

**LEVANTAMIENTO Y GEOREFERENCIACIÓN DE NODOS, REDES Y
POLÍGONOS PERTENECIENTES AL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER PARA SU IMPLEMENTACIÓN
EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG-UIS.**

**HOLGUER FERNANDO PÉREZ SOLANO
HARVISON LEANDRO MALDONADO SARMIENTO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2007**

**LEVANTAMIENTO Y GEOREFERENCIACIÓN DE NODOS, REDES Y
POLÍGONOS PERTENECIENTES AL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER PARA SU
IMPLEMENTACIÓN EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
SIG-UIS.**

**HOLGUER FERNANDO PÉREZ SOLANO
HARVISON LEANDRO MALDONADO SARMIENTO
Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Director
JORGE HERNANDO GÓMEZ GÓMEZ
Ingeniero en Vías y Transportes, M.Sc. en Sistemas de Información
Geográfica**

**Tutor
EUCLIDES ALFONSO RUEDA DÍAZ
Ingeniero de Sistemas
Profesional de Planeación UIS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2007**

A mis padres Francisco y Luz Mar, que me han apoyado durante toda mi vida para lograr la meta de ser Ingeniero Civil, concebida hace 10 años en aquel salón del Colegio Seminario, cuando me rodeaban esos amigos que nunca volví a ver.

A mi padre Francisco, por forjarme ese sueño de construir cuando apenas jugueteaba subiendo ladrillos, o metido entre la mezcla de concreto jugando a cargar el malacate, en la construcción de nuestra primera casa y de la fábrica de muebles. Eso, fue quizá el factor más influyente para la elección de mi vida profesional, porque amo tanto construir, que me divierto como un niño con mi profesión.

A mi nonita Ana, porque ella verá por primera vez, un nieto suyo graduado de la Universidad Industrial de Santander. Ella verá, el resultado de tantos años de estudio, cuando ya no pude jugar más con mi “carramenta” ni con el perro marrón, porque había que entrar a estudiar.

A Gloria, porque será la personita que me acompañará toda la vida y será participe de los demás éxitos que nos esperan.

A mi mamá, porque nada de esto sería posible sin ese amor incondicional y sorprendente.

Ingeniero Fernando P.

A mis padres, Luis José y Dora Cecilia, dedico esta tesis por su incansable labor cotidiana fuente de inspiración para mí, por su infinito amor, generosidad y comprensión a través de todos estos años de lucha, por que sin importar las dificultades mantienen siempre su fe en mí.

A mis hermanos, por ser y estar, por compartir el espacio y los momentos significativos, por que los amo muchísimo más de lo que ellos creen.

A Liliana, por aparecer y quedarse, por enseñarme y aprender conmigo, por tu amor y tu presencia, mil gracias.

A mis amigos, mis verdaderos amigos, porque sin importar la distancia, siempre están presentes en los momentos de dificultad.

A la memoria de Ana Elvia Acelas y Feisal Gabriel Vesga, dos personas con las que me habría encantado compartir este gran momento de mi vida.

Harvison M.

AGRADECIMIENTOS

La culminación satisfactoria de éste proyecto no se hubiese logrado sin la colaboración de todas estas personas que prestaron su atención, ofreciendo su experiencia para ayudarnos a lograr los objetivos planteados. Entre ellos:

A *JORGE HERNANDO GÓMEZ GÓMEZ*: Ingeniero en Vías y Transportes, M.Sc. en Sistemas de Información Geográfica, por la excelente enseñanza durante el transcurso de estos 7 años de carrera ingenieril. Gracias, por ser el director de éste proyecto y gracias, por la serenidad y confianza en nosotros.

A *EUCLIDES ALFONSO RUEDA DÍAZ*: Ingeniero de Sistemas, Profesional de Planeación-UIS, por el apoyo constante, por la precisión de sus correcciones y por la amistad.

A *CARLOS ALONSO CAMARGO MANTILLA*: Ingeniero Civil y Especialista en Sistemas de Información Geográfica, por la disposición y las grandes expectativas que mantuvo a lo largo del desarrollo de este proyecto.

A *MARIO GARCÍA*: Ingeniero Civil y Especialista en Ingeniería Sanitaria, por el gran apoyo que obtuvimos de él para dar correcto enfoque a la información sobre la red de alcantarillado UIS.

A *JUAN MIGUEL ORTIZ*: Ingeniero Civil de Planeación, por la orientación y la colaboración profesional.

A *LUIS GUILLERMO LONDOÑO*: Docente en Topografía, Escuela de Ingeniería Civil UIS, por la asesoría en el desarrollo de los estudios planimétricos y altimétricos que se realizaron en éste proyecto.

A *TODO EL PERSONAL UIS*: por brindarnos el apoyo en todos los días de sol y lluvia que se gastaron para la consecución de la información. Al personal de vigilancia por colaborar en el levantamiento del cerramiento perimetral y por las empanadas que salvaron aquel día a las 4 pm. A los jardineros, personal de aseo y todo aquel que trabaje en el cuidado del campus central.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
OBJETIVOS	20
OBJETIVO GENERAL.....	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1. MARCO TEÓRICO	23
1.1. CARTOGRAFÍA.....	23
1.2. PLANIMETRÍA.....	24
1.2.1 Equipamiento	24
1.2.2 Levantamientos planimétricos	27
1.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	32
1.3.1 Limpieza digital.....	33
1.3.2 Topologías.....	38
2. DESARROLLO DEL PROYECTO	43
2.1. ANTECEDENTES	43
2.2. ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	43
2.3. FASE PRELIMINAR	44
2.3.1 Verificación de la información existente	45

2.3.2	Estrategia general	47
2.4.	TRABAJO DE CAMPO	48
2.4.1	Localización de poligonales.....	48
2.4.2	Información de polígonos	51
2.4.3	Información de Redes	54
2.4.4	Registro fotográfico	55
2.5.	TRABAJO DE OFICINA.....	56
2.5.1	Análisis de información de campo	57
2.5.2	Digitalización	59
2.5.3	Geo-referenciación digital de polígonos	59
2.5.4	Clasificación de polígonos.....	63
2.5.5	Geo-referenciación digital de redes.....	65
2.6.	CREACIÓN DE TOPOLOGÍAS Y SHAPES	67
2.6.1	Creación de bloques representativos.	67
2.6.2	Descripción de los atributos de la base de datos.	69
2.6.3	Objetos tipo Lote	70
2.6.4	Objetos tipo Edificio.....	73
2.6.5	Objetos tipo Urbanismo.....	77
2.6.6	Objetos tipo Vía.....	78
2.6.7	Objetos tipo Zona verde	82
2.6.8	Objetos tipo red Hidráulica	85
2.6.9	Objetos tipo red Sanitaria	89
3.	INFORME DE DIFERENCIAS ENCONTRADAS	97

4. MANUAL DE ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y ALFA-NUMÉRICA DEL SIG-UIS.	109
4.1. OBJETIVOS	109
4.1.1 Objetivo General.....	109
4.1.2 Objetivos específicos.....	109
4.2. Resumen	110
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFÍA	116

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estación total	25
Figura 2. Cintas métricas	26
Figura 3. Factor de corrección lineal.....	30
Figura 4. Objeto Duplicado	34
Figura 5. Intersección de líneas.....	34
Figura 6. Elemento corto.....	35
Figura 7. Elemento corto 2.....	35
Figura 8. Extensión de elementos insuficientes.....	36
Figura 9. Unión de nodos cercanos.....	36
Figura 10. Seudo-nodos.....	37
Figura 11. Análisis por superposición de topologías.....	42
Figura 12. Poligonales para estudio planimétrico.....	50
Figura 13. Poligonal de levantamiento de cerramiento.....	54
Figura 14. Fotografía "Biblio 6", o sexta fotografía de la biblioteca.....	55
Figura 15. Caminos peatonales adyacentes a Edif. Lab. Livianos.....	56
Figura 16. Poligonales localizadas en el campus central.....	58

Figura 17. Ejemplo de Nube de líneas.....	62
Figura 18. Polígono de área Edif. CENIVAM excluido del área de zona verde.	65
Figura 19. Lote Campus Central.....	71
Figura 20. Código tipo de Lote.....	71
Figura 21. Escenarios deportivos.....	74
Figura 22. Código tipo de edificios.....	75
Figura 23. Código tipo del Urbanismo.....	77
Figura 24. Cambio de materiales en vías peatonales.....	79
Figura 25. Código tipo de vías vehiculares, peatonales y parqueaderos.....	80
Figura 26. Objetos sin generalizar	83
Figura 27. Objetos generalizados.	83
Figura 28. Código tipo de Zona verde.....	84
Figura 29. División en Mallas para codificación de la Red Hidráulica.	86
Figura 30. Código tipo de la Red sanitaria.....	87
Figura 31. División en ramas para codificación de la red Sanitaria.....	90
Figura 32. Código tipo de la Red sanitaria.....	90
Figura 33. Tipos de cotas en tuberías de red sanitaria.	92
Figura 34. Código tipo de los nodos Pozo de alcantarillado.	92
Figura 35. Convenciones de pozos.....	92

Figura 36. Código tipo de los nodos Sumidero.	94
Figura 37. Diferencias en edificio Álvaro Beltrán Pinzón.	99
Figura 38. Diferencias en edificio Daniel Casas (música).	100
Figura 39. Diferencias en Escenarios Deportivos.	101
Figura 40. Diferencias en el Coliseo Deportivo.	102
Figura 41. Diferencias en auditorio Luis A. Calvo.	103
Figura 42. Diferencias en la plazoleta UIS.	104
Figura 43. Diferencias en edificio CENTIC	105
Figura 44. Diferencias en edificio de Investigaciones	106
Figura 45. Diferencias en Plazoleta Luis A. Calvo.	107

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Precisión de poligonales según Prior (1968).....	29
Tabla 2. Orden asignado a poligonales principales y auxiliares.	57
Tabla 3. Tipos de objeto y bloque representativo.	68
Tabla 4. Atributos del polígono Lote	72
Tabla 5. Atributos del polígono Edificio.....	75
Tabla 6. Atributos del polígono Urbanismo.	77
Tabla 7. Atributos del polígono Vías Vehiculares.....	80
Tabla 8. Atributos del polígono Vías peatonales.....	81
Tabla 9. Atributos del polígono Parqueadero.....	81
Tabla 10. Atributos del polígono Zonas verdes.....	84
Tabla 11. Atributos de la red Hidráulica	87
Tabla 12. Atributos de los accesorios de Accesorios.....	88
Tabla 13. Atributos de la Red sanitaria.	90
Tabla 14. Atributos de los nodos Pozo alcantarillado.	93
Tabla 15. Atributos del nodo Sumidero.....	94

RESUMEN

TÍTULO:

LEVANTAMIENTO Y GEOREFERENCIACIÓN DE NODOS, REDES Y POLÍGONOS PERTENECIENTES AL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG-UIS.*

AUTORES:

HOLGUER FERNANDO PÉREZ SOLANO

HARVISON LEANDRO MALDONADO SARMIENTO **

PALABRAS CLAVES:

SIG-UIS, Planeación, Campus Central, estudio Topográfico, Plano general, Topologías, Bases de datos, Actualización.

DESCRIPCIÓN:

El proyecto identifica, selecciona, recopila y digitaliza la información espacial y alfa-numérica exterior a los edificios y limitada por el cerramiento perimetral del campus central de la Universidad Industrial de Santander incluyendo las redes de servicios de datos (fibra óptica), red sanitaria, red de acueducto, red de media tensión, luminarias, zonas peatonales, zonas verdes, zonas viales, mobiliario exterior y perímetros de edificios, tomados de acuerdo con las exigencias de calidad y uso del SIG-UIS.

La toma de datos se realiza mediante una Estación Total de Topografía, utilizando los puntos de referencia SIG-UIS1 y SIG-UIS2 ubicados en el estadio 1º de Marzo. La información se digitalizó y utilizó para crear los planos de referencia del proyecto. Esta información es filtrada de acuerdo con los tipos de objeto establecidos, generalizando objetos que no son de relevancia para las consultas al SIG-UIS y que podrían generar ruido. La información filtrada se implementa en el SIG-UIS en forma vectorial; es decir, en forma de nodos, redes o polígonos mediante un archivo "shape (.shp) que contiene los atributos alfanuméricos recopilados de los estudios de campo y de la información documental analizada así como la cartografía y los vínculos existente entre ellos.

Como aporte de la práctica empresarial, se realiza el MANUAL DE ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN GRÁFICA Y ALFANUMÉRICA DEL SIG-UIS, que proporciona el procedimiento estándar para referenciar y mantener actualizada la información de los objetos del campus central.

* Proyecto de grado en modalidad de práctica empresarial.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Jorge Hernando Gómez Gómez.

ABSTRACT

TITLE:

RAISING AND GEO-REFERENCE OF NODES, NETWORKS AND POLYGONS BELONGING TO THE CENTRAL CAMPUS OF THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER FOR HIS IMPLEMENTATION IN THE GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM SIG-UIS. *

AUTHORS:

HOLGUER FERNANDO PÉREZ SOLANO

HARVISON LEANDRO MALDONADO SARMIENTO**

KEY WORDS:

GIS-UIS, Planning, Central campus, Topography study, General map, Topologies, Database, Update.

DESCRIPTION:

The project compiles the exterior information to the buildings and limited by the closing perimetral of the central campus of the Industrial University of Santander. It includes the services networks of information (optical fiber), sanitary network, network of aqueduct, network of half a tension, lights, pedestrian zones, green spaces, road zones, exterior furniture and building perimeters taken of agreement with the requirements of quality and use of the SIG-UIS.

The capture of information is realized by means of a Total Station of Topography, using the points of reference SIG-UIS1 and SIG-UIS2 located in the stadium "1 ° de Marzo". The information was transcribed to digital format and was used to create the planes of reference of the project. This information is filtered in agreement by the types of object established; generalizing objects that are not relevant for the consultations of the SIG-UIS and that might generate noise. The filtered information is implemented in the SIG-UIS in vectorial form; that means, in the shape of nodes, networks or polygons generating a file called "shape" (.shp) that contains the alphanumeric and graphical attributes that define his characteristics and the links between them.

Since contribution realizes the MANUAL OF UPDATE OF THE GRAPHICAL AND ALPHANUMERIC INFORMATION OF THE SIG-UIS, which provides the standard procedure to index and to keep updated the information of the objects of the central campus.

* Grade Project in modality of managerial practice.

** Faculty of Engineerings physicist – mechanics, School of civil engineering, Jorge Hernando Gómez Gómez.

INTRODUCCIÓN

La Universidad Industrial de Santander, preocupada por mejorar la gestión actual y futura de sus recursos físicos, decide implementar un sistema que permita manejar gran cantidad de información obtenida de ellos. Este sistema, se denominó Proyecto SIG-UIS: Sistema de Información Geográfica de la Universidad Industrial de Santander.

El SIG-UIS combina información alfanumérica con información espacial que sirve para analizar y tomar decisiones en el manejo de los recursos de la Universidad. Este sistema tiene la capacidad de superponer, en un mismo ambiente gráfico, distinta información que permita una mejor gestión de las actividades a desarrollarse. Entonces, la calidad de la información obtenida será la clave para la generación de un sistema confiable de apoyo dirigido a la toma de decisiones.

Los proyectos realizados en los últimos años, dirigidos a ampliar los servicios académicos de tecnología, aulas de clase, oficinas y laboratorios, establecieron cambios físicos significativos en el campus central que llevaron a plantear la actualización de la información cartográfica que se tenía. Se busca la colaboración de diferentes escuelas convocando grupos de estudiantes de últimos niveles para conformar un equipo interdisciplinario, encargado de recolectar y complementar la información interna de los edificios del campus central necesaria para los propósitos del SIG-UIS.

En el proyecto se tomó y procesó la información de los objetos del Campus Central, generando los archivos que se implementarán al SIG-UIS, para lo cual se definieron los tipos de objetos que conforman la información. Estos objetos se

geo-referenciaron con base en dos puntos ubicados en la cancha 1º de Marzo denominados SIG-UIS 1 y SIG-UIS 2. Con ésta información, se procede al dibujo por medios digitales, elaboración de planos, creación de topologías y shapes que finalmente serán el soporte para el SIG-UIS.

Analizando previamente información teórica relacionada con las actividades del proyecto, se detalla y analiza el procedimiento a seguir para su desarrollo, enfatizando en la calidad de la información para el SIG-UIS, el proceso de geo-referenciación en medio digital y la filtración de la información que genere “ruido”.

La fase de campo comienza con la verificación de la información existente, la estrategia de toma de datos, la operación de toma y el registro fotográfico de soporte.

La fase de oficina comprende el proceso de digitalización de la información, el análisis y corrección, la geo-referenciación digital, la clasificación de objetos, la topología de objetos, la exclusión de información irrelevante (ruido) y la creación de los archivos shape que contienen la información gráfica y alfanumérica de los objetos.

El proyecto presenta la metodología de recolección y geo-referencia de información del Campus Central externa a los edificios, llegando hasta la etapa de creación de archivos shape que contienen la información espacial y alfa-numérica del SIG-UIS. El objetivo es ofrecer metodologías para administrar la información nueva que se genere en el Campus Central y en las sedes que actualmente no se han incluido.

La geo-referenciación de objetos respecto a los puntos SIG-UIS ubicados en el estadio 1º de Marzo, posibilitan la actualización de la información geográfica del campus desde puntos aprobados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, significando para la Universidad Industrial de Santander una ventaja respecto a los puntos de referencia que se tenían anteriormente.

Por último, se presenta como aporte el “MANUAL DE ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y ALFA-NUMÉRICA PARA EL SIG-UIS”, que pretende ser una herramienta de consulta para mantener actualizada la información del SIG-UIS señalando los métodos de identificación, levantamiento, dibujo, clasificación y creación de shapes de los objetos que actualmente componen el SIG.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Levantar, geo-referenciar y organizar la información gráfica y alfa-numérica de contornos de área a nivel de terreno de edificios, área de zonas viales, zonas peatonales, zonas verdes y red hidro-sanitaria pertenecientes al campus central de la Universidad Industrial de Santander para su implementación en el Sistema de Información Geográfica SIG-UIS.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Actualizar la planta general del campus central, incluyendo los nuevos edificios Álvaro Beltrán Pinzón, Humanidades, salas contiguas del auditorio Luis A. Calvo, CENTIC y la plazoleta UIS de la Universidad Industrial de Santander, así como el resto de obras de menor envergadura que se han ejecutado desde el último levantamiento general del campus.
- Asignar coordenadas usando los puntos SIG-UIS 1 y SIG-UIS 2 ubicados en el estadio 1º de Marzo, a las edificaciones, zonas viales, zonas peatonales, zonas verdes y red hidro-sanitaria del campus central, usando los puntos de referencia SIG-UIS 1 y SIG-UIS 2 ubicados en el estadio 1º de Marzo de la UIS.
- Geo-referenciar y generar archivos shape con la información alfa-numérica de los puntos que conforman el cerramiento perimetral del campus central.

- Geo-referenciar y generar archivos shape con la información alfa-numérica de la red hidro-sanitaria principal del campus universitario, constituida por las tuberías externas a las edificaciones.
- Ubicar puntos y asignar coordenadas a las luminarias y red de media tensión del campus central, usando los puntos de referencia SIG-UIS 1 y SIG-UIS 2 ubicados en el estadio 1º de Marzo.
- Digitalizar según la estandarización del “Manual para la normalización y estandarización de la cartografía digital de la UIS”.
- Recolectar la información alfanumérica del avalúo catastral de la UIS e implementarla en las bases de datos de los objetos tipo edificio y tipo lote del campus central.
- Buscar e implementar la información de ancho promedio y tipos de material en las tablas de datos de los polígonos de zona vial y peatonal del campus central de la UIS.
- Investigar e integrar la información de la red hidro-sanitaria, enfocando los atributos hacia el proceso de mantenimiento de la red.
- Calcular capacidades de parqueo y nombres cortos para integrarlos en la información de la base de datos del objeto tipo parqueadero.
- Describir de forma general la vegetación existente en los polígonos de zona verde.
- Describir los materiales y la capacidad de personas que pueden contener los objetos de urbanismo en el campus central (mobiliario y urbanismo).

- Generación de un “MANUAL DE ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y ALFA-NUMÉRICA DEL SIG-UIS”.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. CARTOGRAFÍA

La cartografía se relaciona íntimamente con la topografía y con la geodesia. “Tiene por objeto la Geodesia el estudio de la forma y dimensiones de la Tierra, y aunque es distinta de la Topografía ésta viene a ser un complemento de la primera al pretender representar con todo detalle sobre un plano una parte más o menos grande de la superficie de la Tierra, que es curva.”¹

La Cartografía es el estudio y práctica de elaborar mapas. Los “datos geodésicos, calculados sobre la superficie de la tierra de forma elipsoídica, deben referirse al plano y, no siendo aquella una superficie desarrollable, es forzoso que sus medidas experimenten ciertas transformaciones, si bien hayan de ser pequeñas en extensiones reducidas, siguiendo diversos criterios que constituyen sistemas propios de la Cartografía.”²

La mayor parte de la cartografía de calidad que se encuentra en el mercado se hace mediante paquetes de software que se encuentran en uno de de los tres tipos principales: CAD (Dibujo asistido por computador), SIG (Sistemas de información geográficos) y software especializado para la ilustración de mapas (paquetes que contienen información cartográfica preprocesada).

¹ Tomado de *Topografía general y aplicada*, 13ª Ed, Domínguez García-Tejero,F., 2002.

² Tomado de *Topografía general y aplicada*, 13ª Ed, Domínguez García-Tejero,F., 2002.

Los mapas funcionan como herramientas de visualización para información espacial y alfa-numérica. La información espacial se adquiere de mediciones y puede ser almacenada en bases de datos, tal como la información alfa-numérica, de las que se puede extraer para una gran variedad de propósitos. A diferencia de los antiguos métodos analógicos, la integración de la información cartográfica en bases de datos aumenta la capacidad que tiene un plano de brindar información, puesto que se mantiene ordenada y lista para ser usada. Es como tener muchos planos, unidos en uno solo.

1.2. PLANIMETRÍA

La planimetría tiene como fin la representación de los objetos a una escala exacta. Para esto, la realidad debe ser captada por medio de instrumentos, que pueden tener distinto grado de precisión.

Además de la instrumentación están los métodos de levantamiento, cuyo grado de precisión depende del uso de la información gráfica recopilada.

Los métodos más usados, son aquellos que permiten conocer la precisión del levantamiento a través de indicadores como el error angular y el error lineal.

1.2.1 Equipamiento

En este proyecto se hizo uso de instrumentos fundamentales para la captura de la información cartográfica del campus central, que además son de última tecnología. Estos son: la estación total con sus elementos complementarios y la herramienta menor, de los cuales se hace referencia a continuación.

1.2.1.1 Estación total y accesorios.

Figura 1. Estación total



La estación total es un instrumento electro-óptico que consiste en la incorporación de un distanciómetro (MED) y un microprocesador a un teodolito electrónico que permite el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz, cálculo de azimutes, distancias horizontales y verticales. Durante la realización de la etapa de campo del proyecto se utilizó una estación total con una precisión angular igual a 1 segundo y precisión en distancia aproximada de 1 mm en 500 metros.

El trípode es un instrumento de soporte a la estación total fabricado en aluminio; posee una estructura estable, resistente y cada una de las patas esta rematada en una punta metálica adecuada para la nivelación sobre asfalto y concreto.

El tipo de trípode que se utilizó en el proyecto tiene las siguientes características:

Diámetro de la cabeza: 158 mm.

Altura de 1,05 m. extensible a 1,7 m.

Peso: 6,2 Kg.

El prisma está conformado por el soporte, la mirilla y el cristal circular de vidrio óptico tratado. El centro focal del prisma está diseñado de tal manera que siempre se mantenga en el eje vertical del soporte dando así lecturas de distancia inclinada correctas, aunque no esté orientado perfectamente en dirección de la estación total.

El soporte de bastón para el prisma está hecho de aluminio y posee una altura variable desde 1.5 m a 2.5 m y tiene un nivel circular para garantizar su verticalidad.

1.2.1.2 Equipo menor

Las cintas métricas ofrecen precisión en distancias cortas, sirviendo de ayuda en la medición de anchos de andén, grosores de muro y en general objetos menores donde la medida no genere imprecisiones en la escala de utilización de los planos.

Figura 2. Cintas métricas



Se incluyen como herramienta menor las estacas de localización de estaciones, pintura de marcación, porra, tachuelas, puntillas y arandelas, que aunque parecen herramientas simples son de gran ayuda en la localización física y posterior búsqueda de las estaciones de referencia y los puntos donde se ubica el prisma.

1.2.2 Levantamientos planimétricos

Los levantamientos planimétricos permiten geo-referenciar los objetos en un plano cartesiano excluyendo cotas de altura respecto a un nivel especificado de referencia, generalmente el nivel del mar.

Dependiendo de la escala de manejo del plano, los levantamientos se realizan con equipos que van desde la cinta métrica hasta la estación total, siendo ésta última la que ofrece mejores resultados de medición en la actualidad. El teodolito electrónico, a diferencia de los aparatos antiguos de medición, puede medir ángulos en cualquier sentido, haciendo más versátil el trabajo de campo para el operador. Sin embargo, por razones de conservar un orden, siempre es mejor elegir alguno de los sentidos, siendo el más común el sentido de las manecillas del reloj.

Para realizar un levantamiento, primero se debe escoger un método que se ajuste a la precisión requerida; el más preciso se denomina levantamiento con poligonal cerrada. “Una poligonal es una serie de líneas consecutivas cuyas longitudes y direcciones se han determinado a partir de mediciones en el campo. Hay dos tipos básicos de poligonales: Abierta y cerrada. En una poligonal cerrada: (1) Las líneas regresan al punto de partida, formándose así un polígono geométrica y

analíticamente cerrado ó, (2) Las líneas terminan en otra estación que tiene una exactitud de posición igual o mayor que la del punto de partida”³ Los puntos de quiebre de la poligonal se denominan estaciones, desde donde se hacen y a las cuales estarán referidas las mediciones para los puntos del levantamiento.

Las estaciones son los nodos donde existe una deflexión de la línea que compone la poligonal.

En Colombia, la entidad que establece los puntos de referencia estándar para realizar levantamientos en proyectos de ingeniería es el Instituto Geográfico Agustín Codazzi. En su parte misional, cumple las labores de “Producir, proveer, divulgar y regular la producción de información geográfica básica con calidad, en apoyo a los procesos de planificación y desarrollo integral del País”⁴. En cumplimiento del proceso de regulación, se encarga de validar coordenadas a puntos de referencia diferentes a los establecidos por la propia entidad, como el caso de los puntos inter-visibles SIG-UIS 1 y SIG-UIS 2 ubicados en el Estadio 1º de Marzo del campus central de la Universidad Industrial de Santander.

Debido a que la estación total no puede tomar un dato exacto de ángulo y distancia por errores sistemáticos, la línea de la poligonal que parte de un punto no podrá terminar en el mismo punto. Entonces, es necesario realizar ajustes a los ángulos y distancias medidas, donde el tipo más utilizado de ajuste es el de “mínimos cuadrados” para distancias y la repartición equitativa del error para los ángulos.

³ Tomado de *Topografía*,. 9ª ed., Wolf / Brinker, 1994.

⁴ Tomado de <http://www.igac.gov.co>.

En las poligonales amarradas, el ajuste angular se puede realizar trazando la poligonal con los datos recogidos en campo y comparando el azimut real proporcionado por los dos puntos de referencia, contra el azimut dado por la poligonal a corregir. El error angular calculado se reparte equitativamente entre la cantidad de lados de la poligonal. El trazado más preciso se realiza en un software de computador, capaz de dibujar con precisión la cartera de campo. Realizar éste procedimiento en papel resulta impreciso y la alternativa, aunque más tediosa, es realizar cálculos matemáticos para obtener el error.

Dependiendo de la precisión, varios autores establecen tolerancias que permiten saber hasta que valor se puede realizar una corrección angular. Si el error se encuentra por fuera de la tolerancia, es muy probable que exista un error personal más que un error sistemático. Una poligonal que esté por fuera de la tolerancia se rechaza y debe realizarse de nuevo el levantamiento.

Prior, en 1968, utilizó valores dependiendo del uso del levantamiento realizado y asignó un orden de importancia para cada uno de ellos, estableciendo el primer orden como el más preciso y continuando hasta el cuarto, como el menos preciso.

Tabla 1. Precisión de poligonales según Prior (1968)⁵

Orden	Distancia horizontal no ajustada	Ángulos horizontales no ajustados	Tarea típica
Primera	1 : 25 000	$2 \sqrt{N}$ segundos	Geodesia

⁵ Tomado de *Técnicas modernas en Topografía*, 7ª Ed., Bannister. 2001

Segunda	1 : 10 000	10 \sqrt{N} segundos	Proyectos grandes de ingeniería
Tercera	1 : 5 000	30 \sqrt{N} segundos	Levantamientos de ingeniería
Cuarta	1 : 2 000	60 \sqrt{N} segundos	Áreas pequeñas

Una vez realizado el ajuste angular, se traza de nuevo la poligonal y se determina el error en distancia. El error en distancia se corrige dependiendo de la longitud de cada uno de los lados de la poligonal, así, un lado más largo se alarga o se reduce en mayor proporción que un lado más corto.

La expresión matemática que define la proporción de corrección, según el eje del plano cartesiano analizado (X, Y, E, W, comúnmente), es:

Figura 3. Factor de corrección lineal.

$$\text{factor de corrección en } X = \frac{\text{error en } X}{\Sigma \text{ distancias en } X}$$

Cada distancia, multiplicada por éste factor deduce la distancia en que hay que alargar o acortar la componente del lado analizado de la poligonal, en dicho eje.

De cada una de las estaciones de la poligonal se realizan mediciones por el método de radiación para ubicar cada uno de los puntos de los objetos a medir, respecto a los lados que componen la poligonal. El método de radiación consiste en barrer el plano horizontal tomando ángulos de los puntos a medir respecto a

una línea de la poligonal de referencia. De este método de levantamiento solamente puede corregirse la medida angular haciendo que el aparato, luego de medir todos los puntos, vuelva a la posición cero de referencia, anotando el desfase angular. Esta comprobación se realiza en campo directamente, permitiendo como tolerancia el valor de precisión del equipo. No existe ninguna manera de realizar correcciones a la distancia puesto que el método no forma ninguna poligonal cerrada.

1.2.2.1 Tipos de Error

Los tipos de error se definen de la siguiente manera:

- Errores accidentales:
 - Error instrumental: Mal ajuste del instrumento.
 - Error personal: Leer mal los datos en el instrumento.
 - Error por falta de verticalidad del prisma y su bastón.
 - Error por hundimiento o levantamiento del trípode.
 - Error por conexión instrumental deficiente.

- Errores sistemáticos: errores debido a una causa permanente y conocida o desconocida, entre ellos están:
 - Error natural: En los cuales pueden influir, temperatura, humedad, viento, etc.
 - Errores accidentales como: pequeñas inexactitudes fortuitas.

- Error instrumental: imperfección en la fabricación del instrumento

1.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

“Un sistema de información geográfica puede, en general, ser definido como un sistema de hardware, software, datos y una estructura organizacional para coleccionar, almacenar, manipular y analizar espacialmente datos geo-referenciados, mostrando la información resultante de estos procesos. El sistema puede:

- Recolectar, almacenar, y recuperar información basado en una localización espacial.
- Identificar sitios dentro de un ambiente de consulta basado en información espacial.
- Explorar relaciones entre bases de datos dentro del entorno.
- Analizar las relaciones de datos espacialmente como una ayuda en la toma de decisiones sobre ese entorno.
- Facilitar la selección y el paso de los datos a modelos analíticos específicos capaces de evaluar el impacto de alternativas en la selección escogida.
- Mostrar el entorno seleccionado gráfica y numéricamente desde antes o después del análisis.”⁶

Los SIG, manejan los datos espaciales utilizando objetos simples como puntos, líneas, polígonos, píxeles o grillas. Los dos últimos se utilizan en el formato tipo raster y los demás en el formato vectorial.

⁶ Tomado de Elementary Surveying, an introduction to geomatics. 10^a ed, Wolf /Ghilany,2002

Los atributos o datos no espaciales son las características de cada uno de los objetos espaciales y se manejan a través de bases de datos externas, para el caso Access de Microsoft.

Las bases de datos se enlazan a la información espacial a través de un atributo que ambos comparten, llamado código de identificación. No necesariamente el código ID que se crea al realizar una topología es igual al código de identificación. Este último hace parte de la estructura organizacional del SIG-UIS, mientras el ID hace parte de la estructura que debe crear el programa CAD para almacenar los datos de los objetos espaciales.

1.3.1 Limpieza digital

Antes de realizar la creación de topologías, se debe verificar que los polígonos, redes o puntos se encuentren dibujados perfectamente.

Esto implica, tener polígonos perfectamente cerrados (con área), redes conectadas perfectamente es sus nodos, y puntos dibujados como tales en el programa CAD (los objetos con área no pueden ser puntos).

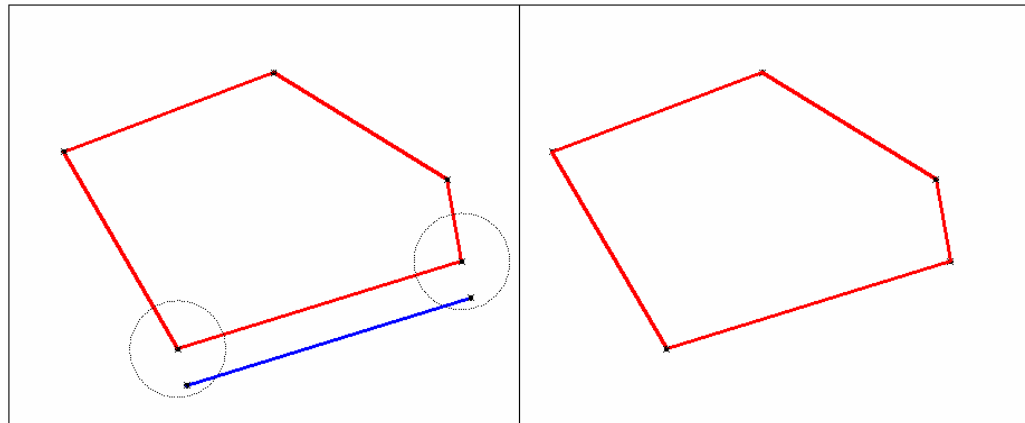
Los errores que se analizan dependen de la tolerancia especificada y son⁷:

- Objetos duplicados: “Localiza objetos que parten de igual comienzo y fin así como otros puntos dentro de la distancia de tolerancia”. En la figura, se observa que la línea azul aparece dentro del límite de tolerancia (círculo), considerándose

⁷ Tomado de AutoCAD map 3D 2006 help manual, AUTODESK ©, 2006

idéntica a la línea roja. Obviamente, una línea encima de otra es idéntica. El comando no toma en cuenta el formato de la línea.

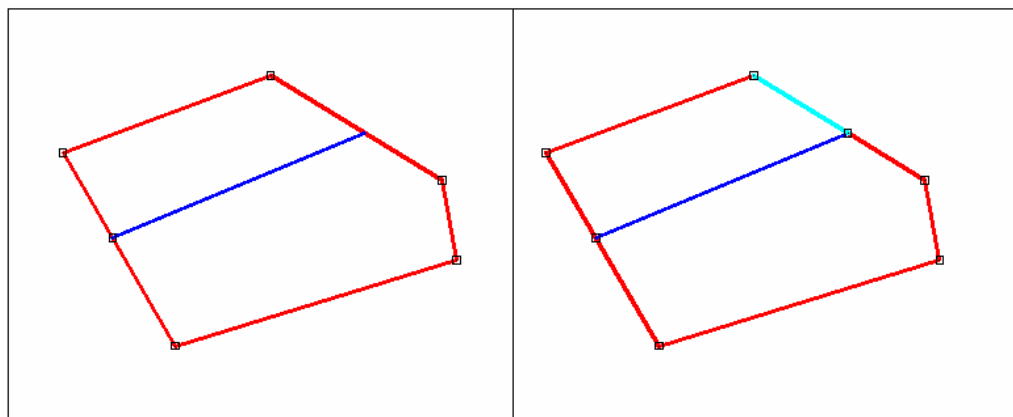
Figura 4. Objeto Duplicado



- Cortes en intersecciones: “localiza objetos que cruzan a otros y no tienen un nodo en la intersección, separando los elementos cruzados y creando un nodo.” En la figura se observa como se rompe el elemento a partir del punto de intersección generando dos elementos individuales no ambiguos.

Debe emplearse con cuidado ya que hay casos en los que existen ductos que se cruzan a diferente nivel sin tener contacto para los cuales la ruptura de los elementos y generación del nodo de intersección supondría un error.

Figura 5. Intersección de líneas



- Elementos cortos: “Localiza cualquier objeto con una longitud menor que la especificada por la tolerancia y lo elimina. Remueve tanto objetos aislados como objetos que hacen parte de una polilínea.” En la figura, una vez ejecutado el comando de corte por intersección, el elemento sobrante se considera corto puesto que el círculo de tolerancia de elementos cortos lo envuelve en su totalidad.

Figura 6. Elemento corto

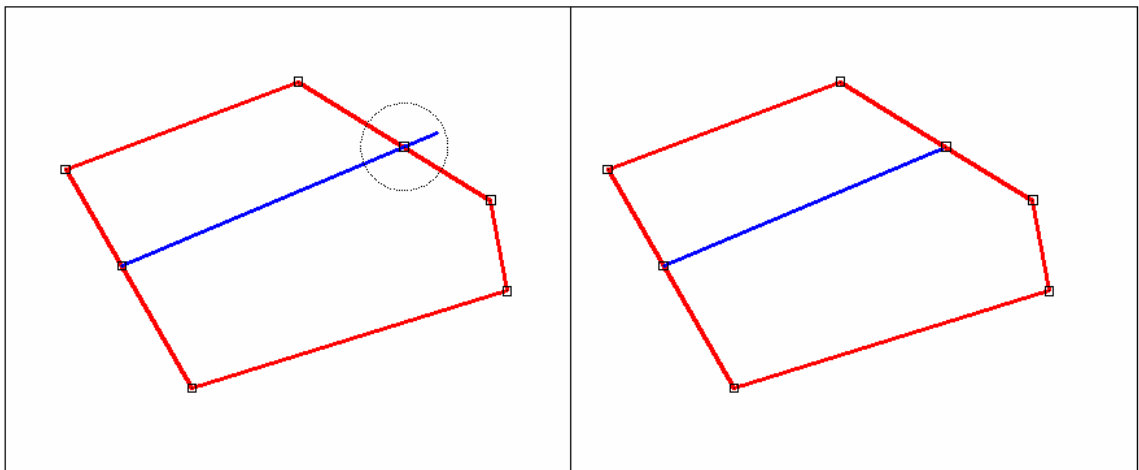
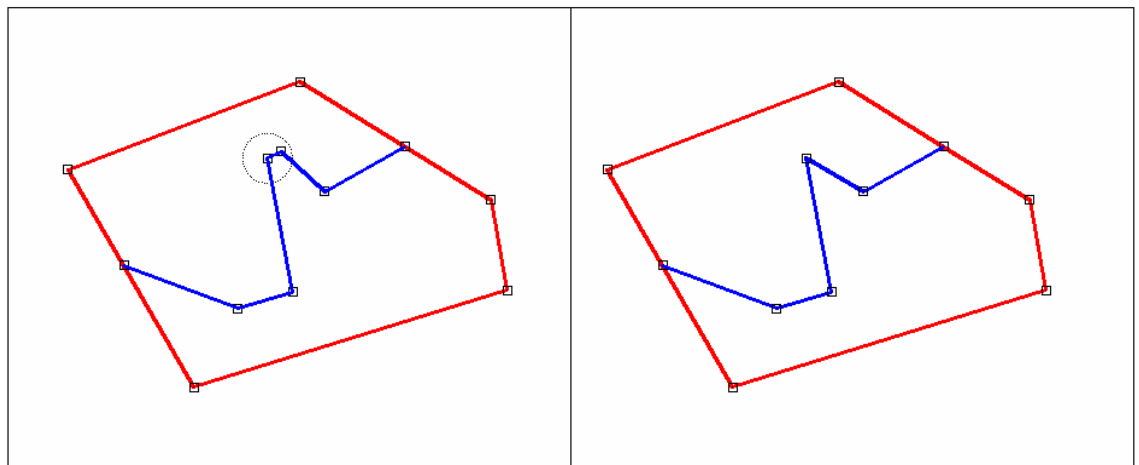


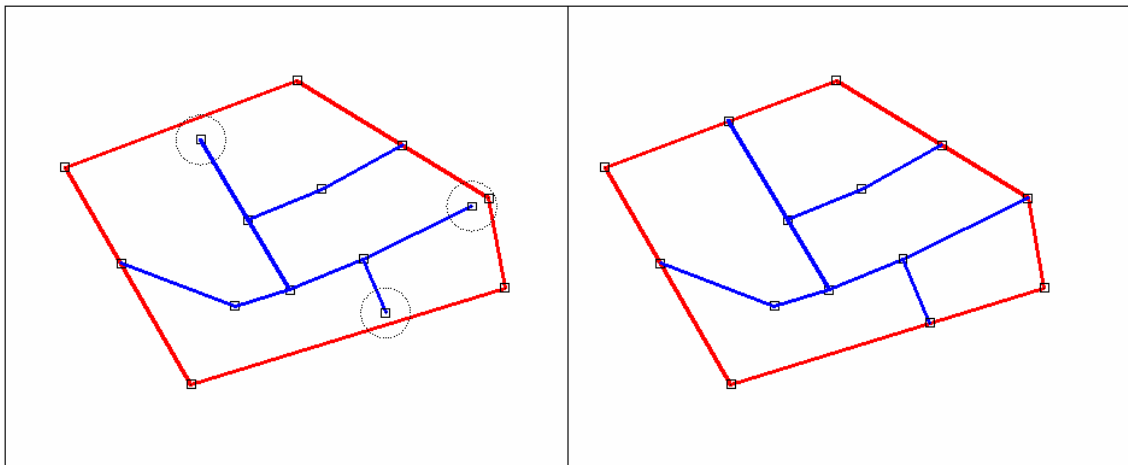
Figura 7. Elemento corto 2.



- Extensión de elementos insuficientes: “Usualmente cuando se trabaja en cartografía puede suceder que una línea dibujada no llegue al punto deseado,

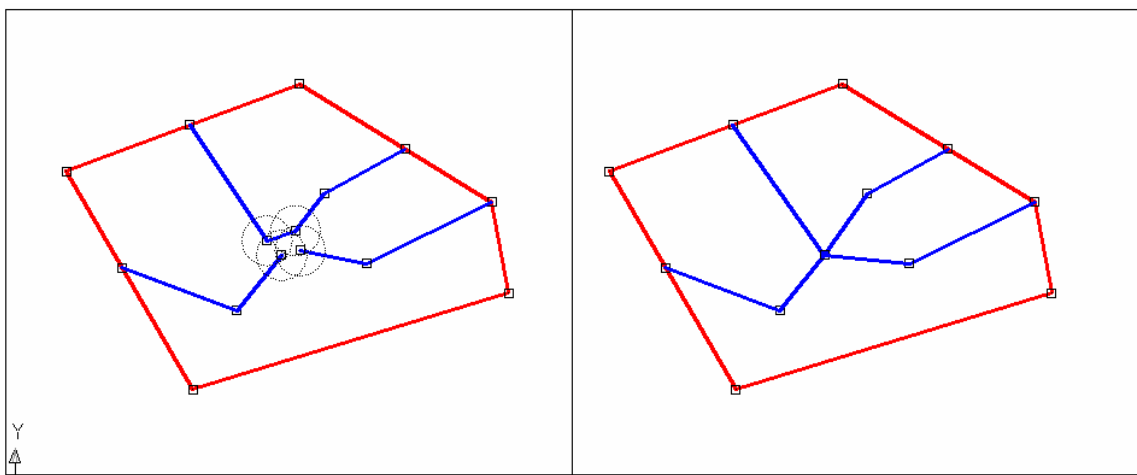
aunque aparentemente parezca lo contrario, la herramienta de extensión de objetos insuficientes localiza los elementos que tengan nodos separados de elementos del dibujo por una distancia menor a la tolerancia establecida y procede a alargar este elemento hasta el otro, si no existe un nodo en el sitio de llegada el proceso genera un nodo nuevo.

Figura 8. Extensión de elementos insuficientes.



- Unión de nodos cercanos: “Corrige múltiples nodos cercanos creando uno solo”. En la figura se observa que dos nodos se encuentran dentro del círculo de tolerancia de nodo cercano.

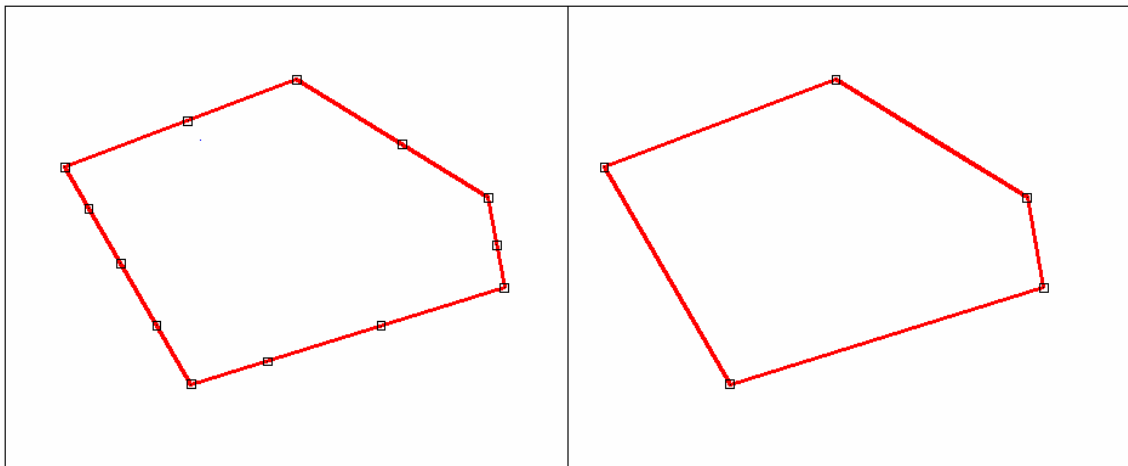
Figura 9. Unión de nodos cercanos.



- Disolución de pseudo-nodos: Un pseudo-nodo es un nodo ubicado de manera innecesaria en un elemento que esta compartido únicamente por dos objetos, por ejemplo una línea larga se puede dividir innecesariamente en muchas por pseudo-nodos.

Usando la herramienta se puede localizar y disolver cualquier pseudo-nodo y unir los elementos en uno solo. Esta opción también elimina los nodos que se encuentran en la intersección de dos objetos lineales, dejando el vértice en su sitio.

Figura 10. Pseudo-nodos.



Para la correcta utilización de estos comandos es de suma importancia conocer el significado de tolerancia. La tolerancia es la distancia en todas direcciones desde un objeto, hasta donde el comando de limpieza busca el problema. Es una franja alrededor de la línea (o punto), que define un área donde el error se presenta.

Por ejemplo, al detectar un problema por elementos duplicados, el comando traza dos líneas paralelas a uno y otro lado del objeto en cuestión con distancia igual a la tolerancia, y lo interseca con un círculo de radio igual a la tolerancia en los nodos de las líneas. Si el otro objeto se encuentra dentro del área de tolerancia se considera que el elemento es duplicado y se elimina.

La limpieza puede borrar o modificar de una manera indeseada elementos del dibujo causando errores graves por modificar la información verdadera de los objetos geo-referenciados.

Por tal motivo, es importante definir cual es la tolerancia que se admite, asumiendo un valor menor al error máximo admisible para la escala de manejo del plano y ajustándola específicamente para cada tipo de herramienta.

1.3.2 Topologías

La cartografía que ha sido recopilada a través de los estudios planimétricos, contiene la información arquitectónica necesaria para representar fielmente el estado actual del campus universitario. Sin embargo, para el SIG-UIS esta cartografía debe ser simplificada de tal manera que se conserve únicamente la información que será objeto de estudio. Para obtener el grado de simplificación deseado, se procede a identificar todos los elementos de la cartografía dentro del alcance del sistema de información consignados en la propuesta del modelo conceptual del SIG-UIS.

El proceso de simplificación se lleva a cabo por medio de la creación de topologías las cuales son una serie de reglas y elementos que modelan la manera en la que entidades como puntos, líneas y polígonos comparten geometría en el espacio del mapa. Estos tres tipos de topologías definidos según la dimensión de los elementos que las forman, son la información que dotará de inteligencia al mapa, permitiendo ampliar las capacidades de análisis.

1.3.2.1 Topología de nodos

Normalmente un nodo es un punto que representa una entidad geográfica demasiado pequeña para ser representada como una línea o como una superficie; este tipo de elemento es una abstracción de un objeto de cero dimensiones y se representa por un par de coordenadas X, Y. La topología de nodos describe al elemento geográfico representándolo con identificador y resistencia; no guarda relaciones con otros nodos (y demás topologías), a diferencia de las topologías de red y polígonos.

1.3.2.2 Topología de red

Esta topología permite modelar sistemas de nodos interconectados por tramos que no tienen necesariamente que ser rectos. Guarda relaciones de identificador, resistencia, contigüidad y dirección.

La resistencia y la dirección de flujo permiten hacer análisis del recorrido por la red de acuerdo con la distancia o coste entre un nodo de partida y uno de llegada.

La contigüidad permite saber cuáles elementos están unidos por un nodo específico y junto con la dirección de la polilínea, ayudan a realizar análisis de flujo.

1.3.2.3 Topología poligonal

El polígono es una entidad utilizada para representar superficies. Un polígono se define por las líneas que forman su contorno cerrado y por un centroide que lo identifica. Los polígonos tienen atributos que describen al elemento geográfico que representan tales como: identificador, área, perímetro y enlaces. Las topologías de polígonos almacenan la información concerniente a la ubicación geométrica de los polígonos tales como son la vecindad, contigüidad, proximidad y contención.

1.3.2.4 Análisis basado en topologías

La creación de topologías en una cartografía permite potenciar el uso y recursividad de la información existente. Este proceso de administración y explotación recibe el nombre de análisis espacial. Existen dos tipos principales de análisis que se pueden realizar a la información cartográfica procesada topológicamente: El análisis aislado y el análisis por superposición de topologías.

- **Análisis aislado**

Las topologías individualmente permiten la explotación y análisis de la información propia que éstos contienen. En el caso de la topología poligonal, las relaciones de vecindad, proximidad, contención y contigüidad, se incluyen en la información propia permitiendo el análisis de consultas geométricas.

Para hallar relaciones entre los objetos que incluyan la información “alfa-numérica” o no espacial, se recurre a tipos de análisis aislados de topologías como⁸:

- **Buffering de punto:** Crea un círculo alrededor de un punto cuyo radio puede ser una distancia, la distancia a otro objeto o una expresión. El resultado es una selección de objetos que intersecan el círculo, objetos que se encuentran dentro de éste u objetos externos al círculo, además de las expresiones que se pueden construir a partir de la información que contiene la base de datos.
- **Ruta mínima:** Para topología de redes. Identifica la ruta mínima entre dos puntos. Para esto, a cada línea de la red, se le asigna un valor llamado resistencia, que significa el costo por recorrer dicha línea. El costo puede ser, entre otros, la longitud de la línea o el tiempo que demora recorrerla.
- **Análisis de flujo:** Interrelaciona el flujo a través de líneas hallando desembocaduras, flujos contrarios o flujos bidireccionales, entre otras.
- **Buffering de línea:** Crea una franja de igual ancho a cada lado de la línea y arroja los mismos resultados que el buffer de punto.
- **Buffering de área:** Crea un polígono paralelo y sus resultados son similares al buffer de línea o punto.
- **Disolución:** Disuelve los bordes de polígonos contiguos cuando el valor de un atributo es común.

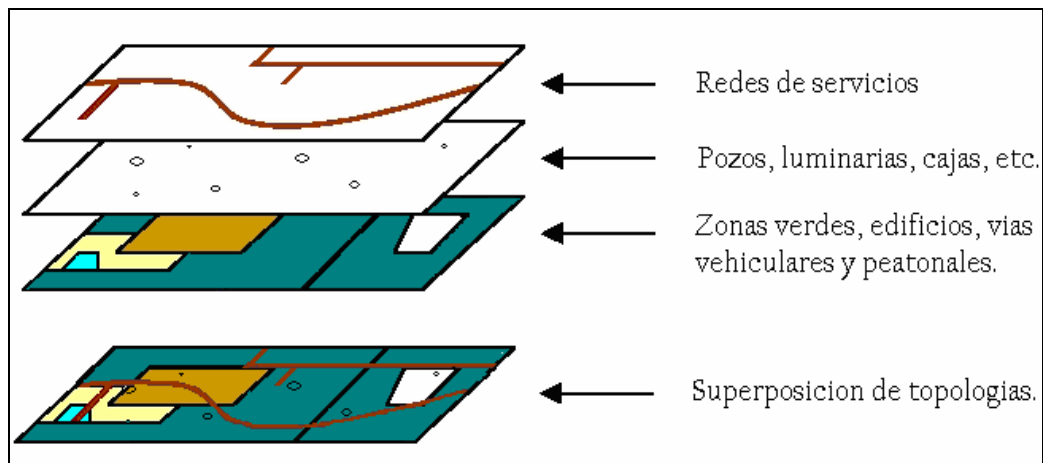
⁸ Tomado de AutoCAD map 3D 2006 help manual, AUTODESK®, 2006

- **Análisis por superposición**

Mediante la superposición de topologías se pueden realizar análisis sobre la relación de un determinado suceso y su relación con los elementos que lo rodean.

Es más potente que el análisis aislado, puesto que permite combinar las distintas capas de información disponible, para efectuar consultas más complejas a partir de los elementos con los que se dispone y así generar valor agregado sobre las consultas aisladas.

Figura 11. Análisis por superposición de topologías



2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. ANTECEDENTES

Las UAA (unidades académico-administrativas) de la Universidad Industrial de Santander se encuentran en proceso de mejoramiento continuo que requiere el apoyo de un sistema que facilite la toma de decisiones, cuando éstas afectan un recurso físico necesario en la planificación de los proyectos. La creación de un sistema de información geográfica basado en cartografía digital, permitirá de una manera fácil, amable y dinámica acceder a toda una base de datos con información útil para cada usuario, sobre los elementos que conforman la Universidad Industrial de Santander.

El conocimiento preciso de las coordenadas de los edificios, zonas y redes presentes en el campus central es fundamental para la implementación del prototipo SIG-UIS, permitiendo la geo-referenciación y la integración de toda la cartografía existente. A nivel administrativo se facilitará la planeación de obras dentro del campus, gracias a la posibilidad de acceder a través de internet de una manera rápida y desde cualquier lugar a información veraz, actualizada y en formato digital que tendrá mucha más aplicación que los actuales formatos análogos con los que se cuenta.

2.2. ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

De los predios pertenecientes a la Universidad Industrial de Santander, el área de influencia se centra en el Campus Central, limitado así:

- Al norte con la calle 5.
- Al sur con el Colegio Santander, calle novena y Colegio Tecnológico.
- Al este con la carrera 30 y el batallón.
- Al oeste con la carrera 25.

El Campus Central se ubica en la carrera 27 con calle 9 en Bucaramanga, Santander. Este complejo contiene dos colegios adyacentes, en el costado sur del campus central y el área netamente de educación superior ocupando el resto.

Este proyecto abarca únicamente la zona del campus central excluyendo las áreas de los colegios y delimitada por un cerramiento de mampostería confinada. El proyecto se desarrolla dentro de esta área y externamente a los perímetros de todos los edificios existentes.

Se entiende que, el Campus Central hace referencia a la sede de la Universidad Industrial de Santander ubicada en la carrera 27 con calle 9 en Bucaramanga, dedicada a la formación de estudiantes universitarios de pregrado y superiores.

2.3. FASE PRELIMINAR

Se realiza el análisis de la información existente, recopilando planos digitales de los objetos que harían parte del sistema SIG-UIS. El análisis se realiza inspeccionando en campo inconsistencias observables a simple vista o mediante medición, entre la realidad y los objetos digitales.

2.3.1 Verificación de la información existente

Se lleva como equipo una cinta métrica metálica corta, una cinta métrica de fibra de vidrio más larga, una plomada y un plano con escala original 1: 1 250 que fue ampliado a una escala aproximada de 1: 200, imprimiendo pequeñas planchas tamaño carta hasta conformar el enorme plano de aproximadamente 3 metros por 2 metros.

El plano ampliado no se utilizó para inspeccionar medidas puesto que un plano al aumentar la escala, no resulta más preciso. Solamente se imprimió como croquis para hacer levantamiento a objetos menores y para dibujar objetos que a simple vista se veían diferentes en los planos, con respecto a la realidad.

El procedimiento se realizó en zonas del campus elegidas al azar y separadas aproximadamente 100 metros una de la otra en todas direcciones. Desde los primeros chequeos saltan a la vista incoherencias de dos tipos:

- Inconsistencia por ubicación local: Este tipo es el que más se presenta en la información actual. Hace referencia a las relaciones espaciales entre objetos que no tienen concordancia con la realidad. En otras palabras, objetos desfasados con respecto a otros.
- Inconsistencia de forma: Indica los cambios parciales en la forma de ciertos objetos, producto de modificaciones físicas posteriores a la fecha de levantamiento de los planos antiguos.

El capítulo [3](#): “INFORME DE DIFERENCIAS ENCONTRADAS”, describe los cambios más evidentes luego de la actualización de la información cartográfica.

Se presume que los planos que se tenían como actualizados antes de la realización de este proyecto, se dibujaron digitalmente a partir de un plano general en papel cuya escala no era la apropiada para obtener resultados con precisión aceptable. Esto puede explicar por qué, mientras unos objetos son satisfactoriamente coherentes localmente, al unirse con más y más objetos vecinos forman las inconsistencias, resultando un plano general desfasado.

Además de lo anterior, las inconsistencias se presentaron también por tener puntos de referencia que no son de tipo geodésico ni referenciados con la red MAGNA-SIRGAS (red nacional IGAC), como los actuales. Los puntos antiguos de referencia ya no existen, puesto que fueron eliminados tras la construcción de la plazoleta UIS a la entrada del campus central.

Además, las coordenadas de referencia sobre las que se hizo el levantamiento anterior, apuntan a una dirección norte un poco diferente a la que apuntan los nuevos puntos SIG-UIS ubicados en el estadio 1º de Marzo. Esto se evidenció en la fase de oficina cuando se hizo una prueba superponiendo el plano antiguo con los primeros dibujos actualizados del campus. El desfase aproximado fue $0^{\circ} 1' 20''$, suficiente para tener un segundo argumento para realizar un nuevo levantamiento. El desfase fue provocado porque los puntos antiguos de referencia se calcularon con respecto a un norte magnético.

Teniendo los argumentos de inconsistencia (por ubicación o forma) y de cambio de puntos de referencia (puntos SIG-UIS), se concluye que es necesario realizar una nueva toma de datos en todo el campus central.

En cuanto a los edificios del campus, se tiene información arquitectónica actualizada que se presume está bien y no necesita actualizarse. La actividad de toma de datos de edificios concierne únicamente a su ubicación, trasladando el bloque digital actualizado a la nueva ubicación definida en el proceso de oficina.

2.3.2 Estrategia general

Se lista una serie de actividades que servirán de soporte para el desarrollo del proyecto, que incluyen:

- La consulta bibliográfica de los manuales y normativas existentes para el dibujo digital.
- Investigación sobre la precisión de toma de datos planimétricos en zonas urbanas.
- Consulta de manejo de equipos electrónicos de toma de datos.
- Tutoriales de software relacionado al proyecto.
- Entrevista con personal especialista en la clasificación y diferenciación de objetos en campo, así como de personal encargado de la administración de los mismos.

Como parte de la toma de datos, se incluyen las redes de acueducto, alcantarillado, datos (fibra óptica), luminarias y eléctrica de media tensión. De estas redes se presume que la información también es incoherente.

Por la falta de geo-referenciación de los objetos de tipo eléctrico nombrados, se adjunta al proyecto la toma de datos de las luminarias y eléctrica de media tensión que posteriormente será objeto de análisis de otro proyecto de grado realizado por estudiantes de Ingeniería Eléctrica.

2.4. TRABAJO DE CAMPO

Esta fase comprende la toma de datos sobre objetos cuya posición será utilizada en el análisis de información del SIG-UIS.

2.4.1 Localización de poligonales

La técnica para la recolección de los datos fue “levantamiento con poligonal amarrada”⁹.

El procedimiento se realiza con una inspección de todas las zonas donde la visibilidad a través de la estación total de topografía sea la mayor posible, abarcando la mayor cantidad de objetos y asegurando que la posición de la estaca de referencia no permita ser movida intencional o accidentalmente.

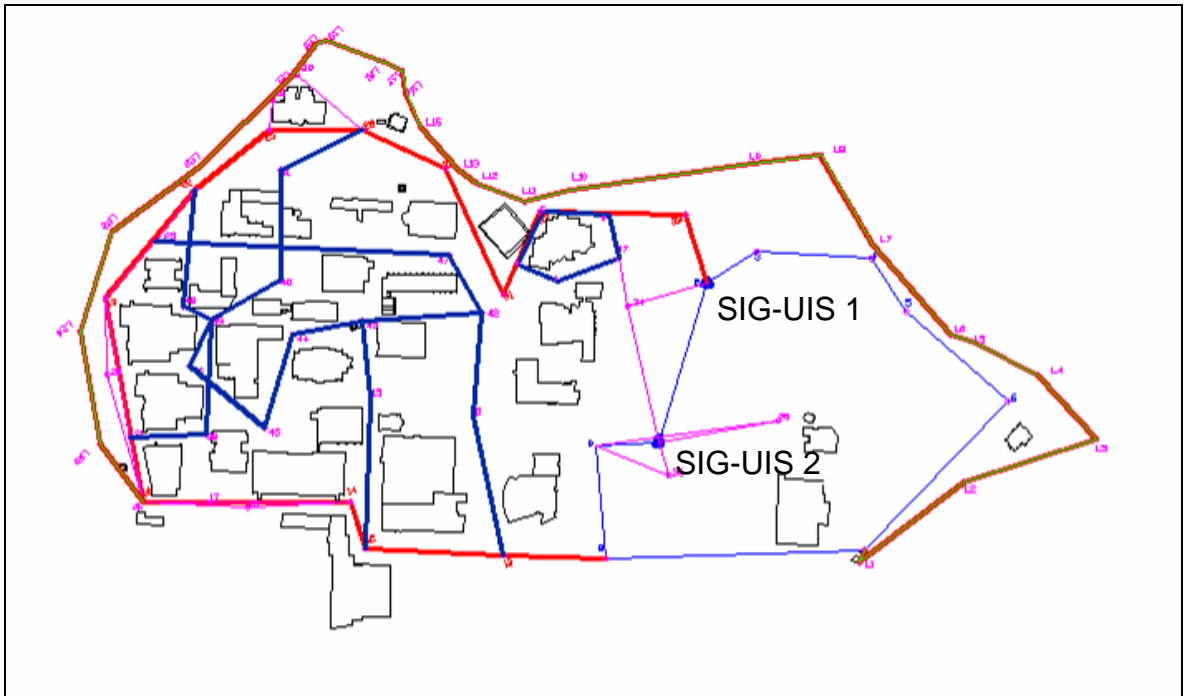
⁹ Refiérase a la Bibliografía para profundizar en el tema.

El punto de partida se ubica en la cancha 1º de Marzo, dentro del campus central; allí se encuentran dos puntos denominados SIG-UIS1 y SIG-UIS2 que anteriormente fueron referenciados con precisión geodésica. Estos puntos conformarán la salida y la llegada de las poligonales principales que rodean el campus central en su perímetro interno.

Analizando el caso que una estaca de referencia se pierda o sea movida después del levantamiento, se decide que las poligonales deben completarse en un solo día para evitar que en la secuencia de la actividad alguna de las estacas sea objeto de mal cierre de la poligonal en el trabajo de oficina.

Teniendo de antemano la posibilidad de no terminar en un día el trazado de la poligonal principal y sabiendo que una poligonal con menor cantidad de nodos implica una mejor precisión del levantamiento, se divide la poligonal en dos: una de ellas abarca el área deportiva (hacia el oriente), y la otra el área académica-administrativa (hacia el occidente).

Figura 12. Poligonales para estudio planimétrico.



Cada una de las poligonales se materializa en un día procurando tomar el dato de la mejor manera posible. Esto involucra hacer mínimo tres lecturas de distancia y tres de contra distancia, así como un tiempo prudente para la correcta nivelación de la estación total. Las estaciones se nombrarían con el nombre “delta x” (x es el número de estación) siguiendo una sucesión desde el numero 1 hasta el número necesario de estaciones a localizarse.

La actividad de trazado de poligonales se extendió debido a que las estaciones no tenían visibilidad hacia el interior del campus. Edificios como CENTIC, Ingeniería Química, Administración, Biblioteca y demás, no era posible verlos desde las poligonales principales.

Entonces, se trazaron poligonales auxiliares amarradas a diversos puntos de la poligonal principal, motivo por el cual se hizo énfasis en la excelente localización de todos los puntos de las poligonales perimetrales principales. Las estaciones

auxiliares llevarían la misma nomenclatura de las principales, continuando con la sucesión de números.

Estas poligonales pasarían por las zonas internas localizando estaciones desde donde se pudiera complementar la información.

2.4.2 Información de polígonos

Se toman mediante radiación horizontal los datos de distancia y ángulo de todos los objetos excluyendo las redes de media tensión, sanitaria, datos (fibra óptica) y acueducto. Se hizo de esta manera porque no se tenía conocimiento preciso de los nodos que conformaban las redes excepto de las luminarias, que son diferenciables a simple vista mientras las demás requieren inspección interna de la caja o pozo.

La radiación comienza desde las estaciones de la poligonal oriental, que incluye principalmente la zona deportiva del campus. Se eligió esta poligonal porque se consideraba que durante la actividad de medición se podrían arreglar con facilidad fallas sistemáticas de la estrategia de medición. Estas fallas obedecen al desconocimiento del instrumento de medición, pérdida de estacas por diferentes motivos y manejo de la información.

Efectivamente, se presentaron fallas en la estrategia debido a la intersección de las áreas que se median desde dos estaciones contiguas. Esto causó que algunos puntos se tomaran dos veces. También ocurrió el caso de pérdida de estacas por extracción de la estaca testigo y difícil o nula ubicación de la estaca estación. Esto causó el replanteo de nuevas estaciones a partir de las conocidas y el envío de

una petición al personal de jardinería para que no moviera las estacas pintadas de color amarillo o naranja, distintivas para éste proyecto (en el campus, se encuentra gran cantidad de estacas, producto de las prácticas de Topografía de la escuela de Ingeniería Civil).

Continuando con el proceso de medición, se observó un nuevo inconveniente que retrasaba la toma de información. Se trataba del exceso de tiempo perdido escribiendo las observaciones gráficas de los objetos en las carteras de campo y la realización de croquis. El procedimiento rutinario exige escribir ciertas anotaciones a cualquier objeto, por ejemplo escribir que la esquina de un edificio corresponde al punto Norte-Este o que el lado de una vía de acuerdo con el croquis corresponde al lado oriental u occidental si se dirige hacia el norte la vía. Todo esto se hace con el fin de hacer la lectura de información universal para cualquier persona que quiera analizarla.

A partir de la experiencia adquirida, se tomaron las siguientes decisiones:

- Conocida la falla de tipo logístico en la estrategia, se procuró no cambiar la máquina de medición por otra con referencia o marca diferente. Esto produjo en algunos casos retraso en la toma de la información por causas ajenas al proyecto.
- Se marcarían los puntos tomados con pintura, que resista por lo menos seis meses cualquier efecto natural o artificial que intente borrar la marca.
- Se buscó apoyo con el personal encargado de tomar la información de atributos sobre la red eléctrica de media tensión para ubicar las cajas de la red a tomarse. Se recordó que las cajas y en general, cualquier objeto interno a un edificio, no sería tomado en cuenta puesto que sale de los alcances del proyecto.

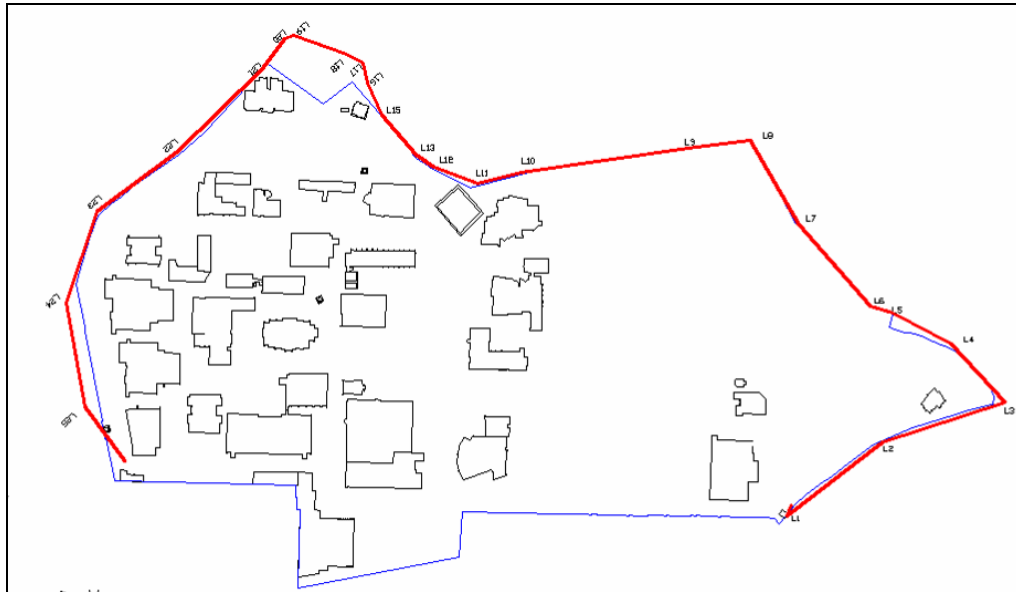
- Se cambió la información de croquis y observaciones en la cartera de campo, por un proceso de identificación mediante símbolos para determinar el tipo de objeto en la cartera de campo. A su vez, se incluye la actividad posterior de registro fotográfico completo del campus central, para la ejecución del trabajo de oficina. De esta manera, un edificio se identifica con EDF, una vía con V, zonas verdes con ZV, etcétera.

Una vez implementadas las soluciones la actividad de toma de datos se torna más rápida y eficiente.

Por último, se determina la estrategia para tomar los puntos del cerramiento perimetral del campus central. Haciendo una inspección, se observa que es complicado e impreciso rodear el cerramiento del campus por su parte interna porque el espeso cerramiento natural de sungla (*Swinglia glutinosa*) no permite distinguir las deflexiones del cerramiento ni tampoco el correcto posicionamiento del prisma en el muro.

Entonces, se decide trazar una poligonal exterior al campus que saldría desde una estación interna ubicada muy cerca de la portería de la carrera treinta (delta 7), rodeando el cerramiento principalmente en los costados Oriental, Norte y Occidental. La poligonal amarrada tendría su final cerca de otra estación ubicada en la portería de la carrera veinticinco (delta 16), con un total de 24 estaciones bautizadas con la nomenclatura “delta L-x” (x es el número de estación y L aduce a la palabra lindero).

Figura 13. Poligonal de levantamiento de cerramiento.



2.4.3 Información de Redes

Una vez hecha la toma de datos a objetos se procede a hacer una inspección de los nodos de las redes faltantes. Para esto, se imprimen planos de cada una de las redes y se hace la búsqueda de cada uno de los nodos en campo. Al final de ésta actividad se deduce que debe hacerse un levantamiento total de la red de datos y la red de media tensión. Sobre las redes de acueducto y alcantarillado, se determina que primero debe hacerse un sondeo geo-referenciando puntos al azar en la red, verificando que las relaciones actuales entre pozos, estén correctas.

Además del sondeo se toma la información de campo de los nuevos pozos de alcantarillado que se montaron a la red tras la construcción de los edificios Álvaro Beltrán Pinzón, CENTIC, Aulas de música contiguas al auditorio Luis A. Calvo y CENIVAM, así como los nuevos nodos de las demás redes en esas áreas.

2.4.4 Registro fotográfico

Para hacer más eficiente el trabajo de oficina, evitando continuos viajes entre la oficina y el campus central para inspeccionar dudas en el dibujo, se decidió llevar un registro fotográfico del campus.

El registro fotográfico se hizo, rodeando todos los edificios y nomenciando las fotografías con el nombre del edificio (coloquial en algunos casos) y un consecutivo de números arábigos. (Ver figura)

Figura 14. Fotografía "Biblio 6", o sexta fotografía de la biblioteca.



Las fotos sirvieron de apoyo en el proceso de delimitación de zonas por tipo de material y como soporte en el dibujo de los objetos, cuando los planos antiguos contenían inconsistencias de forma.

En el registro fotográfico se incluyó un apartado especial para la clasificación de materiales en las vías peatonales. Estas vías se recorrieron en su totalidad

tomando fotos en todos los cambios significativos de material. Aunque servían fotos de los demás objetos, se decidió hacer un registro fotográfico procurando enfocar en primer plano los caminos peatonales, ya que las fotos anteriores ofrecían información indirecta de estos caminos. Este registro no se nomenclo porque indirectamente se observaban edificios que ubicaban la foto en su respectiva zona sin temor a equivocaciones.

Figura 15. Caminos peatonales adyacentes a Edif. Lab. Livianos



2.5. TRABAJO DE OFICINA

En esta fase se obtiene como resultado el plano general del campus central, para su distribución a las dependencias que necesiten trabajar con el. El plano general fue la base para el desarrollo de las actividades de análisis y clasificación de la información pertinente relacionada con el SIG-UIS, como topologías y creación de shapes. Se incluyen actividades de visita a campo para la verificación de posibles errores de digitalización, toma de datos faltantes y clasificación de objetos en base a los atributos definidos para ellos (material, uso, etcétera).

2.5.1 Análisis de información de campo

La primera actividad realizada en el trabajo de oficina consistió en el análisis de las poligonales principales y auxiliares inmediatamente posterior a la localización en campo. El fin fue determinar si el error de cierre estaba dentro de los límites de tolerancia y precisión para el proyecto, o si debería repetirse la localización de alguna de las poligonales (sección [1.2.2.](#)).

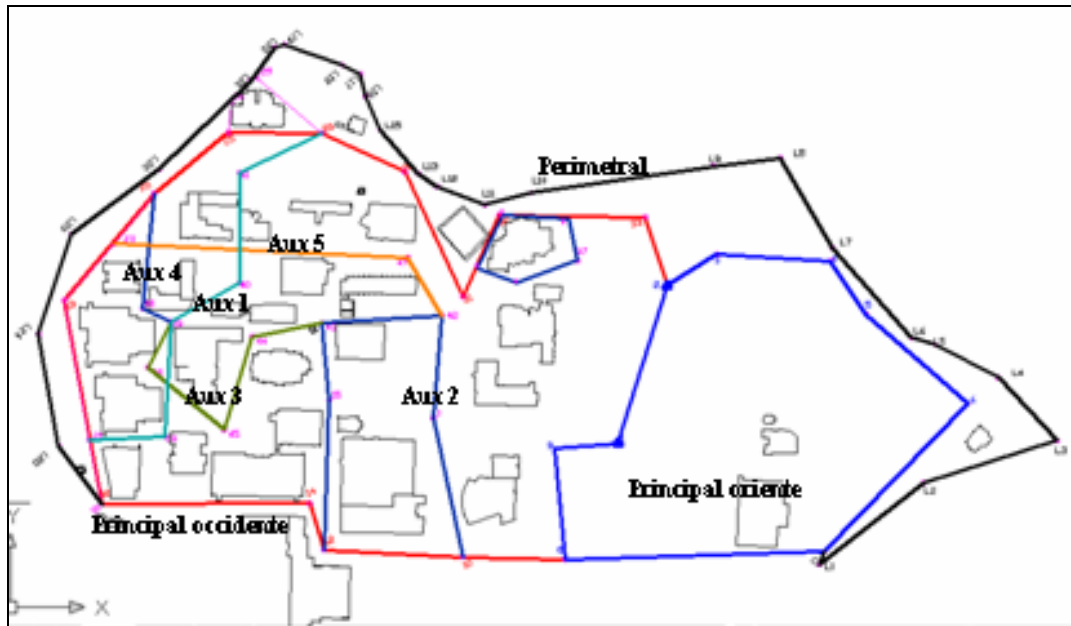
Según la sugerencia de Prior (1968) las poligonales pueden clasificarse en alguno de los cuatro órdenes de precisión de acuerdo con los resultados de sus cierres. A continuación, se muestran los resultados de las poligonales localizadas:

Tabla 2. Orden asignado a poligonales principales y auxiliares.

Nombre poligonal	# lados	Error angular	Error lineal	Tolerancia angular	Tolerancia lineal	Orden asignado
Principal oriente	8	6 "	1 : 68 838	5.6"	1 : 25 000	Primero
Principal occidente	14	14"	1 : 13 178	37.4"	1 : 10 000	Segundo
Aux. 1 (21-28)	5	5"	1 : 13 676	22.4"	1 : 10 000	Segundo
Aux. 2 (10-12)	5	3"	1 : 10 886	22.4"	1 : 10 000	Segundo
Aux. 3 (43-39)	4	3"	1 : 19 230	20"	1 : 10 000	Segundo
Aux. 4 (39-22)	2	1"	1 : 21 948	2.8"	1 : 10 000	Segundo
Aux. 5 (42-23)	2	2"	1 : 33 460	2.8"	1 : 25 000	Primero

Perimetral (7-16)	25	24"	1 : 17 736	50"	1 : 10 000	Segundo
----------------------	----	-----	------------	-----	------------	---------

Figura 16. Poligonales localizadas en el campus central.



Adicionalmente se realizó levantamiento del edificio de Bienestar Universitario, utilizando como referencia uno de los puntos auxiliares y localizando una poligonal cerrada alrededor del edificio. La poligonal tuvo error de 1" y un cierre de 1: 32 973 clasificándose como levantamiento de Primer Orden. Se realizó estudio planimétrico a este edificio, puesto que no fue posible realizar un empalme a partir de los planos digitales arquitectónicos que se tenían, ya que el contorno del edificio sobre la superficie del terreno está formado por el primero, segundo y tercer piso.

El resto de edificios normalmente exhibían un único piso (generalmente el primero) sobre la superficie del terreno ó, fueron fácilmente empalmables porque solo se involucraban 2 pisos en el contorno (primero y segundo).

2.5.2 Digitalización

Para realizar los trabajos de oficina, las carteras de campo escritas en papel debieron convertirse a formato digital para hacer los dibujos y análisis mediante computador. En el trabajo de digitalización se excluyó la escritura de las observaciones de la cartera de campo, decidiéndose utilizar de forma simultánea la cartera digital y la cartera en papel para dibujar la información del levantamiento planimétrico, utilizando además el registro fotográfico.

2.5.3 Geo-referenciación digital de polígonos

Se creó una estrategia para la digitalización en formato *.dwg para programas CAD, llamado “plan de avance gráfico” que se formuló de la siguiente manera:

- Para los planos se utilizó una nomenclatura siguiendo la secuencia del alfabeto, creando un nuevo archivo cada vez que existieran excesos de líneas de construcción o cambios importantes que luego tuvieran que hacerse reversibles. Se entiende que el último plano de la sucesión estará cargado con todos los objetos y será llamado Plano General del Campus Central.

- Las poligonales estarán en dos capas con su respectivo nombre: principal o auxiliar.
- Se dibujarán todos los objetos en una capa principal llamada “oficina”.
- Las líneas de construcción estarán en la capa “0” (cero).
- Se crearán las capas de dibujo de todos los tipos de objetos y se hará la separación de objetos desde la capa oficina hacia cada capa específica.
- Se crearán las capas de redes y se dibujarán los objetos respectivos.

El primer paso del plan se ejecutó creando las poligonales y el dibujo de los primeros objetos que fueron los pertenecientes a la cancha 1º de Marzo.

De antemano se ideó una forma de utilizar los planos antiguos para ayudar a la creación de los nuevos planos, motivo por el cual las observaciones consignadas en la cartera en papel se minimizaron para utilizar el tiempo ahorrado de la escritura de observaciones, en tiempo de medición. La idea consistió en utilizar los planos antiguos como guía para el dibujo de los nuevos planos, sobreponiendo el plano antiguo al nuevo.

De esta forma, se sobrepuso el plano antiguo verificando distancias hacia los objetos cercanos desde los puntos SIG-UIS1 y SIG-UIS2 de la cancha 1º de marzo, resultando satisfactorias las medidas de la pista de atletismo de los planos antiguos. Los objetos antiguos se agruparon en una capa auxiliar llamada “traído” y se sobrepusieron como bloque sobre el nuevo archivo de plano general tratando de encajar de la mejor manera posible la pista de atletismo.

El resultado sirvió únicamente para hacer más sencilla la actividad de dibujo puesto que no había forma de conectar los dos planos mediante puntos de referencia precisos. Es decir, no había ninguna relación espacial conocida entre las coordenadas de los puntos SIG-UIS y las coordenadas de los mojones de

referencia del levantamiento anterior. Lamentablemente, solo se encontraron 3 de los mojones antiguos usados como referencia en el levantamiento anterior, lo que denota la importancia de mantener los vértices SIG-UIS 1 y SIG-UIS 2.

Por fortuna, a medida que se iban dibujando objetos, las múltiples diferencias dimensionales entre los objetos antiguos y los nuevos (algunas pequeñas, de 10 cm y otras hasta de 10 metros, todas igualmente inaceptables), justificaron la realización del nuevo levantamiento.

Para hacer efectiva la actividad de geo-referencia digital, se ideó un método utilizando en el programa CAD el comando de trazado automático de coordenadas a partir de archivos de texto simple (*.txt).

El método de dibujo que aceleró el proceso de geo-referencia fue el siguiente:

Conociendo que el programa CAD (dibujo asistido) puede dibujar múltiples líneas tomando las coordenadas de un archivo de texto *.txt (texto simple), el archivo *.xls (hoja electrónica) donde se encontraban los datos de la cartera de campo fue exportado a ese formato.

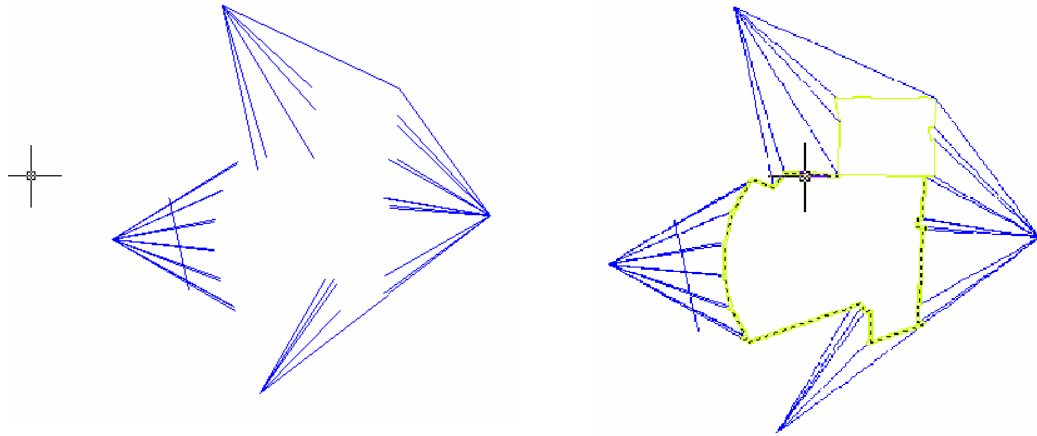
Se eligió que el programa CAD dibujara las líneas mediante coordenadas polares, ya que se tenían las distancias y los ángulos a partir de un punto conocido. Entonces, mediante un cálculo de hoja electrónica se pasaron los grados sexagesimales a decimales, utilizando 6 cifras decimales para la conversión.

Luego, se extrajeron en una hoja electrónica únicamente la distancia y el ángulo decimal en dos columnas (primero distancia, luego ángulo). Esta hoja se grabó en formato *.txt quedando lista para la utilización con el CAD.

El programa CAD, a partir del archivo de texto simple, dibuja una nube de líneas donde cada nodo tiene la información de distancia y ángulo desde una línea perteneciente a una poligonal de referencia. Leyendo las observaciones de la

cartera de campo (en papel), observando el registro fotográfico y el plano antiguo que se puso de guía en el CAD, se puede determinar con facilidad las interconexiones de ese punto con sus adyacentes y el tipo de objeto al cual pertenece (zona verde, andén, vía, etc.).

Figura 17. Ejemplo de Nube de líneas



La razón para no clasificar los objetos desde el principio en su respectiva capa es porque que todo lado de un polígono de un tipo, también pertenece a otro polígono de otro tipo.

Esto causa que cualquier corrección sobre un objeto requiera la búsqueda de los objetos adyacentes para realizar la misma corrección y evitar así áreas superpuestas, generando inconsistencias para los cálculos de área en el SIG-UIS, ya que la sumatoria de área de todos los objetos debe ser igual al área del polígono Lote. Por lo anterior, se esperó hasta la terminación total de la georeferenciación de polígonos, para hacer la clasificación.

2.5.4 Clasificación de polígonos

La clasificación es el proceso de separar o simplificar los objetos que hacen parte del plano general, dejando únicamente la información espacial que se considera relevante para el SIG-UIS.

Los polígonos, a simple vista parecen cerrados; sin embargo, por caso fortuito, la utilización de las funciones “osnap” en el programa CAD causa que los polígonos no queden cerrados totalmente.

Para cerrar los polígonos se requiere como primera actividad la limpieza digital de los objetos. La limpieza ayuda a encontrar errores en el dibujo, corrigiéndolos de tal forma que ocurra la creación de polígonos cerrados.

La tolerancia máxima para que una corrección hecha por el comando de limpieza digital modifique los objetos haciéndolos inaceptables para la escala de manejo (escala de manejo 1:200), es de 10 centímetros. Sin embargo, en ninguno de los objetos se llegó hasta tal valor. Errores mayores a la tolerancia máxima eran fácilmente reconocidos y corregidos manualmente sin recurrir a la herramienta de limpieza digital.

La forma correcta de realizar una limpieza digital consiste en definir una tolerancia más pequeña que la máxima y ejecutar la herramienta de limpieza hasta el momento en que las estadísticas arrojen resultado cero en objetos modificados y borrados; luego se intenta hacer la topología de área. Si el comando de crear topología encuentra errores de limpieza, inmediatamente genera error cancelando el proceso de creación.

Nuevamente se realiza una limpieza aumentando el valor de la tolerancia y volviendo a generar la topología. El proceso se realiza una y otra vez sin exceder

nunca la tolerancia máxima establecida, hasta que el comando de creación pueda realizar la topología.

El valor máximo de tolerancia que se alcanzó en este proyecto fue de 2 cm, significando un 20% de la tolerancia máxima establecida.

Terminada la actividad de limpieza, el dibujo contiene polilíneas de nodo a nodo haciendo fácil la creación de topologías de área. Sin embargo, el objetivo principal en esta etapa no es la creación de topologías sino la clasificación de los polígonos en zonas verdes, vías, andenes, y edificios, entre otros.

La creación de la topología de área realiza una duplicación automática de polilíneas que pertenecen a dos polígonos diferentes. Por este motivo se realizó una topología de área, buscando la eficiencia en el proceso de clasificación.

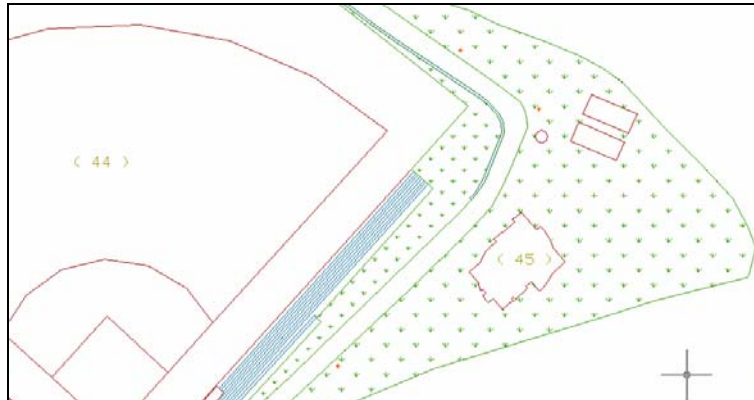
Esta topología no se utiliza posteriormente puesto que contiene elementos irrelevantes para los propósitos del SIG-UIS. Uno de estos, hace referencia a un asador en ladrillo en el lado norte del edificio La Perla, el cual se generalizó con el área de zona verde.

Al crear la topología como herramienta de ayuda, se puede utilizar un comando para cerrar polilíneas y definir polígonos de tipo simple o complejo. Un polígono simple es aquel que en su interior no contiene otro polígono. Un polígono complejo contiene en su interior uno o varios polígonos simples e incluso, otro polígono complejo. Cuando se toma un polígono complejo como simple, el comando no resta el área de los polígonos internos al polígono envolvente, causando errores por duplicación de área.

Un ejemplo real de duplicación de área, hace referencia a la zona verde al noreste del campus, donde se encuentra el edificio CENIVAM, con un área aproximada de 281 m². Agregar a la zona verde esta área que no le pertenece por no utilizar el

comando de creación de polígono complejo, conduce a una mala estadística para los análisis del SIG-UIS al preguntar sobre la cantidad de área de zonas verdes.

Figura 18. Polígono de área Edif. CENIVAM excluido del área de zona verde.



2.5.5 Geo-referenciación digital de redes

Consiste en tomar la información espacial de los objetos que se encuentra en forma digital y ubicarla de acuerdo con puntos tomados en campo para comparar y decidir si la red está bien levantada y no necesita realizarse ésta actividad.

Las luminarias y la red de media tensión debieron someterse a estudio planimétrico puesto que la información no existía en archivos digitales ni en archivos análogos en la planoteca de la oficina de Planeación de la UIS. Estas redes se geo-referenciaron y se enviaron al grupo de estudiantes de ingeniería eléctrica para su respectivo análisis.

La red de datos, aunque tenía un archivo digital, estaba muy desfasada con respecto a la ubicación real. El desfase, de varios metros en todas las cajas, se

evidenció cuando se hizo la prueba de transportar en forma de bloque la red sobre la cartografía de polígonos actualizada.

La red de acueducto se ubicó tomando como referencia el sondeo de 10 puntos realizado por todo el campus, que se tomó en la fase de campo. Al transportar como bloque la red, la presunción de encontrar desubicados los nodos se refutó, porque resultó muy satisfactoria su ubicación con errores menores a 5 centímetros, resultando aceptable dentro de los términos de tolerancia máxima de 10 centímetros. La razón de encontrar esta red con un desfase local aceptable, se explica con el reciente replanteo y trabajo de re-estructuración de la red hidráulica, realizado aproximadamente en 2005.

Se consideró satisfactorio el plano digital del archivo de la UIS sobre la red de acueducto, decidiendo copiarse la red completa. Sin embargo, debe mencionarse que esta red mantenía sus relaciones lineales pero no se encontraba ubicada en las coordenadas correctas. En principio, el bloque se movió utilizando los puntos de referencia del sondeo a la red hidráulica. Luego pudo constatarse que la diferencia de ubicación no superó los 5 centímetros en los puntos de sondeo. De haberse superado la tolerancia, necesariamente se incluiría el estudio planimétrico de la red hidráulica.

La red de alcantarillado no fue igualmente satisfactoria porque curiosamente, el 95% de los pozos estaban bien ubicados, pero los restantes estaban desfasados por varios metros (hacia el Este, cerca de cancha de soft-ball), hecho cuya causa se desconoce. Todos los pozos antiguos, junto con los nuevos pozos construidos alrededor del CENTIC fueron objeto de estudio planimétrico y geo-referencia.

Cabe mencionar que la red de alcantarillado se encontró en estado crítico de falta de geo-referenciación, no por el hecho de estar desubicada, sino por olvido de un correcto mantenimiento de las tapas de los pozos. La re-pavimentación de la vía perimetral hacia el norte del campus, causó derramamiento de concreto asfáltico

encima de las tapas de los pozos, haciéndolas apenas identificables gracias a una fisura que se formó alrededor de la tapa. Además, tapas rotas fueron cambiadas por tapas con sello de tipo eléctrico y pozos con tapas de concreto nunca se pudieron abrir puesto que no tenían manija.

Se presume, al ver tapas de pozos cubiertas por concreto asfáltico, que el interés por hacer mantenimiento e inspección a la red sanitaria es mínimo o quizá nulo.

2.6. CREACIÓN DE TOPOLOGÍAS Y SHAPES

Culminada la actividad de clasificación de objetos se filtra la información que finalmente será integrada al SIG-UIS.


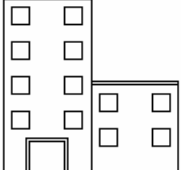
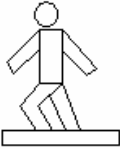

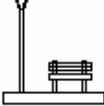

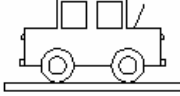
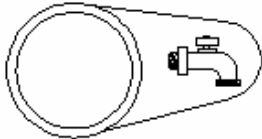
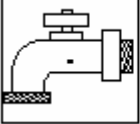
2.6.1 Creación de bloques representativos.

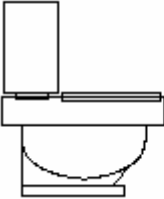
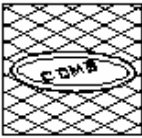

Para facilitar la identificación de los objetos que conforman el SIG-UIS sin recurrir a métodos como el texturizado mediante achurado, se crean bloques que simbolizan de forma sencilla el tipo de objeto.

Además, el símbolo contiene un atributo de texto que sirve para crear el enlace entre los objetos espaciales, con la información alfa-numérica almacenada en la base de datos de cada tipo.

El enlace se crea, al vincular el código que contiene el bloque, con el correspondiente código en la base de datos, que debe ser exactamente igual.

Tabla 3. Tipos de objeto y bloque representativo.

Tipo de objeto	Bloque representativo
LOTE	 01
EDIFICIO	 0101
VÍA PEATONAL	 01001
VÍA VEHICULAR	 0101
URBANISMO	 0101
ZONA VERDE	 01001
PARQUEADERO	 0101
RED HIDRAULICA	 01001
ACCESORIO HIDRAULICO	 01001

RED SANITARIA	 01001
POZO ALCANTARILLADO	 P (01-01)
SUMIDERO	 S-001

2.6.2 Descripción de los atributos de la base de datos.

Consistió en crear un archivo de base de datos usando el software Microsoft Access (r) según los lineamientos del documento “Propuesta SIG-UIS” propiedad de Planeación UIS, el cual contiene modelo conceptual del SIG-UIS, sus alcances y tablas de cada uno de los tipos de objeto a generar. Cada tabla posee columnas que definen los atributos para cada uno de los objetos y filas que contienen la cantidad de objetos pertenecientes a un mismo tipo. Las columnas también contienen códigos de enlace que utiliza el SIG-UIS para conectar la información gráfica de un objeto con la información alfanumérica del mismo.

Todos los objetos de un mismo tipo (por ejemplo del tipo zonas verdes) necesitan una segunda clasificación que determine hasta qué punto alguno de sus objetos contiene información relevante que responda las consultas al SIG-UIS, teniendo

en cuenta que cada objeto insertado en la base de datos requerirá actualización y espacio de almacenamiento de su información.

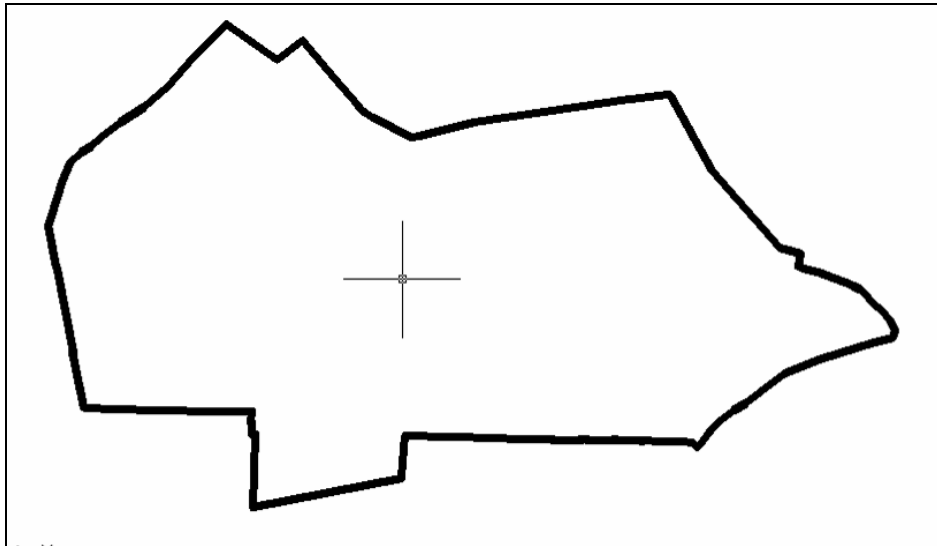
Estos objetos son generalizados incluyendo su área en objetos cercanos del mismo tipo, cambiando a su vez los demás objetos que se encuentran contiguos, que generalmente son de otros tipos.

2.6.3 Objetos tipo Lote

Son los predios de la Universidad Industrial de Santander que se encuentran en distintas zonas geográficas y no se encuentran colindantes. El objeto número 1 de este tipo es el Campus Central, definido en el área de influencia (capítulo [2](#)).

Cualquier objeto que no estuviera contenido en el Lote se descartó de la tabla de datos correspondiente. El Lote definido para el proyecto no coincide exactamente con los linderos del Campus Central puesto que según el avalúo de la Universidad, a éste pertenecen los colegios adyacentes y las zonas que por ley se entregan para el servicio público. Por lo tanto, se tomó el área de uso privado del campus central de la UIS, sin incluir los colegios. La única excepción se presenta en la entrada por la carrera 27, donde se tomó el andén de uso público exterior al cerramiento metálico de la plazoleta UIS y el andén frente al edificio de Ciencias Humanas, junto con la vía vehicular que sirve de paradero a los buses urbanos

Figura 19. Lote Campus Central.



2.6.3.1 Atributos del polígono Lote

El código del lote viene dado por el número consecutivo de lotes que tiene la UIS. Con el objeto de ampliar la cobertura del SIG-UIS, los demás predios, ubicados en el municipio de Piedecuesta, Socorro y demás, continuarán la sucesión de código.

Figura 20. Código tipo de Lote.

Lote	
0	1

Los atributos se encuentran en el libro bi-anual del avalúo catastral de la UIS y el objetivo de su inclusión en el SIG-UIS, es la ampliación de la cobertura en el manejo de la información de avalúo a los usuarios interesados, al mismo tiempo

y/o desde múltiples ubicaciones (personas interesadas en la información, en diferentes oficinas).

Tabla 4. Atributos del polígono Lote¹⁰

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI _ LOTE	Texto (2)	Identificador del lote. Consecutivo desde 01 (para el campus central).
MAIN _ LOTE	Texto (10)	Matricula inmobiliaria del lote: ejemplo: 310-47144.
AREA_LOTE	Numero real (8,2)	Área en m ² proporcionada por la topología. Ejemplo: 250000,23 m ²
NUMP _ LOTE	Texto (16)	Número del predial. Ejemplo: 001-03-0210-0001.
AVCA _ LOTE	Número entero (10)	Valor del avalúo del lote. Ejemplo: 2120809308. (\$2120.809.308)
DIRE _ LOTE	Texto (30)	Dirección del lote, debe incluir información del municipio y departamento. Ejemplo: Cra 27 calle 9 Bucaramanga/Santander
NUME _ LOTE	Texto (3,1)	Información sobre la escritura del

¹⁰ Fuente: "Propuesta SIG-UIS, modelo conceptual". Oficina de planeación UIS.

		lote, debe ir de la siguiente manera: [N° escritura notaria ciudad fecha (dd/mm/aaaa). Ejemplo: 3357 Not. 2 Bucaramanga 01/08/1970
REHI _ LOTE	Texto (400)	Corta reseña histórica del lote. Ejemplo: Terreno adquirido por la universidad en el año de 1950 en transacción de compraventa

2.6.4 Objetos tipo Edificio

Pertencen los objetos donde se desempeñan funciones académicas, administrativas, culturales y deportivas. Los edificios académicos y administrativos, las porterías, las canchas deportivas, el coliseo, los auditorios y los kioscos de venta de alimentos conforman estos objetos. No hacen parte los invernaderos por considerarse zona verde, ni los módulos de estudio clasificados como objetos de urbanismo.

Aunque el área del edificio debe ser el contorno más externo del edificio, incluyendo volados por balcones o cubiertas y excluyendo aleros y cornisas, se consideró más importante el área del piso a nivel de terreno, que en la mayoría de los casos es el primer piso. De esta manera, el usuario del SIG-UIS que consulte medidas lineales desde un edificio a otro objeto tendrá facilidades para replantear las distancias en campo. El edificio de Ciencias Humanas fue el único edificio cuyo sótano no hizo parte del contorno, por la característica de ser parqueadero y ser más pequeña su área con respecto a la del primer piso.

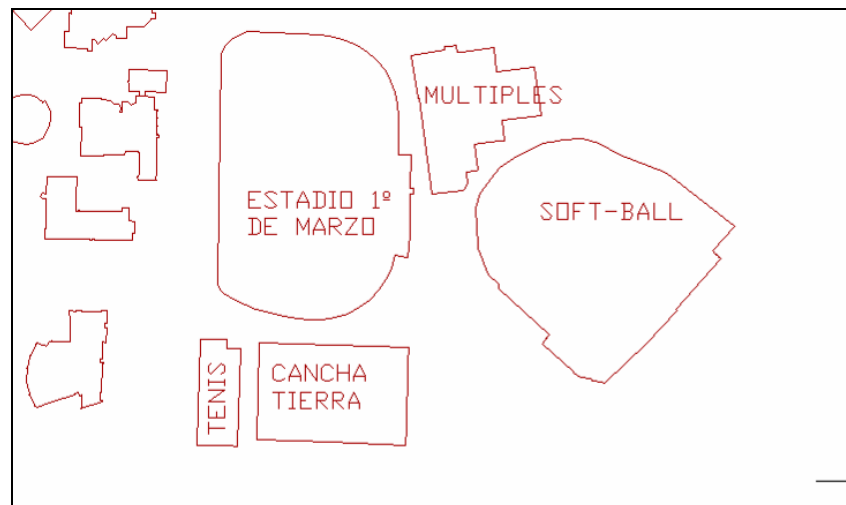
Dos edificios, laboratorio de pesados y auditorio de ingeniería mecánica contienen estructuras externas al edificio para alojar máquinas de aire acondicionado. Estas áreas no se tomaron como parte de los edificios.

El contorno de las canchas deportivas es la unión de los polígonos de cerramiento físico, graderías de acceso y tribunas. El estadio 1º de Marzo, la cancha de tenis y la cancha de Soft-ball cumplen estas condiciones.

La cancha de fútbol en tierra, que no tiene cerramiento físico, fue delimitada únicamente por el terreno de juego asumiendo que no existe tribuna, ya que no se tiene ninguna estructura que pueda considerarse para tal fin.

Las canchas múltiples de baloncesto, micro-fútbol y voleibol se unieron en un solo complejo junto con sus graderías, denominándose “canchas múltiples”.

Figura 21. Escenarios deportivos.



2.6.4.1 Atributos de los Edificios

El código de los polígonos se maneja de acuerdo con el lote donde se encuentra (01 para el campus central) y el nombre numérico del edificio. De esta manera el código tipo es:

Figura 22. Código tipo de edificios.

Lote		Nombre	
0	1	0	5

La tabla de atributos contiene datos provenientes del libro de avalúo, así como un vínculo fotográfico que mejora la ubicación al usuario:

Tabla 5. Atributos del polígono Edificio¹¹

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI _ EDIF	Texto	Identificador del edificio.
NOM _ EDIF	Texto	Nombre asignado a la edificación.
DESC _ EDIF	Texto	Descripción de la edificación. Ejemplo: contiene aulas de clases y laboratorios.
ARLO _ EDIF	Número Real	Área [m ²] del lote. Ejemplo: 32,1
ARCO _ EDIF	Número Real	Área [m ²] Construida. Ejemplo:

¹¹ Fuente: "Propuesta SIG-UIS, modelo conceptual". Oficina de planeación UIS.

		132,1
ARCM _ EDIF	Número Real	Área [m ²] Complementarias. Ejemplo: 40,1
CLAS _ EDIF	Texto	Clasificación de uso por facultad o uso. Ejemplo: Administración.
ANCO _ EDIF	Texto	Año de construcción de la edificación. Ejemplo: 1979.
CONS _ EDIF	Texto	Constructores de la edificación. Ejemplo: Construcciones PUYANA LTDA.
ESTC _ EDIF	Texto	Estado de la construcción. Opciones Bueno, regular, malo.
PRCI _ EDIF	Lógico	Protección contra incendio. Opciones SI. NO
PRVE _ EDIF	Lógico	Protección referente a la vigilancia exclusiva. Opciones SI, NO.
VLCO _ EDIF	Número	Valores en miles de pesos de la construcción. Ejemplo: 150.400,5 (150 millones y 400 mil 500 pesos)
CSCA _ EDIF	Texto	Texto que indica la clasificación según el estado de la construcción. Opciones A, B, C,

		D, E, F (del libro avalúo).
FOTO_EDIF	Texto	Vínculo hacia archivo fotográfico.

2.6.5 Objetos tipo Urbanismo.

Entendemos como urbanismo todos los elementos de interés dentro del campus principal, incluyendo entre ellos, esculturas, fuentes, lagos, módulos de estudios, bancas, graderías, kioscos, los cuales no se contemplan como parte de ningún otro objeto.

2.6.5.1 Atributos del Urbanismo

Figura 23. Código tipo del Urbanismo.

Lote		Consecutivo	
0	1	0	8

Tabla 6. Atributos del polígono Urbanismo.

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI_URB	Texto	Identificador. Ejemplo: 0123 (sede 1 consecutivo 23)
AREA_URB	Número	Área en metros cuadrados de la proyección vertical.

CAPA_URB	Número	Define la capacidad de personas que pueden estar en el objeto.
DESC_URB	Texto	Descripción general.

2.6.6 Objetos tipo Vía

Incluye las vías vehiculares, peatonales y los parqueaderos, cada uno en un “shape” diferente. Estos objetos se clasificaron primero por tipo y luego por material, así:

- Vía vehicular:
 - En concreto asfáltico
 - En concreto convencional
- Vía peatonal :
 - En concreto convencional
 - Mixto de concreto y baldosa de barro
 - En baldosa de barro
 - Otros
- Parqueaderos

Los objetos de vía vehicular no tuvieron complicaciones en la clasificación puesto que son pocos polígonos (aproximadamente 5) y el material es fácilmente diferenciable.

Los objetos de vía peatonal, tuvieron formas irregulares largas que exigieron la ayuda del registro fotográfico para diferenciar los materiales. Además, la inclusión

de plazoletas como vías peatonales volvió compleja la clasificación debido a la mezcla de diversos materiales.

La creación de los materiales “otros” y “mixto”, abarcan distintas configuraciones de materiales simples, que hubiesen implicado un incremento significativo en la cantidad de polígonos en más de 10 veces, introduciendo ruido en la información por exceso de detalle.

Figura 24. Cambio de materiales en vías peatonales.



El objetivo principal de tener los objetos de vía en una topología de polígonos radica en que la consulta que se espera sea de área intervenida en modificaciones futuras por redes de servicios, construcciones, mobiliario urbano, etcétera.

Además del modelo de polígonos, se puede crear una nueva topología, esta vez de redes, que permita consultas de ruta más corta (en tiempo y en distancia) y sentidos viales. Sin embargo, esta topología desprecia las áreas convirtiendo los polígonos en líneas. Por tanto, se debe tener en cuenta que la deformación gráfica al crear únicamente la topología de redes, puede resultar confusa para el usuario del SIG-UIS. Por este motivo se mantuvo como primer criterio el área de las vías y como criterio opcional la creación de la topología de red.

Los parqueaderos, se superpusieron a los polígonos de vías asignando como característica principal la capacidad vehicular de cada uno. Al estar superpuestos, el área de parqueaderos se desprecia puesto que el polígono de vía vehicular

contiene el valor de área total en la tabla de datos, aunque no de manera específica para cada parqueadero.

2.6.6.1 Atributos de las vías

Figura 25. Código tipo de vías vehiculares, peatonales y parqueaderos.

Lote		Consecutivo	
0	1	0	8

Tabla 7. Atributos del polígono Vías Vehiculares.¹²

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI_VIAV	Texto	Código de la vía
ANPR_VIAV	Número Real	Ancho promedio de la vía en metros.
AREA_VIAV	Número Real	Área en metros cuadrados. Proporcionado por la topología.
MATE_VIAV	Texto	Material de la vía. Opciones: Concreto asfáltico, concreto convencional.

¹² Fuente: "Propuesta SIG-UIS, modelo conceptual". Oficina de planeación UIS.

Tabla 8. Atributos del polígono Vías peatonales.

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI _ VIAP	Texto	Código de la vía
ANPR _ VIAP	Número Real	Ancho promedio de la vía en metros.
MATE _ VIAP	Texto	Material de la vía. Opciones: Concreto, baldosa, mixto, otros.

Tabla 9. Atributos del polígono Parqueadero.

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI_PARQ	Texto	Código del parqueadero.
NOM_PARQ	Texto	Nombre. Los parqueaderos poseen un número de identificación y nombre de acuerdo con los edificios cercanos.
AREA_PARQ	Número real	Área en metros cuadrados. Proporcionado por la topología.
CAPA_PARQ	Número entero	Capacidad del parqueadero. Número máximo de parqueos.
DESC _ PARQ	Texto	Descripción del parqueadero, por ejemplo: parqueadero para motos cubierto.

2.6.7 Objetos tipo Zona verde

Las zonas verdes, por su definición, se convirtieron en los objetos que generaron más controversia en la asignación del criterio de selección puesto que su definición indica que son zonas para recreación, descanso u ornamentación.

Por una parte, polígonos de zona verde cercanos a varios de los edificios (ornamentación) se pueden considerar como parte del lote del edificio, induciendo a la creación de una nueva topología llamada "lote de edificio" que ocuparía el área del edificio y el área de zonas verdes adyacentes consideradas parte del edificio, con la ventaja de reducir la cantidad de polígonos y por ende el espacio de almacenamiento.

Por otra parte, la gran cantidad de pequeñas jardineras que no son contiguas a edificios (menores a los 5 m² y aproximadamente 60), conducen a la reserva de espacio de almacenamiento de información que puede ser irrelevante.

Con estas hipótesis, se crea una topología con todos los objetos de zona verde (aproximadamente 250) para diseñar un criterio intermedio entre las dos. Se decidió generalizar áreas menores a los 5 m². Se ordenan los polígonos de forma ascendente con el valor de área de tal forma que el área más grande se encuentra en el costado norte, con un polígono que rodea el cerramiento perimetral y que comienza desde la portería de la carrera 25 hasta la portería de la carrera 30, con 23112 m².

El porcentaje elegido para generalizar área fue 2% del área más grande, basándonos en un criterio de servicio, ya que estas áreas corresponden a pequeñas materas que no aportan gran información al SIG-UIS, dando como resultado un acumulado de 462 m² de áreas de zona verde representados por polígonos de menos de 5 m² distribuidos en todo el campus.

Los polígonos generalizados con área menor a 5 m^2 fueron aproximadamente 60 y la sumatoria de sus áreas dio 140 m^2 . La mayoría de polígonos no superaba los 2 m^2 y por esto, la suma de sus áreas no da el resultado de 300 m^2 ($60 \text{ polígonos} \times 5 \text{ m}^2$).

Figura 26. Objetos sin generalizar

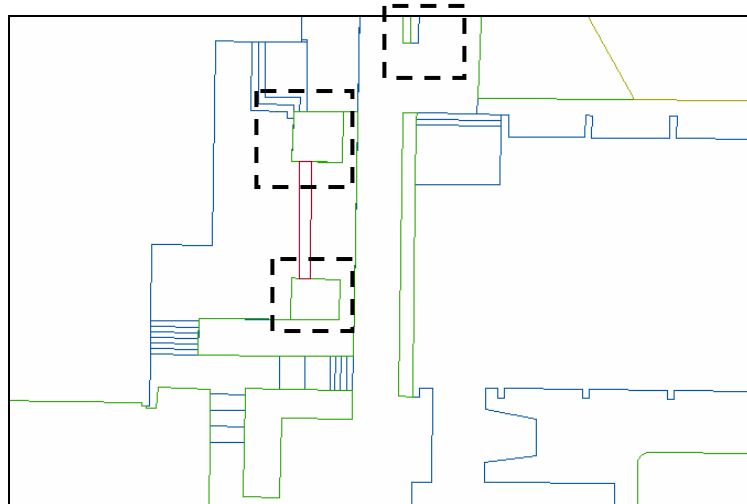
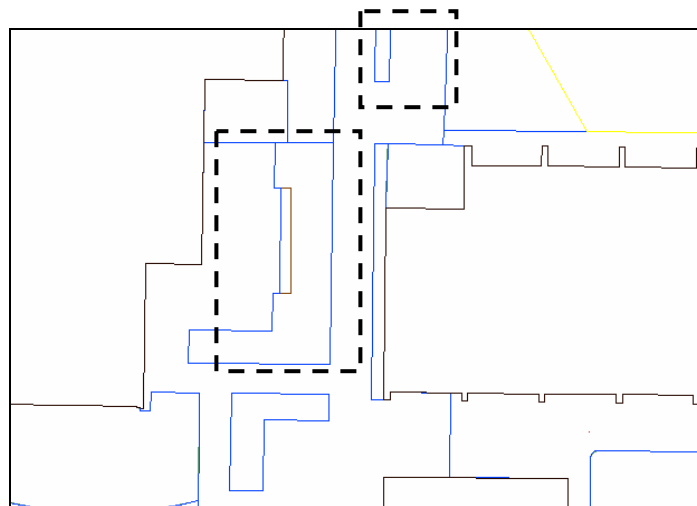


Figura 27. Objetos generalizados.



La palabra generalizar hace referencia a la fusión que se hace de ciertos elementos del SIG-UIS, en este caso de polígonos cuya información puede

sumarse a la información de otros, sin perder precisión sobre la consulta realizada al SIG-UIS. De esta manera, los polígonos generalizados, compuestos en su mayoría por jardineras pequeñas de 2 m² en promedio (plazoleta UIS y jardineras contiguas a edificios), sumaron su área al polígono más grande mencionado anteriormente, contribuyendo a la disminución de ruido en el sistema, la disminución de espacio de almacenamiento y la disminución de la cantidad de información a actualizarse en el futuro.

2.6.7.1 Atributos del polígono Zona verde.

La codificación de las zonas verdes se realiza anteponiendo el Lote al cual pertenece el número consecutivo del polígono.

Figura 28. Código tipo de Zona verde.

Lote		Consecutivo		
0	1	0	0	1

Tabla 10. Atributos del polígono Zonas verdes¹³

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI _ ZOVE	Texto	Identificador de la zona verde, puede ser un consecutivo. Ejemplo: 01.
AREA _ ZOVE	Numero Real	Área en metros cuadrados de la

¹³ Fuente: "Propuesta SIG-UIS, modelo conceptual". Oficina de planeación UIS.

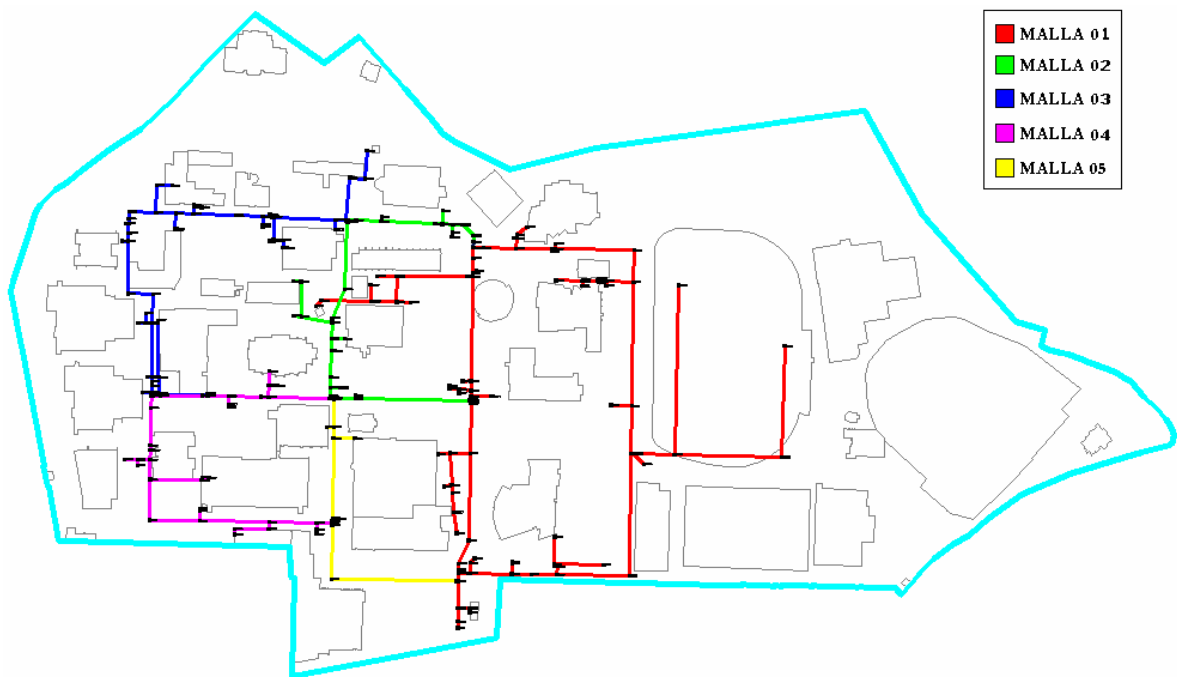
		zona verde. Proporcionado por la topología.
DESC _ ZOVE	Texto	Descripción de la zona verde, en cuanto a pastos arbustos y árboles.

2.6.8 Objetos tipo red Hidráulica

Es la red principal de abastecimiento de agua potable del Campus Central. Se utilizó topología de redes puesto que permite darle un sentido a la dirección del flujo hidráulico, lo cual es una característica importante para el módulo de consulta del SIG-UIS. La característica de área de intervención por metro lineal de red para futuros mantenimientos o reparaciones, se puede obtener del atributo de diámetro de la tubería más una distancia de holgura de trabajo, utilizando un comando de buffering a través del SIG-UIS.

La red hidráulica principal conforma todos los ductos que conducen el agua potable desde el medidor ubicado a la entrada del campus central de la Universidad Industrial de Santander sobre la portería de la carrera 27, hasta cada uno de los puntos donde se encuentren acometidas a la entrada de edificios, llaves de regadío de zonas verdes e hidrantes.

Figura 29. División en Mallas para codificación de la Red Hidráulica.



2.6.8.1 Atributos de la red Hidráulica

La red se representa mediante objetos de línea recta, cuyos extremos corresponden a puntos terminales o accesorios que dividen el caudal, o causan cambios de dirección de la tubería.

Los objetos de la red hidráulica son:

- Tubería: Es el elemento que permite la conducción del agua separándola de cualquier otra sustancia por medio de su pared. Existen distintos tipos de materiales, unos más eficientes que otros dependiendo de la fricción que producen sus paredes con el agua y de su resistencia al ataque químico producido por el suelo que los recubre. Cuando existen curvas en la tubería, deben referenciarse tomando puntos de deflexión suficientes.

- **Accesorios:** Son los elementos como Tees, Yees o Cruces que dividen el caudal. Los codos de 45° o 22.5° son accesorios cuya función es cambiar la dirección del caudal. Generalmente son del mismo material de la tubería y la unión entre éstos puede ser de varias maneras: Elástica (mediante empaquetaduras de caucho), bridada (bridas sujetadas por tornillos), soldada y Otros (unión tres partes, taconde®, gibault®, maxifit®, termofusión o electrofusión). Además de éstos, se incluyen las reducciones de diámetro, las válvulas reguladoras de presión, válvulas de compuerta y el medidor en el tramo inicial de distribución.

2.6.8.2 Atributos de la red Hidráulica

La red hidráulica se compone por dos elementos:

Tramos: Son los ductos de tubería cuyos extremos corresponden a nodos terminales, nodos con accesorio o nodos tipo bosquejo hidráulico.

Figura 30. Código tipo de la Red sanitaria.

Lote		Malla		Consecutivo		
0	1	0	1	0	0	1

Tabla 11. Atributos de la red Hidráulica

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI _ RHID	Texto (4)	Identificador
MATE _ RHID	Texto (10)	Material del tubo de la red.

		Ejemplo: PVC, Gres.
DIAM _ RHID	Número real (2,2)	Diámetro en pulgadas del tubo. Ejemplo: 10,25.
LONG _ RHID	Número real (2,1)	Longitud en metros del tubo con un decimal de precisión. Ejemplo: 30,2.

Accesorios: Incluye todos los elementos de empalme: Válvula, tee, yee, codos, reducciones y elementos de servicio hidrante, macromedidor y grifos instalados en la red Hidráulica Principal del campus central de la UIS.

Tabla 12. Atributos de los accesorios de Accesorios

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI _ ACCE	Texto (5)	Identificador
TIAC _ ACCE	Texto (30)	Tipo de accesorio. Válvula, tee, yee, codo, hidrante, macromedidor, reducción, grifo.
DIAM _ ACCE	Número real (2,2)	Diámetro en pulgadas. Ejemplo: 2.
MATE _ ACCE	Número real (2,1)	Material del Accesorio Ejemplo: PVC, Gres.

2.6.9 Objetos tipo red Sanitaria

Esta red se basa en el mismo principio de la red hidráulica, sin embargo, todos los nodos de la red corresponden a un pozo hidráulico, simplificando la cantidad de objetos en el SIG-UIS.

2.6.9.1 Atributos de la Red sanitaria

La red sanitaria se definió mediante 2 topologías. La primera topología es de red e incluye los colectores, cuyos extremos son los pozos de alcantarillado. La segunda topología es de punto, conteniendo la información de los pozos de alcantarillado.

Adicionalmente, se creó una topología de puntos representando los sumideros de aguas lluvias del campus.

Observando que los pozos de alcantarillado no se encuentran sobre calles y carreras propiamente identificadas (excepto la avenida Julio Álvarez Cerón –JAC-) o que se encuentran sobre zonas verdes y peatonales, se ideó una codificación que se puede escribir de manera similar a las calles y carreras (como indica la CDMB), pero que identifican “ramas” y “consecutivos”.

Las ramas se definieron de acuerdo con la dirección de flujo de la red de alcantarillado, como lo muestra la figura:

Figura 31. División en ramas para codificación de la red Sanitaria.

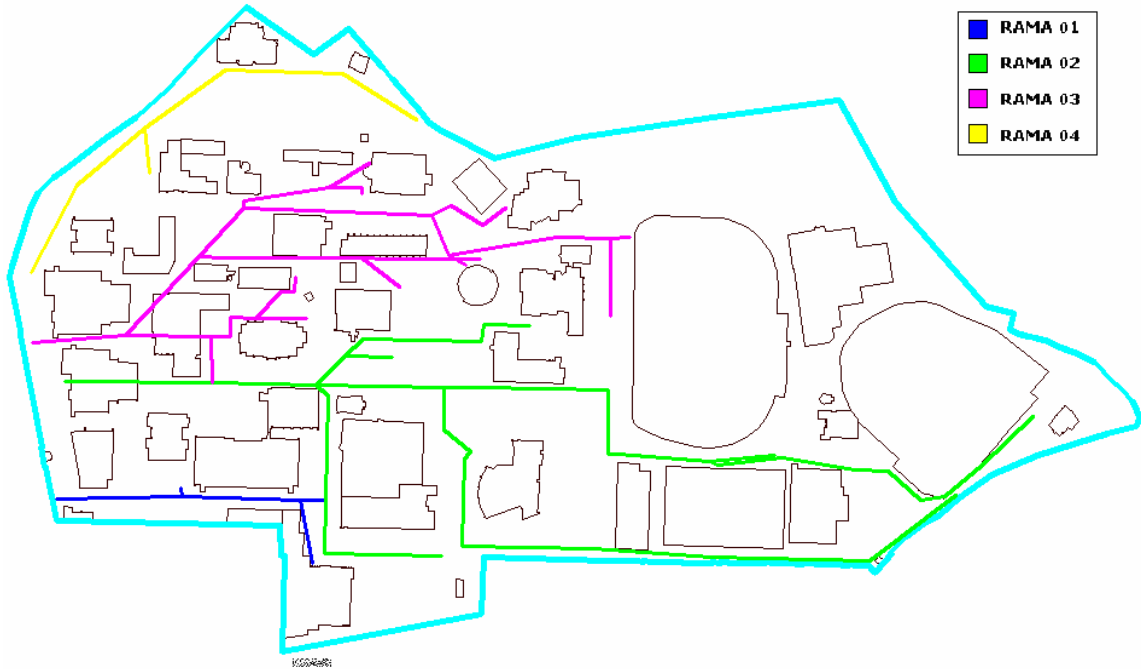


Figura 32. Código tipo de la Red sanitaria.

Lote		Rama		Pozo inicio		Pozo final	
0	1	0	2	0	5	0	7

Tabla 13. Atributos de la Red sanitaria.

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI_RSAN	Texto	Código. 6 números que indican la sede, la rama de flujo y el consecutivo del colector.
DIAM_RSAN	Número entero	Diámetro interno del colector. Se

		escribe en pulgadas.
COBAI_RSAN	Número real	Cota batea inicio. Es la cota del colector en el extremo inicial de flujo.
COBAF_RSAN	Número real	Cota batea final. Es la cota del colector en el extremo final de flujo.
MAT_RSAN	texto	Material tubería. Gres, PVC, Concreto.
PROF_RSAN	Número real	Profundidad promedio. Es la profundidad media a la que se encuentra la clave de la tubería.
DECO_RSAN	Número entero	Década en que fue instalado el colector.
LONG_RSAN	Número real	Longitud. Longitud horizontal de la tubería, descontando el ancho de los pozos.

Figura 33. Tipos de cotas en tuberías de red sanitaria.¹⁴

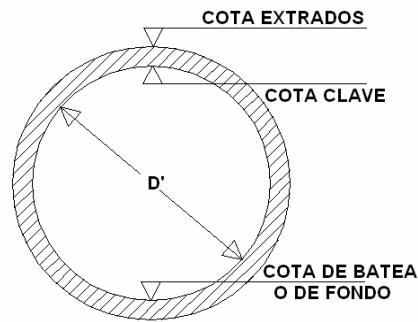
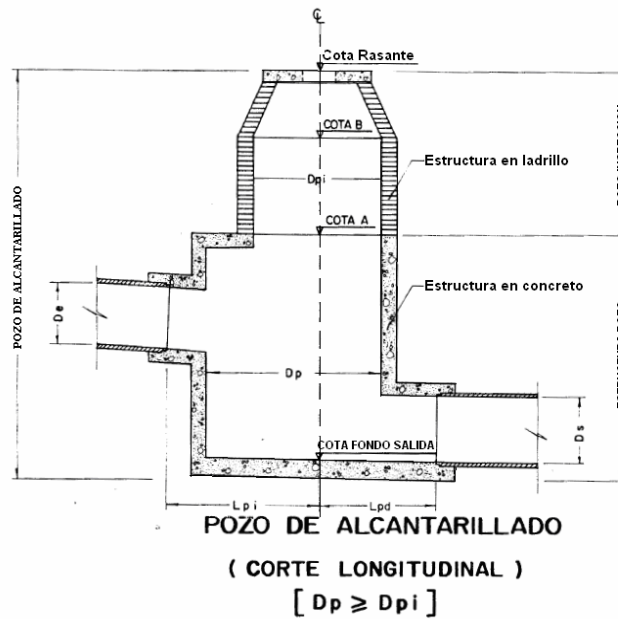


Figura 34. Código tipo de los nodos Pozo de alcantarillado.

Lote		Tipo	Rama			Consecutivo	
0	1	P	0	1	-	0	7

Figura 35. Convenciones de pozos.¹⁵



¹⁴ CDMB, Normas Técnicas para diseño de Alcantarillado, Bucaramanga 1984.

¹⁵ Ibid.

Tabla 14. Atributos de los nodos Pozo alcantarillado.

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI_POZO	Texto	Código. Se codifica tomando como calles las ramas definidas y como carreras el consecutivo del pozo.
CORA_POZO	Número real	Cota rasante. Es la cota en al nivel de la tapa del pozo.
CONO_POZO	Lógico	Cono. Define la existencia o no del cono de reducción en el pozo de acceso.
PROF_POZO	Número real	Profundidad del pozo. Altura medida desde el borde de la tapa hasta el fondo del pozo.
PRFA_POZO	Número real	Profundidad al ladrillo. Altura medida desde el borde de la tapa hasta donde termina la estructura de ladrillo, o la diferencia entre cota A y cota rasante en la figura 32.
DIAM_POZO	Número real	Diámetro pozo en planta, o D_p en la figura 32.
ESTC_POZO	Lógico	Estructura Caída. Valor SI o NO. Cuando uno o varios colectores

		descargan al pozo con flujo supercrítico y se construyen estructuras de caída.
COLL_POZO	Texto	Nombra los códigos de los colectores que llegan a la estructura del pozo.
COSA_POZO	Texto	Nombra el código del colector que sale de la estructura del pozo.
SUAP_POZO	Texto	Nombra los códigos de los sumideros que llegan a la estructura del pozo.
TAPA_POZO	Texto	Especifica el material de la tapa de la cámara de inspección.

Figura 36. Código tipo de los nodos Sumidero.

Lote		Tipo	Consecutivo			
0	1	S	-	0	0	7

Tabla 15. Atributos del nodo Sumidero.

Nombre Campo	Valor	Descripción
CODI_SUMI	Texto	Código. Se codifica especificando el tipo de nodo (S) y agregando el consecutivo del

		sumidero.
TIPO_SUMI	Texto	Tipo sumidero. Sumidero de fondo, lateral, mixto o transversal.
MARE_SUMI	Texto	Material rejilla. Fundición de hierro, concreto, barras de acero.
DIRE_SUMI	Texto	Dimensiones rejilla. Dimensiones largo por ancho de la(s) rejilla.
GEOB_SUMI	Texto	Geometría de objetos. Describe las dimensiones largo x ancho en cm, del objeto que cabe por la rejilla.
SELL_SUMI	Lógico	Sello hidráulico. SI o NO. Dispositivo contra fuga de gases.
MATU_SUMI	Texto	Material tubería. Gres, PVC, concreto.
DITU_SUMI	Número	Diámetro tubería. Diámetro interno en pulgadas o convertido a pulgadas si es el caso.
DERD_SUMI	Lógico	¿Desemboca en la Red?. Si, cuando desemboca en un pozo de alcantarillado DIRECTA o INDIRECTAMENTE. No, en caso de desembocar fuera de la red

LOTU_SUMI	Número real	Longitud tubería. Longitud horizontal del tramo.
DECO_SUMI	Texto	Década de construcción del sumidero. Ejemplo: 1970's
CORA_SUMI	Número	Cota Rasante del sumidero, referenciada a los puntos SIG-UIS 1 Y 2. Ejemplo: 975.132

3. INFORME DE DIFERENCIAS ENCONTRADAS

Al terminar la etapa de verificación en campo de la cartografía antigua, se concluyó que debía realizarse un estudio planimétrico total al campus central, ya que las poligonales y puntos de referencias encontrados en los planos de archivo no contaban con puntos materializados en campo. Lo más probable es que fueran puntos materializados con estacas de madera o puntos de referencia pintados sobre el suelo, que se pudieron borrar con el tiempo, haciendo imposible el empalme de la información con los puntos SIG-UIS1 y SIG-UIS2.

Además de lo anterior, la planimetría anterior del campus central no se pudo utilizar porque el plano digital antiguo tampoco ofrecía una ubicación cartográfica precisa con respecto a las coordenadas de la red cartesiana del IGAC, puesto que fue escalado en 100 veces con respecto a un punto del cual no se tiene conocimiento. Normalmente, una unidad de medida del plano digital se asume como 1 metro; sin embargo, para el plano antiguo escalado, 1 metro significaba tener una línea de 100 unidades de medida digital.

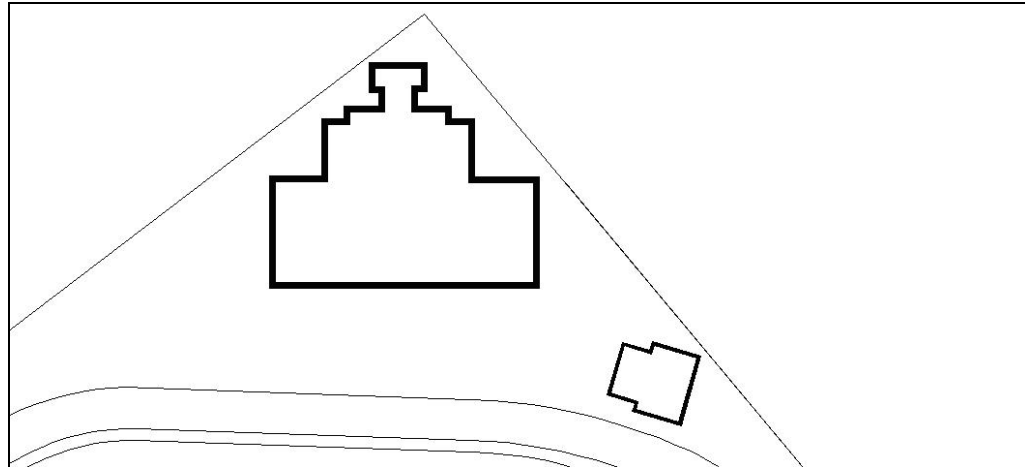
Se intentó probar si la información cartográfica del campus central podría tener alguna aplicación, ya que a pesar de estar desubicada en el plano coordenado, transportando los polígonos en pequeños bloques, buscando que las diferencias dimensionales no sobrepasaran la tolerancia de 10 cm especificada. El intento fue fallido, puesto que la diferencia promedio al comparar medidas de objetos estaba en 20 centímetros, con las clarísimas diferencias en la ubicación de los edificios nuevos CENIVAM, Álvaro Beltrán Pinzón, CENTIC y salas contiguas al Auditorio Luis A. Calvo.

Observando que no era posible utilizar la información cartográfica antigua con fines de precisión, se utilizó a manera de referencia para digitalizar la información, como se describió en el capítulo anterior. Más allá de este fin la información antigua quedó obsoleta.

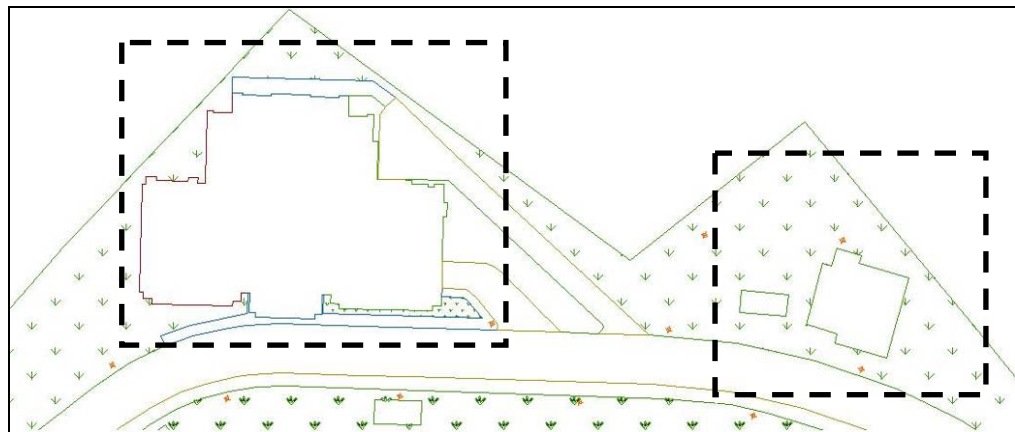
Al terminarse la toma de datos y digitalización de la información cartográfica actual, se construyó este informe con imágenes, mostrando las diferencias entre la información actual y la antigua (imagen en color rojo y azul respectivamente). Téngase en cuenta que la dirección norte es hacia la parte superior de la hoja y que la imagen se referencia de acuerdo a edificios que permitan ubicar con facilidad al lector. Debido a la magnitud de área del campus central, las demás diferencias, se ven demasiado pequeñas para identificarse claramente en el tamaño de imagen que permite el documento:

Figura 37. Diferencias en edificio Álvaro Beltrán Pinzón.

ANTES



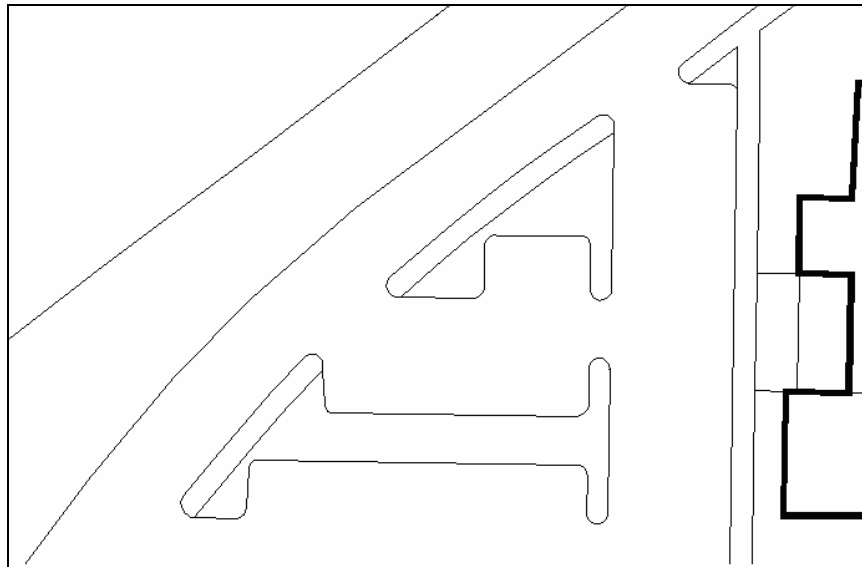
DESPUÉS



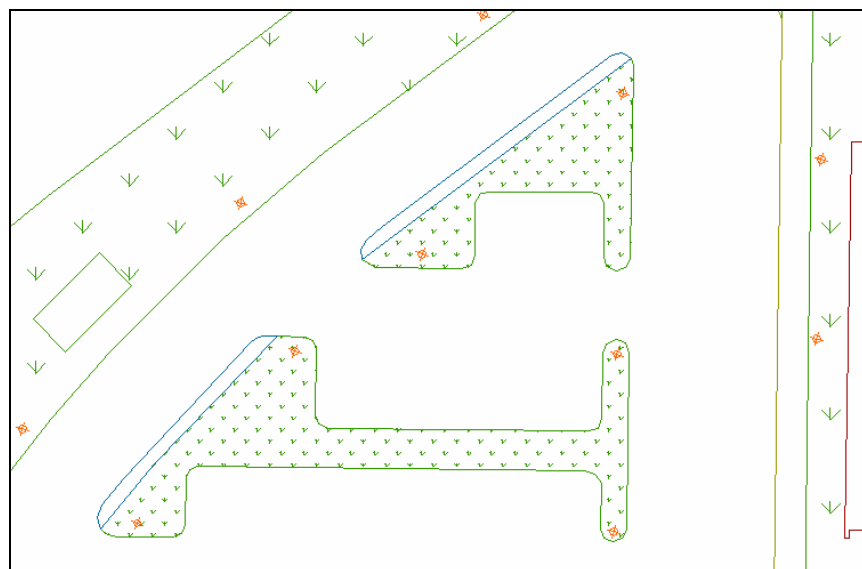
Esta figura describe las diferencias arquitectónicas y de localización del edificio Álvaro Beltrán Pinzón y el Invernadero. La construcción de este edificio implicó la creación de vías de acceso y cambio en el urbanismo de la zona de emplazamiento. Además se observa la inclusión de los módulos de estudio recientemente construidos.

Figura 38. Diferencias en edificio Daniel Casas (música).

ANTES



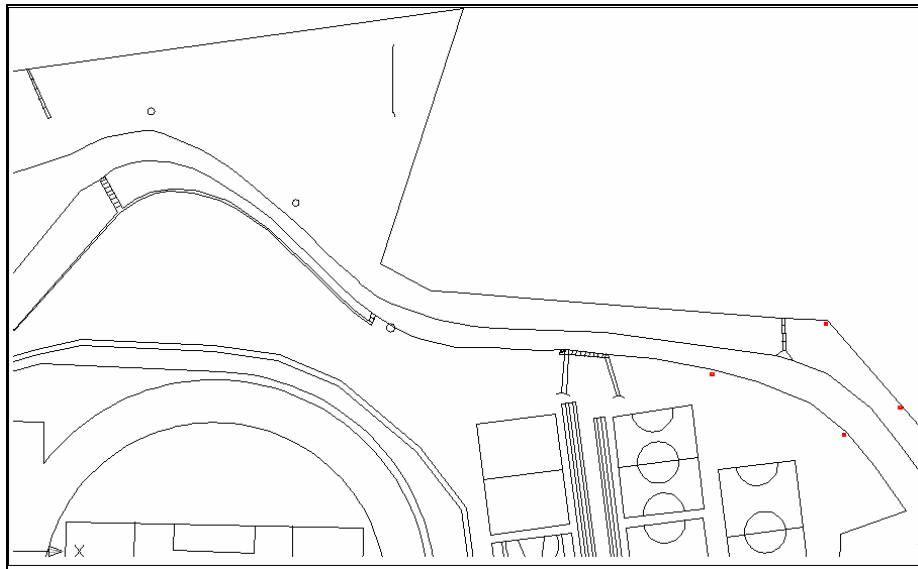
DESPUÉS



La figura anterior describe el cambio en la bahía sur del parqueadero, así como la inclusión de módulos de estudio.

Figura 39. Diferencias en Escenarios Deportivos.

ANTES



DESPUÉS

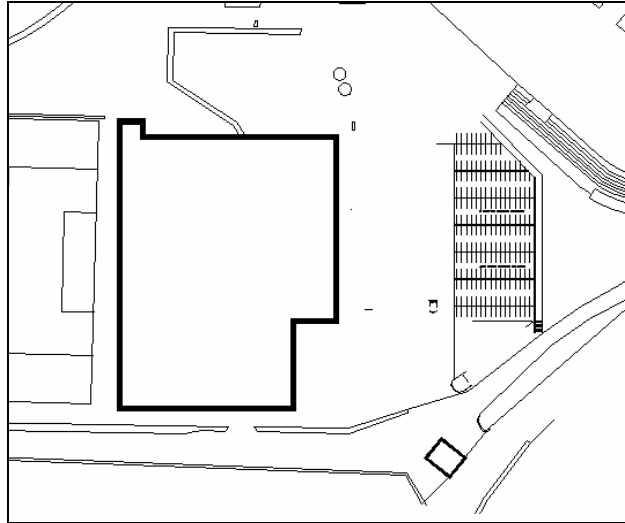


La figura anterior describe en la parte superior las diferencias en la forma de la vía vehicular, con un excesivo adelgazamiento en una de las curvas. Se observa el

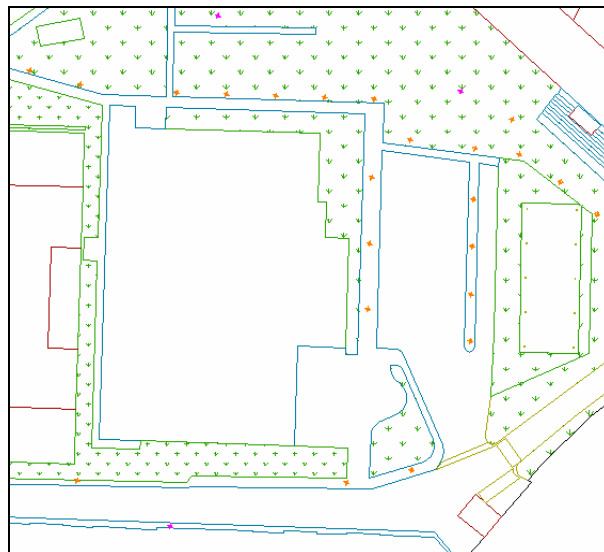
cambio en el cerramiento perimetral hacia el norte por adquisición del predio contiguo y la incorrecta ubicación del edificio CENIVAM.

Figura 40. Diferencias en el Coliseo Deportivo.

ANTES



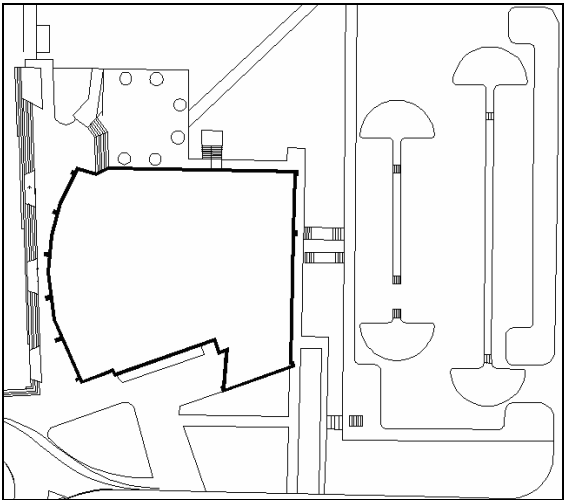
DESPUÉS



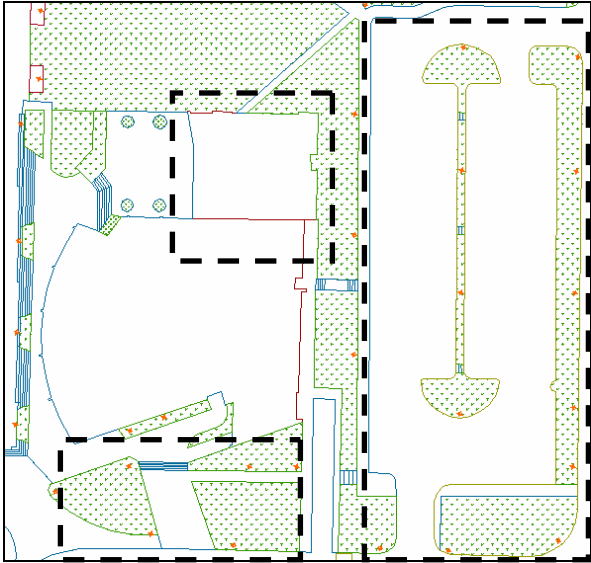
La figura anterior muestra la mala ubicación del coliseo, la adición de caminos peatonales, el nuevo parqueadero vehicular, parqueadero para motos y la diferencia en la vía vehicular que viene desde el costado norte, así como un detalle real del muro de cerramiento que separa la zona universitaria del Colegio Tecnológico.

Figura 41. Diferencias en auditorio Luis A. Calvo.

ANTES



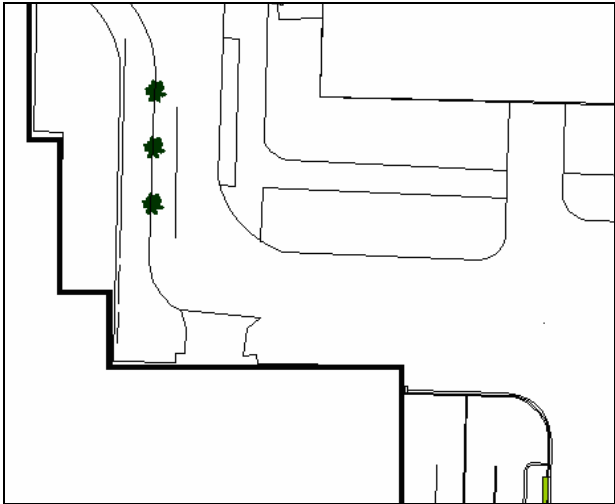
DESPUÉS



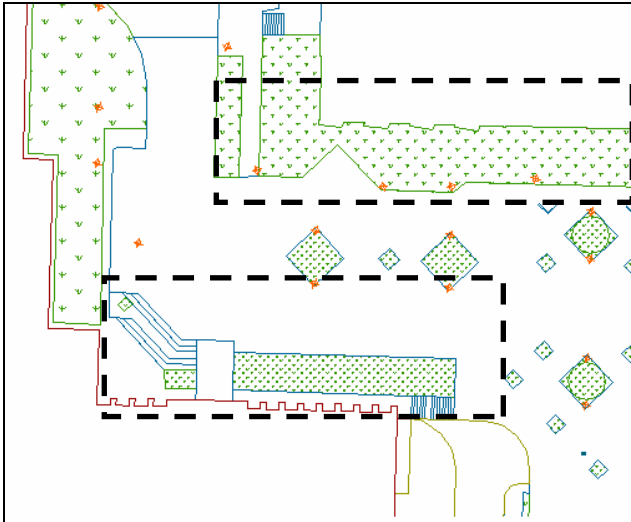
La figura anterior muestra la adición de las salas contiguas al auditorio, la modificación a la forma del parqueadero y la mejora en el trazo de caminos peatonales.

Figura 42. Diferencias en la plazoleta UIS.

ANTES



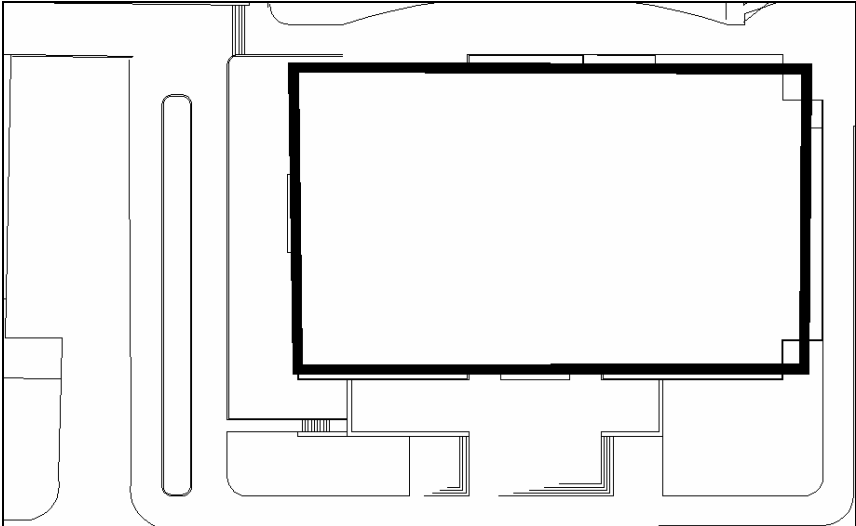
DESPUÉS



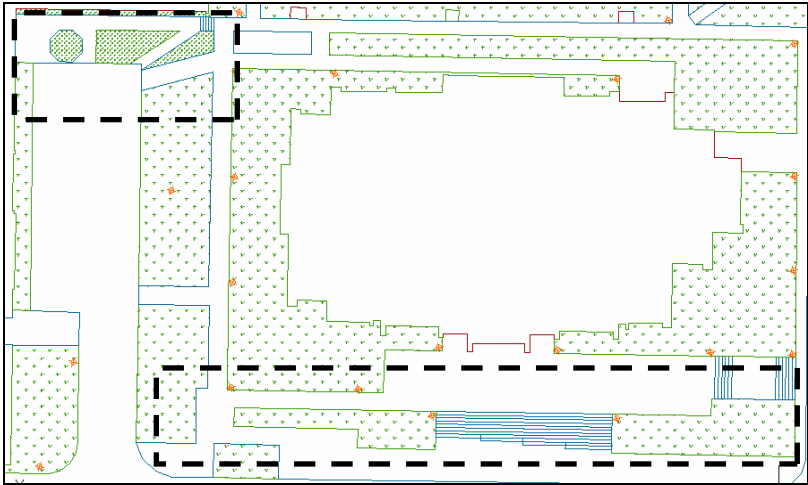
La figura anterior muestra el cambio en la ubicación del edificio de Humanidades, la actualización de la arquitectura de la plazoleta y de la portería de la carrera 27.

Figura 43. Diferencias en edificio CENTIC

ANTES



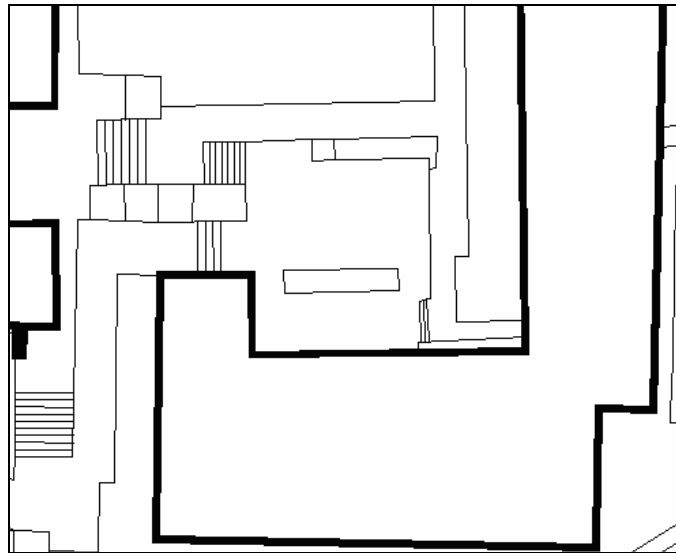
DESPUÉS



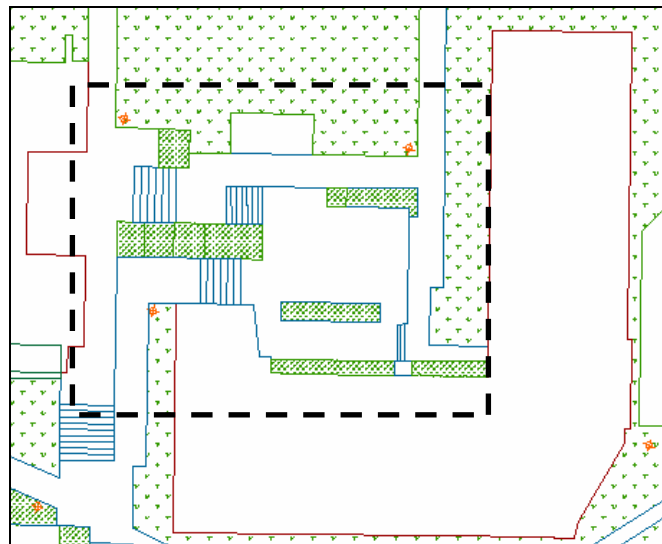
En la figura anterior se observa el cambio en la planta del edificio CENTIC y en los caminos peatonales adyacentes

Figura 44. Diferencias en edificio de Investigaciones

ANTES



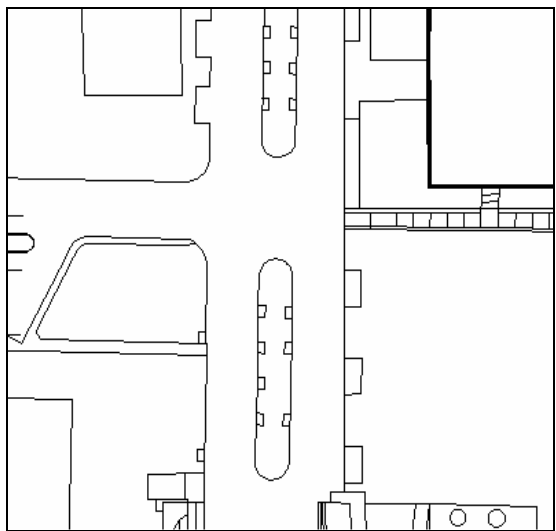
DESPUÉS



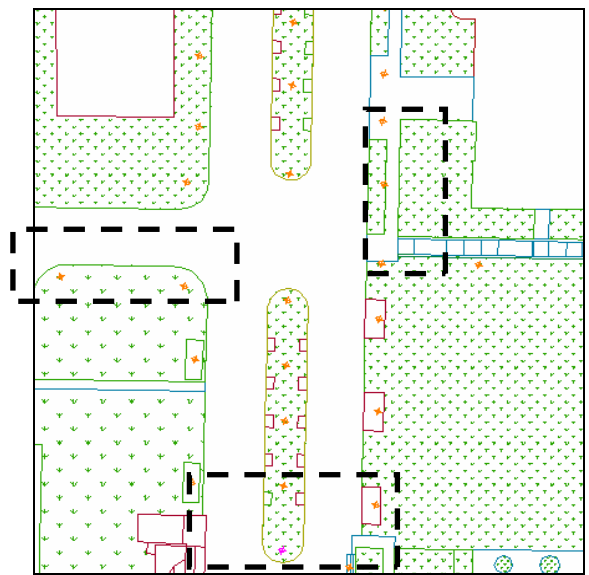
En la figura anterior se observa que el edificio de Investigaciones es demasiado deforme, producto de un mal manejo digital del polígono. Lo mismo ocurre con el urbanismo cercano.

Figura 45. Diferencias en Plazoleta Luis A. Calvo.

ANTES



DESPUÉS



La jardinera señalada aparece más corta (4 metros) en la cartografía antigua. Mejoras en la planimetría de los caminos peatonales.

Como pudo observarse, la cartografía antigua del Campus Central contiene numerosas inconsistencias (por forma o ubicación) con respecto a la información actual, entre los posibles motivos de la presencia de estos errores están:

- Cambio de los puntos de referencia de la topografía actual (puntos geodésicos actuales SIG-UIS1 y SIG-UIS2 en la cancha 1º de Marzo).
- Modificaciones físicas al Campus entre la fecha de levantamiento antigua y la fecha nueva (entre 1991-aproximado- y 2007).
- Que el plano utilizado para digitalizar los objetos tenía una escala muy pequeña (escala 1:1250).
- Confusión de cartografía por exceso de planos alternos del campus, con modificaciones diferentes en cada uno de ellos. Es un caso muy frecuente en la época actual; al modificarse un plano digital, se guardan varias versiones del mismo hasta el punto de fraccionar la información real en diferentes planos. Por tanto, la unión de todos los planos alternos forman el plano real. Esto causa objetos repetidos al unir planos, objetos deformes, objetos en capas diferentes, que inspiran desorden e incluso desconfianza de la información.

4. MANUAL DE ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y ALFA-NUMÉRICA DEL SIG-UIS.

4.1. OBJETIVOS

4.1.1 Objetivo General

Definir un procedimiento de actualización de la información gráfica y alfa-numérica de los edificios, zonas viales, zonas peatonales, urbanismo, zonas verdes, red sanitaria y red hidráulica de los objetos pertenecientes al campus central de la UIS, sirviendo como guía para la ampliación de la cobertura a los demás predios.

4.1.2 Objetivos específicos

- Realizar el diagrama de procesos para la “Actualización de la información gráfica y alfa-numérica del SIG-UIS” describiendo el procedimiento técnico de los estudios topográficos a realizarse en la actualización de información cartográfica de los objetos mencionados, indicando la metodología y la instrumentación necesaria de acuerdo con la escala de manejo de planos y los atributos definidos por el SIG-UIS.
- Crear y constituir las funciones de la Brigada SIG-UIS para actualización, proposición de cobertura y montaje de información del SIG-UIS.

- Establecer un procedimiento técnico estandarizado para la identificación de cambios físicos de los objetos del SIG-UIS, que permita notificar a la oficina de Planeación sobre los cambios para realizar en base a éstos los demás procedimientos de levantamiento y trabajo de oficina.
- Establecer los lineamientos para llevar la información recopilada desde el formato análogo hasta el digital, para obtener los archivos de soporte secundario en el software apropiado de los datos gráficos y alfa-numéricos, así como su empalme para formar el archivo *shape* de soporte primario para el SIG-UIS.

4.2. Resumen

A través del desarrollo del proyecto, se pudo constatar que el campus central de la UIS, constantemente sufre cambios físicos que deben ser comparados con la información que maneja el SIG-UIS para determinar si alguno de los datos de información cartográfica o alfa-numérica debe ser actualizado; por tal motivo, es necesario crear un procedimiento formal y estandarizado, que permita la actualización de la información del campus central, constituyendo la brigada de actualización que mantenga el SIG-UIS en óptimas condiciones para resolver las consultas realizadas por el usuario.

El objetivo principal de la brigada SIG-UIS es la actualización de la información existente, así como la investigación, proposición y montaje de información sobre nuevos atributos u objetos que mejoren la capacidad de respuesta del SIG. Con la brigada no se pretende crear cargos específicos para su funcionamiento, sino proponer funciones para el personal a cargo de la actualización, en todos los sub-procesos que contiene.

El procedimiento, ejercido por la brigada, realiza la inspección, identificación, levantamiento, digitalización o modificación de objetos, creación o modificación de topologías, creación de shapes, creación o modificación de bases de datos, utilizando como pauta el MANUAL DE ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y ALFA-NUMÉRICA DEL SIG-UIS.

Personal de la brigada se encargará de manejar la cartografía actual en búsqueda de los nuevos cambios que deben registrarse.

El manual, se realizó de tal manera que signifique una ventaja al tener un procedimiento eficaz para la actualización de información, propendiendo por la mejoría e inclusión de nuevas pautas de elementos que aún no se han incluido en el SIG-UIS, de fácil divulgación y de fácil entendimiento, buscando ser un medio de consulta más que un objetivo por lograr.

Además del manual, se aportan elementos básicos en su presentación:

- Manual (formato análogo y digital)
- Cartografía de los distintos objetos (digital)
- Diagrama de procesos (análogo y digital)
- Formatos de estandarización de procesos (digital)

Los formatos se idearon como herramienta de fácil diligenciamiento, buscando la actualización permanente de la información del SIG-UIS, mostrando al usuario preguntas de fácil comprensión. En búsqueda del uso de la tecnología digital para la intercomunicación escrita de las dependencias de la UIS, los formatos se

dejarán en archivos *.xls, esperando su implementación por medio de un módulo especial de la interfaz del SIG-UIS.

El libro del manual, contiene los procedimientos y las instrucciones de uso de los planos cartográficos y de los formatos de actualización.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

✓ Planeación de la Universidad Industrial de Santander ha avanzado en el estudio, desarrollo e implementación del SIG-UIS, así como en el fortalecimiento institucional para implementarlo y mantenerlo. Sin embargo, se requiere una efectiva coordinación entre las diferentes unidades académicas administrativas, Planta Física, así como entre los demás entes que harán uso de la información del SIG-UIS, que permita adoptar decisiones oportunas y con respaldo técnico, en beneficio del desarrollo de proyectos de mejoramiento del campus central, mejoramiento del sistema y mantenimiento de la calidad de la información que presenta.

✓ El análisis e identificación de los diferentes tipos de materiales que componen los polígonos de área del campus central, será de gran ayuda en la ampliación y creación de análisis de precios y demás implicaciones físicas cuando se quiera realizar proyectos que requieran intervenir la planta física de la universidad.

✓ El conocimiento preciso y actualizado de la ubicación de las redes de servicios permitirá realizar trabajos de una manera más precisa disminuyendo en gran proporción la probabilidad de romper alguno de sus ductos cuando se realicen obras que impliquen excavaciones para instalación de nuevos tramos o para el desarrollo de construcciones nuevas.

✓ Como un resultado importante del proyecto se logra compilar toda la información existente de la red de alcantarillado, la cual se encontraba dispersa y sin control en planos análogos y digitales, dando pie al desconocimiento en la cantidad, ubicación y características de los pozos y ductos existentes puesto que

muchos de los que se encontraban registrados estaban proyectados para su desarrollo a largo plazo pero nunca se construyeron y otros tantos construidos actualmente se encuentran bloqueados y fuera de servicio.

✓ Las modificaciones que se realizaron en las bases de datos de acueducto y alcantarillado, llevadas a cabo con la colaboración de Ingenieros especialistas en la materia permitirán a los usuarios del SIG-UIS interesados en estas redes, realizar consultas más precisas y avanzadas.

✓ Se pudo constatar que el acceso a los diferentes edificios y sectores de la universidad por parte de personas discapacitadas que usan silla de ruedas, se ve impedido en todos los casos porque los caminos peatonales no cumplen las actuales normas de diseño urbanístico para tal fin. Se exceptúan, los caminos de acceso al auditorio Luis A. Calvo, el CENTIC y Biblioteca Central. Así mismo, existen caminos peatonales cuyos materiales (losas prefabricadas de concreto) identificados en el la topología de Vías Pevtonales contribuyen al riesgo de accidentes para las personas invidentes e incluso para las personas sin discapacidades físicas que transitan diariamente por estos.

✓ Se recomienda como un trabajo posterior para ampliar la cobertura del SIG-UIS, generar dos topologías de red sobre las vías peatonales. La primera, utilizando como valor de resistencia la longitud de los objetos, para planificar la construcción de nuevos caminos al crear rutas mínimas de interconexión entre los edificios del campus. La segunda, utilizando como resistencia el tiempo de recorrido de acuerdo con un estudio de tiempos de ruta, que junto con los resultados del análisis de la primera, permitirán re-diseñar anchos y materiales de los caminos que prestan un servicio deficiente. Los estudios que se generen a partir de esta información servirán de apoyo para la realización de las modificaciones recomendadas.

✓ La creación, difusión y actualización del MANUAL DE ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y ALFA-NUMÉRICA DEL SIG-UIS,

contribuirá notablemente en el mantenimiento de la información de los objetos que conforman el plano general del campus central, brindando procesos estándar que mantendrán la calidad de las mediciones futuras.

✓ Una de las principales dificultades encontradas durante la realización del proyecto fue el alto grado de desactualización de la información. Se recomienda crear un ciclo de actualización a intervalos definidos teniendo como criterio de prioridad la relevancia de las modificaciones físicas que se presenten en el futuro.

✓ Se recomienda localizar puntos de referencia permanente en el costado ESTE (2 para el edificio CENIVAM) y en el costado Oeste (2 en la Portería carrera 25), estos puntos disminuirán considerablemente la extensión de las poligonales de amarre generadas por la lejanía y diferencia de nivel que existe con respecto a los puntos SIG-UIS 1 y 2, haciendo mas dinámico, fácil, rápido y por consiguiente mas económico el proceso de captura de la información de campo, puesto que las comisiones de topografía realizan el cobro por unidad de tiempo y no por cantidad de puntos.

✓ Se sugiere apoyarse en estudiantes de Ingeniería Civil que estén cursando la materia de Topografía, para que las prácticas de estudio planimétrico con detalles y la altimetría, las realicen sobre los objetos del campus central y posteriormente, los planos que se consideren correctamente levantados, se envíen a Planeación pudiendo ser de gran ayuda para la actualización de la información espacial. Actualmente durante el desarrollo de la práctica se realiza el levantamiento de sectores del campus central pero desafortunadamente esta información no es socializada. Así, disminuirían los costos de levantamiento, pudiendo beneficiar tanto a los estudiantes, para motivarlos a realizar un correcto levantamiento, como al laboratorio de Topografía de la Escuela de Ingeniería Civil por la auditoría sobre el mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CAMARGO MANTILLA, Carlos y GÓMEZ, Laura. Diseño e Implementación de un Prototipo de Sistema de Información Geográfica Bajo Ambiente Web para la Gestión de los Recursos Físicos y Técnicos de la Sede UIS Barrancabermeja. Monografía de Grado (Especialista en Sistemas de Información Geográfica). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Barrancabermeja, 2004.
- [2] CAMARGO MANTILLA, Carlos. Avalúo de Inmuebles UIS. Área Metropolitana de Bucaramanga. Bucaramanga, 2005.
- [3] CAMARGO TABARES, Renzo y RODRÍGUEZ ARDILA, José. Diseño e implementación para un prototipo de Sistema de Información Geográfica bajo ambiente Web, para los recursos físicos y técnicos de la seccional Socorro de la Universidad Industrial de Santander. Trabajo de Grado (Ingeniero Civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Bucaramanga, 2004.
- [4] DUARTE BALAGUERA, Bernardino, PINEDA LÓPEZ, Darwing, DÍAZ SOLANO, Jairo. Manual para la normalización y estandarización de la cartografía digital de la UIS. Trabajo de Grado (Ingeniero Civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Bucaramanga, 2006.

- [5] GÓMEZ GÓMEZ, Jorge Hernando. Sistemas de Información Geográfica. Publicaciones UIS. Escuela de Ingeniería Civil. Bucaramanga, 2005.
- [6] BANNISTER, A. Técnicas modernas en Topografía. Alfaomega. México. 2001.
- [7] WOLF /GHILANY. Elementary Surveying, an introduction to geomatics. . 2002.
- [8] AUTODESK ®. AutoCAD map 3D 2006 help manual. 2006.
- [9] WOLF / BRINKER. Topografía. Alfaomega. 1994.
- [10] DOMÍNGUEZ GARCÍA-TEJERO, F. Topografía general y aplicada. 2002.