

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

FACULTAD DE HUMANIDADES

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

ESCUELA DE CARTOGRAFÍA

LICENCIATURA EN CARTOGRAFÍA

TESIS DE GRADO PARA OBTAR POR EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN CARTOGRAFÍA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN CAMPO DE CALIBRACIÓN PARA CÁMARA  
FOTOGRAMÉTRICA Y PLANIFICACIÓN DE VUELO”**

PROFESOR ASESOR

MAGISTER FÉLIX SÁNCHEZ

PRESENTADO POR:

JOSE GONZALEZ BORDONES

C.I.P. 9-723-1505

PANAMÁ 2019

## **TRIBUNAL CALIFICADOR**

---

---

---

## DEDICATORIA

*A mi madre Felicia, porque a pesar de que no pudo asistir a un aula de clases, supo educarme, día tras día, con sus consejos y experiencias. Gracias a ella aprendí a amar, valorar y agradecer las oportunidades que Dios me ha dado.*

*A mi padre Máximo, por ser el hombre quien me enseñó que la vida no es fácil y que nunca debemos rendirnos si queremos ser exitosos en la vida.  
Gracias a su ejemplo, aprendí a trabajar fuerte y honradamente.*

*A mis hermanos, Julia, Gabriel, Ricardo y Olivia que son mi fuente de inspiración y perseverancia.*

*De manera especial y rotunda a mi esposa Yaurisel, quien me ha apoyado incondicionalmente desde mucho antes que emprendiera esta carrera.*

*Por último, pero primero en mi vida, dedico esta tesis a mis mayores tesoros que Dios me ha regalado: Amilkar, Yassier e Isabell, (hijos).*

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero agradecer a mi Dios, porque fue, es y será siempre mi luz y guía espiritual en todo momento.*

*Al profesor Félix Sánchez, quien me brindó todo su apoyo incondicionalmente, desde el inicio de la carrera y más para el desarrollo de esta tesis.*

*A todos mis profesores que me han brindado sus conocimientos, así como también a mis compañeros y amigos que me extendieron su mano a lo largo de esta carrera.*

*También quiero dar mi agradecimiento al señor Domingo Riquelme, Gualberto Sopalda, y a todos mis compañeros del Departamento de Fotogrametría y Teledetección del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”, quienes me brindaron el apoyo y experiencia para mejorar mis conocimientos y desempeño.*

## ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN.....	i
TRIBUNAL CALIFICADOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE GENERAL.....	v
INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x
JUSTIFICACIÓN.....	xi
OBJETIVOS.....	xii
METODOLOGÍA.....	xiii
ANTECEDENTE.....	xiv
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA FOTOGRAMETRÍA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Generalidades.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1 Fundamento de la fotogrametría.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.2 Primera fotografía.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.3 Primera fotografía aérea.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.4 Fotografía aérea en nuestro país.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.5 Pioneros de la fotogrametría en Panamá.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2 Generalidades de la fotogrametría.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.1 Clasificación de la fotografía aérea.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.2 Uso de las fotografías aéreas.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3 Cámaras fotogramétricas.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3.1 Definición de una cámara fotográfica.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.2 Definición de una cámara fotogramétrica.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.3 Tipos de cámaras.....</b>	<b>17</b>
<b>1.3.4 Ejemplos de cámaras fotogramétrica.....</b>	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>30</b>
<b>2. CAMPO DE CALIBRACIÓN PARA CÁMARA FOTOGRAMÉTRICA.....</b>	<b>30</b>
<b>2.1. Generalidades.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2. Elementos que comprende un Campo de Calibración.....</b>	<b>31</b>

2.3.    Punto de Control o Punto de Apoyo Fotogramétrico.....	32
2.3.1.    Características .....	33
2.3.2.    Distribución.....	36
2.3.3.    Precisión .....	38
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>40</b>
<b>3.    PLANIFICACIÓN DEL VUELO FOTOGRAMÉTRICO .....</b>	<b>40</b>
3.1    Conceptos Generales .....	40
3.2    Fundamentos para la realización de un plan de vuelo fotogramétrico. ....	41
3.3    Cálculos generales .....	41
3.4    Resultados .....	46
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>50</b>
<b>4.    DISEÑO DEL CAMPO DE CALIBRACIÓN PARA CÁMARA FOTOGRAMÉTRICA UBICADO EN EL DISTRITO DE CHAME, PROVINCIA DE PANAMÁ OESTE. ....</b>	<b>50</b>
4.1.    Generalidades .....	50
4.2.    Diseño del Campo de Calibración en Chame .....	55
4.2.1    Planeamiento en gabinete u oficina .....	55
4.2.2    Reconocimiento del área.....	62
4.2.3    Monumentación.....	68
4.2.4    Lectura de los Puntos de Control fotogramétricos.....	73
4.2.5.    Informe final del trabajo en campo .....	79
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>79</b>
<b>5.    PLANIFICACIÓN DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO SOBRE EL CAMPO DE CALIBRACIÓN EN EL DISTRITO DE CHAME, PROVINCIA DE PANAMÁ OESTE. ....</b>	<b>79</b>
5.1.    Generalidades .....	79
5.2.    Datos elementales para la planificación del vuelo fotogramétrico.....	80
5.3.    Procedimiento .....	81
5.4.    Resultados .....	85
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>89</b>
<b>INFOGRAFÍA .....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>91</b>
Aportes y experiencias como estudiante y técnico en el Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” .....	91

<b>1. Planificación de vuelo y toma de fotografía aérea para la Jornada Mundial de la Juventud (JMJ) 2019 .....</b>	<b>91</b>
<b>2. Creación de Base de Datos Geográficas para las coordenadas céntricas de fotos análogas .....</b>	<b>97</b>
<b>3. Ploteo de los centros aproximados de fotografía aérea análoga.....</b>	<b>98</b>
<b>4. Ordenamiento e inventariado de fotografías aéreas análogas de vuelos fotogramétricos realizados en el Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”. .....</b>	<b>101</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1:Familia de cámaras UltraCam y parámetros principales.....	29
Tabla 2:Orden de precisión para la red geodésica nacional de control horizontal .....	39
Tabla 3:Listado de Punto de Control para el año 2010 .....	53
Tabla 4:Lineamineto para el levantamiento GNSS de acuerdo a su clasificación .....	57
Tabla 5:Puntos de Control propuestos para anexar al Campo de Calibración en Chame-Panamá Oeste .....	59
Tabla 6:Cronograma de trabajo de reconocimiento .....	64
Tabla 7:Captura de datos durante trabajo de Reconocimiento .....	67
Tabla 8:Control de trabajo de campo .....	72
Tabla 9:Ejemplo de una tabla de anotación en campo .....	77
Tabla 10:Ejemplo de dato de coordenadas de cuadrícula ajustada .....	78
Tabla 11:Datos de los puntos ajustados a las coordenadas geodésicas .....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:Primera fotografía aérea que aún se conserva, tomada por James Wallace Black en 1860.....	4
Figura 2:Instituto Panamericano de Geografía e Historia .....	6
Figura 3:Principio de la fotogrametría .....	11
Figura 4: Avión Cessna 310 del IGNTG, especial para fotogrametría .....	12
Figura 5:Cámara Rollei P +45.....	15
Figura 6:Dispositivo CCD.....	19
Figura 7:Certificado de Calibración de la Cámara Vexcel UltramD .....	20
Figura 8:Distancia focal y cantidad de pixel de la Cámara Vexcel UltramD .....	21
Figura 9:Fórmula para calcular la escala.....	22
Figura 10:UltraCam Eagle Mark 3.....	24
Figura 11:Ultracam_Falcon Mark 2.....	26
Figura 12:Ultracam_Osprey_M3Premium.....	29
Figura 13:Señalización de un Punto de Control.....	34
Figura 14:Ejemplo de señal de Punto de Control para un Dron.....	34
Figura 15:Estación CORS-IGNTG .....	37
Figura 16:Plan de vuelo en el Distrito de San Carlo-Panamá Oeste .....	47
Figura 17:Plan de vuelo en Punta Chame-Panamá Oeste .....	48
Figura 18:Obtención de imágenes en formato cruda RAW .....	48
Figura 19:Ejemplo de imágenes procesadas en formato .tiff .....	49
Figura 20:Foto-mosaico del área de Juan Hombrón .....	49
Figura 21:Ubicación y diseño de Campo de Calibración para el año 2008 .....	54
Figura 22:Ubicación geoespacial del Campo de Calibración Chame-Panamá Oeste .....	58
Figura 23:Análisis de los Puntos de Control, (Viejos, nuevos y de nivelación) .....	61
Figura 24:Reconocimiento del área.....	64
Figura 25:Recuperación de Puntos de Control.....	65
Figura 26:Recuperación de Puntos Cota de Referencia, en el puente de Rio Chame .....	66
Figura 27:Coordinación con los residentes para el establecimiento del Punto de Control .....	66
Figura 28:Reconstrucción total del Punto de Control .....	70
Figura 29:Rotulado de un Punto de Control.....	71
Figura 30:Pintura de los Puntos de Control.....	71
Figura 31:Receptor GNSS.....	75
Figura 32:Base Nivelante.....	76
Figura 33:Plomada manual.....	76
Figura 34:Equipo instalado en el Punto Base.....	77
Figura 35:Hojas topográficas de la zona .....	82
Figura 36:Principales softwares utilizados para la planificación de vuelos .....	83
Figura 37:Vuelo Alto, Vuelo Bajo, Puntos de Control y aproximación de coordenadas de fotos .....	86
Figura 38: Mapa de Plan de Vuelo para la JMJ 2019.....	93
Figura 39:Foto-mosaico de la Cinta Costera 1 y 2.....	94
Figura 40:Foto-mosaico de la Cinta Costera 3 .....	95

## INTRODUCCIÓN

La fotogrametría aérea se viene empleando desde hace décadas para la obtención de cartografía de un modo rápido y económico en comparación con cualquier otra técnica de medición, incluso ha experimentado un cambio en su metodología al pasar de un sistema totalmente analógico a un sistema digital. La generación de cartografía de grandes superficies es la principal ventaja que ofrece la fotogrametría aérea.

Pero es importante reconocer que antes de llevar a cabo un trabajo fotogramétrico, existen conceptos elementales que debemos tener muy claro, ya que de esto dependerá el éxito o fracaso del mismo.

Las razones principales por las que una planificación se considera un trabajo previo fundamental son: el ahorro de tiempo y dinero en la ejecución del vuelo, sin olvidar que la propia planificación actúa como garantía en el proceso de captura fotográfica.

Esta planificación no es una tarea sencilla, debido al elevado número de factores que se han de tener en cuenta (recubrimientos, escalas de los fotogramas, altura de vuelo, influencia de las cotas del terreno, etc.) y la importancia del empleo de sistemas de control (GPS, INS), que automatizan el propio vuelo fotogramétrico, siendo la planificación previa una pieza fundamental.

Es por esto que en esta tesis se trata de profundizar en unos temas específicos que conforma a la fotogrametría, como lo es: “implementación de un campo de calibración para cámara fotogramétrica y planificación de vuelo”. Sin duda alguna los temas que trata esta tesis ayudara a fortalecer y a enriquecer el conocimiento académico principalmente de los estudiantes de Licenciatura en Cartografía y otras carreras que de una u otra se ven involucrada al respecto.

## JUSTIFICACIÓN

En Panamá la aplicación de la fotogrametría no es nueva, sin embargo es muy poco conocida y empleada debido a que su demanda es racional y muy compleja. Requiere de una vasta experiencia tanto académica como práctica.

En la Universidad Nacional de Panamá existen varias tesis elaboradas por estudiantes, de Geografía, Geógrafo Profesional e Ingeniería en Geodesia y Topografía.

Al ser estudiante de Cartografía y siendo la carrera que más se vincula a la Fotogrametría me veo en la obligación de apoyar, fortalecer y divulgar los conocimientos básicos y tecnológicos más actualizado en cuanto a esta materia se refiere y sus aplicaciones mucho más exactas y rápidas.

Espero que con esta tesis, los estudiantes y público en general puedan disponer de un documento que trata temas específicos en cuanto a Fotogrametría se refiere y de igual forma su redacción es sencilla para lograr este objetivo.

### **Descripción del problema:**

¿La fotografía aérea, es el elemento primordial sobre el que se sustenta esta tesis, de aquí el por qué? Nos lleva hacer mucho énfasis en la manera de capturar este delicado material que proporciona muchos datos, los que posteriormente al ser procesados, se convierten en información imprescindible para la toma de decisiones.

La obtención de una fotografía aérea es complicada, ya que tenemos que disponer de un aparato impulsado a motor o un instrumento que nos ayude a tener una vista aérea y poder, de esta manera, capturar la fotografía aérea como tal.

Ahora bien, esta tarea se nos hace más complicada si la fotografía que queremos capturar la deseamos para ser procesada, empleando los procedimientos que exige el uso de las técnicas de la fotogrametría.

## OBJETIVOS

### ➤ **Objetivos generales**

- ✓ Aplicar los conocimientos adquiridos durante el estudio y práctica de la fotogrametría.
- ✓ Fortalecer el conocimiento de quienes estén interesados en aprender algunos conceptos iniciales y elementales de la fotogrametría.
- ✓ Conocer e interpretar las especificaciones técnicas de una cámara fotogramétrica digital.
- ✓ Valorar la técnica de la fotogrametría en el estudio de la Cartografía.

### ➤ **Objetivos específicos**

- ✓ Conocer el origen e historia de la fotogrametría
- ✓ Identificar los pasos y procesos básicos en el diseño y la implementación de un campo de calibración para la cámara fotogramétrica
- ✓ Determinar los conceptos y parámetros esenciales en la planificación y ejecución de un vuelo fotogramétrico

## METODOLOGÍA

Para la formulación, determinación y desarrollo de este trabajo de graduación fue necesario estructurar un cronograma de trabajo que me permitiera establecer un tiempo, en cada uno de los pasos establecidos para esta investigación, entre los que puedo señalar:

- Trabajo de Gabinete
- Trabajo de Campo
- Procesamiento de los Datos

Y con esta finalidad consulté, libros, páginas web, revistas, entrevistas especializadas, entrevistas al personal técnico que laboró y labora en el Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”, que es la Institución que elabora la cartografía oficial del país. Ejemplo de estas entrevistas fueron las realizadas a los pioneros de la fotogrametría en Panamá, algunos de ellos ya retirados como lo son: Domingo Riquelme y Gualberto Sopalda.

## **ANTECEDENTES**

Según recuentos históricos en nuestro país la Cartografía se inició con la Escuela cartográfica de Clayton de Servicio Geodésico Interamericano, organismo adscrito a la Organización de Estados Americanos O.E.A., que contaba con instructores de los Estados Unidos de Norteamérica, quienes se encargaban de formar a los Técnicos en cartografía, tanto nacionales, así como de todo el continente.

No es hasta 1992, que se crea la Escuela de Técnico en Cartografía en el Departamento de Geografía de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de Panamá y que con el tiempo ha formado un gran número de técnicos, no obstante en el año 2016 se da inicio a un nuevo hito en la Historia de la Cartografía en nuestro país, por parte del Departamento de Geografía al crear la Licenciatura en Cartografía, cumpliéndose así, uno de los anhelos esperados tanto por estudiantes como por profesores.

## **CAPÍTULO I**

### **1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA FOTOGRAMETRÍA**

#### **1.1 Generalidades**

La fotogrametría ha tenido una rápida evolución en los últimos años, una disciplina cartográfica que hace pocos años estaba en manos de unos cuantos profesionales, los cuales debían tener una formación específica, como Cartografía y Topografía. Se ha convertido en una herramienta útil y al alcance de cualquier usuario que disponga de una cámara fotográfica con especificaciones normales y sin llegar a ser estrictamente profesionales en la materia.

Es por esto y por otras razones que no debemos de adentrarnos en el mundo de la fotogrametría sin antes conocer su historia y generalidades.

Ya que conociendo el pasado podemos entender el presente y predecir el futuro.

##### **1.1.1 Fundamento de la fotogrametría**

Antes de empezar a describir la historia de la fotogrametría, debemos hacer un espacio para darle lugar al significado de foto como tal, su significado y arte. Así como también el significado en sí de la fotogrametría, ciencia y arte muy especial que, junto a la foto, han logrado muchos desarrollos de poblaciones a nivel mundial.

##### **1.1.2 Primera fotografía**

Según cuenta la historia, la primera fotografía de la historia está borrosa, desenfocada y apenas se puede distinguir lo que allí aparece. Se puede decir tal vez que su valor estético

es casi nulo, pero es indudable que para la historia marcó un antes y un después en la forma en la percibimos nuestro mundo.

La primera fotografía como tal fue capturada por el francés, el Ingeniero Joseph Nicéphore Niépce en 1826, en su granero de Saint Loup de Varennes, en Francia.

Dicha imagen lleva como título “Punto de vista desde la Le Gras”, y para la captura del mismo Joseph utilizó su despacho con una cámara oscura y necesitó ocho horas de exposición. También utilizó una placa con un tamaño de 20 cm x 25 cm. Era de peltre, un material resultante de una aleación de estaño, antimonio y plomo, que después trató con betún de Judea.

Niépce llevaba trabajando en el invento varios años, con la intención de crear una técnica que permitiera reflejar la realidad en imágenes sin tener que recurrir a sus habilidades artísticas con el dibujo, que eran casi nulas.

Joseph, fue un terrateniente y dentro de sus profesiones fue químico, litógrafo y científico, junto a su hermano también invento un motor de barco en 1807, y junto a Daguerre, (primer divulgador de la fotografía), el primer proceso fotográfico.

Joseph Nicéphore Niépce nace el 7 de marzo de 1765 en Borgoña Francia y muere el 5 de Julio de 1833 Saint-Loup-de-Varennes, Francia.

### **1.1.3 Primera fotografía aérea**

La fotografía aérea inicia su historia ha mediado del siglo XIX en manos del personaje Francés, Gaspard Félix Tournachon, mejor conocido en la historia como Nadar, quien fue el primero en capturar la primera fotografía aérea.

Pues es así que a Nadar se deben las primeras fotografías aéreas de la historia en el 1858, Él las capturo montado desde un globo aerostático. Nadar se subió con su cámara fotográfica a un globo aerostático “El Gigante” que mandó construir, y sacó la primera foto aérea de la historia sobre los tejados de las casas del pueblo Petit-Becetre en Francia, que no se ha conservado.

Sin embargo, la fotografía aérea más antigua que se conserva corresponde a la sacada por el fotógrafo estadounidense James Wallace Black , sobre la ciudad de Boston en 1860.

*Figura 1: Primera fotografía aérea que aún se conserva, tomada por James Wallace Black en 1860*



**Fuente:** <https://ifoton.com/la-primera-fotografia-aerea>

Dentro de la vida de Nadar, podemos resaltar que fue un periodista, ilustrador, caricaturista y aeronauta, que por consejo de un amigo compró una cámara fotográfica para capturar retratos para su obra Pantheon Nadar, en 1853.

Nadar nace el 6 de abril de 1820 en Paris, Francia y muere el 20 de marzo de 1910. Su cuerpo reposa en el cementerio de Père-Lachaise.

#### **1.1.4 Fotografía aérea en nuestro país**

Al hablar de fotografía aérea debemos recordar dos autoridades o instituciones que marcaron el inicio de la cartografía en nuestro país como lo son: el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y el Servicio Geodésico Interamericano (IAGS) de los

Estados Unidos. Ya que fue por medio de estas dos organizaciones que surgen los primeros profesionales de la cartografía y fotogrametría, en general.

En este apartado veremos cómo surgen y cómo de manera rápida tienen su relevancia en el desarrollo de la geografía en general, combinando diferentes personajes de diferentes naciones o países.

Hoy, se puede decir que en Panamá es común escuchar de fotos aéreas tomadas con Drones o UAV, pero es escaso obtener o encontrar imágenes hechas con cámaras fotogramétricas, dejando a un lado las únicas imágenes análogas y algunas digitales que reposan en el Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”.

También son muy escasas las instituciones que se dedican a tomar fotografías aéreas, para ser procesadas mediante las técnicas y procesos fotogramétricos. Dando así oportunidad a empresas internacionales que acaparen esta disciplina.

Quizás por el poco conocimiento de las autoridades en relación con esta ciencia o por la falta de responsabilidad. Pues de lo contrario, si alguna institución pública contase con una cámaras fotogramétricas propias, sin duda que sería mucho los beneficio que se podría alcanzar, ahorrando tiempo y dinero.

- ***Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH)***

El Instituto Panamericano de Geografía e Historia fue creado el 7 de febrero de 1928, durante la VI Conferencia Internacional celebrada en La Habana, Cuba, a nivel de Ministros de Estados Americanos.

Desde su fundación, el Instituto Panamericano de Geografía e Historia ha apoyado y contribuido decididamente al avance de las ciencias que corresponden a su campo de acción.

El IPGH mantiene vínculos con múltiples organizaciones afines a sus áreas de investigación a través de los cuales se brinda colaboración a los Estados Miembros.

Entre otros con: ICA, GSDI, PNUMA, EoE, FIG, IHO, GEO, CAF, UN:GGIM, UN:GGIM Américas, SIRGAS, IAG, ISPRS, EUROGEOGRAPHICS, PSMA Australia, CNIG-IGN España, UTEM Chile y Organismos Especializados de los Estados Miembros.

El Instituto cuenta con un acervo bibliográfico denominado "Jose Toribio Medina" que se encuentra actualmente alojado en la Bilioteca "Bonfil Batalla" en la Escuela Nacional de Antropología e Historia -ENAH, conteniendo más de 231,000 ejemplares. Por otra parte, su patrimonio cartográfico se encuentra en la Mapoteca "Manuel Orozco y Berra" administrada por el Servicio de Información Agrícola y Pesquero -SIAP de México, constituido por más de 150,000 documentos cartográficos de los cuales 53,000 corresponden a la colección de mapas del IPGH.

*Figura 2: Instituto Panamericano de Geografía e Historia*



Fuente: IPGH

- ***Servicio Geodésico Interamericano (IAGS)***

Reconociendo la necesidad que había de adiestrar a grupos de técnicos para que llevaran a cabo los programas cartográficos de los países latinoamericanos, en 1952 el IAGS fundó su Escuela Cartográfica en Panamá. En principios la escuela solo formaba a sus estudiantes en levantamiento geodésicos básicos. Con el transcurrir del tiempo se le agregaron nuevas materias en el ámbito de la cartografía, como: Cartografía, Fotogrametría y Percepción Remota, así como también cursos de cartografía con ayuda de computadoras y otras nuevas tecnologías para esa época.

Dentro de su cuerpo de docentes se pueden señalar tres clases de instructores:

- a) Instructores asociados: eran profesionales y técnicos de América Latina, invitados a la Escuela Cartográfica como instructores.
- b) Instructores permanentes: formaban parte de los empleados del IAGS, bilingüe y con muchos años de experiencia profesional en su especialidad.
- c) Instructores invitados: en este caso la escuela patrocinaba estos cursos en colaboración con las universidades de Estados Unidos y con organizaciones internacionales como por ejemplo:
  - ✓ En el año 1979 se dictó un curso de Operador de Estación Sismológica, también patrocinado por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH).
  - ✓ En 1980 se ofreció un curso de Introducción a la Geodésica por Satélite, patrocinado por la Universidad del Estado de Ohio.

El personal docente permanente de la Escuela se componía de geodestas, agrimensores, geodésicos y cartográficos, cartógrafos, hidrógrafos, especialistas en separación de colores, fotolitógrafos, matemáticos, especialistas en computadoras, analistas, fotogrametrísta, especialistas en educación y administradores.

Al finalizar los cursos o adiestramientos en la Escuela Cartográfica, al estudiantado se le recomendaba recibir los créditos otorgado por el Consejo Americano de Educación (A.C.E), en sus programas de Instrucción no Patrocinada.

Este programa evaluaba y recomendaba para que se otorgaran créditos universitarios a los cursos preparados y presentados formalmente por instituciones de adiestramiento no universitario, tales como las Escuela Cartográfica del IAGS.

Por si misma la recomendación de estos créditos no certificaba el crédito académico, sino que ayudaba a la persona a obtenerlo en un colegio o universidad. Lo podía utilizar en su programa académico o para obtener su título.

Dentro de la gama de cursos y adiestramientos que se dictaba en la Escuela Cartográfica y que estaba ligada a la fotogrametría se pueden mencionar los siguientes:

1. Estereocompilación
2. Operador de estereodigitalizadora
3. Fotogrametría
4. Comprobación fotogramétrica
5. Evaluación de fotografías aéreas
6. Programa para las aplicaciones fotogramétricas
7. Ortofotografía
8. Supervisor de producción fotogramétrica
9. Aerotriangulación analítica y semianalítica
10. Modelo digital del terreno
11. Introducción a la percepción remota

12. Percepción remota (aplicada)
13. Percepción remota (digital)
14. Percepción remota (costas)
15. Fotogrametría y percepción remota moderna

### **1.1.5 Pioneros de la fotogrametría en Panamá**

En este apartado corto, pero no menos importante, se nombran algunos personajes que tuvieron que ver en el desarrollo de la fotogrametría en nuestro país.

Esto con el fin de que todo aquel que de una u otra manera tenga acceso a esta tesis, conozca un poco más de aquellas personas que desempeñaron las técnicas fotogramétricas con grandes capacidades y que quizás no se le haya hecho algún reconocimiento al respecto.

Estos son los siguientes:

1. Domingo Riquelme
2. Gualberto Sopalda
3. José Jiménez
4. Luis Mosquera
5. Cesar Aguilar (Piloto aéreo)
6. Ramón Felliut
7. Edgar Rojas
8. Leonardo Gordón
9. Antonio Tejada
10. Jorge Escudero
11. Alberto Santamaría
12. Cielo Adames
13. Noris de Medrano
14. Isis Pinzón

15. Celmira Peña
16. Euribiades Arrollos
17. Daniel Atencio
18. Fernando Ortega
19. César Flores

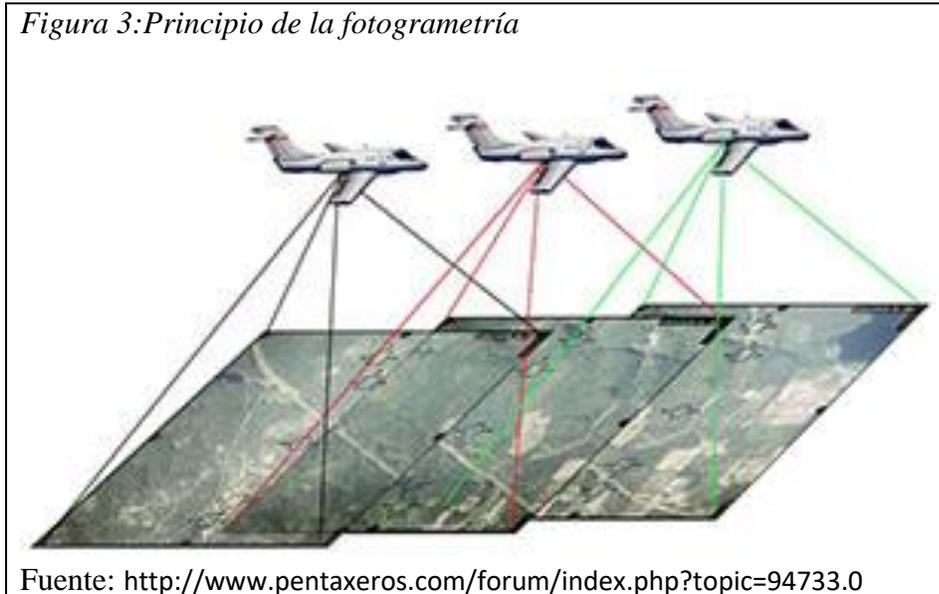
Todas estas personas han dado mucho a nuestro país, dedicando gran parte de su vida a estudiar y colaborar en los distintos proyectos fotogramétricos, que como fuente primordial se necesitaba y se sigue necesitando.

De seguro harán falta algunos nombres que por diferentes circunstancias no se dejó informe alguno o no se tiene algún registro. Pero de seguro serán reconocidos al escucharlos hablar en el lenguaje fotogramétrico.

## **1.2 Generalidades de la fotogrametría**

La Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS) define la fotogrametría como *“la ciencia encargada de realizar mediciones e interpretaciones confiables por medio de las fotografías, para de esa manera obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición), del objeto fotografiado”*.

*Figura 3: Principio de la fotogrametría*



Fuente: <http://www.pentaxeros.com/forum/index.php?topic=94733.0>

En Panamá, la fotogrametría se ha venido aplicando desde muchos años por medio del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”, el cual ha sido el precursor de esta técnica, con la ayuda de Los Estados Unidos. Tanto para nuestro país como para muchos del área, fue el eje principal de esta materia, contribuyendo a la formación de especialistas para los diferentes Institutos Geográficos y Cartográficos que más tarde fueron creados.

Fue así entonces que el Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” da pie a una serie de programas y proyectos con la implementación de esta técnica, lo cual representa una de las etapas más importante dentro la Cartografía.

*Figura 4: Avión Cessna 310 del IGNTG, especial para fotogrametría*



Fuente: Propia

En la actualidad son muchos países y empresas que desarrollan programas y capacitaciones académicas tanto comercial como gratuita, referente a esta materia. Más aún con el avance y aporte que se ve día tras día.

En Panamá no existe aún una carrera a nivel universitario que prepare personas dedicadas exclusivamente en esta materia. Siendo así las carreras de Licenciatura en Cartografía, Licenciado en Geógrafo Profesional, Licenciado e Ingeniero en Topografía las que imparten ciertas materias al estudiantado para que conozcan los conceptos básicos en fotogrametría. El tiempo, es muy escaso para abarcar de manera general los conocimientos que esta ciencia y técnica realiza.

### **1.2.1 Clasificación de la fotografía aérea**

Éstas se pueden clasificar de acuerdo con varios aspectos como:

- ❖ Posición del eje de la cámara al momento de la toma.
  - ✓ *Verticales:* El eje óptico de la cámara es perpendicular al plano horizontal del terreno.

- ✓ *Oblicuas*: cuando el eje óptico de la cámara sobrepasa los 30° de inclinación con respecto a la perpendicular del plano del terreno
  
- ❖ Según el formato de grabación de la imagen:
  - ✓ *Pancromático (Blanco y negro)*: también llamado formato análogo o antiguo, ya que no se utiliza en la actualidad.
  
  - ✓ *A color (Rojo, Azul, Verde)*: Este tipo de fotografía es la más común en la actualidad y se compone principalmente del espectro visible humano.
  
  - ✓ *Infrarrojos*: este tipo de imagen es capaz de representar ondas electromagnéticas imposibles de visualizar por el ojo humano. Por medio de colores que se asignan podemos interpretar y discriminar detalles en el terreno, como; agua, bosque, estructuras, entre otras.
  
- ❖ Tipo de cámara según uso:
  - ✓ *Análoga*: Se trata de las primeras cámaras que existieron y que actualmente están en desuso.
  
  - ✓ *Digital*: Son las cámaras que se están utilizando en la actualidad. Su tipo de fábrica depende del uso que se le

pretende dar como lo son, las cámaras métricas y cámaras no métricas.

### **1.2.2 Uso de las fotografías aéreas**

El uso de la fotografía aérea dependerá del tipo de especialidad o disciplina según las ciencias de las tierras como lo pueden ser trabajos entre las cuales se pueden mencionar algunos ejemplos como:

Topográficos: concentrará todos los detalles que se puedan interpretar sobre la capa y comportamiento del terreno.

Ingeniería Civil: buscará detalles como: población, construcción, cobertura vegetal.

Geográficos: aquí son importantes todos los componentes como hidrografía, población, estructuras, entre otras

Cartográficos: tomará en cuenta todo el detalle mínimo que se puedan extraer de la fotografía, ya que uno de sus principales objetivos es el de la confección de mapas topográficos

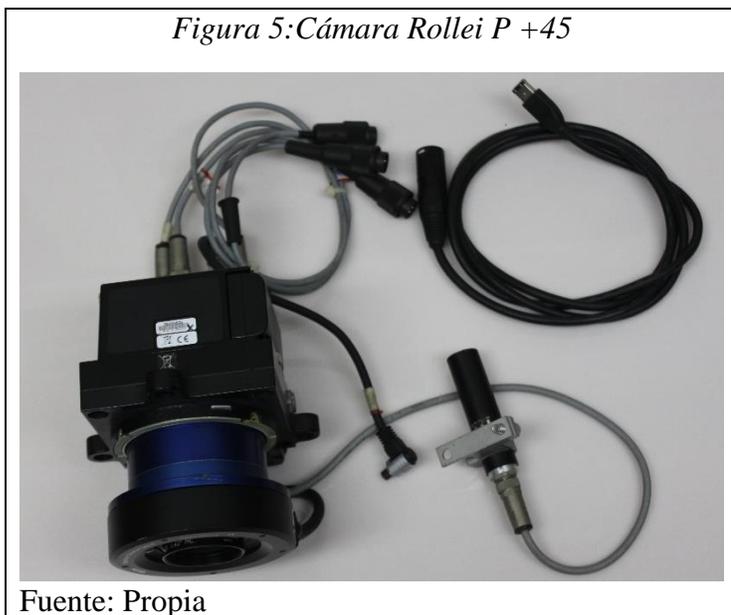
### **1.3 Cámaras fotogramétricas**

Desde un principio las fotografías aéreas se obtienen utilizando cámaras montadas en aparatos adecuados para tal fin. En fotogrametría estas cámaras normalmente van montadas en el avión.

El tipo de cámara a utilizar para la obtención de fotografía aérea es de suma importancia y obliga a conocer más sobre este tema.

En Panamá, para la década del 90 el Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”, empieza a preocuparse por evolucionar e ir de la mano con las nuevas tecnologías, pensando así en adquirir nuevas cámaras.

A mediados de la década del 2000 adquiere una cámara fotogramétrica, Rollei P +45 (Phase One), dejando atrás las antiguas cámaras como la RC10 y HASSELBLAD.



De este modo deja atrás el método analógico empleado en la obtención de imágenes, sabiendo el reto que esto tendrá hasta nuestros días.

Hoy la nueva tecnología desarrollada para minimizar el tiempo y costo de esta técnica se hace más común, por lo cual el Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”, ente oficial de Cartografía en Panamá, ve las posibilidades de adquirir nuevas cámaras fotogramétricas, para ir de la mano ante los desafíos que depara el futuro.

Para entender un poco más de lo que se trata debemos dejar muy en claro la diferencia entre una cámara fotográfica común y una cámara fotogramétrica. Esta última exige un grado de conocimiento especial en la misma, al igual que todas sus partes físicas y de registros que la forman.

También veremos algunos ejemplos de cámaras fotogramétricas que se comercializan en el mercado, así como las empresas y países de origen. De esta manera podemos considerarlas al momento de necesitar para cualquier tipo de información que queramos de ella.

### **1.3.1 Definición de una cámara fotográfica**

En esta era digital, una cámara fotográfica es un aparato o dispositivo electrónico usado para capturar y almacenar fotografías electrónicamente en un formato digital, en lugar de utilizar películas fotográficas como las cámaras convencionales, o imágenes grabadas en cinta magnética usando un formato analógico.

### **1.3.2 Definición de una cámara fotogramétrica**

Una cámara métrica, desde las analógicas hasta las digitales son cámaras que se conocen con detalle todas sus características ópticas, de fábrica, como también otros detalles como lo es su tamaño de CCD, distancia focal, certificado de calibración y a diferencia de una cámara común de mano su costo monetario es alto, rebasando cientos de miles de dólares.

Estas cámaras, también tienen la capacidad de adaptarse a otras herramientas como : GPS, IMU, plataforma giroestabilizadora, entre otras por lo cual son utilizadas especialmente para trabajos fotogramétricos.

### 1.3.3 Tipos de cámaras

Como ya sabemos, en el mercado existe un sinnúmero de cámaras fotogramétricas con diferentes características provenientes de fábrica. Del mismo modo existen en diferentes tipos de acuerdo al ángulo, que van desde:

- Formato chico
- Formato medio
- Formato grande

También las podemos dividir según el campo angular en:

- > Normales (el ángulo es menor a  $75^\circ$ )
- > Gran angular (el ángulo va desde  $75^\circ$  a  $100^\circ$ )
- > Súper gran angular (ángulo mayor de  $100^\circ$ )

En ambos casos se puede mencionar que hoy muchas cámaras fotogramétricas llevan incorporado un conjunto de lentes que permiten mayor captación, según el ángulo, y mayor rango de cobertura terrestre.

Independientemente de los tipos de cámara, siempre llevan consigo ciertas características en común, que son indispensables a la hora de planificar un vuelo fotogramétrico. De igual manera los fabricantes saben de las competencias comerciales que existe, aspecto que toman en cuenta cada día para brindar lo mejor de lo mejor.

#### *Características de una cámara fotogramétrica*

- ❖ Certificado de cámara: todos los fabricantes de cámaras fotogramétricas hoy en día deben proporcionar este dato, el cual es el resultado de todas las configuraciones y pruebas hechas en laboratorio una vez se ha terminado de confeccionarla.

- ❖ Distancia focal por cada lente: aunque la distancia focal es un dato que debe ser proporcionado junto al certificado de la cámara, debemos tenerlo claramente identificado y clasificado para utilizarlo según el tipo de proyecto a realizar.
- ❖ Formato o tamaño de imagen: al escuchar el tamaño de la imagen nos referimos a la cantidad de píxeles que componen una imagen, estos píxeles son tanto en sentido X y Y, se multiplican la totalidad en estos sentidos podremos obtener la cantidad total de píxeles que conforman una imagen.
- ❖ Tamaño del CCD dado en micras: el CCD (Charge Coupled Device), es un dispositivo incorporado internamente en el cuerpo de la cámara, el cual es un dispositivo optoelectrónico que capta la luz. También se pueden utilizar otro dispositivo llamado CMOS (Complimentary Metal Oxide Semiconductor).

Debido a sus propias características, el sensor CMOS es usado en cámaras digitales donde el costo prima sobre la calidad, mientras que los sensores CCD se utilizan en cámaras de alta gama.

- ❖ Capacidad de almacenamiento: incorporado a la cámara viene un sitio al cual se le inserta un disco duro o unidad de grabación donde reposarán todas las imágenes capturadas en el vuelo. Este dispositivo debe ser de gran capacidad, en muchos casos superan los terabytes de almacenamiento.

Otros componentes que complementan el equipo de la cámara fotogramétrica son:

- ✓ Plataforma giro estabilizadora: es la encargada de compensar los movimientos de la cámara en el vuelo.
- ✓ Sistema GNSS: su función es capturar las coordenadas céntricas de cada foto.

- ✓ Sistema Inercial de Movimiento cuyas siglas en inglés es IMU: captura los movimientos de la cámara en el vuelo, dichos movimiento son Phi, Kappa y Omega

*Figura 6:Dispositivo CCD*



alamy stock photo

DA000X  
www.alamy.com

Fuente: <https://www.alamy.es/foto-ccd-dispositivo-de-carga-acoplada-sensor-de-imagen-para-camaras-digitales-y-video-23598650.html>

Figura 7: Certificado de Calibración de la Cámara Vexcel UltramD

UltraCam D, Serial Number UCD-SU-1-0024



# Calibration Report

Short version



Camera:	UltraCam D, S/N UCD-SU-1-0024
Manufacturer:	Vexcel Imaging GmbH, A-8010 Graz, Austria
Date of Calibration:	Nov-11-2011
Date of Report:	Dec-20-2011
Camera Revision:	6.0
Revision of Report:	6.0

Vexcel Imaging GmbH • Anzengrubergergasse 8/4 • A-8010 Graz, Austria  
Phone: +43-316-849-0660 • Fax: +43-316-849-0669 • [www.ultracamx.com](http://www.ultracamx.com)

Page 1 of 14

Fuente: [www.ultracamx.com](http://www.ultracamx.com) VEXCEL IMAGING

*Figura 8: Distancia focal y cantidad de pixel de la Cámara Vexcel UltramD*



UltraCam D, Serial Number UCD-SU-1-0024

## Panchromatic Camera

Large Format Panchromatic Output Image

<b>Image Format</b>	long track	67.5mm	7500 pixel
	cross track	103.5mm	11500 pixel
<b>Image Extent</b>		(-33.75, -51.75)mm	(33.75, 51.75)mm
<b>Pixel Size</b>		9.000µm*9.000µm	
<b>Focal Length</b>	ck	101.400mm	± 0.002mm
<b>Principal Point (Level 2)</b>	X_ppa	0.000 mm	± 0.002mm
	Y_ppa	0.180 mm	± 0.002mm
<b>Lens Distortion</b>	Remaining Distortion less than 0.002mm		

## Multispectral Camera

Medium Format Multispectral Output Image  
(Upscaled to panchromatic image format)

<b>Image Format</b>	long track	67.5mm	2400 pixel
	cross track	103.5mm	3680 pixel
<b>Image Extent</b>		(-33.75, -51.75)mm	(33.75, 51.75)mm
<b>Pixel Size</b>		28.125µm*28.125µm	
<b>Focal Length</b>	ck	101.400mm	
<b>Principal Point (Level 2)</b>	X_ppa	0.000 mm	± 0.002mm
	Y_ppa	0.180 mm	± 0.002mm
<b>Lens Distortion</b>	Remaining Distortion less than 0.002mm		

Fuente: [www.ultracamx.com](http://www.ultracamx.com) VEXCEL IMAGING

Después de conocer los parámetros fundamentales para la planificación de un vuelo se procede a su determinación mediante el cálculo con fórmulas sencillas.

Cuando el terreno a fotografiar es plano y horizontal, bastará con calcular la altura del vuelo, la separación entre líneas de vuelo y el tiempo entre disparos, y esas mismas condiciones se aplicarán a toda la zona.

La dificultad en la práctica surge cuando el terreno es ondulado o montañoso, en tal caso, la escala de la imagen no es la misma para todas las fotografías ni es constante dentro de una misma pasada.

### *Condiciones de la fotografía*

#### Aspectos geométricos

- Certificado de calibración de la cámara, que facilita los parámetros de orientación interna (distancia principal, punto principal, coordenadas de las marcas fiduciales, distorsiones),
- Escala de la fotografía.
- Recubrimientos longitudinales y laterales.
- Seguridad de un recubrimiento total en toda la zona.
- Arrastre de la imagen sobre la fotografía.
- Horas útiles de tomas fotográficas.

#### Condiciones fotográficas:

- Contraste fotográfico de la película.
- La calidad de la imagen.
- La homogeneidad de tonalidad.
- La ausencia de nubes.
- Longitud e intensidad de las sombras

*Figura 9: Fórmula para calcular la escala*

$$E = \frac{c}{H - h}$$

$$E = \frac{f}{H - h}$$

### 1.3.4 Ejemplos de cámaras fotogramétrica

#### → UltraCam Eagle Mark 3

Evolucionada a partir de las dos generaciones anteriores de la exitosa UltraCam Eagle. Es una cámara aérea fotogramétrica digital de gran formato que proporciona una imagen de 450 MP libre de distorsiones y con una excelente geometría y radiometría. Como sus antecesoras, aún representa una revolución entre los sistemas de cámara fotogramétrica digital al haber establecido nuevos estándares en la industria de la fotografía aérea.

Su diseño se basa en la tecnología y principios de las cámaras UltraCam. Partiendo de ella, Vexcel ha rediseñado y mejorado sus componentes para lograr una solución fiable y avanzada sin rival en el campo de la fotogrametría.

#### Características destacadas

- ✓ Huella de imagen pancromática de 26.640 x 17.004 píxeles.
- ✓ Tamaño físico de píxel de 4,0  $\mu\text{m}$  y electrónica de alta calidad que minimiza el ruido.
- ✓ Electrónica específica para imágenes y flujo de trabajo automatizado.
- ✓ Intervalo de disparo mejorado de 1,5 segundos.
- ✓ Permite solapes longitudinales superiores al 80%, lo que posibilita generar una nube de puntos de alta densidad muy superior a la obtenida con un LiDAR.
- ✓ Conjunto integrado que incluye un sistema UltraNav GPS/INS/FMS y unidad de almacenamiento sólido.
- ✓ Sistema modular intercambiable en vuelo que permite almacenar más de 4.600 imágenes.
- ✓ Sistema de lentes intercambiables con cuatro configuraciones de distancia focal (f80, f100, f120 y f210)

- ✓ Tecnología de pantalla táctil que permite la visualización y el control de calidad de cada imagen en vuelo de forma instantánea.
- ✓ Unidad compacta y ligera (menos de 70 kg) y de consumo eléctrico reducido (400 W @ 24-28 VDC).
- ✓ Compatible con distintos sistemas de navegación e inerciales (IGI, Applanix, etc.)
- ✓ Lentes intercambiables, puede almacenar más de 4.600 imágenes de 450 MP.

*Figura 10: UltraCam Eagle Mark 3*



Fuente: [www.ultracamx.com](http://www.ultracamx.com)

## → UltraCam Falcon Mark 2

Es una cámara aérea fotogramétrica digital de gran formato que maximiza la productividad gracias a su mínimo intervalo entre capturas.

Su formato de imagen es de 17.310 x 11.310 píxeles, utiliza un sensor de 6,0  $\mu\text{m}$ , y cuenta con unidades de memoria de estado sólido integradas, reduciendo las dimensiones y el peso de esta cámara a unos 61 Kg.

Disponible en configuración de focal 100 mm ó gran angular de 70 mm, cumple todos los estándares de calidad de la familia UltraCam pero adaptándose ahora a todo tipo de aviones y siendo compatible con prácticamente todos los sistemas de navegación, sistemas inerciales y plataformas giroestabilizadas del mercado.

Captura más información en menos tiempo.

### **Características destacadas**

- ✓ Huella de imagen pancromática de 17.310 x 11.310 píxeles.
- ✓ Píxeles de 6,0  $\mu\text{m}$ , 16.000 tonalidades de gris y electrónica de alta calidad que minimiza el ruido.
- ✓ Electrónica específica para imágenes y flujo de trabajo automatizado.
- ✓ Alta velocidad de captura con un intervalo de disparo de sólo 1,35 segundos.
- ✓ Permite solapes longitudinales superiores al 80%, lo cual posibilita generar una nube de puntos de alta densidad muy superior a la obtenida con un LiDAR.
- ✓ Conjunto integrado que incluye un sistema UltraNav GPS/INS/FMS y unidad de almacenamiento sólido.
- ✓ Sistema modular intercambiable en vuelo que permite almacenar más de 5.200 imágenes.

- ✓ Dos posibilidades de configuración para ambas resoluciones, en focal de 100 ó de 70 mm.
- ✓ Tecnología de pantalla táctil que permite la visualización y el control de calidad de cada imagen en vuelo de forma instantánea.
- ✓ Unidad compacta y ligera (alrededor de 61 kg) y de consumo eléctrico reducido (350 W @ 24-28 VDC).
- ✓ Compatible con distintos sistemas de Navegación e Inerciales (IGI, Applanix, etc.)

*Figura 11: Ultracam\_Falcon Mark 2*



Fuente: [www.ultracamx.com](http://www.ultracamx.com)

### → **UltraCam Osprey Mark 3**

Disponible en dos versiones (Essential y Premium), es la tercera generación de la UltraCam Osprey, un sistema digital aéreo basado en la tecnología compacta y potente de la UltraCam Eagle, que combina una cámara fotogramétrica de tipo nadir de alto rendimiento con la capacidad de captura de imágenes oblicuas.

La UltraCam Osprey Mark 3 obtiene una alta eficiencia de vuelo aprovechando de forma conjunta toda la información capturada por el cono nadir y las imágenes oblicuas laterales, que se superponen lo suficiente para que la imagen oblicua pueda ser posteriormente mejorada mediante correlación automática.

UltraCam Osprey Mark 3, junto con el sistema de software de proceso fotogramétrico UltraMap puede realizar aerotriangulación y correlación densa de forma automática y aprovecha simultáneamente las imágenes oblicuas y nadirales. Permite generar todo tipo de productos como ortofotos oblicuas, nubes de puntos texturizadas de alta precisión, DSM, DTM, ortofotos verdaderas (basadas en DSM) y ortofotos tradicionales (basadas en DTM).

De este modo la UltraCam Osprey Mark 3, tanto en su versión básica como en la superior, es un sensor adecuado para la mayoría de las aplicaciones fotogramétricas, como catastro, planeamiento de infraestructuras, generación de ortofotos, y obtención de DTM y DSM; además de nuevos usos más específicos como mapeo urbano y modelado tridimensional de ciudades.

Cámara fotogramétrica de tipo nadir de alto rendimiento capaz de capturar imágenes oblicuas disponible en dos versiones: Osprey Prime Mark 3 Premium (captura vertical de

hasta 117MP en PAN, RGB y NIR) y Osprey Prime Mark 3 Essential (captura vertical de hasta 80 MP RGB y NIR opcional).

### **Características destacadas**

- ✓ Cono nadir de la versión Premium con resolución de 13.470 x 8.670 píxeles y captura en cinco bandas (pancromático, color RGB, e infrarrojo cercano). La versión Essential captura sólo en RGB (NIR opcional) a 10.300 x 7.700.
- ✓ Conos oblicuos RGB en sentido longitudinal y transversal (80 MP) al vuelo.
- ✓ Excepcional rango dinámico equivalente al de otras cámaras UltraCam.
- ✓ Intervalo de captura mejorado de 1,75 segundos.
- ✓ Electrónica avanzada que obtiene una excepcional relación señal/ruido.
- ✓ Almacenamiento de estado sólido de 10 TB / 6.300 imágenes para la Premium (5 TB / 3.100 imágenes para la Essential).
- ✓ Construcción modular que integra todos los componentes en una sola unidad.
- ✓ Compatible con el software de proceso UltraMap y el sistema de gestión de vuelo y georreferenciación directa UltraNav.

*Figura 12: Ultracam\_Osprey\_M3Premium*



Fuente: [www.ultracamx.com](http://www.ultracamx.com)

*Tabla 1: Familia de cámaras UltraCam y parámetros principales*

<u>Modelo</u>	<u>Formato (Pix)</u>	<u>Píxel en <math>\mu\text{m}</math></u>	<u>Distancia Focal</u>	<u>Lv00</u>
UltraCam D	11500 x 7500	9 $\mu\text{m}$	100 mm	280 Mb
UltraCam X	14320 x 9318	7,2 $\mu\text{m}$	100 mm	429 Mb
UltraCam Xp	17310 x 11310	6 $\mu\text{m}$	100 mm	624 Mb
UltraCam XpWA	17310 x 11310	6 $\mu\text{m}$	70 mm	624 Mb
UltraCam L	9600 x 6500	7,2 $\mu\text{m}$	70 mm	198 Mb
UltraCam Lp	11310 x 7920	6 $\mu\text{m}$	70 mm	288 Mb

Fuente: <http://www.gtbi.net/wp-content/plugins/gallery/uploads/pdf/3611384793193.pdf>

## **CAPÍTULO II**

### **2. CAMPO DE CALIBRACIÓN PARA CÁMARA FOTOGRAMÉTRICA**

#### **2.1. Generalidades**

Hoy, con el rápido avance que ha tenido la fotogrametría se ha llegado hacer muy común el uso de cámaras digitales, una herramienta que hace unas décadas atrás era casi imposible imaginarnos que podría suceder. Sin embargo, al comprar una cámara para tomar fotografía de eventos no tendremos la preocupación de calibrarla. Pero para este caso al hablar de cámaras digitales para tomar fotografías aéreas se requiere de lo que llamaremos calibración de la cámara.

Tanto para el uso de cámara digitales montadas en Drones o UAV como en aviones, siempre es necesario realizar la calibración de la cámara. Ya que de esta forma podremos confiar plenamente en el producto final: la fotografía.

La calibración de la cámara, definida de manera sencilla, no es más que el proceso que nos permitirá por medio de la implementación de técnicas y softwares especializados obtener los parámetros y condiciones que tiene una cámara fotogramétrica en el momento.

Con la calibración de la cámara se obtendrán datos como geometría interna y óptica de la cámara fotogramétrica, de igual manera la orientación y posición con respecto a un área, punto o patrón específico dado. El mismo se recomienda hacer una vez al año o según su uso una vez cada seis meses.

Debemos tomar en consideración que para realizar la calibración de la cámara es necesario contar con una serie de datos, recursos y personal capacitado.

## 2.2. Elementos que comprende un Campo de Calibración

El área en la cual se pretenda instalar un campo de calibración para cámara fotogramétrica debe ser lo suficientemente extensa para hacer una distribución homogénea de los puntos de controles, cuidando así los parámetros y estándares preestablecidos por el fabricante o los que se requieran para una correcta calibración de la cámara.

También se debe tomar en cuenta la posición geográfica donde se pretenda ubicar el campo de calibración, ya que esto representara la calidad y eficiencia del mismo.

Otros aspectos que se deben tomar en consideración al pretender instalar un Campo de Calibración son:

- Mapas topográficos
- Topografía del terreno
- Área total destinada para la instalación del Campo de Calibración.
- Límites Político-Administrativo del Campo de Calibración.
- Aeropuerto del área o aledaños.
- Nombre de áreas pobladas y comunidades.
- Nombre de calles, carreteras, caminos, ríos, quebradas u otros accidentes de relevancia.
- Instalaciones gubernamentales (Zona Policial, Alcaldía, Corregiduría, Gobernación, etc.), u otros de gran importancia dentro del área.
- Planos Catastrales, título de propiedad y nombre de personas, de dónde se ubicarán los Puntos de Controles.
- Cobertura y usos de tierras dentro del área.
- Información de proyectos a desarrollarse en el área, ya sea a corto, mediano o a largo plazo.
- Información vectorial geoespacial existente del área.

Aunque no es de carácter obligatorio contar con todas estas informaciones es importante tenerlos en cuenta ya que el mismo permitirá y facilitará el análisis previo a la instalación del Campo de Calibración.

De este modo podemos tomar decisiones de la factibilidad y eficiencia que podamos contar en el desarrollo del mismo.

### **2.3. Punto de Control o Punto de Apoyo Fotogramétrico**

Como es sabido un punto de control es una estructura física establecida en un área específica en la que se conoce su posición geoespacial respecto a un sistema de coordenadas. En fotogrametría es utilizada como fuente de apoyo a la hora de ajustar y corregir las imágenes aéreas.

Un Campo de Calibración debe contener la cantidad de puntos de control que así lo amerite y recomiende la casa fabricante del mismo, así como también las precisiones y lo que pretendamos darle a cada punto.

Al instalar un Punto de Control debemos tener en cuenta que éste se utilizará primordialmente para la orientación absoluta de imágenes y demás ajustes fotogramétrico, dentro de este proceso, además de que dicho punto también puede ser utilizado como fuente primordial en otros procesos de medición que puedan realizarse dentro del área estipulada para tal fin.

Es por esto que debemos seguir e implementar algunos detalles con mucha cautela.

### 2.3.1. Características

Al hablar de Punto de Control debemos conocer que también puede darse el caso que este término sea utilizado con otras palabras.

Algunos términos utilizados para Punto de Control son: Punto de Apoyo Fotogramétrico, Punto de Control Terrestre o Punto de Chequeo, (PAF, PCT, PC).

Dependiendo del uso y magnitud del proyecto, estos puntos pueden variar su tamaño.

#### ❖ *Forma geométrica de un Punto de Control:*

La forma geométrica que se pretenda o se estipule dar a la estructura física que represente al Punto de Control (PC), juega un papel importante para el Campo de Calibración en general.

Se puede decir que existen diversas figuras geométricas utilizadas para señalar o construir los Puntos de Controles sobre el terreno, el cual conociendo sus coordenadas reales al igual que se aprecie claramente en la foto, nos ayudará en gran magnitud para los diversos procesos fotogramétricos.

Las figuras más comunes son:

1. En forma de cruz
2. En forma de una X
3. En forma cuadrada

Es importante saber que las dos primeras figuras (en forma de cruz y X), son las más comunes que se utilizan para la realización de vuelos con Drones o Vehículos aéreo no tripulado.

La figura en forma cuadrada es la que actualmente se está utilizando en el Campo de Calibración ubicado en el Distrito de Chame. Está diseñado para una cámara fotogramétrica de gran formato.

Dicha figura es establecida físicamente en el lugar preestablecido, con sus dimensiones y colores adecuados ya que de esta manera facilita la fotointerpretación a la hora de generar los bloques o fajas en los procesos fotogramétricos respectivamente.

*Figura 13: Señalización de un Punto de Control*



Fuente: [info@geoingenieria.net](mailto:info@geoingenieria.net)

*Figura 14: Ejemplo de señal de Punto de Control para un Dron*



Fuente: <http://drooing.com>

❖ *Dimensiones de un Punto de Control:*

Las dimensiones de un Punto de Control dependerán del tipo de cámara fotogramétrica a utilizar, así como también del uso y escala de la fotografía que se pretenda captar.

Esto quiere decir que su dimensión dependerá del propósito con el cual se halla construido el punto de control.

Para un Campo de Calibración de cámara fotogramétrica permanente las dimensiones que se requieren son complejas y conllevan una buena logística, así como también de recurso monetario, ya que por su extensión obliga contar con el mismo.

Las dimensiones que puede tener un Punto de Control utilizado para fotogrametría son:

➤ Cuadrados de:

✓ 0.25 m x 0.25 m

✓ 0.30 m x 0.30 m

✓ 0.60 m x 0.60 m

Como recordamos este Punto de Control también pueden ser contruidos de manera tal que pueda ser utilizado para otros trabajos, tales como ingeniería, topografía, nivelación, etc.

Por ende, no estamos ablando de simplemente un Punto de Control y el cual se le debe dar el valor que se merece.

❖ *Colores estipulados para la identificación de los Puntos de Control:*

Luego de contar con la estructura física del Punto de Control se procederá a colocar pintura sobre el mismo. Dicha pintura debe ser elegida de manera especial, ya que estará al aire libre y expuesto a diferentes estados climatológico como lo es la lluvia, el sol, químicos e incluso sustancias descompuestas de las malezas que puedan desarrollarse alrededor del mismo.

### 2.3.2. Distribución

Algunos aspectos o características primordiales que se deben seguir y tomar en cuenta antes de construir un Punto de Control o Punto de Apoyo Fotogramétrico son:

- ✓ Los PC se deben distribuir de manera homogénea dentro de la figura o área que se pretenda instalar en el mismo.
- ✓ Los PC se localizarán en lugares con diferentes características de relieve, como: zonas bajas, zonas medias y zonas altas. desarrollo humano,
- ✓ Cada PC deben ser claramente identificados en cada foto aérea que se tome en la realización del vuelo fotogramétrico.
- ✓ Deben construirse sobre terrenos o áreas muy estables.
- ✓ Se deben hacer los cálculos adecuados de materiales para la confección ya que debe perdurar por largo tiempo.
- ✓ La dimensión de la estructura debe ser adecuada en relación a la escala de la fotografía aérea.
- ✓ A cada PC se le debe asignar un nombre o número único con la finalidad de ser identificado fácilmente.
- ✓ Establecer las precisiones o errores permitidos en un proceso fotogramétrico.
- ✓ Tener en cuenta el tiempo y el recurso económico con el que se dispone para dicho proyecto.

- ✓ Tener en cuenta que cada Punto de Control debe quedar libre de obstáculo, otras estructuras o fuentes que distorsionen la señal a la hora de la medición.
- ✓ Preferiblemente se debe contar con información precisa de puntos de controles existentes cerca del área, (estaciones CORS, CR, otros).
- ✓ Hacer una planificación adecuada para la lectura de cada Punto de Control, así como también la confección de ficha técnica.
- ✓ Generar un plan de mantenimiento para cada Punto de Control.
- ✓ Integrar los datos de coordenadas obtenido a una Base de Dato Geográfico, con el fin de preservar todas las informaciones de manera digital.

*Figura 15: Estación CORS-IGNTG*



Fuente: IGNTG

De igual manera debe establecerse en un área donde existan diferentes características de relieve como: zonas bajas, zonas medias y zonas altas. También se establecerán en lugares fijos y seguros.

Estos puntos deben de estar perfectamente señalizados e identificados, y en lugares planos sobre el terreno, (hay que evitar elementos como vallas, muros o similares). Así mismo, se recomienda una revisión periódica de estos para garantizar un perfecto estado de conservación.

### **2.3.3. Precisión**

La precisión es muy importante a tomar en cuenta para el establecimiento del campo de calibración.

Estas precisiones se deben hacer tanto en:

- Planimetrías: precisión dada al medir distancias en sentido horizontal con respecto al terreno.
- Altimétrica: precisión requerida al medir en sentido vertical con respecto a la tierra.

Los márgenes de estas precisiones requeridas para el diseño y confección de un campo de calibración para cámara fotogramétricas muchas veces están dadas o estandarizadas, a nivel de región o país.

*Tabla 2: Orden de precisión para la red geodésica nacional de control horizontal*

Orden	Sub Orden	Clase	Exactitud Relativa	P. P. M.	Equivalencia con la Red Actual
Cero	*****	Única			Estaciones CORS/GNSS
AA	*****	Única	1:100 000 000	0.01	*****
A	*****	Única	1:10 000 000	0.1	Red Básica
B	*****	Única	1:1 000 000	1.0	Red Primaria y Densificaciones
C	Primero	Única	1:100 000	10.0	Otras Densificaciones
	Segundo	I	1:50 000	20.0	Ptos. Catastrales Urbanos
		II	1:20 000	50.0	Ptos. Catastrales Rurales
	Tercero	I	1:10 000	100.0	PCVHs
		II	1:5 000	200.0	PCVHs

Fuente: IGNTG-Geodesia

De igual forma las técnicas y herramientas adecuadas para alcanzar las precisiones están normalizadas en casi todo el mundo. Conociendo esto solo queda buscar y aplicar la que se adecue, según el proyecto.

Es por estas precisiones que su establecimiento se debe analizar rigurosamente con personal capacitado para dicho trabajo y con los equipos necesarios para dicha tarea.

Para la obtención de estas precisiones se puede contar con el apoyo de ingenieros, licenciados o personal capacitado en la rama de las técnicas y uso de herramientas de topografías y geodesia.

Teniendo muy en cuenta siempre que la ciencia de la topografía es dinámica y que la lectura que obtengamos de un Campo de Calibración para cámara fotogramétrica forma parte de un engranaje de trabajos, (que al final tiene que ser muy positivo) es conveniente consultar y agotar todas las fuentes de información que nos ayude a evitar el menor margen de error a la hora de realizar una lectura de un Punto de Control o Punto de Apoyo Fotogramétrico.

## **CAPÍTULO III**

### **3. PLANIFICACIÓN DEL VUELO FOTOGRAMÉTRICO**

#### **3.1 Conceptos Generales**

El proyecto de vuelo o la planificación de un vuelo fotogramétrico es el conjunto de cálculos previos a la realización de un vuelo fotogramétrico mediante los cuales se organizan las operaciones que permiten conseguir el fin propuesto bajo unas condiciones establecidas previamente.

El objetivo del vuelo es el de cubrir una determinada zona con imágenes que cumplan los porcentajes de recubrimiento longitudinal y transversal especificados, sobrevolando la zona a una altitud determinada en función de la escala deseada y de la distancia principal de la cámara. Para conseguirlo, el avión deberá volar a una altitud constante, siguiendo una ruta predeterminada, y a una velocidad constante que permita realizar disparos a intervalos regulares que se correspondan con recorridos iguales.

Los Puntos de Controles o Puntos de Apoyo Fotogramétricos que previamente o después del vuelo se tienen que tomar en cuenta no se pueden dejar a un lado, ya que con estos nos apoyaremos para los procesos fotogramétricos.

Hoy en, existen herramientas y software como el Sistema Inercial de Movimiento que minimiza el plazo de tiempo-trabajo. Este sistema captura los movimientos de la cámara pudiendo así referenciar en el momento las imágenes en vuelo con los datos remotos provenientes de un aparato GNSS.

### **3.2 Fundamentos para la realización de un plan de vuelo fotogramétrico.**

Al realizar un vuelo fotogramétrico debemos revisar minuciosamente las especificaciones y detalles previamente señaladas en dicho plan.

También debemos tomar en cuenta otros aspectos en la de planificación de un vuelo como lo es el trabajo requerido, que la persona que lo solicite puede ser: cartógrafo, el topógrafo, el geólogo, el silvicultor, el ingeniero civil.

Hecho esto podremos tener idea de las fortalezas y dificultades a tomar en cuenta en la ejecución del mismo, que nos servirán para el éxito en el desarrollo del vuelo fotogramétrico.

### **3.3 Cálculos generales**

Algunos datos o aspectos, en general, que comúnmente solemos escuchar en la planificación de vuelo fotogramétrico son:

#### **➤ Escala de la fotografía**

La escala es la relación de ampliación o reducción en la proyección de un objeto. En el caso de la fotografía, esta relación significa la reducción del tamaño que un objeto en el terreno presenta en la foto.

Si la fotografía que tomamos es para generar cartografía se debe tener en cuenta la escala o la resolución de la imagen, ya que de esto dependerán los diferentes niveles de detalles que queramos representar en un mapa.

En la actualidad con los tipos de cámaras fotogramétricas y con los diferentes aparatos que facilitan la obtención del mismo, se ha reducido el proceso complejo en este cálculo que en muchos casos solía hacerse de manera manual y tediosa. Con solo saber la resolución de la imagen o tamaño del pixel de la imagen o junto con los datos de la cámara nos podremos dar cuenta de la escala de imagen.

➤ **Distancia focal de la cámara**

La distancia focal de la cámara esta previamente calculada, realizada y confeccionada por el fabricante de la cámara y es imposible de cambiarlas, a no ser que se reemplaze físicamente por otro de medidas diferentes. Por tal razón es un dato calibrado y corresponde con la distancia que existe desde el centro óptico del objetivo hasta el plano focal que es dónde se captura la imagen.

➤ **Altura de vuelo**

Se da por medio del promedio de las diferentes alturas en el terreno, sacando así una altura promedio.

Hoy, para el cálculo de este dato nos podemos apoyar en los ya existentes que nos pueden dar tanto una referencia visual como geoespacial. Entre las que se puede mencionar DTM, DSM, Ortofoto.

También existen software o programas que facilitarían la obtención de datos para el cálculo de la altura de vuelo, Estos pueden ser Google Earth, ArcGIS (ArcMap), Google Map.

En la mayoría de los casos siempre prevalecerá la fuente oficial determinada para el cálculo de estos mapas topográficos oficiales de cada sitio, zona o país.

➤ **Traslape, solape o recubrimiento de la foto**

El traslape, solape o recubrimiento, sin importar el término utilizado ya que su significado es el mismo, no es más que el área que se repite entre una fotografía y otra.

Este traslape suele ser comúnmente de 60% en sentido longitudinal y 30% en sentido lateral, aumentando el mismo en áreas de mayor exageración vertical o en áreas urbana de gran magnitud, donde existan estructuras de grandes alturas.

➤ **Uso que se le dará a las fotografías**

Dependiendo del uso que se le vaya a dar a la fotografía, así mismo serán los aspectos a tomar en consideración a la hora de calcular y estimar las precisiones de la misma. Ya que, por ejemplo: no es lo mismo tomar fotografía para generar cartografía, que para solamente foto-interpretar o tomar fotografía para tomar decisiones rápidas de algún desastre natural o eventual en un área determinada.

➤ **Precisión requerida en el trabajo**

Uno de los aspectos más importantes a tomar en consideración es la precisión de la fotografía, ya que a la hora de empezar a hacer los diferentes pos-procesos se requerirán los datos precisos con los cuales fueron tomadas las fotografías como: lo son centro de foto, calibración de la cámara, puntos de controles, etc.

➤ **Equipo disponible para tal fin**

El o los equipos disponibles son esenciales para poder tomar las fotografías. Para esto se debe disponer de avión, cámara fotogramétrica, sistema inercial, equipos gnss, por mencionar algunos.

➤ **Forma, detalles y tamaño del área a fotografiar**

Es muy importante hacer un estudio de los niveles de detalle del área a fotografiar, como por ejemplo: las diferentes alturas o cerros próximos al área, apoyarse en dtm (si se cuenta) y la evolución del mismo en el tiempo.

➤ **Relieve del área**

Dependiendo del relieve que tengamos que fotografiar, así mismo se tomaran en cuenta los traslapes o pasadas ideales para un mayor aprovechamiento de las imágenes.

➤ **Estación del año**

La hora o la estación del año en que se pretende tomar fotografía, determinará el éxito o fracaso que tengamos como resultados finales. En Panamá por ejemplo la estación del año ideal sería el verano, es decir para los meses de finalizando de diciembre, enero, febrero, marzo y principio de abril.

➤ **Aeropuertos disponibles**

Es importante conocer los aeropuertos disponibles que se encuentran en el área, ya que podrán ser utilizadas en un caso fortuito (desperfecto mecánico, mal tiempo) o cualquier otra situación que ponga en riesgo el equipo a bordo y que requiera hacer un viaje rápido.

➤ **Personal**

El personal designado para la toma de fotografías aéreas, debe estar capacitado para desempeñar con éxito la función, además, se deben tener en cuenta algunos aspectos importantes como por ejemplo: no estar refriado, no sufrir de mareo o vértigo.

➤ **Avión**

Modelo, altura del techo del avión, autonomía

➤ **Software o programa**

Planificación de vuelo, ejecución de vuelo, pos-proceso de imagen, capacidad de almacenamiento, entre otros.

- a) **Equipo GNSS:** El Sistema Global de Navegación por Satélite hoy nos permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, con una precisión hasta de centímetros. Por lo tanto, es de mucha utilidad y gran ayuda a la hora de realizar un vuelo fotogramétrico

Teniendo estos datos previamente descritos y con la ayuda de software especializados cuyas fórmulas fotogramétricas fueron previamente insertadas, podemos obtener todos los demás datos que son utilizados en el planeamiento de un vuelo fotogramétrico.

Estos datos pueden ser:

- > Líneas de vuelos
- > Rumbo o dirección cardinal a seguir en el vuelo
- > Cantidad de fotos por líneas
- > Coordenadas aproximadas de centro de cada imagen

- > Abarcamiento aproximado de cada foto
- > Velocidad del avión
- > Altura del avión

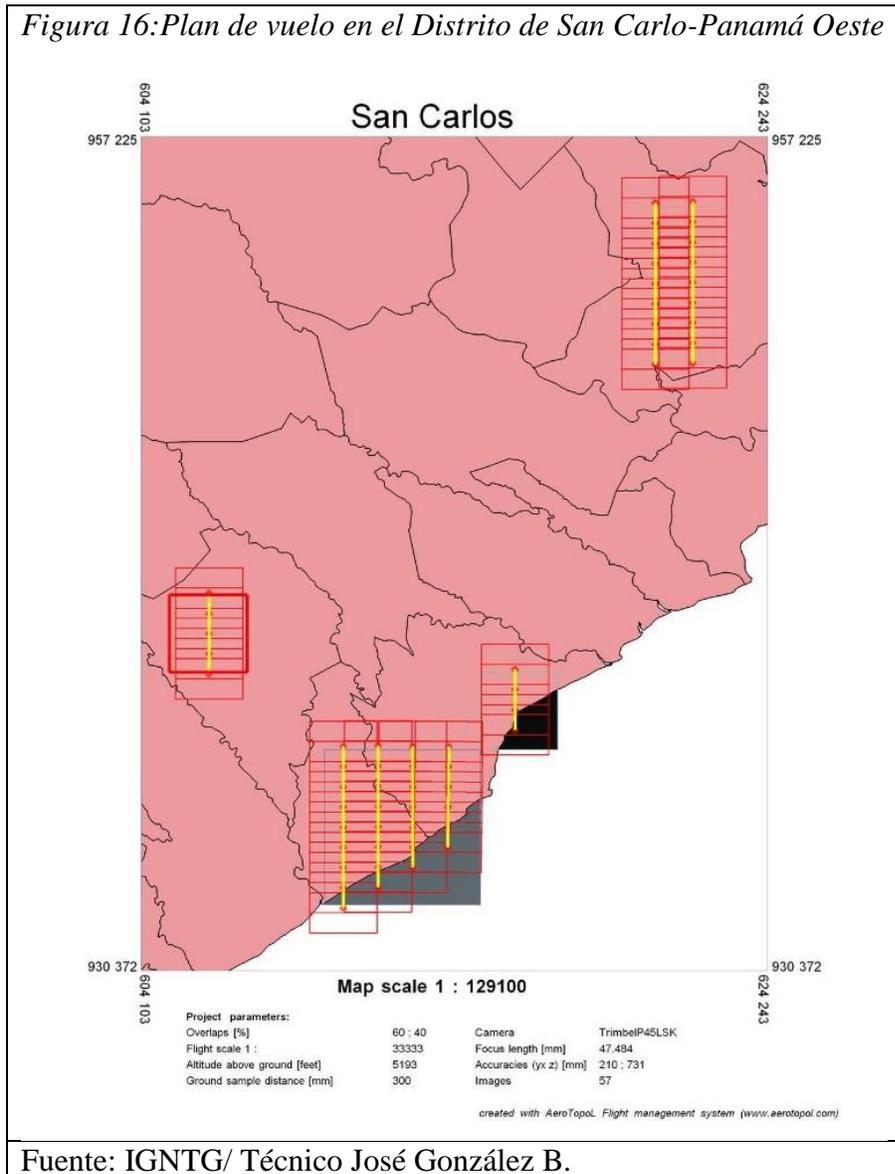
### **3.4 Resultados**

De cumplir con todo los requisitos fotogramétricos, equipo físico y tecnológico, podemos estar preparado para la obtención de productos de primera calidad, precisa y confiable.

Uno de estos productos que se puede alcanzar con la toma de fotografía es la Ortofoto.

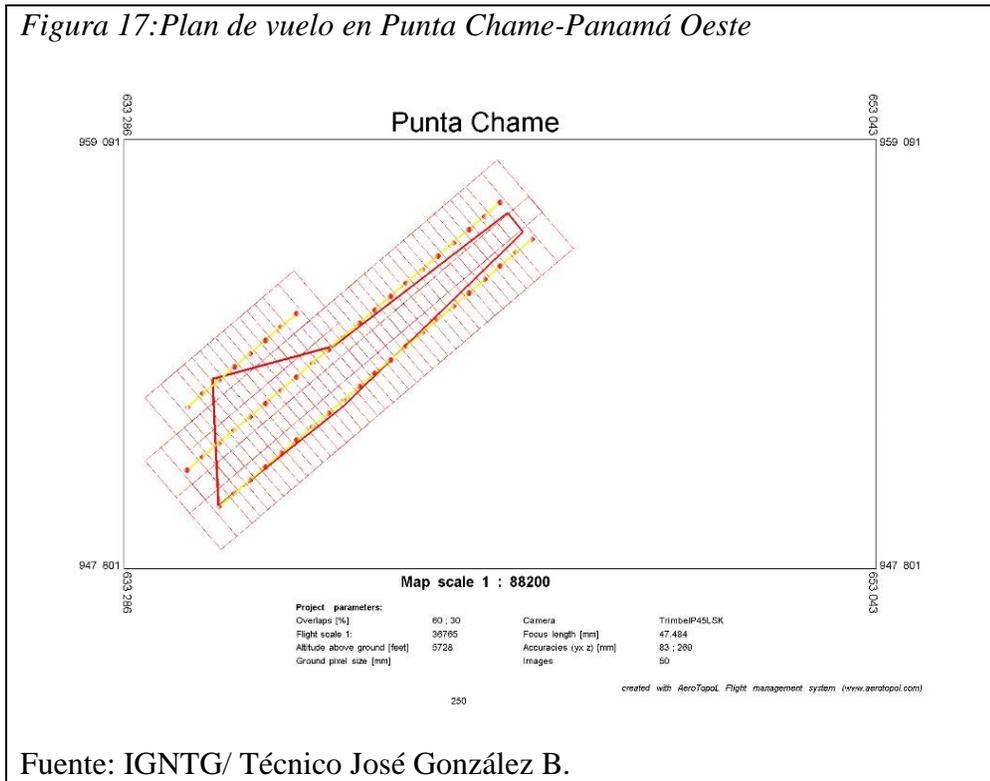
Estos por mencionar algunos datos que siempre estamos acostumbrado a escuchar y que son de suma importancia a la hora de una planificación de vuelo fotogramétrico para la confección de una Ortofoto.

Figura 16: Plan de vuelo en el Distrito de San Carlo-Panamá Oeste



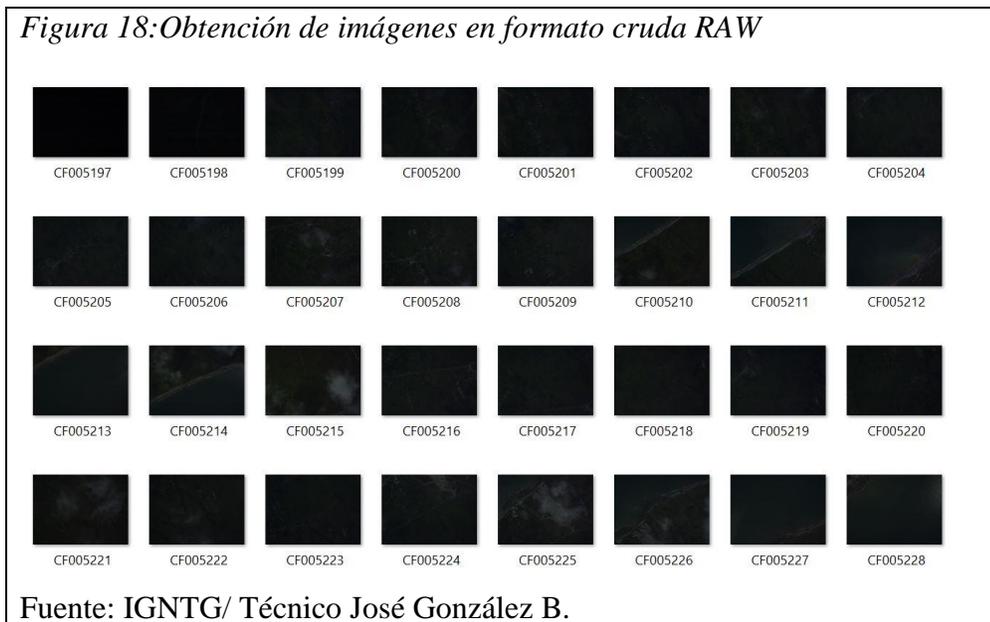
Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

Figura 17: Plan de vuelo en Punta Chame-Panamá Oeste



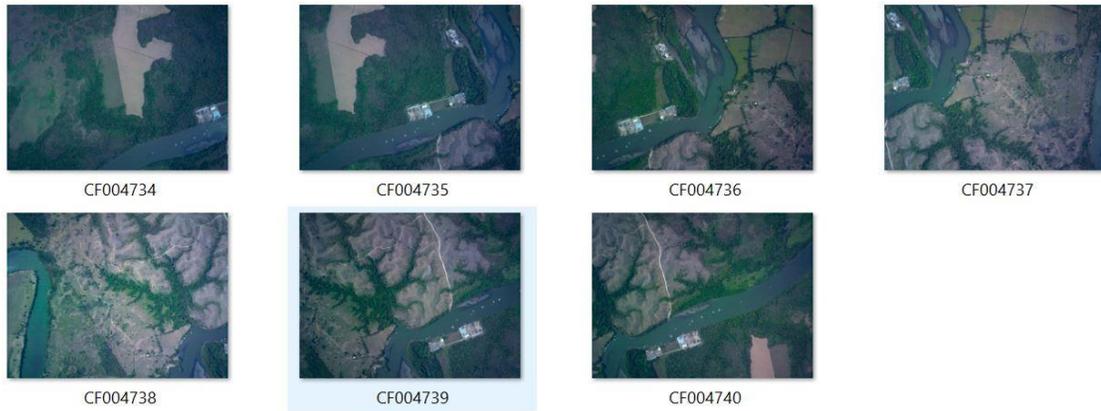
Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

Figura 18: Obtención de imágenes en formato cruda RAW



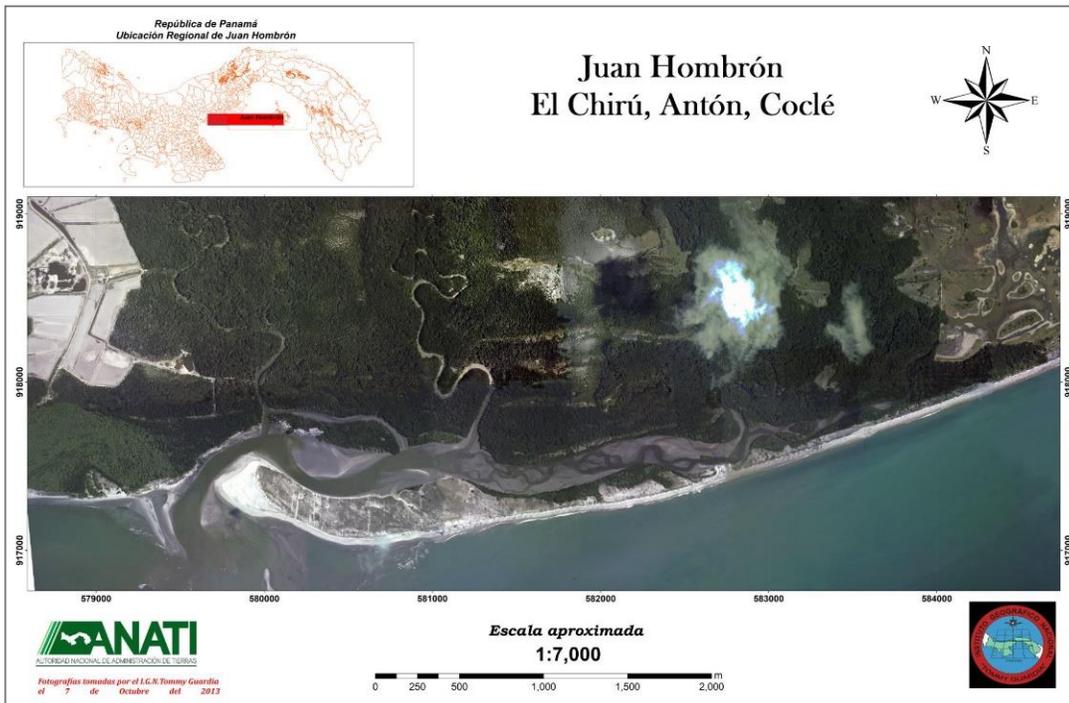
Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

Figura 19: Ejemplo de imágenes procesadas en formato .tiff



Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

Figura 20: Foto-mosaico del área de Juan Hombrón



Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. DISEÑO DEL CAMPO DE CALIBRACIÓN PARA CÁMARA FOTOGRAMÉTRICA UBICADO EN EL DISTRITO DE CHAME, PROVINCIA DE PANAMÁ OESTE.**

#### **4.1. Generalidades**

Como es sabido, desde un principio y hasta la actualidad la Cartografía ha representado un avance elemental en el estudio de la ciencia de la tierra, así como también la disciplina de Topografía, por mencionar algunas de varias que, directa e indirectamente, hacen uso de la disciplina de la técnica de la Fotogrametría. Sin embargo, se requiere conocer al detalle cada paso que involucre la fotogrametría para la eficaz y precisa comprensión de ciertos datos elementales que influyen en el éxito de un determinado Proyecto cartográfico o topográfico.

Un elemento esencial al iniciar, un proyecto cartográfico o topográfico y que requiera o quiera implementar técnicas de fotogrametría es el que comúnmente se denomina Calibración de Cámara.

Para el 2008 se da la iniciativa por parte del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” de la implementación de un Campo de Calibración para cámara fotogramétrica. Esta idea surge de la necesidad de poseer una cámara digital fotogramétrica. Por lo tanto al contar con una cámara nueva, sigue siendo necesario poder contar con un Campo de Calibración.

Para alcanzar la calibración de la cámara fotogramétrica que se requiera utilizar en un proyecto cartográfico se inicia con la respectiva implementación y adecuación de un Campo de Calibración.

El área en la cual será desarrollado el Campo de Calibración deberá cumplir con una serie de requisitos muy rigurosos, exigidos por los fabricantes de cámara fotogramétrica. Debe ser un área especial para tal fin.

También hay que mencionar que con la implementación total del Campo de Calibración se marca un hecho muy importante para la fotogrametría en Panamá y para el IGNTG, siendo el primero y único Campo de Calibración de cámara fotogramétrica establecido a la fecha (2019). Actualmente a la fecha no existe registro alguno de un Campo de Calibración para cámara fotogramétrica tanto físicamente como textualmente que facilite el conocimiento y veracidad de los tantos proyectos que depende de esta técnica.

En esta tesis se trata de documentar e implementar un Campo de Calibración, para lograr alcanzar y marcar un hito en la historia de nuestro país como el primer Campo de Calibración certificado para corregir y verificar las calibraciones de cámaras fotogramétricas de gran formato del instituto o de cualquiera institución gubernamental que lo solicite.

Al finalizar este trabajo contaremos con una Red Geodésica la cual se podrá utilizar para múltiples usos, como lo son proyecto de ingeniería, carretera, catastro, mareografía. Etc.

Debido a que se tenía poca experiencia en todos los métodos y procesos en la implementación de un Campo de Calibración, se da inicio a una serie de ensayos, tanto en gabinete como en campo, lo que, lastimosamente, no tuvo éxito.

A nivel internacional son muy pocos los documentos que describen este tema. Sin embargo, algunas empresas fabricantes de este tipo de cámara hace el reconocimiento de la importancia que tiene el poder contar con un Campo de Calibración, antes o durante la adquisición de la cámara fotogramétrica.

Se pueden mencionar países como: España, Colombia, Venezuela, El Salvador, Brasil, que cuentan con un Campo de Calibración para cámara fotogramétrica.

Hoy, conociendo la necesidad y obligación que requiere un Campo de Calibración para cámara fotogramétrica, también se pueden beneficiar otras ciencias que tengan ver con mediciones que cumplan con precisiones específicas. El Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” ha retomado la iniciativa que para el año 2008 empezó acerca de la implementación de un Campo de Calibración para cámara fotogramétrica.

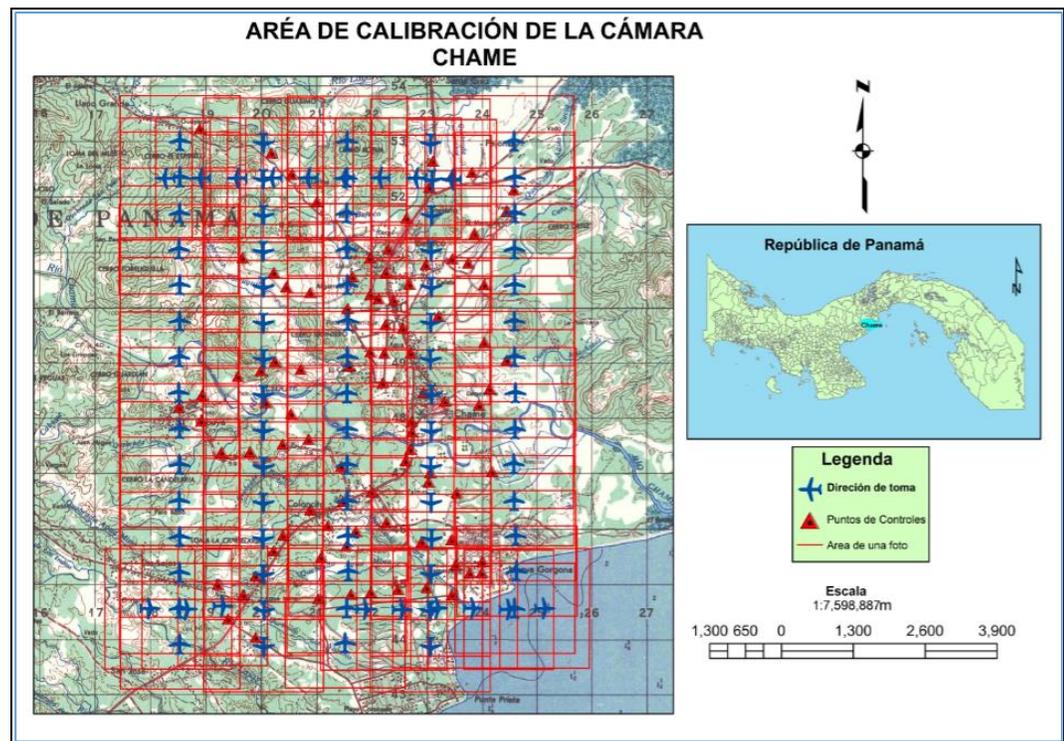
Tabla 3: Listado de Punto de Control para el año 2010

LISTADO TOTAL DE LOS PUNTOS DE CONTROL DEL CAMPO DE CALIBRACIÓN CHAME-PANAMÁ OESTE 2010				LISTADO TOTAL DE LOS PUNTOS DE CONTROL DEL CAMPO DE CALIBRACIÓN CHAME-PANAMÁ OESTE 2010			
PC	Y_UTM	X_UTM	Z	PC	Y_UTM	X_UTM	Z
9	953255.86	618933.31	45.037	CC-057	948303.692	620124.456	19.628
CC-004	952816.42	620228.28	34.882	CC-058	948775.332	619618.358	21.606
CC-005	952427.3	620597.71	29.886	CC-059	948440.036	618970.873	54.81
CC-007	951932.5	621047.99	21.259	CC-060	948216.414	618559.42	61.099
CC-009	952664.69	623142.19	15.283	CC-061	947970.142	618955.156	56.076
CC-010	952196.61	623079.32	21.338	CC-062	947405.552	619319.266	61.347
CC-011	952391.2	623479.05	11.643	CC-063	947415.111	619837.482	46.273
CC-012	952460.47	623852.89	13.623	CC-064	947546.632	620425.817	39.132
CC-013	952145.71	624611.12	15.817	CC-065	947636.268	620892.887	26.686
CC-014	951757.09	624474.24	17.485	CC-066	947150.229	621484.582	30.604
CC-015	951360.23	623899.01	21.33	CC-067	946517.368	621517.899	29.351
CC-016	951637.74	622665.15	21.496	CC-068	946684.512	622034.823	29.143
CC-017	951073.03	622340.49	28.535	CC-069	947251.041	622648.706	12.689
CC-018	950909.33	622002.31	24.332	CC-070	947460.547	622736.02	15.663
CC-021	950920.41	619701.6	44.855	CC-071	947962.084	622757.102	18.804
CC-022	950651.89	620268.03	40.669	CC-073	946863.389	623066.752	24.24
CC-023	950394.48	620493.54	38.853	CC-074	946669.315	623573.336	24.081
CC-025	950289.38	620925.4	48.06	CC-075	947053.06	624209.672	10.803
CC-026	950577.85	621690.71	31.944	CC-076	947036.268	623096.334	17.17
CC-026A	950179.76	622159.92	33.035	CC-077	945823.616	623479.152	16.086
CC-027	950651.58	622293.7	31.232	CC-079	945510.141	621122.441	28.895
CC-028	950792.62	623017.78	22.088	CC-080	945423.663	624034.167	17.597
CC-029	950901.62	623495.64	24.396	CC-081	945222.364	624024.122	17.425
CC-030	950822.39	623780.17	25.465	CC-082	945369.279	623555.187	13.932
CC-032	950434.69	624074.01	22.041	CC-083	945790.574	622942.448	19.115
CC-033	949863.65	623244.4	30.836	CC-084	946140.32	622307.788	28.195
CC-034	950445.12	622716.96	29.828	CC-085	945976.195	621751.092	33.089
CC-035	950154.28	622438.58	32.617	CC-086	945714.147	621580.431	32.616
CC-036	950255.76	622011.92	31.181	CC-087	946079.96	621244.824	33.697
CC-037	950002.99	621600.74	35.249	CC-088	946360.785	620923.9	32.203
CC-040	949647.69	622599.77	33.39	CC-089	945905.307	620433.053	42.7
CC-041	949389.85	624073.22	18.873	CC-090	945621.737	620261.262	44.419

CC-042	949072.31	624479.07	11.587	CC-093	945013.549	619254.805	54.707
CC-043	948553.35	624169.88	15.741	CC-094	945167.894	619934.769	46.689
CC-044	948254.04	623973.44	10.832	CC-095	944828.899	619718.155	49.993
CC-045	948325.56	623357.53	21.046	CC-096	944394.559	619441.952	50.722
CC-046	948486.16	622973.52	22.141	CC-097	944061.442	619941.704	42.528
CC-047	949198.98	622742.55	33.866	CC-098	944759.107	621072.929	38.399
CC-048	948655.64	622233.88	33.847	CC-099	945510.159	621122.429	28.862
CC-049	949192.94	622266.13	35.122	CC-100	944837.857	621661.474	32.666
CC-050	949216.71	622013.84	36.9	CC-101	944874.297	622023.528	27.585
CC-051	949710.55	622290.05	36.137	CC-102	944924.764	622513.368	19.945
CC-052	948963.78	621632.53	28.68	CC-103	944959.032	623031.755	14.472
CC-053	948903.73	620752.61	33.123	CC-104	944833.854	623486.828	6.61
CC-054	948105.51	620579.1	24.946	CR_CHAME	947771.648	622764.581	15.862
CC-055	949050.51	620292.07	43.926	NVGOR	945222.977	623810.848	18.325
CC-056	948879.83	620036.26	32.023	SANCARLOS	936752.955	613487.631	39.7

Fuente: IGNTG-Fotogrametría

Figura 21: Ubicación y diseño de Campo de Calibración para el año 2008



Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

## **4.2. Diseño del Campo de Calibración en Chame**

Para el diseño del Campo de Calibración de cámara fotogramétrica que estará ubicada en el Distrito de Chame, provincia de Panamá Oeste, se tomaron en cuenta muchas informaciones provenientes tanto de fuentes internacionales o nacionales. Todos ellos conocedores de la materia.

Al diseñar un Campo de Calibración hay que recordar que no solo se toma en cuenta el material teórico referente al tema, sino que se hace un estudio y análisis de todos los datos proveniente del área. De esta manera que se puede alcanzar los objetivos propuesto en el desarrollo del mismo.

Los materiales físicos y la logística de trabajo también forman parte esencial en el transcurso del proyecto.

### **4.2.1 Planeamiento en gabinete u oficina**

Durante la planeación de gabinete se puntualizaron algunos objetivos y datos que se deben alcanzar para cumplir con el grado de trabajo que conlleva la realización de un Campo de Calibración.

Es por esto que de una gran lista de estudio de pre-evaluación se pueden mencionar solo algunos, ya que es imposible mencionarlos a todos, estos son:

- ✓ El área cubierta por el Campo de Calibración abarca un aproximado de 9.5 x 6.5 km<sup>2</sup>.

- ✓ Se seleccionó material verídico y proveniente de fuentes oficiales como: Ortofoto, mapa base, curvas de nivel, Puntos de Controles existentes, CR, estaciones CORS.
- ✓ Un total de 130 Puntos de Control fueron analizados, los que deberían quedar ubicados estratégicamente y con una distancia en común.
- ✓ Se determinó que en un aproximado de 19 Puntos de Control se harán mediciones de nivelación, los mismos quedarán ubicado a lo largo de la vía Interamericana.
- ✓ Se determinaron las tolerancias y rangos de exactitud y precisión mínimas y máximas, que cumpliera con el objetivo del proyecto que en este caso es un campo de calibración de cámara fotogramétrica.

Dicha precisión que se tiene que alcanzar llega ser al Orden C 1, según la tabla normalizadas para levantamiento geodésico en la República de Panamá

- ✓ Se estipularon 6 giras de campo con una duración de 12 días por cada gira, se dividirían en 6 meses o hasta cumplir con el objetivo del proyecto.
- ✓ Se conformaron dos grupos de trabajo, cada uno con 4 integrantes aproximadamente. Todas con experiencias en la rama de la fotogrametría.
- ✓ La ubicación para cada punto de control quedara definida en sitios fijos y en lugares libres de remoción.

- ✓ Serán primordialmente establecidas a orilla de carreteras y calles, difícil de remover y fácil de foto-identificar.
- ✓ Las informaciones sobre la ubicación y características del lugar, las estaciones de rastreo permanente próximas, las estaciones fijas disponibles próximas y las instituciones gubernamentales (como los gobiernos regionales, municipalidades, etc.), deben anotarse en un cuaderno de trabajo.

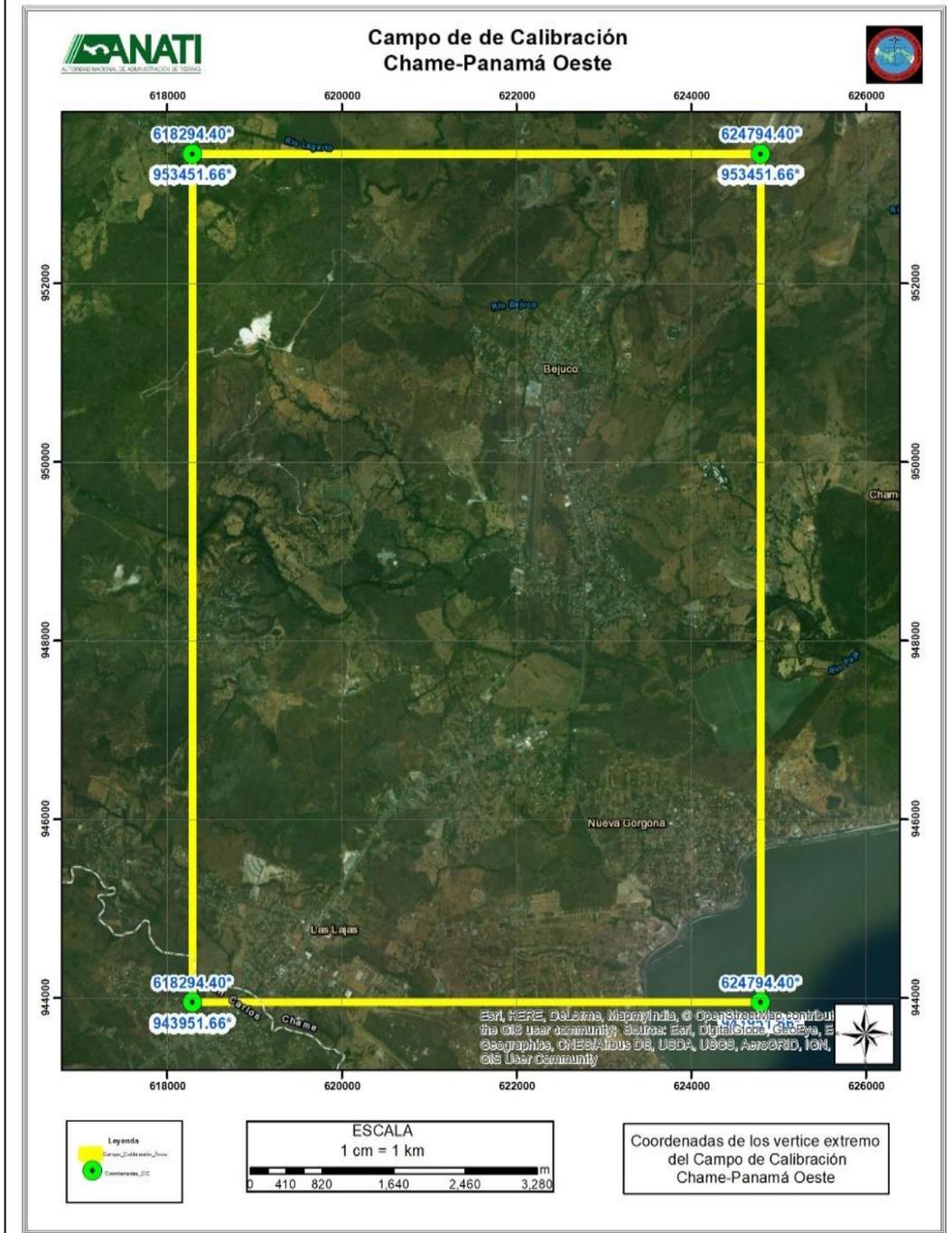
*Tabla 4: Lineamiento para el levantamiento GNSS de acuerdo a su clasificación*

Orden	Sub Orden	Clase	Tipo de Equipo	Efemérides	Número Mínimo de Sesiones	Tiempo de la Sesión (Hrs.)	Número Mínimo de Receptores Simultáneos
Cero	*****	Única	D.F.	Precisas			
AA	*****	Única	D.F.	Precisas	6	6	6
A	*****	Única	D.F.	Precisas	3	4	5
B	*****	Única	D.F.	Transmitidas	2	2-3	3
C	Primero	Única	Op.	Transmitidas	1	1-2	3
	Segundo	I	Op.	Transmitidas	1	1-2	2
		II	Op.	Transmitidas	1	1-2	2
	Tercero	I	Op.	Transmitidas	1	1-2	2
		II	Op.	Transmitidas	1	1-2	2

D.F.: Doble Frecuencia  
Op.: Opcional

Fuente: IGNTG-Geodesia

Figura 22: Ubicación geoespacial del Campo de Calibración Chame-Panamá Oeste



Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

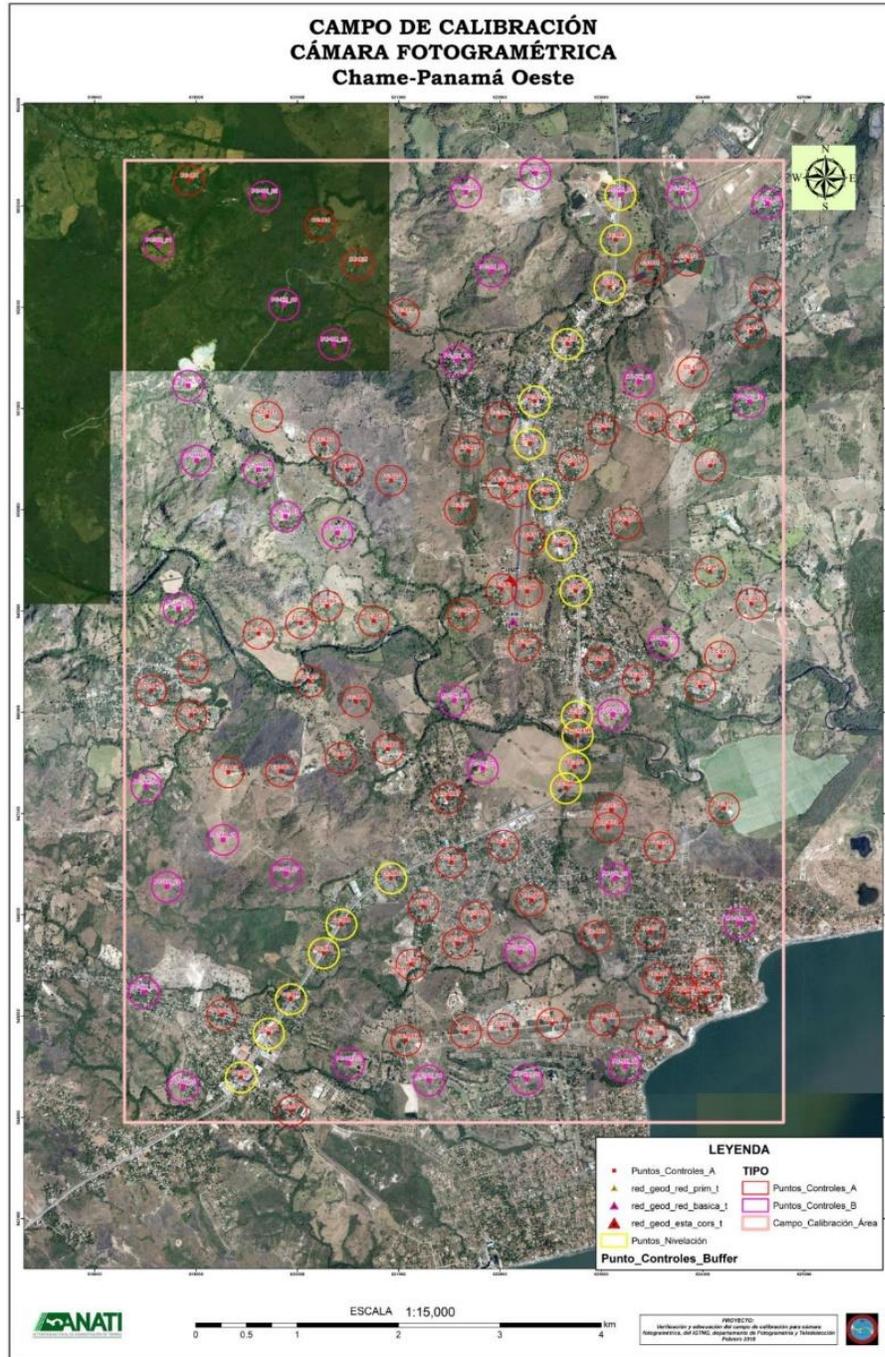
*Tabla 5: Puntos de Control propuestos para anexas al Campo de Calibración en Chame-Panamá Oeste*

<b>PROPUESTA DE NUEVOS PUNTOS DE CONTROL PARA EL CAMPO DE CALIBRACION CHAME -PANAMÁ OESTE 2018</b>			
<b>PC</b>	<b>X_TM</b>	<b>Y_UTM</b>	<b>Z</b>
PC-VH_01	618630.97	952614.54	
PC-VH_02	619676.95	953096.84	
PC-VH_03	621662.38	953135.8	
PC-VH_04	622347.98	953320.87	
PC-VH_05	623185.77	953110.95	
PC-VH_06	623798.78	953124.47	
PC-VH_07	624637.34	953022.93	
PC-VH_08	619869.24	952024.39	
PC-VH_09	621918.17	952350.16	
PC-VH_10	624460.44	951062.91	
PC-VH_11	623367.94	951261.04	
PC-VH_12	621574.81	951471.28	
PC-VH_13	620361.3	951633.89	
PC-VH_14	618923.7	951226.41	
PC-VH_15	619006.19	950486.47	
PC-VH_16	619616.85	950395.46	
PC-VH_17	619885.32	949933.71	
PC-VH_18	620395.4	949770.9	
PC-VH_19	623613.23	948680.44	
PC-VH_20	618829.44	949023.76	
PC-VH_21	621548.8	948115.59	
PC-VH_22	621829.71	947444.51	
PC-VH_23	623111.55	947977.15	
PC-VH_24	619268.11	946740.87	
PC-VH_25	618510.74	947263.93	
PC-VH_26	618714.3	946276.95	
PC-VH_27	619888.31	946403.39	
PC-VH_28	623132.13	946355.78	
PC-VH_29	624358.75	945915.35	

PC-VH_30	622197.28	945628	
PC-VH_31	618486.52	945236.19	
PC-VH_32	618871.93	944300.85	
PC-VH_33	620508.12	944531.24	
PC-VH_34	621297.91	944363.18	
PC-VH_35	622263.39	944376.59	
PC-VH_36	623234.82	944502.92	

Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

Figura 23: Análisis de los Puntos de Control, (Viejos, nuevos y de nivelación)



Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

#### 4.2.2 Reconocimiento del área

Luego de haber estudiado y planificado minuciosamente los trabajos que se deberían llevar a cabo en el Campo de Calibración se procedió a realizar la gira #1, integrados por 6 técnicos.

La tarea fundamental de esta gira era la de hacer los reconocimientos, de manera general, de los sitios y el estado de las áreas que se escogieron para ubicar los Puntos de control.

Algunos de los resultados arrojados al culminar esta misión fueron los siguientes:

- ➔ Verificación del estado actual de la estación CORS, ubicado en el Aeropuerto de Chame, propiedad del IGNTG, el cual estaba en buen funcionamiento.
  
- ➔ Se recuperaron 3 puntos de referencia llamados CR, ubicado en las siguientes áreas: puente sobre el Río Chame, entrada a Punta Chame y Parque Central de Chame.
  
- ➔ Ubicación del área específica para la construcción del Punto de Control, aquí se marcaron y capturaron, las coordenadas aproximadas con un navegador Garmin.
  
- ➔ Cada sitio escogido para la construcción de cada punto de control deberá reunir las siguientes condiciones:
  - Adecuado establecimiento según la zona.
  - Cielo despejado
  - Libre de construcciones y metales reflectante
  - Fácil acceso y terreno apropiado para el estacionamiento del equipo geodésico, quedando libre de perturbaciones.
  - Procurar que el sitio se mantenga seco, o por lo menos las aguas puedan fluir rápidamente.

- ➔ Se confeccionó un croquis descriptivo del sitio elegido, junto a sus coordenadas aproximadas y todas las vías de acceso. Presenta información mínima como: nombre del proyecto, institución, operador, fecha, denominación del punto, nomenclatura, norte geográfico, escala, entre otros detalles más.
- ➔ También se le dio a conocer a los dueños y encargados de las propiedades la importancia de este proyecto así como de los beneficios que conlleva un Punto de Control. Cabe señalar que el costo aproximado que tiene un Punto de Control, junto a su certificación por parte del IGNTG va desde 500.00 a 1000.00 dólares.
- ➔ Con la iniciativa de fomentar el cuidado y preservación de cada Punto de Control, (además de confeccionar un plan de mantenimiento de campo de calibración) se acordó hacerle entrega de un certificado de reconocimiento a los dueños con el mapa de ubicación de cada punto, síntesis geográficas y cualquier otro material cartográfico que pueda proporcionarles el instituto.
- ➔ Al terminar la gira se creó una Base de Datos Geográficos con todos los datos recabados en campo.
- ➔ Se generó un informe individual y general el cual refleja todo lo acontecido en esta primera gira de reconocimiento.

**Tabla 6: Cronograma de trabajo de reconocimiento**

Autoridad Nacional de Administración de Tierras (ANATI)  
 Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia (IGNTG)  
 Departamento de Fotogrametría  
 Proyecto Campo de Calibración  
 Actividades Programadas para el 2 de Mayo al 8 de Mayo

		TIEMPO DE EJECUCIÓN EN DÍAS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ACTIVIDADES</b>									
<b>RECUPERACIÓN, MARCACIÓN E INFORME DE LOS PUNTOS DE CONTROL DEL CAMPO DE CALIBRACIÓN</b>									
<b>Item</b>									
1	Traslado de Panamá a San Carlos e Instalación del Personal.		■						
2	a. Limpieza En Las Areas de Chame, Gorgona , San Carlos y Bejuco			■	■	■	■	■	■
3	b. Ubicación de puntos en sitio Areas de Chame, Gorgona , San Carlos y Bejuco.			■	■	■	■	■	■
4	c. Marcación del área de los nuevos puntos de control en Chame, San Carlos, Gorgona.				■	■			
5	e. Comunicar a los dueños o linderos de terrenos donde existen los puntos de controles y de los 36 nuevos puntos a establecer en Chame, San Carlos .					■	■		
7	f. Informe.							■	■
8	Traslado de San Carlos a Panamá e Instalación del Personal.								■

Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

**Figura 24: Reconocimiento del área**



Fuente: Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

*Figura 25: Recuperación de Puntos de Control*



Autor: José González B.

*Figura 26: Recuperación de Puntos Cota de Referencia, en el puente de Rio Chame*



Autor: Técnico José González B.

*Figura 27: Coordinación con los residentes para el establecimiento del Punto de Control*



Autor: Técnico José González B.

*Tabla 7: Captura de datos durante trabajo de Reconocimiento*

ID	Y_UTM	X_UTM	Z	PUNTO-CONTROL	COMENTARIO	GRUPO-TRABAJO	ESTADO-ACTUAL
1	947961	618953.7	56.076	CC-061	Afuera del cementerio. Desde la entrada principal a la derecha casi al final.	2	OK
2	947421	619852.0	46.273	CC-063	Pintado sobre carretera. Sobre curva	2	NUEVO
3	947150	621484.6	30.604	CC-066	A un costado del Turisentro Mirian	2	OK
4	947454	622759.8	12.689	CC-069	Sobre alcantarrilla en cuneta que divide las vías.	2	OK
6	946971	622988.4	17.17	CC-076	Sucio algo quebrado.	2	RECONSTRUIR
7	945977	621751	33.089	CC-085	Buen estado. Frente a casa bonita. Esquina de calle a la orilla.	2	OK
8	946361	620923.9	32.203	CC-088	Sobre carretera frente a Bulldogs Gutters	2	NUEVO
9	945905	620433.1	42.7	CC-089	Sobre carretera frente a venta de autos	2	OK
10	945168	619935	46.689	CC-094	Sobre carretera frente a Estación Va y Ven	2	OK
11	944830	619717	49.993	CC-095	Sobre carretera, frente a restaurante Liang, a un costado coches	2	OK
12	944395	619440	50.722	CC-096	Orilla de calle frente a Gorgona Mall	2	OK
13	944062	619937	42.528	CC-097	Deteriorado dentro de terrenos del IDAAN. Tanque de agua de reserva	2	OK

Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

### 4.2.3 Monumentación

Teniendo en cuenta que cada punto de control construido debe ser una foto identificable y de larga duración, se tomaron las siguientes consideraciones:

- Preparación y medida de la plancha de concreto de un Punto de Control:
  - La plancha de concreto será construida de acuerdo a las medidas especificadas y consensuadas durante el planeamiento en gabinete por el Departamento de Fotogrametría y Teledetección del IGNTG:
    - ✓ La plancha será de forma cuadrada con dimensiones de 60 cm x 60 cm y con un espesor de 5 cm.
    - ✓ Centrado y en la parte inferior de la plancha se hará una abertura de forma circular con diámetro de 15 cm, con un espesor de 15 cm.
    - ✓ En el centro de la plancha llevará incrustada una varilla corrugada de ½ pulgada con una longitud de 35 cm.
    - ✓ La plancha de concreto estará pintada de color blanco, llevando siempre en la parte central una marca cuadrada de color negro con dimensiones de 10 cm x 10 cm.

❑ Identificación del Punto de Control fotogramétrico.

Para la identificación se rotularán sobre la plancha de concreto las siguientes nomenclaturas:

- IGNTG: haciendo referencia al Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”.
- CC: el cual se refiere a las iniciales de Campo de Calibración
- 000: se rotulará el número que corresponde al Punto de Control, este número consta de tres dígitos, igual a como aparece en la Base de Dato Geográficos.
- 00/00/00, (día, mes, y los dos últimos dígitos del año): es la fecha en la cual fue construido el Punto de Control.

Hay que recordar que el tipo de letra que se utilizará hace referencia a las iniciales y por ende se tratará de escribir todo en mayúscula.

❑ Consideraciones.

- En el caso de que el punto fuera construido sobre carretera de asfalto, vereda o planchas existentes de hormigón se hizo una abertura de forma circular con diámetro de 10 cm a 15 cm, según el grado de dificultad de la propia construcción.
- Si el punto se construía sobre roca madre se insertaría la varilla corrugada hasta donde fuera posible, se fijaría con la plancha de concreto teniendo en cuenta las dimensiones de la misma.

- Cuando el Punto de Control se construiría en su totalidad, se tomaría muy en cuenta el tipo de suelo y las dimensiones específicas, previamente consensuadas por el Departamento de Fotogrametría y Teledetección del IGNTG.

*Figura 28:Reconstrucción total del Punto de Control*



Autor: Técnico José González B.

*Figura 29: Rotulado de un Punto de Control*



Autor: Técnico José González B.

*Figura 30: Pintura de los Puntos de Control*



Autor: Técnico José González B.

*Tabla 8: Control de trabajo de campo*

<b>PUNTO-CONTROL</b>	<b>ESTADO</b>	<b>ESTADO-FÍSICO</b>	<b>ESTADO-ACTUAL</b>
CC_027	Leído	Pintado	Construido_Pintado_Leído
CC_023	Leído	Pintado	Construido_Pintado_Leído
CC_016	Leído	Pintado	Construido_Pintado_Leído
CC_124	S/L	Faltante	
CC_052	S/L	Faltante	
CC_037	S/L	Faltante	
CC_126	S/L	Pintado	Construido_Pintado
CC_127	S/L	Pintado	Construido_Pintado
CC_129	S/L	Faltante	
CC_130	S/L	Faltante	
CC_131	S/L	Faltante	

Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

#### **4.2.4 Lectura de los Puntos de Control fotogramétricos**

Para cumplir con esta fase del proyecto se dividió el total de los puntos en dos partes: una primera mitad se mediría en determinado tiempo y posteriormente se mediría la segunda mitad.

Se puede decir que para esta fase se puntualizaron los siguientes objetivos:

##### **❑ Grupo de trabajo**

- Se conformaron 2 grupos de trabajo, cada uno con 4 integrantes aproximadamente, ya que se tomaba en cuenta el sitio y grado de seguridad en el mismo.

##### **❑ Equipo geodésico, GNSS**

- Receptores: para la recepción de datos GNSS se contó con 3 receptores marca Trimble R8, aumentando éste número según la necesidad.
- Tripode: se contó con 3 trípodes marca TOPCON, aumentando éste según la necesidad.
- Base Nivelante: 3 bases nivelantes se utilizaron en esta gira, teniendo en cuenta que se podría aumentar el número según la necesidad del proyecto.
- Plomada: también se contó con una plomada manual, ya que son instrumentos que pueden apoyar en un momento dado.
- Controladores: se contó con 3 controladores marca Trimble.

- Computadora portátil: se utilizaron dos computadoras portátiles para manipulación y descarga de datos.
- Software: para el procesamiento y ajuste de los datos se utilizó el software comercial Trimble Business Center v2.50.

#### ❑ **Fases y orden de lectura de datos**

- Las fases y orden de lectura se hicieron siguiendo estrictamente el tiempo, figura geométrica, procesamiento de medición y las normas técnicas del IGNTG. Par el mismo se contó con un técnico especializado en la materia por parte del Departamento de Geodesia.
- Para la medición se escogió una precisión de orden C1.

#### ❑ **Generación de ficha técnica y croquis del punto de control**

- La ficha técnica de cada punto de control estuvo a cargo de un técnico del Departamento de Geodesia.
- La elaboración del croquis fue confeccionado por un técnico del Departamento de Fotogrametría y Teledetección, para el mismo se utilizarón insumos como Ortofoto a escala 1: 50 000, software ArcGIS (ArcMAP), fotografía de cada punto y la Base de Datos Geográficos del Campo de Calibración.

*Figura 31:Receptor GNSS*



Autor: Técnico José González B.

*Figura 32: Base Nivelante*



Autor: Técnico José González B.

*Figura 33: Plomada manual*



Autor: Técnico José González B.

Figura 34: Equipo instalado en el Punto Base



Autor: Técnico José González B.

Tabla 9: Ejemplo de una tabla de anotación en campo

Ministerio de Obras Públicas  
Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia"  
Departamento de Geodesia y Astronomía

Proyecto: Campo Calibración - CHAME Personal: JANICA CORNEJO  
Lugar: CHAME - PANAMA OESTE JOSE GONZALEZ B.  
Fecha: 23 DE JULIO AL 04 DE AGOSTO 2018 Otros: SULAY SALDAÑA

Estación	N° Equipo	H. Inicio	H. fin	Sat.	PDOP	Alt. Ant.	Sesión	Int./Mask	Lat.	Long.	Elev.	Observaciones
CB-V-3-3	2997	9:39	12:17	19		1.823	29972061	24/7/18	95083.6	623115.8	23.30	Centro del Profesor
CC-002	2997	8:30	11:33	16		1.763	29972060	25/7/18	944834.1	623489.4	9.02	Centro del Profesor
CC-016	2997	12:27	13:23	16		1.810	29972061	25/7/18	944151.9	621482.6	23.93	Centro del Profesor
CC-021	2997	14:36	16:15	14		1.830	29972062	25/7/18	950003.9	621600.3	27.4	Centro del Profesor
CC-058	2997	22:44	13:05	19		1.813	29972030	26/7/18	948486.1	622723.8	23.66	Centro del Profesor
CC-049	2997	10:49	13:06	17		1.784	29972031	26/7/18	950707.8	622003.77	25.46	" "
CC-078	2997	14:16	16:06	17		1.858	29972032	26/7/18	950916.8	623494.9	20.07	" "
CC-080	2997	8:18	10:02	17		1.834	29972080	27/7/18	950126.9	623704.4	16.29	C.T.P.
CB-V-1-1	2997	11:06	12:17	19		1.679	29972083	27/7/18	950284.6	623119.3	25.77	C.T.P.
CC-077	2997	14:26	15:37	16		1.623	29972064	27/7/18	950822.4	623181.2	26.79	C.T.P.
CC-081	2997	09:08	10:53	18		1.439	29972090	28/07/18	951948.9	624701.5	17.4	C.T.P.
CC-080	2997	10:34	12:13	17		1.739	29972091	28/7/18	951032.6	624475.6	19	" "

Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

Tabla 10: Ejemplo de dato de coordenadas de cuadrícula ajustada

**25 DE JULIO DE 2018**  
**DJ206**

Comparación de coordenadas de control  
Los valores mostrados son coordenadas de control menos las coordenadas ajustadas.

ID de punto	ΔValor norte (Metro)	ΔEste (Metro)	ΔElevación (Metro)	ΔAltura (Metro)
CHME	?	?	?	-2.152

**Límites de punto de control**

ID de punto	Tipo	Norte σ (Metro)	Este σ (Metro)	Altura σ (Metro)	Elevación σ (Metro)
CHME	Cuadrícula	Fijo	Fijo		Fijo

Fijo = 0.000001 (Metro)

**Coordenadas de cuadrícula ajustadas**

ID de punto	Valor norte (Metro)	Valor norte Error (Metro)	Este (Metro)	Este Error (Metro)	Elevación (Metro)	Elevación Error (Metro)	Límite
CC 002	944834.003	0.004	623487.014	0.005	6.018	0.021	
CC 016	947150.720	0.003	621483.576	0.004	30.146	0.016	
CC 021 XXX	947546.804	0.004	620425.896	0.004	38.525	0.017	
CC 024 XXX	947405.785	0.006	619319.465	0.007	58.972	0.028	
CC 027 XXX	947962.847	0.007	618954.652	0.007	53.959	0.038	
CC 058	948486.256	0.002	622973.757	0.002	21.514	0.007	
CC 071	950003.145	0.002	621600.923	0.002	34.617	0.005	
CHME	949296.969	?	622102.690	?	43.141	?	NEe

Tarifas

IGNTG/ Técnico José González B.

Tabla 11: Datos de los puntos ajustados a las coordenadas geodésicas

**Coordenadas geodésicas ajustadas**

ID de punto	Latitud	Longitud	Altura (Metro)	Altura Error (Metro)	Límite
CC 002	N8°32'45.42066"	O79°52'40.60379"	18.916	0.021	
CC 016	N8°34'01.03432"	O79°53'45.91282"	43.038	0.016	
CC 021 XXX	N8°34'14.02807"	O79°54'20.47143"	51.418	0.017	
CC 024 XXX	N8°34'09.53897"	O79°54'56.67501"	71.868	0.028	
CC 027 XXX	N8°34'27.70881"	O79°55'08.55649"	66.854	0.038	
CC 058	N8°34'44.37501"	O79°52'57.04390"	34.400	0.007	
CC 071	N8°35'33.88964"	O79°53'41.80605"	47.503	0.005	
CHME	N8°35'10.85155"	O79°53'25.45959"	56.027	?	NEe

Fuente: IGNTG/ Técnico José González B.

#### **4.2.5. Informe final del trabajo en campo**

El informe estuvo a cargo de todo el personal que asistió al campo de manera individual, generando así un solo informe grupal, el cual fue presentado y avalado por el director del IGNTG.

En dicho informe se plasma, de manera detallada, la labor diaria realizada, los pros y contras que se presentaron, material, insumo y recomendaciones entre otros, para ser tomados en cuenta en futuros trabajos de campo.

En dicho informe se ven reflejados el pro y contras que se tuvieron durante todas los trabajos realizados, así como también las recomendaciones a tomar en consideración para ser aplicadas en futuros trabajos o proyectos.

### **CAPÍTULO V**

## **5. PLANIFICACIÓN DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO SOBRE EL CAMPO DE CALIBRACIÓN EN EL DISTRITO DE CHAME, PROVINCIA DE PANAMÁ OESTE.**

### **5.1. Generalidades**

En Cartografía o quizás siendo más exacto en fotogrametría es común escuchar de un plan de vuelo fotogramétrico, y con él nos imaginamos una serie de fotos que vienen dadas a una altura específica y que la misma tiene una relación a una escala.

Sin embargo, al referirnos a una planificación de vuelo fotogramétrico para un Campo de Calibración para cámara fotogramétrica hay que tomar una serie de aspectos que van más

allá de lo que comúnmente se toman en cuenta en un vuelo fotogramétrico común y corriente.

El proceso de un vuelo fotogramétrico ya sea para la confección de una ortofoto o para la calibración de una cámara fotogramétrica conlleva tomar fotografías aéreas dentro de un área predeterminada junto a una serie de cálculos previamente resueltos.

Sabiendo que la definición y técnica de fotografías son muy bien conocidas, hay que tener sumo cuidado con su integridad, estabilidad y longevidad, ya que cada registro fotográfico es controlado y predecible, más aún hoy que junto a cada fotografía se registran internamente una serie de datos como fecha, hora, coordenadas aproximadas, tipo de cámara, etc.

Hoy, con la rápida evolución de la fotogrametría y la gran variedad de cámaras fotogramétricas, así como las no fotogrametrías dentro del mercado, dan paso para que las imágenes sean más detalladas, nítidas y de fácil obtención según la necesidad. Pero sin duda los pasos y procesos para la obtención de una fotografía para ser utilizada y procesada mediante técnicas fotogramétricas básicamente siguen siendo la mismas el cual se tiene que determinar una serie de datos y cálculos.

## **5.2. Datos elementales para la planificación del vuelo fotogramétrico**

Al momento de confeccionar y ejecutar una planificación de vuelo fotogramétrico para la calibración de una cámara fotogramétrica que requiere un mayor número de datos que serán utilizados en dicha calibración, conlleva hacer mayor énfasis en algunos aspectos como:

- Tipo de cámara fotogramétrica
- Resoluciones de imágenes (2)
- Alturas de vuelos (2)
- Traslapes, solapes o recubrimientos

### **5.3. Procedimiento**

Antes de proceder a realizar los cálculos matemáticos de vuelo, se analizaron algunos insumos muy importantes como lo son:

#### **5.3.1 Mapa topográfico oficial**

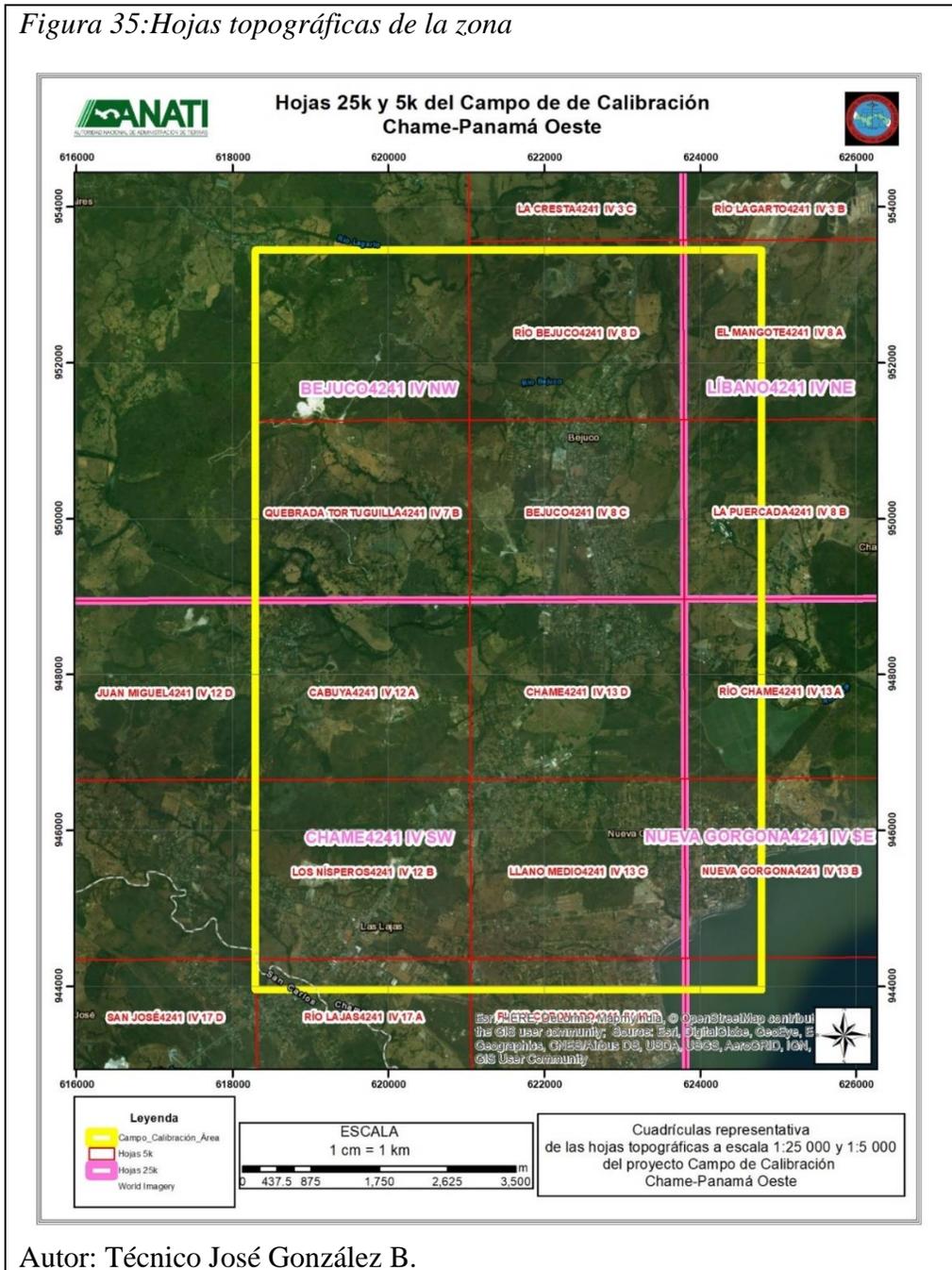
Se utilizó el mapa a escala 1:25 000 de la zona, dicho polígono o área del Campo de Calibración correspondía a los mapas con los siguientes nombres y número:

- a. LÍBANO 4241 IV NE
- b. BEJUCO 4241 IV NW
- c. NUEVA GORGONA 4241 IV SE
- d. CHAME 4241 IV SW

También se utilizó ortofotoimagen a escala 1:5 000 correspondiente al área del proyecto

Dichos mapas son los más actualizados del momento y están disponibles en el Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”.

Figura 35: Hojas topográficas de la zona



### 5.3.2 Modelo Digital del Terreno

Se dispuso de dos Modelos Digitales del Terreno, con resolución de 2.5 m y 5 m respectivamente.

Con esto se pudo conocer las diferentes alturas del terreno, dato importante para calcular su altura promedio.

Este Modelo Digital del Terreno es disponible en el Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”.

### 5.3.3 Aeropuerto

El aeropuerto escogido para hacer despegue y aterrizaje con todo el equipo de fotografía aérea fue el Aeropuerto Marcos A. Gelaberth ubicado en Albrook. Como segunda opción y, según la necesidad requerida, se dispuso también del aeropuerto del Distrito de Chame, ubicado en el centro del distrito

### 5.3.4 Software especial para la planificación

Para el desarrollo de la planificación y ejecución del vuelo fotogramétrico se contó con el software especial llamado AeroTopol .

Se puede señalar que dicho plan de vuelo fotogramétrico puede ser realizado también con otro software especializado para tal fin y que se encuentre disponible.

También se contó con el software Google Earth de manera gratuita.

Otros softwares utilizados fueron ArcGIS (ArcMap, ArcCatalog).

*Figura 36: Principales softwares utilizados para la planificación de vuelos*



Autor: Técnico José González B.

### **5.3.5 Resolución requerida**

Es necesario recordar que por ser una planificación de vuelo fotogramétrico para calibración de cámara fotogramétrica se tendrá que tomar en cuenta la necesidad de capturar dos resoluciones de imágenes, cada una con alturas diferentes.

Las resoluciones exigidas para este trabajo son las siguientes:

- 1) Imagen con resolución espacial de 15 a 20 cm aproximadamente
- 2) Imagen con resolución espacial de 30 a 35 cm aproximadamente

Tomando esto en consideración, se puede decir que es necesario tomar dos vuelos a distintas alturas.

### **5.3.6 Traslape o recubriendo**

El traslapes definido fue de:

- 70% en sentido longitudinal a la línea de vuelo
- 50% en sentido lateral a la línea de vuelo

### **5.3.7 Sentido o dirección de las líneas de vuelo**

Se tomó muy encuentra el sentido de vuelo que más convenga para el vuelo, estableciéndose de la siguiente manera:

- ✓ De Norte a Sur
- ✓ De Sur a Norte

Y dos líneas anexas para amarre del bloque completo en sentido

- ✓ Este a Oeste
- ✓ Oeste a Este

### **5.3.8 Característica general de la cámara fotogramétrica**

De la gran variedad de cámaras de gran formato en el mercado se escogió la cámara fotogramétrica Vexcel Ultracam D.

- ➔ Pixel en X = 7500
- ➔ Pixel en Y = 11500
- ➔ CCD = 9  $\mu$
- ➔ Distancia focal = 100 mm

### **5.3.9 Área del Campo de Calibración**

El área en la cual será establecido el Campo de Calibración tiene una medida aproximada de 6.5 km en sentido este-oeste x 9.5 km en sentido norte-sur.

Según las medidas en cuanto al área para un Campo de Calibración se exageró un par de kilómetros, por lo que posteriormente se puede seleccionar un área más específica.

## **5.4. Resultados**

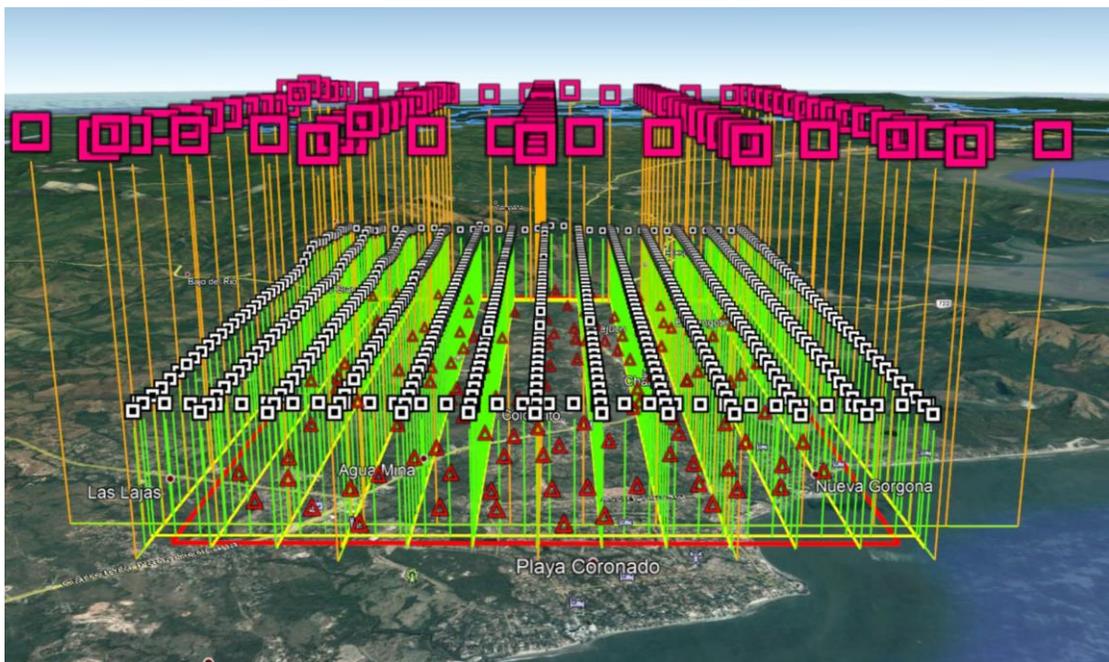
### **5.4.1 Vuelo Alto**

- Altura promedio 100 m
- Altitud 10936 pies
- 7 líneas de vuelo
- 80 fotos
- Resolución 30 cm

### **5.4.2 Vuelo Bajo**

- Altura promedio 100 m
- Altitud 3645 pies
- 15 línea
- 572 fotos
- Resolución 15 cm

*Figura 37: Vuelo Alto, Vuelo Bajo, Puntos de Control y aproximación de coordenadas de fotos*



Autor: Técnico José González B.

#### **5.4.3 Datos a entregar para la calibración de la cámara fotogramétrica**

Estos datos son los que al finalizar el proyecto son requeridos para la respectiva calibración de la cámara. Hay que recordar que todos los datos componen o hacen una cadena en el proceso fotogramétrico por lo cual es importante que todos, sin excepción de alguno, sean entregados en un solo grupo.

Estos datos son los siguientes:

- a.** Imágenes en formato Tiff o en otro que cumpla con los requerimientos del fabricante
- b.** Datos del proyecto en formato digital
- c.** Coordenadas y reseñas de los Puntos de Control
- d.** Datos brutos GPS/IMU y lever arms GPS/IMU
- e.** Datos GPS/IMU procesadas
- f.** Informe de la misión de cada vuelo (duración, tiempo, calidad, condiciones atmosféricas, otras)

Actualmente en fotogrametría se habla de métodos directos o georreferenciación directa que la mayoría de cámaras fotogramétricas traen integradas a su sistema y que permiten la captura de datos X, Y, Z, al igual que el IMU (Sistema Inercial de Medida). Según diversos estudios realizados, se puede estimar aproximadamente que para un tamaño de píxel de aproximadamente 20 cm o 30 cm no sería necesario utilizar puntos de apoyo en el terreno ya que la precisión del sistema GPS/INS nos garantiza esa precisión. Sin embargo, por tratarse de un Campo de Calibración y para tratar de disminuir la cantidad de errores al momento de los procesos fotogramétricos, es necesario contar con los puntos de control, punto de apoyo fotogramétrico o punto foto-identificable.

## CONCLUSIONES

La fotogrametría se encuentra hoy totalmente ligada a disciplinas, entornos y sistemas digitales que permiten la máxima automatización de las tareas que tradicionalmente venía utilizando el operador fotogramétrico.

Este desarrollo espectacular de la fotogrametría (digital) está íntimamente ligado a la rápida y constante evolución de la microelectrónica, los semiconductores (CCD, CMOS), al incremento de la potencia de los ordenadores personales y a la aparición de softwares especializado de tratamiento digital de imágenes.

Esto hace, por un lado, que su uso sea cada vez más abierto y extendido en la sociedad, y por otro, que esta disciplina pueda avanzar y ser desarrollada no sólo por organismos oficiales y grandes firmas comerciales, sino por pequeños grupos especializados.

Con la aplicación de la fotogrametría digital las posibilidades de explotación de las imágenes se amplían y se simplifican permitiendo, por ejemplo, la generación automática de modelos digitales del terreno (MDT), de modelos digitales de superficie (MDS), de ortoimágenes, la generación y visualización de fotomodelos tridimensionales, la extracción automática de entidades y elementos cartográficos (carreteras, edificios,...), la captura y visualización de fenómenos dinámicos, etc.

Hoy, la fotogrametría es combinada junto a otras técnicas y nuevas tecnologías trascendiendo los límites de su principal producto. Ella no solo va más allá del simple hecho de generar una orto-fotografía, sino que aprovecha el auge y desarrollo de las tecnologías, de los sensores remotos aplicados en teledetección (que en combinación armoniza, describe y genera los detalles que se ubican sobre la tierra o fuera de la tierra).

Por ende, cada profesor, cada estudiante, cada institución pública o privada debería enriquecer y actualizar los conocimientos en cuanto a las nuevas aplicaciones que expertos a nivel internacional está desarrollando en estas disciplinas

## RECOMENDACIONES

1. Incentivar a todos los estudiantes involucrados en este tema, especialmente a los de la Licenciatura en Cartografía de nuestro país, la obligatoriedad y responsabilidad de conocer los aspectos más comunes en la aplicación de la técnica de la fotogrametría.
2. Culminar todo los pasos y procesos tanto teóricos como práctico que convergen en este proyecto del Campo de Calibración.
3. Hacer uso del área geográfica donde se desarrolló esta tesis para prácticas académicas.
4. Actualizar este documento, de ser necesario, ya que las técnicas y herramientas, pueden variar con el rápido desarrollo de las tecnologías.

## INFOGRAFÍA

<http://ignpanama.anati.gob.pa/>

<https://www.ipgh.org/quienes-somos.html>

<http://www3.inecol.edu.mx/maduver/index.php/cambio-climatico/1-que-es-el-clima.html>

<https://computerhoy.com/video/origen-primera-fotografia-historia-30675>

<http://www.topoequipos.com/dem/que-es/que-es/que-es>

<https://es.scribd.com/doc/75635000/Camaras-Fotogrametricas>

<https://geoingenieria.net>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Saint-Loup-de-Varennes>

<https://es.wikipedia.org/wiki/París>

<http://bdigital.binal.ac.pa/bdp/older/geografiapa-2.pdf>

<http://www.gtbi.net/>

<http://www.gtbi.net/ultracam-eagle/>

<http://www.vexcel-imaging.com/ultracam-condor/>

<https://www.ign.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/ESPECIFICACIONES-TECNICAS-PARA-POSICIONAMIENTO.pdf>

## ANEXOS

### **Aportes y experiencias como estudiante y técnico en el Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”**

#### **1. Planificación de vuelo y toma de fotografía aérea para la Jornada Mundial de la Juventud (JMJ) 2019**

La Jornada Mundial de la Juventud (JMJ), 2019 es un evento internacional, en que miles de personas de todas partes del mundo se reunirían en nuestro País para compartir conocimientos religiosos, festivos y culturales, entre otras cosas.

Dicho evento, requiere de un estudio previo y un análisis eficaz de la geografía donde va a desarrollarse, para de este modo poder ofrecer una seguridad garantizada. Esta seguridad que puede analizarse previamente con el apoyo de fotografías aéreas y conociendo los sitios aproximados o específicos.

Algunos sitios considerados se pueden mencionar: La Cinta Costera 1, 2 y 3, Parque Omar, Clayton, Estadio Rommel Fernández, Howard, Albrook Mall, Aeropuerto Marcos A. Gelaberth.

Para la ejecución de estas series de planes de vuelos fue necesario contar con la autorización de la Autoridad de Aeronáutica Civil, El Palacio de las Garzas, El Servicio de Protección Institucional, Copa Airlines.

También vale la pena destacar que para este caso se utilizó una cámara fotográfica común, pero con ciertas ventajas que cumplía con los requisitos para identificar, analizar y digitalizar (Canon EOS 5Ds).

**Nombre del proyecto: Cinta Costera 1, 2 y 3**

- **Cámara=Canon EOS 5Ds**
  
- **Área aproximada=33 km<sup>2</sup>**
  
- **Altitud aproximada=5 000 pies**
  
- **Institución encargada: IGNTG**
  
  
- **Departamento:** Fotogrametría y Teledetección
  
  
- **Técnicos:**
  1. Ariel Agrazal - Jefe del Departamento de Fotogrametría y Teledetección
  2. Cesar Aguilar - Piloto
  3. José González - Planificación de vuelo y operador de cámara (Sub-Jefe)
  4. Luis Armuelles – aviador
  
  
- **Tiempo de vuelo:** el tiempo de vuelo fue un factor muy importante a considerar ya que existieron muchos factores adversos que dificultaron la realización completa del proyecto. Fue necesario hacer un aproximado de 4 Días de vuelos cada uno con diferentes alturas y líneas de vuelos diferentes. Esta planificación la exigía el personal encargado de la JMJ.
  
  
- **Total de imágenes aproximadas:** 150, en ambas escalas de vuelos.

Figura 38: Mapa de Plan de Vuelo para la JMJ 2019

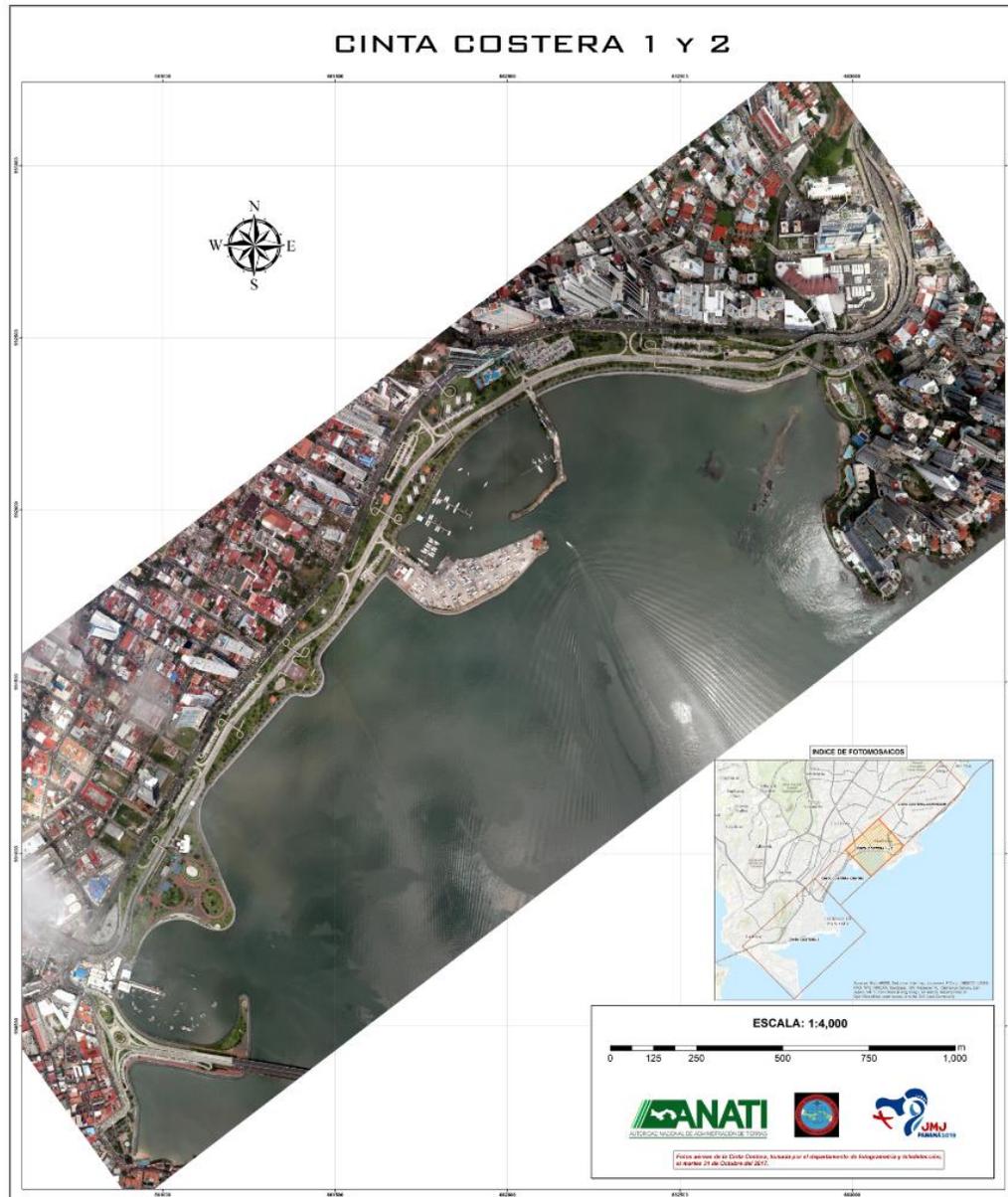


Autor: Técnico José González B.

## Productos alcanzados

Foto-mosaico del área de la Cinta Costera de la fase 1 y fase 2, a partir de imágenes tomada a una altura aproximada de 5 000 pies.

Figura 39:Foto-mosaico de la Cinta Costera 1 y 2



Autor: Técnico José González B.

Figura 40:Foto-mosaico de la Cinta Costera 3





Autor: Técnico José González B.

## **2. Creación de Base de Datos Geográficas para las coordenadas céntricas de fotos análogas**

Creación de base de datos geográficas de centros aproximados de fotografías aéreas análogas, sobre hojas topográficas a escala 1:50 000, escaneo, georreferenciación de hojas topográficas a escala a1: 50 000 y vectorización de centros aproximados de fotografías aéreas análogas.

### **Objetivos:**

- ✓ Transformar las hojas topográficas, escala 1: 50 000 impresas, a digital mediante el escaneado fotogramétrico de la misma.
- ✓ Ubicar espacialmente, mediante la georreferenciación, las hojas topográficas, escala 1: 50 000 que sean escaneadas.
- ✓ Crear una base de datos geográficos, donde se ubiquen todos los centros aproximados de fotos análogas.
- ✓ Enriquecer con datos alfanuméricos, las diferentes tablas de atributos de las BDG.
- ✓ Divulgar dicho proyecto o para que hagan uso del mismo quienes lo necesiten.

## **DESARROLLO**

Para desarrollar este proyecto se debieron seguir algunos pasos y técnicas básicas en uso y manejo de Datos Geográficos, ya que usamos la herramienta de ArcGIS (ArcMAP, ArcCatalog).

Dichos pasos o procedimientos a seguir fueron los siguientes:

### **3. Ploteo de los centros aproximados de fotografía aérea análoga**

Mediante la fotointerpretación se abra de encontrar los centros aproximados de cada fotografía análoga, visualizadas mediante rollos de películas fotográficas, fotografía escaneada o impresa.

Al tener el o los centros aproximados de cada fotografía aérea análoga, se procedió a dibujarlo manualmente sobre los mapas impresos, correspondiente al sitio geográfico, tomando en consideración los detalles geográficos.

Con todos los centros aproximados de fotografías análogas, dibujados en cada mapa topográfico, lo siguiente fue llevarlo a digital.

#### **Escaneado:**

Para convertirlo en digital se procedió a escanear cada hoja topográfica y con las resoluciones recomendables. Posteriormente se guardó en un formato adecuado que nuestro caso fue el formato Tiff.

Al culminar de escanear todas las hojas topográficas, ya se podía contar con estas en digital. Esto permitiría manipularlas mejor y rápidamente en cada computadora.

### **Georreferenciación:**

En este procedimiento lo que se buscaba era darle ubicación espacial a cada hoja topográfica escaneada, para reconocer los centros aproximados de cada fotografía análoga, que previamente se habían marcados.

Se tomó en cuenta la precisión de georreferenciación, que en este caso y de acuerdo al estado de deterioro en que se encontraba las hojas topográficas escaneadas no debería, sobrepasar los 20 m.

Hay que tener en cuenta que el error de precisión de georreferenciación no era estrictamente, ya que tanto el centro exacto de cada foto era variable, debido a circunstancias como la escala y que la idea era ubicar cada fotografía en el área correspondiente.

Ya teniendo la hoja topográfica georreferenciada, se procedió a la captura de cada centro aproximado de cada fotografía análoga, que habían sido marcadas manualmente.

### **Vectorización**

Captura de centro aproximado de fotografía aérea análoga

Para esto se tuvo que crear previamente una base de dato geográfico (BDG), haciendo uso de ArcGIS. En esta base de datos geográficos, se crearon diferentes capas o layer, categorías y sus diferentes campos alfanuméricos que deberían ser llenados a la hora de la Vectorización de cada centro aproximado de fotografía aérea análoga.

Junto a cada centro de foto, especialmente, se pueden encontrar datos como: fecha de toma de la fotografía, nombre del proyecto con la cual se ejecutó, escala, modelo de cámara, línea de vuelo, numero de vuelo, y otra cosa más que en el futuro queramos anexar...como lo es la división político administrativa correspondiente

### **Divulgación**

Una vez terminada la tarea de Vectorización de los centros aproximados de cada fotografía aérea análoga se podrá disponer de estos datos para, de manera rápida consultar la disponibilidad de fotografías aéreas análogas en cualquier sitio del territorio nacional.

También esta BDG se podría traspasar a otro departamento según su disposición de accesibilidad y necesidad para dar respuesta rápida a interrogantes comunes.

De igual manera y de acuerdo a políticas del IGNTG, se podría estudiar la disponibilidad de hacer accesible estos datos en la página web de la institución.

#### **4. Ordenamiento e inventariado de fotografías aéreas análogas de vuelos fotogramétricos realizados en el Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”.**

Al pasar de los años el IGTNG ha contado con múltiples cámaras fotogramétricas, que ha brindado un apoyo fiel a los diferentes tipos de proyectos fotogramétricos, así como herramientas de rápida y eficaz ayuda en la obtención de imágenes para resolver problemáticas y estrategias requeridas por diferentes instituciones, tanto del sector privado o público.

No obstante debemos tener en cuenta que el IGNTG ha respaldado y custodiado la mayoría de todos estos productos fotogramétricos, como lo es el insumo primordial que es la fotografía. Fotografías que la gran mayoría fueron obtenidos mediante cámaras análogas la cual demandaba un trabajo más delicado, profundo y riguroso: el revelado, escaneado y transformación a diferente archivos.

Algunos de estos proyectos que puedo mencionar son los siguientes:

1. Autopista Árraijan-La Chorrera (IGNTG51, 1980, E 1:6 000)
2. Actualizaciones cartográficas de hojas topográficas (IGTNG79, 1992, E 1:30 000).
3. Catastral (IGNTG31, 1976, E 1:5 000)
4. Atlas de Panamá (IGNTG25, 1974, E 1: 21 000)
5. Autopista Panamá-Colón (IGNTG91, 1998, E 1:10 000)
6. Bayano (IGNTG30, 1978, E 1: 20 000)
7. Darién (DSD3, 2000, E 1:20 000)
8. MOP-Caminos (IGNTG41, 1993, E 1:30 000)
9. Canal de Panamá (IGNTG24, 1981, E 1: 9 000)
10. Carreteras (IGNTG13, 1972, E 1:20 000)
11. Ciudad de Panamá (IGNTG66, 1970, E 1: 10 000)
12. Concentración (IGNTG-RR33, 1987, E 1:8 000)
13. Corredor Norte (IGNTG78, 1992, E 1:10 000)
14. Cuenca del Canal (IGNTG-E-4, 1984, 1:40 000)

15. Sarigua (IGNTG72, 1986, 1:4 000)
16. Ampliación Transístmica (IGNTG58, 1983, E 1:6 000)
17. Frontera (IGNTG87, 1996, E 1:5 000)
18. Hidroeléctrica Fortuna (IGNTG 73, 1987, E 1:20 000)
19. IDAAN (IGNTG14, 1971, E 1:2 800)
20. IDIAP (IGNTG64, 1995, E 1:20 000)
21. Ingenio La Victoria (IGNTG22, 1974, E 1:10 000)
22. La Joya (IGNTG82, 1996, E 1: 10 000)
23. Minero Sur de Veraguas (IGNTG79, 1993, 1:30 000)
24. MIVI (IGNTG78, 1992, E 1:5 000)
25. Oleoducto (IGNTG53, 1981, E 1: 10 000)
26. Operación Candela (IGNTG67, 1986, E 1:30 000)
27. Playas Turísticas (IGNTG81, 1992, E 1: 10 000)

**Otros Proyectos realizados, pero esta vez utilizando cámaras digitales se pueden mencionar:**

1. Actualización cartográficas de las ciudades de Panamá Oeste, Panamá y Colón, (2008, E 1: 1 000)
2. Proyecto de la Cartografía Oficial Base de Panamá (2012-2013, 1: 5 000)
3. Proyecto Metro línea 1