita la coexistencia de todos los modos de transporte sin que sea un riesgo para algún tipo de usuario, principalmente los peatones. Otro de los principales conflictos que se presenta en la mayoría de las sedes es el mal estacionamiento de vehículos por parte de personas ajenas a la institución, lo cual genera congestión durante el ingreso y la

salida. También se evidenciaron falencias en las condiciones físicas de senderos peatonales, esto genera que los transeúntes deban circular en muchas ocasiones por la calzada, siendo esto un riesgo a su integridad física. En la figura 19 se presentan algunos de los casos anteriormente descritos.

Figura 18. Conflictos de movilidad en las sedes UIS



2.7 MODELOS DE MICROSIMULACIÓN

En la actualidad, los corredores aledaños a la sede principal de la UIS han presentado congestiones vehiculares críticas durante las horas pico, esto debido a que se estacionan vehículos sobre uno de los dos carriles con los que cuenta la calle decima con el fin de recoger o dejar a los estudiantes del colegio técnico Damazo Zapata.

En busca de alternativas para mitigar la principal congestión vehicular de todas las sedes que se presenta actualmente sobre los corredores aledaños a la sede principal de la UIS durante las horas pico, se realizó coordinación y capacitación al personal de trabajo con el fin de realizar modelos de microsimulación que permitieran tomar decisiones más asertivas.

Con base en la información de aforos vehiculares de la zona en estudio se construyó el matriz origen – destino, que posteriormente con otros datos se incluyó en el software Tarnsmodeler 2.6, el cual permite la simulación de grandes autopistas hasta calles locales con diferentes tipos de geometría, analizando en gran detalle el comportamiento del tráfico y la operación de semáforos y señales de pare, lo cual permite evaluar los impactos del tránsito en diferentes escenarios [7]. En la figura 20 se presenta el modelo realizado para representar la situación actual del sector.

Figura 19. Modelamiento de la intersección de la carrera 30 con calle 10 de Bucaramanga



Fuente: Grupo de investigación GEOMÁTICA

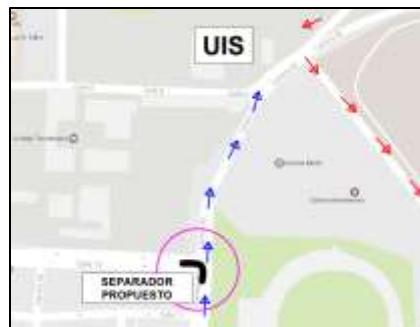
2.8 MEDIDAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD

A partir de los diferentes estudios y caracterización de las sedes se formularon las siguientes alternativas:

Sede Principal

- ✓ Se propuso el cerramiento del separador en la intersección de la carrera 30 con calle 10 con el fin de restringir el giro desde la calle 10 hacia la zona norte, ya que representaba un riesgo para los conductores.
- ✓ Se recomendó cambiar el sentido de la carrera 30 a partir de la calle 10, con el fin de evitar las colas que se generan durante la hora pico en la entrada de la universidad sobre la carrera 30.

Figura 20. Medidas propuestas para la sede central de la UIS



Facultad de salud

- ✓ Se propuso solicitar apoyo al tránsito municipal con el fin de disolver los grupos de moto taxistas y taxistas que no están autorizados para ubicarse en las entradas, lo cual genera dificultad para los vehículos que entran y salen del hospital.
- ✓ Se recomendó automatizar el sistema de ingreso y registro a las instalaciones del Hospital ya que el método manual con el que se viene trabajando hasta ahora es fuente de congestiones en los accesos a las instalaciones.
- ✓ se propuso eliminar las diferentes zonas de parqueo que existen actualmente dentro del hospital y la sede para concentrar los vehículos en una nueva estructura dispuesta para esto.

Figura 21. Propuesta para la concentración de parqueaderos.



Fuente: Grupo de investigación GEOMÁTICA

Sede Bucarica

- ✓ Se propuso eliminar la salida vehicular del parqueadero que sobre la calle 35 y habilitar un acceso peatonal sobre esta calle, dejando un único acceso sobre la carrera 19 que permita el ingreso independiente de peatones y vehículos con el fin de respetar los espacios peatonales asignados en el Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga.
- ✓ Se recomendó solicitar apoyo a la dirección de tránsito municipal con el fin de disolver los grupos de vendedores ambulantes que se ubican sobre la calle 35 generando congestión peatonal.

Sede Floridablanca

- ✓ Se sugirió rehabilitar la señalización horizontal y vertical existente con el fin de garantizar las condiciones de seguridad para conductores y peatones.
- ✓ Se recomendó la delimitación de senderos peatonales con la señalización de obra adecuada en aquellas zonas perimetrales a los predios proyectados como

sede UIS – Floridablanca que representan un riesgo directo al peatón (ver figura 22).

Figura 22. Delimitación de sendero peatonal



Fuente: Grupo de investigación GEOMÁTICA

Sede Barrancabermeja

- ✓ Debido a que las personas que ingresan a la sede deben pasar caminando directamente sobre la zona de circulación vehicular que se encuentra en el acceso principal, lo cual representa un riesgo para los peatones, se recomienda la construcción de un resalto trapezoidal sobre la zona de circulación vehicular inmediatamente después del acceso principal con el fin de alertar a los conductores que ingresan a la sede, y dar prioridad al peatón. En la figura 23 se ilustra la ubicación y forma del resalto.

Figura 23. Resalto trapezoidal propuesto



Fuente: Grupo de investigación GEOMÁTICA

Sede Barbosa

- ✓ Se sugirió realizar un estudio con el fin de optimizar el servicio de la ruta Trassander, la cual funciona con el objetivo de suplir las necesidades de movilización de la comunidad UIS, pero aun así no se ha logrado captar el interés por parte de los usuarios. Además, se propusieron algunos puntos en el municipio por los cuales debería circular.

- ✓ Se recomendó la construcción de un corredor vial de una calzada sobre la via antigua a Cite, la cual no cuenta con las condiciones minimas de dimensión e infraestructura estipulados en el Plan de Ordenamiento Territorial (2002).

Sede Guatiguará

- ✓ Se aconsejó modificar el cruce peatonal al frente de la entrada principal al campus con base en las NTC-4774, ya que este no cuenta con condiciones que permitan la circulación de peatones en condiciones de discapacidad.
- ✓ Se propuso garantizar la seguridad de los bici-usuarios por medio de barreras, ya que en la actualidad estos circulan por sobre la calzada de la transversal Guatiguará.

Sede Socorro

- ✓ Se aconsejó mejorar la señalización informativa a peatones y conductores en el acceso al parqueadero, ya que actualmente el estacionamiento no cuenta con ningún tipo de señal.
- ✓ Se recomendó adelantar labores de mejoramiento y rehabilitación de andenes ya que estos no cumplen con las especificaciones mínimas para que los peatones circulen en sentidos contrarios.

3. CONCLUSIONES

- ✓ Las responsabilidades de coordinación y capacitación de personal contribuyeron al desarrollo de una habilidad profesional de gran importancia en el campo laboral que no se enfatiza durante el periodo académico como lo es el liderazgo.
- ✓ Las diversas situaciones atípicas o adversas que se presentaron durante la coordinación de las actividades en campo que constituyen los imprevistos contribuyeron al desarrollo de habilidades en la resolución de problemas en periodos cortos de tiempo, con el objetivo de mantener los rendimientos previamente establecidos.
- ✓ Las herramientas digitales que permiten el registro, almacenamiento y gestión de información espacial constituyen una base fundamental de la competitividad en la elaboración de estudios como inventarios viales y encuestas domiciliarias.
- ✓ Las pruebas piloto representaron importantes pilares a partir de los cuales se estructuraron los trabajos de campo, ya que permitieron identificación de falencias en las metodologías de trabajo propuestas para su posterior corrección.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Que es ArcGis, [Consulta: 12 de abril de 2017], disponible en: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

[2] What Can You Do with ArcPad?, [Consulta: 12 de abril de 2017], disponible en: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcpad>

[3] ¿Qué es una geodatabase, [Consulta: 12 de abril de 2017], disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm>

[4] Manual para estudios de ingeniería del tránsito de pasajeros mixto en áreas municipales distritales y metropolitanas, Ministerio Colombiano de Transporte, p. 7.

[5] Box C. y Oppenlander Joseph, Manual de estudios de ingeniería de tránsito, cuarta edición, Representaciones y servicios de ingeniería S.A., México 1985, p. 116.

[6] Manual para estudios de ingeniería del tránsito de pasajeros mixto en áreas municipales distritales y metropolitanas, Ministerio Colombiano de Transporte, p. 16.

[7] Caliper Corporation. (s.f.). Transmodeler traffic Simulation Software. Recuperado el 01 de abril de 2014, de <http://www.caliper.com/transmodeler/descripcion.htm>

[8] Metodos manuales [Consulta: 13 de abril de 2017], disponible en:
<http://www.cuevadelcivil.com/2011/05/metodos-manuales.html>

[9] Infraestructura vial y pavimentos [Consulta: 13 de abril de 2017], disponible en:
<http://pavimyvias77.blogspot.com.co/>

BIBLIOGRAFÍA

ARCGIS ¿Qué es una geodatabase, [en línea] [Consulta: 12 de abril de 2017], disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm>

ARCGIS Que es ArcGis, [en línea] [Consulta: 12 de abril de 2017], disponible en: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

BOX C. y OPPENLANDER Joseph, Manual de estudios de ingeniería de tránsito, cuarta edición, Representaciones y servicios de ingeniería S.A., México 1985, p. 116.

CALIPER CORPORATION. Transmodeler traffic Simulation Software. [en línea] [citado el 01 de abril de 2014] disponible en: <http://www.caliper.com/transmodeler/descripcion.htm>

CUEVA DEL CIVIL Métodos manuales [en línea] [Consulta: 13 de abril de 2017], disponible en: <http://www.cuevadelcivil.com/2011/05/metodos-manuales.html>

ESRI What Can You Do with ArcPad?, [en línea] [Consulta: 12 de abril de 2017], disponible en: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcpad>

MINISTERIO COLOMBIANO DE TRANSPORTE Manual para estudios de ingeniería del tránsito de pasajeros mixto en áreas municipales distritales y metropolitanas, , p. 7.

MINISTERIO COLOMBIANO DE TRANSPORTE Manual para estudios de ingeniería del tránsito de pasajeros mixto en áreas municipales distritales y metropolitanas, , p. 16.

PAVIMYVIAS77 Infraestructura vial y pavimentos [en línea] [Consulta: 13 de abril de 2017], disponible en: <http://pavimyvias77.blogspot.com.co/>