ESTUDIO TOPOGRAFICO Y GEOREFERENCIACION BAJO EL MARCO DEL CONTRATO "REALIZAR ESTUDIOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS REQUERIDOS PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN".



SEPTIEMBRE DEL 2024

CONTROL DE REVISIONES		
REV	**FECHA**	**DESCRIPCIÓN**
1	**(09- 2024)**	Emitido para construcción -Aplica para informe de topografía.

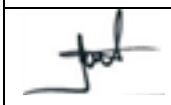
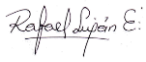
CONTROL DE COPIAS		
No. Copias	Fisica/Digital	
1	Fisica (Ejemplo)	
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
JONATHAN ALEXANDER LOPEZ GUERRERO	RAFAEL ANTONIO LUJAN ESQUIVIA	JAMILTON ECHEVERRI DIAZ
		
TOPÓGRAFO	COORDINADOR DE ESTUDIOS Y DISEÑOS	DIRECTOR DE CONSULTORÍA

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCION 6
2 LOCALIZACIÓN 6
3 SELECCIÓN DEL SISTEMA GLOBAL DE REFERENCIA 8
3.1 Datum geodésico horizontal 8
3.2 Sistema geocéntrico de referencia global 8
3.3 Sistema geocéntrico de referencia de las Américas 9
3.4 Sistema geocéntrico de referencia local 10
3.5 Coordenadas planas en Colombia 13
3.6 Selección de época de entrega información 14
3.7 Modelo de velocidades adoptado 15
3.8 Modelo geoidal para Colombia 15
4 POST – PROCESAMIENTO GPS 17
4.1 Materialización vértice GPS (Rover) 17
4.2 Selección de antenas GPS y vértices de la red MAGNA 17
4.3 Calculo de coordenadas y alturas del proyecto 18
4.3.1 Post – procesamiento GPS para asignación de coordenadas 18
4.3.2 Asignación de elevación sobre el nivel del mar 24
5 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO 27
5.1 Materialización de vértices auxiliares 27
5.2 Metodología de levantamiento con estación total 27
5.2.1 Mediciones de Azimutes (Az) 28
5.2.2 Medición de distancias horizontales (DH) 29
5.2.3 Cálculo de coordenadas 29
5.2.4 Medición de elevaciones o cotas (Z) 29
5.3 Procesamiento de la información 30
5.4 Resultados del estudio topográfico 31
6 EQUIPOS UTILIZADOS 32
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización general 7
Figura 2 Localización específica 7
Figura 3 Identificación semi eje mayor A y semi eje menor B 8
Figura 4 Coordenadas cartesianas tridimensionales 9
Figura 5 Sistema de referencia de las Américas, SIRGAS 10
Figura 6 Componente red activa y pasiva del IGAC 11
Figura 7 Red pasiva y activa del IGAC 12
Figura 8 Sistema de proyección cartográfica Gauss – Kruger 13
Figura 9 Modelo de velocidades VEMOS 2009 15
Figura 10 Modelo geoidal (cuasi geoidal) para Colombia GEOCOL 2004 16
Figura 11 Selección de antenas y vértices de la red MAGNA 18
Figura 12 Diagrama de vectores antenas de control – antena Montería 19
Figura 13 Tiempo de rastreo antenas de control – antena Montería 19
Figura 14 Coordenadas ajustadas antena Montería 20
Figura 15 Localización vértice Base SERTET 20
Figura 16 Tiempo de rastreo antena Montería – Base SERTET 21
Figura 17 Coordenadas ajustadas vértice Base SERTET 21
Figura 18 Diagrama de vectores antena Montería – Base SERTET 21
Figura 19 Tiempo de rastreo Base SERTET - BMs 22
Figura 20 Coordenadas ajustadas vértices BMs 22
Figura 21 Diagrama de vectores Base SERTET – vértices BMs 23
Figura 22 Secuencia para cálculo de altura sobre el nivel del mar 25
Figura 23 Vértices de control BMs 27
Figura 24 Ilustración de rumbos y cuadrantes 28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas Orígenes cartesianos época 2018.00 13
Tabla 2 Calendario juliano año bisiesto. 14
Tabla 3 Coordenadas semanales de las antenas seleccionadas 19
Tabla 4 Coordenadas de la Base SERTET época 2018.00 24
Tabla 5 Coordenadas de los vértices del proyecto BMs época 2018.00 24
Tabla 6 Vértices seleccionados de la red pasiva del IGAC 25

Tabla 7 Calculo de altura sobre el nivel del mar Base SERTET 26
Tabla 8 Calculo de altura sobre el nivel del mar vértices del proyecto BMs 26
Tabla 9 Verificación de elevación SNMM vértices de la red pasiva 26
Tabla 10 Cartera Coordenadas del Levantamiento Topográfico 30
Tabla 11 Coordenadas definitivas del vértice BM1 31
Tabla 12 Coordenadas definitivas del vértice BM3 31
Tabla 13 Total de puntos levantados 32
Tabla 14 Relación de equipos utilizados 32

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 Materialización vértice BM1 y BM2 17
Fotografía 2 Materialización vértice Base SERTET 22

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: ARCHIVOS CRUDOS
ANEXO 2 CALIBRACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS
ANEXO 3 POST PROCESAMIENTO GPS
ANEXO 4 FORMATO DE LOCALIZACIÓN
ANEXO 5 POLÍGONO DE CONTROL RTK
ANEXO 6 CARTERA DE COORDENADAS
ANEXO 7 PLANOS TOPOGRÁFICOS
ANEXO 8 REGISTRO FOTOGRAFICO

1 INTRODUCCION

De acuerdo con la solicitud presentada se realizó el estudio topográfico y georreferenciación para **"MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, CÓRDOBA",** bajo el marco del contrato **"REALIZAR ESTUDIOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS REQUERIDOS PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN".** El insumo base para cualquier proyecto de ingeniería relacionada con la construcción es la topografía, ya que sobre esta se pueden realizar mediciones, localizaciones, referenciaciones y cuantificación de cantidades de obra y movimientos de tierra.

Con este informe se busca soportar las diferentes actividades realizadas para la georreferenciación y levantamiento topográfico, describiendo de manera precisa las metodologías utilizadas durante los trabajos de campo para la obtención de la información que posteriormente debe ser procesada durante un trabajo de oficina haciendo uso tanto de software grafico como software de cálculo.

El desarrollo del trabajo se divide en dos componentes. El primer componente es la georreferenciación proceso en el cual se realiza una integración de la zona de estudio a un sistema de información geográfico certificado, para lo cual se hará uso de equipos GPS doble frecuencia y posteriormente se realizará un post procesamiento de la información colectada en campo para realizar los ajustes pertinentes. El segundo componente es el levantamiento topográfico, para lo cual se utilizarán metodologías establecidas durante muchos años las cuales han brindado confiablidad en la captura de datos de campo, los cuales deben ser procesados para generar planos topográficos que describan de manera gráfica los diferentes atributos de campo y las diferentes geoformas de la superficie.

Cabe resaltar que las diferentes actividades de georreferenciación y topográficas están sometidas a un grado de precisión los cuales serán garantizados dentro de su rango por esta consultoría. La importancia de lo mencionado es garantizar durante el desarrollo de la ingeniería tener todas las herramientas graficas respecto a la topografía para generar diseños confiables y certeros. El levantamiento topográfico también garantizará en el momento de cuantificar volúmenes de excavación o de relleno, una alta precisión en los cálculos respectivos, minimizando los errores relativos en los cálculos.

2 LOCALIZACIÓN

El levantamiento se realizó en el corregimiento El Tapado, municipio de Montería, departamento del Córdoba. Se encuentra en una zona topográficamente plana,

El estudio topográfico y georreferenciación en el centroide con coordenadas geográficas datum WGS84 latitud N8° 47' 21.02" Longitud W75° 49' 59.38" y altura nivelada media 13.135 msnm.

En las **figuras 1 y 2** se puede observar la localización general y especifica del levantamiento topográfico, municipio de Montería, Departamento de Córdoba.



Fuente: Google Earth y Wikipedia
Figura 1 Localización general



Fuente: Google Earth
Figura 2 Localización específica

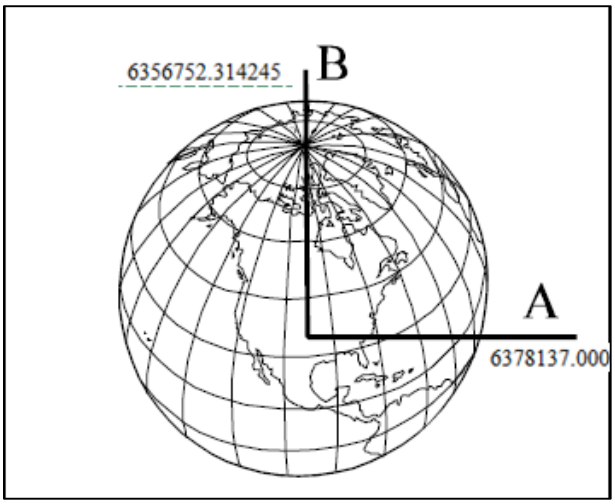
3 SELECCIÓN DEL SISTEMA GLOBAL DE REFERENCIA

La selección del sistema global de referencia, se convierte en la primera referencia global que permite ubicar el desarrollo del en un sistema de coordenadas conocido y estandarizado. De lo anterior, la necesidad de especificar el sistema seleccionado dado que será el insumo de control geográfico. A continuación, se especifica el sistema de referencia adoptado según la normatividad vigente del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

3.1 Datum geodésico horizontal

Se conoce como el conjunto de mediciones que definen la orientación de un elipsoide de referencia en la superficie terrestre. Conocer el datum geodésico de referencia, permite conocer dimensiones de una superficie cartográfica de una región especifica. Para Colombia, el datum geodésico de referencia es el WGS-84, cuyo elipsoide asociado a este sistema es GRS80.

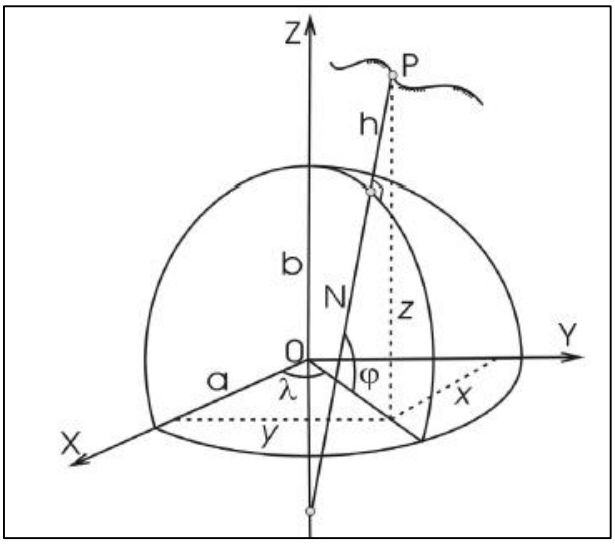
Normalmente, los sistemas de referencia o datum geodésico de cada elipsoide, están asociados a longitudes de un semi eje mayor y semi eje menor, ver **figura 3.**



Fuente: Figura 18 TeleSig-Universidad Nacional 2003
Figura 3 Identificación semi eje mayor A y semi eje menor B

3.2 Sistema geocéntrico de referencia global

Sistema de coordenadas que tiene como origen el centro de la tierra y los puntos coordenados se definen de forma cartesiana por medio de líneas paralelas desde su origen (centro de la tierra) con coordenadas ***Xo, Yo*** *y* ***Zo*** (ver **figura 4**)**.** El sistema geocéntrico de referencia adoptado por Colombia según el IGAC, es el ITRF 2014 (International Terrestrial Reference Frame 2014).



Fuente: Figura 4.1 Aspectos prácticos adopción MAGNA SIRGAS 2004
Figura 4 Coordenadas cartesianas tridimensionales

3.3 Sistema geocéntrico de referencia de las Américas

El IGAC ha adoptado como sistema de referencia de coordenadas local, el sistema MAGNA SIRGAS (*Marco Geocéntrico Nacional de Referencia – Sistema de Referencia Geocéntrico de las Américas).* El cual está compuesto por una red de estaciones GPS de alta precisión distribuidos en América del Sur. Esta red fue determinada entre los años 1994, 1995 y 1997, con una reocupación de otras antenas en el año 2007. La red MAGNA SIRGAS, corresponde a una integración de la red del Marco internacional de Referencia Terrestre (ITRF) a través de la vinculación por medio del sistema SIRGAS, Lo que garantiza que los procesos de amarres geodésicos en Colombia están asociados a un sistema de referencia global. En la **figura 5,** se observa la red SIRGAS.



Fuente: Figura 8 Adopción marco de referencia MAGNA SIRGAS 2004

Figura 5 Sistema de referencia de las Américas, SIRGAS

3.4 Sistema geocéntrico de referencia local

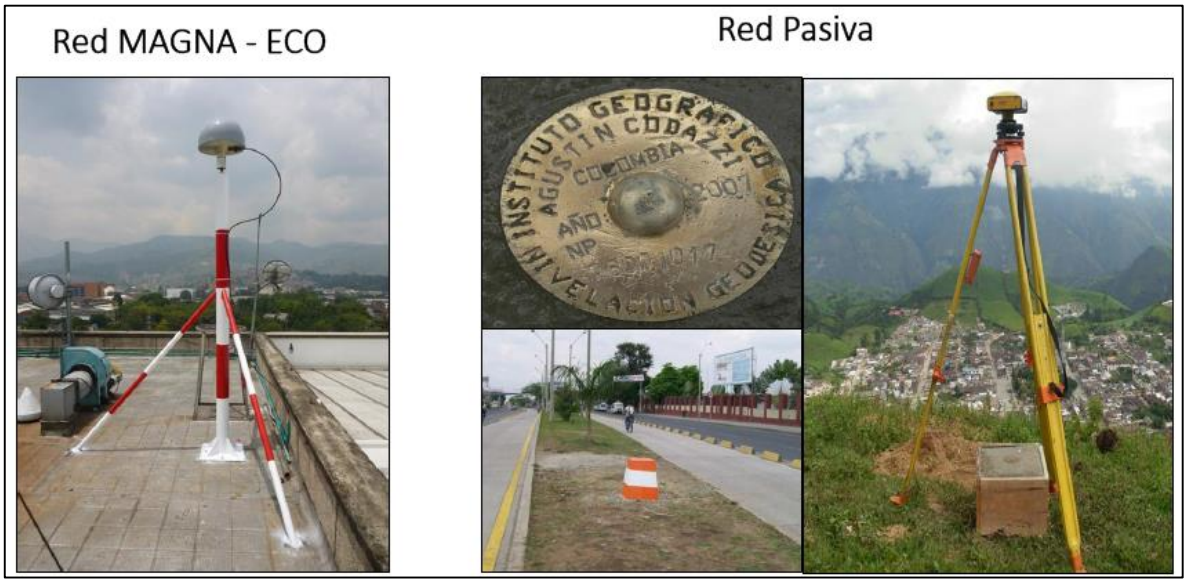
El sistema de referencia local MAGNA, está compuesto por una red de GPS de 62 estaciones localizadas en diferentes ciudades del territorio nacional ***(red activa)*** y 6966 vértices materializados a lo largo del país ***(red pasiva).*** Estas dos redes, componen la red geodésica adoptada por Colombia y administrada por el IGAC, la cual sirve de referencia para procesos catastrales, geográficos, topográficos y desarrollo de proyectos de ingeniería. Tal información, puede ser obtenida de los datos abiertos de la página del IGAC (Geodesia), en formato shapefile.

La información de la red activa del IGAC, se puede obtener de manera mensual de la página coordenadas semanales, sistema de referencia (http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/), en donde se cargan las coordenadas ajustadas en épocas

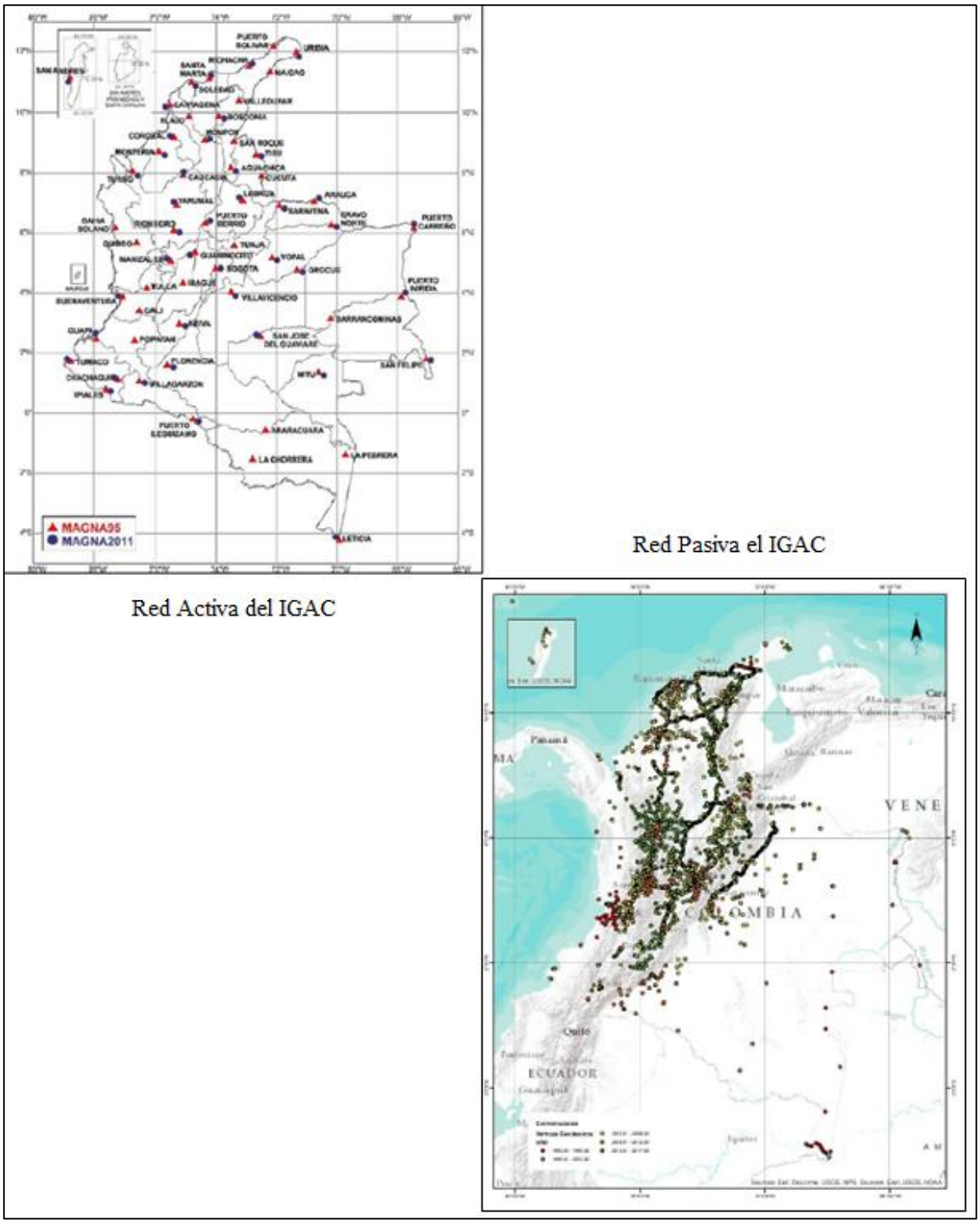
recientes de la red MAGNA SIRGAS y los archivos Rinex de las antenas GPS, de pueden descargar de la página del IGAC, datos abiertos (https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-geodesia), archivos rinex (FTP); página online donde el IGAC carga para uso libre los archivos rinex colectados en las antenas GPS. Los archivos mencionados anteriormente componen la información primordial para realizar un ajuste por post-proceso de información GPS (***latitud, longitud y altura elipsoidal)*** para proyectos, en este caso particular de Ingeniera y Topografía.

La información de la red pasiva del IGAC, se puede obtener de la página del IGAC (https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-geodesia - Datos Coordenados Red Geodésica Nacional Nuevo ITRF 2014); Archivo en formato .**xls**, en el cual esta consignada la información de los 6966 vértices materializados en todo el país. Esta información es de gran utilidad en caso de no usar la red activa para el posicionamiento de GPS base en la red pasiva y GPS rover en la zona del proyecto a desarrollar. Adicional, es de gran importancia para la asignación de altura sobre el nivel del mar, ya que estos vértices, contienen información necesaria para tal obtención.

En la **figura 6**, se puede observar el componente físico de la red activa MAGNA – ECO y el modelo tipo de los vértices materializados de la red pasiva. Adicional en la **figura 7**, se puede observar la ubicación en el territorio nacional de la red activa y pasiva respectivamente.



Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Figura 6 Componente red activa y pasiva del IGAC

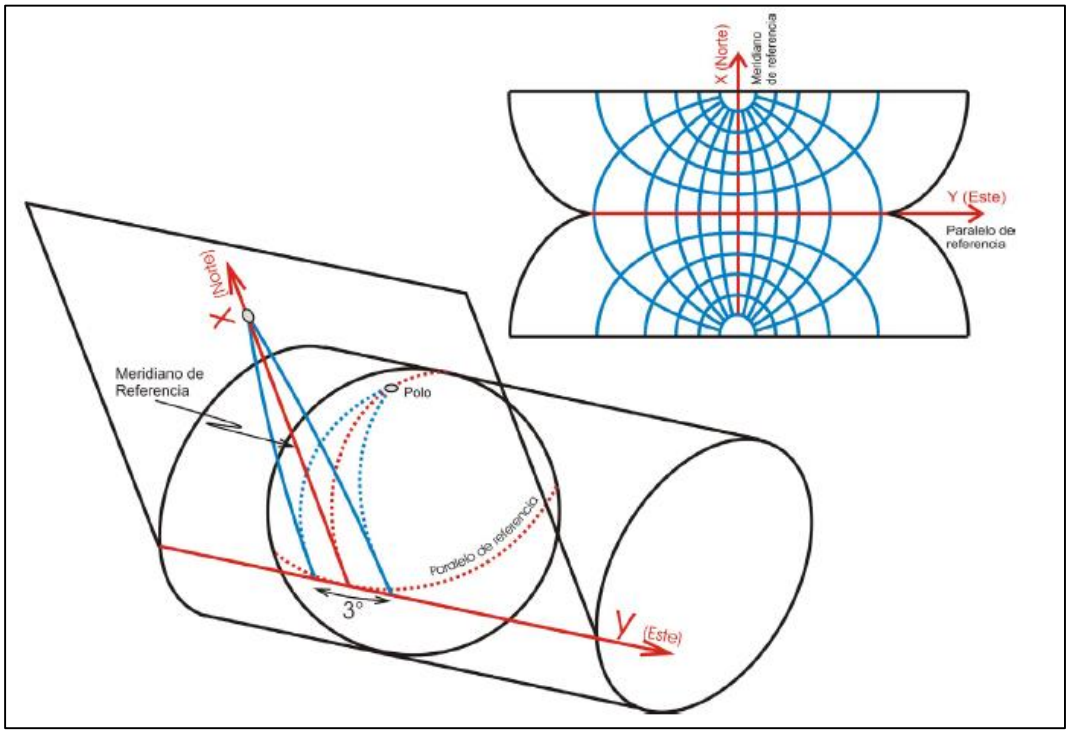


Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Figura 7 Red pasiva y activa del IGAC

3.5 Coordenadas planas en Colombia

Dada la dificultad de trabajar en un sistema de coordenadas tridimensional como sistema el sistema de coordenadas geocéntrico o elipsoidal, en Colombia se estableció un sistema de coordenadas planas denominado sistema cartográfico Gauss – Kruger, el cual corresponde a la proyección de coordenadas para Colombia en función de los meridianos y paralelos sobre un plano horizontal (sistema bidimensional). Normalmente, este sistema esta expresado en coordenadas norte y este después de transformar coordenadas geocéntricas y elipsoidales.

Colombia adopto 5 orígenes cartesianos para el desarrollo de proyectos dentro del territorio nacional, los cuales permiten encausar el área de estudio al origen más cercano y así evitar que la distorsión por curvatura terrestre, se convierta en un problema de posicionamiento global. En la **figura 8,** se observa la proyección cartográfica adoptada por Colombia y en la **tabla 1,** las coordenadas de los orígenes cartesianos actualizados al sistema de referencia geocéntrico ITFS 2014, **época 2018.00.**



Fuente: Figura 4.2 Aspectos prácticos adopción MAGNA SIRGAS 2004
Figura 8 Sistema de proyección cartográfica Gauss – Kruger

Origen	Coordenadas elipsoidales		Coordenadas Gauss-Krüger	
	Latitud (N)	Longitud (W)	Norte [m]	Este [m]
Bogotá - MAGNA	4° 35' 46,3316"	74° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Este Central – MAGNA	4° 35' 46,3316"	71° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Este Este – MAGNA	4° 35' 46,3316"	68° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Oeste – MAGNA	4° 35' 46,3316"	77° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Oeste Oeste - MAGNA	4° 35' 46,3316"	80° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0
Insular	4° 35' 46,3316"	83° 04' 39,02797"	1000000,0	1000000,0

Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Tabla 1 Coordenadas Orígenes cartesianos época 2018.00

3.6 Selección de época de entrega información

Una vez identificada la red geocéntrica de referencia, es necesario conocer la época en la cual será entregada la información geodésica del proyecto. Cabe aclarar que la información GPS es colectada en tiempo real para realizar el post-procesamiento. Sin embargo, la entrega de las coordenadas de localización del proyecto, deben ser convertidas a época de certificada por el IGAG, época actualizada durante la campaña de *(Implementación de la Actualización del Marco Geocéntrico de Referencia MAGNA-SIRGAS. Resultados y Observaciones).* En donde se establece que la época de entrega de información es: **época 2018.00**, ITRF 2014.

En este punto del trabajo, es de vital importancia aclarar que, la entrega de información en época certificada será aclarada y especificada en los diferentes anexos, etapas y planos de estudio, ya que, de no ser así, se podría incurrir en una errónea selección de las coordenadas del proyecto durante la etapa constructiva, lo cual podría generar desfases en los replanteos y referencias de los elementos diseñados. Dicho lo anterior, las coordenadas de los trabajos desarrollados actualmente (tiempo real), deben ser transformados a época certificada. La obtención de la época del posicionamiento se halla mediante la **expresión 1**.

$$Ep = A + \frac{Dj}{365} \qquad EC\ 1$$

Donde

Ep = Época de posicionamiento
A = Año de posicionamiento
Dj = Día Juliano

Julian Day Table

Add one to day number for leap years: 1972, 1976, 1980, 1984, 1988, 1992, 1996, 2000, 2004, 2008, 2012, 2016, 2020

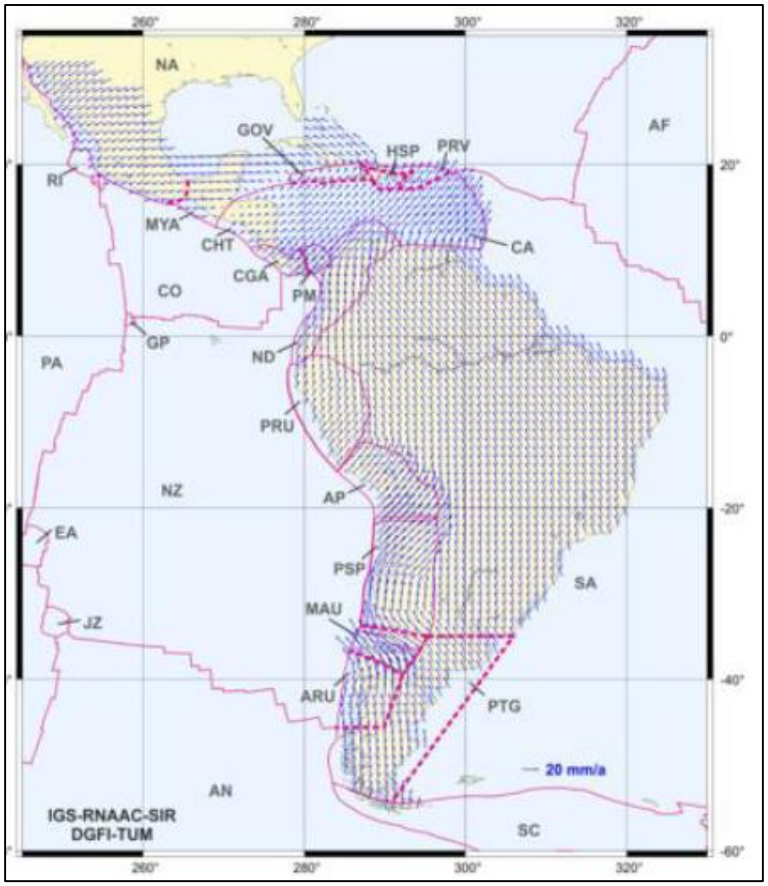
Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	001	032	060	091	121	152	182	213	244	274	305	335
2	002	033	061	092	122	153	183	214	245	275	306	336
3	003	034	062	093	123	154	184	215	246	276	307	337
4	004	035	063	094	124	155	185	216	247	277	308	338
5	005	036	064	095	125	156	186	217	248	278	309	339
6	006	037	065	096	126	157	187	218	249	279	310	340
7	007	038	066	097	127	158	188	219	250	280	311	341
8	008	039	067	098	128	159	189	220	251	281	312	342
9	009	040	068	099	129	160	190	221	252	282	313	343
10	010	041	069	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	011	042	070	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	012	043	071	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	013	044	072	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	014	045	073	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	015	046	074	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	016	047	075	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	017	048	076	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	018	049	077	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	019	050	078	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	020	051	079	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	021	052	080	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	022	053	081	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	023	054	082	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	024	055	083	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	025	056	084	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	026	057	085	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	027	058	086	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	028	059	087	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	029		088	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	030		089	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	031		090		151		212	243		304		365

Tabla 2 Calendario juliano año bisiesto.

El día juliano, se halla en la **tabla 2** para año bisiesto; para año no bisiesto se debe restar un día a cada día después del 01 de marzo. Para la transformación de coordenadas en función de la época, será empleado el software Magna Sirgas Pro 4.2

3.7 Modelo de velocidades adoptado

El cálculo de velocidades de la red SIRGAS, se realizó con base en las estaciones de la red GPS en funcionamiento, basado en procesos y proyectos de desarrollo geodinamico. Con el modelo de velocidades, se busca determinar el desplazamiento de un punto en la superficie en función del desplazamiento del centro de la tierra causado por movimientos telúricos a través del tiempo. Esta consultoría, opta como uso del modelo de velocidades, el modelo VEMOS 2009. Ver **figura 9.**



Fuente: Implementación de la actualización MAGNA - SIRGAS
Figura 9 Modelo de velocidades VEMOS 2009

3.8 Modelo geoidal para Colombia

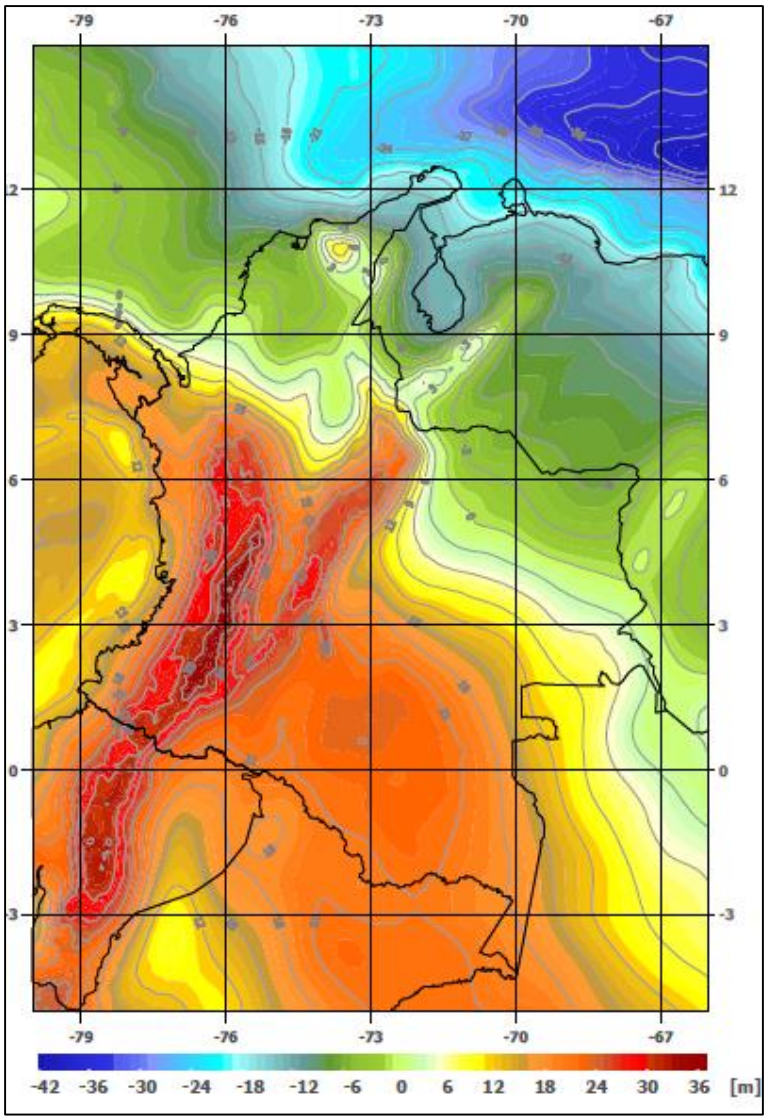
Partiendo del sistema tridimensional MAGNA SIRGAS, se puede obtener la altura elipsoidal de diferentes vértices y antenas por medio de la información certificada del IGAC y la red SIRGAS. Sin embargo, la obtención de altura de referencia para Colombia, es la altura sobre el nivel medio del mar; información que se obtiene a partir de un proceso de gravedad terrestre y de un sistema vertical de referencia (modelo geoidal, GEOCOL 2004). Ver **figura 10**.

Para la asignación de altura o elevación con referencia del nivel medio del mar, se aplica la metodología especificada en la guía "*guía metodológica para la obtención de alturas sobre el nivel*

medio del mar utilizando el sistema GPS"; metodología que especifica el proceso secuencial y lógico para asignar alturas haciendo uso de tecnología GPS. Es necesario aclarar, que para la aplicación del método es necesario conocer la altura elipsoidal y la ondulación geoidal.

- ✓ Altura elipsoidal: corresponde a la altura medida a partir de la normal elipsoidal medida como la distancia entre la superficie del elipsoide y el punto de medición.

- ✓ Ondulación Geoidal: corresponde a la distancia que hay entre el geoide y el elipsoide la cual es medida como referencia la línea real de una plomada influenciada por el efecto de la gravedad.



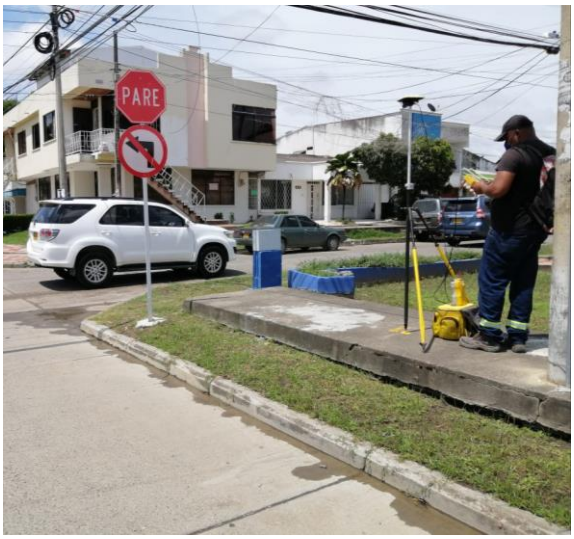
Fuente: Figura 2.7 Aspectos prácticos adopción MAGNA SIRGAS 2004
Figura 10 Modelo geoidal (cuasi geoidal) para Colombia GEOCOL 2004

4 POST – PROCESAMIENTO GPS

Una vez especificado el sistema de referencia geocéntrico tridimensional y el sistema de referencia cartográfico bidimensional, se procede a realizar el post-procesamiento de información GPS por medio de corrección diferencial. El procedimiento se explica a continuación:

4.1 Materialización vértice GPS (Rover)

Antes de iniciar el posicionamiento GPS para el proyecto, se materializo una línea base de control por medio de dos vértices denominados **BM10 y BM1**, base la cual serán el punto de partida para los diferentes procesos topográficos. En este caso la línea base se materializa con puntillas de acero y delimitados con pintura. No se utilizó platinas de bronce ya que en ocasiones anteriores la comunidad ha desprendido las platinas. La materialización de los puntos de control se realiza en áreas despejadas donde se encuentre la menor cantidad de obstáculos que puedan interferir con la colección de datos satelitales y así garantizar la mayor precisión durante el post proceso. En la **fotografía 1,** Se puede evidenciar el posicionamiento GPS en campo del **BM 10 y BM1**

	
Posicionamiento GPS-BM1	Posicionamiento GPS-BM2

Fuente: Fotografía tomada en campo
Fotografía 1 Materialización vértice BM1 y BM2

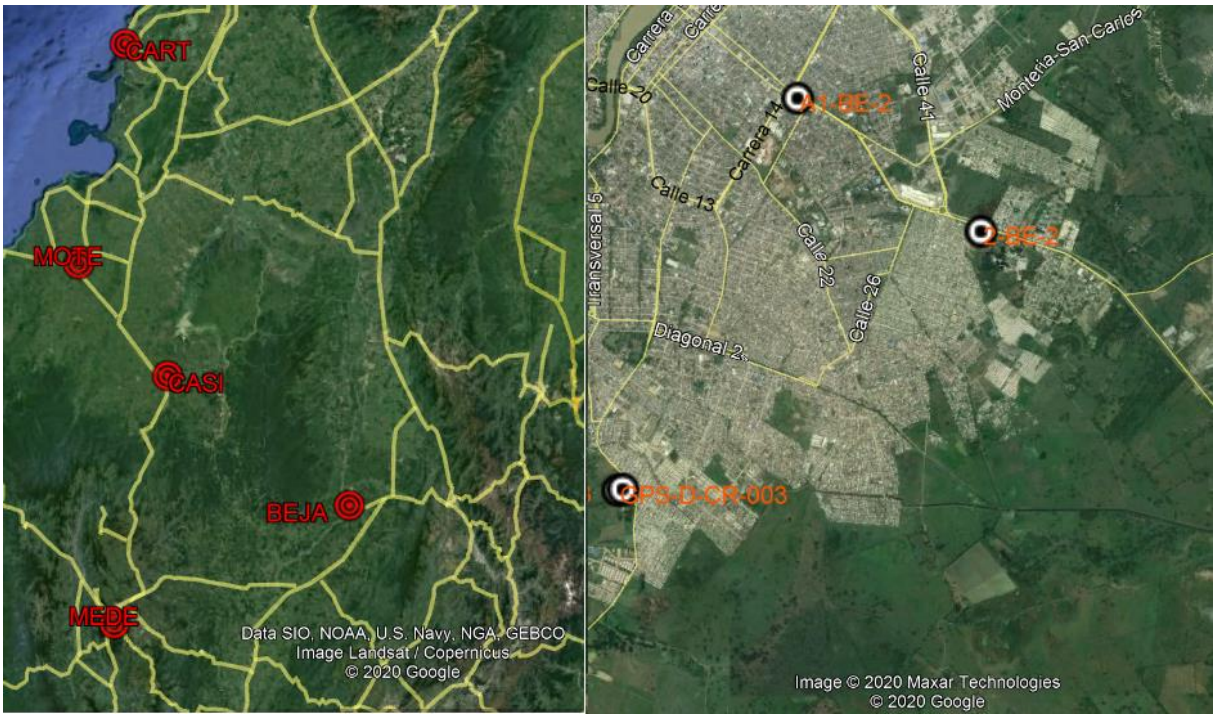
4.2 Selección de antenas GPS y vértices de la red MAGNA

Una vez materializados los vértices GPS se debe seleccionar las antenas de la red activa para asignación de coordenadas y el vértice de la red pasiva para asignación de altura sobre el nivel del mar. Tal selección se realiza en función de la ubicación de los vértices materializados en el área de estudio y se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Las antenas seleccionadas de la red activa, se deben encontrar dentro del marco geocéntrico nacional (MAGNA) con sistema de referencia geocéntrico para las Américas (SIRGAS).

Adicional, se deben seleccionar las antenas más cercanas al área del proyecto y garantizar un rastreo mínimo de 3.5 min por kilómetro de distancia. Ver **figura 11.**

- ✓ Los vértices seleccionados de la red pasiva, se deben encontrar a una distancia no mayor a 18 km con la finalidad de no afectar el proceso de cálculo por la presencia de la curvatura de la tierra. Ver **figura 11.**



Fuente: Google Earth

Figura 11 Selección de antenas y vértices de la red MAGNA

4.3 Calculo de coordenadas y alturas del proyecto

Una vez materializados los vértices del proyecto, posicionado el equipo GPS doble frecuencia (**anexo 2**) y realizada la colección de información satelital (**anexo 1)**, se procede a realizar el cálculo de las coordenadas del proyecto siguiendo la secuencia presentada a continuación:

4.3.1 Post – procesamiento GPS para asignación de coordenadas

El post procesamiento GPS se logra haciendo uso del software Leica Geo Office, el cual solicita definir los puntos de control, en este caso serán las antenas seleccionadas de la red activa del IGAC y solicita los vértices a ajustar, en este caso serán los vértices del proyecto. Con la finalidad de cumplir los tiempos mínimos de rastreo establecidos como recomendación por el IGAC, la empresa SERTET SAS, realizo el siguiente procedimiento.

- ✓ En primera instancia, se seleccionaron 4 antenas de la red activa del IGAC (**tabla 3 y figura 11**) como Atenas de control. Posteriormente, se seleccionó la antena ubicada en la ciudad de Montería como antena a ajustar; tal procedimiento se realizó ya que la antena de Montería no cuenta con coordenadas semanales reportadas por la red SIRGAS; el ajuste de la antena mencionada anteriormente, se realizó por doble determinación triangulando desde las 4 antenas

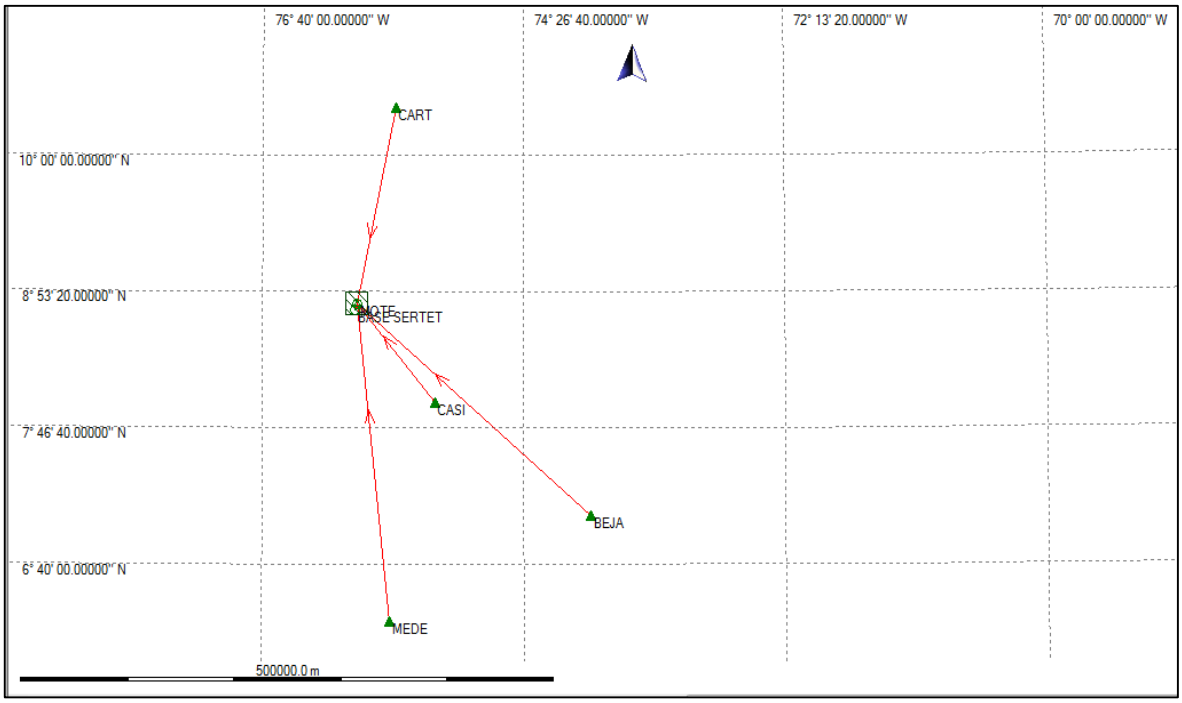
seleccionadas. En la **figura 12** se observa el diagrama de vectores, en la **figura 13** el tiempo de rastreo y en la **figura 14** las coordenadas ajustadas de la antena de Montería.

LOCAL GEODETIC DATUM: IGS14 EPOCH: 2020-03-25 12:00:00

NUM	STATION NAME	X (M)	Y (M)	Z (M)	FLAG
84	BEJA 41947M001	1758043.06216	-6081158.65787	778801.16465	A
123	CART 41902M001	1567348.76750	-6075293.43147	1142850.96726	A
126	CASI 41914S001	1613574.51558	-6107148.75242	880567.35903	A
396	MEDE 41921S001	1579608.49504	-6142783.86164	684352.52359	A

Fuente: *http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/*

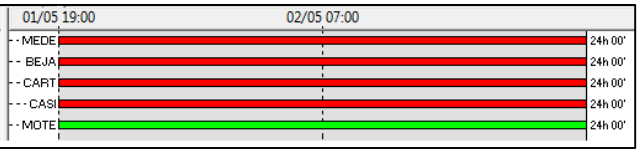
Tabla 3 Coordenadas semanales de las antenas seleccionadas



Fuente: Leica Geo Office

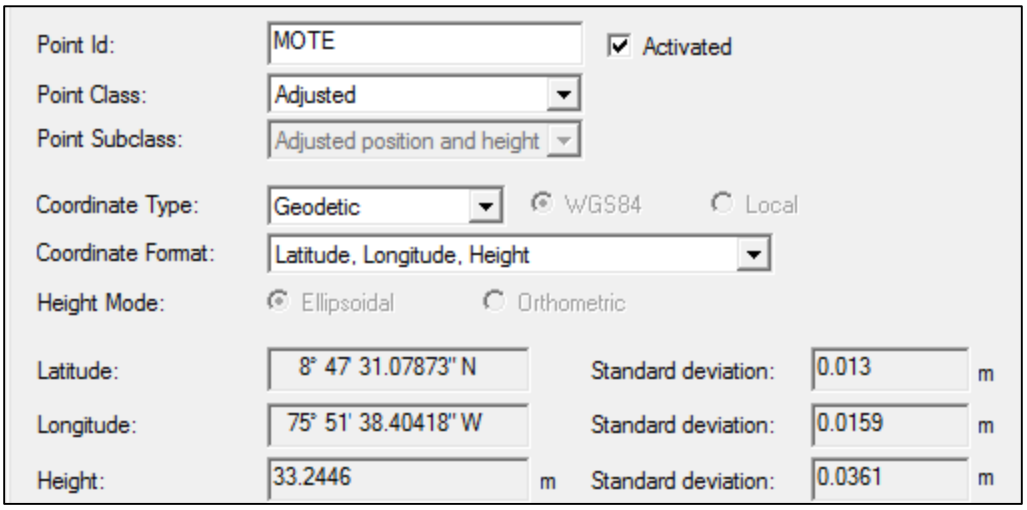
Figura 12 Diagrama de vectores antenas de control – antena Montería

Point Id	Point Cl...	Start	End	Duration	GNSS Type
MEDE	Control	05/01/2020 18:59:46	05/02/2020 18:59:31	23h 59'...	GPS/GLONASS
BEJA	Control	05/01/2020 18:59:46	05/02/2020 18:59:31	23h 59'...	GPS/GLONASS
CART	Control	05/01/2020 18:59:46	05/02/2020 18:59:31	23h 59'...	GPS/GLONASS
CASI	Control	05/01/2020 18:59:46	05/02/2020 18:59:31	23h 59'...	GPS
MOTE	Adjusted	05/01/2020 18:59:46	05/02/2020 18:59:31	23h 59'...	GPS



Fuente: Leica Geo Office

Figura 13 Tiempo de rastreo antenas de control – antena Montería



Fuente: Leica Geo Office

Figura 14 Coordenadas ajustadas antena Montería

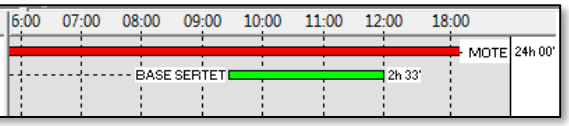
- ✓ En segunda instancia, desde la antena de Montería, se ajustó un vértice materializado y denominado base SERTET; vértice de control para los diferentes proyectos que típicamente desarrolla la presenta empresa consultora. El vértice materializado, se encuentra en la ciudad de Montería como se observa en la **figura 15**, En la **figura 16** se observa el tiempo de rastreo, en la **figura 17** las coordenadas ajustadas de la base SERTET, en la **figura 18** el diagrama de vectores y en la **fotografía 2** el posicionamiento del equipo GPS sobre el vértice SERTET.



Fuente: Google Earth

Figura 15 Localización vértice Base SERTET

Point Id	Point Cl...	Start	End	Duration	GNSS Type
MOTE	Adjusted	05/01/2020 18:59:46	05/02/2020 18:59:31	23h 59'...	GPS
BASE SERTET	Adjusted	05/02/2020 09:26:08	05/02/2020 11:59:30	2h 33' ...	GPS



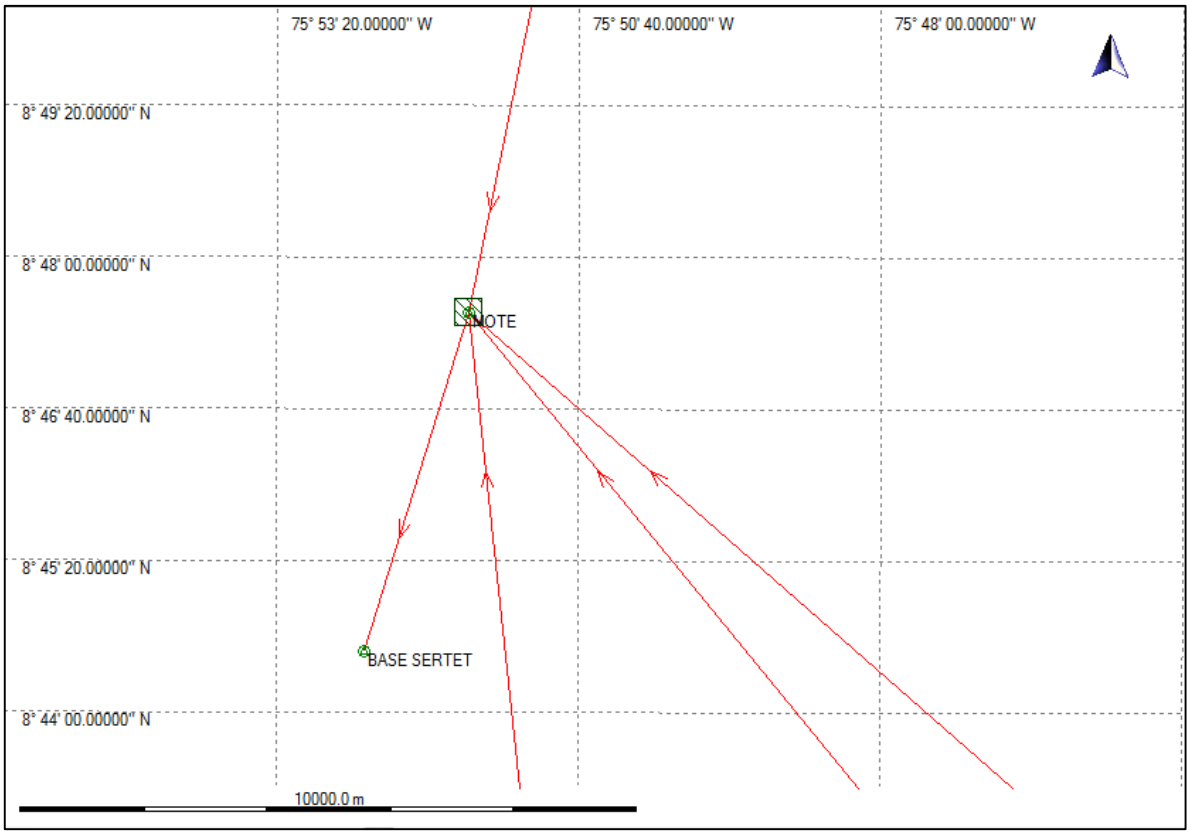
Fuente: Leica Geo Office

Figura 16 Tiempo de rastreo antena Montería – Base SERTET

MOTE - BASE SERTET	Reference: MOTE	Rover: BASE SERTET
Receiver type / S/N:	TPSGB-1000 / 222142.0	5700 / 20308919
Antenna type / S/N:	TPSCR4 CONE / 2650168.0	TRM33429.00+GP / -
Antenna height:	0.1310 m	2.0000 m
Coordinates:		
Latitude:	8° 47' 31.07873" N	8° 44' 32.54541" N
Longitude:	75° 51' 38.40418" W	75° 52' 33.23057" W
Ellip. Hgt:	33.2446 m	17.0510 m

Fuente: Leica Geo Office

Figura 17 Coordenadas ajustadas vértice Base SERTET



Fuente: Leica Geo Office

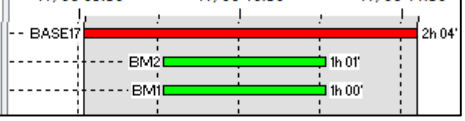
Figura 18 Diagrama de vectores antena Montería – Base SERTET

	
Posicionamiento GPS-Base SERTET	Vertice Materializado Base SERTET

Fuente: Fotografía tomada en campo
Fotografía 2 Materialización vértice Base SERTET

- ✓ Por último, desde la base SERTET se ajusta los vértices de control materializados en el área de influencia del proyecto objeto de estudio aplicando la metodología presentada anteriormente complementando que, las coordenadas de la base SERTET deben ser actualizadas a la época del posicionamiento GPS de los vértices del proyecto BMs; tal proceso se realiza asistido por el software Magna Sirgas Pro 4.2. El posicionamiento GPS en los vértices, se observa en la **fotografía 1.** En la **figura 19** se observa el tiempo de rastreo, en la **figura 20** las coordenadas ajustadas de Los BMs y en la **figura 21** el diagrama de vectores.

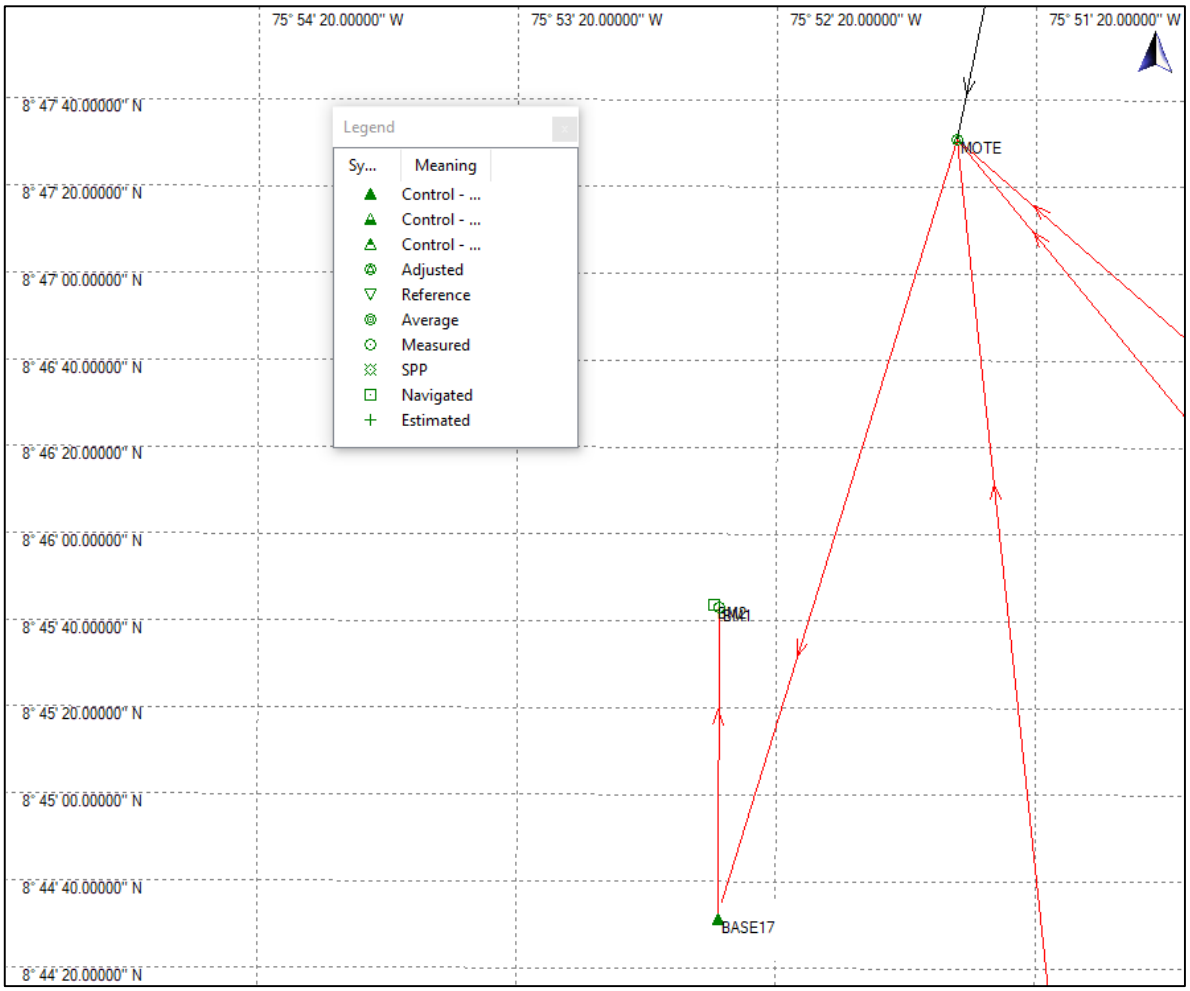
Point Id	Point ...	Start	End	Durat...	GNSS Type
BASE17	Control	06/17/2020 09:31:54	06/17/2020 11:36:14	2h 04' ...	GPS
BM2	Navigat...	06/17/2020 10:01:34	06/17/2020 11:02:16	1h 00' ...	GPS
BM1	Measured	06/17/2020 10:01:34	06/17/2020 11:01:48	1h 00' ...	GPS



Fuente: Leica Geo Office
Figura 19 Tiempo de rastreo Base SERTET - BMs

Point Id	Point Class	Date/Time	Latitude	Longitude	Ellip. Hgt.
☑ BASE17	Control	11/01/2000 09:31:57	8° 44' 32.54545" N	75° 52' 33.23052" W	17.0510
☑ BM1	Measured	06/17/2020 10:01:34	8° 45' 43.24679" N	75° 52' 33.32486" W	93.5493
☑ BM2	Navigated	06/17/2020 10:01:34	8° 45' 43.74749" N	75° 52' 34.45255" W	4.0519

Fuente: Leica Geo Office
Figura 20 Coordenadas ajustadas vértices BMs



Fuente: Leica Geo Office

Figura 21 Diagrama de vectores Base SERTET – vértices BMs

- ✓ Los reportes de los diferentes post – procesos mencionados anteriormente, se pueden evidenciar en el **anexo 3.** Adicional, en la **tabla 4 y 5** se puede observar los resultados de las coordenadas de la antena Montería, base SERTET y de los vértices del proyecto BMs (resultados del post – proceso) en época del posicionamiento y época certificada por el IGAC (**época 2018.00**). Las coordenadas presentadas en la tabla mencionada anteriormente se encuentran en el sistema tridimensional geodésico y geocéntrico y en el sistema bidimensional cartográfico Gauss Kruger.

Post procesamiento de la base SERTET desde la red activa del IGAC													
Coordenadas Elipsoidales													
Vertice	**Epoca 02-05-2020**						**Epoca 01-01-2018**						**H Elip**
	Latitud			**Longitud**			**Latitud**			**Longitud**			
	°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	
CORS Montería	8	47	31.07873	75	51	38.40418	8	47	31.07792	75	51	38.40504	33.245
Base SERTET	8	44	32.54541	75	52	33.23057	8	44	32.54460	75	52	33.23142	17.051
El modelo seleccionado de velocidades para la trasnformación de coordenadas en función de la epoca fue VEMOS 2009													
Coordenadas Geocentricas y Planas MAGNA SIRGAS ITRF14													
Vertice	**Epoca 01-01-2018**												
	Geocentrica X			**Geocentrica Y**			**Geocentrica Z**			**Norte**			**Este**
CORS Montería	1539869.037			-6112712.734			968430.3199			1464226.420			1133886.466
Base SERTET	1538448.195			-6113932.564			963009.463			1458734.910			1132228.091

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Coordenadas de la Base SERTET época 2018.00

Post procesamiento de los vertices del proyecto desde la base SERTET													
Coordenadas Elipsoidales													
Vertice	**Epoca 17-06-2020**						**Epoca 01-01-2018**						**H Elip**
	Latitud			**Longitud**			**Latitud**			**Longitud**			
	°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	
Base SERTET	8	44	32.54546	75	52	33.23052	8	44	32.54460	75	52	33.23142	17.051
BM1	8	45	43.24679	75	52	33.32486	8	45	43.24594	75	52	33.32577	16.630
BM2	8	45	43.73091	75	52	34.49733	8	45	43.73006	75	52	34.49824	16.674
El modelo seleccionado de velocidades para la trasnformación de coordenadas en función de la epoca fue VEMOS 2009													
Coordenadas Geocentricas y Planas MAGNA SIRGAS ITRF14													
Vertice	**Epoca 01-01-2018**												
	Geocentrica X			**Geocentrica Y**			**Geocentrica Z**			**Norte**			**Este**
Base SERTET	1538452.307			-6113948.907			963012.054			1458734.910			1132228.091
BM1	1538368.757			-6113628.688			965158.805			1460907.462			1132218.273
BM2	1538333.463			-6113635.278			965173.512			1460922.224			1132182.383

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 Coordenadas de los vértices del proyecto BMs época 2018.00

4.3.2 Asignación de elevación sobre el nivel del mar

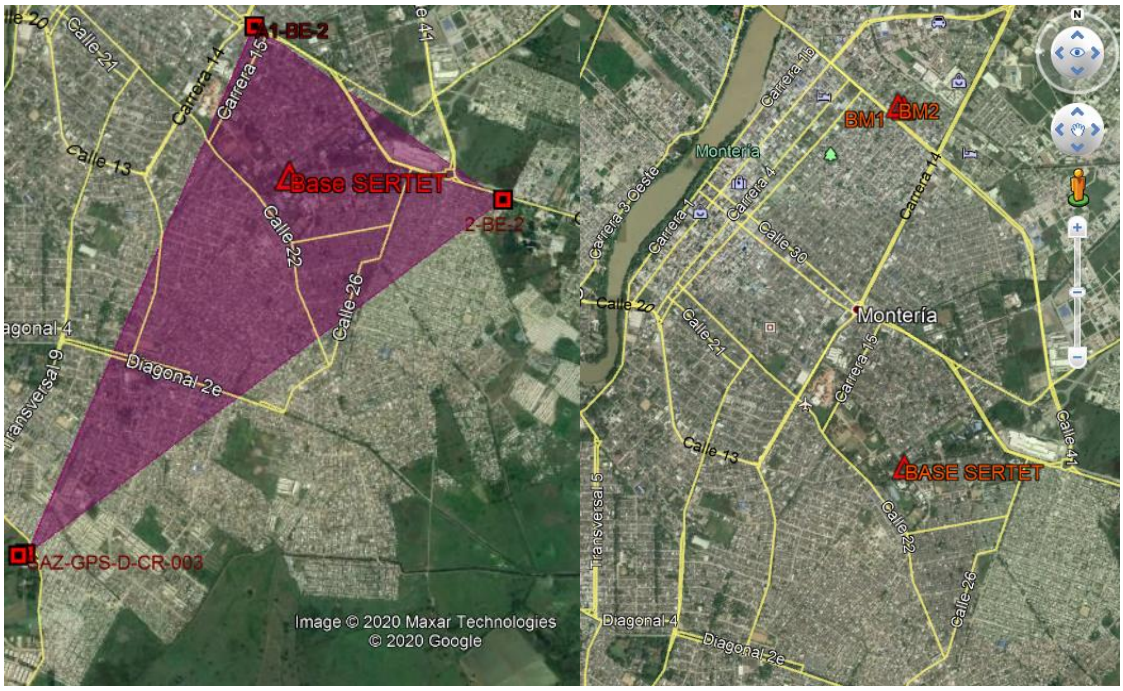
Esta consultoría utiliza la obtención de altura de un punto (*caso 1. PUNTO*), para lo cual se seleccionan tres vértices actualizados y ajustados de la red pasiva del IGAC, ver **figura 11 y tabla 6.** Posteriormente, con el software Magna Sirgas Pro 4.2, se calcula la ondulación geoidal de los vértices del área de estudio como se muestra en las tablas **7 y 8.** En primera instancia, se asigna elevación del vértice de control denominado base SERTET, posteriormente, se calcula desde la base SERTET la elevación sobre el nivel del mar de los vértices del proyecto siguiendo la secuencia mostrada en la **figura 22.** Los resultados para la obtención de altura están consignados en las **tablas 7 y 8.**

Esta consultoría a modo de control, calcula la altura sobre el nivel del mar de dos vértices seleccionados de la red pasiva; la finalidad de este procedimiento, es comparar la altura calculada por la metodología planteada por el IGAC y la altura certificada de la red pasiva, de esta forma poder garantizar la concordancia de la información de alturas y garantizar que la base SERTET y posteriormente los vértices del proyecto, quedaron ajustados de forma correcta, ver **tabla 9.**

ID	Vertice NP	Depto	Municipio	Fecha de Calculo	Alturas			Ondulación Geoidal
					Altura Elipsoidal	Altura Nivelada	Tipo de Altura	
1586	GPS-D-CR-003	Córdoba	MONTERÍA	2002	17.968	15.100	Geocol	3.590
1589	A1-BE-2	Córdoba	MONTERÍA	2002	18.107	15.409	Geométrica	3.440
1592	2-BE-2	Córdoba	MONTERÍA	2002	16.664	14.025	Geométrica	3.460

Fuente: Extraída de Certificación IGAC, red pasiva

Tabla 6 Vértices seleccionados de la red pasiva del IGAC



Fuente: Leica Geo Office

Figura 22 Secuencia para cálculo de altura sobre el nivel del mar

Vértice GPS	Altura Elipsoidal (h)	Ondulación Geocol	Altura SNMM	MATRIZ L Vector de Observaciones	MATRIZ L Corregida Vector de Observaciones	Altura SNMM Calculada
				$DH°_{GPS} = DH_i - DH_{i-1}$	DH_{GPS} Corregido	H_{GPS} Final
A1-BE-2	18.107 m	3.44 m	15.409 m	0.000 m	0.000 m	15.409 m
BASE SERTET	17.051 m	3.50 m		-1.116 m	-1.116 m	14.293 m
2-BE-2	16.664 m	3.46 m		-0.347 m	-0.347 m	13.945 m
SAZ-GPS-D-CR-003	17.817 m	3.59 m		1.023 m	1.023 m	14.969 m
A1-BE-2	18.107 m	3.44 m	15.409 m	0.440 m	0.440 m	15.409 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Calculo de altura sobre el nivel del mar Base SERTET

Vértice GPS	Altura Elipsoidal (h)	Ondulación Geocol	Altura SNMM	MATRIZ L Vector de Observaciones	MATRIZ L Corregida Vector de Observaciones	Altura SNMM Calculada
				$DH°_{GPS} = DH_i - DH_{i-1}$	DH_{GPS} Corregido	H_{GPS} Final
A1-BE-2	18.107 m	3.44 m	15.409 m	0.000 m	0.000 m	15.409 m
BM1	16.630 m	3.40 m		-1.438 m	-1.438 m	13.972 m
BM2	16.674 m	3.40 m		0.044 m	0.044 m	14.016 m
A1-BE-2	18.107 m	3.44 m	15.409 m	1.393 m	1.393 m	15.409 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Calculo de altura sobre el nivel del mar vértices del proyecto BMs

Vértice GPS	Altura Elipsoidal (h)	Ondulación Geocol	Altura SNMM Certificada Red Pasiva	Altura SNMM Calculada
A1-BE-2	18.107 m	3.44 m	15.409 m	15.409 m
2-BE-2	16.664 m	3.46 m	14.025 m	13.945 m
SAZ-GPS-D-CR-003	17.817 m	3.59 m	14.900 m	14.969 m

Fuente: Elaboración propia

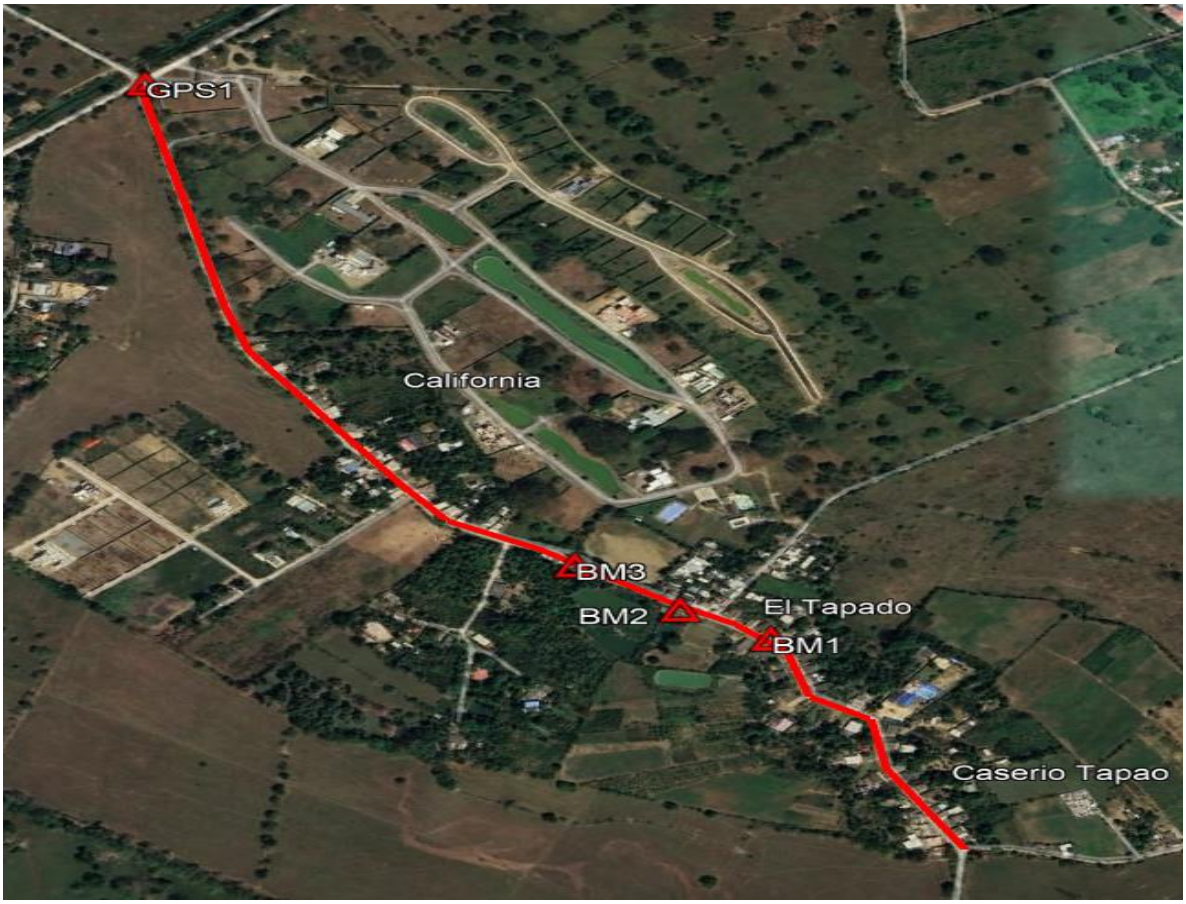
Tabla 9 Verificación de elevación SNMM vértices de la red pasiva

De la **tabla 9,** se puede deducir la precisión del método ya que al asignar alturas a los vértices de la red pasiva y comparar con las alturas certificadas por el IGAC, se encuentra que las diferencias no son significativas

5 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

5.1 Materialización de vértices auxiliares

Una vez realizado el post proceso GPS y obtenidas las coordenadas corregidas de los BMs, se genera un formato de localización como se muestra en el **anexo 4**. Adicional, En **el anexo 5** se consigna las coordenadas corregidas de los vértices auxiliares materializados correspondientes a la poligonal de control. Cabe aclarar que los vértices mencionados, son relevantes durante el levantamiento topográfico puesto que corresponden a la línea base o referencia para futuros replanteos. En la **figura 23,** se puede observar la ubicación de los vértices materializados en campo



Fuente: Elaboración propia
Figura 23 Vértices de control BMs

5.2 Metodología de levantamiento con estación total

Una vez definidas las coordenadas de los BMs y materializada la poligonal de control con tecnología RTK, Si son más de dos puntos de control de lo contrario se procede a realizar el levantamiento topográfico a partir de los 2 puntos dejados por el GPS Doble Frecuencia en el cual no abra error acumulado, para lo cual se utiliza el método de las radiaciones, donde desde un mismo delta se radian la mayor cantidad de atributos encontrados en campo. La metodología consiste en medir azimutes,

distancias horizontales y elevaciones de los puntos radiados. Para lograr tal objetivo es necesario aclarar el fundamento analítico bajo el cual la estación colecta los datos radiados.

5.2.1 Mediciones de Azimutes (Az)

Los azimutes son una medida indirecta que se encuentra de la medición o cálculo de los rumbos y se obtienen mediante la **ecuación 2**.

$$R = \tan^{-1}\frac{Ef - Ei}{Nf - Ni} \qquad EC\ 2$$

Donde

R = Rumbo
Ef = Coordenada Este del punto radiado
Ei = Coordenada Este del delta donde se arma la estación total
Nf = Coordenada Norte del punto radiado
Ni = Coordenada Norte del delta donde se arma la estación total

El rumbo es un valor angular medido desde el norte o desde el sur que va hacia el este u oeste, por tal motivo su valor angular no excede los 90°, el sentido se define dependiendo del cuadrante donde se ubica. La figura 14 permite ilustrar la dirección y el sentido de un rumbo. Una vez hallado el rumbo, se puede calcular el azimut mediante las siguientes expresiones:

Cuando el rumbo está en cuadrante I (A), R = Az
Cuando el rumbo está en cuadrante II (B), Az = 180° - R
Cuando el rumbo está en cuadrante III (C), Az = 180° + R
Cuando el rumbo está en cuadrante IV (D), Az = 360° - R

Bajo las consideraciones mencionadas anteriormente, la estación total calcula los azimutes colectados en la memoria del equipo.

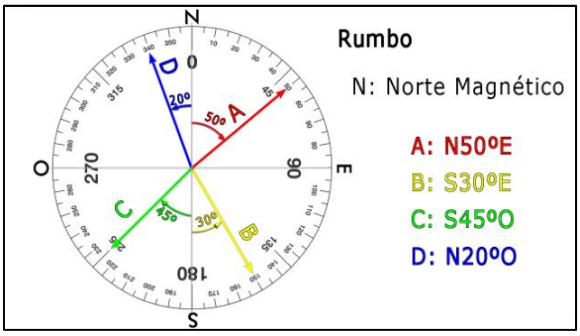


Figura 24 Ilustración de rumbos y cuadrantes

5.2.2 Medición de distancias horizontales (DH)

Las distancias horizontales son calculadas de forma trigonométrica o por medio de geometría analítica, para lo cual la estación total manda una señal que es recepcionada por el prisma, la formula con la cual la estación total calcula la DH es la presentada en la **ecuación 3**.

$$DH = \sqrt{(Nf - Ni)^2 + (Ef - Ei)^2} \qquad EC\ 3$$

5.2.3 Cálculo de coordenadas

Conociendo la DH y el Az desde el punto de armado hasta el punto radiado, se procede a calcular la coordenada Norte y Este de los puntos radiados mediante las **ecuaciones 4 y 5**.

$$Nf = Ni + DH * \cos Az \qquad EC\ 4$$

$$Ef = Ei + DH * \text{seno}\, Az \qquad EC\ 5$$

5.2.4 Medición de elevaciones o cotas (Z)

La medición de elevaciones o cotas se realiza de manera muy similar al cálculo de distancias horizontales. El sistema de medición en campo es el mismo que el de la DH, se diferencia en la función o ecuación para el cálculo de la elevación. **Ecuación 6**.

$$Z = Z_d + (Hi + \tan \propto * DH - Hp) \qquad EC\ 6$$

Donde

Z = Elevación del punto radiado
Z_d = Elevación del delta donde se arma la estación total
Hi = Altura instrumental de la estación total
.α = Angulo vertical medido en la estación total
DH = Distancia horizontal
Hp = Altura del prisma

La información de las coordenadas y cotas colectadas por radiaciones se puede observar cómo archivo crudo en el **anexo 1** y en el **anexo 6,** se consignan las coordenadas y cotas definitivas del levantamiento. De igual forma en la **tabla 10** se presenta un resumen de presentación de la cartera de coordenadas, la cual por su gran volumen se puede manejar solamente en formato digital.

NODO	NORTE	ESTE	LONGITUD	LATITUD	ALTURA NIVELADA	CODIGO
1	1463932.746	1136915.840	W75° 49' 59.33"	N8° 47' 21.20"	13.308	ANDEN
2	1463931.221	1136917.010	W75° 49' 59.30"	N8° 47' 21.15"	13.325	ANDEN
3	1463929.634	1136915.658	W75° 49' 59.34"	N8° 47' 21.10"	13.321	ANDEN
4	1463928.750	1136915.067	W75° 49' 59.36"	N8° 47' 21.07"	13.293	ANDEN
5	1463927.164	1136914.358	W75° 49' 59.38"	N8° 47' 21.02"	13.135	ANDEN
6	1463927.692	1136912.514	W75° 49' 59.44"	N8° 47' 21.03"	13.070	ANDEN
7	1463929.939	1136913.619	W75° 49' 59.41"	N8° 47' 21.11"	13.281	ANDEN
8	1463931.384	1136914.744	W75° 49' 59.37"	N8° 47' 21.15"	13.321	ANDEN
9	1463934.371	1136918.183	W75° 49' 59.26"	N8° 47' 21.25"	13.307	ANDEN
10	1463932.820	1136919.093	W75° 49' 59.23"	N8° 47' 21.20"	13.344	ANDEN

11	1463349.119	1137140.636	W75° 49' 52.04"	N8° 47' 02.18"	13.517	ARBOL
12	1463334.934	1137153.604	W75° 49' 51.62"	N8° 47' 01.72"	13.328	ARBOL
13	1463335.974	1137152.513	W75° 49' 51.66"	N8° 47' 01.75"	13.421	ARBOL
14	1463336.924	1137151.724	W75° 49' 51.68"	N8° 47' 01.78"	14.091	ARBOL
15	1463338.565	1137150.539	W75° 49' 51.72"	N8° 47' 01.84"	14.956	ARBOL
16	1463931.058	1136914.547	W75° 49' 59.38"	N8° 47' 21.14"	13.319	B_3237760
17	1463409.796	1137094.573	W75° 49' 53.54"	N8° 47' 04.16"	13.621	BALISA_DE_GAS
18	1463943.430	1136961.815	W75° 49' 57.83"	N8° 47' 21.54"	12.843	BALMORAL
19	1463946.066	1136937.461	W75° 49' 58.63"	N8° 47' 21.63"	15.382	BASE_1
20	1463119.020	1137435.805	W75° 49' 42.41"	N8° 46' 54.66"	13.143	BILLAR
21	1463131.374	1137415.586	W75° 49' 43.07"	N8° 46' 55.07"	13.218	BILLAR
22	1463176.782	1137345.401	W75° 49' 45.36"	N8° 46' 56.55"	12.841	BILLAR
23	1463193.349	1137329.235	W75° 49' 45.89"	N8° 46' 57.09"	12.817	BILLAR
24	1463081.661	1137511.002	W75° 49' 39.96"	N8° 46' 53.44"	13.122	BM1
25	1463124.849	1137427.174	W75° 49' 42.70"	N8° 46' 54.85"	12.958	BM2
26	1463190.482	1137328.985	W75° 49' 45.90"	N8° 46' 57.00"	12.809	BM3
27	1463876.453	1136848.841	W75° 50' 01.53"	N8° 47' 19.37"	13.372	BORDILLO
28	1463881.217	1136845.033	W75° 50' 01.66"	N8° 47' 19.53"	13.280	BORDILLO
29	1463886.378	1136859.856	W75° 50' 01.17"	N8° 47' 19.69"	13.318	BORDILLO
30	1463890.875	1136855.748	W75° 50' 01.31"	N8° 47' 19.84"	13.279	BORDILLO
31	1463902.576	1136868.775	W75° 50' 00.88"	N8° 47' 20.22"	13.195	BORDILLO
32	1463897.960	1136872.949	W75° 50' 00.74"	N8° 47' 20.07"	13.249	BORDILLO
33	1463918.556	1136886.554	W75° 50' 00.29"	N8° 47' 20.74"	13.052	BORDILLO
34	1463914.070	1136890.645	W75° 50' 00.16"	N8° 47' 20.59"	13.176	BORDILLO
35	1463919.969	1136897.487	W75° 49' 59.94"	N8° 47' 20.78"	13.110	BORDILLO
36	1463925.316	1136894.182	W75° 50' 00.04"	N8° 47' 20.96"	13.060	BORDILLO
37	1462959.407	1137609.461	W75° 49' 36.75"	N8° 46' 49.45"	13.091	CAJA
38	1462959.108	1137609.122	W75° 49' 36.76"	N8° 46' 49.44"	13.136	CAJA
39	1462959.920	1137608.050	W75° 49' 36.80"	N8° 46' 49.46"	13.072	CAJA
40	1462960.286	1137608.815	W75° 49' 36.77"	N8° 46' 49.48"	13.124	CAJA
41	1462958.878	1137608.945	W75° 49' 36.77"	N8° 46' 49.43"	12.678	CAJA_FONDO
42	1462971.366	1137598.191	W75° 49' 37.12"	N8° 46' 49.84"	12.784	CALLEJON
43	1462972.294	1137596.429	W75° 49' 37.18"	N8° 46' 49.87"	12.764	CALLEJON
44	1462979.533	1137601.100	W75° 49' 37.02"	N8° 46' 50.10"	12.874	CALLEJON

Fuente: Elaboración propia
Tabla 10 Cartera Coordenadas del Levantamiento Topográfico

5.3 Procesamiento de la información

A continuación, se hace una descripción rápida de los procedimientos que se llevaron a cabo para el procesamiento de la información que se recolectó en campo por parte de la comisión de topografía. Esta descripción resume los diferentes pasos y los programas que se tienen en cuenta para poder llegar hasta el producto final que son las carteras editadas, y planos definitivos con accidentes geográficos y detalles generales de campo.

Una vez se ha realizado el levantamiento topográfico y se tienen almacenados todos los puntos con sus características (Norte, Este, Cota y Código), se inicia a procesar la información recogida en

campo. Se inicia a descargar la información de la estación total por medio de exportación de archivos crudos que arroja el equipo, la información se encuentra ubicada en el **anexo 1 Archivos de Estación**

Posteriormente, la cartera obtenida se importa en un software de dibujo como AutoCAD Civil 3D, el cual es utilizado para procesar la información referenciada por (Norte, Este, Cota y Código) y así poder generar un modelo TIN y posteriormente graficas las curvas de nivel del levantamiento topográfico, estas curvas se generarán según las geoformas de la superficie.

Para generar los diferentes atributos que se identificaron en el trabajo de campo se utiliza el software AutoCAD, con el cual se podrá generar una capa para cada atributo o detalle tales como: paramentos, puntos de nivel, gradas, vías, postes, entre otros.

Una vez realizado el posicionamiento GPS y el levantamiento topográfico, se procede a generar una ficha de localización de los vértices materializados en campo durante el post procesamiento para que sirvan como punto de partida para la localización del proyecto. Ver **anexo 4.**

Es de gran importancia resaltar que en caso de que se pierdan los vértices materializados, el contratista durante la etapa de construcción puede utilizar la metodología soportada en el presente informe para materializar nuevos vértices o replantear los existentes con precisiones milimétricas, sin alterar la etapa de ingeniería.

Por último, se genera un plano en (planta – perfil - seciones) los cuales son el resultado grafico de los datos colectados en campo (**anexo 7).** En el **anexo 8** se consigna el registro fotográfico que sirve como evidencia de campo.

5.4 Resultados del estudio topográfico

Todas las actividades realizadas son ajustadas con el fin de minimizar los diferentes errores que se presentan durante el desarrollo de la actividad, estos errores se pueden medir mediante un grado de precisión, una elipse de error o una desviación estándar; de esta forma se puede definir la confiabilidad de la información. Ver **tablas 11 a 13.**

Coordenadas Planas y Geograficas del vertice materializado (epoca 2018.00)					
GPS	**Coordenadas Geograficas**		**Coordenadas Planas**		**Altura SNMS**
	Latitud	**Longitud**	**Norte**	**Este**	
BM1	N8° 45' 43.25"	W75° 52' 33.33"	1132218.273	1460907.462	13.972

Fuente: Elaboración propia
Tabla 11 Coordenadas definitivas del vértice BM1

Coordenadas Planas y Geograficas del vertice materializado (epoca 2018.00)					
GPS	**Coordenadas Geograficas**		**Coordenadas Planas**		**Altura SNMS**
	Latitud	**Longitud**	**Norte**	**Este**	
BM2	N8° 45' 43.73"	W75° 52' 34.50"	1460922.230	1132182.369	14.007

Fuente: Elaboración propia
Tabla 12 Coordenadas definitivas del vértice BM3

Puntos levantados	1277

Fuente: Elaboración propia
Tabla 13 Total de puntos levantados

6 EQUIPOS UTILIZADOS

Durante el trabajo de campo se utilizaron equipos topográficos electrónicos, tales como GPS de doble frecuencia. En el **anexo 2** del presente informe se encuentra la información correspondiente a los certificados de calibración y especificaciones de los equipos respectivamente. Adicional, en la **tabla 13** se consignan algunas especificaciones de los equipos empleados en el presente estudio.

Equipo	Marca	Serie/Modelo	Precisión		Alcance
GPS Doble Frecuencia	Trimble	20140764/ 4800	± (5 mm + 0.5ppm) Horizontal	± (5 mm + 1ppm) Vertical	21 frecuencias por rango
GPS Doble Frecuencia	Trimble	20308919/ 5700	± (5 mm + 0.5ppm) Horizontal	± (5 mm + 1ppm) Vertical	21 frecuencias por rango
GPS RTK	CHCX91	954881 971193	±(8mm+1ppmRsm) Horizontal	± (15mm+1ppmRsm) vertical	15 km

Fuente: Elaboración propia
Tabla 14 Relación de equipos utilizados

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ El levantamiento topográfico tuvo como finalidad en el Corregimiento el Tapado, Municipio de Montería, Departamento de Córdoba.

- ✓ La georreferenciación se realizó partiendo desde las antenas permanentes de la red activa y vértices de la red pasiva del IGAC. Generando archivos crudos solo reproducibles mas no imprimibles, ver **anexo 1.**

- ✓ Para el proceso de georreferenciación, se utilizaron equipos GPS de doble frecuencia ver **anexo 2.**

- ✓ El post proceso GPS, se realizó haciendo uso del software Leica Geo Office donde se pudieron ajustar los vértices materializados, ver **anexo 3.**

- ✓ La asignación de coordenadas y alturas sobre el nivel del mar se realizó aplicando las metodologías estandarizadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

- ✓ Se materializaron dos vértices en el proyecto durante el proceso de georreferenciación los cuales (las coordenadas) se trasladaron a época certificada por el IGAC, ver **anexo 4.**

- ✓ Durante el trabajo de campo, se materializo una poligonal abierta de control desde la cual se realizó el levantamiento topográfico y colección de datos, ver **anexo 5.**

- ✓ El levantamiento topográfico se realizó por medio de equipos GPS doble frecuencia y estación Total, generando una cartera de coordenadas donde se consignan los diferentes atributos medidos en campo, ver **anexo 6.**

- ✓ Se generó un plano en planta que permiten ver gráficamente los diferentes atributos medidos en campo con su respectiva nomenclatura y codificación. Adicional, se evidencia en el plano en planta las curvas de nivel de la superficie TIN y elevaciones, ver **anexo 7.**

- ✓ Como evidencia del trabajo realizado, se genera un registro fotográfico que soporta y evidencia el uso de equipos y personal para el trabajo desarrollado en la zona del proyecto, ver **anexo 8.**

- ✓ Se recomienda conservar el sistema de coordenadas utilizado por esta consultoría, referencia Magna Sirgas, Datum WGS84, Origen Occidental, coordenadas planas Gauss Kruger

- ✓ Se recomienda durante el proceso de localización y replanteo del proyecto verificar los vértices coordenados materializados con el fin de garantizar que los puntos no han sido movidos.

- ✓ En caso de no encontrar los vértices materializados durante la etapa de ejecución, se recomienda emplear la misma metodología y las mismas antenas y vértices de la red activa y pasiva respectivamente con el fin de no alterar el sistema de coordenadas y elevaciones definido por esta consultoría.