UTILIZACIÓN DE INFORMACIÓN AEROFOTOGRAMETRÍCA COMO INSUMO PARA ESTUDIOS DE INESTABILIDAD Y EROSIÓN EN EL POLÍGONO DE UTILIDAD PÚBLICA DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO DE ITUANGO

MÓNICA STEFANY AMADO SALAMANCA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA

BOGOTÁ

2016

UTILIZACIÓN DE INFORMACIÓN AEROFOTOGRAMETRÍCA COMO INSUMO PARA ESTUDIOS DE INESTABILIDAD Y EROSIÓN EN EL POLÍGONO DE UTILIDAD PÚBLICA DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO DE ITUANGO

PRESENTADO POR:

MÓNICA STEFANY AMADO SALAMANCA

CÓDIGO: 20122031003

DIRECTOR INTERNO	DIRECTOR EXTERNO
ING. WILLIAM BARRAGÁN	ING. JOSÉ PUENTES

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PASANTÍA COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO TOPOGRÁFICO

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA TOPOGRAFÍA

BOGOTÁ

2016

La Universidad Distrital francisco José de caldas no se hace responsable de las ideas expuestas por el graduado, en el trabajo de grado, según el artículo 117 del acuerdo 029 de 1988

AGRADECIMIENTOS

“No importa cuántos caminos se deban andar, lo importante es no desmayar”

Gracias a mis docentes por compartir sus conocimientos.

A mi familia por estar ahí siempre.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN 12

2. OBJETIVOS 14

2.1 OBJETIVO GENERAL 14

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 14

3. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS 15

3.1 INSTRUCTIVO DE TRABAJO DE CAMPO 15

3.2 INFORME DE TRABAJO DE CAMPO 15

3.3 ANEXOS 15

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS 16

4.1 INSTRUCTIVO DE TRABAJOS DE CAMPO 18

4.1.1 METODOLOGÍA FOTOGRAMÉTRICA PARA LA CAPTURA DE INFORMACIÓN DEL TERRENO 18

4.1.2 METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN Y GEOREFERENCIACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL 20

4.2 METODOLOGÍA DE INFORME DE TRABAJO DE CAMPO 23

4.2.1 INTRODUCCIÓN 24

4.2.2 ALCANCE Y OBJETIVOS 24

4.2.3 DEFINICIONES 24

4.2.4 LOCALIZACIÓN GENERAL 24

4.2.5 CAPTURA DE INFORMACIÓN FOTOGRAMÉTRICA 26

4.2.6 RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES 40

4.3 ANEXOS 40

4.3.1 Memorias Puntos de Control 41

4.3.2 Memorias UAV 48

4.3.3 GDB y Mapas 50

5. EVALUACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE LA PASANTIA..... 57
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 58
7. BIBLIOGRAFÍA 59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización sitios de monitoreo 17
Figura 2 Plan de vuelo 19
Figura 3 Modelo de placa 21
Figura 4 a) Vista en perfil del monumento en concreto b) Vista en planta de una estaca 21
Figura 5 Localización general del proyecto 25
Figura 6 Procedimiento para la captura fotogramétrica con drones 26
Figura 7 Localización del sitio de monitoreo 27
Figura 8 Identificación del sitio de monitoreo y puntos de control 28
Figura 9 Marcación de puntos de control en concreto 28
Figura 10 Marcación puntos de control con pintura 29
Figura 11 Ejemplo de esquema de determinación general 30
Figura 12 Ejemplo de esquema de determinación especifico 31
Figura 13 Ejemplo de esquema de determinación vertical 33
Figura 14 Ruta de vuelo 35
Figura 15 Residuales del proceso de calibración 36
Figura 16 resultado de alineamiento de fotografías crudas 37
Figura 17 Orden de obtención de productos 39
Figura 18 Formato de ocupación 42
Figura 19 Directorio de archivos Rinex 43
Figura 20 Esquema de determinación 45
Figura 21 Formato de informe diario 47
Figura 22 Nube de puntos DSM 48
Figura 23 Nube de puntos DSM filtrado 49
Figura 24 Curvas de nivel y elementos identificables 50
Figura 25 Contenido de Datasets 51
Figura 26 Formato ANLA para salidas gráficas 53
Figura 27 Vista detalle A 54

Figura 28 Vista detalle B 54
Figura 29 Vista detalle C 54
Figura 30 Vista detalle D 55
Figura 31 Vista detalle E 55
Figura 32 Vista detalle F 56
Figura 33 Vista detalle F 56

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Detalle de placa 29
Fotografía 2 Foto-identificación de puntos de control 38
Fotografía 3 Puntos de control materializado con estaca 46
Fotografía 4 Puntos de control materializado en concreto 46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Precisión de productos 19

Tabla 2 Criterio de aceptación para puntos estáticos 22

Tabla 3 Criterio de aceptación para puntos cinemáticos 22

Tabla 4 Criterio de aceptación 32

Tabla 5 Coordenadas Puntos de control Época de referencia 1995,4 33

Tabla 6 Parámetros equipo de vuelo 34

Tabla 7 Parámetros para el vuelo 34

Tabla 8 Parámetros de calibración de la Cámara 35

Tabla 9 Datos de localización de la Cámara 36

Tabla 10 Reporte de ajuste Puntos de control 38

Tabla 11 Modelo datos GDB cartografía 51

GLOSARIO

- **RGB:** Sigla en inglés de Red-Green-Blue (Rojo, verde y azul) composición de color en términos de las intensidad de los colores primarios a la luz.
- **Geodatabase (GDB):** Es una colección de datasets geográficos de varios tipos contenida en una carpeta de sistema de archivos común, una base de datos de Microsoft Access o una base de datos relacional multiusuario DBMS (por ejemplo Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, Informix o IBM DB2). (ArcGis)
- **Feature dataset:** Es una colección de clases de entidad relacionadas que comparten un sistema de coordenadas común. Los datasets de entidades se utilizan para integrar espacial o temáticamente clases de entidad relacionadas. Su propósito primario es organizar clases de entidad relacionadas en un dataset común para generar una topología, un dataset de red, un dataset de terreno o una red geométrica. (ArcGis)
- **Feature class:** Es una colección de elementos geográficos con el mismo tipo de geometría (como punto, línea o polígono), los mismos atributos, y la misma referencia espacial. Un Feature class, puede ser almacenado en una Geodatabase, Shapefile, cobertura o tras formas. Los Feature siguen una clase homogénea para ser agrupados en un base paras diferentes propósitos. (Esri)
- **Global Positioning System (GPS):** Sistema de posicionamiento global es, es un servicio propiedad de los EE.UU. que proporciona a los usuarios información sobre posicionamiento, navegación y cronometría. (GPS)
- **Position Dilution of Precision (PDOP):** Es la precisión de la medición en tres dimensiones. (Fernández Chaparro, 2009)
- **Above ground level (AGL):** Sobre el nivel suelo.
- **Altura Ortométrica (H):** Elevación referida al nivel medio del mar y obtenidas mediante nivelación geométrica. (Fernández Chaparro, 2009)
- **Ground Simple Distance (GSD):** es la medida en milímetros sobre la foto y metros sobre el terreno, depende de la longitud focal de la cámara y de su altura sobre la superficie. Es importante porque marca de alguna forma el nivel de detalle que ofrece. (Chuvieco, 1995)

1. RESUMEN

El área de Geotecnia y Geología de HMV Ingenieros, desarrolla el proyecto “Ejecución de monitoreos de inestabilidad y erosión en el polígono de utilidad pública del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, para las zonas afectadas por las obras del proyecto y zonas con inestabilidad y erosión originada por fenómenos naturales”. Mediante la fotointerpretación a las ortoimágenes de referencia de los años 2009, 2012, 2015 se definieron 30 sitios de estudio de acuerdo a criterios geomorfológicos, que se encuentran afectados por la ocurrencia de deslizamientos o fenómenos de remoción en masa y que ponen en riesgo tanto la vida e integridad de las personas que circulan o transitan, así como el de las obras que se encuentran en construcción y que son el principal motivo para el desarrollo del proyecto.

Para dichos sitios, se requiere contar con información topográfica con la cual se pueda contrastar la información de los años anteriores para identificar cualitativamente zonas de ampliación de fenómenos de remoción en masa, o de estabilización de procesos, y de manera cuantitativa las tasas de desplazamiento del terreno, debido a que a mayor velocidad de desplazamiento del terreno, es mayor la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. Para ello se requieren los siguientes productos:

- Informe de campo
- Ortofotografía
- Grilla de puntos clasificada
- Modelo Digital de superficie
- Vectorización de elementos identificables en el sitio

La captura de esta información se realizará o bien mediante UAV “Unmanned Aerial Vehicle” vehículos aéreos no tripulados o bien con vuelos a baja altura con avioneta; en ambos casos, los vehículos aéreos estarán equipados con mínimo una cámara digital.

Como aspecto positivo y que sirvió como criterio de selección de la toma de la información topográfica se considera una tecnología que se acomoda a las condiciones del proyecto, ya que presenta ventajas de una ejecución rápida en campo, sin requerir demasiado personal, y sin colocarlas en riesgo a las mismas al desarrollar trabajos en alturas. Por otro lado esta tecnología tiene poca credibilidad en cuanto a la precisión en zonas donde se presenta alta densidad de vegetación.

El área de Geotecnia y Geología de HMV Ingenieros requiere de una pasante que se encargue de realizar el seguimiento, evaluación y generación de informes de campo de la captura de información fotogramétrica de los treinta sitios de monitoreo, para presentar al cliente y la entrega de productos finales indicados anteriormente, y que serán respuesta del trabajo de pasantía.

ABSTRACT

HMV Ingenieros performed through its department of Geology and Geotechnical engineering, instability and erosion field monitoring for the Ituango Hydroelectric project (in spanish “Ejecución de monitoreos de inestabilidad y erosión en el polígono de utilidad pública del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, para las zonas afectadas por las obras del proyecto y zonas con inestabilidad y erosión originada por fenómenos naturales”). By multitemporal geomorphological analysis of ortho-photos of several years (2009, 2012, 2015), were selected 30 places with a higher susceptibility to landslides-instability or erosion phenomena, and as consequence, higher vulnerability for people, vehicles and civil works.

For these selected places, survey collect data was essential in order to compare topographic information of several years and identify geomorphological changes to deduce the progression of instability areas. Therefore, the next data was acquired:

- Landsurvey report
- Orthophotos
- Clasificated points grid
- Digital surface model (DSM)
- Cartographic elements

The information collect procedure was made using UAV or light airplane with at least one digital camera in each case. This document is a degree work requirement, which summarizes the methodology to gather the required data as well as the results obtained, that were validation of the suitability of the technology selected to the topographic conditions, fast development and work low risk.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Utilización de información aerofotogrametríca como insumo para estudios de monitoreo de inestabilidad y erosión en el polígono de utilidad pública del proyecto hidroeléctrico de Ituango.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar una metodología para la ejecución de la captura de información fotogramétrica, donde se garanticen la precisión y calidad de la información para la generación de productos finales.
- Presentar la metodología y resultados de la captura fotogramétrica del sitio de monitoreo Cacahual, describiendo cada uno de los procesos empleados para la georeferenciación y toma de fotografías digitales.
- Establecer la idoneidad de la información capturada en campo en cada uno de los 30 sitios, de acuerdo a las especificaciones técnicas requeridas para el proyecto.
- Dar apoyo técnico y respuesta a las necesidades del proyecto

3. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Como resultado de la pasantía se realizaron los siguientes productos para la ejecución del monitoreo de inestabilidad y erosión del sitio denominado como Cacahual, ubicado en el polígono de utilidad pública del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. Sitio que servirá como referente inicial para la ejecución posterior de los monitoreos de los veintinueve (29) sitios restantes.

3.1 INSTRUCTIVO DE TRABAJO DE CAMPO

El instructivo contiene los lineamientos y metodologías y parámetros básicos para la ejecución de los trabajos de campo. Estos parámetros se encuentran definidos de acuerdo a la topografía de la zona, la complejidad y tiempos requeridos para la entrega de resultados.

El instructivo contiene dos (2) capítulos principales:

- Marcación de puntos de control Terrestre
- Captura fotogramétrica del terreno.

3.2 INFORME DE TRABAJO DE CAMPO

El informe resume el procedimiento ejecutado en campo, resultados de cálculos, precisiones obtenidas, metodología de trabajo, procesamiento de la información y los resultados del levantamiento aéreo.

3.3 ANEXOS

Son los productos resultantes de la marcación de los puntos de control y del levantamiento aéreo. Como:

- Memorias de calculo
- Memorias de la captura aérea
- Geodatabase GDB
- Mapas

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Siguiendo los requerimientos y especificaciones técnicas del proyecto para la evaluación de sitios de monitoreo, es necesario contar con la información del terreno para una correcta comparación, análisis y verificación de algún cambio topográfico con respecto a los años anteriores, y que corresponda a consecuencias naturales o consecuencias por la intervención de las obras que actualmente se ejecutan para la culminación de la construcción de la hidroeléctrica Ituango. Este proyecto interviene un área de 24.500 Ha. enmarcada en el polígono de utilidad pública, y en ella HMV Ingenieros, analizará 30 sitios susceptibles de sufrir activación o reactivación de fenómenos de remoción en masa. La ubicación de estos sitios se ilustra en la Figura 1.

Dadas las complicadas condiciones de la zona, las altas pendientes en las que están ubicados los sitios de monitoreo, susceptibles a deslizamientos, y dificultad para la movilización de comisiones de topografía dentro de cada sitio de monitoreo, se dio libertad de escoger la metodología y equipos más adecuados para el levantamiento del terreno, siempre y cuando se garantice una precisión horizontal y vertical de 1 a 3 metros, con presentación de salidas graficas mínimo a escala 1:2.000[1]. Cumpliendo con los estándares para adquisición y actualización de información geográfica para el Sistema Génesis de Empresas Públicas de Medellín EPM y la respectiva base de datos establecida por el ANLA[2] para este tipo de monitoreos, que son exigidos por la licencia ambiental como informes de cumplimiento ambiental.

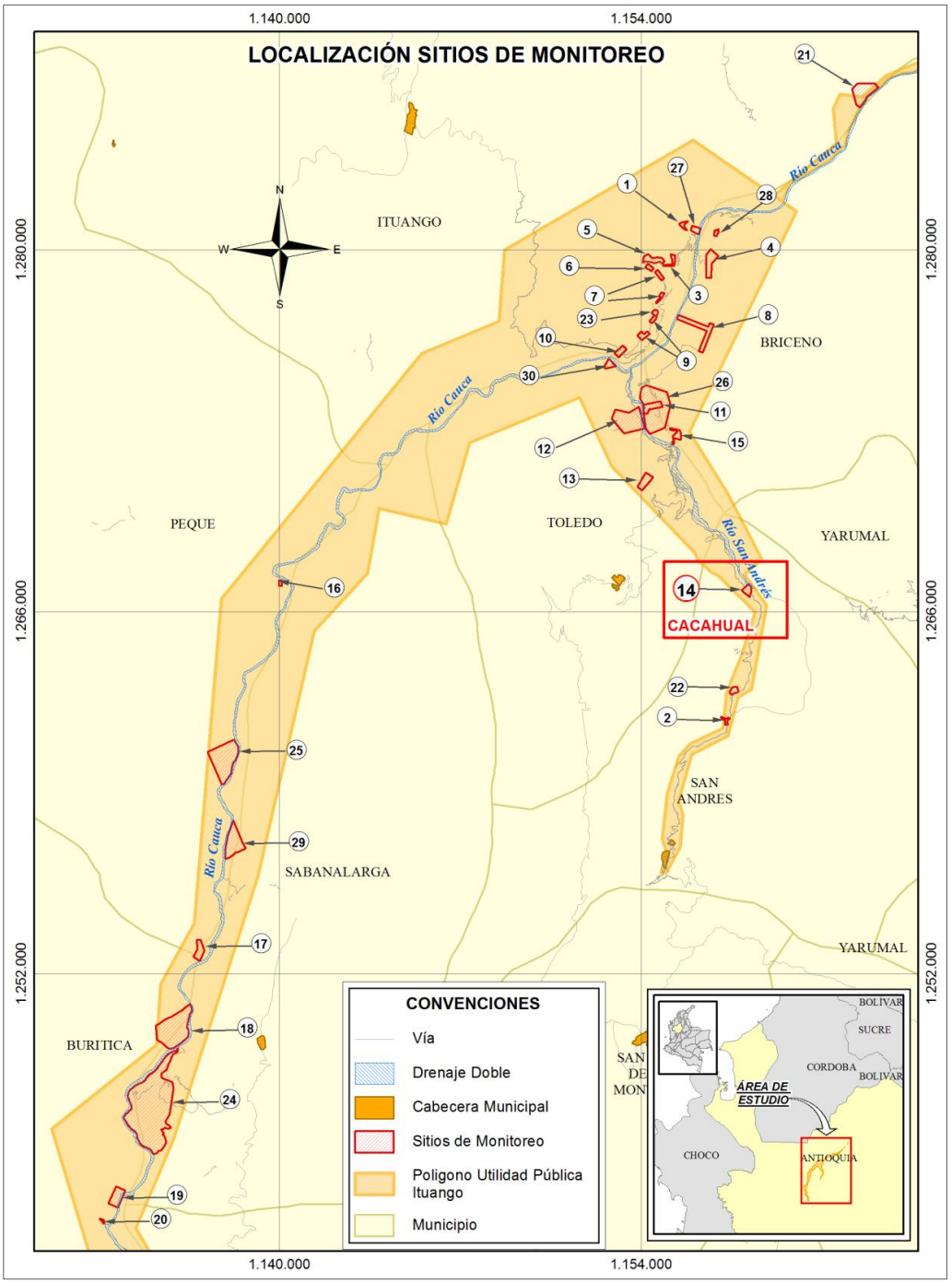
Conforme a lo anterior, como resultado del trabajo de pasantía se diseñaron un instructivo de trabajo y un modelo de informe para la presentación de los trabajos de campo con sus respectivos anexos.

A continuación los modelos de cada uno de los productos enfocados al sitio de monitoreo de Cacahual.

[1] Tomado de pliego de condiciones PC-2014-001169

[2] Autoridad Nacional de Licencias Ambientales

Figura 1 Localización sitios de monitoreo



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

4.1 INSTRUCTIVO DE TRABAJOS DE CAMPO

De acuerdo a las especificaciones técnicas para el desarrollo del proyecto en la etapa de campo, se establecieron algunos parámetros para el desarrollo de cada una de las actividades de campo.

4.1.1 METODOLOGÍA FOTOGRAMÉTRICA PARA LA CAPTURA DE INFORMACIÓN DEL TERRENO

Para la captura del terreno de los sitios de monitoreo, por razones de seguridad y agilidad en la toma de información, se podrá realizar por dos medios:

A. Mediante aviones tripulados remotamente UAV “Unmanned Aerial Vehicle” denominados comúnmente como DRONES. Estos son manipulados desde tierra por pilotos que verifican las condiciones en el aire, la correcta operación y ejecución del plan de vuelo establecido.

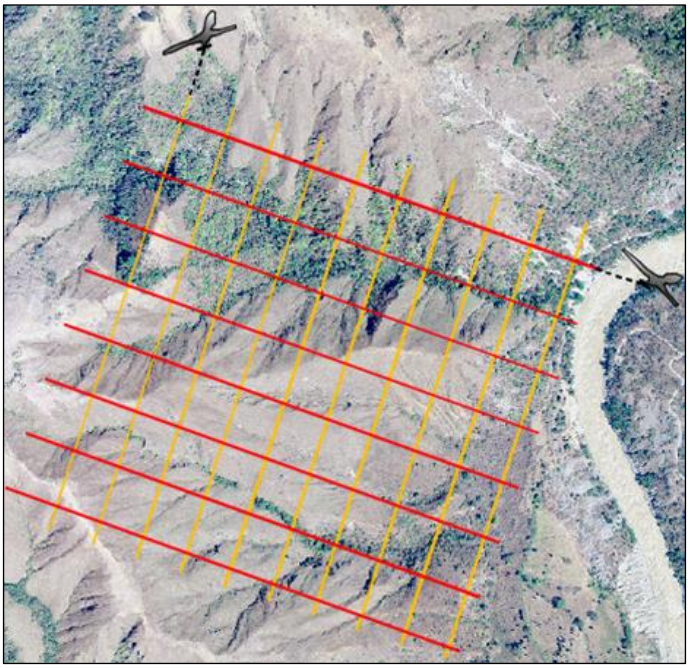
B. Avionetas con tripulación a bordo las cuales operan a baja altura. En ambos casos se cuenta con el montaje de al menos una (1) cámara digital.

La captura de información del terreno se realizara en dos fases: la primera fase es construcción y georreferenciación de los puntos de control y la segunda fase es la toma de datos fotogramétricos.

Para la ejecución de esta actividad se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- División del proyecto en tantos vuelos como sean necesario para barrer el área de cada uno de los sitios de monitoreo del proyecto. Esto dependerá de la autonomía del equipo de vuelo, la cual no podrá ser inferior a 60 minutos.
- Velocidades del viento en la zona de cañón inferior a los 45 km/h, durante los lapsos previstos para la captura de información
- Plan de vuelo con las líneas necesarias para una correcta toma de fotografías y aplicación de correcciones. Si se realiza con Drones, las líneas de vuelo deberán ser perpendiculares entre sí, con el fin de capturar completamente el sitio de estudio. Ver Figura 2.

Figura 2 Plan de vuelo



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016.

- Cobertura mínima en vuelo simple de 5 km2 a 974 m AGL, para los vuelo con dron.
- Cámara con sensor RGB, resolución mayor a 14 Megapíxeles, con dispositivo para el almacenamiento de coordenadas absolutas.
- Operador del dron con certificado de aprobación del curso de Piloto Comercial de Aeronaves Tripuladas Remotamente.
- Precisión bajo los criterios de la Tabla 1

Tabla 1 Precisión de productos

ITEM	PRECISIÓN
Precisión relativa para el orto-foto-mosaico y el modelo 3D	1 - 3 pixeles x GSD
Precisión horizontal/Vertical absoluta con puntos de control	1 - 4 pixeles x GSD

Fuente: HMV INGENIEROS, 2016.

Teniendo en cuenta que el GSD no podrá superar los 20cm x pixel.

- Normalización y corrección de las fotografías crudas captadas, para crear una Ortofotografía.
- Aplicación de ajustes de orientación relativa y las correcciones de las fotografías.

- Foto-identificación de los puntos de control previamente materializados.
- Generación de nube de puntos y Ortofotografía georreferenciada.

De esta actividad se deberán obtener los siguientes entregables:

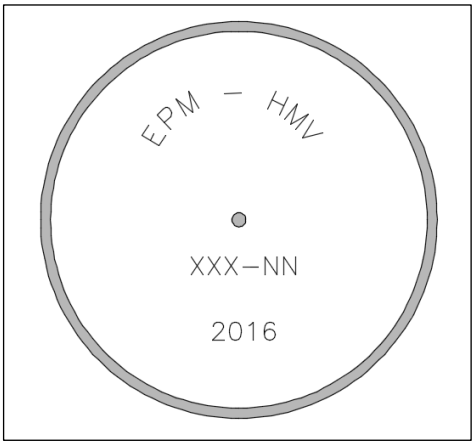
- Ortofotografía a color RGB formato ECW y Geotiff.
- DSM: Modelo digital de superficie (grilla de 50 cm x 50 cm) en formato LAS, ASC, TIFF Y XYZ.
- DSM Filtrado: Sin cobertura vegetal, solo en los casos donde no existan áreas de cobertura de vegetación densa, con interpolación de las áreas filtradas en formato LAS, ASC, TIFF y XYZ.
- Curvas de nivel cada metro en formato DWG, DGN o SHP generado sobre el DSM Filtrado.
- Cartografía 2D (Vectorización de los elementos identificables en la ortofotografia, según la escala, y los proyectados sobre el DSM filtrado).
- Informe Final de actividades.

4.1.2 METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN Y GEOREFERENCIACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL

La cantidad de puntos de control dependerá del plan de vuelo, para garantizar la precisión requerida en el proyecto.

Para la materialización de los puntos de control se construirán dos (2) clases de puntos, atendiendo el presupuesto del proyecto para esta actividad y la durabilidad de los puntos de control: El primero es un monumento en concreto de dimensiones 0,25 x 0,25 m con una profundidad de mínimo 0,40 m bajo la superficie del terreno y al menos 0,20 m sobresaliendo del terreno y cuyo objetivo es servir como punto de control para futuros monitoreos. En el centro del monumento se incrustará una placa de aluminio o material no corrosivo con una leyenda en relieve negativo. Ver Figura 3

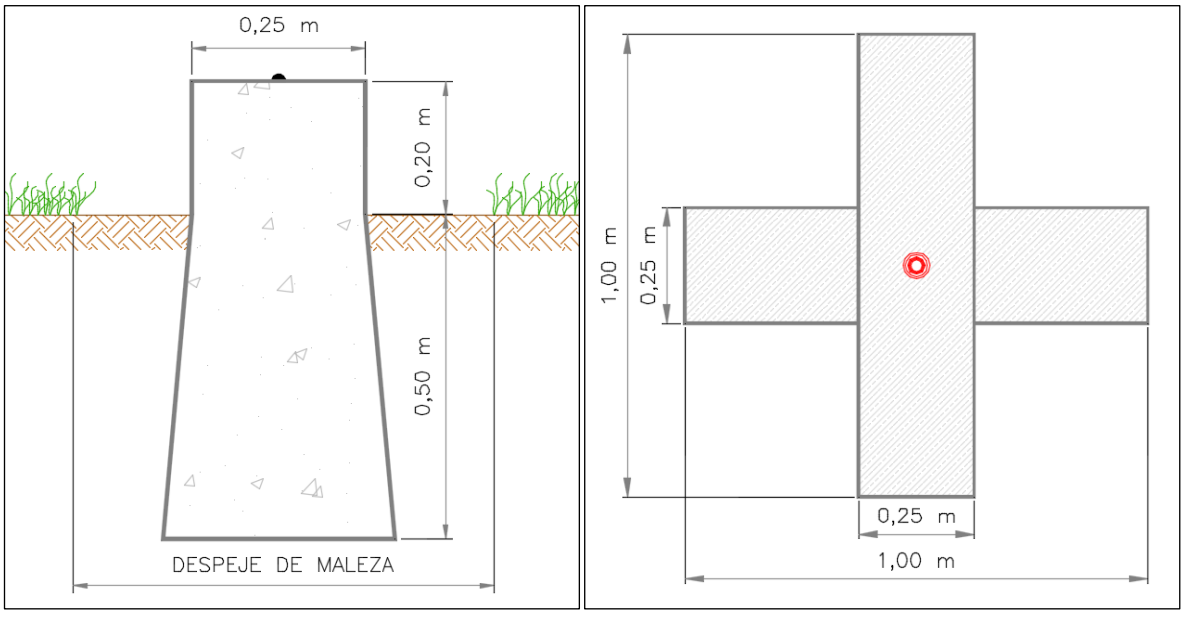
Figura 3 Modelo de placa



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016.

La segunda clase de punto será una estaca o marca en cruz de pintura y cuya durabilidad está restringida a la duración del monitoreo, objeto del proyecto.

Figura 4 a) Vista en perfil del monumento en concreto **b)** Vista en planta de una estaca



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016.

En ambos casos, se acompañarán de una marca en cruz con pintura acrílica blanca y roja o en geotextil de ancho de 0,25 m y de largo 1,00 m como se muestra en la Figura 4

Para la georreferenciación de los puntos de control, se establecerá una red principal, distribuida de forma equidistante entre las áreas a medir. Estos puntos se georreferenciaron

mediante el método estático diferencial y para los demás puntos de control, se podrá optar por medir en Tiempo Real (RTK) siempre y cuando la precisión se encuentre dentro de los parámetros establecidos en este documento.

La georreferenciación de los vértices se realizará con receptores GPS de multi-frecuencia de última generación, utilizando el método estático diferencial, formando vectores o polígonos y operando de manera simultánea, por lo que se tendrán en cuenta las estaciones permanentes del IGAC[3] más cercanas.

En caso de superar los cien (100) kilómetros de separación entre el vértice y la estación permanente, un (1) receptor GPS será ubicado en un vértice o estación pasiva del IGAC.

En cada sesión de toma de datos se utilizaron tres o más receptores, con un mínimo de cinco (5) satélites, el PDOP no podrá exceder de cinco (5).

El tiempo mínimo de rastreo para los puntos estáticos se calculara bajo la fórmula:

***Tiempo mínimo** = 15 minutos + 5 minutos por km de separación entre la base y el Móvil.*

En el post proceso se debe tener en cuenta:

- Efemérides precisas.
- Las coordenadas actualizadas de la estación permanente (última publicación).
- Cálculo de velocidades y traslado de Época 1995.4 a época del levantamiento.

Criterio de aceptación bajo los indicadores de las Tabla 2 y Tabla 3.

Tabla 2 Criterio de aceptación para puntos estáticos

	INDICADORES	
PRECISIÓN	**ACEPTACIÓN**	**FALLIDA**
Horizontal >	0.020 m + 1.0 ppm	0.050 m + 1.0 ppm
Vertical >	0.050 m + 1.0 ppm	0.100 m + 1.0 ppm

Fuente: HMV INGENIEROS, 2016.

Tabla 3 Criterio de aceptación para puntos cinemáticos

	INDICADORES	
PRECISIÓN	**ACEPTACIÓN**	**FALLIDA**
Horizontal >	0.100 m + 1.0 ppm	0.200 m + 1.0 ppm
Vertical >	0.150 m + 1.0 ppm	0.250 m + 1.0 ppm

Fuente: HMV INGENIEROS, 2016.

[3] Instituto geográfico Agustín Codazzi

Los parámetros y especificación global deben ser referidos al DATUM MAGNA – ORIGEN: OESTE, proyección GAUSS KRÜGER época 1.995,4.

Datum:	WGS84 - GCS_MAGNA
Sistema de Coordenadas:	MAGNA Colombia – Origen Oeste
Proyección:	Transversa de Mercator
Este Falso:	1000000.000000
Norte Falso:	1000000.000000
Meridiano Central:	-77.0775079166667
Factor de Escala:	1.00000000
Latitud de Origen:	4.5962004166
Unidades:	Metros
Sistema de Coordenadas Geográfico:	GCS_MAGNA
Meridiano Principal:	Greenwich

Para el cálculo de la cota o altura ortométrica, se aplicará la metodología descrita en los estándares para información geográfica de EPM: “SISTEMA Y MARCO DE REFERENCIA VERTICAL PARA LA INFORMACIÓN DE GÉNESIS”.

4.2 METODOLOGÍA DE INFORME DE TRABAJO DE CAMPO

El informe deberá contener la metodología de captura usada en el sitio, parámetros que se tuvieron en cuenta en la materialización y georreferenciación, conforme a los lineamientos del instructivo y acompañado de los resultados de dichos procedimientos.

Debe contener como mínimo:

1 INTRODUCCIÓN

2 ALCANCE Y OBJETIVOS

3 DEFINICIONES

4 LOCALIZACIÓN GENERAL

5 CAPTURA DE INFORMACIÓN FOTOGRAMÉTRICA

5.1 MATERIALIZACIÓN Y GEOREFERENCIACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL

5.2 CAPTURA Y PROCESAMIENTO DE LAS FOTOGRAFÍAS

6 CONCLUSIONES

A continuación se describe brevemente el contenido de cada uno de los numerales de los informes de campo.

4.2.1 INTRODUCCIÓN

En la Introducción se dará una reseña del proyecto, donde se explique a grandes rasgos como se llegó al objetivo, finalmente describirá brevemente el contenido del informe.

4.2.2 ALCANCE Y OBJETIVOS

El alcance y objetivos describen de lo general a lo especifico, los diferentes objetivos planteados para la definición de metodologías, procedimientos, control de calidad y resultados.

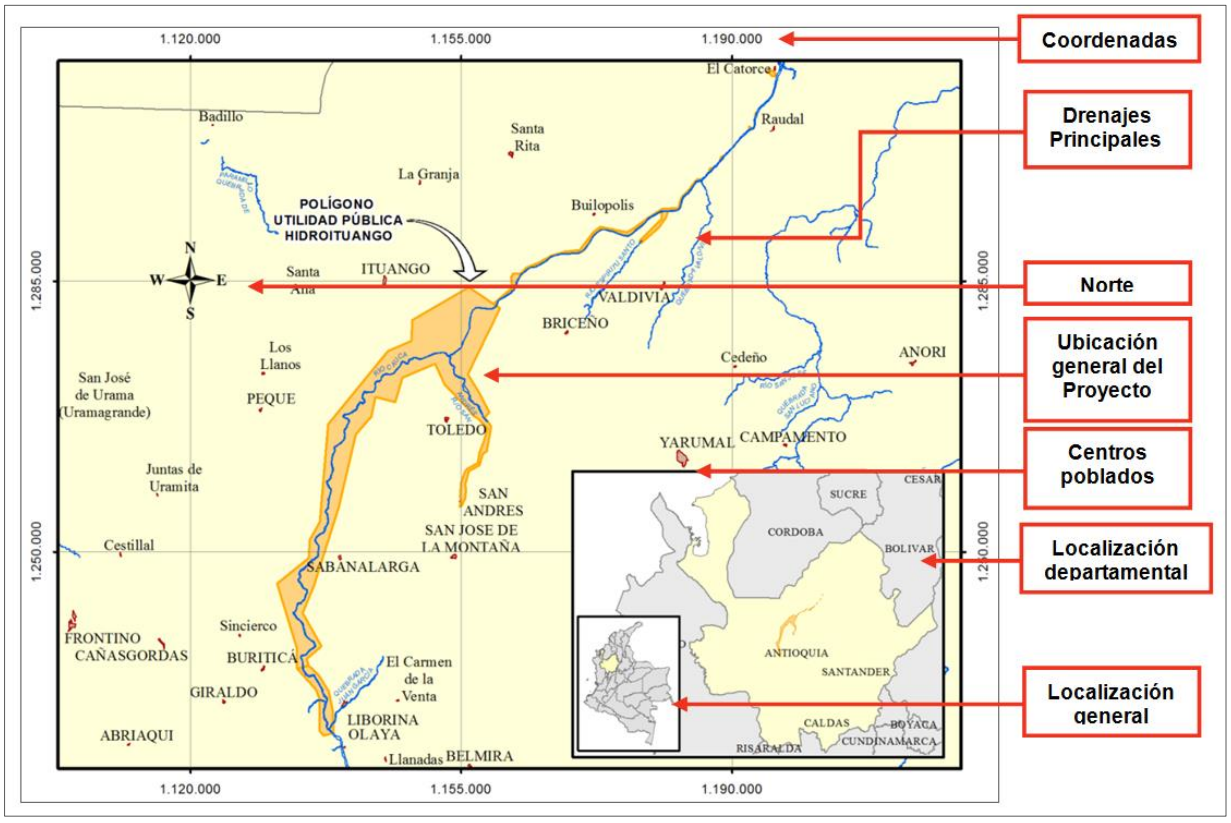
4.2.3 DEFINICIONES

En este capítulo se almacenan las palabras que nos son de dominio público, que ayudarán a concebir las ideas tratadas en el informe, términos técnicos y científicos usados de forma específica en estar área de la ingeniería.

4.2.4 LOCALIZACIÓN GENERAL

En este capítulo, se hace una presentación geográfica de la ubicación del proyecto, donde este especifique la localización detallada desde el dominio regional al municipal, coordenadas, señales alusivas a la ubicación del lugar, y una imagen que se relacione con la descripción dada. Ver Figura 5.

Figura 5 Localización general del proyecto

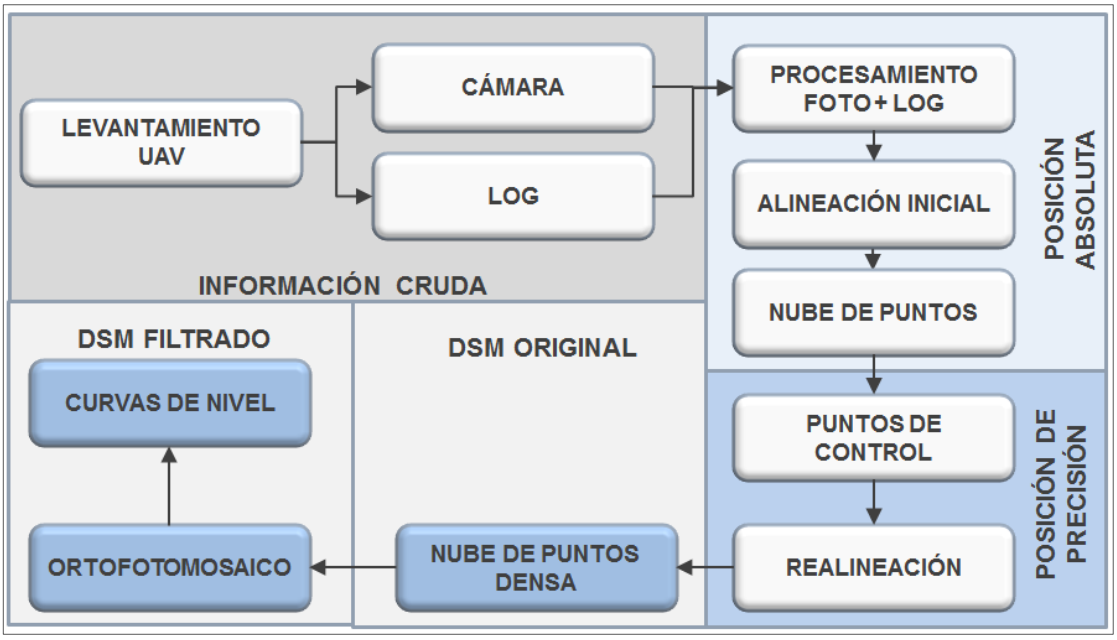


Fuente: HMV INGENIEROS, 2016.

4.2.5 CAPTURA DE INFORMACIÓN FOTOGRAMÉTRICA

En la siguiente figura, se muestra el procedimiento de captura de información mediante drones.

Figura 6 Procedimiento para la captura fotogramétrica con drones

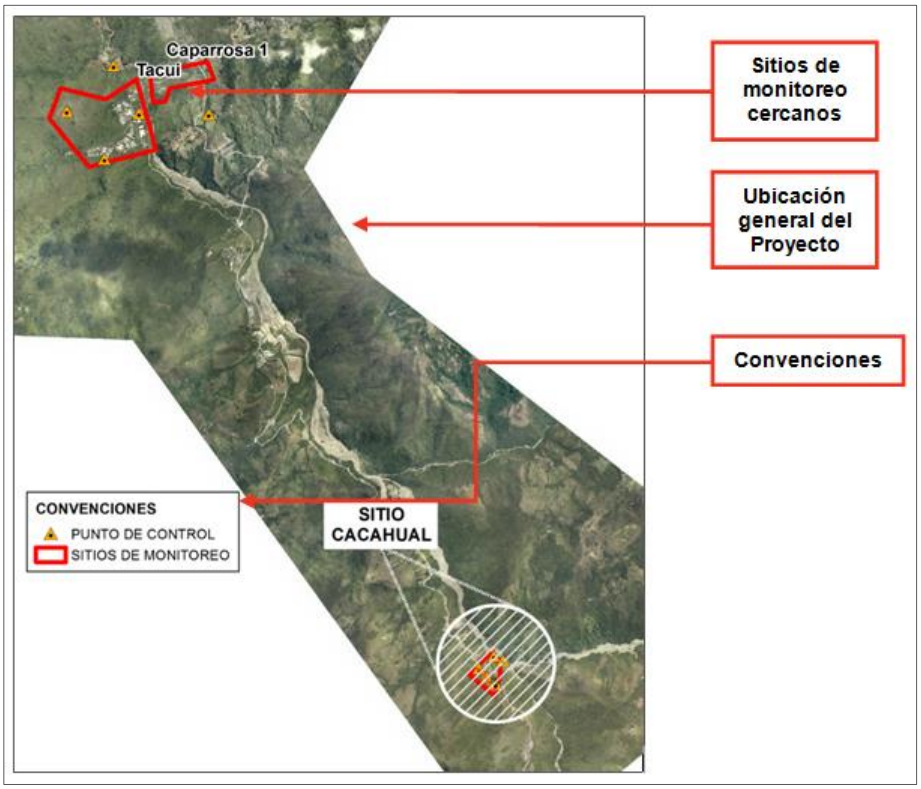


Fuente: Propia[4]

En este capítulo se describen las actividades desarrolladas en el sitio de monitoreo, metodología utilizada, el orden de ejecución de las actividades, la precisión obtenida y los resultados relevantes. Se deberá mostrar una imagen de la ubicación del sitio de monitoreo enmarcada en la localización general. Ver el ejemplo Figura 7.

[4] Adaptado de (Carrivick, Smith, & Quincey, 2016)

Figura 7 Localización del sitio de monitoreo



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016.

Contiene un orden definido e acuerdo a las actividades o procesos más representativos de la metodología empleada. Como se muestra a continuación:

- MATERIALIZACIÓN Y GEOREFERENCIACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL

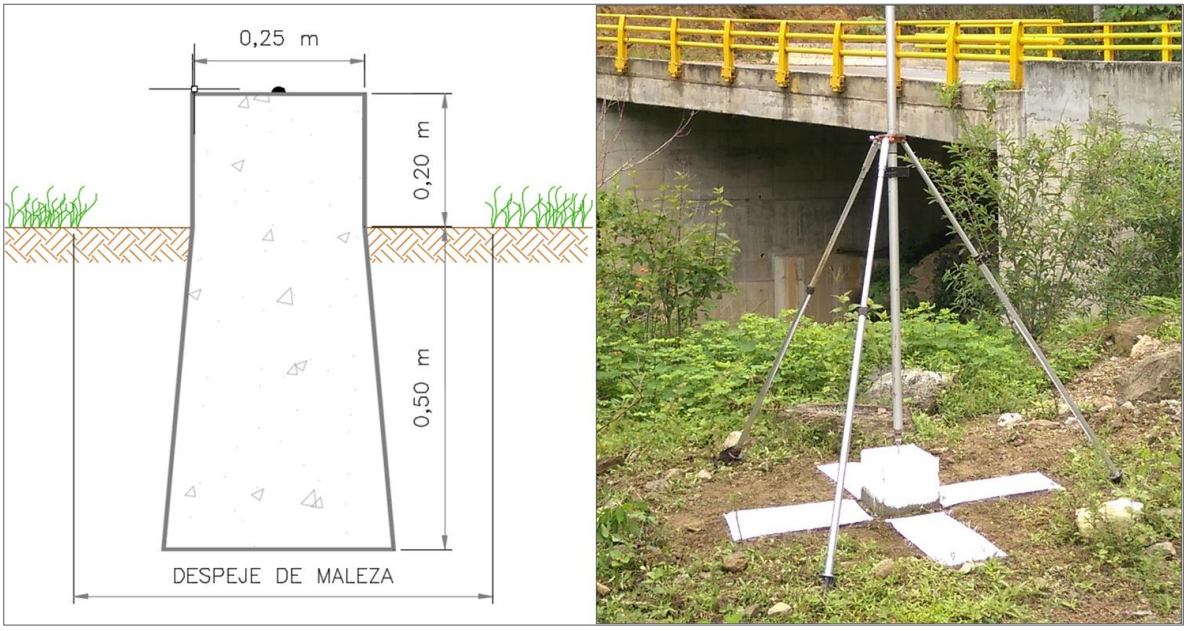
De acuerdo al instructivo de campo (4.1.2) se establecieron dos tipos de construcción de puntos de control Ver Figura 9 y Figura 10, en este capítulo se justificará la cantidad, ubicación Ver Figura 8 y el tipo de construcción en el sitio. Es importante apoyarse de fotografías que muestren la evidencia dejada en campo. Ver figura

Figura 8 Identificación del sitio de monitoreo y puntos de control



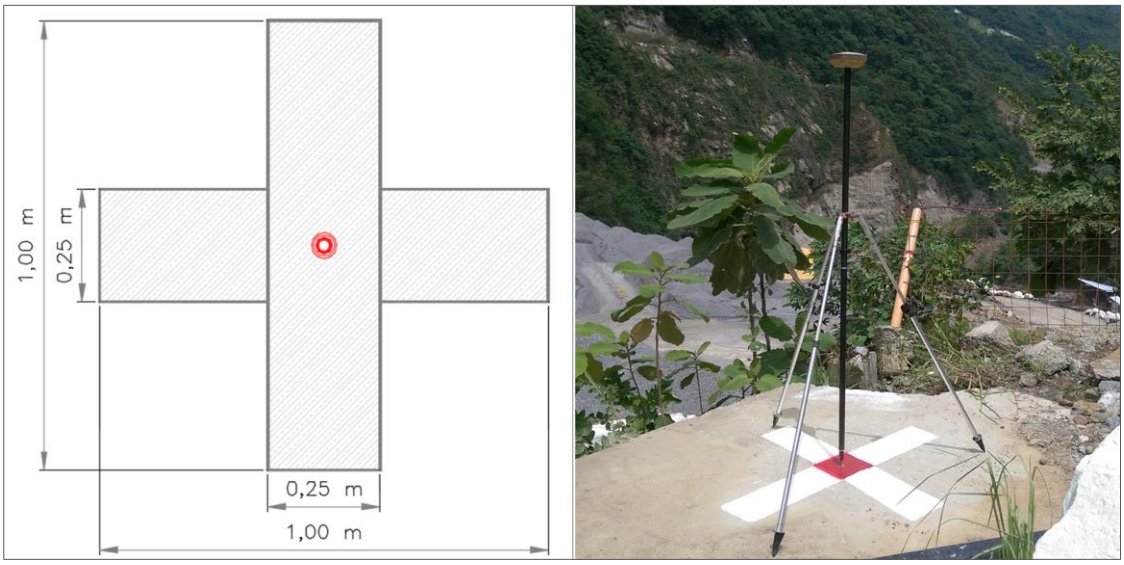
Fuente: HMV INGENIEROS, 2016.

Figura 9 Marcación de puntos de control en concreto



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016.

Figura 10 Marcación puntos de control con pintura



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016.

Fotografía 1 Detalle de placa



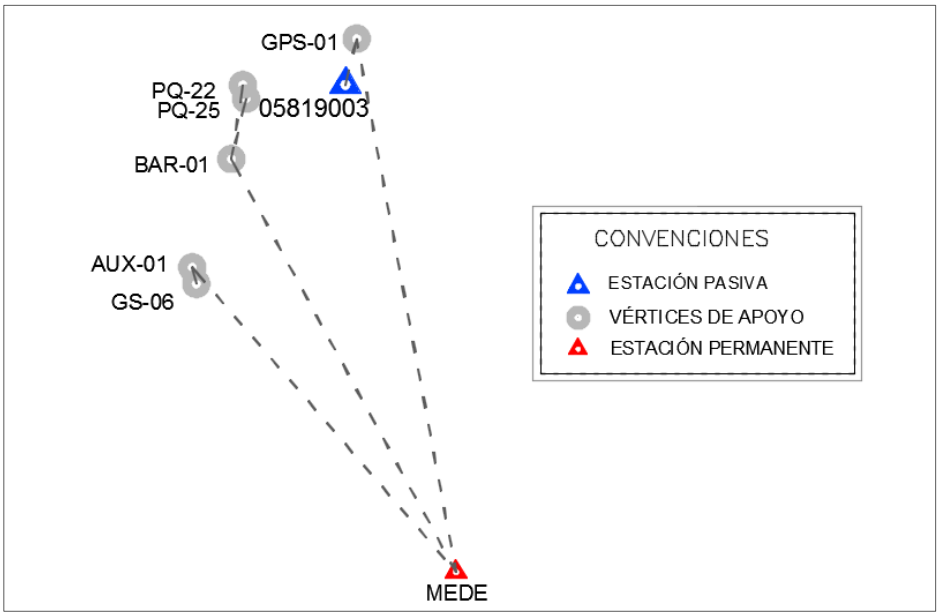
Fuente: HMV INGENIEROS, 2016.

En la georeferenciación horizontal se explicará detalladamente el origen de las coordenadas, y las bases de referencia empleadas, se indicará el día y la semana GPS de la ocupación, así como tiempo de rastreo, software de post-proceso, parámetros de ajuste y sistema de referencia empleado para el proyecto; es importante resaltar la importancia de este capítulo, ya que proporcionará claridad necesaria para cualquier calculista que esté a cargo de la

verificación o si los puntos marcados en campo perduran, pueden ser objeto de futuros proyectos.

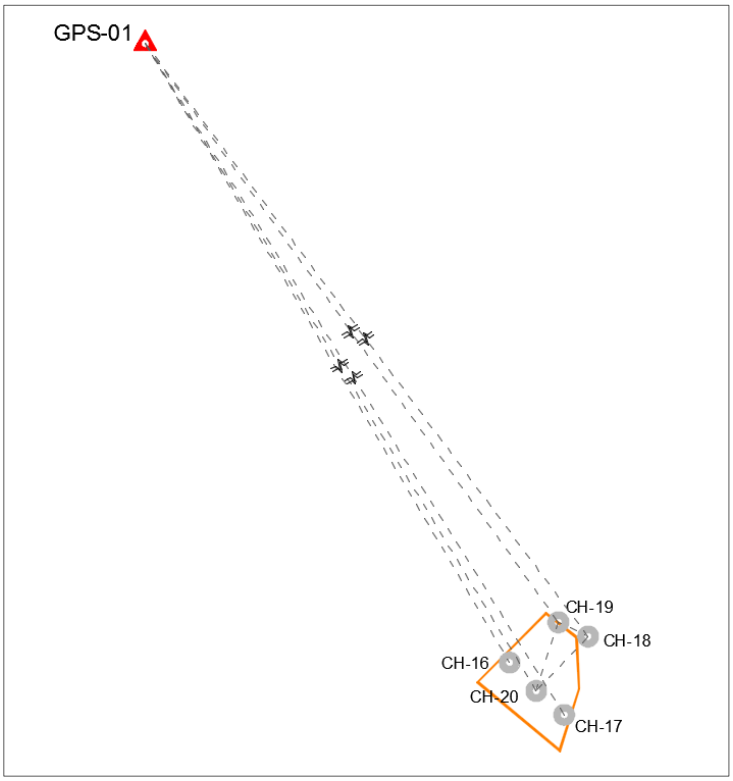
Como parte de la georeferenciación es necesario presentar esquemas de determinación, que son una herramienta visual que le permite a una navegante identificar la forma de la ocupación en campo y el debido procesamiento de los vectores. Ver Figura 11 y Figura 12.

Figura 11 Ejemplo de esquema de determinación general



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016.

Figura 12 Ejemplo de esquema de determinación especifico



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016.

También es importante listar las actividades para la ejecución del post-proceso, como se observa en el siguiente ejemplo:

- Descarga de archivos rinex estación activa MEDE, del día 053, 063 y 065 de las semana GPS 1885 y 1886 respectivamente.
- Importación de archivos rinex de los puntos de control y de la estación pasiva 05819003 del IGAC; usada como control de calidad
- Ajuste de coordenadas de la estación activa MEDE, con la solución semanal obtenida de la web *http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/SIRGAS_CRD/sir16P1885.crd*
- Verificación de altura de las antenas.
- Determinación de la época de medición: 2016,2, semana GPS 1885.
- Cálculo de vectores entre la base y los puntos a determinar, con un nivel de confianza de la precisión de 95% y criterio de aceptación indicado en la Tabla 4

Tabla 4 Criterio de aceptación

	INDICADORES	
PRECISIÓN	**ACEPTACIÓN**	**FALLIDA**
Horizontal >	0,020 m + 1,0 ppm	0,050 m + 1,0 ppm
Vertical >	0,050 m + 1,0 ppm	0.100 m + 1,0 ppm

Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

- Ajuste de los puntos de control con efemérides precisas.
- Obtención de coordenadas geográficas (**φ, λ, h**) en época de medición.
- Transformación de coordenadas geográficas (**φ, λ, h**) a coordenadas planas de Gauss (N, E), mediante Magna Sirgas Pro v. 2.0.
- Cálculo de velocidades mediante Magna Sirgas Pro v. 2.0 y traslado a la época de referencia 1995,4.
- Coordenadas resultantes de los puntos en época de medición y época de referencia.

Los parámetros y especificación global están referidos al sistema de referencia para Colombia DATUM MAGNA – ORIGEN: OESTE, proyección GAUSS KRÜGER época 1995,4.

Datum: WGS84 - GCS_MAGNA

Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia – Origen Oeste

Proyección: Transversa de Mercator

Este Falso: 1000000,000000

Norte Falso: 1000000,000000

Meridiano Central: -77,0775079166667

Factor de Escala: 1,00000000

Latitud de Origen: 4,5962004166

Unidades: Metros

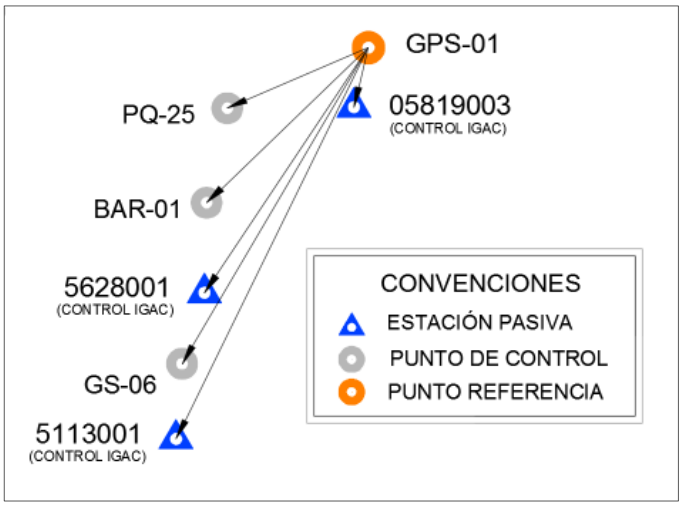
Sistema de Coordenadas Geográfico: GCS_MAGNA

Meridiano Principal: Greenwich

En cuanto a la georeferenciación vertical, se aplicará lo indicado en los estándares para información geográfica de EPM: “SISTEMA Y MARCO DE REFERENCIA VERTICAL PARA LA INFORMACIÓN DE GÉNESIS” de EPM, que aclara que para la obtención de altura sobre

nivel del mar se deberá aplicar alguna de las metodologías descritas por el IGAC[5], y un ejemplo de esquema de cálculo se muestra en la Figura 13.

Figura 13 Ejemplo de esquema de determinación vertical



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

Siendo el objeto de este capítulo el establecimiento de marcas o puntos de control, con el fin de conocer su ubicación en coordenadas (N, E, C). Se debe mostrar como resultado en una tabla, aclarando la época de referencia. Ver Tabla 5.

Tabla 5 Coordenadas Puntos de control Época de referencia 1995,4

Punto	Coordenadas geográficas			Coordenadas Planas de gauss		
	Latitud (N) - φ	Longitud (W) - λ	Alt, Elipsoidal (h)	Norte	Este	Cota (H)
CH-16	7°0'26,99156"	75°38'51,87374"	793,475	1266895,73	1157995,72	773,26
CH-17	7°0'20,70999"	75°38'45,35258"	807,640	1266703,31	1158196,52	787,37
CH-18	7°0'30,09403"	75°38'42,45697"	635,243	1266991,94	1158284,54	615,03
CH-19	7°0'31,80933"	75°38'46,01708"	630,022	1267044,32	1158175,08	609,81
CH-20	7°0'23,58993"	75°38'48,699"	805,761	1266791,50	1158093,51	785,52

Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

- CAPTURA Y PROCESAMIENTO DE LAS FOTOGRAFÍAS

[5] GUÍA METODOLÓGICA PARA LA OBTENCIÓN DE ALTURAS SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR (s.n.m.m.) UTILIZANDO EL SISTEMA GPS, disponible en: www.igac.gov.co

En este capítulo se explica la metodología diseñada desde el plan de vuelo, ejecución en campo y técnicas de procesamiento, para el levantamiento con drones Es importante describir inicialmente los requerimientos y parámetros de la etapa de campo el equipo de vuelo y las especificaciones técnicas, ya que por fabricante se puede deducir el alcance que tiene el equipo.

Tabla 6 Parámetros equipo de vuelo

PLATAFORMA	
Nombre	Skywalker X-8
Cobertura de alas	2120 mm
Carga Útil	1000 - 2000 gr
Autonomía de vuelo	Hasta 1 hora
Velocidad máxima del viento	50 Km/h aprox.
Velocidad de crucero	40 – 45 Km/h
AUTOPILOTO	
Marca/Modelo	Panda 2
Frecuencia recepción GPS	10Hz
Tiempo posicionamiento rápido	15 seg
Precisión teórica	2,5 m

Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

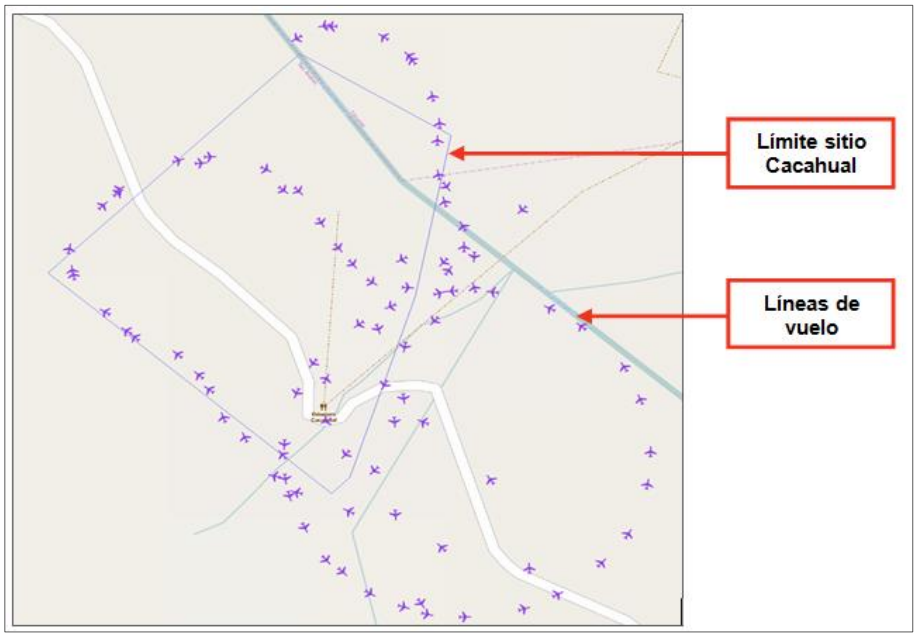
A su vez se deben presentar los parámetros de vuelo (ver Tabla 7) y la ruta de vuelo ejecutada (ver Figura 14).

Tabla 7 Parámetros para el vuelo

PARÁMETROS DEL VUELO	
Recubrimiento longitudinal	80%
Recubrimiento lateral	60%
Altura de vuelo AGL	500 m
Tipo de planificación	3D
Cámara	Next mini (9mm)

Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

Figura 14 Ruta de vuelo



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

Luego se explicará el procesamiento, en donde se indicará la forma de alineación de las fotografías, la aplicación de correcciones para la adecuada alineación de las fotografías (Figura 16) junto con las residuales (Figura 15), los parámetros para el ajuste de calidad, los cuáles deben mostrarse en el informe. Ver Tabla 8.

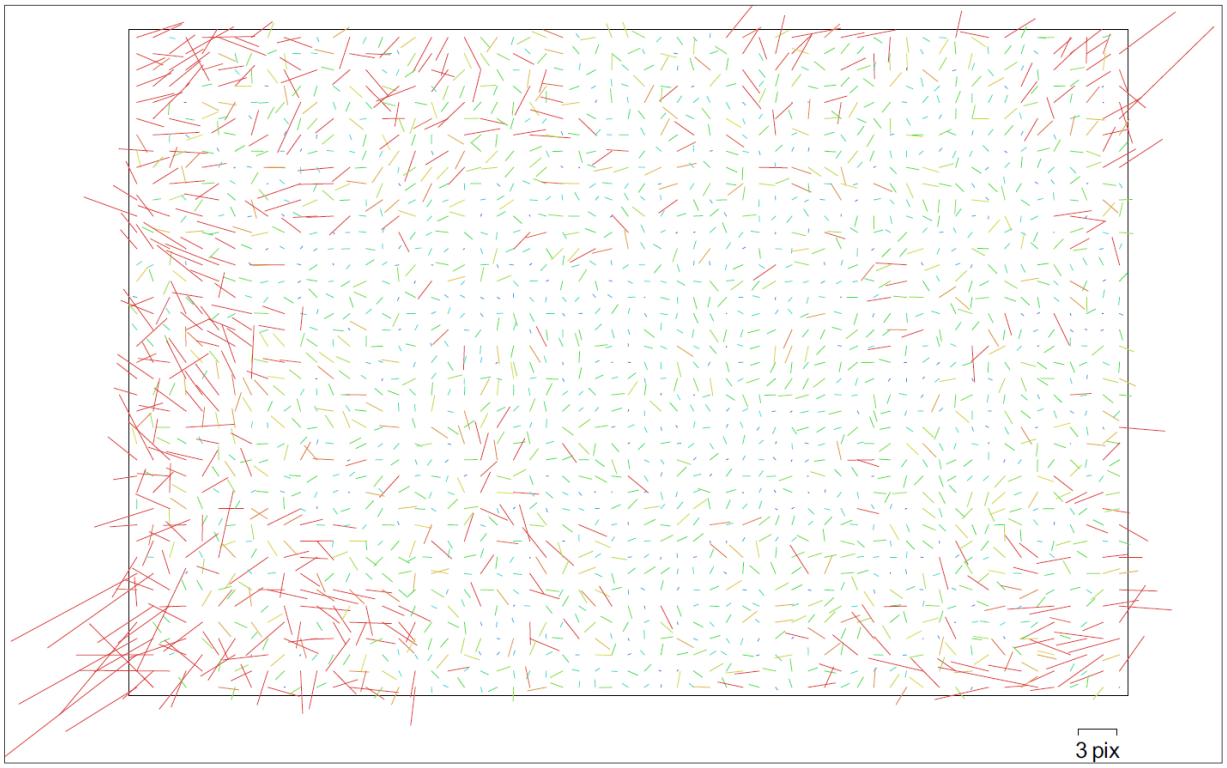
Tabla 8 Parámetros de calibración de la Cámara

Cámara	NX mini	**Resolución**	5472 x 3648 pix
Distancia focal	9 mm	**Tamaños pixel**	2,47 x 2,47 µm
Tipo	Frame	**F**	3957.01
Cx	-103.297	**B1**	-23.9478
Cy	34.4259	**B2**	7.29273
K1	0.016216	**P1**	-0.00444096
K2	0	**P2**	0.000469772
K3	0	**P3**	0
K4	0	**P4**	0

Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

******K, P, B****: Parámetros de distorsión geométrica – ****C****: Centro de proyección*

Figura 15 Residuales del proceso de calibración



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

Una forma de resumir los datos técnicos o resultados de la localización de la cámara, es mediante una tabla, ver ejemplo de Tabla 9

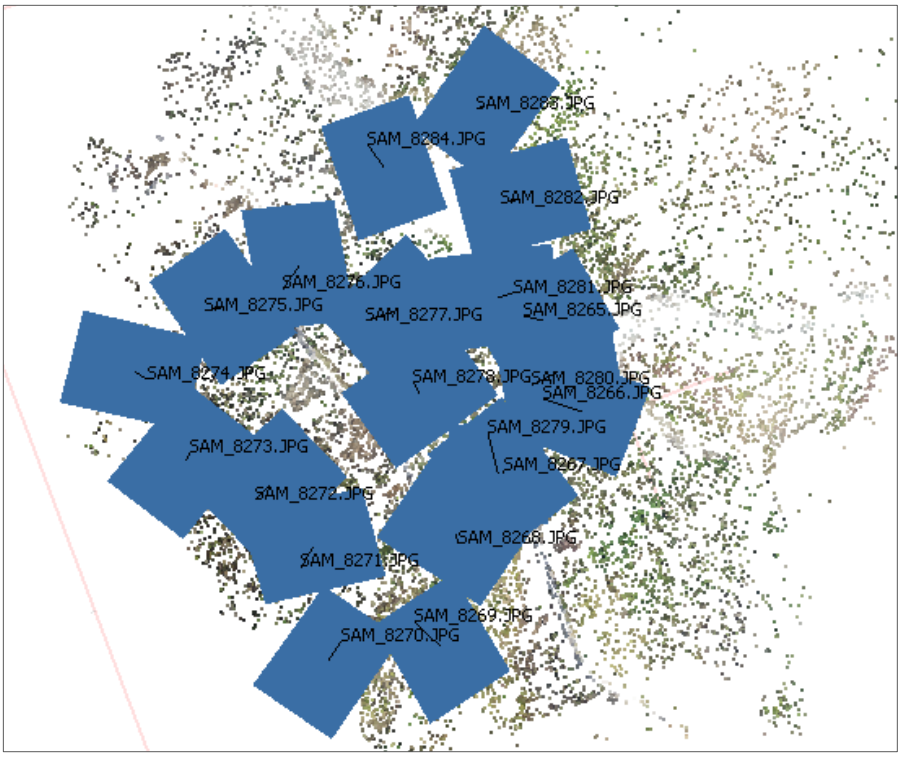
Tabla 9 Datos de localización de la Cámara

Número de imágenes:	20	**Posiciones de la cámara:**	20
Altura de vuelo:	570 m	**Puntos de paso:**	21,075
Resolución espacial:	13,9 cm/pix	**Error de proyección:**	4,24 pix
Área cubierta:	1,57 Km^2		

Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

Para obtener los productos necesarios en el proyecto la información de las fotografías debe ser transformada en diferentes formatos (las, tiff, asc y xyz), razón por la que es necesario que en el informe se identifiquen los softwares usados para el procesamiento y se muestre algunas figuras de dichos procesos.

Figura 16 resultado de alineamiento de fotografías crudas



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

Fotografía 2 Foto-identificación de puntos de control



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

En la fotografía, se muestran los puntos de control marcados en campo para el apoyo del proceso de georeferenciación de las fotografías, es indispensable contar con una explicación y una imagen ilustrativa que muestre la unificación del trabajo que de desarrollo en dos etapas (ver Figura 17), como se describió en el capítulo 4.2 de este documento.

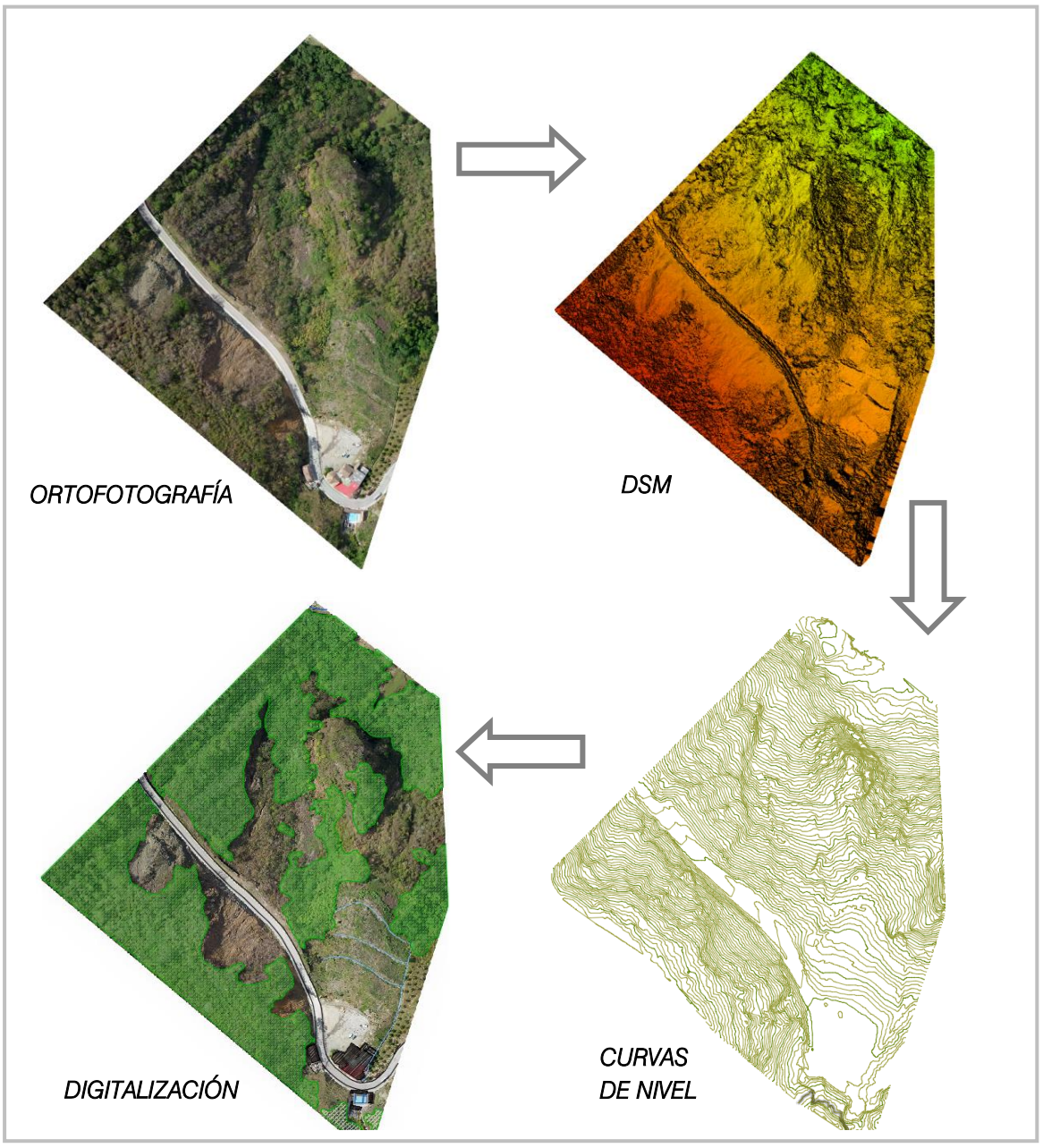
De la identificación de puntos control, como en cualquier proceso de restitución fotogramétrica se obtiene un reporte de ajuste. Ver Tabla 10.

Tabla 10 Reporte de ajuste Puntos de control

Label	XY error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
CH-16	0,10522	-0,00884	0,10559	12	2,144
CH-17	0,05078	-0,66582	0,66775	9	1,335
CH-19	0,11996	-0,15086	0,19274	14	3,606
CH-20	0,05180	0,58047	0,58277	11	1,571
Total	**0,08764**	**0,44808**	**0,45657**		**2,469**

Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

Figura 17 Orden de obtención de productos



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

Como resultado de se obtendrá la información básica para la elaboración del estudio:

Ortografía, curvas de nivel y cartografía, que servirán para la comparación y seguimiento de los sitios vulnerables objeto de estudio.

4.2.6 RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Al igual que los objetivos, las conclusiones permiten al lector apreciar los resultados de manera breve y verificar el cumplimiento del alcance, las recomendaciones, se enfocan en mostrar algunas limitaciones de los procesos o de los resultados, permiten evaluar la la idoneidad de la metodología y otros factores que fueron relevantes en el proyecto.

En el apéndice A se presenta el informe del sitio de monitoreo Cacahual, como modelo de presentación, teniendo en cuenta la metodología descrita en este documento.

4.3 ANEXOS

Los anexos del informe, contienen mínimo las siguientes memorias:

Anexo 1 Memorias Puntos de Control

- Formatos de Ocupación
- Certificaciones
- Archivos Rinex
- Efemérides
- Resumen de ocupación
- Reportes de cálculo
  - Summary - Ajuste
  - Ondulación geoidal
  - Coordenadas Época 1995.4
  - Coordenadas Época Medición
  - Velocidades
- Esquemas de determinación
- Registro fotográfico
- Informes diarios

Anexo 2 Memorias UAV

- Reportes
- Ortofotomosaico
- Archivos DSM
- Archivos DSM Filtrado
- Planos
- Especificaciones equipos

Anexo 3 GDB y mapas

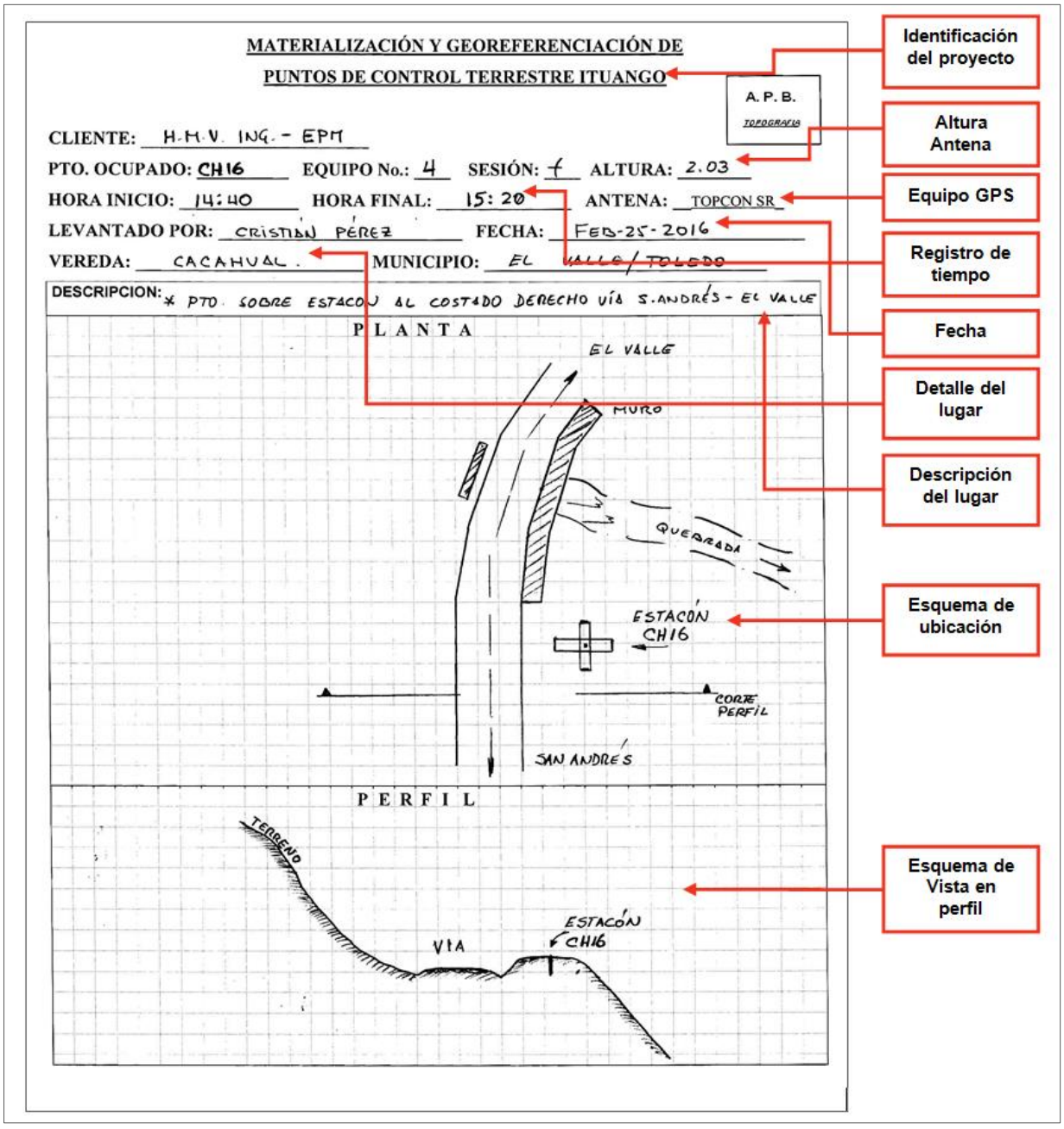
A continuación un ejemplo del contenido de los anexos

4.3.1 Memorias Puntos de Control

Corresponde a los registros, reportes de cálculo y resultados en la fase de materialización y georeferenciación descrita en el capítulo 4.2. Informe de trabajo de campo.

- **Formatos de ocupación:** Muestra la información relevante del momento de la ocupación GPS en campo, esta información es usada para verificar la información almacenada en la memoria de los colectores en el momento del post-proceso. Ver Figura 18.

Figura 18 Formato de ocupación

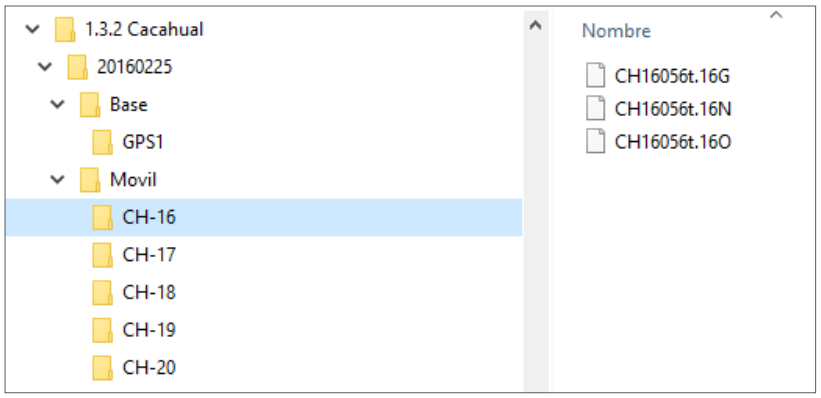


Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

- **Certificaciones:** Directorio para almacenar las certificaciones IGAC de las estaciones pasivas y NP's, también las certificaciones de calibración y/o especificaciones técnicas de los equipos

- **Archivos Rinex:** Rinex es el formato universal de intercambio de los archivos crudos que almacenan información satelital (Receiver INdependent Exchange) para que se puedan usar en diversos software de post-proceso. Lo mas importante de este directorio es ordenar la informacion por dia de registro, aclarando que rinex corresponde a la Base y que otros a los puntos móviles. Ver Figura 19.

Figura 19 Directorio de archivos Rinex



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

- **Efemérides:** Soluciones calculadas de tiempo y orientación de la tierra rastreada por las redes satélites de navegación de forma continua. se clasifican en dos: *Trasmitidas* (se rastrean al momento de la ocupación GPS y se descarga junto con el dato Crudo y/o rinex y las *Precisas*: disponibles siete (7) días después de la toma de datos, Existen tres tipos: Final, rápida y ultrarrápida, para efectos de un proyecto de precisión de requieren las de clasificación precisa, tipo final.

Portales disponibles para la descarga:

https://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html

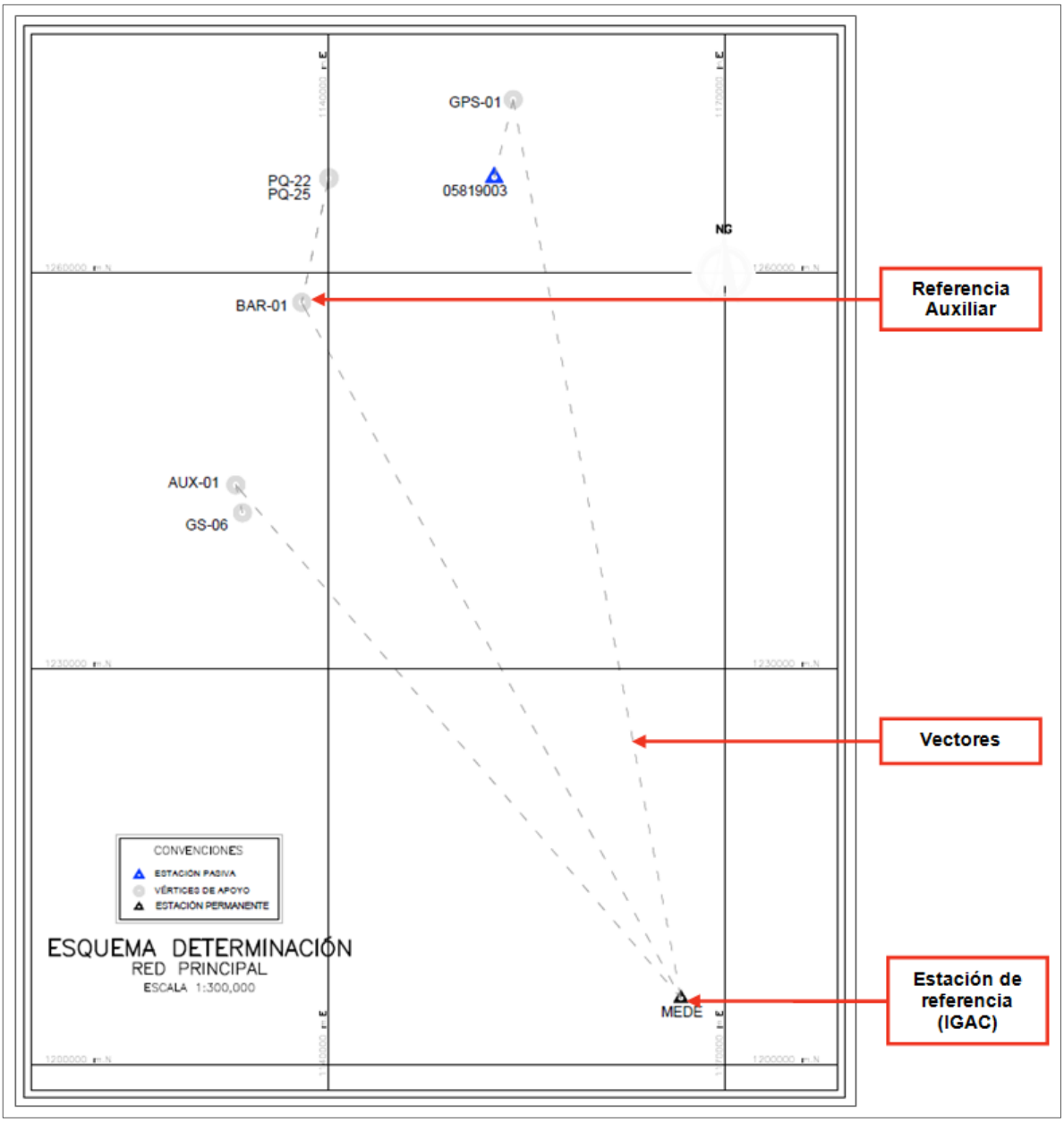
http://www.gnsscalendar.com/

- **Resumen de ocupación:** Es un cuadro que relaciona la información de rastreo de todos los puntos ocupados, permite visualizar los tiempos, Número de Épocas, método de levantamiento, altura de las antenas, entre otras.
- **Reportes de cálculo:** Contiene los reportes de los cálculos realizados para llegar a las coordenadas Norte, Este y Cota.
    - Summary – Ajuste: Reporte de procesamiento GPS y el ajuste realizado por el software de cálculo.
    - Ondulación geoidal: Reporte del cálculo de la ondulación para cada punto.
    - Coordenadas Época 1995.4: Cuadro resumen con las coordenadas en la época de referencia.

- Coordenadas Época Medición: Cuadro resumen con las coordenadas en la época de medición o actual.
- Velocidades: Reporte de desplazamiento y velocidades en función del tiempo transcurrido entre la época de medición y la época de referencia.

➢ **Esquemas de determinación:** Esquema que muestra los vectores formados para el cálculo y ajuste de los puntos GPS determinados en campo, el esquema es muy importante ya que muestra las referencias para el procesamiento de cada punto. Ver Figura 20.

Figura 20 Esquema de determinación



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

- **Registro fotográfico:** Evidencia mediante fotografías, la ocupación GPS, con equipos de precisión. Ver ejemplos: Fotografía 3 y Fotografía 4.

Fotografía 3 Puntos de control materializado con estaca



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

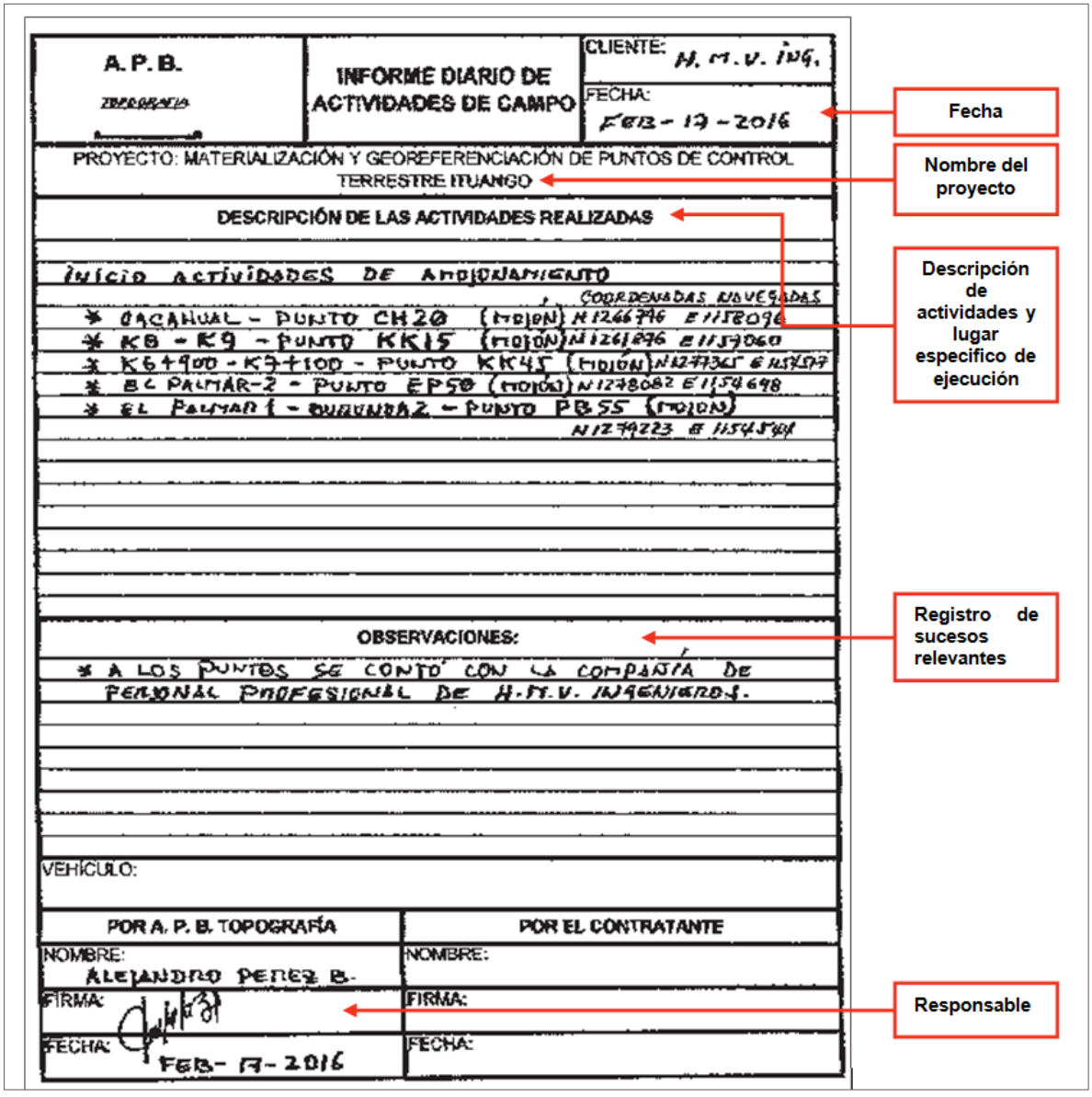
Fotografía 4 Puntos de control materializado en concreto



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

- **Informes diarios:** Corresponde a un formato de campo donde se registran los principales sucesos del día, reporte de clima, rendimiento, lugar de trabajo, integrantes de la comisión y equipo de trabajo. Normalmente no es muy utilizado, es una forma seria de llevar una bitácora de campo. Ver Figura 21.

Figura 21 Formato de informe diario



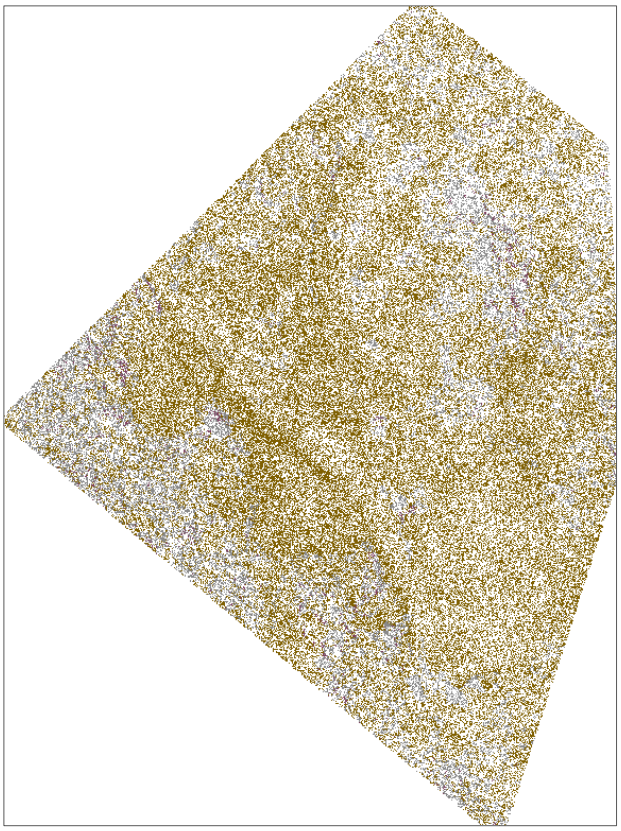
Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

4.3.2 Memorias UAV

Almacena los productos obtenidos de los procesos fotogramétricos.

- Reportes: Almacena los reportes resultantes de los procedimientos, entre estos, se pueden tener: Reporte de ajuste a puntos de control, reporte de residuales de calibración de la cámara, Log de vuelo (archivo con la información de las fotografías capturadas.
- Ortofotomosaico: Contiene la ortofotografía final en formato ECW y Tiff. Se puede optar por más formatos.
- Archivos DSM: contiene los archivos de puntos del Modelo digital de superficie, por lo general es un archivo muy denso; ya que no hay filtrado de puntos.

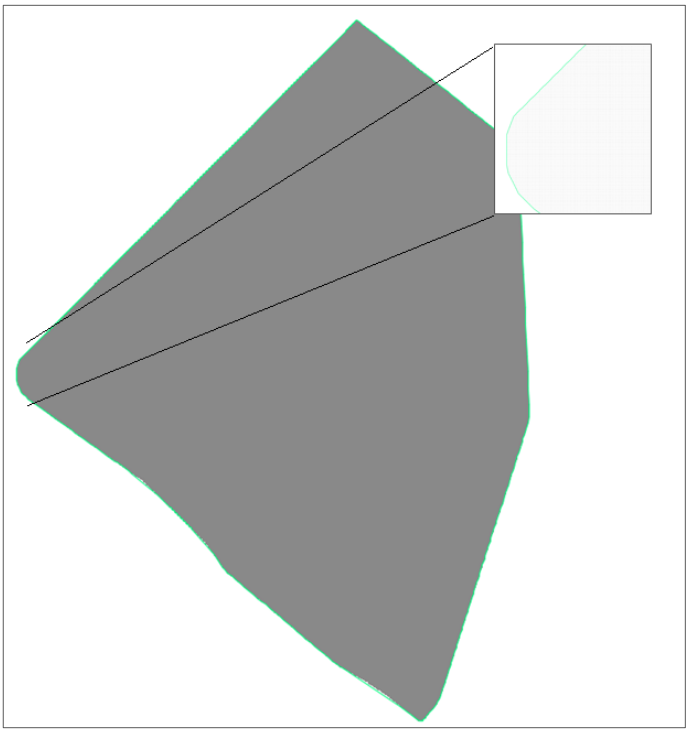
Figura 22 Nube de puntos DSM



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

- Archivos DSM Filtrado: Contiene los archivos del modelo digital de terreno, almacenados en una grilla de 0,5x0,5 o 1x1 metro, para hacer de fácil uso y manejo en cualquier software.

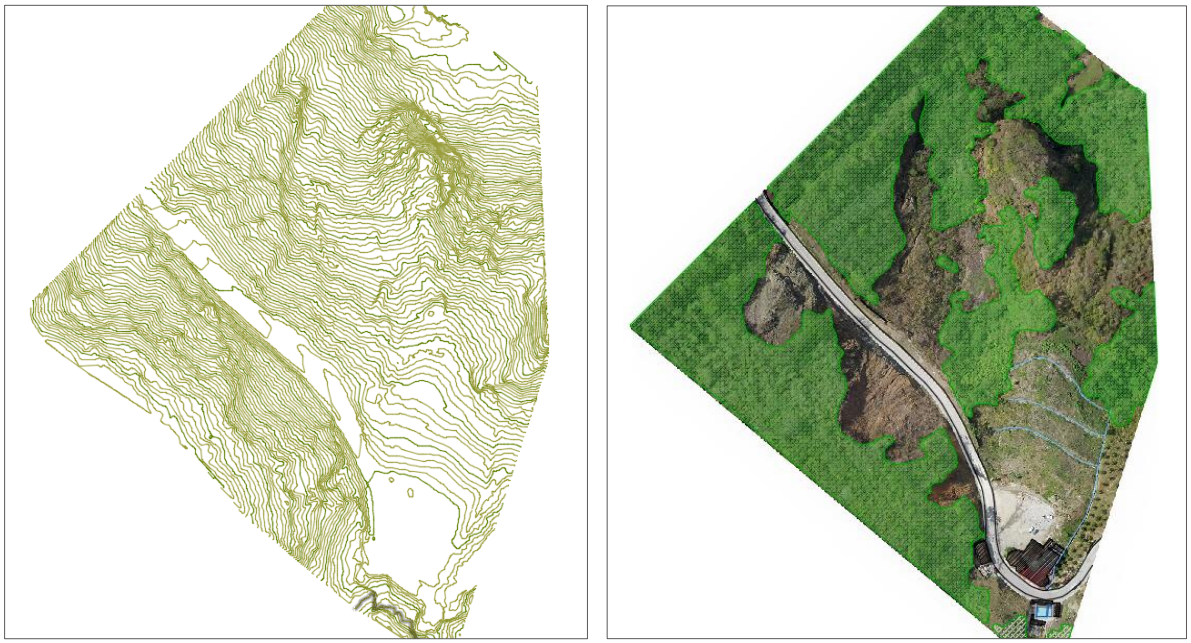
Figura 23 Nube de puntos DSM filtrado



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

- DWG: Resultado en formato CAD de las curvas de nivel y la digitalización de elementos visibles en la otofotografía.

Figura 24 Curvas de nivel y elementos identificables



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

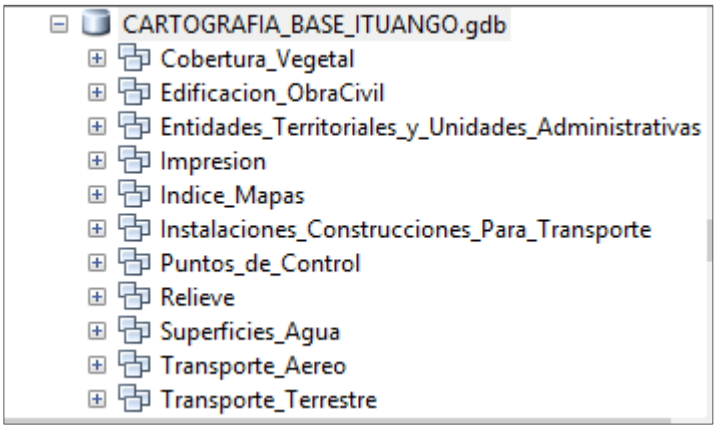
- Especificaciones equipos: contiene las especificaciones, certificados de calibración de los equipo de trabajo usados en esta fase.

4.3.3 GDB y Mapas

De acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto, para dar cumplimiento al Informe de cumplimiento ambiental - ICA exigido por el ANLA, la información del estudio debe presentarse en una Geodatabase (GDB) estructurada de acuerdo al modelo de datos de la entidad. Además de una Geodatabase de cartografía estructurada con los elementos identificados en el proceso de fotointerpretación almacenada de acuerdo al modelo de datos IGAC.

La GDB está organizada por grupos de información “Datasets” como se muestra en la Figura 25. Cada dataset contiene elementos “featureclass” relacionados al grupo.

Figura 25 Contenido de Datasets



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

En la Tabla 11 se relaciona el modelo de datos

Tabla 11 Modelo datos GDB cartografía

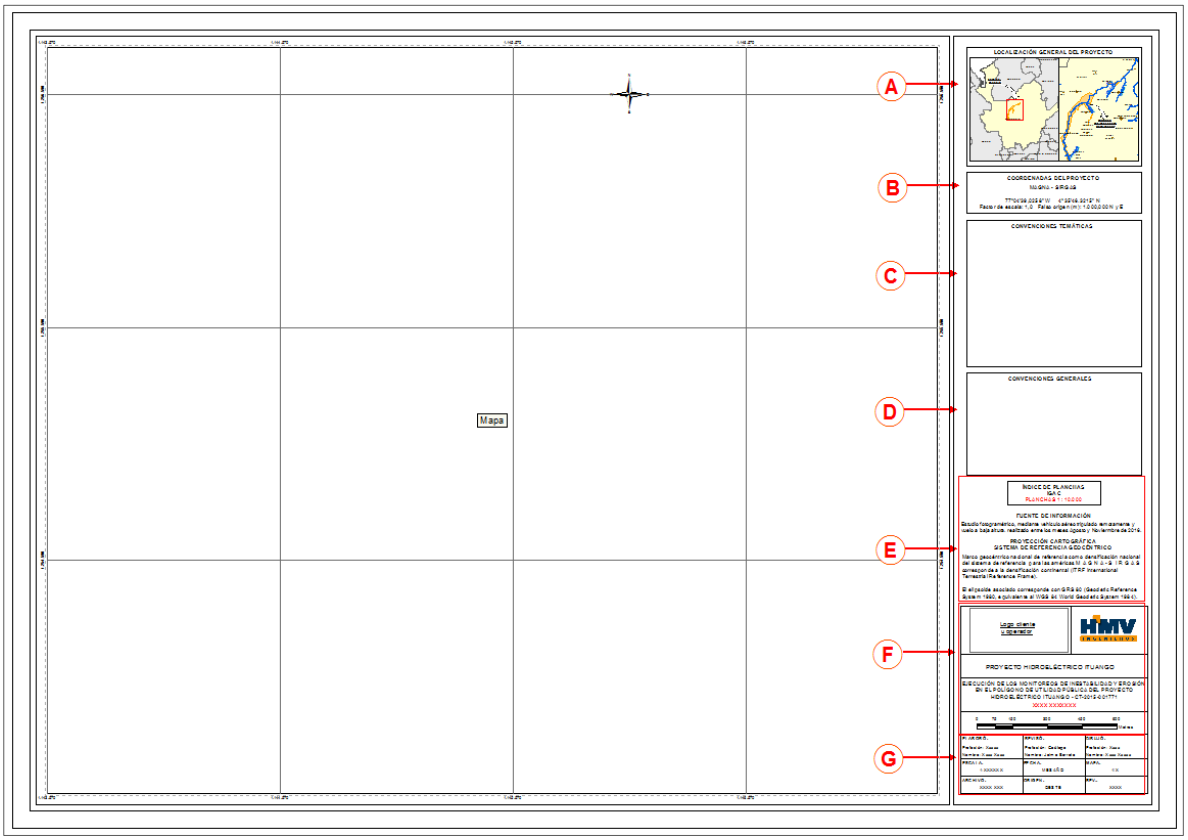
	DATASET	FEATURE	GEOMETRÍA
CARTOGRAFÍA BASE ITUANGO	Cobertura vegetal	Arbol	Punto
		Bosque	Polígono
		Grupo_arboles_Matorral	Polígono
	Edificacion obra civil	Anden	línea
		Cerca	línea
		Construccion_Agua_P	Punto
		Construccion_R	Polígono
		Linea_Demarcacion	línea
		Mina_P	Punto
		Muro	línea
		Piscina	Polígono
		Talud	línea
	Entidaes territoriales y unidades administrativas	Cabecera_Municipal_R	Polígono
		Departamento_R	Polígono
		Municipio_R	Polígono
	Indice de mapas	IndEscala	Polígono
	Instalaciones y construcciones para transporte	Barrera_Seguridad	línea
		Cuneta	línea
		Poste	Punto
		Puente_L	línea

	DATASET	FEATURE	GEOMETRÍA
		Puente_P	Punto
		Red_Alta_Tensión	línea
		Torre	Punto
		Tunel	línea
	Puntos de control	Punto_Geodesico	Punto
	Relieve	Curva_Nivel	línea
	Superficies de agua	Banco_Arena	Polígono
		Canal_Doble	Polígono
		Canal_Sencillo	línea
		Drenaje_Doble	Polígono
		Drenaje_Sencillo	línea
		Isla	Polígono
	Transporte aereo	Helipuerto_P	Punto
		Helipuerto_R	Polígono
	Transporte terrestre	Limite_Via	línea
		Separador	Polígono
		Via	línea
		Via_Proyecto	línea

Fuente: Propia

Después de estructurar en la GDB de cartografía, los elementos foto-interpretados en la ortografía, se generan salidas gráficas. El formato de presentación será el establecido por el ANLA. Ver Figura 26.

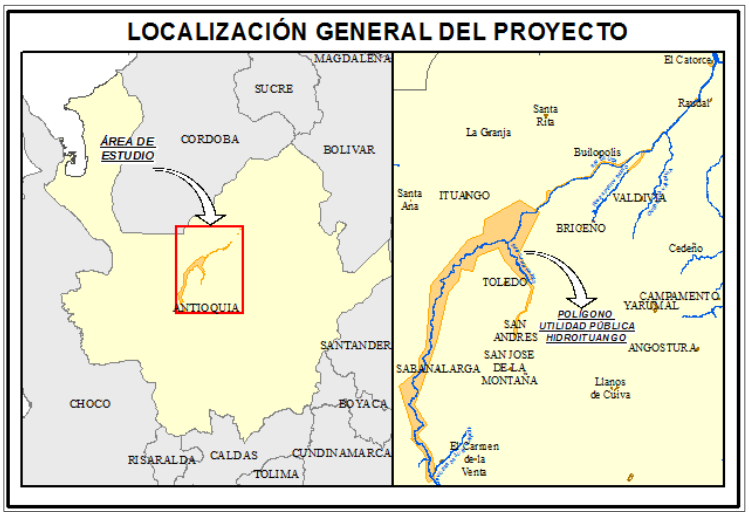
Figura 26 Formato ANLA para salidas gráficas



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

En las siguiente figuras se muestra en detalle el rotulo del formato, de acuerdo a la secciones nombradas con letra en la Figura 26.

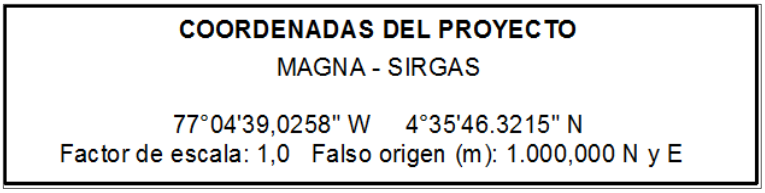
Figura 27 Vista detalle A



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

La localización general se divide en dos ventanas, en la ventana de la izquierda, está la localización a nivel del Departamento, señalando la ventana del sitio del proyecto indicado en la ventana de la derecha.

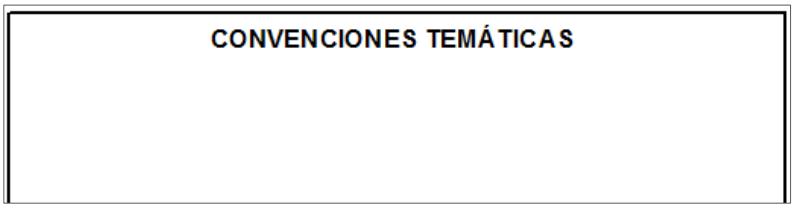
Figura 28 Vista detalle B



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

La vista del detalle B debe mostrar el sistema de coordenadas del Proyecto, indicando los parámetros básicos de proyección.

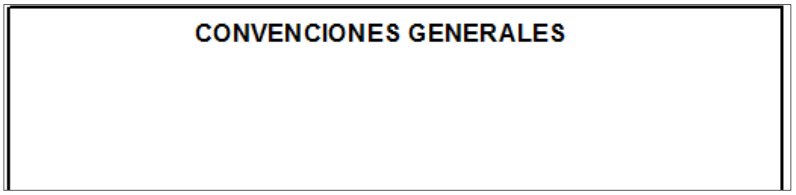
Figura 29 Vista detalle C



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

El detalle C, corresponde a las convenciones temáticas, que son el resultado del análisis de información base, fotointerpretación y trabajo de campo realizado por cada una especialidades. Tendrá un contenido específico en el mapa (Geología, Uso del suelo, cobertura vegetal, zonificación ambiental, entre otras).

Figura 30 Vista detalle D



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

En el detalle D: convenciones generales, se deben mostrar las convenciones de la cartografía Base, ya sea obtenida por información secundaria o captura de información del terreno.

Figura 31 Vista detalle E



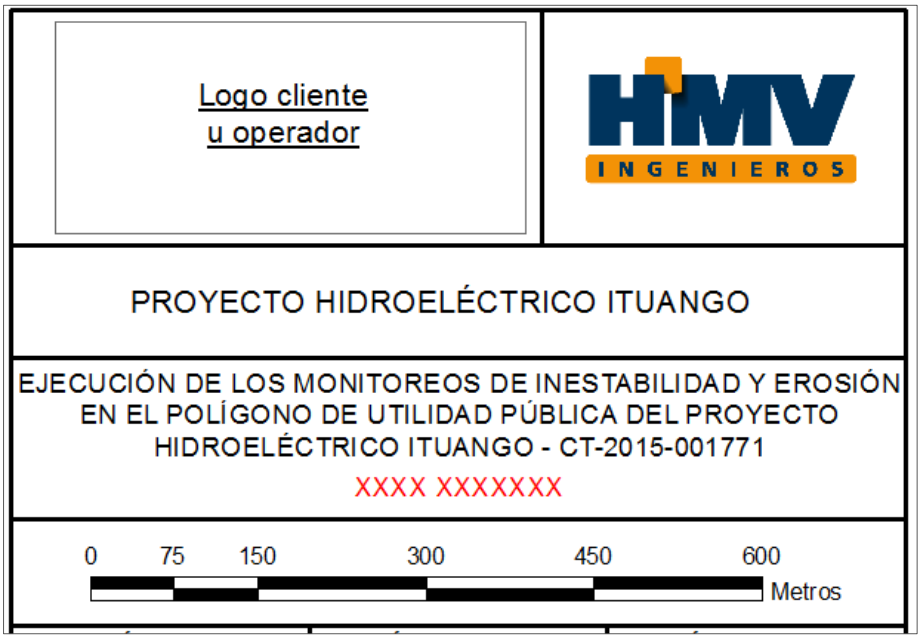
Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

En el detalle E, se relacionaran las planchas IGAC en las que se encuentra ubicado el proyecto; La escala de las planchas dependerá del área de estudio.

La fuente de información se refiere al método de obtención y/o levantamiento de información básica.

El Sistema de Proyección cartográfica, se describe brevemente el Marco de referencia, desde nivel global (ITRF) al nivel Local (MAGNA).

Figura 32 Vista detalle F



Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

La vista del detalle F, concierne a la información específica del contrato o proyecto, Deben ir los logos del contratante y contratista, Nombre contractual del proyecto, el título y escala del mapa.

Figura 33 Vista detalle F

ELABORÓ: Profesión: Xxxxx Nombre: Xxxx Xxxx	**REVISÓ:** Profesión: Geólogo Nombre: Jaime Barreto	**DIBUJÓ:** Profesión: Xxxx Nombre: Xxxx Xxxxx
ESCALA: 1:XXXXXX	**FECHA:** MES AÑO	**MAPA:** 1/X
ARCHIVO: XXXX XXX	**ORIGEN:** OESTE	**REV.:** XXXX

Fuente: HMV INGENIEROS, 2016

El detalle F, hace referencia a la información específica del mapa, como: profesionales que intervienen en la elaboración, fecha, Numero de hojas, nombre del archivo, Origen de la proyección geográfica y revisión.

5. EVALUACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE LA PASANTIA

En el desarrollo de un proyecto de ingeniería, se cuenta con la participación de diferentes especialidades, esto con el objetivo de dar un buen manejo y desarrollo al proyecto, donde se pueden resolver las necesidades específicas, La labor de cada profesional es dar aportes a fin con su especialidad y contribuir al correcto desarrollo del trabajo en equipo.

Durante la pasantía se tuvo la oportunidad de trabajar en un equipo multidisciplinario, donde cada profesional, cumple un rol importante de acuerdo a su especialidad, tiempos específicos para el cumplimiento de las metas y la responsabilidad de proporcionar y aportar la información propia de su disciplina a los demás profesionales.

Como parte de un equipo de trabajo, se aplicaron conocimientos de técnicas de medición, levantamientos de precisión, organización y control de trabajo de campo, con el propósito de aportar soluciones que estuvieran de acuerdo al plan de trabajo, sin dejar de lado la precisión y calidad que el proyecto requería; se trabajó en un instructivo para la elaboración de trabajos de campo, que contiene los lineamientos necesarios para la ejecución de trabajos que se desarrollen mediante drones. También se elaboró la metodología para la presentación de informes de trabajo de campo, con el contenido necesario para dar a conocer los procedimientos técnicos, recursos, resultados de cálculos y anexos; que servirá como guía para la elaboración de los demás informes de campo.

Como ingeniero topográfico se logró fijar parámetros iniciales y metodologías para el inicio del proyecto, donde se estableció un sistema de proyección geográfico adecuado, bases para la presentación de los informes del estudio, apoyo en la estructuración de información en contenedores GDB, elaboración de modelos digitales de terreno, en donde se evidenciaron habilidades en el manejo de softwares como Auto Cad Civil 3D, Arc Gis, Microsoft office, entre otros. A su vez el control y seguimiento de los trabajos de campo, siendo interlocutor entre las comisiones de campo, subcontratistas y la dirección del proyecto, donde se realizó la verificación de estos productos en campo y oficina, verificando el cumplimiento de los lineamientos del instructivo y los entregables para el informe.

En la mayoría de proyectos de ingeniería, se requiere conocer información base, información de donde se pueda dar claridad de la localización geográfica y relieve, sobre un plano de proyección para poder realizar mediciones, extraer información, resumir cantidades, entre otros datos que proporcionen confiabilidad y precisión para la generación de estudios detallados. Por eso la correcta aplicación de procedimientos y metodologías harán de esta especialidad indispensable y útil para un equipo de trabajo al que se le podrá brindar apoyo técnico, garantizar información básica acorde, seguimiento de actividades de campo y productos para contribuir a un adecuado de proyecto.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se elaboró un instructivo de trabajos de campo que contiene lineamientos para la materialización y georeferenciación GPS y la captura de información fotogramétrica mediante UAVs.

Se realizó el seguimiento y control de la captura de información realizada con Drones.

Se desarrolló una metodología para la presentación de informes de campo.

Se elaboró una GDB de acuerdo al modelo de datos del IGAC.

Durante el seguimiento del trabajo de campo se evidencio que los Drones tienen mejor operabilidad en zonas de baja pendiente y poca vegetación.

Se diseñó un modelo para la entrega de anexos de informes de los trabajos de campo.

Se aplicaron conocimientos propios de la carrera, aportes técnicos para la toma de decisiones y aplicación de conocimientos en diferentes softwares, para el mejoramiento de algunos procesos de estructuración y dibujo.

7. BIBLIOGRAFÍA

ArcGis. (s.f.). *http:/ww.arcgis.com/es/*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2016, de http:/ww.arcgis.com/es/: http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm

Carrivick, J. L., Smith, M. W., & Quincey, D. J. (2016). Structure from Motion. En J. L. Carrivick, M. W. Smith, & D. J. Quincey, *Structure from Motion* (pág. 197). Oxford: Wiley BlackWay.

Chuvieco, E. (1995). Fundamentos de teledetección espacial. En E. Chuvieco, *Fundamentos de teledetección espacial* (pág. 451). Madrid: Ediciones RIALP S.A.

Esri. (s.f.). *http://www.esri.com/*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2016, de http://www.esri.com/: http://support.esri.com/other-resources/gis-dictionary/term/feature%20class

Fernández Chaparro, B. S. (2009). Geodesia para ingenieros. En B. S. Fernández Chaparro, *Geodesia para ingenieros* (pág. 276). Bogotá: Geodesia por satélite de Colombia Ltda.

GPS. (s.f.). *www.gps.gov*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2016, de http://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php