TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO (PASANTÍA): Planificación, revisión y ejecución de planes de vuelo para la implementación de aeronaves no tripuladas en la recolección de datos para estudios magnéticos del suelo (magnetometría).



Autor

José Nicolás García Montañez

Director

PhD Robinson Quintana Puentes

Director Externo

Luis Eduardo Hernández – Ingeniero Topográfico

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Proyecto Curricular

Bogotá, Colombia

agosto de 2024

Dedicatoria

La vida me ha premiado con conocimientos y aventuras gracias a esta carrera. Este proyecto va dedicado, en primer lugar, a Dios, por darme una segunda oportunidad de vida y permitirme seguir disfrutando de este camino que empieza a florecer. A mis padres, quienes han sido ese motor incansable que decidió sacar adelante a cuatro hijos soñadores. A mis hermanos, que son el impulso y el ejemplo a seguir en mi vida. A mi pareja, por ser un apoyo incondicional durante todo el proceso de formación personal y profesional. A cada uno de mis amigos, conocidos y familiares a quienes conocí gracias a este capítulo de mi vida. A la Universidad Distrital, que guardo en mi corazón como mi segundo hogar, por acogerme de la mejor forma.

Por último, y no menos importante, quiero recordar y honrar la memoria de Alejandro, o como le decíamos, Alejito... Siempre lo llevaré en mis recuerdos como ese ser humilde y trabajador que me acompaña desde el cielo, recorriendo cada proyecto (QEPD

PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

GEOSCAN INGENIERIA S.A.S nace en 2013 con la idea de prestar servicios cartográficos en todo el territorio nacional. Con base a la necesidad de formalizar y unificar los proyectos de los socios fundadores bajo una estructura empresarial.

Suministrar productos que representen la realidad de las zonas de estudio con alta precisión y detalles, convirtiendo estas a formatos digitales, da origen a su nombre "GEOSCAN INGENIERÍA S.A.S."

El crecimiento constante de GeoScan llena día a día de nuevos conocimientos y experiencia a toda la organización; para así brindar oportunidades de crecimiento y buenos servicios a cada uno de nuestros clientes y aliados.

Desde la creación de la empresa se ha brindado la oportunidad a personal recién egresado en profesiones afines a las Geo ciencias, brindándoles la oportunidad de conocimiento, innovación y tecnología, acompañados de profesionales con experiencia y trayectoria en el mercado. Este es el mayor valor que tiene la empresa, profesionales que han crecido con ella.

La empresa tiene como objeto prestar servicios de consultoría, interventoría, asesoría, ejecución de actividades de ingeniería civil topográfica, geofísica y actividades relacionadas con la geo ciencia en el territorio nacional con el compromiso, calidad y pasión que nos caracteriza, esto con el fin de ser el aliado preferido de sus clientes para le ejecución de sus proyectos innovando constantemente en pro de ser referentes en geomántica empresarial a nivel nacional.

GEOSCAN

1. JUSTIFICACIÓN

La creciente demanda de recursos naturales y la necesidad de comprender mejor nuestro entorno geológico han impulsado el desarrollo y la aplicación de técnicas avanzadas en la exploración geofísica. La magnetometría aérea, en particular, se ha destacado como un método eficiente y no invasivo para obtener información sobre las características del subsuelo. Este enfoque permite a los investigadores y profesionales del sector realizar estudios detallados sin la necesidad de excavaciones extensivas, lo que reduce el impacto ambiental y los costos asociados.

La realización de estudios en magnetometría aérea es fundamental para diversas aplicaciones, desde la identificación de depósitos minerales hasta la evaluación de riesgos geológicos. Además, el uso de tecnologías modernas como drones equipados con sensores magnéticos ha revolucionado la forma en que se llevan a cabo estas investigaciones, permitiendo una cobertura más amplia y datos más precisos en comparación con métodos tradicionales.

Este documento técnico justifica su relevancia al proporcionar un marco claro para la planificación y ejecución de misiones de vuelo en magnetometría aérea. Al detallar cada etapa del proceso, se busca no solo documentar las prácticas implementadas durante la pasantía, sino también establecer un modelo replicable que pueda ser utilizado por otros profesionales en el campo. La sistematización del procedimiento garantiza que se sigan estándares rigurosos, lo cual es esencial para asegurar la calidad y fiabilidad de los datos obtenidos.

En resumen, este informe no solo contribuye al conocimiento técnico sobre magnetometría aérea, sino que también promueve mejores prácticas en su implementación, facilitando así el avance en investigaciones geofísicas y su aplicación en proyectos futuro

Contenido

1. Introducción 7
2. Objetivos 8
   2.1. Objetivo General 8
   2.2. Objetivos Específicos 8
3. PLAN DE TRABAJO 9
4. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS 22
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 23
6. ANEXOs 24
7. REFERENCIAS 25
8. Anexos GUIA 26
   1.1 Registro fotográfico de las actividades realizadas 26
   1.2 Manual de operaciones de matrice 600 ugcs elaborado en campo 26

1. INTRODUCCIÓN

La magnetometría aérea es una técnica geofísica que permite la medición de variaciones en el campo magnético terrestre desde plataformas aéreas, como drones o aeronaves. Esta metodología se ha convertido en una herramienta esencial en diversos campos, incluyendo la exploración mineral, la investigación ambiental y la evaluación de sitios arqueológicos. La capacidad de obtener datos precisos y detallados sobre las características del subsuelo a través de esta técnica ofrece ventajas significativas en comparación con los métodos tradicionales de exploración.

El presente documento detalla el proceso llevado a cabo durante una pasantía enfocada en la planificación y ejecución de misiones de vuelo para estudios de magnetometría aérea. A lo largo del mismo, se describen las etapas fundamentales que abarcan desde la visita inicial al campo hasta el procesamiento final de los datos recolectados. Cada etapa es crucial para garantizar la calidad y precisión de los resultados obtenidos, así como para mitigar riesgos asociados a las condiciones topográficas y ambientales del área de estudio.

Este informe tiene como objetivo proporcionar una visión clara y estructurada del procedimiento implementado, así como resaltar la importancia de cada fase en el contexto del estudio geofísico. A través de este enfoque sistemático, se busca contribuir al avance del conocimiento en magnetometría aérea y su aplicación práctica en proyectos futuros.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Planear, revisar y/o ejecutar de forma correcta los planes de vuelo de los diversos proyectos de GEOSCAN INGENIERIA S.A.S garantizando que cada actividad se realice según lo planificado, evidenciando una toma de datos precisa y eficaz que aumenten el rendimiento y productividad en campo en los diversos procesos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar de formar correcta los diversos software y herramientas que permiten la ejecución correcta de las misiones de vuelo
- Determinar los principales factores de riesgo en las operaciones con el fin de mitigar posibles accidentes en campo.
- Planificar de forma segura cada una de las actividades para no tener contratiempos en la ejecución del proyecto.
- Verificar los datos recopilados en campo para garantizar una información de calidad para los clientes.

3. PLAN DE TRABAJO

La temática seleccionada para la pasantía permite la realización, revisión y ejecución de diversos planes de vuelo en la empresa, orientados a la realización de estudios en magnetometría aérea para diversos campos. Para ello se debe seguir una serie de etapas que permiten la ejecución total de la actividad final.

3.1. Visita a campo

Realizar una visita previa al campo es un paso crucial en cualquier proyecto de investigación geofísica, incluida la magnetometría aérea. A continuación, se detallan las principales razones y la importancia de llevar a cabo esta actividad.

- Conocimiento del terreno

Una visita previa permite a los investigadores familiarizarse con el terreno y las características geográficas del área de estudio. Esto incluye:

- Identificación de Accesos: Evaluar las rutas de acceso para el equipo y el personal, así como identificar posibles obstáculos (ríos, montañas, áreas densamente boscosas).

- Condiciones del Suelo: Observar el tipo de suelo y su estabilidad, lo que puede influir en la elección de la plataforma aérea (drones o aeronaves) y en la planificación del vuelo.

- Evaluación de anomalías

Durante la visita al campo, los investigadores pueden identificar visualmente características geológicas que podrían ser relevantes para el estudio, tales como:

- Exposiciones Rocosas: Localizar afloramientos que puedan indicar la presencia de minerales ferromagnéticos.
- Estructuras Tectónicas: Reconocer fallas, pliegues u otras estructuras que podrían influir en las mediciones magnéticas.



Figure 1 Visita a campo Fuente: Elaboración propia

3.2. Planificación Logística

La visita previa permite planificar aspectos logísticos importantes:

- Ubicación de Estaciones Base: Determinar dónde se instalarán estaciones base o puntos de control para calibrar los datos obtenidos.
- Seguridad: Identificar riesgos potenciales en el área (fauna salvaje, condiciones climáticas adversas) y establecer protocolos de seguridad.



Figure 2 Equipo de trabajo Fuente elaboración propia

3.3. Interacción con comunidades locales, Si el área de estudio está cerca de comunidades locales, una visita previa ofrece la oportunidad de:

- Establecer Relaciones: Interactuar con residentes locales para informarles sobre el proyecto y obtener su apoyo.
- Recoger Información Local: Obtener conocimientos sobre la historia geológica o mineralógica del área que podrían no estar documentados.



Figure 3 Visita comunidades locales Fuente elaboración propia

3.4. Ajuste del diseño del estudio

La información recopilada durante la visita puede llevar a ajustes en el diseño del estudio:

- Modificación de Rutas de Vuelo: Basándose en observaciones directas, se pueden ajustar las rutas aéreas para maximizar la cobertura y minimizar interferencias.

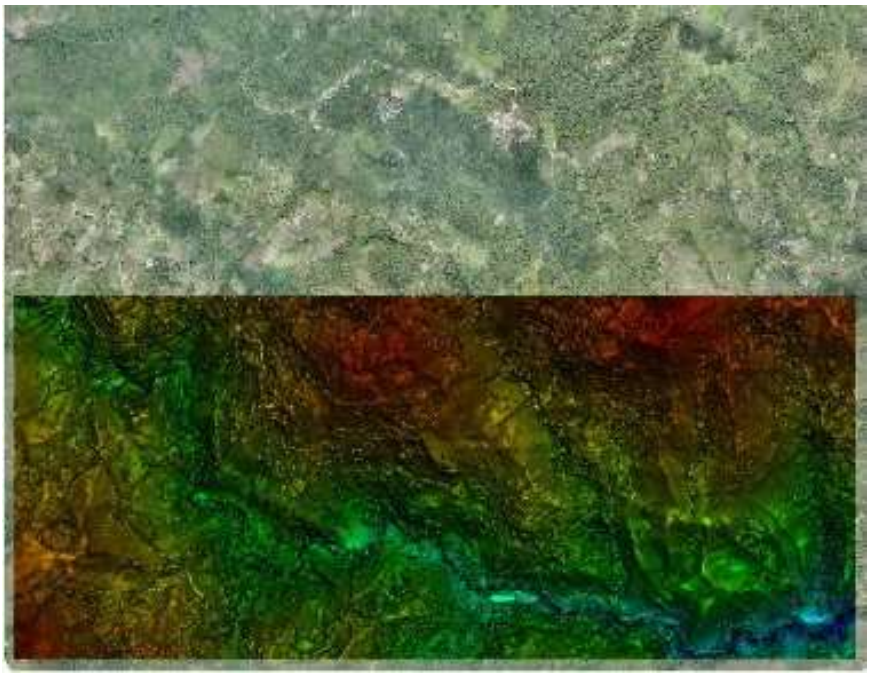


Figure 4 Cartografía y DSM de la zona de estudio Fuente elaboración propia

3.5. Mapeo con dron de las estructuras que generen un peligro en la ejecución de las misiones de vuelo.

Para esta etapa se realiza la ejecución de vuelo manuales con un UAV recolectando información de interés como:

- Línea de conducción de voltaje alto
- Torres de energía
- Elementos naturales superiores a 60 metros
- Acopio de materiales que pueden generar interferencia



Figure 5 Drone de mapeo Fuente elaboración propia

3.6. Planeamiento de misiones de vuelo en la zona de estudio para generar modelos digitales precisos de la zona de estudio.

Para la recolección de información por medio de magnetometría aérea se manejan unos estándares y parámetros según el sensor con el cual se realice el estudio, en este caso el sensor utilizado se debe de operar a una altura máxima de 50 metros del suelo. lo que hace la operación de riesgo alto.

Para esto se debe de obtener en primera estancia el DSM de la zona de estudio, este se puede obtener por medio de FOTOGRAMETRIA. para asegurarnos en la etapa final de ejecución de la operación de vuelo magnetómetro.

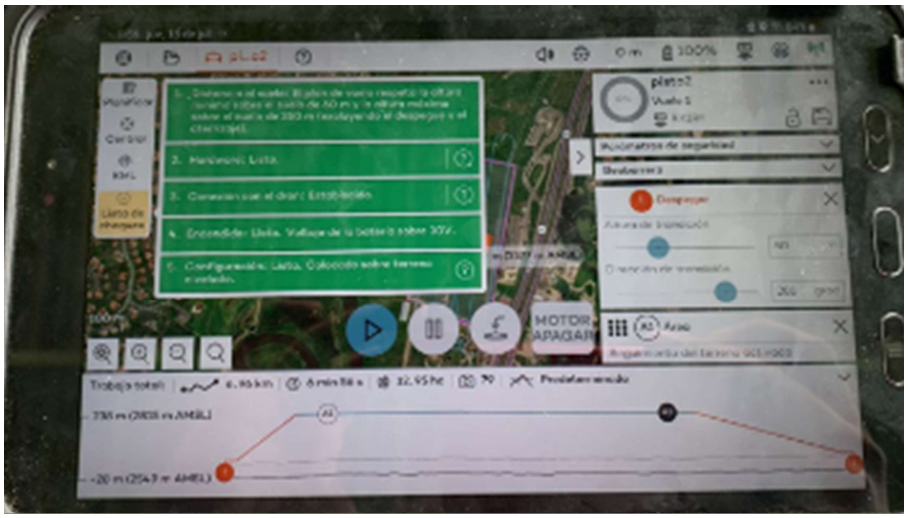


Figure 6 Plan de vuelo Wingtra Fuente elaboración propia

3.7. Ejecución del vuelo (FOTOGRAMETRIA).

El Wingtra es un dron de ala fija diseñado principalmente para aplicaciones de mapeo y fotogrametría aérea. Su diseño y funcionamiento permiten cubrir grandes áreas de manera eficiente, lo que lo hace ideal para la recolección de datos geoespaciales en diversas industrias, como la agricultura, la minería, la construcción y la gestión ambiental. A continuación, se detalla su funcionamiento:

- Diseño y Estructura

Ala Fija: El Wingtra tiene un diseño de ala fija que le permite volar a largas distancias con alta eficiencia energética. Esto contrasta con los drones multirrotores, que son más adecuados para vuelos cortos y maniobras en espacios reducidos.

Despegue y Aterrizaje Vertical (VTOL): Aunque es un dron de ala fija, el Wingtra puede despegar y aterrizar verticalmente, lo que le permite operar en espacios reducidos sin necesidad de una pista larga.

- Componentes Principales

Sistema de Navegación: Equipado con GPS y otros sensores, el Wingtra puede navegar de manera autónoma siguiendo rutas predefinidas. Esto incluye la capacidad de realizar vuelos programados para cubrir áreas específicas.

Cámara: Generalmente está equipado con cámaras de alta resolución (RGB o multispectrales) que capturan imágenes durante el vuelo. Estas imágenes se utilizan posteriormente para crear modelos 3D, ortofotos y mapas topográficos.

Batería: Tiene una batería recargable que proporciona suficiente energía para realizar vuelos prolongados, permitiendo cubrir áreas extensas en una sola misión.

- Funcionamiento

Planificación del Vuelo: Antes del vuelo, se utiliza software especializado (como WingtraPilot) para planificar la misión:

Definición del Área: Se selecciona el área a mapear en un mapa digital.

Configuración de Parámetros: Se establecen parámetros como altitud de vuelo, superposición de imágenes (para asegurar que las fotos se solapen adecuadamente), velocidad del dron y puntos de interés.

Despegue: El dron realiza un despegue vertical utilizando sus motores eléctricos. Una vez alcanzada una altitud segura, cambia a modo de vuelo horizontal.

Vuelo Autónomo



Figure 7 Ejecución vuelo Wingtra Fuente elaboración propia

3.8. Procesamiento de vuelo fotogramétrico

El post-proceso de la información recolectada por un dron Wingtra es un paso crucial para convertir los datos brutos en productos útiles, como ortofotos, modelos digitales de elevación (MDE) y nubes de puntos. A continuación, se presenta un paso a paso del proceso de post-procesamiento:

- Paso 1: Transferencia de Datos

Descarga de Imágenes: Después del vuelo, las imágenes capturadas por el dron se transfieren desde la tarjeta de memoria del dron a una computadora.

Organización de Archivos: Es recomendable organizar las imágenes en carpetas según la fecha y el área de estudio para facilitar su manejo posterior.

- Paso 2: Revisión de Datos

Verificación Visual: Antes de iniciar el procesamiento, revisa visualmente las imágenes para asegurarte de que no haya problemas evidentes (como imágenes borrosas o mal expuestas).

Eliminación de Imágenes No Utilizables: Si se encuentran imágenes defectuosas, deben ser eliminadas para evitar que afecten el resultado final.

- Paso 3: Georreferenciación

Uso de Puntos de Control Terrestre (GCP): Si se han utilizado puntos de control terrestre durante el vuelo, estos se importan al software. Los GCP son puntos cuyas coordenadas geográficas son conocidas y se utilizan para mejorar la precisión geoespacial del modelo.

Ajuste Geoespacial: El software ajusta las imágenes en función de los GCP para asegurar que estén correctamente alineadas con el sistema de coordenadas geográficas.

- Paso 4: Procesamiento Fotogramétrico

Software Fotogramétrico: Se utiliza software especializado (como Pix4D, Agisoft Metashape o DroneDeploy) para procesar las imágenes.

Generación de Nube de Puntos: El software analiza las imágenes superpuestas y genera una nube de puntos tridimensional que representa la superficie del terreno.

Creación del Modelo Digital de Elevación (MDE): A partir de la nube de puntos, se puede crear un modelo digital que representa la topografía del área.

Generación de Ortofoto: Se crean ortofotos a partir de las imágenes procesadas, corrigiendo distancias.

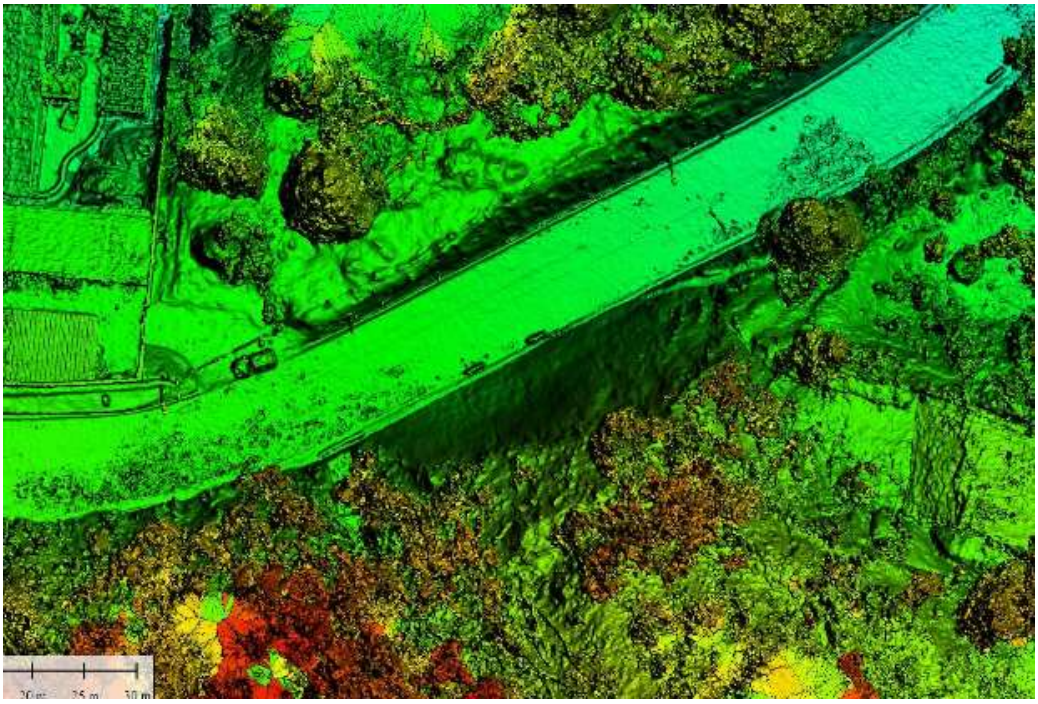


Figure 8 DSM obtenido de la zona Fuente elaboración propia

3.9. Planeamiento de misiones de vuelos para la recolección de información con el sensor magnético

Para el planeamiento de la misión se utilizó el software UGC y se ejecutó el procedimiento según el manual que se encuentra en los anexos de este documento, el cual fue realizado por elaboración propia explicando el paso a paso del planeamiento de vuelo.

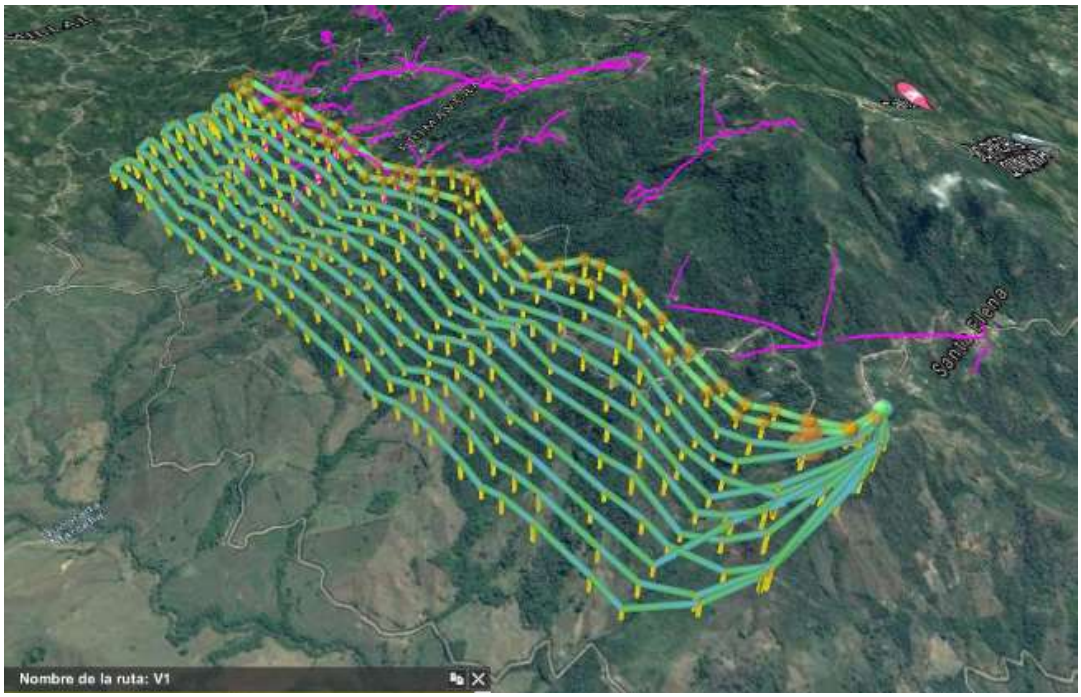


Figure 9 Planeamiento de misión UGCS Fuente elaboración propia

3.10. Ejecución de misión de vuelo para la recolección de información magnética en la zona de estudio

Al momento de iniciar la ejecución del vuelo, previamente debemos de tener un check list necesario para que la misión sea un éxito los ítems a revisar son:

- La base terrestre se encuentre grabando y rastrando información
- Sensor aéreo grabando
- Drone en óptimas condiciones
- Plan de vuelo revisado
- Estado de baterías
- Vigías de la zona de ruta

Durante el vuelo, puedes monitorear en tiempo real el estado del dron y realizar ajustes si es necesario. Estos pasos básicos te permitirán planificar un vuelo utilizando el software UGCS. Es importante familiarizarse completamente con las características y funciones específicas de este software para aprovechar al máximo su potencial y garantizar vuelos seguros y exitosos.



Figure 10 Ejecución de vuelo Magnetometría Fuente elaboración propia

4. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Una vez realizada la recolección de información, se procede a verificar y analizar los datos obtenidos, con el fin de asegurar que la información recopilada sea suficiente para el cálculo de modelos magnéticos y se tenga una excelente precisión a la hora de realizar el post-proceso del proyecto. Se verifica revisando componente por componente para asegurar que no falte ninguna información antes de retirarse de la zona de estudio.

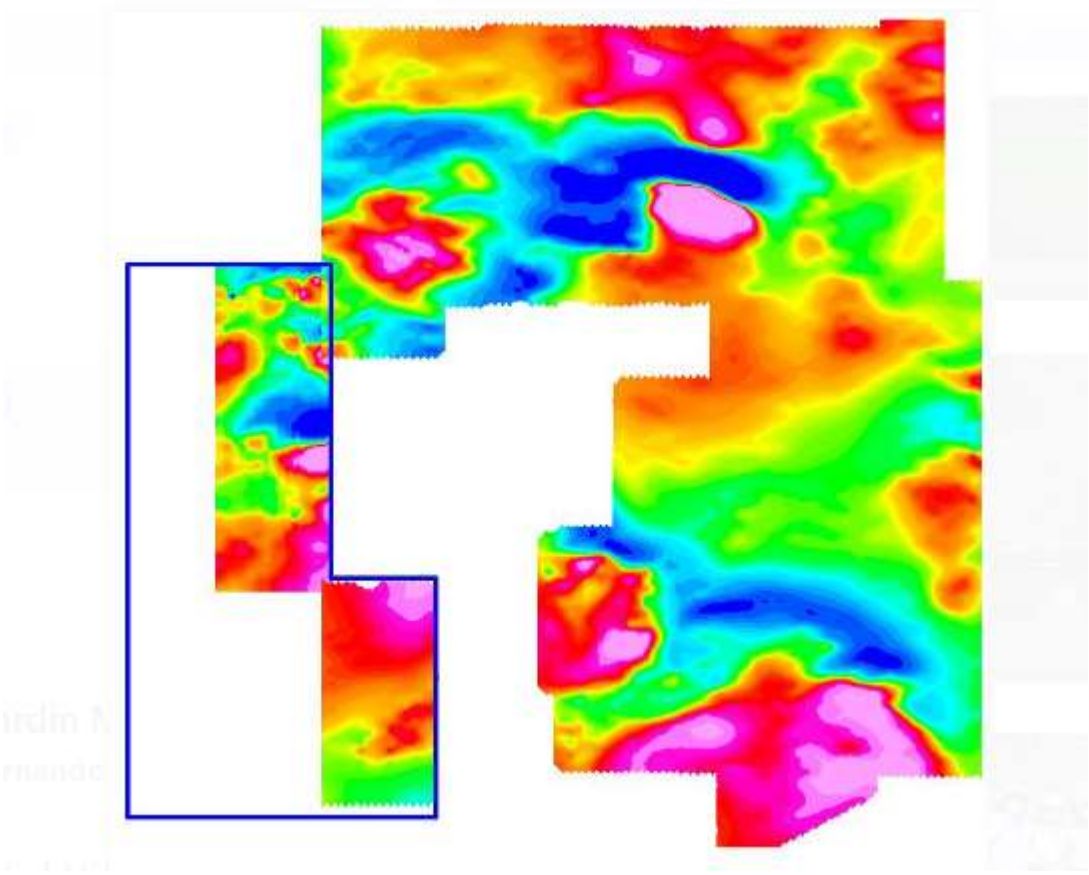


Figure 11 Mapa de calor de los datos recopilados Fuente elaboración propia

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La integración de drones en la magnetometría ha transformado la forma en que se recolectan datos geofísicos, proporcionando una solución eficiente y precisa para estudiar el campo magnético terrestre y explorar el subsuelo. Estos vehículos aéreos no tripulados equipados con magnetómetros especializados han permitido realizar mediciones detalladas a baja altitud, cubriendo áreas extensas de manera rápida y ofreciendo una perspectiva única para entender la composición y estructura del subsuelo.

Para este trabajo se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. Es de vital importancia conocer cada paso a paso de los procesos con el fin de implementar tecnologías nuevas y softwares avanzados que facilitan y aportan en la actualidad los procesos de recolección de información en campo, aumentando la precisión. Reduciendo tiempos de operación en campo.
2. Un buen trabajo de mapeo y obtención de DSM nos asegura una misión segura y confiable, permitiendo análisis y ejecutar de mejor forma cada una de nuestras rutas establecidas.
3. El cronograma de actividades es de vital importancia, este permite controlar el avance del proyecto a diario y establecer planteamientos a posibles situaciones que se pueden generar a lo largo del proyecto.
4. Una vez la recolección de la información sea completada se debe revisar y analizar la información recolectada con el fin de determinar y comprobar que la data recolectada este según las especificaciones de los clientes
5. En las zonas no conocidas es de vital importancia el acercamiento con la comunidad para garantizar un trabajo seguro y tranquilo en zonas de alto riesgo cultural

6. ANEXOS

Anexo a este documento se aprecia la evaluación del personal externo en donde se manifiesta la conformidad total del pasante, quien respondió satisfactoriamente con las necesidades del proyecto dejando un aporte profesional grande y de excelente calidad

7. REFERENCIAS

-Manual de operación de UGCS (Application | UgCS Photogrammetry Tool for UAV Land Survey Missions (sphengineering.com)) -Boletín de la sociedad geológica mexicana - Vol 65 (GEOLOGIA Y MAGNETOMETRIA AEREA DEL GRABEN DE VILLA DE REYES, SAN LUIS POTOSI, MESA CENTRALDE MEXICO: implicaciones tectónicas y geohidrológicas).

-Manual de vuelo para operaciones con drones DJI por medio de drone deployd (Vuelo manual - DroneDeploy)

-Manual operativo de sensor magarrow enfocado para la toma de datos magneto métricos (MagArrow II UAV-Enabled Magnetometer - Geometrics : Geometrics) 46:46

8. ANEXOS PROPIOS

8.1. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

8.2. MANUAL DE OPERACIONES DE MATRICE 600 UGCS ELABORADO EN CAMPO