

**DIGITALIZACIÓN, DEPURACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS LECTURAS
INSTRUMENTALES DE LA RED SIGNAR (SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL
DE REFERENCIA)**



DANIEL SANTIAGO TORRES GONZALEZ

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFÍA
FUSAGASUGÁ**

2019

**DIGITALIZACIÓN, DEPURACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS LECTURAS
INSTRUMENTALES DE LA RED SIGNAR (SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL
DE REFERENCIA)**

DANIEL SANTIAGO TORRES GONZÁLEZ

COD: 190215126

DIRECTOR

SÓCRATES CARDONA GIRALDO

Ingeniero Topográfico

Especialista en Avalúos

**“Modalidad pasantía presentada como requisito para obtener el título de tecnólogo en
cartografía”**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
TECNOLOGIA EN CARTOGRAFÍA
FUSAGASUGÁ**

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

SÓCRATES CARDONA GIRALDO

Director de proyecto

José Tarsicio Quiroga Velázquez

Jurado

Luis Alberto Herrera Martínez

Jurado



(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias principalmente a DIOS, a mis padres y familia por los esfuerzos que a diario hicieron por mí.

Agradezco igualmente al Instituto Geográfico Agustín Codazzi por la oportunidad de realizar mi proyecto de pasantía, a mis tutoras quienes me aportaron conocimientos y experiencia.



DEDICATORIA

Dedico a mis padres este trabajo de pasantía quienes me apoyaron y creyeron en mí desde el principio.

Mi triunfo es debido al esfuerzo hecho por mis padres y al apoyo recibido por parte de compañeros, quienes me ayudaron a cumplir cada uno de los objetivos propuestos y que a pesar de las dificultades siempre propusieron una solución.



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	21
INTRODUCCIÓN	23
1. OBJETIVOS.....	24
1.1. OBJETIVO GENERAL	24
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
3. JUSTIFICACIÓN.....	26
4. MARCO REFERENCIAL.....	27
4.1. ANOMALÍAS DE GRAVEDAD	27
4.2. MEDICIÓN DE LA GRAVEDAD	29
4.3. GRAVIMETRÍA	30
4.4. GRAVIMETRÍA EN COLOMBIA.....	31
4.4.1. Clasificación de las redes gravimétricas de Colombia.	33
4.4.2. Precisión de los valores de gravedad.....	37
4.5. SIG (SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA)	37
4.6. IGAC (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI).	38
4.7. ARCGIS.....	38
5. METODOLOGÍA.....	40



5.1.	ESQUEMA METODOLÓGICO	40
5.2.	METODOLOGÍA.....	40
5.2.1.	<i>Depuración de carteras históricas de campo.</i>	<i>41</i>
5.2.2.	<i>Apoyo en documentación de la red absoluta de valores de Colombia.</i>	<i>41</i>
5.2.3.	<i>Generación de mapas de los circuitos de gravimetría depurados.</i>	<i>42</i>
6.	RECURSOS FÍSICOS Y HUMANOS	43
6.1.	<i>Humanos.</i>	<i>43/</i>
6.2.	<i>Institucionales.</i>	<i>43</i>
6.3.	<i>Físicos, Logísticos Y/O Técnicos.</i>	<i>43</i>
7.	RESULTADOS	44
7.1.	RESULTADOS PROPUESTOS	44
7.2.	LIBROS DE EXCEL POR CADA UNA DE LAS CARTERAS DEPURADAS	47
7.3.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PUNTOS	56
7.4.	BASE DE DATOS EN POSTGRESQL	58
7.5.	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE IDW Y KRIGING.....	63
7.5.1.	<i>IDW.....</i>	<i>63</i>
7.5.2.	<i>Kriging.....</i>	<i>65</i>
7.5.3.	<i>Comparación de IDW con Kriging.....</i>	<i>67</i>
7.6.	GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA.....	68
8.	CONCLUSIONES.....	75
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	77



LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1. Precisión de los valores de gravedad en Colombia.....	37
Tabla 7.1. Nombres y años de las carteras depuradas.....	46
Tabla 7.2. Tabla de resultados propuestos. Elaboración propia.	44
Tabla 7.4. Puntos de la red SIGNAR con y sin coordenadas. Elaboración propia.	56
Tabla 7.5. Muestra de puntos con coordenadas faltantes. Elaboración propia.	58
Tabla 7.6. Tabla en PgAdmin 4. Fuente PgAdmin 4.	60



LISTA DE IMÁGENES

Imagen 4.1. Valores y direcciones de gravedad en cada superficie.....	28
Imagen 4.2. Gravímetro relativo.....	30
Imagen 4.3. Gravímetro absoluto.....	31
Imagen 4.4. Estaciones de valores absolutos de gravedad de Colombia.....	33
Imagen 4.5. SIGNAR: Estaciones absolutas y red gravimétricas de primer orden.....	34
Imagen 4.6. SIGNAR: Red gravimétrica de segundo orden.....	35
Imagen 4.7. SIGNAR: Red gravimétrica de tercer orden.....	36
Imagen 7.1. Carteras depuradas	47
Imagen 7.2. Cartera 97-06..	48
Imagen 7.3. Cartera 97-08	48
Imagen 7.4. Cartera 97-09	49
Imagen 7.5. Cartera 97-10	49
Imagen 7.6. Cartera 10-11.	50
Imagen 7.7. Cartera 97-12.	50
Imagen 7.8. Cartera 98-01	51
Imagen 7.9. Cartera 98-02.	51
Imagen 7.10. Cartera 98-04.	52
Imagen 7.11. Cartera 98-05	52
Imagen 7.12. Cartera 99-01	53
Imagen 7.13. Cartera 99-02	53
Imagen 7.14. Cartera 2000-1 1 / 2	54



Imagen 7.15. Cartera 2000-1 2 / 2	54
Imagen 7.16. Cartera 2004 G-046.....	55
Imagen 27.17 Cartera 2004 G-175.....	55
Imagen 7.18. Cartera 2005.....	56
Imagen 7.19. Gráfico de porcentajes	57
Imagen 7.20. Base de datos en PostGIS.	58
Imagen 7.21. Tablas de la base de datos	59
Imagen 7.22. Tabla de PostGIS	59
Imagen 7.23. Creación de la conexión a QGIS.....	61
Imagen 7.24. Detalles de la conexión a QGIS	61
Imagen 7.25. Conexión a PostGIS	62
Imagen 7.26. Carteras con puntos de mayor altura.....	63
Imagen 7.27. Leyenda temática	69
Imagen 7.28. Información del mapa	69
Imagen 7.29. Entes productores de la información.....	70
Imagen 7.30. Contenido de carpeta de anexos.....	74
Imagen 7.31. Carpetas detalladas de anexos.....	74



(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 7.1. Cartera de campo histórica.....	46
Fotografía 7.2. Datos de las carteras de campo	46
Fotografía 7.3. Apoyo en documentación.....	62



LISTA DE FIGURAS

Figura 7.1. Método IDW.....	64
Figura 7.2. Método Kriging.	66
Figura 7.3. Mapa General de puntos de gravimetría.....	71
Figura 7.4. Mapa de la línea SS-6 Bucaramanga - Barrancabermeja	72
Figura 7.5. Cartera 97-07 línea NA-1 y CW-2	73
Figura 7.6. Cartera 98-06 línea NA-1	73



RESUMEN

En el presente documento se muestra el proyecto que se llevó a cabo durante la pasantía realizada en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), se apoyó en los procesos de depuración y análisis de las lecturas instrumentales, consignadas en carteras de campo históricas, cuyo fin es digitalizar estas en el formato estandarizado por el IGAC “Registro de observaciones gravimétricas” F30100-20/17.V5. En este sentido se darán a conocer los métodos y tratamiento que se aplica a la información contenida en las carteras para su correcta depuración, además se realiza un control de calidad de las mismas por parte de la persona encargada para verificar que se minimice la incoherencia de los circuitos de toma de datos de valores de gravedad, la digitalización de las lecturas instrumentales y definición de la nomenclatura de los puntos. Se realiza una asistencia en cuanto a la documentación de la nueva Red Gravimétrica nacional de Colombia, con el fin de apoyar la generación de la cartografía de este proyecto y la introducción de las carteras a una base de datos espacial creada previamente. Dentro del presente documento se encuentra el cronograma con los tiempos de las actividades a desarrollar y los resultados finales de cada una de estas, se da a conocer la metodología para la depuración de carteras y la generación del mapa de REDGRABCO, por otro lado encontramos el planteamiento del problema y la justificación del proyecto, un marco referencial donde se da a conocer las bases conceptuales y teóricas en las que se basa el proyecto de pasantía, se expone también los recursos físicos tanto como de recurso humano, necesarios para ejecutar las actividades planteadas mediante los objetivos específicos, que también se encontraran en el documento. A su vez se describen los impactos esperados por el proyecto de pasantía.

Palabras claves: Gravimetría, depurar, lecturas instrumentales, red gravimétrica, coordenadas, bases de datos.



ABSTRACT

This document shows the project that was carried out during the internship at the IGAC, supported the processes of purification and analysis of instrumental readings, consigned in historical field portfolios, whose purpose is digitize these in the format standardized by the IGAC "Record of gravimetric observations" F30100-20 / 17.V5. In this sense, the methods and treatment that will be applied to the information contained in the portfolios for their correct purification will be given, in addition, the quality of the same will be controlled by the person in charge of verifying that the inconsistency of the circuits of taking data of gravity values, the digitalization of the instrumental readings and the definition of the nomenclature of the points. Assistance will be provided regarding the documentation of the National Red Network of Colombia, in order to support the generation of the cartography of this project and the introduction of the portfolios to a database of the specialty of the Navy. Within the present document there is a chronogram with the times of the activities for the development and the final results of each of these, I refer to the methodology for the purification of portfolios and the generation of the REDGRABCO map, on the other hand we find the approach of the problem and the justification of the project, a referential framework where the conceptual and theoretical bases on which the internship project is based are exposed, physical resources are exposed as well as the human resource, it is needed to execute the activities raised by the specific objectives, which was also found in the document. In turn, the expected impacts of the internship project are described.

Keywords: Gravimetry, debugging, instrumental readings, red gravimetric, coordinates, databases.



INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se presenta el proceso y resultados de la pasantía realizada en las instalaciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) el cual es el ente oficial encargado del manejo y producción de información geográfica y cartográfica de Colombia. Las prácticas de pasantía fueron desarrolladas en el Grupo Interno Trabajo de Geodesia adjunto a la subdirección de geografía y cartografía. Las labores llevadas a cabo se representan en la depuración de carteras de campo históricas almacenadas en el archivo del instituto, las cuales por necesidad del área de gravimetría debían ser digitadas para su correspondiente procesamiento, en el documento también se logra evidenciar el proceso ejecutado después de la digitación de las nombradas carteras, la alimentación de una base de datos, la georreferenciación de los puntos presentes en los circuitos de medición y la cartografía generada a partir de la información recolectada y producida.



1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Digitalizar y analizar lecturas instrumentales de la red SIGNAR, como apoyo a la consolidación y mantenimiento de la red gravimétrica absoluta de Colombia.

1.2. Objetivos específicos

- Depurar carteras de campo de lecturas instrumentales.
- Apoyar al grupo de gravimetría en la documentación de la red de valores de gravedad de Colombia y en el análisis estadístico de los datos depurados.
- Generar cartografía que represente los circuitos de gravedad de las carteras de campo depuradas.



2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la información geográfica debe estar al alcance de todos, debido a esto se presenta un gran inconveniente al tener los datos recolectados en campo, en carteras análogas de gravimetría, esto conlleva a que se dificulte el acceso en el momento que se desee disponer de ésta, puesto que se encuentra, archivada en las oficinas del IGAC. Lo que requiere el proyecto de pasantía es tener la información digital para realizar un acoplamiento con la red actual de gravimetría y su correcto ajuste.

Pregunta problema ¿Se hace necesaria la depuración de la información almacenada en carteras de campo históricas, y realizársele un análisis estadístico?



3. JUSTIFICACIÓN

Debido a que las mediciones gravimétricas contenidas en carteras de campo entre los años 1997 y 2005 no se encuentran disponibles en formato digital, tampoco almacenadas aún en alguna base de datos que permita su manejo y consulta de manera rápida y eficaz, se opta por digitalizarlas en un formato de Excel, donde quede disponible para la integración de dicha información a la red gravimétrica actual, la cual se pretende procesar en conjunto permitiendo un mejor amarre de la información. Esto ayuda a generar un modelo robusto de información gravimétrica para la definición tanto de altura físicas como el potencial para Colombia. Depurar las carteras de campo se hace necesario para lograr calcular el valor de gravedad de los puntos que las conforman, además es importante tener información detallada de los puntos mencionados anteriormente, porque los datos que se tienen de estos son antiguos.



4. MARCO REFERENCIAL

Los primeros fundamentos acerca de la gravimetría se dan a conocer en los siglos XVII y XVIII, pero a lo largo de la historia se ha podido contemplar el gran desarrollo de esta práctica, tanto en la cobertura gravimétrica, ya sea en los continentes o en los océanos, y en la exactitud que se ha adquirido en sus mediciones.

Como primera fase en la gravimetría se encuentran grandes aportes como los de Stevin (1548-1620), y Galileo Galilei (1564-1642) quienes fueron los que establecieron las primeras bases en las que se basó Huygens (1629-1695) para la construcción del primer péndulo, para que alrededor del año 1666 Newton (1643-1727) reconociera la caída libre de los cuerpos, como un caso especial de la gravitación y así publicar en 1687 la ley de gravitación en “*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*”, estos grandes descubrimientos han dado paso a un inmenso campo de estudio el cual con el tiempo como lo hemos mencionado anteriormente, ha evolucionado.

4.1. Anomalías de gravedad

Moreno, C. (2014) dice que las anomalías de gravedad constituyen una de las herramientas principales en gravimetría y al mismo tiempo un dato básico para el análisis y resolución de la forma de la Tierra (Moreno, C. 2014). Para entender mejor lo que es una anomalía de gravedad podemos observar la Imagen 4.1.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

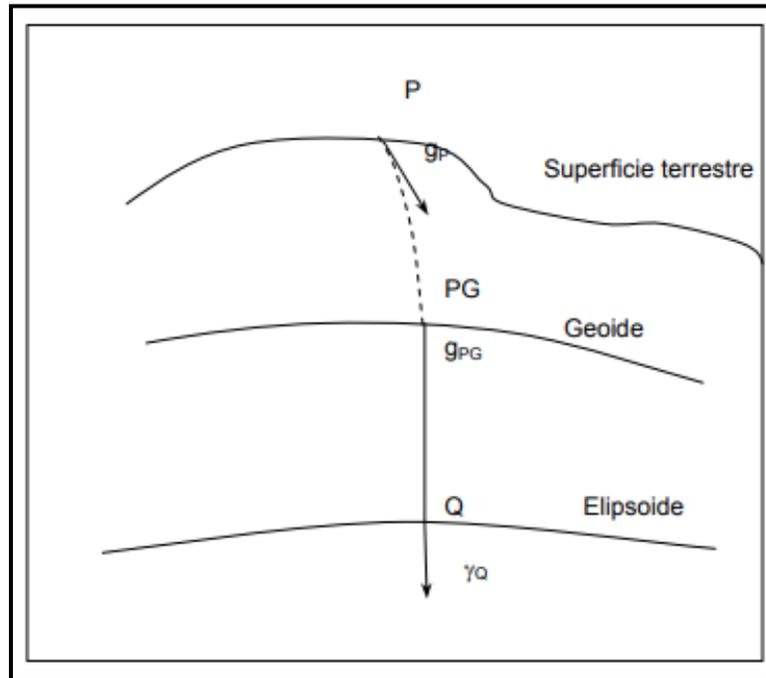


Imagen 4.1. Valores y direcciones de gravedad en cada superficie.

La Unidad Docente Geofísica y Prospección (UDGP) dice que considerando el valor de g_{PG} , y comparándolo con el valor teórico de la gravedad sobre el elipsoide λ_Q en el punto Q, la diferencia entre estos dos valores se conoce como anomalía de gravedad, y este valor se asignado a la superficie del geoide al punto PG.

Además de esto el vector de la anomalía de la gravedad es considerado como la desviación relativa de la gravedad, porque este valor en grados, cuantifica la diferencia existente entre las direcciones de la gravedad o línea de plomada y la dirección de la gravedad normal. Esta desviación relativa de la vertical se expresa por las componentes en la dirección N-S y E-O y a través de estas es posible resolver la forma del geoide (UDGP, 2002).



Teniendo claro la definición de gravimetría y anomalías de la gravedad así mismo como su historia a través del tiempo, se procederá a dar cuenta del proceso para medir la gravedad de la tierra.

4.2. Medición de la gravedad

(Lehmann, 1980) nos proporciona instrucciones detalladas para la realización de las mediciones de la gravedad de la tierra, así como las instrucciones de campo y las especificaciones típicas de exactitud de las mismas.

En el segundo capítulo del manual mencionado anteriormente se encuentran los requisitos de precisión, en donde se describe el objetivo principal de una estación base de gravedad, el cual es proporcionar una referencia exacta de gravedad absoluta sobre la cual basar las encuestas de gravedad regionales relativas. Encontramos tres tipos de precisión:

- Precisión de la posición geográfica.
- Precisión vertical.
- Precisión de la gravedad.

Para medir la gravedad en ciertos puntos de la tierra se debe tener en cuenta, que se debe realizar un circuito, este procedimiento es necesario para eliminar la deriva instrumental del gravímetro, la cual según el ítem 4.21 del IVM “Es la variación de la indicación a lo largo del tiempo, continua o incremental, debida a las variaciones en las propiedades metrológicas de un instrumento de medición”, hay que tener en cuenta también que el transporte del equipo debe realizarse de manera muy cuidadosa, puesto que por vibraciones fuertes o golpes puede causar daños y causar así error a la hora de medir (Lehmann, 1980).

4.3. Gravimetría

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) define la gravimetría como la disciplina que se encarga del estudio y medición del campo gravitatorio terrestre, dicha medición según este instituto se puede realizar mediante diferentes técnicas y equipos, hay dos tipos de gravímetros y son: los relativos que registran la diferencia de gravedad entre puntos y los absolutos que miden la aceleración de la gravedad local (IGN, 2012), en comparación a lo dicho anteriormente Antokoletz dice que la medición de la gravedad se puede hacer de dos formas, una de manera absoluta que consiste en medir cantidades fundamentales de la aceleración: distancia y tiempo, teniendo estas dos cantidades se puede calcular la gravedad en un punto. Para el segundo método, de manera relativa, se restringe el sensor para que detecte directa o indirectamente alguna de las cantidades mencionadas (Antokoletz E., 2017).



Imagen 4.2. Gravímetro relativo.

Recuperado de: <http://www.mat.ucm.es/deptos/as/infraestructuras.php>

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)



Imagen 4.3. Gravímetro absoluto.

Recuperado de: <http://geofisica-guszav.blogspot.com.co/2013/04/laboratorio-geofisico-subteraneo.html>

Para finalizar en complementación a lo anteriormente dicho Hydro-Geophysics (2018) afirma que existe otro modo de proceder en las mediciones y se denomina como gravimetría diferencial en el tiempo, la cual consiste en tomar la medida relativa en dos momentos distintos, ver si ha cambiado y, en caso afirmativo, atribuir dicha variación a la modificación del subsuelo en dicho intervalo temporal (Hydro-Geophysics, 2018).

4.4. Gravimetría en Colombia

Moisés y Calderón (2016) dan a conocer los avances que se han producido en cuanto a la información gravimétrica existente del país, para lo cual se refieren al mareógrafo de Buenaventura como primer punto de partida para la nivelación geodésica y adicionalmente la generación de una red de primer orden gravimétrico, conformada por tres estaciones con valor



(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

absoluto de gravedad, Bogotá, Honda y Cartagena, contando también con dos estaciones intermedias en Albán y Villeta (Moises, L. y Calderón, C., 2016)

En Colombia se habla de red gravimétrica o Sistema Gravimétrico Nacional de Referencia (SIGNAR). Por esta razón el IGAC (2018) en su página oficial, informa que él mismo se ha dado a la tarea de medir el campo gravitacional terrestre sobre los NP'S o líneas de nivelación, las cuales se ubican en las principales vías de Colombia, estas mediciones se realizan para la definición del Marco Internacional de Referencia de Altura (IHRF) y Sistema Internacional de Referencia de altura (IHRS), como en la definición del modelo cuasi-geoide actualizado para Colombia.

Las mediciones realizadas fueron con instrumentos gravimétricos relativos como LaCoste & Romberg, para las primeras campañas se usaron gravímetros Worden. Los valores de gravedad están referidos al datum IAGBN (Internacional Absolute Gravity Basestation Network) y el cual coincide con el IGSN71 (Internacional Gravity Standardization Net), todo esto con el fin de realizar un ajuste en bloque y el resultado de este sea utilizado para la obtención de números geopotenciales, estos valores nos permiten hallar de distintas maneras alturas físicas dinámicas, normales y ortométricas (IGAC, 2018).

4.4.1. Clasificación de las redes gravimétricas de Colombia.

4.4.1.1. Red de orden cero: Estaciones absolutas. (IGAC 2018). Ver (Imagen 4.4).

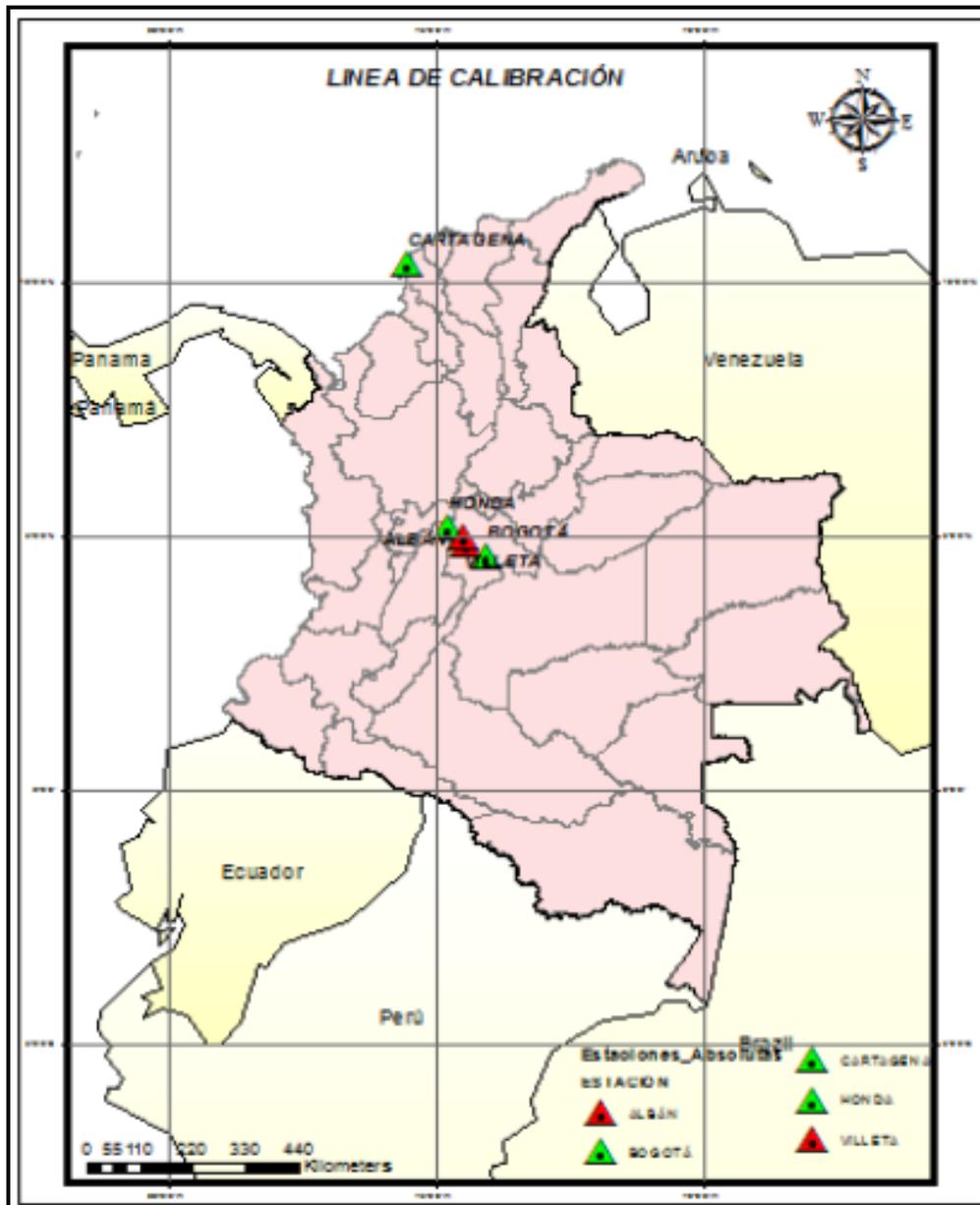


Imagen 4.4. Estaciones de valores absolutos de gravedad de Colombia.

Recuperado de: Compilación de la información gravimétrica y de nivelación de Colombia, Pg. 3, IGAC, subdirección de geografía y cartografía, GIT Geodesia, 2016.

4.4.1.2. *Red de primer orden: Estaciones de establecidas a partir de las absolutas y conexiones con los países vecinos entre 1995 y 1999. Estas estaciones han sido materializadas. (IGAC 2018). Ver (Imagen 4.5).*

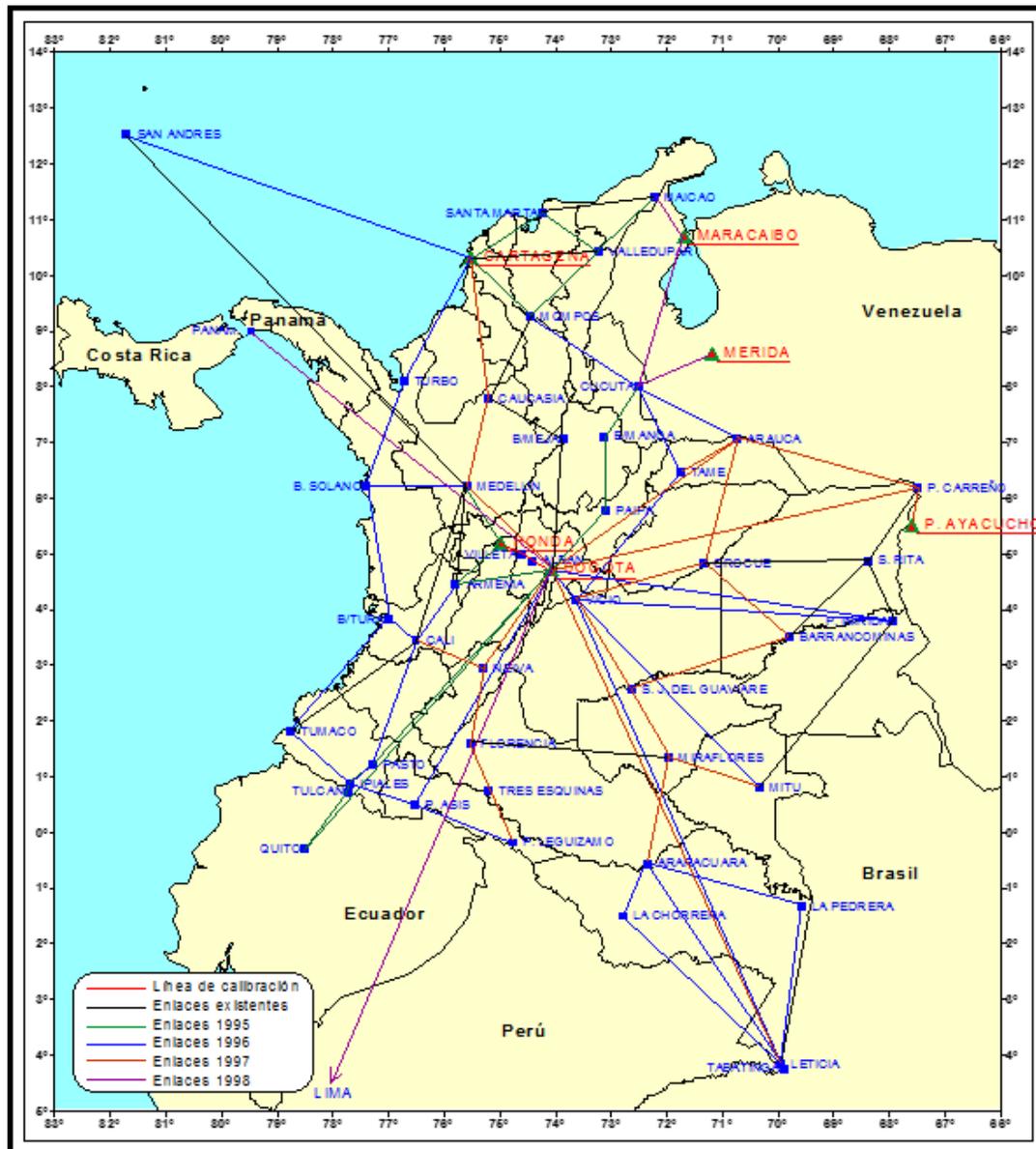


Imagen 4.5. SIGNAR: Estaciones absolutas y red gravimétrica de primer orden.

Recuperado de: <https://www.igac.gov.co/es/contenido/tramites-y-servicios/red-gravimetrica>

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

4.4.1.3. Red de segundo orden: Contiene las estaciones medida con gravímetros LaCoste & Romberg en la red de 1958 y las estaciones RELANG e IGSN71 que no fueron materializadas, dado que la incertidumbre de su ubicación exacta desmejora la precisión de los valores de gravedad. (IGAC 2018). Ver (Imagen 4.6).



Imagen 4.6. SIGNAR: Red gravimétrica de segundo orden.

Recuperado de: <https://www.igac.gov.co/es/contenido/tramites-y-servicios/red-gravimetrica>

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

4.4.1.4. Red de tercer orden: *Corresponde a las líneas gravimétricas, las cuales se han medido sobre los puntos de nivelación de primer orden con el propósito de corregir la nivelación geométrica por efecto de la gravedad. (IGAC 2018). Ver (Imagen 4.7).*

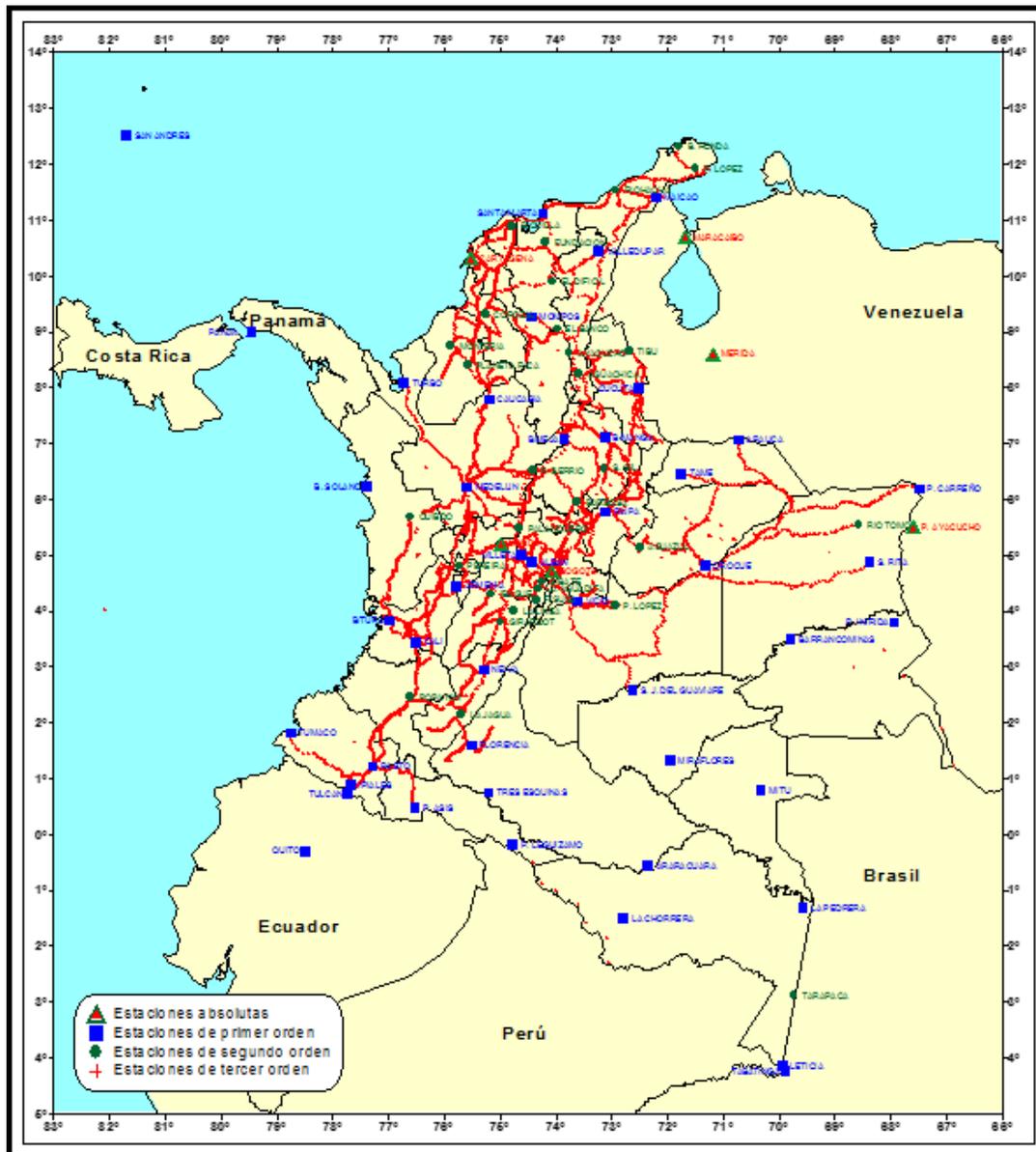


Imagen 4.7. SIGNAR: Red gravimétrica de tercer orden.

Recuperado de: <https://www.igac.gov.co/es/contenido/tramites-y-servicios/red-gravimetrica>

4.4.2. Precisión de los valores de gravedad.

Red (orden)	Tipo de medida	Tipo de gravímetro	Precisión gravedad	Precisión altura	Precisión coordenadas	Interespaciado	Cantidad de estaciones
0	Absoluta	JILA / AXIS	$\pm 0,010$ $\times 10^{-5}$ ms ⁻¹	$\pm 2,00$ m	$\pm 20,00$ m	500-1000 km	3 a 5
1	Relativa	LaCoste & Romberg	$\pm 0,020$ $\times 10^{-5}$ ms ⁻²	$\pm 2,00$ m	$\pm 20,00$ m	250 km	15 a 20
2	Relativa	LaCoste & Romberg Scintrex	$\pm 0,050$ $\times 10^{-5}$ ms ⁻²	$\pm 2,00$ m	$\pm 20,00$ m	El necesario	El necesario
3	Relativa	LaCoste & Romberg Scintrex Worden	$\pm 0,100$ $\times 10^{-5}$ ms ⁻²	$\pm 0,01$ m	$\pm 20,00$ m	10 km áreas planas 5 km áreas montañosas	1000 a 12000

Tabla 4.1. Precisión de los valores de gravedad en Colombia.

Recuperado de: <https://www.igac.gov.co/es/contenido/tramites-y-servicios/red-gravimetrica>

4.5. SIG (Sistema de Información Geográfica)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta de hardware, software y procedimientos diseñados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado y



salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión. (Ocaya, B. et all, 2006).

El presente proyecto requiere de procesamiento de información geográfica, por lo que se hace necesario el uso de un SIG con el cual se llevara a cabo el propósito del proyecto y el ente que suplirá información para este.

4.6. IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi).

El IGAC es el ente encargado de la cartografía y catastro oficial para Colombia, tiene un transcurso en la historia de Colombia desde el año 1935 su misión es producir, investigar, reglamentar, disponer y divulgar la información geográfica, cartográfica, agrológica, catastral, geodésica y de tecnologías geospaciales para su aplicación en los procesos de gestión del conocimiento, planificación y desarrollo integral del país. (IGAC, 2018).

4.7. ArcGIS.

Para representar el espacio geográfico el ser humano se ha empeñado en buscar y dar solución al procesamiento y almacenamiento de información geográfica por tanto surge una propuesta como lo es ArcGIS el cual “es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar SIG, ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. El sistema está disponible en cualquier lugar a través de

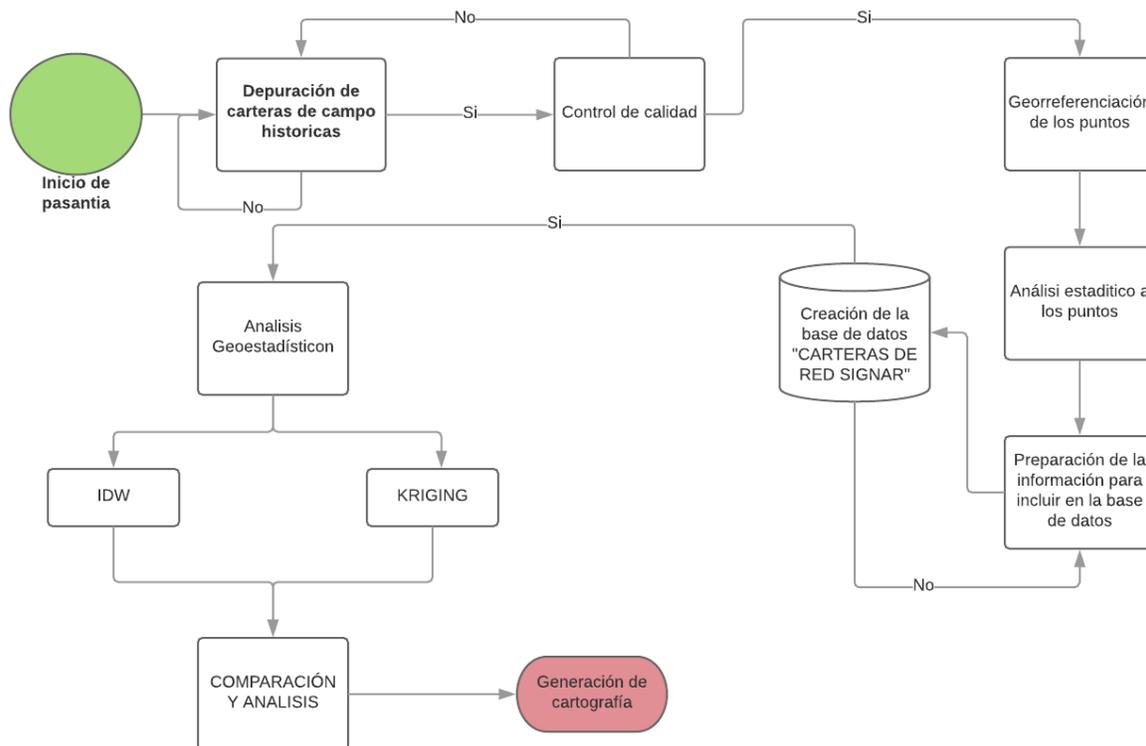


(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

navegadores Web, dispositivos móviles como Smartphone y equipos de escritorio” (ArcGIS Resources, 2018).

5. METODOLOGÍA

5.1. Esquema Metodológico



5.2. Metodología

La metodología que se plantea para el proyecto de pasantía consiste en 3 etapas, las cuales están debidamente estipuladas en los objetivos específicos. La primera fase es la digitalización y depuración de las carteras de campo asignadas por el tutor, la segunda fase; el apoyo en la documentación de la red absoluta de valores de gravedad de Colombia y el análisis estadístico de los datos recuperados, además de esto se incluye las carteras depuradas a la base de datos en PostGIS, así mismo como la tabla de coordenadas de los puntos medidos, y por último en la tercera etapa mediante herramientas SIG como ArcMap de la casa de ESRI, se representan los



circuitos de nivelación presentes en las carteras de campo depuradas y de la REDGRABCO la cual actualmente se está implementando .

5.2.1. Depuración de carteras históricas de campo.

La depuración de las carteras se lleva a cabo mediante la digitación de los datos análogos al formato en Excel, adaptado con el fin de organizar lo mejor posible la información. El registro de observaciones gravimétricas contiene los campos de la información básica del levantamiento, como lo es el nombre del proyecto, código del proyecto, municipio y la referencia del instrumento, entre otros, esto se debe diligenciar ya que es la información de interés para saber las especificaciones del circuito de gravedad, como la ubicación y fecha de inicio. Además de la información anterior se encuentran los campos donde se deben plasmar los detalles de las mediciones, dentro de estos esta, el trayecto, el cual define si el circuito está iniciando o si se está regresando. Es importante tener claro los circuitos que se están llevando durante el recorrido porque estos son necesarios a la hora de calcular los puntos y realizar los debidos ajustes. También se dispone de los atributos vértice, temperatura, hora y lectura instrumental, etc.

5.2.2. Apoyo en documentación de la red absoluta de valores de Colombia.

Se realiza un análisis estadístico a los datos recopilados de las carteras de campo con el fin de apoyar en la generación de los mapas de la Red Gravimétrica de Colombia, de acuerdo a los insumos que también sean facilitados por el GIT (Grupo Interno de Trabajo) - Geodesia, se integran los circuitos de gravimetría depurados en el presente proyecto a la base de datos espacial en PostgreSQL, por medio de PgAdmin 4, se tienen en cuenta las coordenadas de los puntos proyectados y los desplazamientos, tanto aéreos como terrestres para la localización de las estaciones.



La base de datos mencionada se actualiza por el autor del presente trabajo, incluyendo las carteras de campo depuradas, y de igual manera las coordenadas de los puntos medidos.

La recuperación de las coordenadas correspondientes a los puntos presentes en las carteras, se realiza de manera análoga y digital, puesto que la búsqueda de estos se dificultó debido a la inexistencia de información de algunos puntos.

Se realiza un análisis de dispersión por medio del método IDW el cual interpola una superficie de ráster a partir de puntos, haciendo uso de una técnica de distancia inversa ponderada. Además de esto se hará una comparación con el método KRIGING el cual realiza un procedimiento geoestadístico que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersos con valores de altura. Estos dos métodos de análisis geoestadístico se realizarán por medio de ArcMap 10.3 (Villatoro, M. et al., 2007).

5.2.3. Generación de mapas de los circuitos de gravimetría depurados.

Los mapas, se presentarán en formato .pdf o .jpg, y se procesará la información en ArcMap 10.3, esto con la intención de representar aquellos tramos de los circuitos de las mediciones gravimétricas, almacenando los datos que se puedan en una GDB (Geospatial Data Base), a grosso modo se utilizan los puntos de las carteras, los cuales se georreferencian en primer medida generándose los tramos de medición, se logra identificar los puntos dentro del mapa, los límites y los tramos realizados.



6. RECURSOS FÍSICOS Y HUMANOS

6.1. Humanos.

Las personas involucradas en el proyecto de pasantía son: el autor(a), quien está a cargo del desarrollo del proyecto; un director interno, el cual es funcionario de la Universidad de Cundinamarca y un director externo, funcionario del IGAC; un tutor del GIT de geodesia; y finalmente el cuerpo docente de la Universidad de Cundinamarca.

6.2. Institucionales.

Las instituciones que están involucradas en el proyecto de pasantía para el desarrollo y apoyo del mismo son:

6.2.1. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Entidad pública en la cual se llevara a cabo la pasantía y la que además estará pendiente del proceso que se lleva de esta, prestando servicios necesarios para la realización del proyecto y acompañamiento por algunos de sus funcionarios.

6.2.2. Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá.

Entidad pública a la cual pertenece el estudiante en pasantía, y al mismo tiempo perteneciente al programa de Tecnología en Cartografía

6.3. Físicos, Logísticos Y/O Técnicos.

Para el proyecto a realizar será necesario un computador con especificaciones óptimas para un trabajo fluido, se dispondrá de igual manera de un escritorio asignado por la tutora y una silla de trabajo, los cuales se encuentran en la oficina del Grupo Interno de Trabajo de geodesia del IGAC.



7. RESULTADOS

7.1. Resultados Propuestos

ID	Resultado	No. Objetivo	Tipo	Indicador de logro	Mes en el cual se
1	Libros de Excel por cada una de las carteras depuradas.	1	1	Porcentaje	Marzo y abril
2	Apoyo en la documentación de la red absoluta de valores de gravedad de Colombia	2	3	Cantidad	Mayo
3	Mapas correspondientes a los circuitos de nivelación depurados	3	6	Cantidad	Mayo

Tabla 7.1. Tabla de resultados propuestos. Elaboración propia.



(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

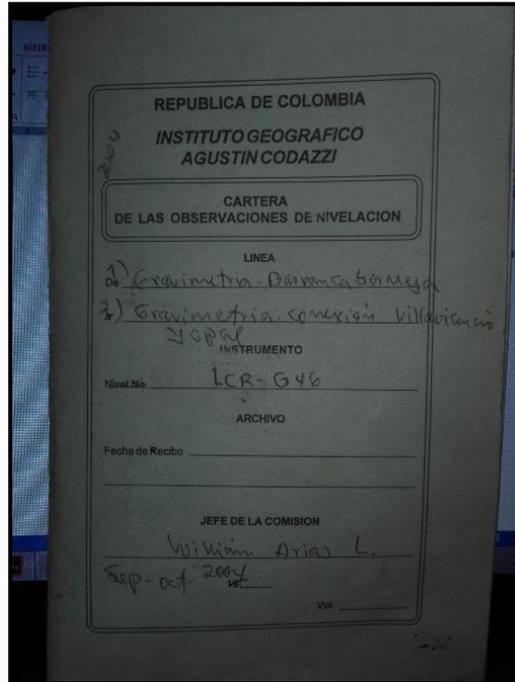
A continuación se da a conocer las carteras que deberán ser depuradas:

Número	Línea
97-06	TW-1 Honda-Manizales TW-2 Manizales-Pereira y conexión Pereira-Armenia
97-08	Línea NA-2 Popayán-Pasto
97-09	Línea TC-4 Barbosa-Tunja CE-2 Barbosa-Bucaramanga
97-10	Línea S-2 Espinal-Neiva
97-11	San Andrés
97-12	Línea TE-6 Bucaramanga-Barrancabermeja Línea SS-6 Lebrija-Barrancabermeja
98-01	Línea CW-6 Medellín-Caucasia CW-7 Caucaasia-La Ye
98-02	Línea CW-7 Caucaasia-La Ye CW-8 La Ye-Cartagena
98-04	Medellín
98-05	Línea V5, CV-1 y NA-1
99-01	Línea TCE-5 Sogamoso-Yopal
99-02	Línea TCE-5 Sogamoso-Yopal
2000-1	Línea W Ibagué-Armenia V-6 Armenia-Rio paila TW-3 Armenia-La Uribe
2000-2	Línea TW-3 Armenia-La Uribe
2004	Conexión Villavicencio-Yopal, Barrancabermeja LCR-G46

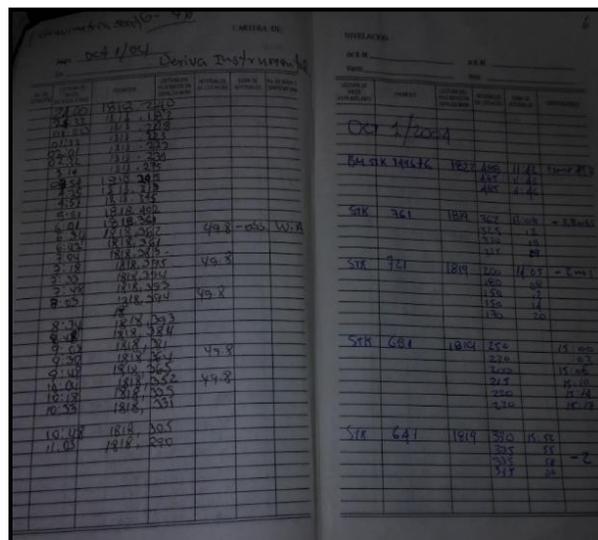
(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

2004	Conexión Villavicencio-Yopal, Barrancabermeja LCR-G175
2005	Línea TC-5 Duitama-Agua Azul

Tabla 7.2. Nombres y años de las carteras depuradas. Elaboración propia.



Fotografía 7.1. Cartera de campo histórica. Elaboración propia.



Fotografía 7.2. Datos de las carteras de campo. Elaboración propia.

7.2. Libros De Excel Por Cada Una De Las Carteras Depuradas

Luego de ser depuradas las carteras, digitando los datos presentes en las carteras a un documento Excel que corresponde a cada una de ellas.

Estos archivos deben estar consignados en el formato F30100-20/17.V5.xlsx suministrado por la tutora del Instituto. En total se depuraron 16 carteras de campo históricas.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
97-06.xlsx	13/04/2018 8:10 a. ...	Hoja de cálculo d...	61 KB
97-08.xlsx	02/03/2018 9:16 a. ...	Hoja de cálculo d...	72 KB
97-09.xlsx	12/03/2018 2:22 p....	Hoja de cálculo d...	104 KB
97-10.xlsx	26/03/2018 10:47 a...	Hoja de cálculo d...	62 KB
97-11.xlsx	13/04/2018 8:12 a. ...	Hoja de cálculo d...	69 KB
97-12.xlsx	27/03/2018 8:46 a. ...	Hoja de cálculo d...	48 KB
98-01.xlsx	24/04/2018 11:29 a...	Hoja de cálculo d...	89 KB
98-02.xlsx	12/04/2018 12:19 ...	Hoja de cálculo d...	77 KB
98-04.xlsx	12/04/2018 4:05 p....	Hoja de cálculo d...	37 KB
99-01.xlsx	03/04/2018 8:04 a. ...	Hoja de cálculo d...	45 KB
99-02.xlsx	16/04/2018 10:08 a...	Hoja de cálculo d...	51 KB
2000-1 - 1-2 .xlsx	18/04/2018 3:19 p....	Hoja de cálculo d...	62 KB
2000-2 - 2-2.xlsx	17/04/2018 7:55 a. ...	Hoja de cálculo d...	52 KB
2004 - G-46.xlsx	30/04/2018 9:30 p....	Hoja de cálculo d...	86 KB
2004 - G-175.xlsx	25/04/2018 11:26 a...	Hoja de cálculo d...	44 KB
2005.xlsx	04/04/2018 2:24 p....	Hoja de cálculo d...	69 KB

Imagen 7.1. Carteras depuradas. Elaboración propia.

7.2.1. Cartera 97-06.

Esta cartera tiene un trayecto desde el municipio de Honda, Tolima hasta Armenia, Quindío, pasando por Manizales y Pereira, tuvo una duración de 15 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue Cesar Heredia y el equipo utilizado fue el gravímetro G-175.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS						FECHA	HOJA
GESTIÓN GEODÉSICA						25/08/1997	1DE1
NOMBRE DEL PROYECTO			INSTRUMENTO			G-175	
CÓDIGO DEL PROYECTO			SERIAL				
MUNICIPIO			VALOR SENSIBILIDAD			TOLIMA-CALDAS-ESARALDA-QUIINDIO	
			DEPARTAMENTO				
TRAYECTO	VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Flajal)	TEMPERATURA C	24 HORAS HORA - MIN	LECTURA INSTRUMENTAL	OBSERVACIONES	FECHA OBSERVACIÓN
IDA		HONDA R2	51	8:50:00	1423,325	LA OBSERVACION HONDA R2 DE LA HORA 8:53 FUE ERRONEA. ES POSIBLE LLEVA TARA INSTRUMENTAL. POR RESTAURACION SE REDUJO LE CONDICION DE HONDA LAS 11:05 OJO! LA PLACA DE LA ESTACION HONDA ABSOLUTA FUE REMOVIDA. EL MUSEO SE HALLA EN RESTAURACION. ES NECESARIO ESPERAR EL CAMBIO DE PISOS Y REPLANTEAR EL SITIO DE LA MEDICION W.A.M	19/7/0826
				8:52:00	1423,334		19/7/0826
				8:53:00	1423,335		19/7/0826
		A3-Tw-1	51	9:05:00	1436,072		19/7/0826
				9:10:00	1436,072		19/7/0826
		A4-Tw-1	51	9:34:00	1434,380	LEÓN	19/7/0826
				9:38:00	1435,379	PROMEDIO 9.38 / M.35.379	19/7/0826
		A5-Tw-1	51	9:44:00	1438,420	ASLLO	19/7/0826
				9:45:00	1438,420	PROMEDIO 9.45 / M.39.420	19/7/0826

Imagen 7.2. Cartera 97-06. Elaboración propia.

7.2.2. Cartera 97-08.

Esta cartera tiene un trayecto desde el municipio de Popayán, Cauca hasta Pasto, Nariño, tuvo una duración de 12 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue Cesar Heredia y el equipo utilizado fue el gravímetro G-046.

REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS					
GESTIÓN GEODÉSICA					
NOMBRE DEL PROYECTO			LINEA DE GRAVIMETRÍA NA2		
CÓDIGO DEL PROYECTO			SERIAL		
MUNICIPIO			VALOR SENSIBILIDAD		
			DEPARTAMENTO		
TRAYECTO	VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Flajal)	TEMPERATURA C	24 HORAS HORA - MIN	LECTURA INSTRUMENTAL
IDA		179-NA-2	49,6	8:10:00	1441,934
				8:11:00	1441,935
				8:12:00	1441,940
		178-NA-2	49,6	8:23:00	1443,194
				8:24:00	1443,194
				8:25:00	1443,195

Imagen 7.3. Cartera 97-08. Elaboración propia.

7.2.3. Cartera 97-09.

Esta cartera tiene un trayecto desde la ciudad de Tunja, Boyacá hasta Barbosa, Santander, tuvo una duración de 20 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue Cesar Heredia y el equipo utilizado fue el gravímetro Worden 1327.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS					
GESTIÓN GEODÉSICA					
NOMBRE DEL PROYECTO			LINEA TC4		INSTRUMENTO
CÓDIGO DEL PROYECTO					SERIAL
MUNICIPIO			TUNJA - BARBOSA		VALOR SENSIBILIDAD
					DEPARTAMENTO
TRAYECTO	VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Placa)	TEMPERATURA C°	24 HORAS HORA -MIN	LECTURA INSTRUMENTAL
IDA		NP 49-NE-1	79	8:55:00	992,300
		COLEGIO LA PRESENTACION (TUNJA)		8:56:00	992,200
				8:57:00	992,300
		88'18'-95'	79	8:50:00	1480,100
		ESTACION REFERENCIA, PAIPA AEROPUERTO		8:51:00	1480,200
				8:52:00	1480,200

Imagen 7.4. Cartera 97-09. Elaboración propia.

7.2.4. Cartera 97-10.

Esta cartera tiene un trayecto desde el municipio del Espinal, Tolima hasta Neiva, Huila, tuvo una duración de 12 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue William Arias López y el equipo utilizado fue el gravímetro Worden 1342.

REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS					
GESTIÓN GEODÉSICA					
NOMBRE DEL PROYECTO					INSTRUMENTO
CÓDIGO DEL PROYECTO					SERIAL
MUNICIPIO			ESPINAL - NEIVA		VALOR SENSIBILIDAD
					DEPARTAMENTO
TRAYECTO	VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Placa)	TEMPERATURA C°	24 HORAS HORA -MIN	LECTURA INSTRUMENTAL
IDA		B106-S-1	79,5	8:33:00	1015,400
		IGLESIA ESPINAL		8:35:00	1015,400
				8:37:00	1015,300
		A1-TL-1	79,5	8:45:00	1012,400
				8:47:00	1012,500
				8:48:00	1012,400

Imagen 7.5. Cartera 97-10. Elaboración propia.

7.2.5. Cartera 97-11.

Esta cartera fue digitada en la nivelación de San Andrés y Providencia, tuvo una duración de 17 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue William Arias López acompañado de Laura Sánchez y el equipo utilizado fue el gravímetro G-175 y G-046 .

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS						
GESTIÓN GEODÉSICA						
NOMBRE DEL PROYECTO				INSTRUMENTO		
CÓDIGO DEL PROYECTO				SERIAL		
MUNICIPIO				SAN ANDRÉS - PROVIDENCIA		VALOR SENSIBILIDAD
				DEPARTAMENTO		
TRAYECTO	VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Píscas)	TEMPERATURA C°	24 HORAS HORA - MIN	LECTURA INSTRUMENTAL	
IDA		9623-01	-	5:36:00	2202,825	
				5:37:00	2202,824	
		CAYO BOLIVAR	-	8:32:00	2210,310	
				8:33:00	2210,310	
		CAYO BOLIVAR	-	17:42:00	2210,362	
				17:43:00	2210,361	

Imagen 7.6. Cartera 10-11. Elaboración propia.

7.2.6. Cartera 97-12.

Esta cartera tiene un trayecto desde la ciudad de Bucaramanga, Santander hasta Barrancabermeja, Santander, tuvo una duración de 8 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue William Arias López y el equipo utilizado fue el gravímetro Worden 1342.

REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS						
GESTIÓN GEODÉSICA						
NOMBRE DEL PROYECTO				INSTRUMENTO		
CÓDIGO DEL PROYECTO				SERIAL		
MUNICIPIO				BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA		VALOR SENSIBILIDAD
				DEPARTAMENTO		
TRAYECTO	VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Píscas)	TEMPERATURA C°	24 HORAS HORA - MIN	LECTURA INSTRUMENTAL	
IDA		0501-95	80	11:05:00	370,100	
				11:07:00	370,400	
				11:08:00	370,500	
				11:09:00	370,400	
		B12-TE-6	80	11:45:00	532,900	
				11:46:00	532,800	

Imagen 7.7. Cartera 97-12. Elaboración propia.

7.2.7. Cartera 98-01.

Esta cartera tiene un trayecto desde la ciudad de Medellín, Antioquia hasta la Yé, Córdoba, pasando por Caucasia, Córdoba, tuvo una duración de 21 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue Cesar Heredia y el equipo utilizado fue el gravímetro Worden 1327.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

	A	B	C	D	E	F
1	REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS					
2	GESTIÓN GEODÉSICA					
3	GESTIÓN GEODÉSICA					
4	NOMBRE DEL PROYECTO			LINEA CW-6 Y CW-7		INSTRUMENTO
5	CÓDIGO DEL PROYECTO					SERIAL
6	MUNICIPIO			MEDELLIN - CAUCASIA - LA YE		VALOR SENSIBILIDAD
7						DEPARTAMENTO
8		VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Placa)	TEMPERATURA C°	24 HORAS HORA - MIN	LECTURA INSTRUMENTAL
9	TRAYECTO					
10	IDA		AEROPUERTO O. H.	81	11:21:00	1191,900
11			MEDELLIN		11:23:00	1191,800
12			9582-67			
13						
14			A8-CW-6	84	12:32:00	1251,400
15			IGLESIA BELLO		12:33:00	1251,300
16			9582-67			
17	REGRESO			84	13:10:00	1190,700
18			AEROPUERTO O. HERRERA		13:11:00	1190,600
19			MEDELLIN			

Imagen 7.8. Cartera 98-01. Elaboración propia.

7.2.8. Cartera 98-02.

Esta cartera tiene un trayecto desde el municipio de Cauca, Antioquia hasta Cartagena, Bolívar, tuvo una duración de 18 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue Cesar Heredia y el equipo utilizado fue el gravímetro G-046.

	A	B	C	D	E	F
1	REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS					
2	GESTIÓN GEODÉSICA					
3	GESTIÓN GEODÉSICA					
4	NOMBRE DEL PROYECTO					INSTRUMENTO
5	CÓDIGO DEL PROYECTO					SERIAL
6	MUNICIPIO			CAUCASIA - CARTAGENA		VALOR SENSIBILIDAD
7						DEPARTAMENTO
8		VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Placa)	TEMPERATURA C°	24 HORAS HORA - MIN	LECTURA INSTRUMENTAL
9	TRAYECTO					
10	IDA		A27-CW7	49,7	8:05:00	1941,202
11					8:06:00	1941,216
12					8:08:00	1941,198
13					8:09:00	1941,198
14						
15			A28-CW-7	49,7	8:22:00	1937,755
16						1937,756

Imagen 7.9. Cartera 98-02. Elaboración propia.

7.2.9. Cartera 98-04.

Esta cartera tiene un trayecto desde el municipio la Dorada, Caldas hasta Medellín, Antioquia, tuvo una duración de 7 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue Víctor Manuel Ramírez y el equipo utilizado fue el gravímetro Worden 1342.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

	A	B	C	D	E	F
1		REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS				
2		GESTIÓN GEODÉSICA				
3		GESTIÓN GEODÉSICA				
4	NOMBRE DEL PROYECTO				INSTRUMENTO	
5	CÓDIGO DEL PROYECTO				SERIAL	
6	MUNICIPIO				VALOR SENSIBILIDAD	
7					DEPARTAMENTO	
8						
9	TRAYECTO	VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Placa)	TEMPERATURA C	24 HORAS HORA -MIN	LECTURA INSTRUMENTAL
10	IDA		82-AN-10	78	9:02:00	1071,500
11					9:03:00	1071,400
12					9:04:00	1071,400
13						
14			83-AN-10	79	9:10:00	999,100
15					9:11:00	999,100
16					9:12:00	999,000

Imagen 7.10. Cartera 98-04. Elaboración propia.

7.2.10. Cartera 98-05.

Esta cartera tiene un trayecto desde el municipio de Palmira, Valle del Cauca hasta, Santander de Quilichao, Cauca, tuvo una duración de 23 días, el jefe de comisión fue Víctor Manuel Ramírez y el equipo utilizado fue el gravímetro Worden 1342.

	A	B	C	D	E	F
1		REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS				
2		GESTIÓN GEODÉSICA				
3		GESTIÓN GEODÉSICA				
4	NOMBRE DEL PROYECTO				INSTRUMENTO	
5	CÓDIGO DEL PROYECTO				SERIAL	
6	MUNICIPIO				VALOR SENSIBILIDAD	
7					DEPARTAMENTO	
8						
9	TRAYECTO	VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Placa)	TEMPERATURA C	24 HORAS HORA -MIN	LECTURA INSTRUMENTAL
10	IDA		74-CW-3	78	8:22:00	972,800
11					8:23:00	972,900
12					8:24:00	972,800
13						
14			2-CV-1	79	8:40:00	1103,800
15					8:41:00	1103,700
16					8:42:00	1103,800

Imagen 7.11. Cartera 98-05. Elaboración propia.

7.2.11. Cartera 99-01.

Esta cartera tiene un trayecto desde el municipio de Sogamoso, Boyacá hasta Yopal, Casanare, tuvo una duración de 5 días, el jefe de comisión fue Víctor Manuel Ramírez y el equipo utilizado fue el gravímetro Worden 1342.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

1	A	B	C	D	E	F
2	REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS					
3	GESTIÓN GEODÉSICA					
4	NOMBRE DEL PROYECTO			LINEA TCE5		INSTRUMENTO
5	CÓDIGO DEL PROYECTO					SERIAL
6	MUNICIPIO			SOGAMOSO - YOPAL		VALOR SENSIBILIDAD
7						DEPARTAMENTO
9	TRAYECTO	VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Píscs)	TEMPERATURA C°	24 HORAS HORA -MIN	LECTURA INSTRUMENTAL
10	IDA		A71-BD-6	73	7:57:00	2052,600
11					7:58:00	2052,600
12					7:59:00	2052,700
13						
14			1-TCE-5	76	8:04:00	2038,900
15					8:05:00	2039,000
16					8:06:00	2039,000

Imagen 7.12. Cartera 99-01. Elaboración propia.

7.2.12. Cartera 99-02.

Esta cartera tiene un trayecto desde el municipio de Sogamoso, Boyacá hasta Yopal, Casanare, tuvo una duración de 7 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue Víctor Manuel Ramírez y el equipo utilizado fue el gravímetro Worden 1342.

1	A	B	C	D	E	F
2	REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS					
3	GESTIÓN GEODÉSICA					
4	NOMBRE DEL PROYECTO					INSTRUMENTO
5	CÓDIGO DEL PROYECTO					SERIAL
6	MUNICIPIO			SOGAMOSO - YOPAL		VALOR SENSIBILIDAD
7						DEPARTAMENTO
9	TRAYECTO	VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Píscs)	TEMPERATURA C°	24 HORAS HORA -MIN	LECTURA INSTRUMENTAL
10	IDA		41-TCE-5	76	10:21:00	201,100
11					10:22:00	201,100
12					10:23:00	201,000
13						
14			A41-TCE-5	76	10:34:00	325,400
15					10:35:00	325,400
16					10:36:00	325,300

Imagen 7.13. Cartera 99-02. Elaboración propia.

7.2.13. Cartera 2000-1 1 / 2.

Esta cartera contiene la red geodésica departamental de Quindío, tuvo una duración de 29 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue William Martínez Díaz y el equipo utilizado fue el gravímetro G-175.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

	A	B	C	D	E	F
1	REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS					
2	Gestión Geodésica					
3	Gestión Geodésica					
4	NOMBRE DEL PROYECTO			RED GEODÉSICA DEPARTAMENTAL QUINDÍO		INSTRUMENTO
5	CÓDIGO DEL PROYECTO					SERIAL
6	MUNICIPIO					VALOR SENSIBILIDAD
7						DEPARTAMENTO
8		VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Placa)	TEMPERATURA C°	24 HORAS HORA - MIN	LECTURA INSTRUMENTAL
9	TRAYECTO					
10						
11						
12	IDA		BOGOTÁ ABS.	51	9:50:00	923,120
13						
14			A132-W	51	19:08:00	1246,028
15			ARMENIA CATEDRAL			
16						

Imagen 7.14. Cartera 2000-1 1 / 2. Elaboración propia.

7.2.14. Cartera 2000-1 2 / 2.

Esta cartera contiene la red geodésica departamental de Quindío, tuvo una duración de 18 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue William Martínez Díaz y el equipo utilizado fue el gravímetro G-046.

	A	B	C	D	E	F
1	REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS					
2	Gestión Geodésica					
3	Gestión Geodésica					
4	NOMBRE DEL PROYECTO			RED GEODÉSICA DEPARTAMENTAL QUINDÍO		INSTRUMENTO
5	CÓDIGO DEL PROYECTO					SERIAL
6	MUNICIPIO					VALOR SENSIBILIDAD
7						DEPARTAMENTO
8		VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Placa)	TEMPERATURA C°	24 HORAS HORA - MIN	LECTURA INSTRUMENTAL
9	TRAYECTO					
10	IDA		BOGOTÁ ABSOLUTA	49,8	9:47:00	1240,496
11						
12			A132-W			
13			ARMENIA CATEDRAL	49,8	19:16:00	1564,619
14						
15						
16						

Imagen 7.15. Cartera 2000-1 2 / 2. Elaboración propia.

7.2.15. Cartera 2004 G-046.

Esta cartera tiene un trayecto desde la ciudad de Villavicencio, Meta hasta Barrancabermeja, Santander, pasando por Yopal, Casanare, tuvo una duración de 10 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue William Arias López y el equipo utilizado fue el gravímetro G-046.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS					
GESTIÓN GEODÉSICA					
NOMBRE DEL PROYECTO			CONEXIÓN VILLAVICENCIO-YOPAL, BARRANCABERMEJA		INSTRUMENTO
CÓDIGO DEL PROYECTO					SERIAL
MUNICIPIO			VILLAVICENCIO - YOPAL - BARRANCABERMEJA		VALOR SENSIBILIDAD
					DEPARTAMENTO
TRAYECTO	VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Píscas)	TEMPERATURA C	24 HORAS HORA - MIN	LECTURA INSTRUMENTAL
IDA		A2-E7	49,5	9:15:00	1242,040
				9:16:00	1242,040
		HONDA-F1	49,5	13:56:00	1770,401
				13:57:00	1770,390

Imagen 7.16. Cartera 2004 G-046. Elaboración propia.

7.2.16. Cartera 2004 G-175.

Esta cartera tiene un trayecto desde la ciudad de Villavicencio, Meta hasta Barrancabermeja, Santander, pasando por Yopal, Casanare, tuvo una duración de 10 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue William Arias López y el equipo utilizado fue el gravímetro G-175.

REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS					
GESTIÓN GEODÉSICA					
NOMBRE DEL PROYECTO			CONEXIÓN VILLAVICENCIO-YOPAL, BARRANCABERMEJA		INSTRUMENTO
CÓDIGO DEL PROYECTO					SERIAL
MUNICIPIO			VILLAVICENCIO - YOPAL - BARRANCABERMEJA		VALOR SENSIBILIDAD
					DEPARTAMENTO
TRAYECTO	VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Píscas)	TEMPERATURA C	24 HORAS HORA - MIN	LECTURA INSTRUMENTAL
IDA		A2-E1	50,8	9:24:00	918,341
				9:25:00	918,340
		HONDA-F1	50,8	14:07:00	1444,523

Imagen 7.17. Cartera 2004 G-175. Elaboración propia.

7.2.17. Cartera 2005.

Esta cartera contiene datos de gravimetría del municipio Sogamoso, Boyacá, tuvo una duración de 23 días descansando el día domingo, el jefe de comisión fue William Arias López y el equipo utilizado fue el gravímetro G-046.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

	A	B	C	D	E	F
1		REGISTRO DE OBSERVACIONES GRAVIMÉTRICAS				
2		GESTIÓN GEODÉSICA				
3		PROYECTO PARA LA UNIVERSIDAD PEDAGOGICA TECNOLÓGICA				
4	NOMBRE DEL PROYECTO	PROYECTO PARA LA UNIVERSIDAD PEDAGOGICA TECNOLÓGICA			INSTRUMENTO	
5	CÓDIGO DEL PROYECTO				SERIAL	
6	MUNICIPIO	SOGAMOSO			VALOR SENSIBILIDAD	
7		DEPARTAMENTO				
8						
9	TRAYECTO	VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	VÉRTICE (Nomenclatura Placa)	TEMPERATURA C	24 HORAS HOJA - MIN	LECTURA INSTRUMENTAL
10	IDA		8818-95	49,8	8:04:00	1324,080
11					8:08:00	1324,067
12					8:09:00	1324,066
13						
14			12-TC-5	49,8	8:50:00	1334,420
15					8:51:00	1334,421

Imagen 7.18. Cartera 2005. Elaboración propia.

7.3. Análisis Estadístico De Los Puntos

Al realizar el proceso de recuperación de las coordenadas de los puntos medidos se obtuvo que de 2115 puntos que se recuperaron de las carteras, 1535 tienen coordenadas conocidas, a continuación se presenta el análisis de los resultados mencionados.

PUNTOS DE RED SIGNAR	
Total de puntos	2115,00
Puntos con coordenadas	1601,00
Porcentaje de puntos totales	100,00 %
Porcentaje de puntos con coordenadas	72,58 %
Porcentaje de puntos faltantes	27,42 %

Tabla 7.2. Puntos de la red SIGNAR con y sin coordenadas. Elaboración propia.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

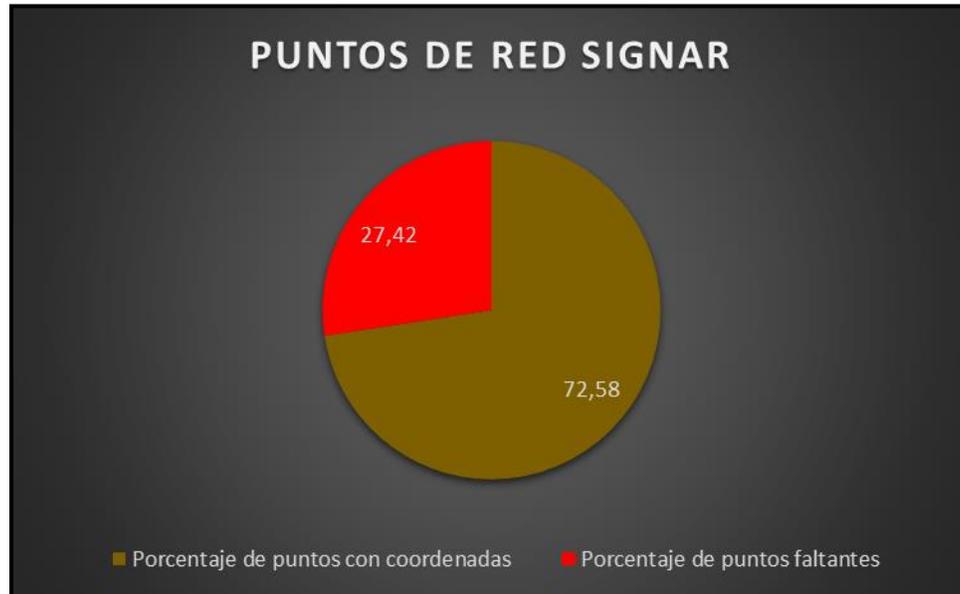


Imagen 7.198. Gráfico de porcentajes. Elaboración propia.

El 27 % de los puntos, no cuentan con coordenadas, se encuentran consignados en un Excel para su futura georreferenciación. A continuación en la Tabla 7.5. Se muestran algunos de los puntos que hacen falta por coordenadas.

B106S1	97-10
A1TL1	
A1S2	
A2S2	
A4S2	
A5S2	
A7S2	
A8S2	
A9S2	

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

A11S2	
A14S2	
A16S2	

Tabla 7.3. Muestra de puntos con coordenadas faltantes. Elaboración propia.

7.4. Base De Datos En PostgreSQL

Se creó una base de datos en PostGIS con el fin de consolidar la información depurada y para generar una manera rápida de consulta de los puntos depurados, además de esto el usuario podrá consultar las coordenadas de los puntos.

En la Imagen 7.20 podemos observar el servidor del PgAdmin 4 el cual es PostgreSQL 9.6 en el cual se encuentra contenida la base de datos “SIGNAR”.

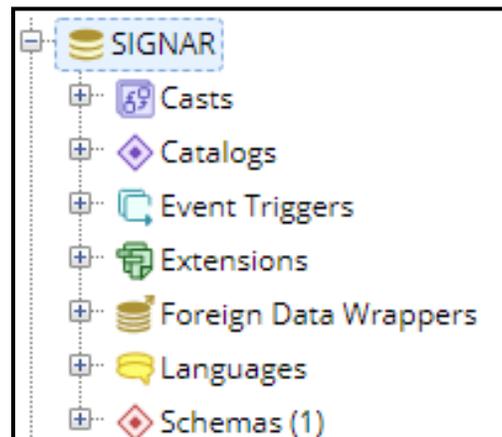


Imagen 7.20. Base de datos en PostGIS. Elaboración propia y Andrés Naranjo (2018).

La base de datos contiene los datos de las carteras de campo históricas que se depuraron a lo largo de la pasantía, en la Imagen 7.21 se observa algunas de las tablas creadas, el resto de tablas están disponibles en los anexos del proyecto.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

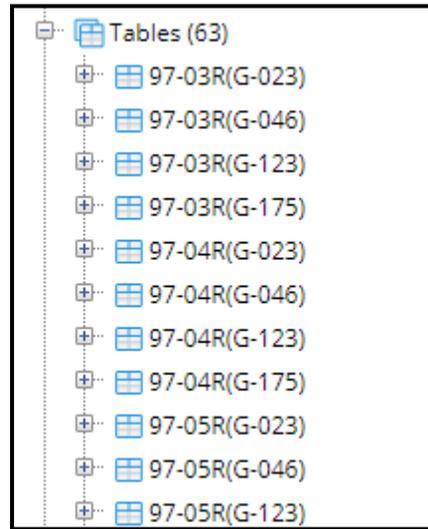
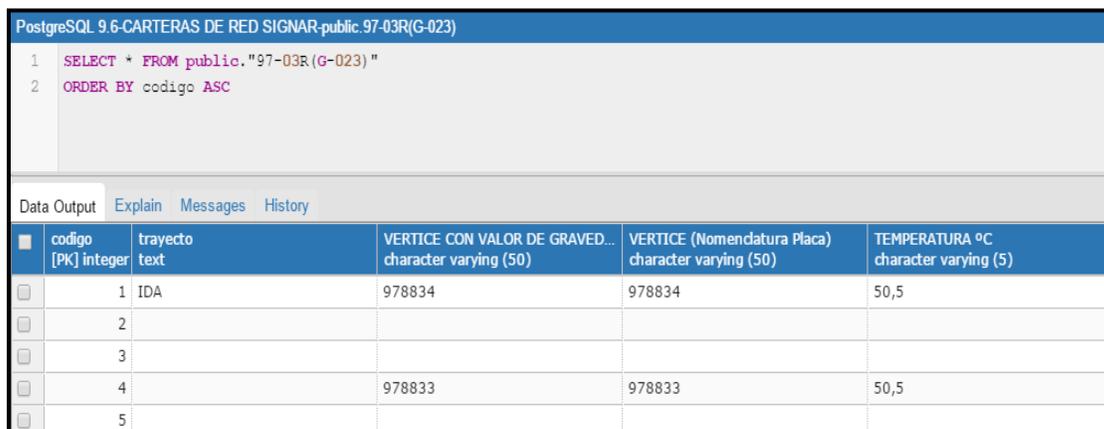


Imagen 7.21. Tablas de la base de datos. Elaboración propia y Andrés Naranjo (2018).

El método de consulta de las tablas o valores es el siguiente (Imagen 7.22).

- SELECT * (Quiere decir que se va a seleccionar todo de la tabla) FROM “El nombre de la tabla o en este caso cartera”
- La segunda línea no es necesario escribirla.



```

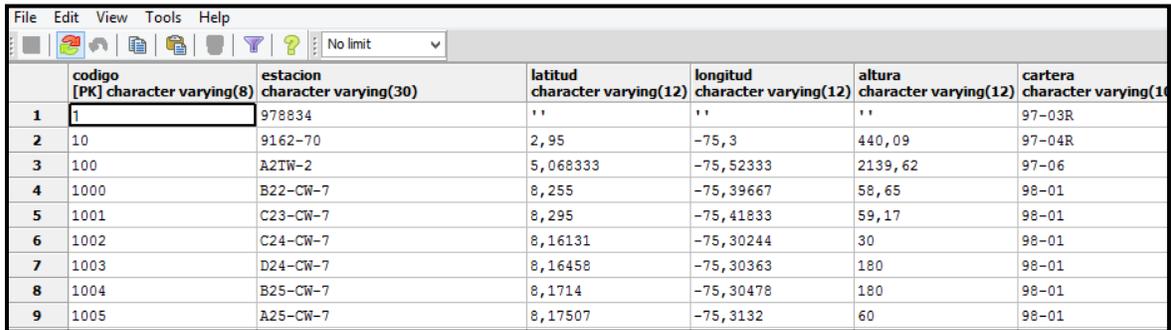
PostgreSQL 9.6-CARTERAS DE RED SIGNAR-public. 97-03R(G-023)
1 SELECT * FROM public."97-03R(G-023)"
2 ORDER BY codigo ASC
  
```

	codigo [PK] integer	trayecto text	VERTICE CON VALOR DE GRAVED... character varying (50)	VERTICE (Nomendatura Placa) character varying (50)	TEMPERATURA °C character varying (5)
<input type="checkbox"/>	1	IDA	978834	978834	50,5
<input type="checkbox"/>	2				
<input type="checkbox"/>	3				
<input type="checkbox"/>	4		978833	978833	50,5
<input type="checkbox"/>	5				

Imagen 7.22. Tabla de PostGIS. Elaboración propia y Andrés Naranjo (2018).

Para la consulta de los puntos de la red SIGNAR se debe seguir el procedimiento descrito en el manual “MANUAL CONSULTA BASES DE DATOS”, (Naranjo, A., 2018). Anexado en los archivos digitales del proyecto.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)



	codigo [PK] character varying(8)	estacion character varying(30)	latitud character varying(12)	longitud character varying(12)	altura character varying(12)	cartera character varying(10)
1	1	978834	' '	' '	' '	97-03R
2	10	9162-70	2,95	-75,3	440,09	97-04R
3	100	A2TW-2	5,068333	-75,52333	2139,62	97-06
4	1000	B22-CW-7	8,255	-75,39667	58,65	98-01
5	1001	C23-CW-7	8,295	-75,41833	59,17	98-01
6	1002	C24-CW-7	8,16131	-75,30244	30	98-01
7	1003	D24-CW-7	8,16458	-75,30363	180	98-01
8	1004	B25-CW-7	8,1714	-75,30478	180	98-01
9	1005	A25-CW-7	8,17507	-75,3132	60	98-01

Tabla 7.6. Tabla en PgAdmin 4. Fuente PgAdmin 4.

Como se puede observar en la Imagen 7.24 La creación de la tabla se realizó por medio de un código, en lenguaje SQL (Structured Query Language) y en la plataforma de PgAdmin 4, haciendo uso de la herramienta Query tool. Este código está estructurado de la siguiente manera:

- La primera línea crea la tabla por medio de CREATE.
- Las línea numero 2 a la 8 tienen la función de crear y dar el tipo de dato a cada columna, es decir que la línea 3, crea la columna “ESTACION” y le da el tipo de dato VARCHAR, este comando da la opción de introducir datos alfanuméricos con un espacio definido, que para el ejemplo es (30).
- A continuación se muestran los detalles de la conexión a PostGIS y de este a QGIS.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

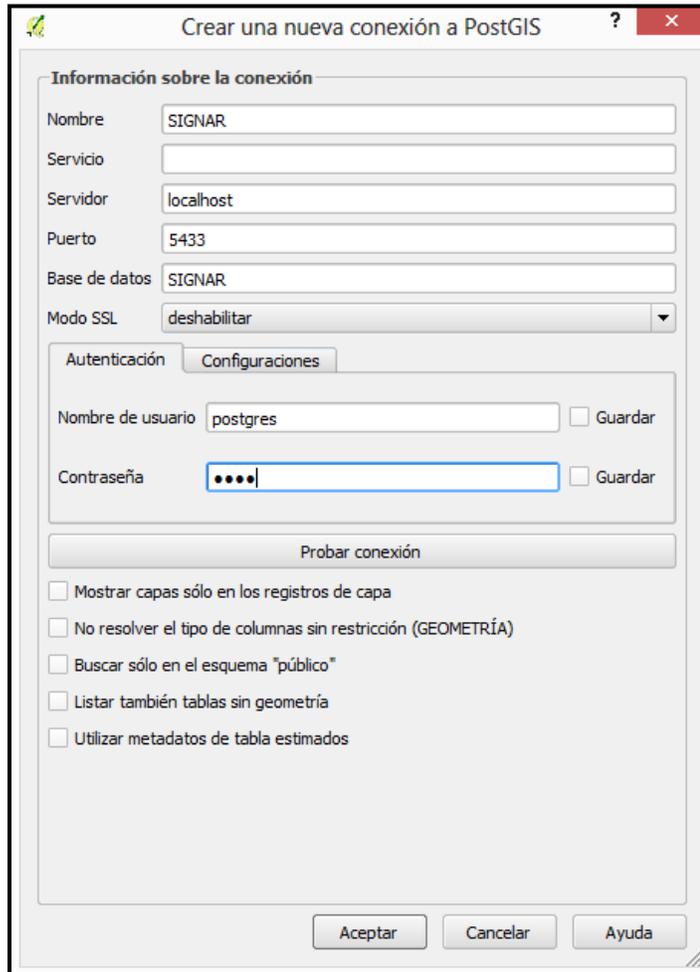


Imagen 7.24. Creación de la conexión a QGIS. Elaboración propia.

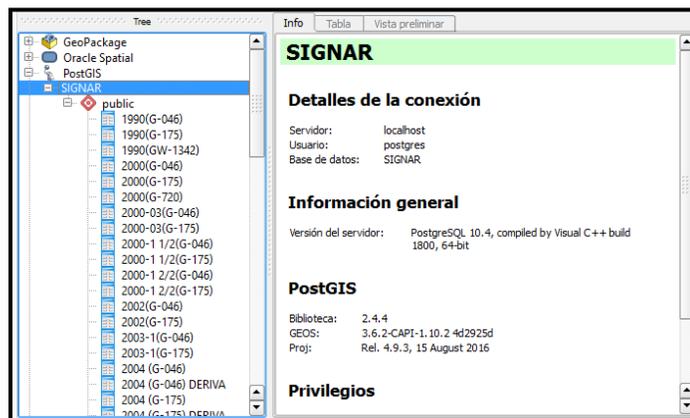


Imagen 7.25. Detalles de la conexión a QGIS. Elaboración propia.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

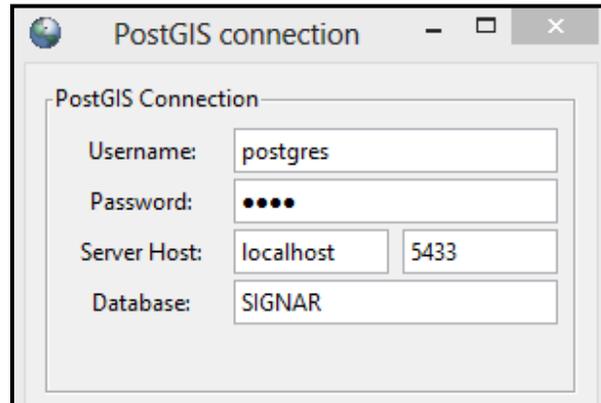
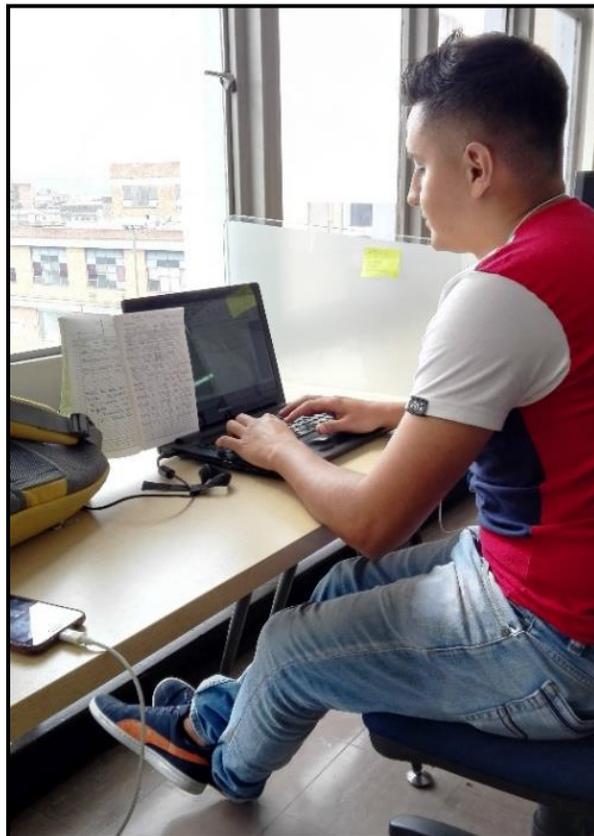


Imagen 7.269. Conexión a PostGIS. Elaboración propia.



Fotografía 7.3. Apoyo en documentación. Elaboración propia.



7.5. Análisis Y Comparación De IDW Y Kriging

7.5.1. IDW.

IDW (Inverse Distance Weighting) utiliza un método de interpolación que estima los valores de las celdas calculando promedios de los valores de los puntos de datos de muestra en la vecindad de cada celda de procesamiento. Cuanto más cerca está un punto del centro de la celda que se está estimando, más influencia o peso tendrá en el proceso de cálculo del promedio (Watson, D. y Philip, M., 1985).

Se puede observar en el Mapa.1 que el color rojo representa las alturas más elevadas, y el color verde oscuro las más bajas.

Las carteras 98-06, 97-06 y 97-13 presentan los puntos con mayor altura, como podemos observar en Imagen 7.27.

VÉRTICE CON VALOR DE GRAVEDAD CONOCIDO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA	CARTERA ^{1,3}
A66-TW-1	5,076667	-75,288330	3363,94	97-06
A68-TW-1	5,068333	-75,303330	3537,66	97-06
A69-TW-1	5,068333	-75,311670	3451,60	97-06
A70-TW-1	5,063333	-75,318330	3486,61	97-06
35-TE-7	7,107836	-72,980172	3173,80	97-13
A36-TE-7	7,104800	-72,973397	3492,20	97-13
38-TE-7	7,114764	-72,858472	3468,40	97-13
A39-TE-7	7,116444	-72,850400	3251,20	97-13
12-NA-1	0,861667	-77,586670	2815,52	98-06
7-NA-1	0,833333	-77,621670	2904,72	98-06
6-NA-1	0,831667	-77,630000	2902,25	98-06
2-NA-1	0,830000	-77,673330	2809,74	98-06

Imagen 7.27. Carteras con puntos de mayor altura. Elaboración propia.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

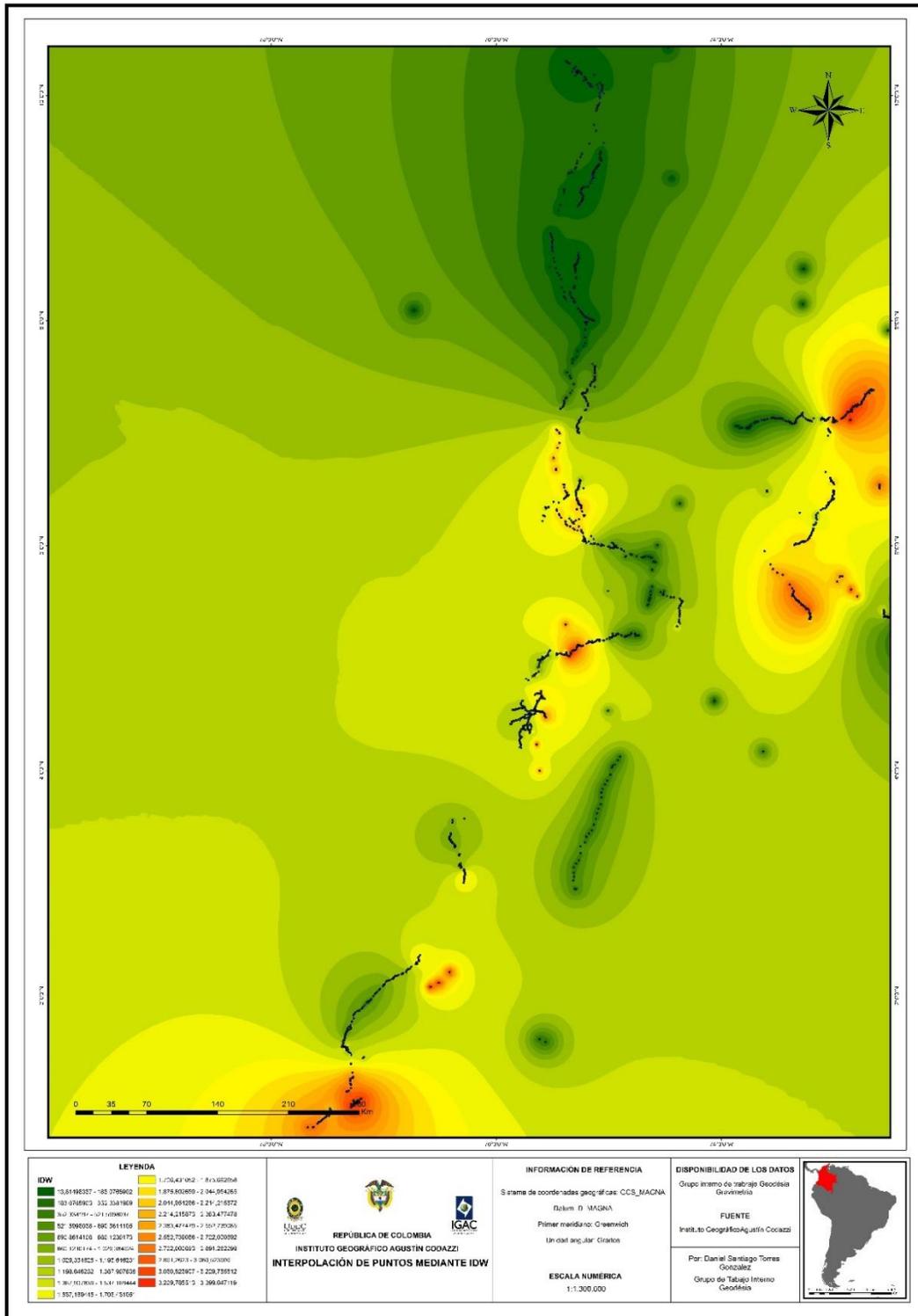


Figura 7.1. Método IDW. Elaboración propia.



7.5.2. Kriging.

Por otro lado del método Kriging es un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z . Más aún que con otros métodos de interpolación, se debe realizar una investigación profunda del comportamiento espacial del fenómeno representado por los valores Z . A partir de esto se puede analizar que los valores ubicados en el color rojo representan una altura elevada y el color verde oscuro los puntos con menor altura (Royle, A. et all, 1981).

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

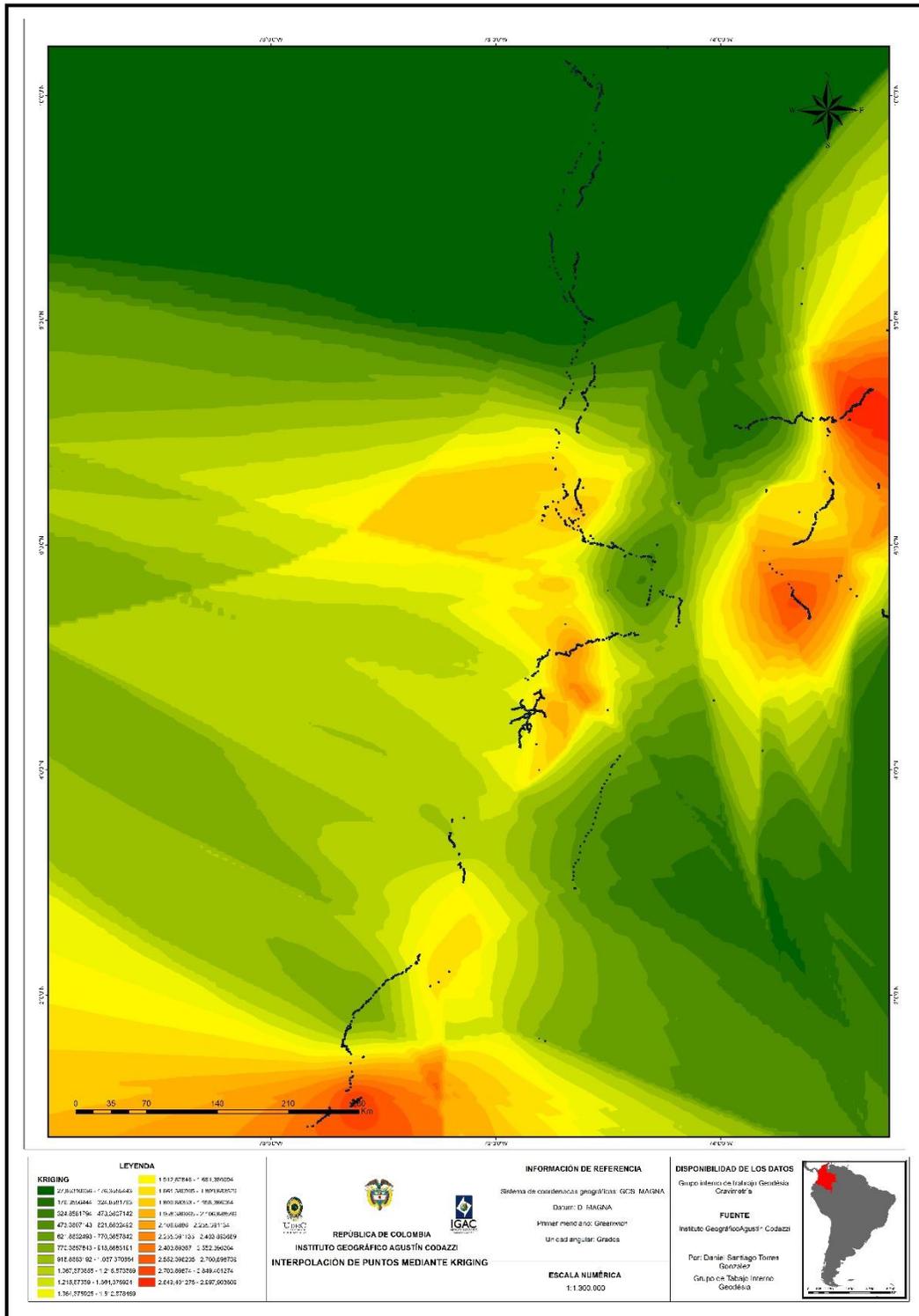
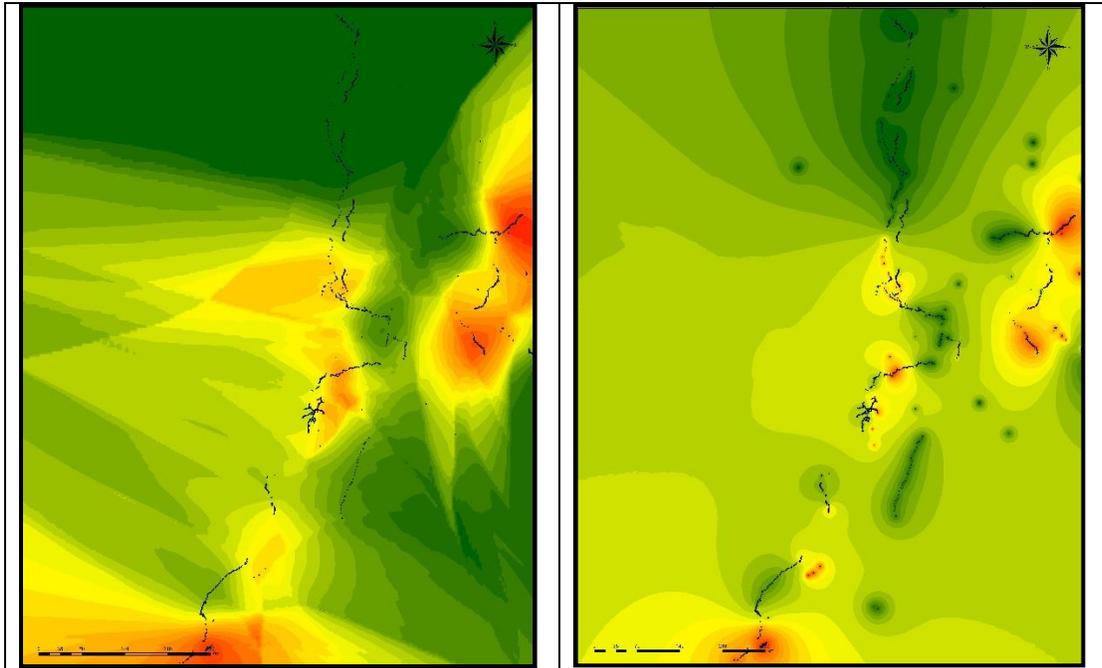


Figura 7.2. Método Kriging. Elaboración propia.

7.5.3. Comparación de IDW con Kriging.



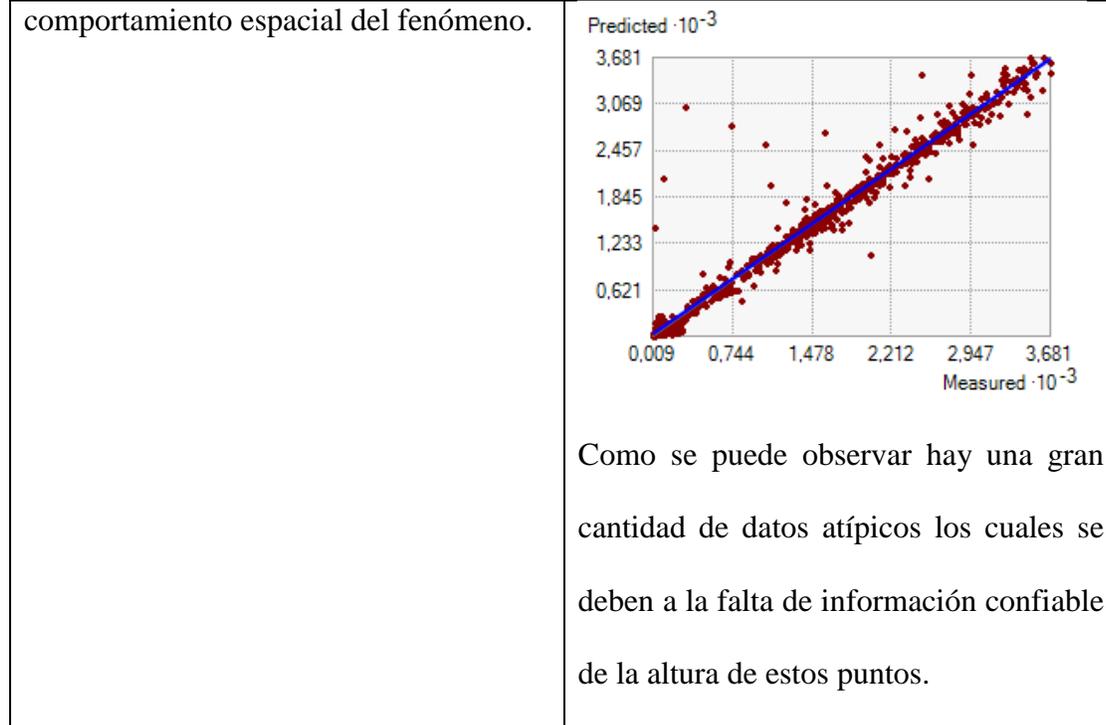
Kriging da una salida ráster mucho más detallada, permite de mejor manera y más precisamente diferenciar la altura entre los puntos.

A la hora de procesar la información Kriging ofrece más opciones como lo son Modelos de semivariograma; circular, esférico, exponencial, gaussiano y lineal.

Kriging por tener en cuenta los valores z de los puntos, permite un análisis del

IDW da más suavidad a los trazos que forman las curvas entre puntos ayudando así a dar un aspecto más estético de la variación de alturas.

Este método se basa más específicamente en el promedio de la distancia entre los puntos.



A partir de las lecturas instrumentales registradas en cada uno de los puntos y comparadas con la altura sobre el nivel del mar de estos, se puede deducir que la lectura no es perfectamente proporcional a la altura pero si se estima que a mayor altura menor es la gravedad mientras que a menor altura mayor será la gravedad.

7.6. Generación De Cartografía

Para dar claridad a los tramos de los circuitos encontrados en las carteras de campo se debe representar aquellos puntos que los conforman, por esta razón se generó un mapa general de los tramos y mapas específicos de algunas de las carteras más destacadas.

A continuación se presenta un mapa general de la red SIGNAR, el cual representa cada uno de los puntos los cuales se pueden diferenciar según la simbología perteneciente a cada cartera, se encuentran también los límites marítimos, departamentales y nacionales, en la parte inferior

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

izquierda se puede apreciar la información temática o leyenda del mapa la cual ayudara al usuario a interpretarla de la mejor manera posible, en general, se encontrara información acerca del sistema de referencia, fuente y disposición de la información, así mismo como el autor del producto.

LEYENDA TEMÁTICA			
CARTERA			
1990	2005	97-10	98-03
2000 1-2	97-03R	97-11	98-04
2000 2-2	97-04R	97-12	98-05
2000-03	97-05R	97-13	98-06
2002	97-06	98-01	99-01
2003-1	97-07	98-01R	99-02
2004	97-08	98-02	ESCANANEADAS
	97-09	98-02R	

Imagen 7.28. Leyenda temática. Elaboración propia.

<p>INFORMACIÓN DE REFERENCIA</p> <p>Sistema de coordenadas geográficas: GCS_MAGNA</p> <p>Datum: D_MAGNA</p> <p>Primer meridiano: Greenwich</p> <p>Unidad angular: Grados</p>	<p>DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS</p> <p>Grupo interno de trabajo Geodésia Gravimetría</p>	
	<p>FUENTE</p> <p>Instituto Geográfico Agustín Codazzi</p>	
<p>ESCALA NUMÉRICA</p> <p>1:2.500.000</p>	<p>Por: Daniel Santiago Torres Gonzalez</p> <p>Grupo de Trabajo Interno Geodésia</p>	

Imagen 7.2910. Información del mapa. Elaboración propia.



(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)



Imagen 7.30. Entes productores de la información.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)



Figura 7.3. Mapa General de puntos de gravimetría. Elaboración propia.

Se generaron mapas específicos de los tramos de gravimetría los cuales representan con mayor detalle la información.

La Figura 4. Muestra el tramo de Bucaramanga a Barrancabermeja el cual corresponde a la línea SS-6 presente en la cartera 97-12 del año 1997.

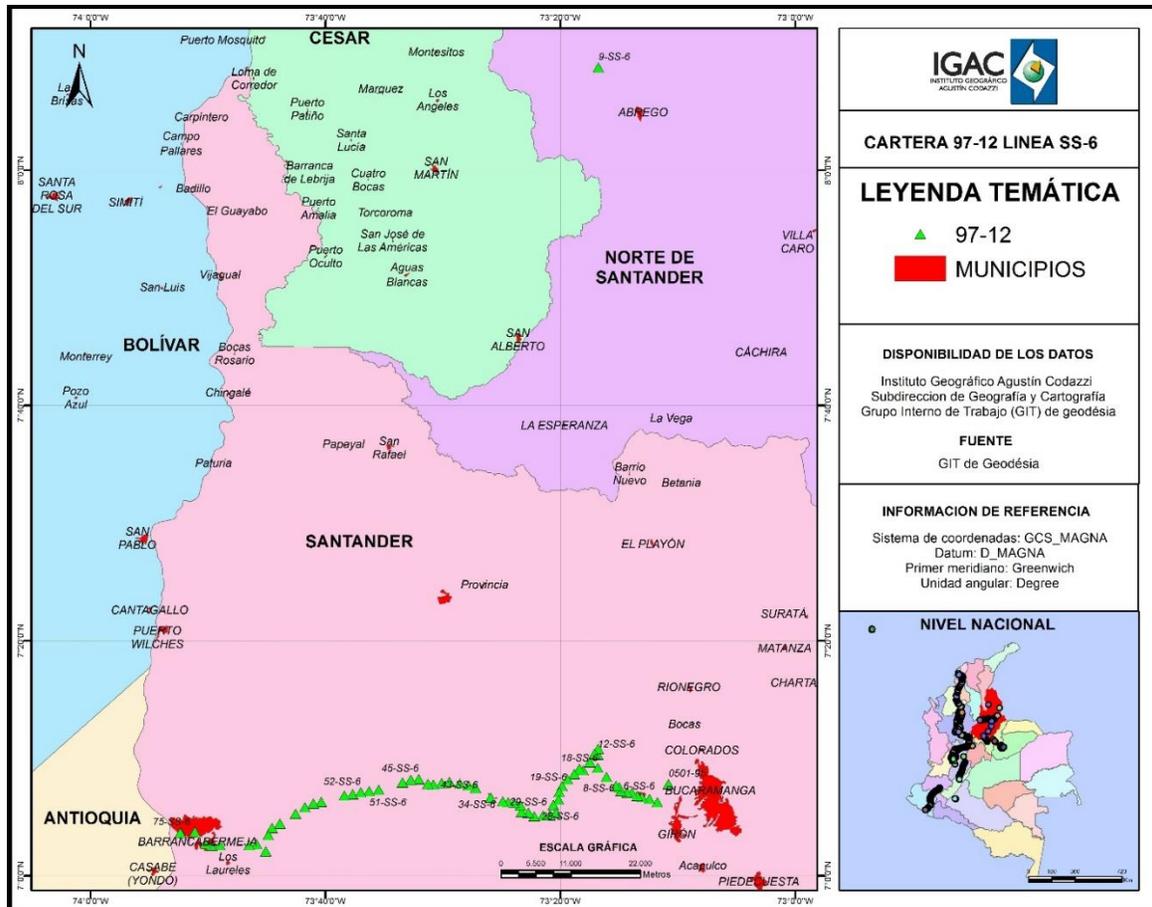


Figura 7.4. Mapa de la línea SS-6 Bucaramanga - Barrancabermeja. Elaboración propia.

(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

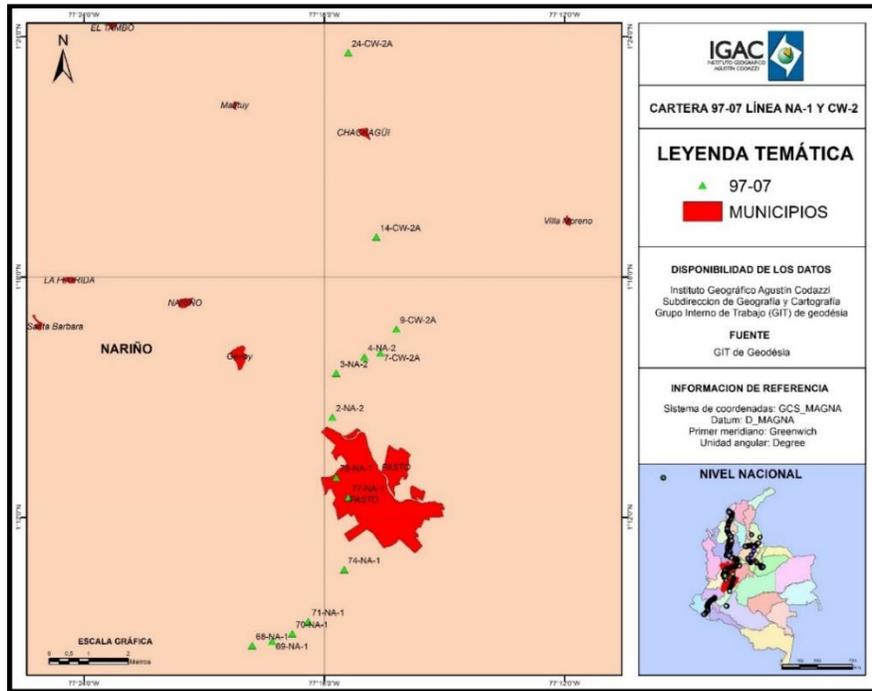


Figura 7.5. Cartera 97-07 línea NA-1 y CW-2. Elaboración propia.

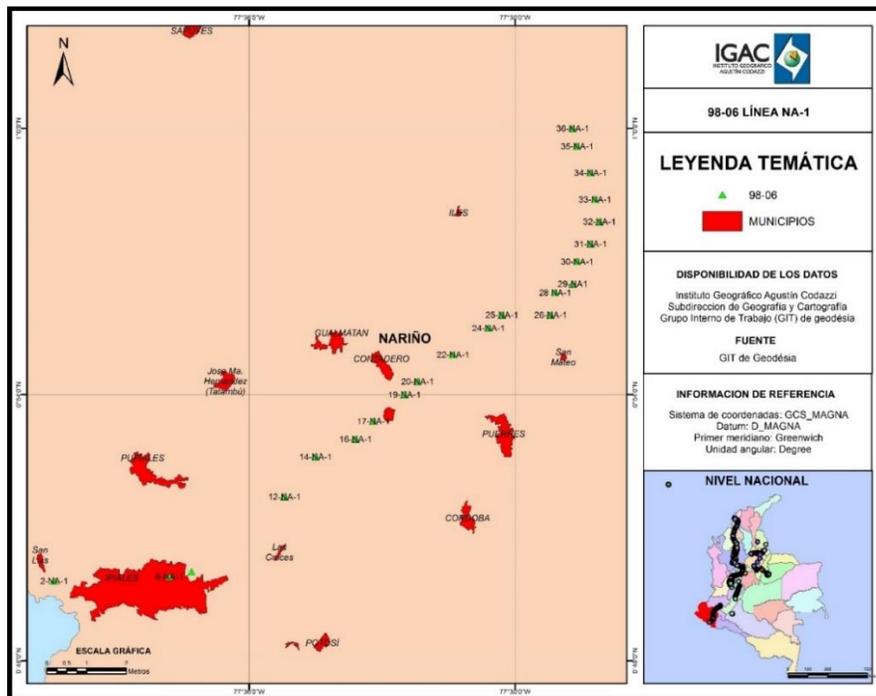


Figura 7.6. Cartera 98-06 línea NA-1. Elaboración propia.

Se compilan en una carpeta los archivos correspondientes al proyecto como productos y materia prima para futura cartografía. A continuación en la Imagen 7.31. Se muestra el contenido de la carpeta “PASANTIA IGAC – SANTIAGO”.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo
1. BASE DATOS CARTERAS RED SIGNAR	10/07/2018 2:22 p....	Carpeta de archivos
2. DOCUMENTO	12/07/2018 11:04 a...	Carpeta de archivos
3. PRODUCTOS	10/07/2018 2:36 p....	Carpeta de archivos
4. COORDENADAS PUNTOS	16/07/2018 1:59 p....	Carpeta de archivos

Imagen 7.31. Contenido de carpeta de anexos. Elaboración propia.

En Imagen 7.32. Se detallan todas las carpetas presentes de los anexos del proyecto.

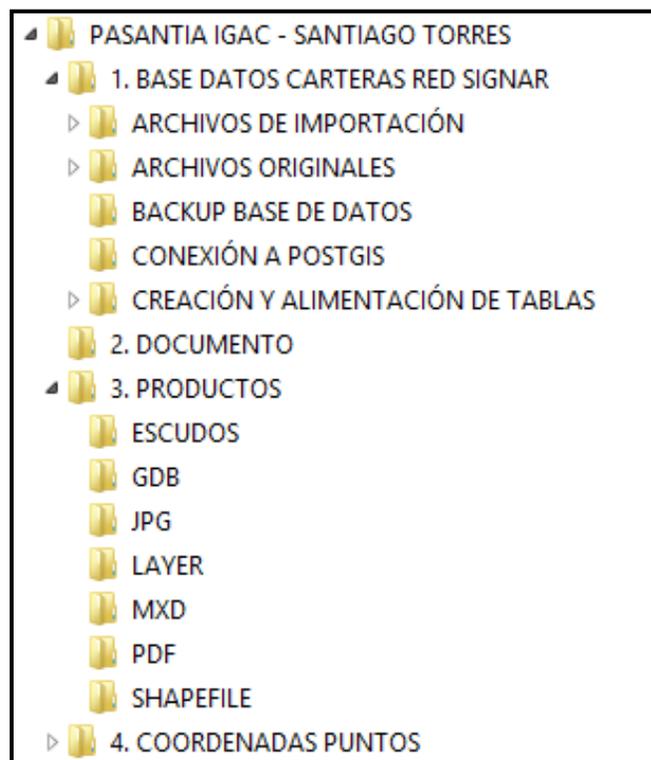


Imagen 7.32. Carpetas detalladas de anexos. Elaboración propia.



8. CONCLUSIONES

- Las carteras de campo históricas son un gran aporte a la red de gravimetría nacional de Colombia y más aún cuando se contiene toda esta información almacenada digitalmente, donde se pueda tratar, procesar y usar. Se cumple el fin de digitalizar y depurar las 16 carteras de campo, no obstante se encuentran errores a la hora de la lectura análoga de ellas. Por esto se ha hecho un control de calidad por parte de funcionarios del GIT de geodesia para validar que la información esté lo más perfecta posible.
- La generación y alimentación de una base de datos en PostGIS facilita la organización y almacenamiento de la información, ofreciendo mayor confiabilidad en el manejo y consulta de información como en la generación de cartografía a partir de ella.
- Los análisis estadísticos y geoestadísticos presentan un gran vacío de información para el correcto procesamiento y generación de cartografía, como se puede apreciar en los análisis de IDW y Kriging la variación de la altura con respecto a la lectura instrumental no tienen una relación perfectamente proporcional, si un punto se encuentra a mayor altura, la altura puede variar dependiendo de otros factores.
- Interpolación de la información con el método kriging fue la más precisa para el estudio realizado debido a que tiene en cuenta el factor Z a diferencia de IDW que se basa estrictamente en la distancia entre los puntos.
- El producir cartografía para la red gravimétrica de Colombia permite mayor interpretación de los tramos de los circuitos encontrados en las carteras, además de esto se encuentran algunos inconvenientes, ya que no coinciden algunos NP'S con los que se tiene en las bases



(SISTEMA GRAVIMÉTRICO NACIONAL DE REFERENCIA)

de datos, como lo es Geocarto. Además de esto, la falta de coordenadas de un gran porcentaje de puntos no permitió la generación del 100 % de la cartografía.



9. BIBLIOGRAFÍA

- Antokoletz, E. (2017) *Red gravimétrica de primer orden de la república de Argentina. Tesis de grado en Geofísica*. Universidad Nacional de La Plata. 2017. 14 p. Recuperado de: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/60950/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1
- ArcGIS Resources (2018). [Revisado 20 de mayo de 2018] Recuperado de: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- Campos, R. (1998). *Estudio geológico y gravimétrico de los granitoides de la antifforma de Cáceres: aplicación a la exploración de yacimientos minerales*. Tesis de doctorado Madrid, España: Universidad complutense de Madrid. Recuperado de: <https://eprints.ucm.es/1978/1/T22628.pdf>
- Hydro-Geophysics. *Gravímetro*. [Revisado 14 de marzo de 2018] Recuperado de: <https://www.hydrogeophysicsndt.com/gravimetro/>
- IGAC (2018). *Información geodésica. Red gravimétrica*. [Revisado 1 de mayo de 2018] Recuperado de: <https://www.igac.gov.co/es/contenido/tramites-y-servicios/red-gravimetrica>
- IGN (2012). *Introducción red gravimétrica de Argentina*. Ministerio de defensa. Recuperado de: <http://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Gravimetria/RPO-Ar>
- Lehmann, C. (1980). *Defense Mapping Agency (DMA): Technical Manual Land Gravity Surveys*. Washinton D.C. 1980. Recuperado de: http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tm8358.1/pdf/8358_1c.pdf



- Moisés, L y Calderón, C. (2016) *Compilación de la información gravimétrica y de nivelación de Colombia*. SIMPOSIO, SIRGAS 2016. Recuperado de: http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol21/52_Moises_Calderon_GravimetriaNivelacionColombia.pdf.
- Moreno, C. (2014). *Primeras mediciones precisas de la gravedad hechas en México*. Revista Mexicana de Física. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=5704816000>.
- Otaya, B. et all, (2006). *LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG), UNA GRAN HERRAMIENTA PARA LA SILVICULTURA URBANA*. Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín 2006, Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914074008>> ISSN 0304-2847
- Royle, A. et all (1981) "Practical Universal Kriging and Automatic Contouring". *Geoprocessing* 1: 377–394. 1981. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/293234525_Practical_Universal_Kriging_and_automatic_contouring
- Villatoro, M. et all. (2007) *COMPARACIÓN DE LOS INTERPOLADORES IDW Y KRIGING EN LA VARIACIÓN ESPACIAL DE pH, Ca, CICE y P DEL SUELO*. Recuperado de: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/viewFile/6773/6460>
- Watson, D. y Philip, M. (1985). "A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation". *Geoprocessing* 2:315–327. 1985. Recuperado de: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=435000](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=435000)