APOYO PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL PROYECTO TERMINAL SATÉLITE DEL NORTE ETAPA 1 – ESTACIÓN TEMPORAL, SEGÚN LAS NORMAS NS-030 Y NS-046 DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE BOGOTÁ

Yenifer Lorena Micán García
Jhon Nicolás Plazas Aranguren

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS
FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
BOGOTÁ D.C.
2021

APOYO PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL PROYECTO TERMINAL SATÉLITE DEL NORTE ETAPA 1 – ESTACIÓN TEMPORAL, SEGÚN LAS NORMAS NS-030 Y NS-046 DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE BOGOTÁ

Yenifer Lorena Micán García

CODIGO: 20172732005

Jhon Nicolás Plazas Aranguren

CODIGO: 20172732014

Proyecto de Grado para optar al título de Ingeniero (a) topográfico (a)

Director Interno:

M. Sc ROBINSON QUINTANA PUENTES

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA

BOGOTÁ D.C.

2021

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 6
2. OBJETIVOS 8
2.1 OBJETIVO GENERAL 8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
3. METODOLOGÍA 9
3.1 PROCESAMIENTO GNSS 10
3.2 NIVELACIÓN GEOMÉTRICA 19
3.2 CATASTRO DE REDES 25
3.4 CÁLCULO DE COORDENADAS DE DETALLES 28
3.5 ELABORACIÓN DE PLANOS RECORD 31
3.6 BASE DE DATOS GEOGRÁFICA 33
4 RESULTADOS 38
5 RECOMENDACIONES 48
6 CONCLUSIONES. 49
7 GLOSARIO 50
8 REFERENCIAS 52

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: *Localización general del proyecto*.....9
Figura 2: *Esquema de posicionamiento estático diferencial*.....10
Figura 3: *Distancia a base de rastreo más lejana*.....11
Figura 4: *Fotografía posicionamiento GPS-1 de proyecto Terminal Norte* 13
Figura 5: *Fotografía posicionamiento GPS-2 de proyecto Terminal Norte* 13
Figura 6: *Coordenadas semanales* 15
Figura 7: *Esquema de ajuste de vectores* 16
Figura 8: *Cambio de época de vértice de control de proyecto Terminal Norte*.....17
Figura 9: *Formato de posicionamiento GPS de proyecto Terminal Norte – CARA A*.....18
Figura 10: *Formato de descripción del punto materializado de proyecto Terminal Norte– CARA B* 19
Figura 11: *Fotografía procedimiento nivelación de proyecto Terminal Norte*.....20
Figura 12: *Esquema de circuito de nivelación mapa satelital* 21
Figura 13: *Esquema de circuito de nivelación mapa general*.....22
Figura 14: *Formato de cartera de campo de nivelación de proyecto Terminal Norte* 23
Figura 15: *Ubicación geográfica vértice BOGOTA-1.* 24
Figura 16: *Información vértice BOGOTA-1.*.....24
Figura 17: *Anexo M-Calculo de nivelación de proyecto Terminal Norte* 25
Figura 18: *Formato de inspección de pozos norma NS-046* 27
Figura 19: *Recolección y cálculo de la información de inspección de pozos* 28
Figura 20: *Cálculo de detalles en software Topcon Link*.....30
Figura 21: *Convenciones red de acueducto* 31
Figura 22: *Convenciones red de alcantarillado pluvial*.....32
Figura 23: *Convenciones red de alcantarillado sanitario* 32
Figura 24: *Orden de datos de la red consignados en el plano*.....33
Figura 25: *Estructuras formatos SIG* 34
Figura 26: *Edición de tramos.* 35
Figura 27: *Edición de la tabla de atributos.*.....36
Figura 28: *Formato del metadato*.....37

Figura 29: *Resultados de procesamiento de líneas base*.....38
Figura 30: *Precisiones de coordenadas ajustadas*.....38
Figura 31: *Plano récord alcantarillado sanitario 1 de 2*.....40
Figura 32: *Plano récord alcantarillado sanitario 2 de 2*.....41
Figura 33: *Plano récord alcantarillado pluvial 1 de 2*.....42
Figura 34: *Plano récord alcantarillado pluvial 2 de 2*.....43
Figura 35: *Plano récord de acueducto 1 de 2*.....44
Figura 36: *Plano récord de acueducto 2 de 2*.....45
Figura 37: *Base de datos de la red de acueducto*.....46
Figura 38: *Base de datos de la red de alcantarillado pluvial*.....46
Figura 39: *Base de datos de la red de alcantarillado sanitario*.....47

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: *Tiempo de rastreo mínimo requerido para el Posicionamiento GNSS*.....11
Tabla 2: *Datos origen de partida coordenadas planas cartesianas locales*.....14
Tabla 3: *Listado de códigos de levantamiento de detalles.*.....29
Tabla 4: *Coordenadas elipsoidales época de rastreo 2020.4*.....39
Tabla 5: *Coordenadas planas cartesianas locales época de referencia 2018.0*.....39

1. INTRODUCCION

La Empresa de Acueducto de Bogotá es la entidad encargada de incorporar la información de las redes húmedas instaladas en la capital, mediante un riguroso proceso de revisión de los productos. La ausencia de los planos record y la base de datos geográfica de los proyectos desarrollados genera retrasos en la culminación de los mismos de manera legal. Adicionalmente la demanda del usuario por acceder a la información actualizada de las redes de acueducto y alcantarillado no se suple de manera satisfactoria, por ello se hace necesario la agilización y entrega de los productos de manera estandarizada conforme a lo dictado en la norma técnica de servicio NS-046, garantizando la incorporación de los proyectos construidos y el intercambio de información de manera oportuna.

Con la elaboración de los planos record se dispondrá de la información topográfica documentada y actualizada, adicionalmente se incorpora en la base de datos de la Empresa de Acueducto; consignando la información geográfica en planos y en tablas que permiten caracterizar los atributos de los elementos de red como los detalles de la obra construida. De esta manera, la construcción de otros proyectos tendrá en cuenta la existencia de esta red, así como para obras de mantenimiento y/o rehabilitación.

De acuerdo con el plan de implantación de la Terminal Satélite de Transporte Interurbano de Pasajeros del Norte, en la Localidad de Usaquén, se requiere la actualización e incorporación de la etapa 1 denominada Estación Temporal, a través de los planos record de obra de las redes instaladas (Acueducto, Alcantarillado Sanitario y Pluvial), ante la Zona 1 y la Dirección Técnica y Geográfica (DITG) de la Empresa de Acueducto de Bogotá.

Siguiendo las Normas Técnicas de Servicio NS-030 y NS-046 que establecen los requerimientos técnicos básicos y las obligaciones para la ejecución adecuada de los trabajos de topografía y los requisitos para la elaboración y entrega de planos récord de obra construida de redes de acueducto y alcantarillado , aplicados para todo contrato de obra, consultoría o convenio, y que se encuentren apoyados en la red geodésica de puntos de control de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá o del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Mediante el presente informe se explica el procesamiento de toda la información topográfica capturada en campo y se consolida la estructura para la presentación del proyecto ante la entidad con el objeto de ser incorporado en la base de datos del Sistema de Información Geográfica Unificado Empresarial (SIGUE).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar los planos récord de obra y la base de datos geográfica de la infraestructura las redes de acueducto y alcantarillado pluvial y sanitario del proyecto Terminal Satélite del Norte Etapa 1- Estación Temporal, para la incorporación en el Sistema de Información Geográfica Unificado Empresarial (SIGUE) de la Empresa de Acueducto de Bogotá.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el procesamiento GNSS de dos vértices de control, dentro del sistema de referencia MAGNA SIRGAS, coordenadas planas cartesianas, origen Bogotá; con el propósito de referenciar todos los elementos de interés del proyecto.
- Calcular la nivelación geométrica de los vértices de control de acuerdo con el ítem 4.2.2. Levantamientos altimétricos de la norma NS-030.
- Clasificar y organizar la información de catastro de redes existentes en el proyecto para el respectivo cálculo de cotas, longitud y pendiente.
- Hacer el cálculo de las coordenadas de los detalles que conforman la zona intervenida, los cuales fueron levantados por metodología de radiación por ceros atrás.
- Generar los planos topográficos de obra construida de acueducto y alcantarillado y estructurar la base de datos geográfica.

3. METODOLOGÍA

El proyecto Terminal Satélite del Norte Etapa 1 – Estación Temporal se localiza en la ciudad de Bogotá, localidad Usaquén, barrio Tibabita. Contempla el procesamiento de la información recolectada en campo el mes de mayo del año 2020 y la elaboración de planos récord de acueducto y alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial del tramo comprendido sobre la calle 192 entre Autopista Norte y carrera 19.



Figura 1: *Localización general del proyecto*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

3.1 PROCESAMIENTO GNSS

Para la georreferenciación del proyecto se realiza una planeación previamente sobre imagen satelital para definir posible localización, teniendo en cuenta que el horizonte esté libre de obstáculos. De este modo aumenta la probabilidad de recepcionar mayor número de satélites y se evita las señales multicamino[1], para ello se establece la máscara de elevación[2], la cual es configurada en el procesamiento de los datos.

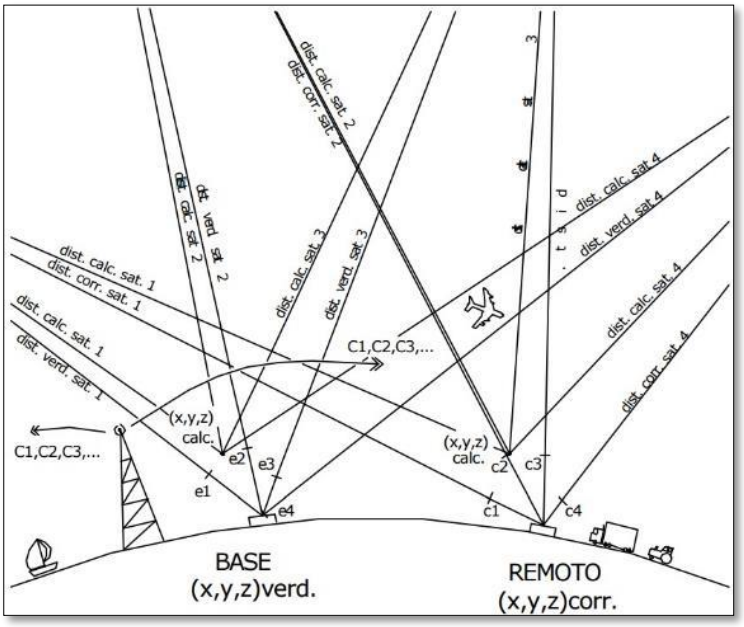


Figura 2: *Esquema de posicionamiento estático diferencial*
Fuente: (FCEIA, 2007)

Adicionalmente, se establece el tiempo de rastreo de acuerdo con las especificaciones técnicas de la empresa de acueducto de Bogotá, debido a la importancia que tiene el componente planimétrico en los levantamientos topográficos.

[1] Señal interrumpida por el choque con cualquier objeto, antes de su retorno al receptor.
[2] Ángulo de elevación a partir del horizonte, se define para evitar inconvenientes en los datos por interferencia. Se puede editar en el Postproceso.



Figura 3: *Distancia a base de rastreo más lejana*
Fuente: Google Earth

En el cálculo del posicionamiento se debe emplear un mínimo de dos estaciones permanentes de la red activa, de tal manera que se identifican respecto a la localización general del proyecto y se establece la relación en distancia con el mismo.

Tabla 1: *Tiempo de rastreo mínimo requerido para el Posicionamiento GNSS*

DISTANCIA A LA BASE DE RASTREO MÁS LEJANA (km)	TIEMPO DE RASTREO EQUIPO DE UNA FRECUENCIA (minutos)	TIEMPO DE RASTREO EQUIPO DE DOBLE FRECUENCIA (minutos)	PRECISIÓN
Hasta 5	60	60	± 1 cm ± 1 ppm
5 a 10	60	60	± 1 cm ± 1 ppm
10 a 20	N / A	120	± 1 cm ± 1 ppm

DISTANCIA A LA BASE DE RASTREO MÁS LEJANA (km)	TIEMPO DE RASTREO EQUIPO DE UNA FRECUENCIA (minutos)	TIEMPO DE RASTREO EQUIPO DE DOBLE FRECUENCIA (minutos)	PRECISIÓN
20 a 40	N / A	220	± 1 cm ± 1 ppm
40 a 60	N / A	320	± 1 cm ± 1 ppm
60 a 80	N / A	420	± 1 cm ± 1 ppm
80 a 100	N / A	520	± 1 cm ± 1 ppm
100 a 120	N / A	620	± 1 cm ± 1 ppm
120 a 150	N / A	770	± 1 cm ± 1 ppm

Fuente: (SISTEC NS-030, 2018)

Para el procedimiento se emplea un receptor GNSS Trimble 5800 doble frecuencia y la distancia a la base más lejana equivale a 15 km; por tal razón, se establece un tiempo de posicionamiento de 120 minutos.

La materialización de los vértices se hizo mediante incrustación de placa de aluminio en zonas duras para garantizar su durabilidad, grabados con: Guía para el centrado y armado instrumental, año de levantamiento, nombre del proyecto, nomenclatura del punto y con una distancia entre ellos superior a 100m.



Figura 4: *Fotografía posicionamiento GPS-1 de proyecto Terminal Norte*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

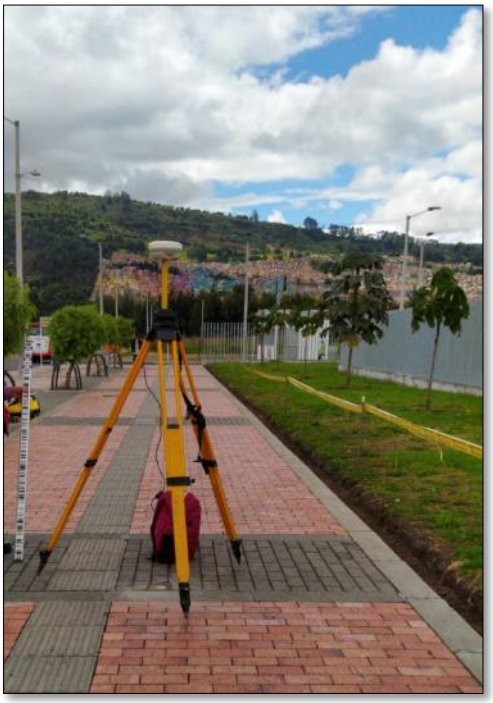


Figura 5: *Fotografía posicionamiento GPS-2 de proyecto Terminal Norte*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

Posterior al reconocimiento y a la incrustación de las placas de aluminio se realiza un posicionamiento estático diferencial[3], mediante el sistema de referencia MAGNA SIRGAS (densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas), en coordenadas planas cartesianas locales con origen de partida en la ciudad de Bogotá.

Tabla 2: *Datos origen de partida coordenadas planas cartesianas locales*

Origen BOGOTÁ D.C - 2011	
Latitud Origen	04°40'49.75" N
Longitud Origen	74°08'47.73" W
Falso Norte (m)	109320.965
Falso Este (m)	92334.879
Plano de Proyección (m)	2550

Fuente: (GIT Geodesia-IGAC, 2020)

Una vez realizados los procedimientos de campo se descargan los datos crudos de extensión t02, propios del equipo GNSS Trimble y se hace la respectiva conversión a formato universal Rinex. A partir de software especializado se procesan los datos convertidos en formato Rinex junto con los de la estación activa ABCC, y ABPW, pertenecientes a la Red MAGNA ECO. Se importan efemérides[4], se realiza la corrección de los parámetros de las antenas, se configura la máscara de elevación , se realiza la corrección de coordenadas de las bases y el nivel de confianza del procesamiento.

[3] se caracteriza por la recepción simultánea de todos los satélites disponibles en dos o más puntos de manera fija, se emplea para garantizar altas precisiones en longitudes extensas respecto a la base

[4] Conjunto de parámetros numéricos que describen las posiciones **precisas** de los satélites en función del tiempo.

IBG SOLUTION ALIGNED TO IGS14 - FINAL COMBINATION - WEEK 2100 11-MAY-20 20

LOCAL GEODETIC DATUM: IGS14 EPOCH: 2020-04-08 12:00:00

NUM	STATION NAME	X (M)	Y (M)	Z (M)	FLAG
1	AACR 40612M001	644009.05725	-6251064.25395	1093780.95519	A
3	ABCC 41939M001	1739437.98794	-6117252.44367	515065.11104	A
4	ABMF 97103M001	2919785.79171	-5383744.95976	1774604.86447	A
5	ABPD 41941M001	1742983.24878	-6118331.49961	494730.75541	A
7	ABPW 41940M001	1753507.20853	-6113239.04253	518210.62274	A
10	AGCA 41907M001	1782547.10104	-6054787.93371	916299.57404	A

Figura 6: *Coordenadas semanales*
Fuente: (SIRGAS, 2020)

Es necesario analizar los satélites presentes en el lapso de posicionamiento, aquellos que presentan recepción intermitente influyen en los datos finales, por lo cual se requiere suprimir dicho rastreo y tener en cuenta los datos continuos. Adicionalmente, es importante que las bases del procesamiento tengan una distribución espacial con los vértices de control, de esta manera se garantiza una óptima triangulación y por ende mejor precisión. Se procede a realizar el ajuste de la red de los dos vértices de control y las dos estaciones permanentes.

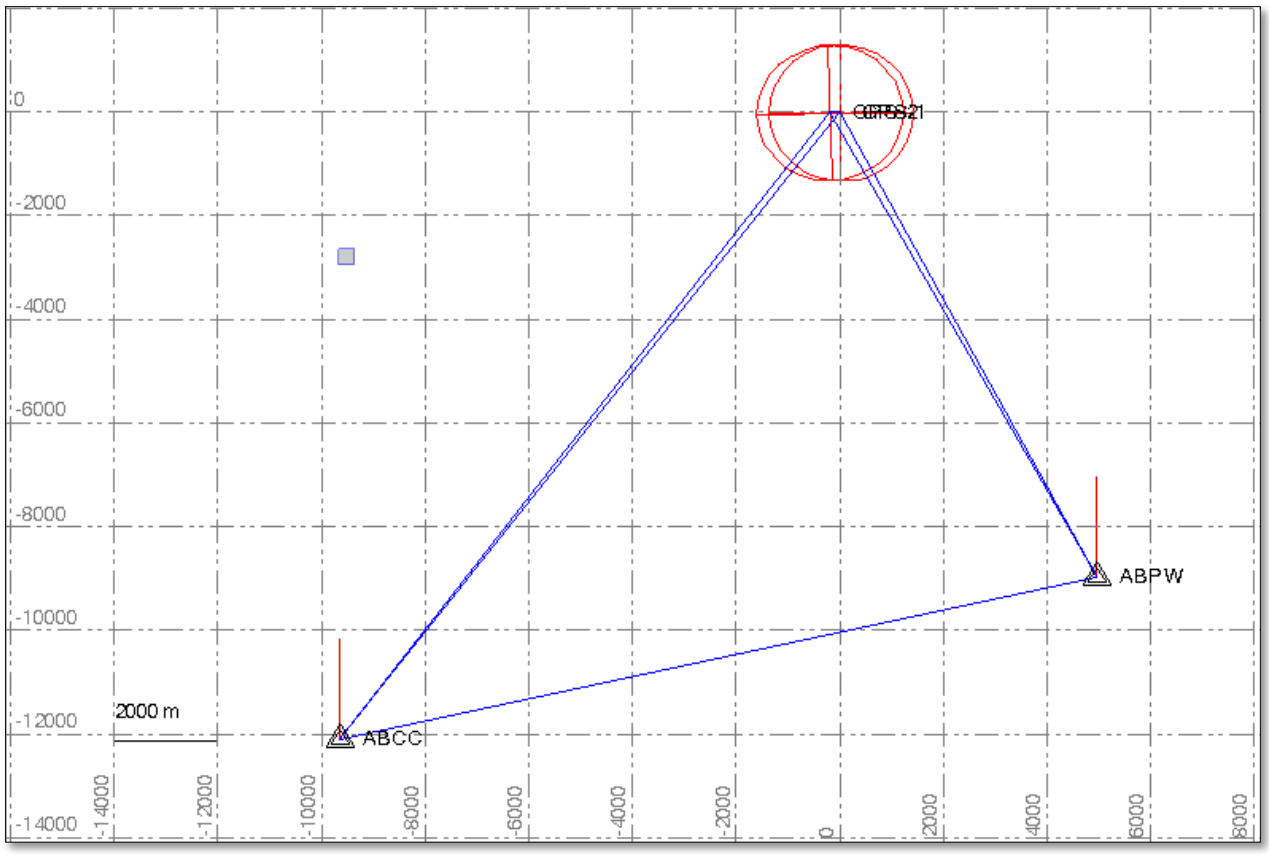


Figura 7: *Esquema de ajuste de vectores*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

Con el resultado del ajuste de procesamiento se confirma el rango de la precisión y posterior a ello se realiza la conversión a coordenadas planas cartesianas locales, dado que el software emite coordenadas elipsoidales, y el respectivo cambio de época de rastreo a época de referencia 2018.0 mediante el aplicativo Magna Sirgas 5.0 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

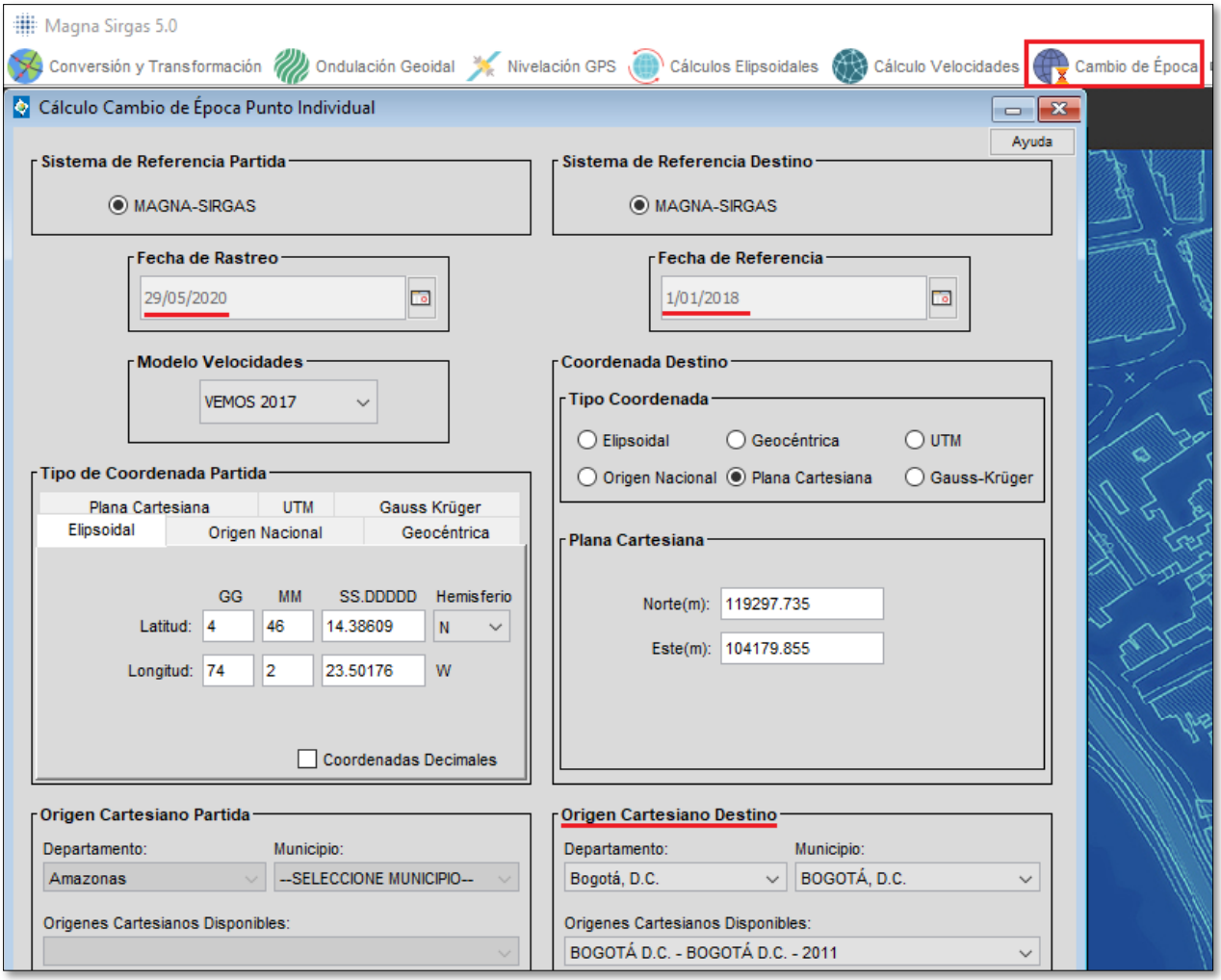


Figura 8: *Cambio de época de vértice de control de proyecto Terminal Norte*
Fuente: (GIT Geodesia-IGAC, 2020)

Durante el procedimiento en campo se diligencian los formatos de posicionamiento, donde se registra los datos del equipo, hora inicial y final de la sesión. Finalmente, cuando se obtienen las coordenadas del procesamiento se complementan y se adiciona el registro fotográfico, así como una breve descripción del acceso al punto.

CARA A

acueducto
AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

FORMATO PARA POSICIONAMIENTO (GPS)

GERENCIA DE TECNOLOGÍA
DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA Y GEOGRÁFICA

PAGINA 1 DE 2

PROYECTO: TERMINAL SATÉLITE NORTE

PUNTO: GPS-2

TIPO DE LEVANTAMIENTO: ☑

ESTÁTICO		DE NAVEGACIÓN	☐
STOP AND GO	☐	TIEMPO REAL	☐
CINEMÁTICO	☐		

FECHA		
DÍA	MES	AÑO
29	5	2020

DATOS DEL EQUIPO:

TIPO: BASE ☑ MÓVIL ☐

MARCA DEL SENSOR	TRIMBLE 5800
SERIAL DEL SENSOR	29771601
TIPO DE CONTROLADOR	N/A

POSICIÓN NAVEGADA WGS 84

	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	
LATITUD	4	46	14.20755	N
LONGITUD	74	2	29.82546	W
ALT ELIPSOIDAL		2576.646		m

DATOS DE LAS BASES:

NÚMEROS DE BASES: 2 PERMANENTE ☑ MOJONES ☐

NOMBRES: ABCC Y ABPW

DATOS DEL POSICIONAMIENTO:

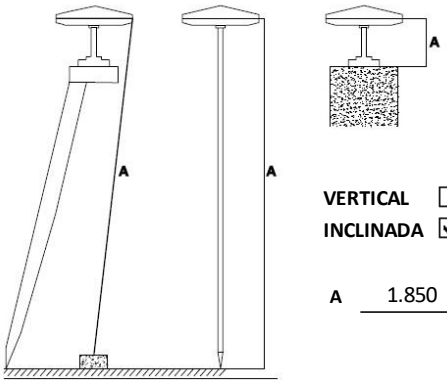
HORA INICIAL 9:47 a. m. HORA FINAL 11:59 a. m. No. DE HORAS 2H:12M

INTERVALO DE GRABACIÓN: 10

ANG. DE ELEVACIÓN DE LA MASCARA 10º TEMPERATURA 15cº

ALTURA INSTR. INICIAL 1.850 m ALTURA INSTR. FINAL 1.850 m

OBSERVACIONES: Ninguna



VERTICAL ☐
INCLINADA ☑

A 1.850 m

DATOS DE LA ANTENA

MARCA: TRIMBLE
MODELO: R4
HORIZONTAL OFFSET: m
VERTICAL OFFSET: m

PHASE CENTER OFFSET L1		PHASE CENTER OFFSET L2	
VERTICAL:	m	VERTICAL:	m
NORTE:	m	NORTE:	m
ESTE:	m	ESTE:	m

COORDENADAS PLANAS CALCULADAS	
NORTE	119292.219
ESTE	103984.909
ALTURA	(Geométrica) 2553.824

REVISO:

TOPÓGRAFO: Juan Carlos Martin

FORMATO: FT0501F01-01 EE0302F04-01

Figura 9: *Formato de posicionamiento GPS de proyecto Terminal Norte – CARA A*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO MATERIALIZADO

FECHA	DÍA	MES	AÑO
	29	05	2020

HOJA: 2 DE: 2

VÉRTICE No. GPS-2 AUXILIAR No. _____

PERFIL





PLANTA



PROYECTO **TERMINAL SATÉLITE NORTE** PLANCHA N° _____

MUNICIPIO BOGOTÁ D.C. LOCALIDAD USAQUÉN

VEREDA/BARRIO BARRIO TIBABITA DIRECCIÓN CALLE 192 CON CARRERA 19

DISTANCIA DEL _____ AL _____ _____ MTS

ALTURA DE LA CASA U OBJETO_____MTS COTA O SUPERIOR O INFERIOR

ACCESO AL PUNTO Tomar la autopista Norte desde el sur hasta el puente peatonal de la Estación de Transmileniio "Terminal", tomar el desvío al costado oriental y posteriormente la calle 192 aproximadamente 100m antes de la carrera 19, en el anden al costado sur-occidental se encuentra el punto

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO El vértice geodésico quedó localizado sobre andén en adoquín ubicada en el costado sur occidental de la calle 192. Está incrustada sobre la zona dura, mediante un mojon con placa de aluminio.

OBSERVO

TOPÓGRAFO: JUAN CARLOS MARTIN

CARA B

FORMATO: FT0501F01-01 EE0302F04-01

Figura 10: *Formato de descripción del punto materializado de proyecto Terminal Norte– CARA B*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

3.2 NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

Para la ejecución del componente altimétrico del proyecto se tuvo como referencia la norma NS 030 en el numeral “4.2.2. Levantamientos Altimétricos”. Para la toma de la información en campo se utilizó nivel electrónico, se realizó proceso de nivelación y contra nivelación por los mismos cambios para controlar el circuito y se garantizó que la longitud entre cada cambio no superara los 100 metros.



Figura 11: *Fotografía procedimiento nivelación de proyecto Terminal Norte*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

Siguiendo los lineamientos de la norma se empleó como referencia el vértice de la red pasiva del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, denominado BOGOTÁ-1. También en concordancia con los lineamientos, se realizó un circuito de nivelación y contra nivelación que no tuvieran una longitud mayor a 1 km y un cierre no mayor a 1 milímetro (1mm).

La nivelación geométrica fue llevada a cabo como se mencionó anteriormente desde el vértice BOGOTA-1 hasta las placas materializadas en campo del proyecto denominadas GPS 1 y GPS 2.

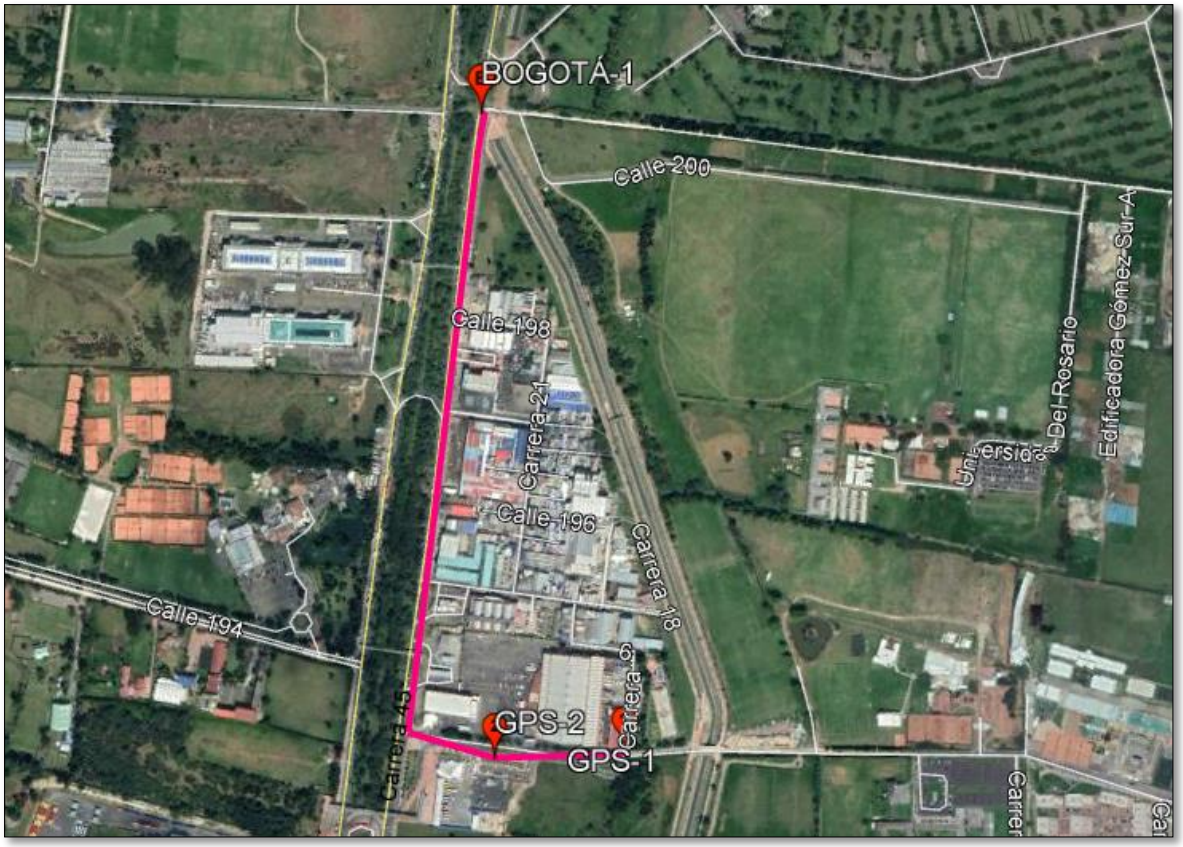
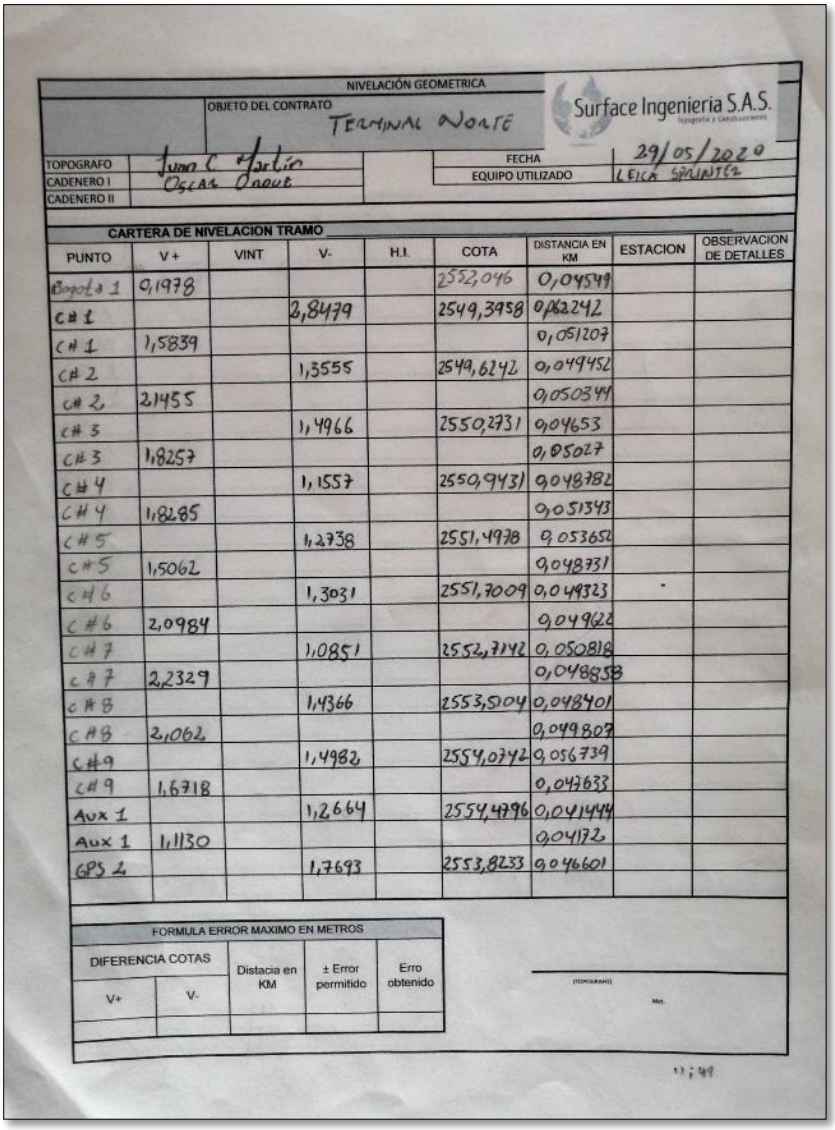


Figura 12: *Esquema de circuito de nivelación mapa satelital*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S



Figura 13: *Esquema de circuito de nivelación mapa general*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

Dado que la nivelación es realizada con nivel electrónico, se utilizó el crudo previamente descargado del equipo para el cálculo en oficina, además de las carteras de campo donde se llevó el registro de la misma.



NIVELACIÓN GEOMETRICA

Surface Ingenieria S.A.

OBJETO DEL CONTRATO: TERMINAL NORTE

TOPOGRAFO	Juan C Martin	FECHA	29/05/2020
CADENERO I	Oscar Daniel	EQUIPO UTILIZADO	LEICA SPRINTER
CADENERO II			

CARTERA DE NIVELACION TRAMO

PUNTO	V+	VINT	V-	H.I.	COTA	DISTANCIA EN KM	ESTACION	OBSERVACION DE DETALLES
Bogota 1	0,1978				2552,046	0,04549		
C# 1			2,8479		2549,3958	0,02242		
C# 1	1,5839					0,051207		
C# 2			1,3555		2549,6242	0,049452		
C# 2	2,1455					0,050344		
C# 3			1,4966		2550,2731	0,04653		
C# 3	1,8257					0,05027		
C# 4			1,1557		2550,9431	0,048782		
C# 4	1,8285					0,051343		
C# 5			1,2738		2551,4978	0,053652		
C# 5	1,5062					0,048731		
C# 6			1,3031		2551,7009	0,049323		
C# 6	2,0984					0,049622		
C# 7			1,0851		2552,7142	0,050818		
C# 7	2,2329					0,048858		
C# 8			1,4366		2553,5104	0,048401		
C# 8	2,062					0,049807		
C# 9			1,4982		2554,0742	0,056739		
C# 9	1,6718					0,047633		
Aux 1			1,2664		2554,4796	0,041444		
Aux 1	1,1130					0,04172		
GPS 1			1,7693		2553,8233	0,046601		

FORMULA ERROR MAXIMO EN METROS

DIFERENCIA COTAS		Distacia en KM	± Error permitido	Erro obtenido
V+	V-			

Figura 14: *Formato de cartera de campo de nivelación de proyecto Terminal Norte*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

Para el cálculo de la nivelación geométrica en oficina, se utilizó como base la información del vértice de amarre, BOGOTA-1.

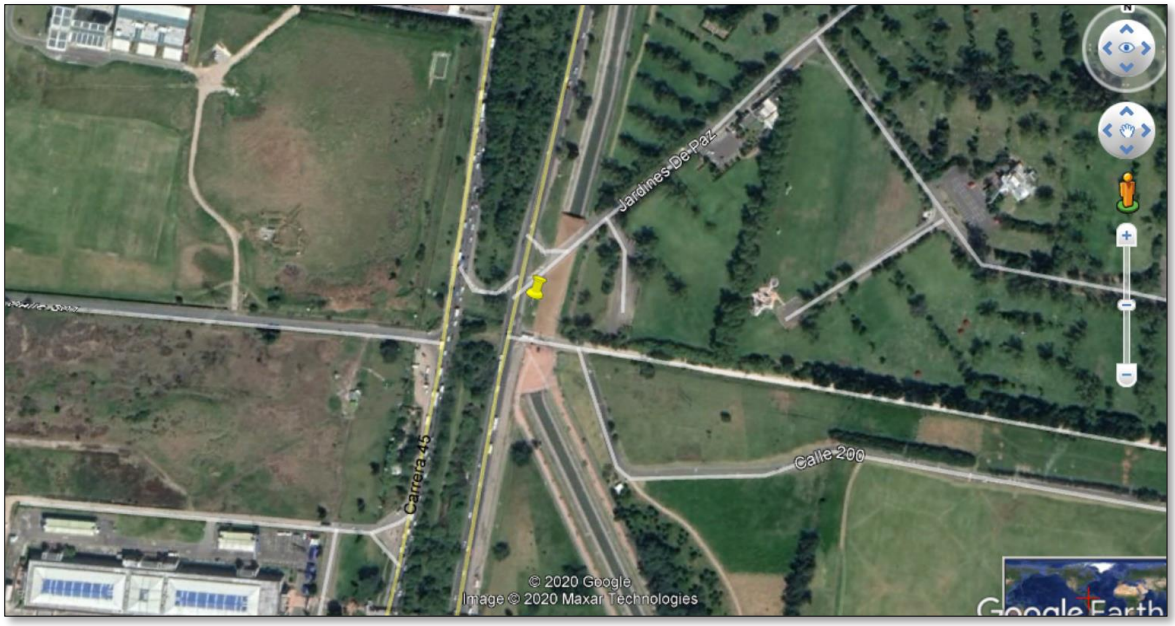
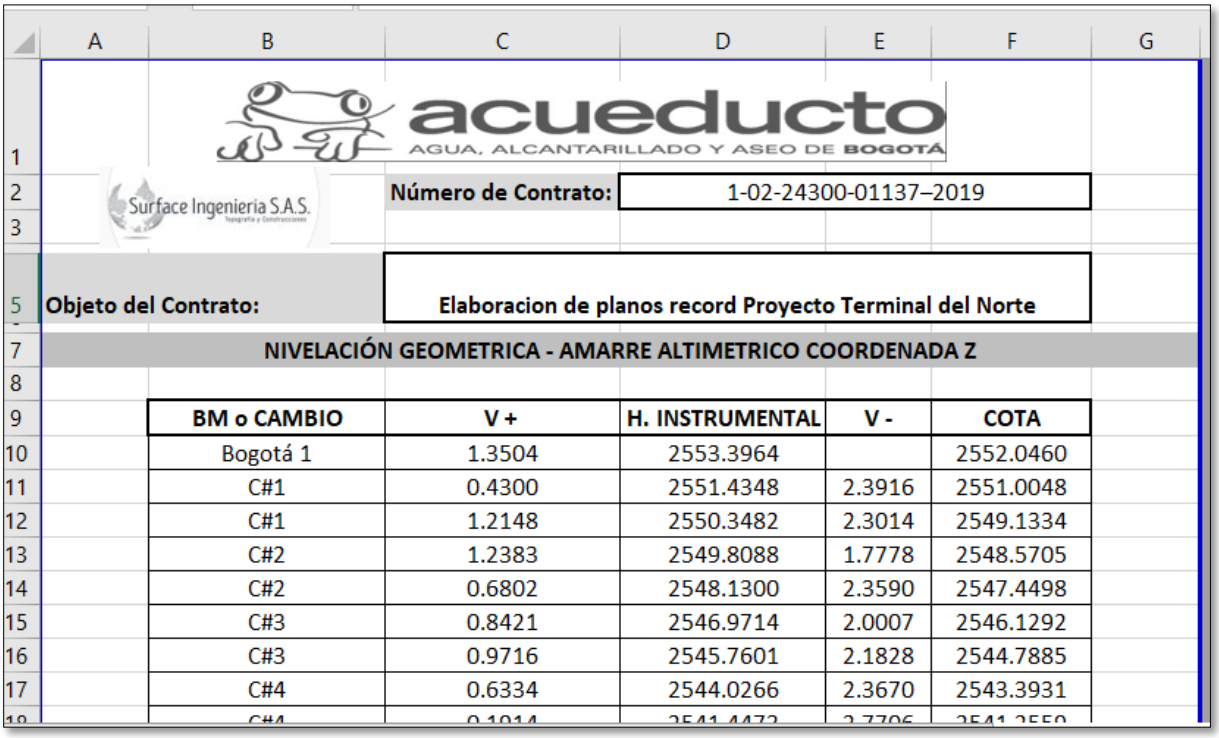


Figura 15: *Ubicación geográfica vértice BOGOTA-1.*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S



Figura 16: *Información vértice BOGOTA-1.*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

Posterior al cálculo de la nivelación del circuito se realizó de la misma manera el cálculo de la nivelación de la rasante de los pozos pertenecientes al proyecto. Los cálculos realizados se entregaron según la norma NS 030 en el ANEXO M, con archivos en formato Excel que contienen las observaciones pertinentes.



		acueducto AGUA, ALCANTARILLADO Y ASEO DE BOGOTÁ			
		Surface Ingenieria S.A.S.	Número de Contrato:	1-02-24300-01137–2019	
Objeto del Contrato:		Elaboracion de planos record Proyecto Terminal del Norte			
NIVELACIÓN GEOMETRICA - AMARRE ALTIMETRICO COORDENADA Z					
	BM o CAMBIO	V +	H. INSTRUMENTAL	V -	COTA
	Bogotá 1	1.3504	2553.3964		2552.0460
	C#1	0.4300	2551.4348	2.3916	2551.0048
	C#1	1.2148	2550.3482	2.3014	2549.1334
	C#2	1.2383	2549.8088	1.7778	2548.5705
	C#2	0.6802	2548.1300	2.3590	2547.4498
	C#3	0.8421	2546.9714	2.0007	2546.1292
	C#3	0.9716	2545.7601	2.1828	2544.7885
	C#4	0.6334	2544.0266	2.3670	2543.3931

Figura 17: *Anexo M-Calculo de nivelación de proyecto Terminal Norte*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

3.2 CATASTRO DE REDES

El catastro de las redes existentes se realiza con el fin de recolectar información que permita la elaboración de los planos de obra construida tanto de redes de acueducto como de redes de alcantarillado. Para dicho fin se tomó como referencia la norma NS 046 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, que da los lineamientos para realizar dicha labor.

La toma de información en campo se realizó con comisiones encargadas de destapar tanto los pozos pluviales como los sanitarios, realizar un registro fotográfico, además de estimar y medir diámetros, materiales, función, tipo, profundidad de las tuberías encontradas en cada estructura.

Para el procesamiento en oficina se recolecto la información de cada formato de inspección de pozos pluviales y sanitarios, obteniendo datos de tuberías de entrada y de salida del pozo, conexiones y estado de cada uno, con el fin de tener la información organizada y actualizada para la elaboración de los planos récord del proyecto.

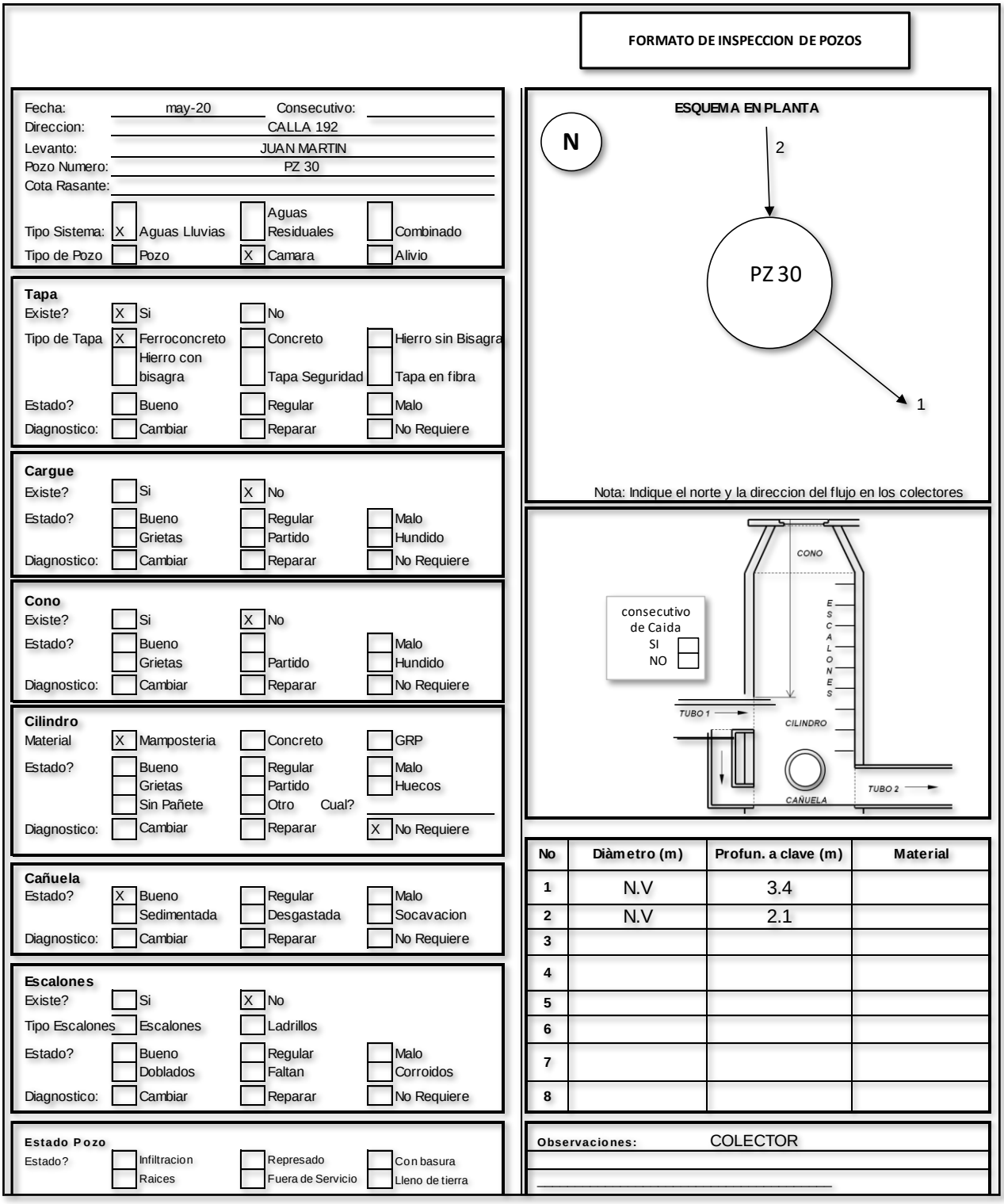
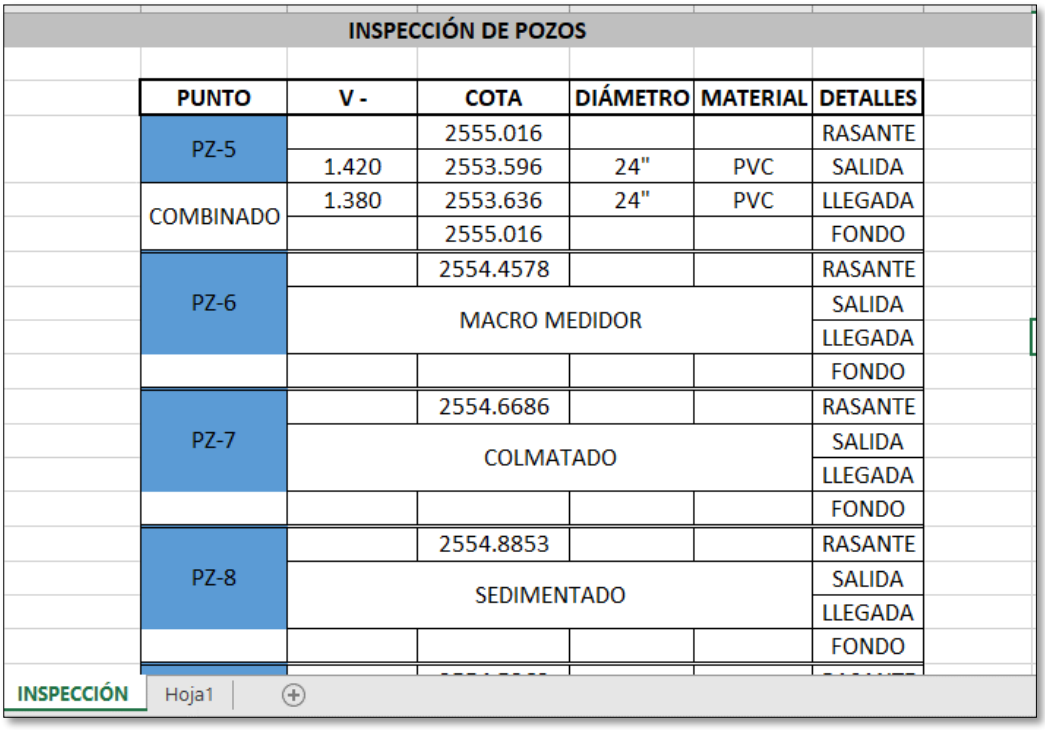


Figura 18: *Formato de inspección de pozos norma NS-046*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

Después de recolectar en un Excel la información de cada pozo, se procede a calcular profundidades tomando como base la rasante obtenida en la nivelación geométrica.



INSPECCIÓN DE POZOS

PUNTO	V -	COTA	DIÁMETRO	MATERIAL	DETALLES
PZ-5		2555.016			RASANTE
	1.420	2553.596	24"	PVC	SALIDA
COMBINADO	1.380	2553.636	24"	PVC	LLEGADA
		2555.016			FONDO
PZ-6		2554.4578			RASANTE
	MACRO MEDIDOR				SALIDA
					LLEGADA
					FONDO
PZ-7		2554.6686			RASANTE
	COLMATADO				SALIDA
					LLEGADA
					FONDO
PZ-8		2554.8853			RASANTE
	SEDIMENTADO				SALIDA
					LLEGADA
					FONDO

INSPECCIÓN | Hoja1

Figura 19: *Recolección y cálculo de la información de inspección de pozos*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

3.4 CÁLCULO DE COORDENADAS DE DETALLES

Para efectuar el levantamiento planimétrico del proyecto Terminal del Norte se realizó un reconocimiento en campo que permitió identificar elementos relevantes ubicados en la zona con el fin de establecer la metodología adecuada para realizar un levantamiento topográfico efectivo. El levantamiento a detalle de los elementos de interés en el corredor se realizó mediante estación total

con cartera electrónica. Para la toma de la información de utilizaron los siguientes códigos de detalle.

Tabla 3: *Listado de códigos de levantamiento de detalles.*

DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
Árbol	ARB
Armario teléfono	ARM
Borde vía	BV
Box	BX
Cabezal	CBZ
Caja energía doble	CJD
Caja energía eléctrica	CJE
Caja inspección	CI
Caja Sumidero	CSM
Caja sumidero lateral	CSM-LA
Cámara de teléfonos	CTEL
Cárcamo	CAR
Cerca	CRC
Cerramiento	CRR
Cuneta	CN
Delta	D1
Disipador	DIS
Fondo	FND
Gavión	GAV
GPS	GPS
Hidrante	HT
Lámina de Agua	LA
Luminaria	LUM
Muro	MUR
Paramento	PRT
Parqueadero	PARQ
Poste alumbrado	PAL
Poste energía	PE
Poste telefónico	PT
Pozo Alc. Pluvial	PZ ALL
Pozo Alc. Residual	PZ AR
Pozo de Energía	PZ E
Registro Acueducto	RA

DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
Sardinel	SR
Sumidero	SM
Sumidero lateral	SM-LA
Terreno natural	TN
Tubo	TB-00"
Válvula Agua	VLA
Válvula Gas	VLG

Fuente: Surface Ingeniería SAS

El levantamiento planimétrico de los detalles se realizó por el método de ceros atrás. De acuerdo a la metodología implementada fue necesario utilizar el software Topcon Link, en el cual se realizó un recalculo de las coordenadas de los detalles. La manera adecuada de efectuar dicho procedimiento es definir en el programa las vistas atrás y las vistas adelante, con ayuda del registro de las carteras de campo, como se evidencia en la siguiente ilustración

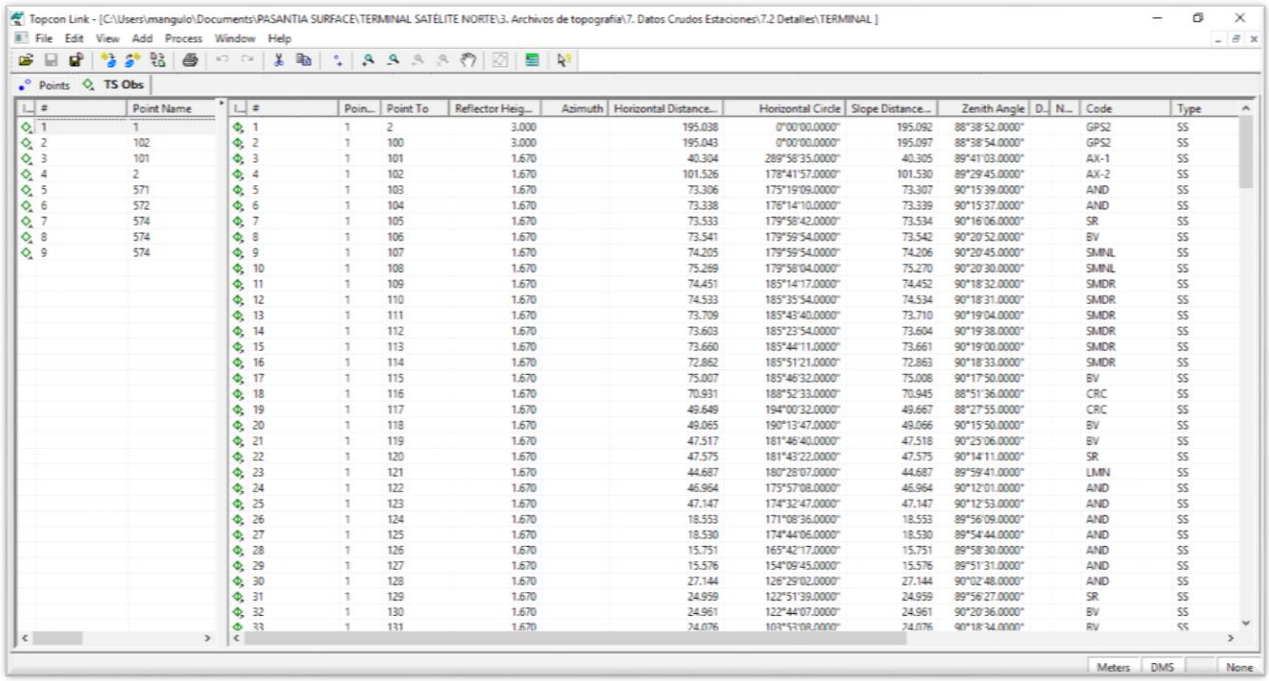


Figura 20: *Cálculo de detalles en software Topcon Link*
Fuente: propia

3.5 ELABORACIÓN DE PLANOS RECORD

Los requisitos para la elaboración y entrega de planos de obra construida de redes de acueducto y alcantarillado ante la empresa de Acueducto de Bogotá se rigen de acuerdo con la norma técnica de servicio NS-046. Los detalles dibujados a partir del levantamiento topográfico corresponden a los elementos de: borde vía, sardinel, paramento y los elementos complementarios de las redes de acueducto y alcantarillado. Adicionalmente, debe contener las tablas con los atributos y detalles constructivos en el sistema de referencia MAGNA SIRGAS, en coordenadas planas cartesianas locales origen Bogotá.

Su presentación está ceñida al "ANEXO B. LISTA DE CAPAS, COLOR Y TIPO DE LÍNEAS", cada elemento representado concuerda con un estilo de capa individual, así como la diferenciación entre los sistemas de alcantarillado.



Figura 21: *Convenciones red de acueducto*
Fuente: (SISTEC NS-046, 2019)

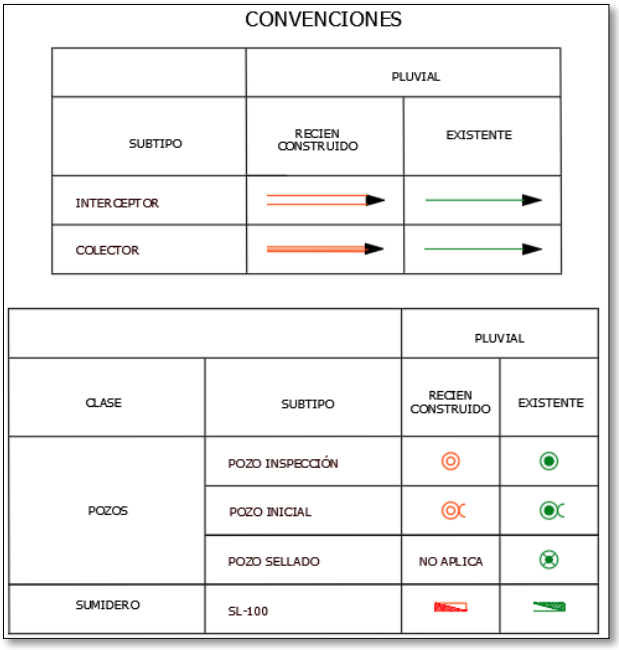


Figura 22: *Convenciones red de alcantarillado pluvial*
Fuente: (SISTEC NS-046, 2019)

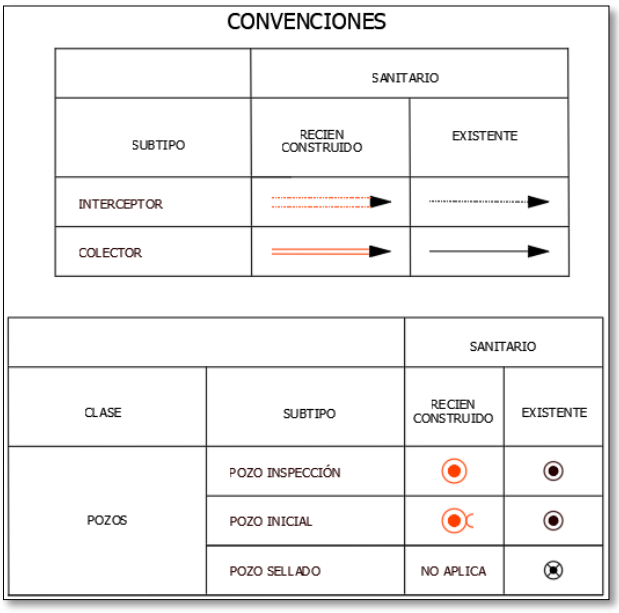


Figura 23: *Convenciones red de alcantarillado sanitario*
Fuente: (SISTEC NS-046, 2019)

La representación de las redes además de caracterizarse por estar en capas individuales con su respectivo estilo, se caracteriza por la información consignada en cada tramo: longitud, diámetro, material y pendiente, calculada entre las cotas clave de salida y entrada a los pozos de inspección.

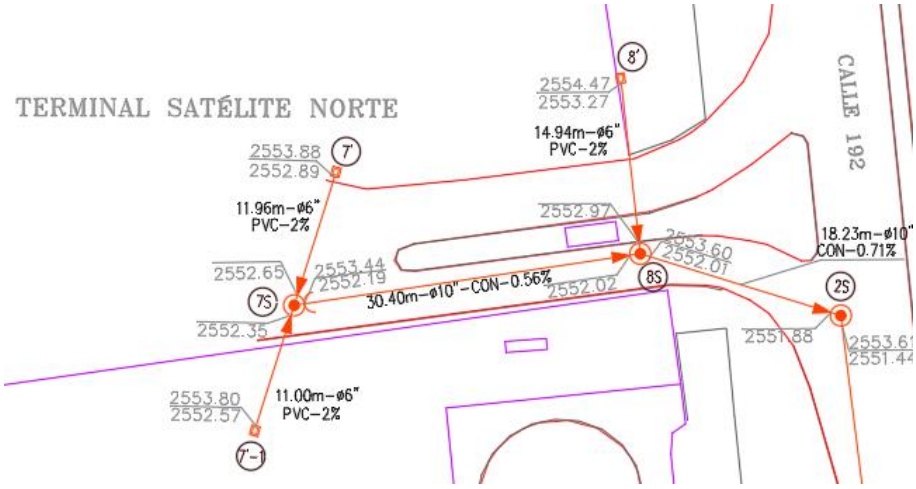


Figura 24: *Orden de datos de la red consignados en el plano*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

La salida gráfica va enmarcada en un rótulo con los datos de la empresa contratista, los revisores de la empresa de Acueducto de Bogotá, los datos de los vértices de referencia, la localización general en escala 1:25000, el objetivo del contrato, el contenido, la numeración, fecha y escala de presentación de la planta.

3.6 BASE DE DATOS GEOGRÁFICA

La empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá debe realizar la incorporación de la información correspondiente a los planos récord en la base de datos del Sistema de Información Geográfica Unificado Empresarial (SIGUE). Para dicho fin fue necesario seguir lo lineamientos establecidos en la norma NS 046 la cual se titula “REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN Y ENTREGA DE PLANOS DE OBRA CONSTRUIDA DE REDES DE ACUEDUCTO Y

ALCANTARILLADO". Para llevar a cabo dicha labor se utilizó un software asistido por computador que permitiera representar la información en un formato SIG.

La base de datos geográfica del sistema de acueducto y alcantarillado contiene características específicas que permiten incorporar la información obtenida mediante puntos, líneas y polígonos. Para el tratamiento de la información fue necesario verificar la estructura que debe llevar la base de datos a trabajar, la cual se muestra en la siguiente ilustración:



Figura 25: *Estructuras formatos SIG*
Fuente: (SISTEC NS-046, 2019)

Para alimentar la base de datos geográfica se utilizó en software ArcGIS. Se tuvo en cuenta que los nodos representaban pozos, sumideros, cajas domiciliarias, secciones transversales y accesorios de alcantarillado y las líneas representaban los colectores de la red.

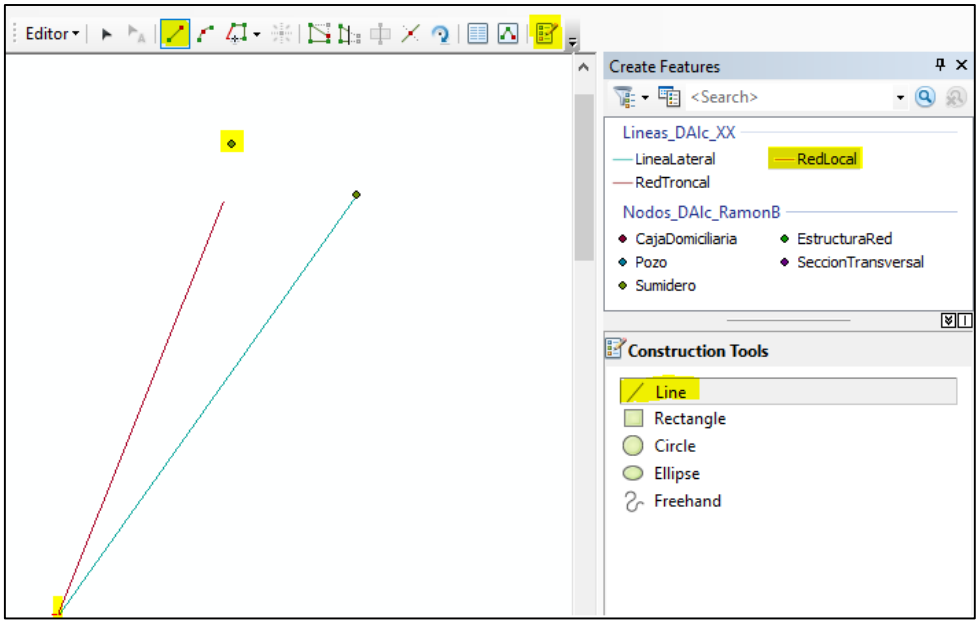


Figura 26: *Edición de tramos.*
Fuente: Propia

La Geodatabase contiene unos atributos dependiendo el tipo de entidad, los cuales fueron debidamente diligenciados en concordancia con la norma.

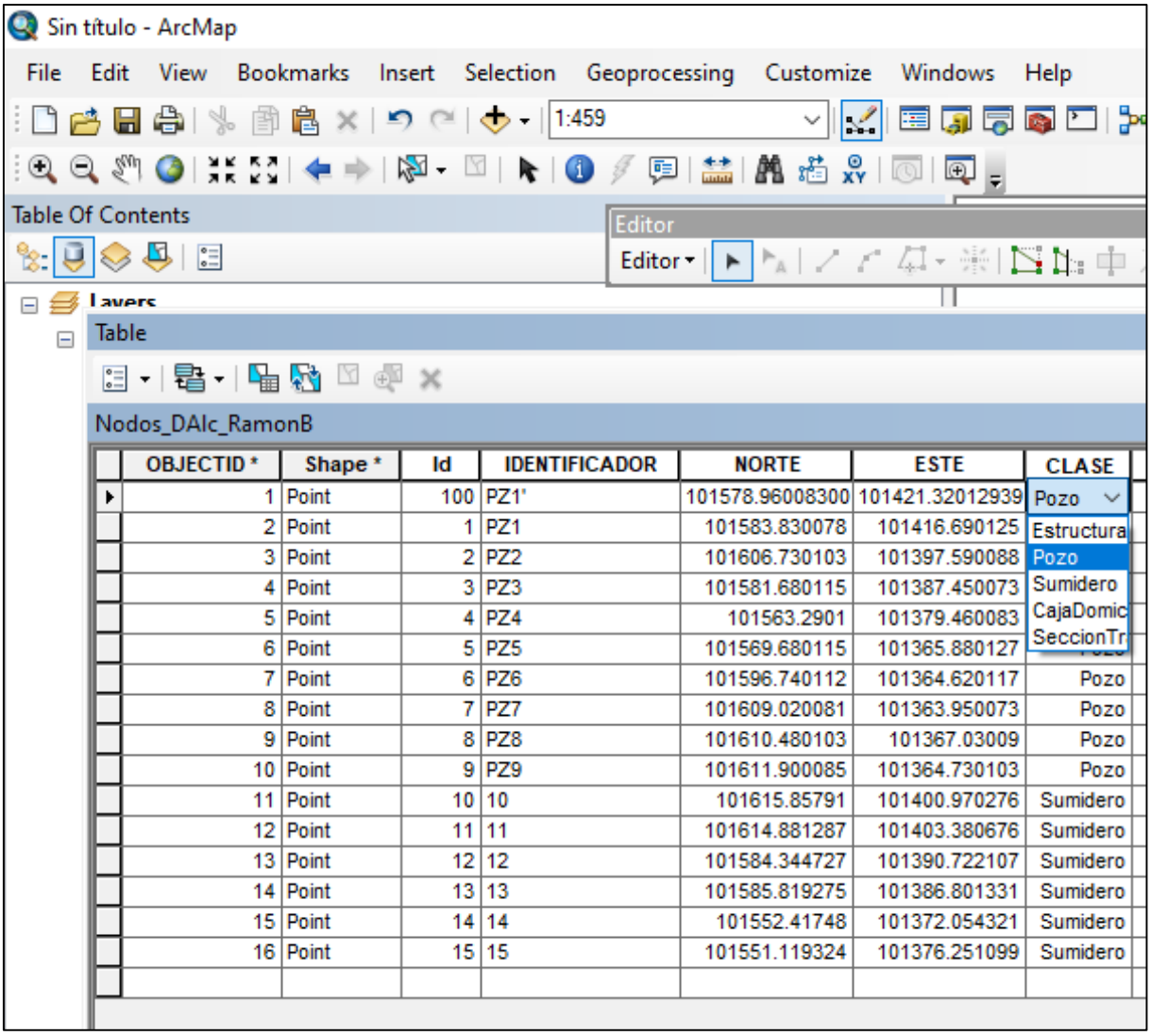


Figura 27: *Edición de la tabla de atributos.*

Fuente: Propia

Posteriormente se realizó el metadato que es el archivo que contiene información acerca de los datos que fueron creados, el cual muestra a modo de reseña la información correspondiente a la identificación del proyecto, la calidad de los archivos entregados y el sistema de referencia empleado además de algunos ítems que son de carácter informativo. Toda esta información ingresada en el metadato fue debidamente extraída de los formatos CAD y SIG y entregada en un archivo de Excel.

1. IDENTIFICACIÓN		
1.15.2. Coordenadas límites		
Norte:		Obligatorio
Sur:		
Este:		
Oeste:		
1.15.3. Periodo de tiempo		Condicional
1.15.4. Instante en el tiempo		Condicional
1.15.5. Valor mínimo		Obligatorio
1.15.6. Valor máximo		Obligatorio
1.15.7. Identificador del Datum vertical		Obligatorio
1.15.8. Alcance		Obligatorio
1.16. Información complementaria		Opcional
2. CALIDAD		
2.1. Alcance		Obligatorio
2.2. Descripción del alcance		
2.2.1. Atributos		Condicional
2.2.2. Objetos		Condicional
2.2.3. Instancias de objetos		Condicional
2.2.4. Instancias de atributos.		Condicional
2.2.5. Otros		Condicional
2.3. Historia		Obligatorio
3. SISTEMA DE REFERENCIA		
3.1. Identificación del sistema de referencia		
3.1.1. Código		Obligatorio
3.1.2. Responsable del identificador del sistema		Obligatorio
3.1.3. Descripción del sistema de referencia		Obligatorio
4. REFERENCIA DEL METADATO		
4.1. Identificador del metadato		Obligatorio
4.2. Fecha de creación del metadato		Obligatorio

Figura 28: *Formato del metadato*

Fuente: (SISTEC NS-046, 2019)

De esta manera se dan por completados los entregables, se estructuran y se entregan de manera magnética mediante una cita con la entidad tramitada vía internet, donde se hace la revisión de la información y las correspondientes observaciones.

4 RESULTADOS

Una vez finalizadas las actividades de campo y procesada la información recolectada, se obtiene una serie de productos, que en la misma medida son insumo para cada etapa del proyecto.

En el ajuste de vectores con un intervalo de confianza del 95% se obtuvo una precisión dentro del rango establecido por la Empresa de Acueducto de Bogotá, siendo este equivalente a 0.02 metros.

Vectores

ID ve	ID del punto de orige	Al ID de punto	Tipo de solución	Precisión h. (95%)	Precisión v. (95%)
PV1	gps1	GPS-2	Fija	0.003	0.005
PV2	ABCC	GPS-2	Fija	0.004	0.016
PV3	ABCC	GPS-1	Fija	0.004	0.020
PV4	ABCC	ABPW	Fija	0.007	0.014
PV5	ABPW	GPS-2	Fija	0.006	0.002
PV6	ABPW	GPS-1	Fija	0.006	0.011

Figura 29: *Resultados de procesamiento de líneas base*
Fuente: Software Trimble Business Center

Coordenadas ECEF ajustadas

ID de punto	X (Metro)	X Error (Metro)	Y (Metro)	Y Error (Metro)	Z (Metro)	Z Error (Metro)	3D Error (Metro)	Límite
ABCC	1739437.986	?	-6117252.437	?	515065.110	?	?	LL
ABPW	1753507.213	?	-6113239.059	?	518210.624	?	?	LL
gps1	1748456.737	0.005	-6113642.940	0.013	527129.511	0.004	0.014	
gps2	1748270.249	0.005	-6113699.851	0.012	527124.293	0.004	0.014	

Figura 30: *Precisiones de coordenadas ajustadas*
Fuente: Software Trimble Business Center

Para la georreferenciación del levantamiento topográfico se cuenta con dos vértices de control en época de referencia 2018.0 y su respectiva altura obtenida mediante nivelación geométrica. Cumpliendo así con los estándares de calidad establecidos para el proyecto.

Tabla 4: *Coordenadas elipsoidales época de rastreo 2020.4*

COORDENADAS ELIPSOIDALES ÉPOCA 2020.4			
PUNTO	**LATITUD**	**LONGITUD**	**ALT. ELIPSOIDAL**
GPS 1	4°46'14.38609"N	74°02'23.50176" W	2573.650
GPS 2	4°46'14.20755" N	74°02'29.82546" W	2576.646

Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

Tabla 5: *Coordenadas planas cartesianas locales época de referencia 2018.0*

COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS LOCALES ORIGEN BOGOTÁ D.C - 2011 ÉPOCA 2018.0			
PUNTO	**NORTE**	**ESTE**	**ALT. GEOMÉTRICA**
GPS 1	119297.735	104179.855	2550.634
GPS 2	119292.219	103984.909	2553.824

Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

El levantamiento topográfico consta de una nube de 950 puntos con los detalles relevantes del entorno y con los elementos que componen las redes de acueducto y alcantarillado, como son: pozos, sumideros, cajas de inspección, conexiones domiciliarias, medidores, hidrantes y válvulas. Para un total de 6 planos de obra construida del proyecto Terminal Norte.

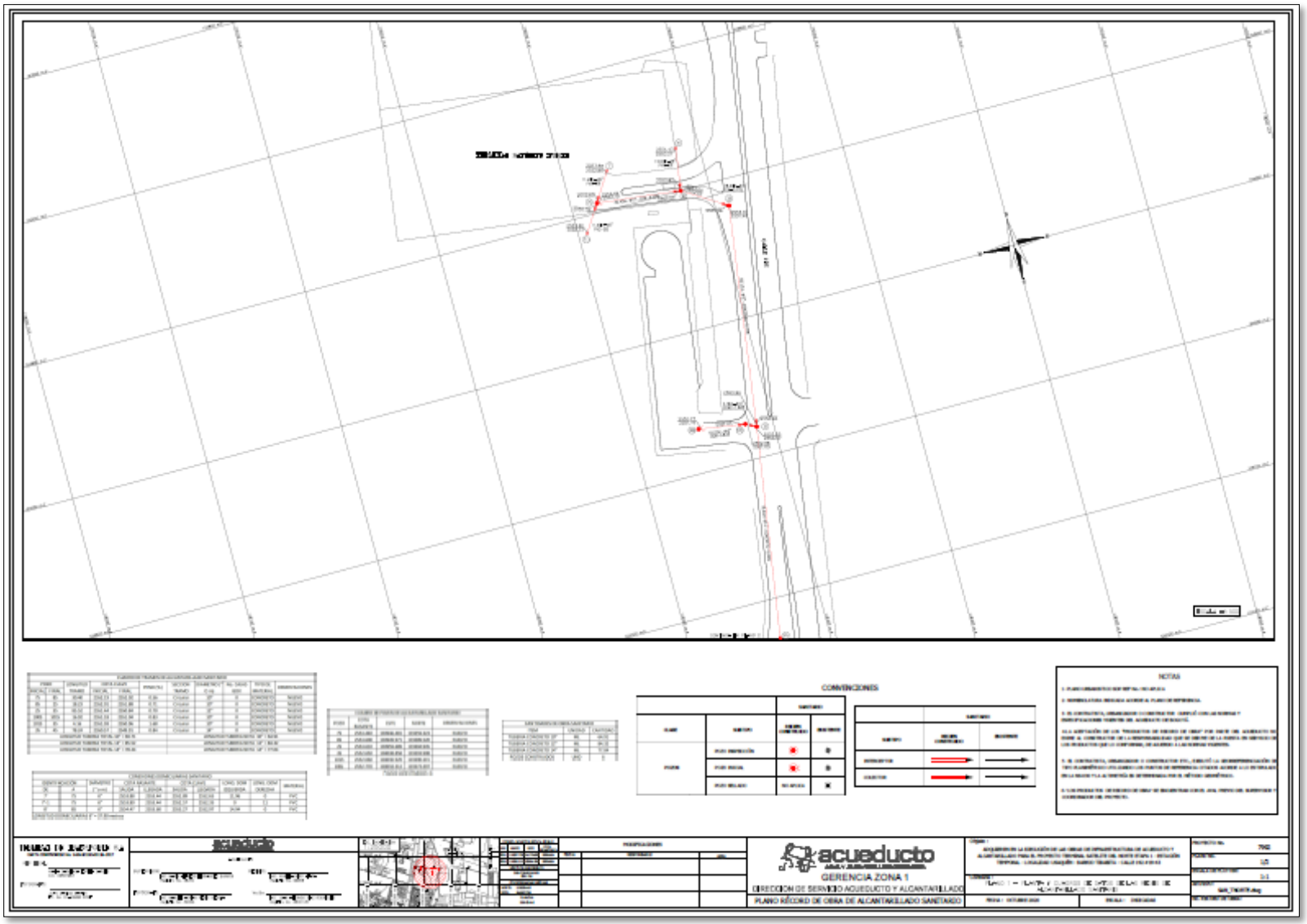


Figura 31: *Plano récord alcantarillado sanitario 1 de 2*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

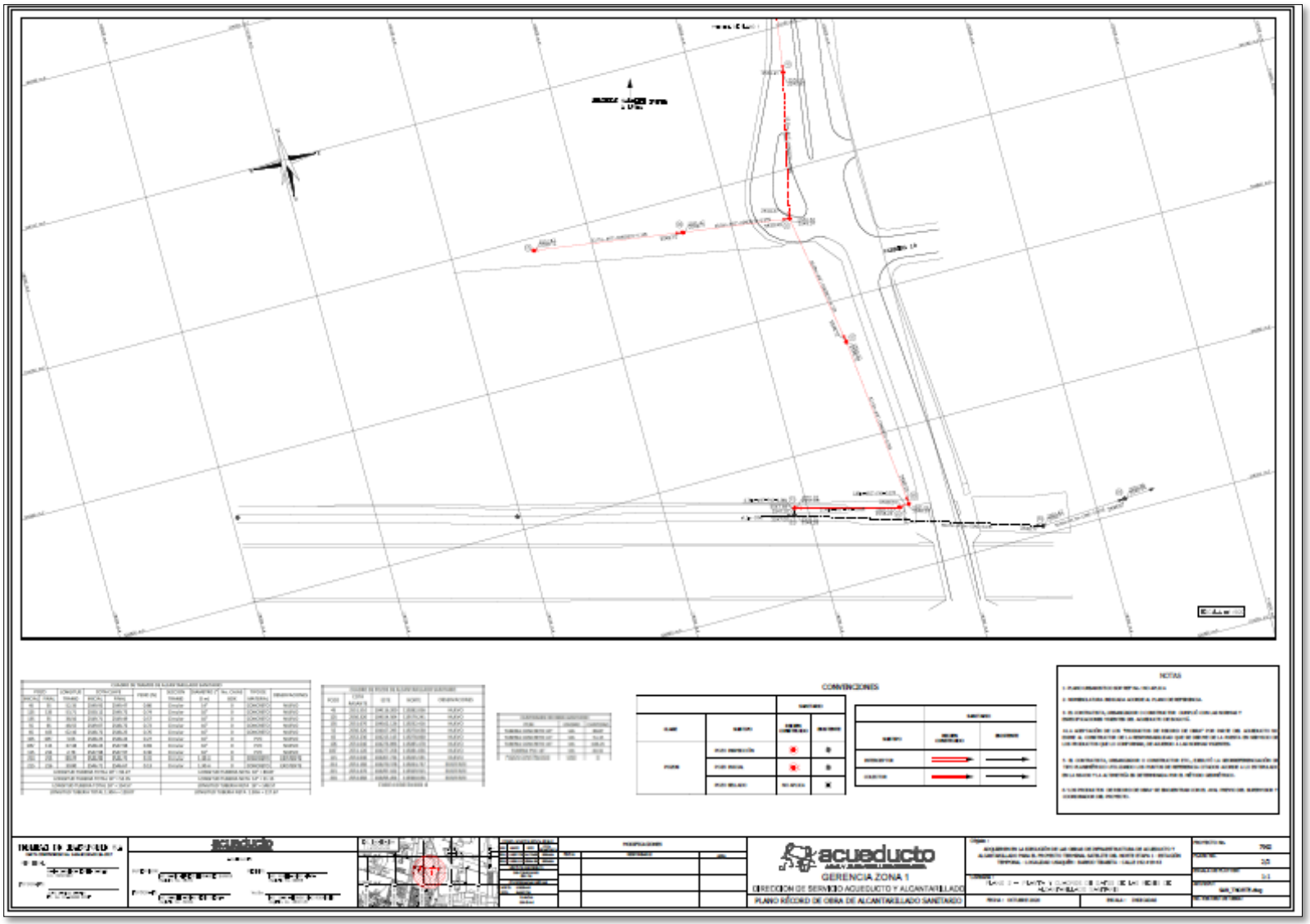


Figura 32: *Plano récord alcantarillado sanitario 2 de 2*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

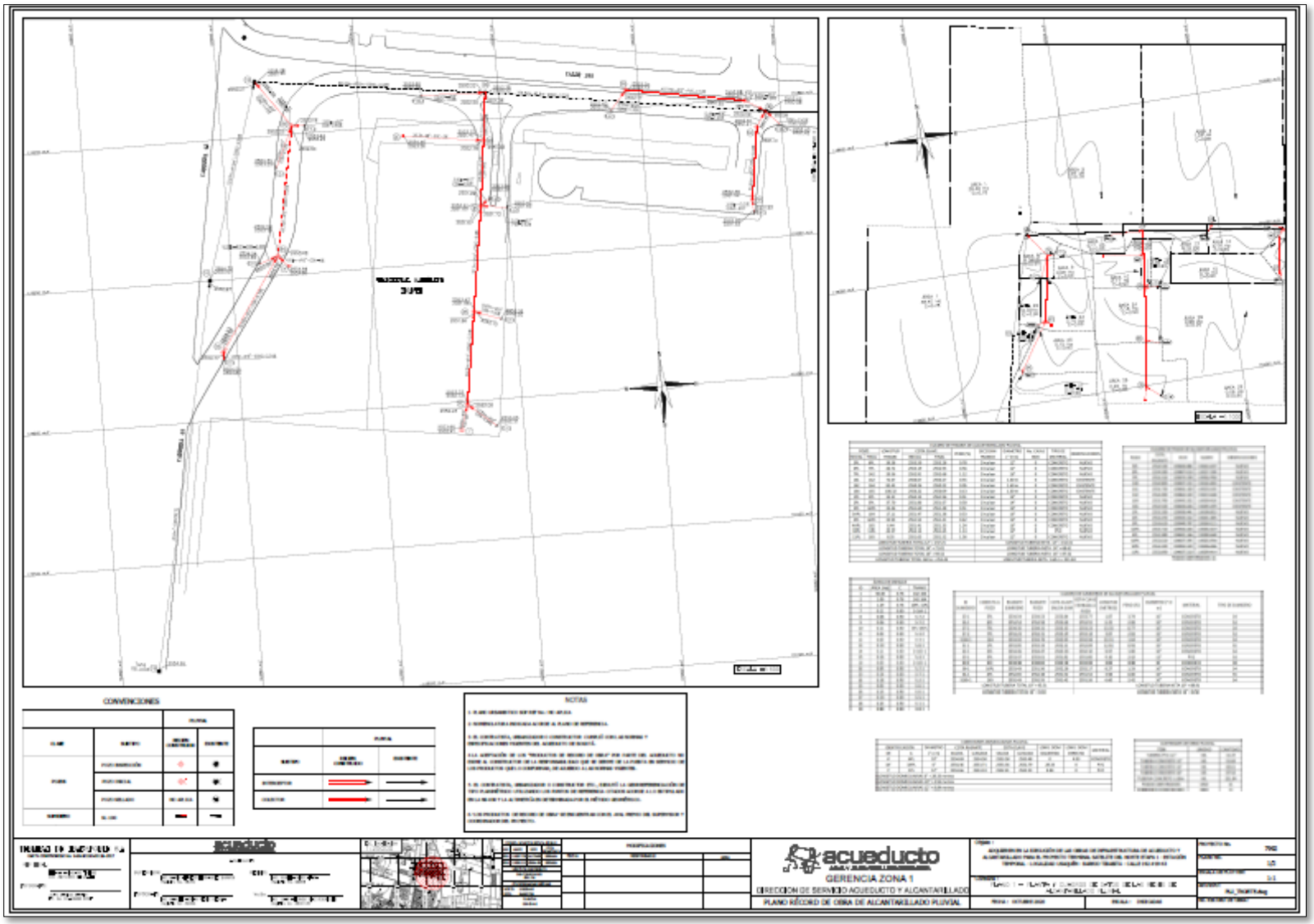


Figura 33: *Plano récord alcantarillado pluvial 1 de 2*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

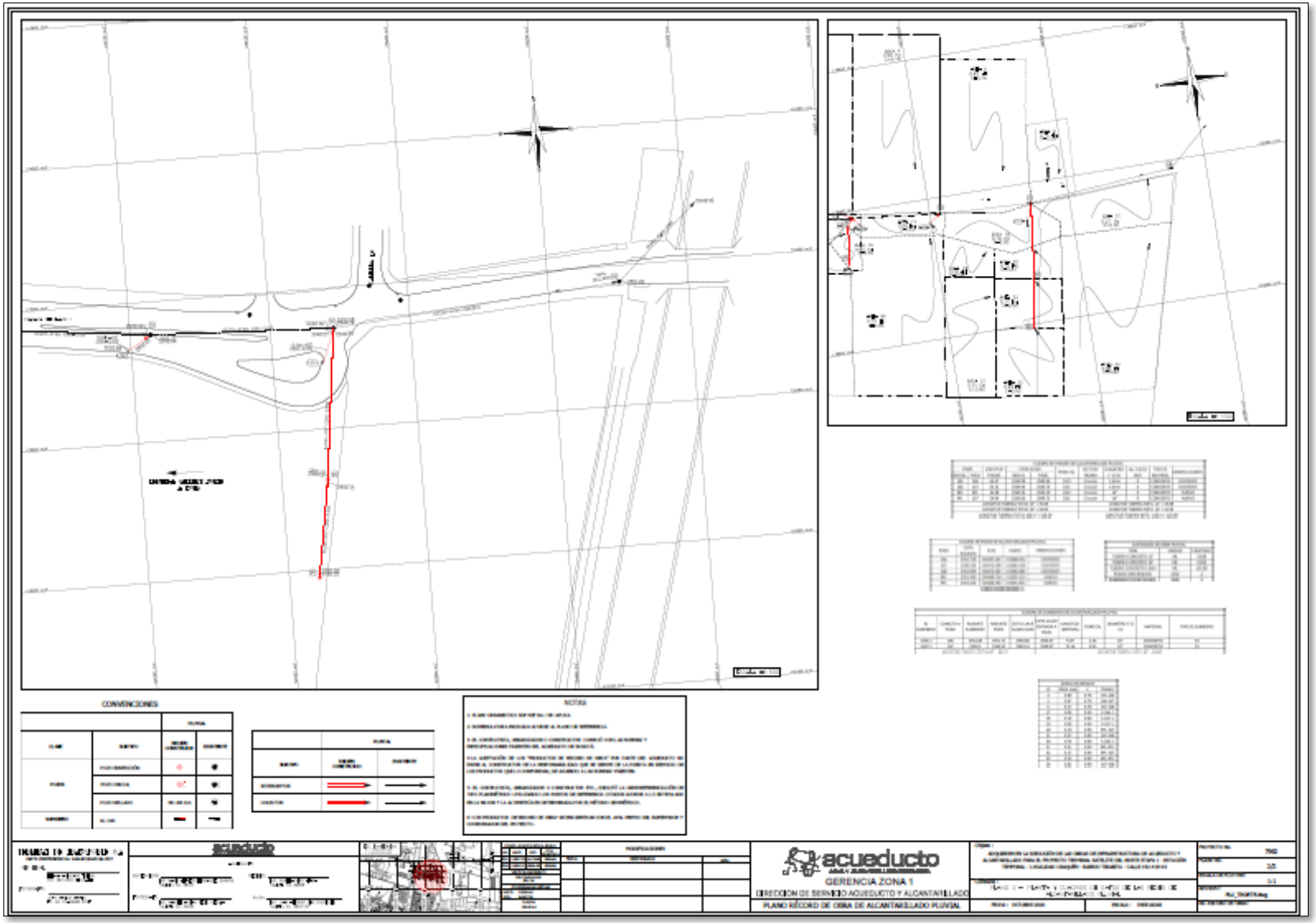


Figura 34: *Plano récord alcantarillado pluvial 2 de 2*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

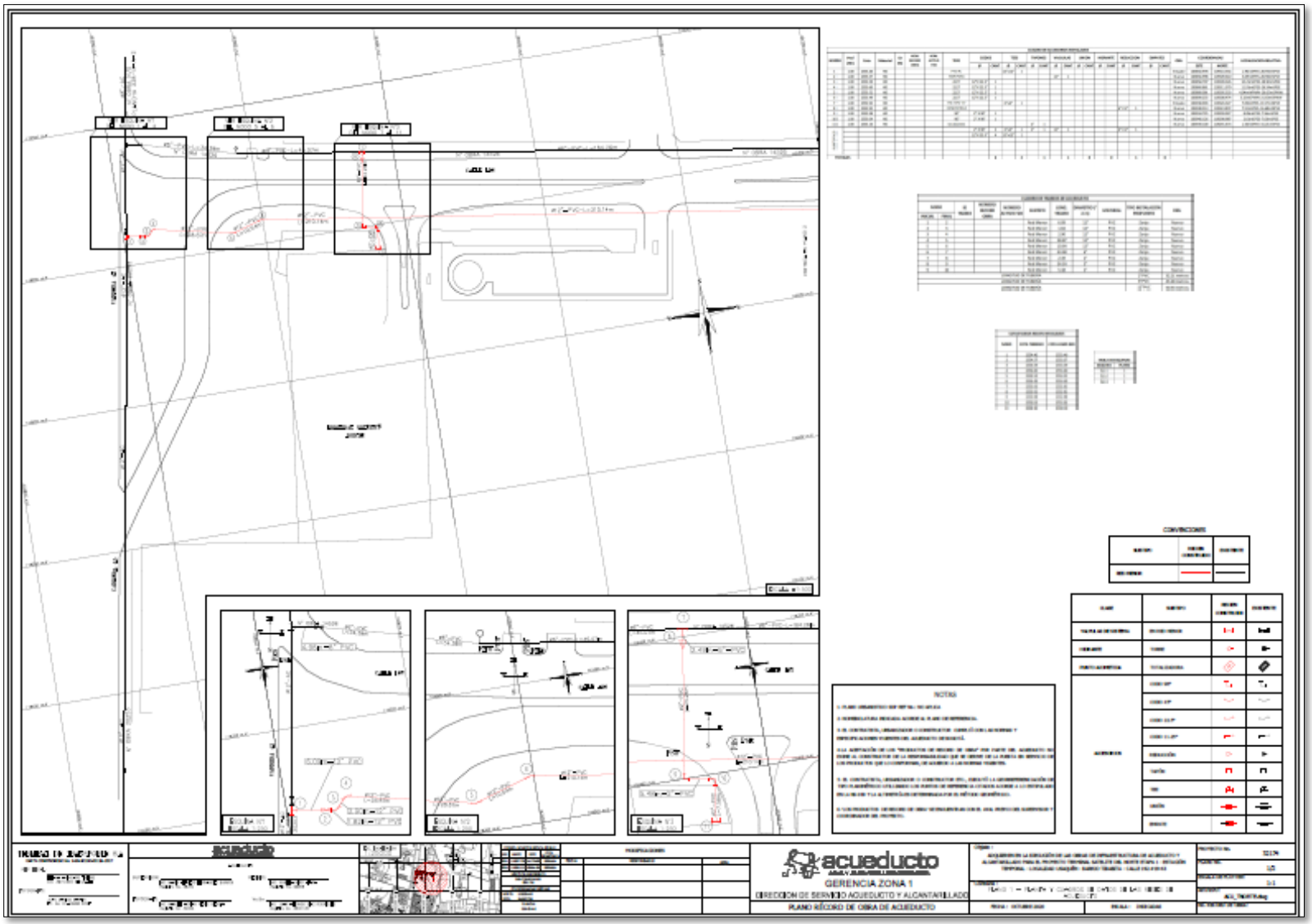


Figura 35: *Plano récord de acueducto 1 de 2*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

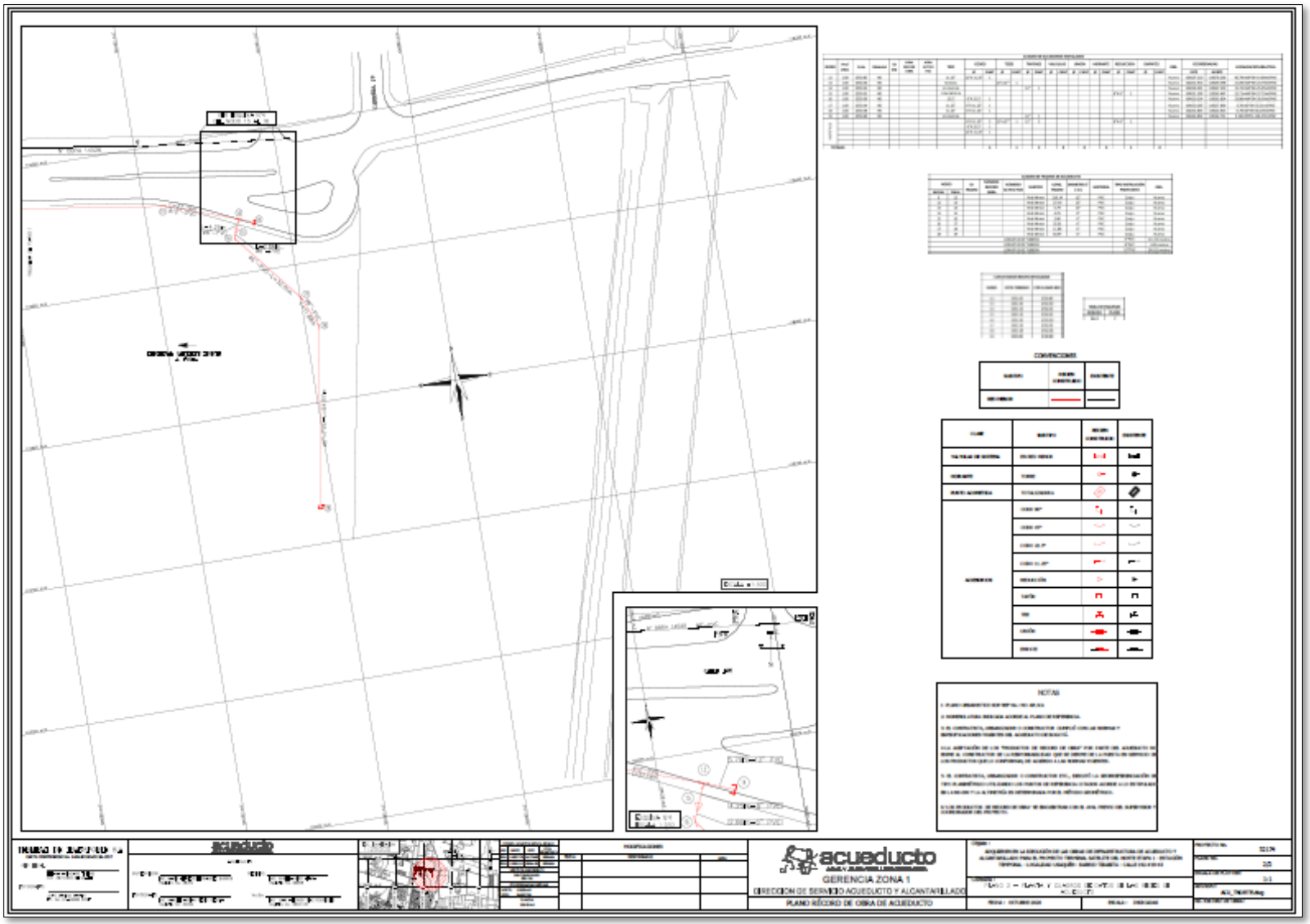
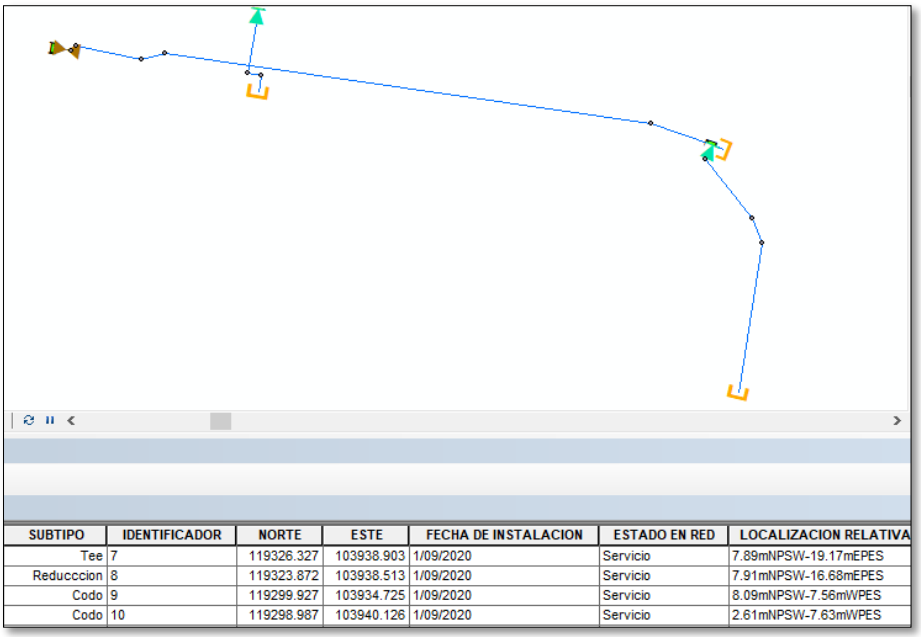


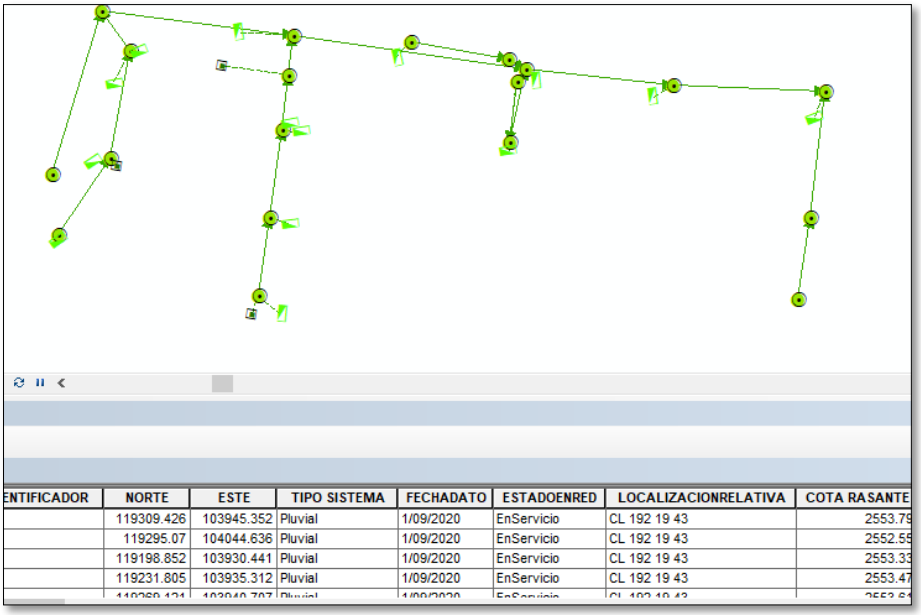
Figura 36: *Plano récord de acueducto 2 de 2*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

Finalmente se obtiene la consolidación de la base de datos geográfica con la información atributiva de cada uno de los sistemas.



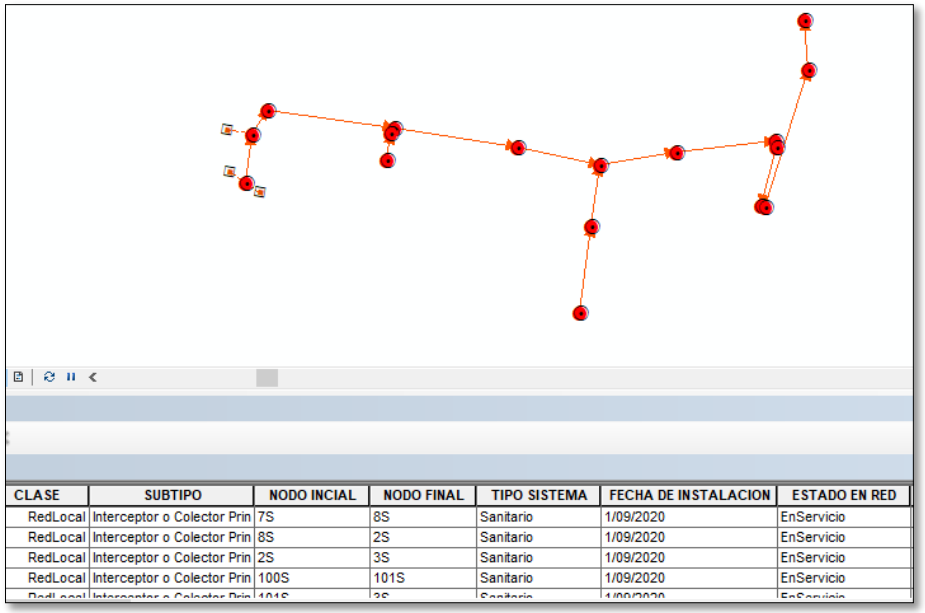
SUBTIPO	IDENTIFICADOR	NORTE	ESTE	FECHA DE INSTALACION	ESTADO EN RED	LOCALIZACION RELATIVA
Tee	7	119326.327	103938.903	1/09/2020	Servicio	7.89mNPSW-19.17mEPES
Reducccion	8	119323.872	103938.513	1/09/2020	Servicio	7.91mNPSW-16.68mEPES
Codo	9	119299.927	103934.725	1/09/2020	Servicio	8.09mNPSW-7.56mWPES
Codo	10	119298.987	103940.126	1/09/2020	Servicio	2.61mNPSW-7.63mWPES

Figura 37: *Base de datos de la red de acueducto*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S



ENTIFICADOR	NORTE	ESTE	TIPO SISTEMA	FECHADATO	ESTADOENRED	LOCALIZACIONRELATIVA	COTA RASANTE
	119309.426	103945.352	Pluvial	1/09/2020	EnServicio	CL 192 19 43	2553.79
	119295.07	104044.636	Pluvial	1/09/2020	EnServicio	CL 192 19 43	2552.55
	119198.852	103930.441	Pluvial	1/09/2020	EnServicio	CL 192 19 43	2553.33
	119231.805	103935.312	Pluvial	1/09/2020	EnServicio	CL 192 19 43	2553.47

Figura 38: *Base de datos de la red de alcantarillado pluvial*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S



CLASE	SUBTIPO	NODO INCIAL	NODO FINAL	TIPO SISTEMA	FECHA DE INSTALACION	ESTADO EN RED
RedLocal	Interceptor o Colector Prin	7S	8S	Sanitario	1/09/2020	EnServicio
RedLocal	Interceptor o Colector Prin	8S	2S	Sanitario	1/09/2020	EnServicio
RedLocal	Interceptor o Colector Prin	2S	3S	Sanitario	1/09/2020	EnServicio
RedLocal	Interceptor o Colector Prin	100S	101S	Sanitario	1/09/2020	EnServicio

Figura 39: *Base de datos de la red de alcantarillado sanitario*
Fuente: Surface Ingeniería S.A.S

Una vez culminado el objeto de la pasantía, se resalta la importancia del conocimiento de la normatividad vigente de las entidades públicas y privadas, tanto de la ciudad donde se desempeña laboralmente, como a nivel nacional. Dado que la inexperiencia y poco dominio frente a los lineamientos afecta directamente la calidad de los productos, el tiempo de entrega y aumenta los recursos invertidos.

Para el desarrollo de las actividades del proyecto se encontró el mayor reto en la realización de los planos récord y la base de datos espacial, producto del poco dominio de las normas. Siendo este un motivo adicional para consultar y formar al futuro ingeniero topográfico, con apoyo de la empresa responsable y de los recursos didácticos y detallados de la Empresa de Acueducto de Bogotá, que tiene al servicio de manera precisa cada uno de los requerimientos para la aceptación de los proyectos.

5 RECOMENDACIONES

Al proyecto Curricular de ingeniería topográfica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y Surface Ingeniería S.A.S. Se les sugiere continuar con el convenio para que más estudiantes puedan realizar su trabajo de grado en la modalidad pasantía, la cual acerca al futuro profesional a una experiencia a la que seguramente se va a tener que enfrentar.

Es importante tener pleno conocimiento de la normatividad vigente de la empresa de acueducto, dado que es indispensable seguir correctamente los lineamientos para dinamizar los procesos de recolección y entrega de la información.

Se recomienda una metodología de trabajo concreta y programada para proyectos como este, con un volumen de información considerable se pueden cometer errores que pueden ir desde el proceso de recolección de la información hasta el proceso de cálculo.

Al futuro ingeniero topográfico se le sugiere una formación integral, fundamentada en la búsqueda constante del conocimiento, teniendo todas las herramientas otorgadas por la academia para enfrentarse en el mundo laboral. Garantizando siempre la excelencia y el dominio del entorno en el que se desenvuelve.

6 CONCLUSIONES.

Satisfactoriamente se realizó el 100% de la estructura digital del proyecto Terminal Satélite del Norte Etapa 1- Estación Temporal, de acuerdo con las normas técnicas de servicio NS-030 y NS-046, para la aprobación ante la dirección de información técnica y geográfica (DITG), de la empresa de Acueducto de Bogotá y su respectiva incorporación en el Sistema de Información Geográfica Unificado Empresarial (SIGUE.

Se efectuó la referenciación del proyecto mediante dos vértices de control en el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS, en coordenadas planas cartesianas locales origen Bogotá, con una precisión en el componente horizontal mayor a 0.015 metros y de 0.001 metros en la altura determinada geométricamente.

En el catastro de redes se identificó que el proyecto de alcantarillado pluvial se compone de 13 pozos y 11 sumideros construidos. En la red de alcantarillado sanitario se construyeron 14 pozos y 3 conexiones domiciliarias. Y en el sistema de acueducto se instalaron 19 accesorios.

Se realizó el dibujo correspondiente al levantamiento topográfico de los elementos de interés y las redes de acueducto y alcantarillado, consolidando un total de 6 planos record, 2 de cada uno de los sistemas con sus respectivos cuadros de información de los tramos, y los elementos construidos.

Se consolidó la base de datos geográfica con los atributos de todos los elementos de las redes construidas y las existentes a las que se conecta los tramos nuevos. Dando como resultado la ubicación espacial del proyecto en formato CAD y SHP, de manera que sean interoperables, contienen la información completa y estén al alcance de los usuarios que lo requieran.

7 GLOSARIO

Coordenadas Geográficas: Está compuesta por una red de líneas imaginarias que tienen referencia en el eje vertical el meridiano de Greenwich y en el eje horizontal el paralelo del Ecuador, determinando la posición de un punto a partir de distancia angular, si este pate del meridiano es longitud y si parte del paralelo se denomina latitud. (Serrato Álvarez, 2009)

Coordenadas Planas: Este tipo de coordenadas utiliza el sistema centesimal, y trabajan con un plano cartesiano, además tiene una cuadrilla de referencia denominada grilla que cuenta con líneas verticales denominadas este (E) y horizontales llamadas nortes (N). Cada zona tiene su propio sistema de coordenadas, Colombia utiliza las proyecciones de Gauss para mapas de escala general, y la cartesiana para los de escala grande. (Serrato Álvarez, 2009)

Datum: Es un punto de referencia sobre la tierra y se le asume una altura igual a cero. (García Márquez, 1994)

Desviación Típica o Estándar: Es la raíz cuadrada con signo positivo de la varianza. Es la media cuadrática de las desviaciones de los diversos valores de la variable respecto de la media aritmética. Viene expresada en las mismas unidades de medida de la variable. (Ortega Lenis & Mendez, 2019)

Geoide: Superficie con igual gravedad en cualquiera de sus puntos; que representa la Tierra teniendo en cuenta su forma irregular. Sobre esta superficie está aproximadamente el nivel medio del mar. (Wolf & Ghilani, 2008)

Intervalo de confianza: Devuelve un valor que se puede utilizar para construir un intervalo de confianza para una media de una población. El intervalo de confianza es un intervalo de valores,

donde la media de la muestra está en el centro de este intervalo. Alfa es el nivel de significación. (Romero, 2009)

Marco De Referencia: Materialización del sistema de referencia a través de puntos de control reales. (Sánchez Rodríguez, 2004)

Rango: Se obtiene de la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo; por ello, comparte unidades con los datos. (Ortega Lenis & Mendez, 2019)

Sistema De Referencia: Modelo que permite concretar en cualquier momento, la orientación, ubicación y escala de un punto tridimensional con coordenadas. (Sánchez Rodríguez, 2004)

8 REFERENCIAS

FCEIA. (14 de 10 de 2007). *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura.* Recuperado el Febrero de 2021, de http://www.fceia.unr.edu.ar/~noguera/capivfl.pdf

García Márquez, F. (1994). *CURSO BÁSICO DE TOPOGRAFÍA.* México: Árbol Editorial. Recuperado el Febrero de 2021

GIT Geodesia-IGAC. (25 de Septiembre de 2020). Aplicativo Magna Sirgas. *5.0*. Colombia. Obtenido de https://www.igac.gov.co/es/noticias/ya-esta-disponible-la-nueva-version-de-magna-sirgas-50

Ortega Lenis, D., & Mendez, F. (2019). *Univalle.* Obtenido de http://uvsalud.univalle.edu.co/colombiamedica/index.php/comedica/rt/printerFriendly/4557/3696

Romero, I. (10 de Noviembre de 2009). *Blogspot*. Obtenido de https://excelforo.blogspot.com/2009/11/analisis-estadistico-con-funciones-moda.html

Sánchez Rodríguez, L. (Octubre de 2004). *INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI.* Recuperado el Febrero de 2021, de https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/adopcion.pdf

Serrato Álvarez, P. (28 de Octubre de 2009). *PERSPECTIVA GEOGRÁFICA.* Recuperado el Febrero de 2021, de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/1718/1715

SIRGAS. (Mayo de 2020). *SIRGAS*. Obtenido de ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS/

SISTEC NS-030. (13 de Septiembre de 2018). Norma Técnica de Servicio. *LINEAMIENTOS PARA TRABAJOS TOPOGRÁFICOS*, 58. Bogotá, Colombia.

SISTEC NS-046. (24 de Octubre de 2019). Norma Técnica de Servicio. *REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN Y ENTREGA DE PLANOS DE OBRA CONSTRUIDA DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO*. Bogotá, Colombia.

Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. (2008). *TOPOGRAFÍA* (11 ed.). México: Alfaomega Grupo Editor.