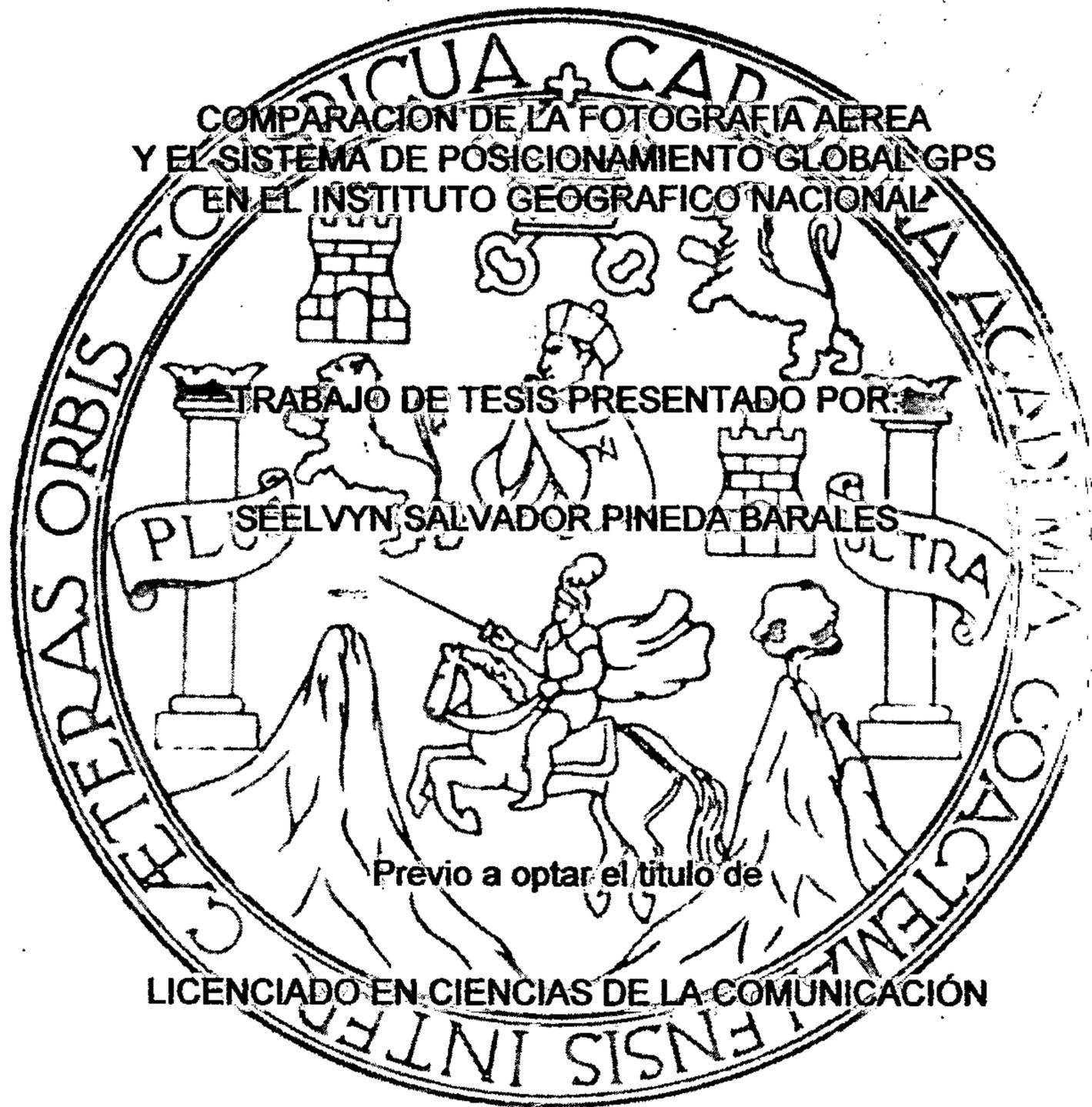


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN



GUATEMALA, FEBRERO DE 2004

14 D. L.  
T(441)

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
BIBLIOTECA CENTRAL

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN**

**DIRECTOR:**

**Lic. Gustavo Bracamonte**

**COMISION DIRECTIVA PARITARIA:**

**Representantes Docentes:**

**Lic. Sergio Morataya**

**Lic. Víctor Carillas**

**Lic. Marcel Arévalo**

**Representantes Estudiantiles:**

**Julio Ochoa**

**Julio Pivaral**

**Walter Orozco**

**Secretaria:**

**Licda. Miriam Yucuté**

**TRIBUNAL EXAMINADOR:**

**Lic. Marco Antonio Pineda (Presidente)**

**Lic. Armando Sipac (Revisor)**

**Lic. Julio Moreno (Revisor)**

**Lic. Ismael Avendaño (Titular)**

**Licda. Silvia Búcaro (Titular)**

**Lic. Mario Tojé (Suplente)**



Escuela de Ciencias de la Comunicación  
Universidad de San Carlos de Guatemala

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
BIBLIOTECA CENTRAL

Guatemala, 05 de noviembre de 2003  
ECC-1288-03

Señor (a)(ita)  
Seelvyn Salvador Pineda Barales  
Esc. Ciencias de la Comunicación

Estimado (a) señor (a)(ita):

Para su conocimiento y efectos, me permito transcribir lo acordado por El Consejo Directivo, en el Inciso 7.1. del Punto SEPTIMO, del Acta No. 29-03 de sesión celebrada el 03-11-03.

“SEPTIMO:...7.1... El Consejo Directivo, con base en el dictamen favorable y lo preceptuado en la Norma Séptima de las Normas Generales Provisionales para la Elaboración de Tesis y Examen Final de Graduación vigente, ACUERDA: 1) Nombrar a los profesionales Lic. Marco Antonio Pineda (presidente), Lic. Armando Sipac, Lic. Julio Moreno, para que integren el Comité de Tesis que habrá de analizar el trabajo de tesis del (a) estudiante SEELVYN SALVADOR PINEDA BARALES, Carné No. 8615906, cuyo título es: **COMPARACION DE LA FOTOGRAFIA AEREA Y EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL “GPS” EN EL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL.** 2) El comité contará con quince días calendario a partir de la fecha de recepción del proyecto, para dictaminar acerca del trabajo.”

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Lic. Elpidio Guillén  
Secretario



EG/kdp

*Por una Escuela con luz propia*



Escuela de Ciencias de la Comunicación  
Universidad de San Carlos de Guatemala

DICTÁMEN TERNA REVISORA DE TESIS

Guatemala, 21 de noviembre de 2003

Señores,  
Comisión Directiva Paritaria,  
Escuela de Ciencias de la Comunicación,  
Edificio.

Distinguidos Señores:

Por este medio informamos a ustedes que el (la) estudiante  
SEELVYN SALVADOR PINEDA BARALES  
Carné 8615906 ha realizado las correcciones y recomendaciones a su  
trabajo de tesis COMPARACION DE LA FOTOGRAFIA AEREA Y EL SISTEMA  
DE POSICIONAMIENTO GLOBAL "GPS" EN EL INSTITUTO GEOGRAFICO  
NACIONAL

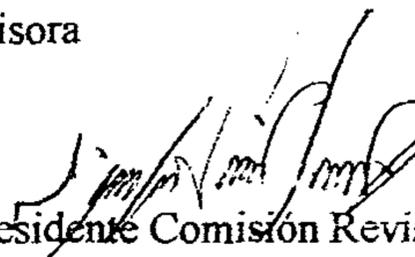
En virtud de lo anterior se emite DICTAMEN FAVORABLE a efecto de que pueda  
continuar con el trámite correspondiente.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Miembro Comisión Revisora  
Lic. Armando Sipac

  
Miembro Comisión Revisora  
Lic. Julio Moreno

  
Presidente Comisión Revisora  
Lic. Marco Antonio Pineda

**POR UNA ESCUELA CON LUZ PROPIA**



Escuela de Ciencias de la Comunicación  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala, 30 de enero de 2004  
ECC-147-04

Señor (a)(ita)  
Seelvyn Salvador Pineda Barales  
Esc. Ciencias de la Comunicación

Estimado (a) Señor (a)(ita):

Para su conocimiento y efectos me permito transcribir lo acordado por El Consejo Directivo, en el Inciso 7.3 del Punto SEPTIMO del Acta No.04-04 de sesión celebrada el 26-01-04.

“SEPTIMO:...7.3... El Consejo Directivo ACUERDA: a) Aprobar el trabajo de tesis titulado: **COMPARACION DE LA FOTOGRAFIA AEREA Y EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL “GPS” EN EL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL** presentado por el (la) estudiante **SEELVYN SALVADOR PINEDA BARALES**, Carné No. 8615906, con base en el dictamen favorable del comité de tesis nombrado para el efecto; b) Se autoriza la impresión de dicho trabajo de tesis; c) se nombra a los profesionales: Lic. Ismael Avendaño y Licda. Silvia Búcaro, (titulares) Lic. Mario Tojé (suplente), para que con los miembros del Comité de Tesis, Lic. Marco Antonio Pineda (Presidente), Lic. Armando Sipac, Lic. Julio Moreno, para que integren el Tribunal Examinador y d) Se autoriza a la Dirección de la Escuela para que fije la fecha del examen de graduación.”

Atentamente,

“D Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Licda. Miriam Yucité  
Secretaria

MY/kdp

*Por una Escuela con luz propia*



Escuela de Ciencias de la Comunicación  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala, 27 de agosto de 2003  
ECC-835-03

Señor (a)(ita)  
Selvyn Salvador Pineda Barales  
Esc. Ciencias de la Comunicación

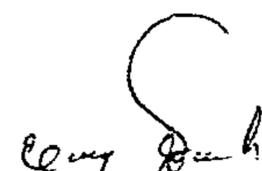
Estimado(a) señor (a)(ita):

Para su conocimiento y efectos me permito transcribir lo acordado por Comisión Directiva Paritaria, en el Inciso 8.1 del Punto OCTAVO, del Acta No. 18-03, de sesión celebrada el 18-08-03.

"OCTAVO:...8.1... Comisión Directiva Paritaria, ACUERDA a) Aprobar al (la) estudiante, SELVYN SALVADOR PINEDA BARALES, Carné No. 8615906, el trabajo de tesis: ANALISIS COMPARATIVO DE LA FOTOGRAFIA AEREA Y EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) EN EL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. b) Nombrar como asesor(a) al (la) Lic. Marco Antonio Pineda."

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Lic. Elpidio Guillén  
Secretario



EG/kdp

*Por una Escuela con luz propia*

A Dios: Supremo creador del Universo

A mis Padres: Jose Antonio Pineda Hernández (+)  
Maria Estela Barales vda. De Pineda

A mi esposa: Ana Maria Valenzuela de Pineda

A mis hijos: Selvyn Rodrigo Pineda Valenzuela  
Selvyn Ernesto Pineda Valenzuela

A mis hermanos: José Antonio, Mayra Lavinia, Jorge Lenin y Adda Bethzaida.

A mi Abuelita: Maria de la Luz Barales

Recuerdo inmemorable a mis familiares: Lorenza Flores, Delfina Barales,  
Vitalina Barales, Rodrigo Barales, Deciderio Barales,  
Celedonio Barales.

A todos mis familiares. Con mucho cariño.

A todas aquellas personas que colaboraron en la elaboración de mi tesis:

    Mi sincero agradecimiento

A la gloriosa Tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala.

    Por haberme abierto sus puertas y nutrido con sus sabios  
    conocimientos.

A la Escuela de Ciencias de la Comunicación:

    Forjadora de hombres al servicio del pueblo de Guatemala.

## INDICE.

Contenido	Pagina
Introducción	1
<b>CAPITULO 1.</b>	
1. Conceptos Básicos de Fotografía.	3
1.1. La fotografía	3
1.2. Principios básicos	3
1.3. Película fotográfica	4
1.3.1. Película de color	5
1.3.2. Formatos de película y de cámara	6
1.3.3. Velocidad de la película	6
1.3.4. Exposición	7
1.4. La cámara y sus accesorios	8
1.4.1. Control de exposición	9
1.4.2. Tipos de cámaras	10
1.4.2.1. Cámaras técnicas	11
1.4.2.2. Cámaras de visor directo	11
1.4.2.3. Cámaras Reflex	11
1.4.2.4. Comparaciones entre tipos de cámaras	12
1.4.3. Objetivos	13
1.4.4. Fuentes de luz artificial	14
1.4.5. Fotómetros o Exposímetros	15
1.4.6. Filtros	15
1.5. Revelado y positivado	15
1.6. Últimos avances tecnológicos	17
1.7. Técnicas especiales	18
1.7.1. Fotografía Aérea	18
1.7.2. Fotografía Submarina	19
1.7.3. Fotografía Científica	19
1.7.4. Fotografía Astronómica	20

## CAPITULO 2

2.	Fotografía Aérea Convencional	21
2.1	Plan de vuelo	21
2.2	Aeroplanos Fotográficos	22
2.3.	Tipos de cámaras fotográficas usadas en aviación	24
2.4.	Tipos de películas usadas en fotografías aéreas	26
2.4.1.	Contraste de película	27
2.4.2.	Sensibilidad especial al color	27
2.4.3.	Potencia de resolución de películas	27
2.5.	Diferentes tipos de papel fotográficos	28
2.5.1.	Velocidad	28
2.5.2.	Contraste de papel	28
2.5.2.1.	Desarrollo del papel	28
2.5.2.2.	Contraste inherente	29
2.5.2.3.	Bases de los papeles	29
2.6.	Químicos fotográficos usados para hacer fotos aéreas	30
2.7.	Diferentes tipos de fotografías aéreas	30
2.7.1.	Primera división de fotografías	31
2.7.2.	Segunda división de fotografías	34
2.7.3.	Tercera división de fotografías	35
2.7.4.	Cuarta división de fotografías	37
2.7.5.	Quinta división de fotografías	39
2.8.	Ciencias involucradas en la fabricación de un mapa	40
2.9.	Ciencias que se benefician con la fotografía aérea	41

## CAPITULO 3

3.	Sistema de Posicionamiento Global GPS.	42
3.1.	Orígenes	43
3.1.1.	Definición del Sistema de Posicionamiento Global GPS	46
3.2.	Funcionamiento del sistema GPS	47
3.2.1.	La base del GPS es la triangulación de satélites	47
3.3.	Problemas en los satélites	50
3.4.	Estructura del Sistema de Posicionamiento Global	52
3.4.1.	Segmento del espacio	53
3.4.2.	El segmento de Control	55
3.4.3.	El segmento del usuario	56
3.5.	Clases de servicio que proporciona el sistema GPS	57

<b>CAPITULO 4..</b>	<b>59</b>
4. Ciencias que están ligadas a la fotografía aérea	59
4.1. Cartografía	59
4.1.1. Diferentes tipos de mapas	60
4.1.2. La nueva Cartografía	62
4.1.3. Sistemas de información Geográfica	63
4.2. Geodesia	65
4.2.1. Instrumentos de medida	66
4.2.2. Medidas en el plano	67
4.2.3. Levantamiento Geodésico	68
4.2.4. Levantamientos Catastrales	68
4.2.5. Levantamientos Topográficos	69
4.2.6. Levantamientos de planos	69
4.2.7. Levantamientos Cartográficos y Cartografía	70
4.2.8. Levantamientos de planos de minas	70
Conclusiones	71
Recomendaciones	75
Bibliografía	76

## INDICE FOTOGRAFICO

Número de imagen	Nombre	Pagina
1	Avión del IGN	22
2	Cámara tipo T-3 A	23
3	Cámara de acción continua	24
4	Fotografía vertical	31
5	Fotografía oblicua	32
6	GPS Navstar	41
7	Estructura del GPS	53
8	Segmento de control	59

## Introducción:

Este trabajo, proporciona un informe general de la fotografía y de los dos tipos de fotografía aérea, como lo son: la fotografía aérea convencional y el sistema de posicionamiento global GPS, los cuales son comúnmente utilizados en nuestro país. La primera fase se inicia con la definición de la fotografía en general. La segunda se centra en la descripción de la historia, procedimientos y utilidades de la fotografía aérea convencional.

La tercera describe la historia, procedimientos y usos del sistema de posicionamiento global GPS. En la cuarta fase, se realizó una descripción de los usos y aplicaciones de estos dos tipos de fotografía, aplicadas a la Geodesia y a la Cartografía. Por último, se efectuó una comparación desde el punto de vista práctico y funcional de estos dos sistemas.

El período comprendido entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX, se caracterizó principalmente por la importancia en el avance de la ciencia humana. Los notables descubrimientos y adelantos tecnológicos que tuvieron lugar en este período, han llegado a beneficiar la calidad de vida y la comodidad del ser humano.

Dentro de estos avances tecnológicos, se ubica en un lugar preponderante el "sistema de fotografía aérea". Donde se utiliza un avión, para tomar fotografías y así procesar la información cartográfica, para uso militar y civil.

Otro de los avances, en lo que a la fotografía aérea se refiere, se da a finales del siglo XX, específicamente en la década de los 70s y 80s, siendo este: "El sistema de posicionamiento global" (GPS) por sus siglas en inglés, el cual involucra una serie de dispositivos eléctricos, electrónicos e informáticos, que al integrarse como sistema, vinieron a cambiar técnica de hacer la fotografía aérea convencional.

Es evidente la importancia que los dos tipos de fotografía aérea tienen para nuestro país y el resto de naciones, ya que éstas registran los cambios topográficos del terreno, pueden prevenir desastres y viabilizar la construcción de carreteras, puentes y asentamientos de nuevas comunidades, entre otros.

## CAPITULO I

### 1. CONCEPTOS BÁSICOS DE FOTOGRAFÍA

#### 1.1. LA FOTOGRAFÍA

Se define la fotografía como el "procedimiento por el cual se consiguen imágenes permanentes sobre superficies sensibilizadas por medio de la acción fotoquímica de la luz o de otras formas de energía radiante<sup>1º</sup>".

En la sociedad actual, la fotografía desempeña un papel importante como medio de información, como instrumento de la ciencia y la tecnología, como una forma de arte y una afición popular. Es imprescindible en los negocios, la industria, la publicidad, el periodismo gráfico y en muchas otras actividades. La ciencia que estudia desde el espacio exterior hasta el mundo de las partículas subatómicas, se apoya en gran medida en la fotografía.

En el siglo XIX la fotografía era del dominio exclusivo de unos pocos profesionales, ya que se requerían grandes cámaras y placas fotográficas de cristal. Sin embargo, durante las primeras décadas del siglo XX, con la introducción de la película y la cámara portátil, se puso al alcance del público en general. En la actualidad, la industria ofrece una gran variedad de cámaras y accesorios para uso de fotógrafos aficionados y profesionales.

#### 1.2. PRINCIPIOS BÁSICOS

La luz es el componente esencial en la fotografía, que en casi todas sus formas se basa en las propiedades fotosensibles de los cristales de haluros de plata, compuestos químicos de plata y halógenos (bromuro, cloruro y yoduro). Cuando la película fotográfica, que consiste en una emulsión (capa fina de gelatina) y una base de acetato transparente de celulosa o de poliéster, se expone a la luz, los cristales de haluros de plata suspendidos en la emulsión, experimentan cambios químicos para formar lo que se conoce como imagen

---

<sup>1</sup> Diccionario Larousse.

latente de la película. Al procesar ésta, con una sustancia química llamada revelador, se aglutinan partículas de plata en las zonas expuestas a la luz.

Cuanto más intensa es la exposición, mayor número de partículas se aglutinarán. La imagen que resulta de este proceso se llama negativo, porque los valores de los tonos del objeto fotografiado se invierten, es decir, que las zonas de la escena que estaban relativamente oscuras aparecen claras y las que estaban claras aparecen oscuras. Los valores de los tonos del negativo se vuelven a invertir en el proceso de positivado, o con las diapositivas en un segundo proceso de revelado.

La fotografía, se basa por lo tanto, en principios físicos y químicos. Los principios físicos se rigen por la óptica, es decir, la física de la luz. El término genérico luz, se refiere a la parte visible del espectro electromagnético, que incluye además ondas de radio, rayos gamma, rayos X, infrarrojos y ultravioletas. El ojo humano solamente percibe una estrecha banda de longitudes de onda, el espectro visible. Este espectro comprende toda la gama de colores. La mayor longitud de onda visible corresponde al rojo y la menor al azul.

### **1.3. PELÍCULA FOTOGRAFICA**

Las películas fotográficas varían en función de su reacción a las diferentes longitudes de onda de la luz visible:

A) Las primeras películas en blanco y negro eran sólo sensibles a las longitudes de onda más cortas del espectro visible, es decir, a la luz percibida como azul. Más tarde se añadieron tintes de color a la emulsión de la película para conseguir que los haluros de plata fueran sensibles a la luz de otras longitudes de onda. Estos tintes absorben la luz de su propio color.

B) La película ortocromática supuso la primera mejora de la película de sensibilidad azul, ya que incorporaba tintes amarillos a la emulsión, que eran sensibles a todas las longitudes de onda excepto a la roja.

C) La película pancromática, que fue el siguiente gran paso, se le añadieron en la emulsión tintes de tonos rojos, por lo que resultó sensible a todas las longitudes de ondas visibles. Aunque ligeramente menos sensible a los tonos

verdes que la ortocromática, reproduce mejor toda la gama de colores. Por eso, la mayoría de las películas que usan los aficionados y profesionales en la actualidad son pancromáticas.

D) La película de línea y la cromógena son dos variedades adicionales de la de blanco y negro, tienen unas aplicaciones especiales. La primera se usa básicamente en artes gráficas para la reproducción de originales en línea. Este tipo de película de alto contraste consigue blancos y negros puros, casi sin grises. La película instantánea, lanzada por la empresa Polaroid a finales de la década de 1940, permitió conseguir fotografías a los pocos segundos o minutos de disparar con cámaras diseñadas con ese fin específico.

En la película instantánea, la emulsión y los productos químicos de revelado se combinan en el paquete de película o en la propia foto. La exposición, revelado e impresión se produce dentro de la cámara.

### **1.3.1 PELÍCULA DE COLOR**

La película de color es más compleja que la de blanco y negro; se diseña para reproducir la gama completa de colores, además del blanco, del negro y del gris. La composición de la mayoría de las películas para diapositivas y para negativos de color se basa en el principio del proceso sustractivo del color, en donde los tres colores primarios, amarillo, magenta y cian (azul verdoso), se combinan para reproducir toda la gama de colores.

La película de color consta de tres emulsiones de haluros de plata en un solo soporte. La emulsión superior es sensible exclusivamente a la luz azul. Debajo hay un filtro amarillo que evita el paso de la luz azul, pero que transmite los verdes y los rojos a la segunda emulsión, la cual absorbe el verde pero no el rojo. La emulsión inferior es sensible al rojo.

Cuando la película se expone a la luz, se forman imágenes latentes en blanco y negro en cada una de las tres emulsiones. Durante el procesado, la acción química del revelador crea imágenes en plata metálica, al igual que en el proceso de blanco y negro. El revelador combina los copulantes de color incorporados en cada una de las emulsiones para formar imágenes con el cian, el

magenta y el amarillo. Posteriormente la película se blanquea y deja la imagen negativa en colores primarios. En la película para diapositivas en color, los cristales de haluros de plata no expuestos, que no se convierten en átomos de plata metálica durante el revelado inicial, se transforman en imágenes positivas en color durante la segunda fase del revelado. Una vez completada esta fase, la película es blanqueada y la imagen queda fijada.

### **1.3.2. FORMATOS DE PELÍCULA Y DE CÁMARA**

Los diferentes tipos de cámara requieren formas y tamaños de película adecuados. La que más se utiliza en la actualidad es la cámara de pequeño formato (35 mm) que consigue 12, 20, 24 o 36 fotografías de 24 × 36 mm, en un sólo rollo de película. Ésta se enhebra en un carrete receptor que está dentro del compartimiento estanco. La película de 35 mm también puede adquirirse en grandes rollos que se cortan a la medida deseada para cargar el carrete.

El siguiente formato de cámara estándar, de tamaño mediano, utiliza películas de 120 o 220. Con estas cámaras se consiguen imágenes de diversas medidas como 6 × 6 cm, 6 × 7 cm y 6 × 9 cm, según la configuración de la cámara. Las de gran formato utilizan hojas de película. Los formatos estándar de estas cámaras son: 4 × 5, 5 × 7 y 8 × 10 pulgadas. Las cámaras especiales de gran tamaño, de formato de hasta 20 × 24 pulgadas, son de un uso profesional muy limitado.

### **1.3.3. VELOCIDAD DE LA PELÍCULA**

Además de clasificarse por su formato, las películas también se clasifican por su velocidad. La velocidad de una película se define como el nivel de sensibilidad a la luz de la emulsión y determina el tiempo de exposición necesario para fotografiar un objeto en unas condiciones de luz dadas. El fabricante de la película asigna una clasificación numérica normalizada en la cual los números altos corresponden a las emulsiones rápidas, medios a las intermedias y los bajos

a las lentas, además los diferentes grados de sensibilidad de las películas vienen indicados en grados: comúnmente llamados ASA, ISO ó IE.

Las películas lentas se suelen clasificar desde ASA 25 hasta ASA 100, pero también las hay más lentas. Las películas con ASA de 125 a 200 se consideran de velocidad media, mientras que las que están por encima de ASA 200 se consideran rápidas. En los últimos años, los grandes fabricantes han lanzado películas ultra rápidas superiores a ASA 400. Existen ciertas películas que pueden superar estos límites como si fueran de una sensibilidad superior, lo cual se consigue al prolongar la duración de revelado para compensar la sub-exposición.

#### **1.3.4. EXPOSICIÓN**

Cada tipo de película posee un rango o latitud de exposición característico, que indica el margen de error admisible en la exposición de la película, que una vez revelada e impresa, reproduzca el color y los tonos reales de la escena fotografiada.

Los términos sobre-exposición y sub-exposición se utilizan para definir las desviaciones, intencionadas o no, de la exposición ideal. En la película expuesta por más tiempo del adecuado, las zonas que reciben demasiada luz se verán obstruidas por un exceso de plata, perderá contraste y nitidez, aumentará su grano. En cambio, la sub-exposición origina negativos débiles, en los que no se depositan suficientes cristales de plata para reproducir con detalle las zonas oscuras y de sombras.

Con las películas de latitud estrecha, una exposición adecuada para una zona en sombra, es probable que produzca una sobre-exposición de las zonas iluminadas adyacentes. Cuanto más amplia es la latitud de una película mejores fotos resultarán, a pesar de la sobre o sub-exposición.

La película para negativos, tanto de color como en blanco y negro, ofrece, por lo general, suficiente latitud para permitir al fotógrafo un cierto margen de error. La película para diapositivas en color, suele tener menos latitud.

## 1.4. LA CÁMARA Y SUS ACCESORIOS

Las cámaras fotográficas modernas funcionan con el principio básico de la cámara oscura. La luz, que penetra a través de un diminuto orificio o abertura en el interior de una caja opaca, proyecta una imagen sobre la superficie opuesta a la de la abertura. Si se le añade una lente, la imagen adquiere una mayor nitidez y la película hace posible que esta última se fije.

La cámara es el mecanismo a través del cual la película se expone de una manera controlada. Si bien existen diferencias estructurales entre ellas, todas las cámaras modernas se componen de cuatro elementos básicos: el cuerpo, el obturador, el diafragma y el objetivo (Lente).

Dentro del cuerpo se encuentra una pequeña cavidad hermética a la luz (en latín, *camera*<sup>2</sup>) donde se aloja la película para su exposición. También en el cuerpo, al otro lado de la película y detrás del objetivo, se hallan el diafragma y el obturador.

El objetivo, que se instala en la parte anterior del cuerpo, es en realidad un conjunto de lentes ópticas de cristal. Alojado en un anillo metálico, permite al fotógrafo enfocar una imagen sobre la película. El objetivo puede estar fijo o colocado en un soporte móvil. Los objetos situados a diferentes distancias de la cámara pueden enfocarse con precisión al ajustar la distancia entre el objetivo y la película fotográfica.

El diafragma, abertura circular situada detrás del objetivo, funciona en sincronía con el obturador para dejar pasar la luz a la cámara oscura. Esta abertura puede ser fija, como en muchas cámaras para aficionados, o regulable.

Los diafragmas regulables consisten en laminillas de metal o de plástico superpuestas, que cuando se separan por completo forman una abertura del mismo diámetro del objetivo, y cuando se cierran dejan un pequeño orificio detrás del centro del objetivo. Entre la máxima abertura y la mínima, la escala de diafragmas se corresponde con una clasificación numérica, llamada *f-stops*, situada en la cámara o en el objetivo.

---

<sup>2</sup> Enciclopedia Práctica de Fotografía, Selvar Editores, España, 1980.

El obturador es un dispositivo mecánico, dotado con un muelle que sólo deja pasar la luz a la cámara durante el intervalo de exposición. La mayoría de las cámaras modernas poseen obturadores de diafragma o de plano focal. Algunas cámaras antiguas para aficionados utilizan el obturador de guillotina, que consiste en una pieza con bisagra que al disparar se abre y expone la película alrededor de 1/30 de segundo.

Durante el momento de exposición el obturador de diafragma, que es un conjunto de hojas solapadas se separa para descubrir la abertura total del objetivo. El obturador de plano focal consiste en una cortinilla negra con una ranura horizontal de tamaño variable. Al disparar, la cortinilla se mueve con rapidez sobre la película, exponiéndola progresivamente a la luz a medida que la ranura se desplaza.

La mayoría de las cámaras modernas poseen algún sistema de visión o visor para permitir al fotógrafo contemplar a través del objetivo de la cámara la escena u objeto que se desea fotografiar. Las cámaras fotográficas réflex de un solo objetivo poseen esta característica y casi todas las cámaras de uso general están dotadas de algún tipo de sistema de enfoque y de algún mecanismo para desplazar la película.

#### **1.4.1. CONTROL DE EXPOSICIÓN**

Al regular la velocidad del obturador y la abertura del diafragma, el fotógrafo consigue la cantidad exacta de luz para asegurar una correcta exposición de la película. La velocidad del obturador y la abertura son directamente proporcionales: si incrementamos la velocidad del obturador en una unidad, cambiará un *f-stop*.

Al modificar en un punto la exposición se produce un cambio en la velocidad de obturación y en el diafragma, cuyo resultado será que la cantidad de luz que llegue a la película sea la misma. De esta manera, si se aumenta la velocidad del obturador, el diafragma deberá ser aumentado en la misma medida para permitir que idéntica cantidad de luz llegue a la película. Los obturadores rápidos, de 1/125 segundo o menos, pueden captar objetos en movimiento.

Además de regular la intensidad de la luz que llega a la película, la abertura del diafragma se utiliza para controlar la profundidad de campo, también llamada zona de enfoque, que es la distancia entre el punto más cercano y más lejano del sujeto, que aparecen nítidos en una posición determinada del enfoque.

Al disminuir la abertura, la profundidad de campo crece, y al aumentarla disminuye. Cuando se desea una gran profundidad de campo, es decir, la máxima nitidez de todos los puntos de la escena (desde el primer al último plano), se utiliza una abertura pequeña y una velocidad de obturación más lenta.

Como para captar el movimiento se necesita una gran velocidad de obturación, y en compensación una gran abertura, la profundidad de campo se reduce. En muchas cámaras, el anillo del objetivo tiene una escala de profundidad de campo que muestra aproximadamente la zona de enfoque que se corresponde con las diferentes aberturas.

#### **1.4.2. TIPOS DE CÁMARAS**

Existe una gran variedad de modelos y tamaños de cámaras. Las primeras, las Estenopeicas, no tenían objetivo. La cantidad de luz se controlaba al cerrar el orificio. La primera cámara de uso general, cámara de cajón, consistía en una caja de madera o de plástico con un objetivo simple y un disparador de guillotina en un extremo y en el otro un soporte para la película. Este tipo de cámara, tiene un sencillo visor por el que se ve la totalidad de la zona que va a ser fotografiada. Hay modelos con una o dos aberturas de diafragma y un mecanismo simple de enfoque.

La cámara técnica para uso de profesionales, es la más parecida a las primitivas que todavía hoy se utilizan. No obstante, a pesar de las grandes cualidades de esta cámara, la mayor parte de los profesionales y los aficionados utilizan otros modelos más versátiles, entre los que destacan la cámara réflex de dos objetivos y la de visor directo. La mayoría de las cámaras reflex y de las de visor directo funcionan con la película de 35 mm, mientras que una minoría de estas utilizan la película de formato medio, es decir, de 120 o 220 mm.

### **1.4.2. 1. CÁMARAS TÉCNICAS**

Las cámaras técnicas suelen ser más grandes y pesadas que las de formato medio y pequeño, se utilizan preferentemente para trabajos de estudio, paisajes y fotografía de obras arquitectónicas. A diferencia de las de formato pequeño, requieren películas de gran formato para conseguir negativos y diapositivas con mayor detalle y nitidez.

### **1.4.2.2. CÁMARAS DE VISOR DIRECTO**

Las cámaras de este tipo, tienen un visor a través del cual el fotógrafo ve y encuadra la escena o el objeto. Sin embargo, el visor no muestra la escena a través del objetivo, pero se aproxima bastante a lo que se retratará.

### **1.4.2.3. CÁMARAS RÉFLEX**

Están equipadas con espejos que reflejan en el visor, la escena que va a ser fotografiada. Gracias al prisma, la imagen tomada en la película es casi exacta a la que se ve a través del objetivo de la cámara, sin ningún error de paralaje. La mayor parte de las réflex, son instrumentos de precisión equipados con obturadores de plano focal. Muchas tienen mecanismos automáticos para el control de exposición y fotómetros incorporados.

La mayoría de las réflex modernas poseen obturadores electrónicos y, asimismo, la abertura puede manipularse electrónica o manualmente. Cada vez son más los fabricantes de cámaras que las hacen con enfoque automático, innovación que originariamente era para cámaras de aficionados.

Las cámaras de enfoque automático llevan componentes electrónicos y un sensor para medir automáticamente la distancia entre la cámara y el objeto, y determinar el nivel de exposición ideal. La mayoría de las cámaras de enfoque automático, lanzan un haz de luz infrarrojo o unas ondas ultrasónicas que al rebotar en el sujeto, determinan la distancia y ajustan el enfoque.

La mayoría de aficionados serios y los fotógrafos profesionales, usan cámaras de 35 mm. Réflex, de lentes intercambiables, las cuales les permiten

desarrollar toda su creatividad. Estas cámaras son muy versátiles, permiten obtener imágenes nítidas o desenfocadas, de acuerdo a los objetivos del fotógrafo, utilizando para ello la relación apertura del diafragma y la velocidad de obturación, o ambas a la vez.

La posibilidad de poder cambiar los objetivos la hace más versátil, ya que esto permite tomar fotografías con un objetivo normal, telefoto, gran angular, entre otros.

#### **1.4.2.4. COMPARACIONES ENTRE DISEÑOS**

De los dos tipos de cámaras más utilizadas, la Réflex es la más popular, tanto entre los aficionados como entre profesionales. Su gran ventaja es que la imagen que se ve por el visor es virtualmente idéntica a la que el objetivo enfoca. Además, la SLR es generalmente rápida, fácil de manejar y puede utilizarse con una mayor variedad de accesorios y objetivos intercambiables que los demás diseños.

La cámara de visor directo, inicialmente utilizada para el periodismo gráfico debido a su tamaño compacto y su fácil manejo (comparado con las enormes y lentas cámaras de 4 x 5 pulgadas empleadas por la generación anterior), ha sido reemplazada en buena parte por las réflex.

Sin embargo este tipo de cámaras de visor directo, posee, un sistema óptico más sencillo, con menos piezas móviles y menos complicadas que las réflex, además de ser más silenciosas y más livianas. Por estas razones todavía algunos fotógrafos, sobre todo profesionales, las siguen utilizando.

Algunas cámaras se diseñan para el público en general. Son fáciles de manejar y producen fotos aceptables para el fotógrafo medio. Muchas de las cámaras de aficionados de "apuntar y disparar", tienen en la actualidad, una avanzada tecnología, como enfoque manual y sistemas de control de exposición que simplifican el proceso de hacer fotos, aunque limitan el control del fotógrafo.

### 1.4.3. OBJETIVOS

El objetivo, es una parte de la cámara tan importante como el cuerpo. A los objetivos se les conoce, en términos genéricos, como gran angular, normal y teleobjetivo. Los tres términos se refieren a la distancia focal del objetivo, la cual se suele medir en milímetros.

La distancia focal se define como la magnitud que separa el centro de la lente de la imagen que se forma cuando ésta se ajusta al infinito. En la práctica, la distancia focal afecta al campo de visión, al aumento y a la profundidad de campo del objetivo.

Las cámaras que utilizan los profesionales y los aficionados más exigentes, están diseñadas para admitir los tres tipos de objetivos intercambiables. En fotografía de 35 mm, un objetivo de longitud focal entre 20 y 35 mm se considera gran angular. Esta ofrece una mayor profundidad de campo y abarca un campo o ángulo de visión más amplio, pero menor aumento.

Los objetivos "ojo de pez" permiten campos de 180 grados o más. El objetivo de este de 6 mm de Nikon, tiene un campo de visión de 220 grados, que produce una imagen circular en la película, en lugar de la normal rectangular o cuadrada.

Las lentes de longitud focal de 45 a 55 mm se consideran normales porque producen una imagen muy aproximada a la del ojo humano, en lo que respecta a la relación tamaño y perspectiva. Los objetivos de mayor longitud focal, llamados teleobjetivos, estrechan el campo de visión y disminuyen la profundidad de campo, mientras que aumentan la imagen. Para una cámara de 35 mm, objetivos con distancia focal de 85 mm o más se consideran teleobjetivos.

El objetivo zoom, un cuarto tipo genérico de lente, está diseñado para tener una longitud focal variable que pueda ajustarse continuamente entre dos valores prefijados. Estos objetivos son particularmente adecuados cuando se usan con cámaras réflex de un solo objetivo y permiten un continuo control de la imagen.

#### 1.4.4. FUENTES DE LUZ ARTIFICIAL

En caso de ausencia de luz natural, los fotógrafos utilizan luz artificial para iluminar las escenas, tanto en interiores como en exteriores. Las fuentes de luz artificial que más se usan son: el flash electrónico o lámpara estroboscópica, las lámparas de tungsteno y las lámparas halógenas de cuarzo. Otra fuente es la bombilla de flash, lámpara desechable que contiene en su interior oxígeno y un delgado filamento de aleación de magnesio que se dispara una sola vez.

El flash electrónico (un tipo de estroboscopio), consiste en un tubo de cristal de cuarzo que contiene un gas inerte (un halógeno) a muy baja presión. Cuando a los electrodos sellados a los extremos del tubo, se les aplica un alto voltaje, el gas se ioniza y produce un destello de luz de muy corta duración, es decir, un flash. A pesar de que los flashes especiales pueden producir un destello de aproximadamente 1/100.000 de segundo, los normales duran de 1/5.000 a 1/1.000 de segundo.

El flash tiene que estar sincronizado con el obturador de la cámara para que el destello de luz cubra toda la escena. La sincronización se lleva a cabo a través de una conexión eléctrica entre la cámara y el flash, que puede ser un soporte montado en la parte superior de la cámara, llamado zapata, o un cable llamado cable de sincronización, que va del enchufe de sincronización de la cámara al flash.

Los flashes automáticos están equipados con sensores, células fotoeléctricas que regulan automáticamente la duración e intensidad del destello, para una toma en particular. El sensor, que mide la intensidad del destello al producirse éste, interrumpe la luz cuando se ha conseguido la iluminación adecuada. El flash sincrónico, modelo actual del flash automático, está diseñado para funcionar con una cámara determinada.

El circuito electrónico del flash y de la cámara están integrados. El sensor está alojado en el interior de la cámara y mide la cantidad de luz en el plano de la película, lo que permite una medición más exacta de la intensidad del flash.

#### **1.4.5. FOTÓMETROS O EXPOSIMETROS**

Los fotógrafos profesionales y los aficionados exigentes utilizan fotómetros para medir la intensidad de la luz en una situación dada, y logran determinar, así la combinación adecuada de la velocidad y de la abertura del diafragma. Se utilizan básicamente cuatro tipos de fotómetros: el de luz incidente, el de luz reflejada, el de spot y el de flash, aunque, hablando con propiedad, los fotómetros de spot son un tipo de los de luz reflejada. Los de flash pueden serlo tanto de incidente como de luz reflejada.

#### **1.4.6. FILTROS**

Pueden estar hechos de gelatina o de cristal, se colocan delante del objetivo para alterar el color, cambiar el contraste o el brillo, minimizar la neblina o para crear efectos especiales. En la fotografía en blanco y negro se utilizan filtros de color con película pancromática, que permite la transmisión del color adecuado mientras impide el paso de los colores que no lo son.

Los filtros de color, se suelen utilizar para hacer pequeños reajustes en el mismo. Los filtros de corrección, eliminan los tonos de color que no se desean, o bien añaden un matiz cálido. Los filtros correctores (CC) magenta, pueden compensar la luz verdosa de los fluorescentes en las películas de tungsteno o diurnas. Otro tipo de filtro, el polarizador, se utiliza básicamente para reducir reflejos de superficies brillantes y también para aumentar la saturación de color en las fotografías.

#### **1.5. REVELADO Y POSITIVADO:**

“La imagen latente de la película se hace visible a través del proceso llamado revelado, que supone la aplicación de ciertas soluciones químicas para transformar la película en un negativo”.<sup>3</sup> El proceso por el que un negativo se convierte en una imagen positiva, se denomina positivado. La imagen se

---

<sup>3</sup> Enciclopedia Práctica de Fotografía, Salvat Editores, España, 1980.

denomina copia o fotografía en papel. La película se revela al tratarla con un revelador o solución reveladora, un producto químico alcalino reductor.

Esta solución, reactiva el proceso iniciado por la acción de la luz al exponer la película. Con ello se reducen más los cristales de haluros de plata, en los que se ha formado plata, de modo que se produzcan granos gruesos de este metal alrededor de las diminutas partículas que componen la imagen latente.

Mientras las partículas de plata se empiezan a formar, la imagen visible se hace aparente en la película. El grosor y la densidad de la plata depositada en cada zona, dependen de la cantidad de luz recibida en esa área, durante la exposición. Para interrumpir la acción del revelador, la película se sumerge en una solución ligeramente, ácida que neutraliza el revelador alcalino.

Después del lavado, la imagen negativa queda fijada: los residuos de cristales de haluros de plata son eliminados y las partículas de plata metálicas que quedan, se fijan. El compuesto químico que se utiliza para el fijado, normalmente denominado fijador o hipo, suele ser tiosulfato sódico, potásico o amónico. El eliminador del fijador o agente limpiador, se utiliza entonces para eliminar cualquier resto de fijador que haya quedado en la película.

Ésta debe lavarse muy bien con agua corriente, ya que los residuos del fijador suelen estropear los negativos con el tiempo. Por último, al lavar la película procesada, se favorece un secado uniforme y se impide la formación de manchas de agua.

El positivado se puede hacer de dos maneras: por contacto o por ampliación. El primero se utiliza cuando se desean copias exactamente del mismo tamaño que los negativos. Se consigue al poner el lado de emulsión del negativo en contacto con el papel de la copia y colocar ambos bajo una fuente de luz.

En el método de ampliación, el negativo se coloca en una especie de proyector llamado ampliadora. La luz procedente de ésta, pasa a través del negativo a una lente que proyecta una imagen del negativo ampliada o reducida, sobre el material sensible de positivado. Este proceso permite también al fotógrafo reducir o aumentar la cantidad de luz que reciben zonas concretas de dicho

material. Estas técnicas, conocidas como tapado y sombreado, hacen que la copia final sea más clara o más oscura en determinadas zonas.

El material que se usa en el proceso de positivado, es un tipo de papel fotográfico con una emulsión similar en composición a la utilizada para película, aunque mucho menos sensible a la luz. Una vez que ha sido expuesta, la copia es revelada y fijada por un procedimiento muy parecido al empleado en el revelado de película. En la copia final, las zonas expuestas a mucha luz reproducen los tonos oscuros, las que no la recibieron reproducen los claros y las que fueron expuestas a una moderada cantidad de luz, reproducen los tonos intermedios.

Las copias en color, procedentes de negativos en color se hacen tanto por ampliación como por contacto. Las copias procedentes de transparencias de color pueden obtenerse directamente por ampliación utilizando el papel Cibachrome o el RC, como el R-3 de Kodak o el tipo 34 de Fuji. También existe la opción de hacer primero un negativo intermedio o internegativo, que puede positivarse por contacto o por ampliación. Un tercer proceso de positivado en color, llamado procedimiento aditivo (*dye-transfer*), resulta considerablemente más complejo y en general se utiliza sólo para trabajos profesionales.

#### **1.6. ÚLTIMOS AVANCES TECNOLÓGICOS:**

Las nuevas tecnologías están comenzando a suprimir las conexiones existentes entre la fotografía y otros sistemas de reproducción de imágenes. En algunos sistemas nuevos, las emulsiones de haluros de plata se han sustituido por métodos electrónicos que registran información visual. Asimismo, se pueden obtener copias en papel, utilizando una impresora especial láser.

La digitalización de imágenes fotográficas ha revolucionado la fotografía profesional al crear una especialidad conocida como tratamiento de la imagen. La digitalización de la información visual de una fotografía, es decir la conversión de aquélla en números binarios con la ayuda de un ordenador, hace posible la manipulación de la imagen fotográfica a través de unos programas especiales.

El sistema Scitex, muy común en la industria publicitaria a finales de la década de 1980, permite al operador modificar o borrar elementos de una

fotografía, cambiar colores, componer estéticamente imágenes con varias fotos y ajustar el contraste o la nitidez. Otros sistemas, como el Adobe Photoshop, permiten realizar operaciones similares.

La calidad de las imágenes en la pantalla de un ordenador era, hasta hace poco, inferior a la fotográfica. Las impresoras de color no industriales y las láser, no alcanzan todavía a reproducir imágenes con la gama de tonos, definición y saturación de las fotografías. Sin embargo, algunos sistemas, como la *Presentation Technologies' Montage Slidewriter* y el *Linotronic*, son capaces de reproducir imágenes con calidad de imprenta.

## **1.7. TÉCNICAS ESPECIALES:**

Hacia finales del siglo XIX, la fotografía desempeñaba ya un importante papel en la astronomía. A partir de entonces se han desarrollado muchas técnicas fotográficas especiales, que constituyen importantes instrumentos en un buen número de áreas científicas y tecnológicas.

### **1.7.1. FOTOGRAFÍA AÉREA**

Las cámaras especiales, instaladas en aviones sobre soportes antivibraciones, suelen estar equipadas con varias lentes y con grandes cargadores de película. Se utilizan en inspecciones de superficies extensas de terreno para cartografía, en el análisis del crecimiento de las ciudades, para su posterior urbanización, en el descubrimiento de restos de antiguas civilizaciones y para observar la Tierra y la distribución de la fauna y de la flora. Las cámaras montadas en los satélites también se utilizan para este tipo de fotografía.

La vigilancia y el reconocimiento militar es una aplicación especial de la fotografía aérea. Algunos satélites de reconocimiento, están provistos con potentes teleobjetivos que producen imágenes de alta definición con los que pueden observar automóviles, e incluso objetos más pequeños. Los métodos fotográficos modernos desde satélites, que hasta hace poco eran utilizados casi exclusivamente con fines militares, de espionaje y meteorológicos, son empleados

cada vez más por los geólogos, para descubrir recursos minerales y por las agencias de noticias, con el fin de obtener al instante fotografías sobre sucesos que se producen en cualquier parte del mundo.

### **1.7.2. FOTOGRAFÍA SUBMARINA**

Las cámaras submarinas, precisan de una caja o carcasa herméticamente cerrada, con una ventana de cristal o de plástico delante del objetivo. Durante las horas diurnas, se pueden tomar fotografías a profundidades de hasta 10 metros. Para tomas más profundas se necesita luz artificial, como la del flash electrónico o focos. La calidad de las fotos depende de la claridad del agua.

En aguas turbias o llenas de partículas, que reflejan la luz, no es posible hacer fotografías, excepto primeros planos. En este medio, los fotógrafos suelen utilizar objetivos de gran angular, para compensar el efecto de aumento que se produce debajo del agua (todo parece estar un 25% más cerca de lo que está en realidad).

Esto se debe a que el nivel de refracción en el agua es mayor que en el aire. Captar con una cámara la belleza del mundo acuático, es una actividad popular entre los aficionados al submarinismo. Las cámaras especiales submarinas, con carcasas altamente resistentes a la presión, se utilizan también para la exploración marina a grandes profundidades.

### **1.7.3. FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA**

En la investigación científica, las placas y películas fotográficas, se encuentran entre los elementos más importantes para la fotografía, no sólo por su versatilidad sino también: porque la emulsión fotográfica, es sensible a los rayos ultravioleta e infrarrojos, a los rayos X y gamma y a las partículas cargadas. La radiactividad, por ejemplo, fue descubierta al ennegrecer accidentalmente la película fotográfica.

Muchos instrumentos ópticos, como el microscopio, el telescopio y el espectroscopio, se pueden utilizar para obtener fotos. Otros instrumentos, como

los microscopios electrónicos, osciloscopios y terminales de ordenador, están equipados también con mecanismos para tomar fotos o con adaptadores que permiten el empleo de una cámara normal.

La fotografía que capta imágenes de rayos X, llamada radiografía, se ha convertido en un importante medio de diagnóstico en medicina. También utiliza potentes rayos X o gamma, se emplea también para descubrir defectos estructurales y de soldadura en recipientes de presión, tuberías y piezas mecánicas, en especial aquellas que son esenciales por medidas de seguridad, como las de centrales nucleares, aviones y submarinos.

#### **1.7.4. FOTOGRAFÍA ASTRONÓMICA**

En ningún otro campo de la ciencia la fotografía, se ha desempeñado un papel tan importante como en la astronomía. Al colocar una placa fotográfica en el plano focal de un telescopio, los astrónomos pueden obtener imágenes exactas de la situación y brillo de los cuerpos celestes. Comparando fotografías de la misma zona del cielo, tomadas en diferentes momentos, se pueden detectar los movimientos de ciertos cuerpos celestes, como los cometas.

Una importante cualidad de la placa fotográfica utilizada en astronomía, es su capacidad para captar mediante exposiciones de larga duración, objetos astronómicos casi imperceptibles, que no pueden ser observados visualmente.

## CAPITULO II

### 2. FOTOGRAFIA AEREA CONVENCIONAL

“La fotografía aérea, es la ciencia que se ocupa de la obtención de las imágenes sobre los objetos, utilizando la acción de la luz sobre un material sensible, para realizar las tomas en el aire desde un avión, ya sea para usos técnicos o militares”<sup>4</sup>.

Una de las principales características de la fotografía aérea, es que es un medio exacto para registrar información sobre terreno, individuos, objetos y eventos, siendo de vital importancia para instituciones y personas que necesiten información de naturaleza estratégica, táctica o técnica.

La fotografía aérea puede considerarse como un plano natural, ya que los que se hacen topográficamente son artificiales. Reproduce un gran número de detalles de que está llena la naturaleza, tales como: caminos valles, cursos de agua, obras construidas por el hombre, entre otras. Todo lo cual requiere de mucho tiempo y trabajo.

#### 2.1. PLAN DE VUELO

Según el requerimiento y/ o necesidad por la cual se tenga que efectuar un vuelo de reconocimiento aéreo, se debe seguir los siguientes pasos para la planificación del mismo, en el cual se determina el inicio y fin del proceso de la fotografía aérea:

- A. Localización del área a fotografiar, plan de vuelo, previo en hoja topográfica 1: 250: 000.
- B. Condiciones de tiempo, para una fotografía de altos contrastes debe ser tomada en un tiempo totalmente despejado, por el flex (reflejo de techos) se usa un filtro ámbar.

---

<sup>4</sup> Manual de Fotografía Aérea. Alfredo Niederheimann.

- C. Análisis del técnico o de acuerdo a la escala a volar. Selecciona la cámara y sus accesorios.
- D. Todo traslape es ó debe ser igual para con estudio de base operacional (control de calidad) y es importante el traslape para la estereoscopia, para uso fotogramétrico (curvas de nivel).
- E. Preparación del mapa de vuelo, análisis y estudios de técnicos y del piloto aviador.
- F. Ejecución de las tomas aéreas.
- G. Desarrollo de la película por parte de los técnicos en el laboratorio.
- H. Numeración de negativos, por parte de los técnicos en el laboratorio.
- I. Preparación de mapa índice, por parte de los técnicos cartográficos.
- J. Impresión de copias, por parte de técnicos del laboratorio Aerofotográficos.
- K. Selección de la escala de arreglo, por los técnicos en fotogrametría y cartografía.
- L. Proyecto de los datos de control.
- M. Transformación a escala de las copias para la restitución.
- N. Arreglo o juntura de las copias.
- O. Colocación de las ordenadas.
- P. Rotulación y terminado.
- Q. Reproducción del mosaico.

## **2.2. AEROPLANOS FOTOGRAFICOS**

El uso de los aeroplanos de diferentes características para la fotografía aérea, está determinado por una serie de factores que deben correlacionarse, en lo que se refiere al aeroplano, estos factores son:

- A. Avión con espacio suficiente para montar el equipo que se necesite.
- B. Aeroplano que vuele a una velocidad mayor de crucero, que exceda a la velocidad del obturador de la cámara.
- C. Selección adecuada del tipo de objetivos (lentes) a usar (macro) y filtros.

- D. Selección de la película fotográfica de acuerdo al tiempo imperante en el área a fotografiar.

Conforme se mejoran las condiciones de funcionamiento de una cámara, está se puede aplicar a más veloces aeroplanos. La visibilidad que el aeroplano permita al piloto, es un factor que debe tomarse en cuenta primordialmente.

Un dato muy importante, es que dependiendo de la escala en que se necesite hacer el mapa, así será el tipo de avión que se utilice para cumplir a cabalidad con lo programado, y también para ahorrar costos, ya que entre más alto se vuela mayor es el gasto en que se incurre. Por ejemplo en nuestro país se utiliza así:

- A. Si el mapa tendrá una escala de 1: 50,000 pies, se utiliza un avión jet presurizado Lear jet.
- B. Si el mapa tendrá una escala de 1: 20,000 pies, se utiliza un avión turbo hélice Aerocomander.
- C. Si el mapa tendrá una escala de 1: 15,000 o 1: 10,000 el avión a usar es un Azteca bimotor, reciproco.
- D. Si el mapa tendrá una escala de 1: 5,000 pies se utiliza una avioneta monomotor Cessna 206.

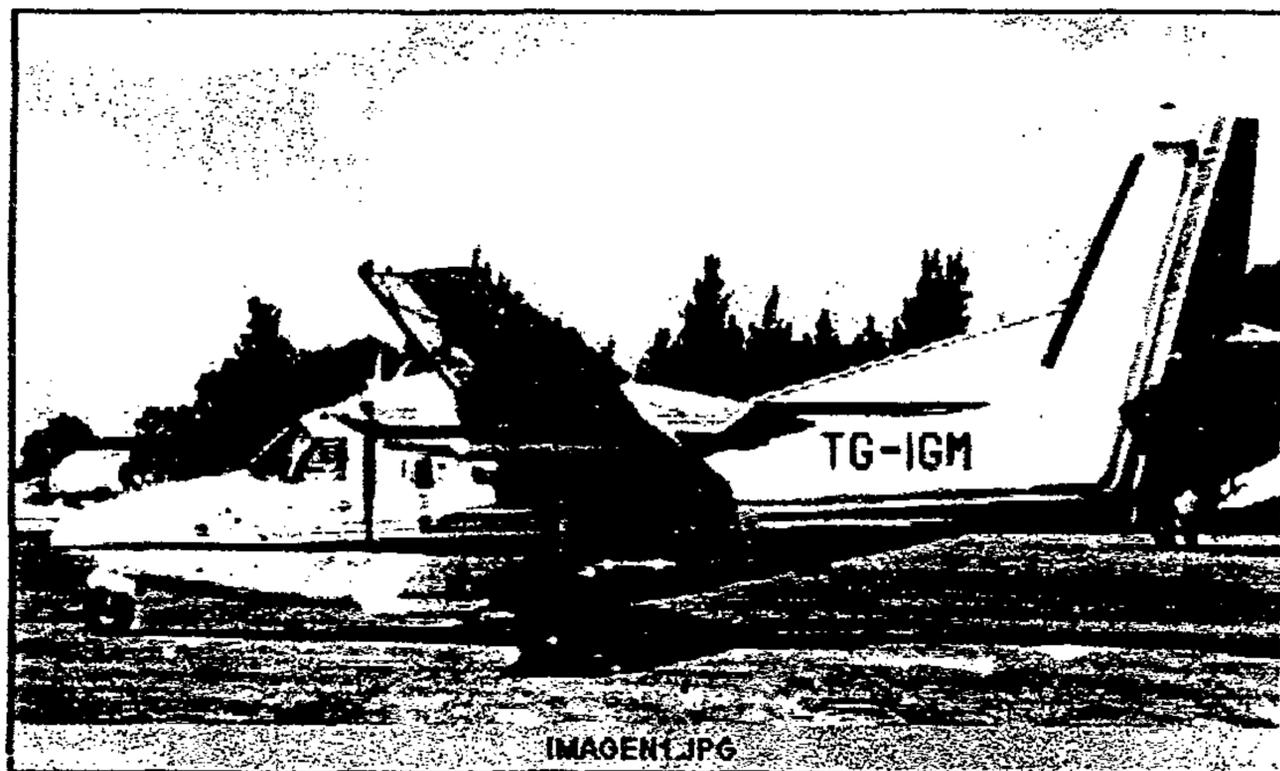


Imagen 1: fotografía del avión usado por el IGN.

## 2.3. TIPOS DE CÁMARAS FOTOGRÁFICAS USADAS EN AVIACIÓN

### CÁMARA TIPO T-3A

Esta cámara está diseñada para tomar fotografías en serie, se opera semi-manualmente. Es realmente una combinación de cinco cámaras, cuyos lentes y magazines están colocados de tal manera, que se hacen cinco fotografías en una sola exposición. Una de ellas es vertical y las cuatro restantes oblicuas. Las vistas oblicuas, se transforman a la escala de la vertical, por medio de un aparato de restitución llamado "Impresor de transformación".

Esta cámara usa película de seis pulgadas de ancho por ciento veinte pies de largo, se obtienen 207 exposiciones para cada compartimiento de la cámara. Los obturadores (tipo de entre lentes), son simultáneamente operados por una unidad de control eléctrico.

El equipo está constituido por:

Cámara

Montura tipo A-5A

Unidad de control de obturadores

Cables de conexiones eléctricas

Surtidor de filtros tipo A-3. --

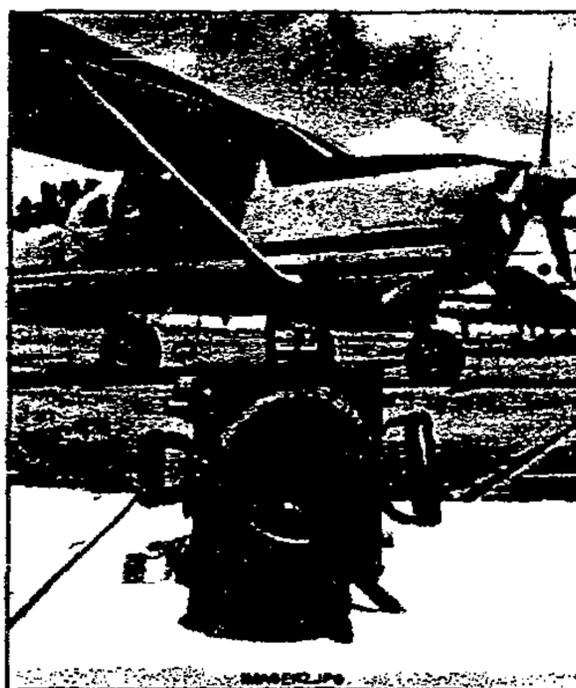


Imagen 2: Cámara tipo T-3ª.

## CÁMARA DE ACCIÓN CONTINUA TIPO C-37

El último adelanto fotográfico consiste en una cámara fotográfica de acción continua sin obturador, llamada "Continuous strip camera", usada en aeroplanos de gran velocidad a poca altura; esta cámara no toma series de fotografías aisladas, sino una faja larga, continua y representando todos los detalles en sucesión ininterrumpida. La película se desenvuelve y desliza frente al objetivo de manera continua y su velocidad se sincroniza con la velocidad y altura del aeroplano.

Es invento del coronel George Goddard, del Ejercito de los Estados Unidos y ha prestado ya valiosos servicios, sobre todo en misiones de reconocimiento en que se necesitan las copias terminadas en muy poco tiempo. Aunque se usa especialmente para reconocimiento a poca altura, esta cámara puede usarse también a alturas relativamente grandes, pero su funcionamiento no da tan buenos resultados como en el caso primero.



Imagen 3. Cámara de Acción continua Tipo C- 37.

Otros tipos de cámaras usadas en aeroplanos, dependiendo de la misión asignada.

Cámara tipo k-3b

Cámara tipo k-7c

Cámara tipo k-10

Cámara tipo k-12

Cámara cartográfica fairchild

Cámara tipo k-20

Cámara Aerophoto Gallus (francesa)

Cámara métrica para series zeiss y Cámara métrica "gran angular"

#### **2.4. TIPOS DE PELÍCULAS FOTOGRAFICAS AÉREAS**

**Kodak Aeromap Super-XX y Kodak Aerographic super-XX**

Son las películas empleadas para propósitos generales en la toma de fotografías a la luz del día, ambas para uso militar y no militar.

**Kodak Aerographic Tri-X**

Es una película extremadamente rápida, que fue originalmente diseñada para la fotografía nocturna con bombas reflectoras.

**Kodak Aerographic Infrared**

Es una película sensitiva a los rayos infrarrojos, muy rápida, hecha especialmente para la penetración máxima de la niebla y para la prueba y detección del "camuflaje".

**Kodacolor aero**

Es una película rápida y a colores, para ser procesada por el que la usa y con la cual pueden obtenerse transparencias a colores positivos.

## Kodacolor Aero Duplicating

Es una película de bajo contraste, empleada para obtener duplicados de las transparencias a colores, producidas por la película Kodacolor Aero.

### **2.4.1. CONTRASTE DE PELÍCULA**

Para mejorar la penetración de la niebla, las películas Kodak se hacen con capacidad para dar gran contraste. El contraste natural en el que la película es desarrollada, puede modificarse de acuerdo con el contraste del sujeto y con los resultados que se deseen obtener, cambiando el tiempo de desarrollo y la clase de revelador.

### **2.4.2. SENSIBILIDAD DE PELÍCULA ESPECIAL AL COLOR**

Las películas tipo aéreo super-XX y Tri-X son pancromáticas, pero tienen sensibilidad más alta para el rojo que otras películas que tienen los mismos nombres. Ello se ha hecho con el objeto de permitir exposiciones cortas a través de filtros rojos. La película Infrared, al igual que las otras películas, es sensible a la luz y sólo ha sido especialmente sensibilizada a los rayos infrarrojos.

### **2.4.3. POTENCIA DE RESOLUCIÓN**

El contraste de los objetos en el terreno, según se ven desde el aire, es generalmente mucho menor que cuando se ven desde la tierra, ya que la potencia de resolución de una emulsión, debe depender del contraste del sujeto u objeto fotografiado; los valores de tal potencia de resolución, dados a las películas para uso aéreo, han sido medidos a un contraste del sujeto de 2:1.

## **2.5. DIFERENTES TIPOS DE PAPEL FOTOGRÁFICO**

Las emulsiones para papel son de tres tipos:

- a - Al bromuro
- b - Al cloruro
- c - Al cloro bromuro

Estas emulsiones se aplican en capas muy delgadas, para aumentar la habilidad reflectora de la impresión terminada y ayudar a su flexibilidad. Son de grano fino y de alta potencia de resolución.

### **2.5.1. VELOCIDAD**

Las emulsiones positivas cubren una gran amplitud de velocidades, siendo las de cloruro de plata las más lentas y las de bromuro, las más rápidas. La velocidad de las emulsiones al cloro bromuro se clasifica entre las dos anteriores velocidades.

- a. Las emulsiones al cloruro, se hacen más bien para las impresiones de contacto. Un papel al cloruro rápido también se fabrica, pero siempre es más lento que el bromuro.
- b. Las emulsiones al bromuro se hacen para la impresión de proyección.
- c. Las emulsiones al cloro bromuro, debido a su variación en las características de velocidad, pueden usarse para la impresión de contacto y para la proyección.

### **2.5.2. CONTRASTE AL PAPEL**

#### **2.5.2.1. DESARROLLO DEL PAPEL**

Debido al poco espesor en la capa de emulsión en los papeles y su grano fino, una emulsión de esta clase se desarrolla rápidamente. El contraste aumenta con rapidez en el primer período de desarrollo, y luego lo hace más

lentamente conforme la densidad de las sombras se aproxima a su máximo. El desarrollo debe llevarse a un grado estándar para producir lo que puede llamarse desarrollo normal o completo.

Este grado reproducirá las variaciones de contraste del negativo en la forma más fiel y relativa, dado que la emulsión está fuera del contraste inherente correcto. Las emulsiones al cloro bromuro son similares a las de las películas, en lo que se refiere a las reacciones ante un revelador, de modo que las modificaciones de éste en cuanto a los ingredientes, de tiempo, temperatura, etc. puedan emplearse ventajosamente según los resultados deseados.

### **2.5.2.2 CONTRASTE INHERENTE**

Puesto que la variación del contraste puede controlarse solo ligeramente por medio del desarrollo, las emulsiones de los papeles son manufacturadas con varios contrastes que se llaman inherentes. Esta variación aumenta el grado aceptable de contraste en los negativos, y está expresada por un número o palabra descriptiva, según la marca.

### **2.5.2.3. BASES DE LOS PAPELES**

Los papeles fotográficos se hacen en varios gruesos o pesos. Los tres más comunes se conocen como: de peso liviano, sencillo y doble. El de peso liviano puede doblarse o enrollarse sin apreciable daño, aunque un tratamiento con baño de glicerina diluida en proporción de 1 a 10 con agua u otro agente suavizador similar, es aconsejable en el caso que se tengan que doblar.

El papel de peso sencillo es el empleado en fotografías pequeñas, incluyendo hasta el tamaño 8 x 10". El papel de peso doble se usa para mayores tamaños y es aconsejable para papeles de superficies irregulares o rugosas.

Casi todos los papeles están cubiertos con barita, la cual sirve de soporte para la emulsión sensible. Los papeles de esa naturaleza no pueden doblarse sin dañar en cierta medida la superficie, que tiende a quebrarse. La capa de barita no se utiliza, solamente, cuando se supone que el papel será sometido, por el uso, a dobleces u ondulaciones agudas.

## **2.6. QUÍMICOS FOTOGRAFÍCOS USADOS EN FOTOGRAFÍA AÉREA**

Características de los químicos fotográficos:

Una gran parte del trabajo fotográfico incluye el procesamiento de emulsiones sensibles. Esto conlleva la necesidad de manipular químicos y soluciones con propiedad, y cobra mayor importancia cuando se trata de trabajos de fotografía aérea, porque las cantidades son mayores y las condiciones de desarrollo más delicadas e importantes. Aquí trataremos las características generales de los químicos y el modo de manipularlos.

## **2.7. DIFERENTES TIPOS DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS**

CARACTERÍSTICAS:

Forma en que se han tomado.

"Se conoce con el nombre de fotografía aérea, a la imagen en perspectiva obtenida desde una aeronave, por medio de un aparato fotográfico que generalmente es especial<sup>5</sup>", con las variantes que ya hemos estudiado con el detalle necesario.

Con excepción del colorido y de cierta capacidad visual para apreciar el relieve, las fotografías en blanco y negro producen la misma impresión que la recibida por el ojo humano desde el mismo punto. Debido a que la mayoría de las personas no están acostumbradas a apreciar las cosas familiares, verticalmente, éstas aparecen al principio extrañas y con forma no asociada a su verdadero aspecto desde tierra.

Las dificultades encontradas al querer interpretar las fotografías aéreas, no son mucho mayores que las encontradas en la lectura de mapas convencionales, ya que por otra parte, se presentan en la misma forma.

---

<sup>5</sup> Manual de Fotografía Aérea, Alfredo Niederheimann.

Están representados en ellas los detalles, al tamaño de éstos, al tamaño y forma de las copias y a la utilización que permiten, de modo que para facilitar su estudio es conveniente que las clasifiquemos.

Comenzaremos por separar cinco grupos, en orden de importancia, orden según el cual las iremos estudiando. La primera división se refiere al modo en que fueron tomadas; la segunda, a la clase de cámara usada para su obtención; la tercera, al modo en que se han arreglado para su utilización prefijada; la cuarta, a la índole de su utilización, y la quinta, al grado de exactitud que sus características permiten obtener, en su aplicación fotogramétrica.

### **2.7.1. PRIMERA DIVISIÓN**

Según el modo en que fueron tomadas, las fotografías aéreas deben dividirse en dos grandes e importantes grupos: verticales y oblicuas.

Las verticales, como su nombre lo indica, son las que se han tomado cuando el eje longitudinal de la cámara estaba vertical o muy próximo a la vertical, es decir, cuando la prolongación del eje óptico de la cámara queda perpendicular con el plano del horizonte. Es la variante más generalmente usada, tanto para la formación de mapas como para los propósitos del servicio de información del ejército.

Estas fotografías se dividen a su vez en otros dos grupos, cuyos nombres están consagrados por el uso. Son las verticales nadirales absolutas y las verticales ladeadas. Las verticales nadirales absolutas tienen su eje formando un ángulo perfecto de  $90^\circ$  con el plano del horizonte. Esta condición sólo se cumple utilizando la cámara rectificadora de variaciones X Y, ya que es imposible asegurar la verticalidad del eje óptico desde una plataforma móvil como lo es el avión.

Las fotografías verticales ladeadas son las más abundantes, y son las que, sin perder su condición de verticales, presentan ángulos de toma que oscilan entre uno y cinco grados con la vertical.

La fotografía vertical es un instrumento valioso en la observación de cualquier información topográfica, y tiene las siguientes cualidades técnicas:

Apreciación más completa de los detalles:

- A. Escala perfecta
- B. Facilidad en la formación de mapas y planos.



Imagen 4. Fotografías Verticales.

Las fotografías oblicuas, son las que se han tomado cuando el eje longitudinal de la cámara estaba bastante inclinado con relación a la superficie de la tierra. Generalmente, y descartando los casos de cámaras múltiples, se toman a un ángulo de  $30^\circ$  bajo la horizontal. Esta clase de vistas se usa con más frecuencia cuando se quiere complementar la información que se desprende de las verticales, cuando se desea mejor apreciación del relieve, para obtener un aspecto más "al natural" del sujeto y, en casos especiales, para la formación de planos. La división que podemos hacer, por el modo en que fueron tomadas las oblicuas, es de dos clases: "de ocasión" y "a  $30^\circ$ ".

Las cualidades principales de las oblicuas son: facilidad de lectura, mejor apreciación del relieve y complemento de las verticales en la apreciación de ciertas clases de detalles y de relieve.

El valor técnico y artístico de la fotografía oblicua aérea, depende grandemente de su composición. Esta, a su vez, está supeditada a cuatro condiciones que deben concurrir y que son:

Perspectiva (posición)

Balance (rectificación)

Luminosidad y profundidad ( contraste, altas y bajas luces 05 a 90 %)

La perspectiva depende de la distancia focal de la cámara, de la distancia del sujeto, del ángulo del eje óptico y de la altura de vuelo.



Imagen 5. Fotografía Oblicua.

## 2.7.2. SEGUNDA DIVISIÓN

Por la clase de cámara con la que se obtuvieron las fotografías, éstas pueden clasificarse en dos distintos grupos: simples y compuestas.

Las fotografías simples son las obtenidas con cámaras simples, y las compuestas las obtenidas con cámaras múltiples. Entre las simples se cuentan las siguientes:

- Comunes
- Telescópicas
- Gran angulares
- De faja continua y
- Nocturnas.

Las comunes son todas aquellas cuyas características no se apartan sensiblemente de las impuestas por cámaras sencillas, individuales, de objetivo, distancia focal y magazines pequeños; condición que realmente determina la gran mayoría de cámaras en uso.

Las telescópicas tienen una característica notable: el gran tamaño y claridad de los detalles, aún cuando se hayan tomado desde grandes alturas. Esta condición se obtiene por medio de elementos especiales, tales como grandes objetivos de gran distancia focal y provistos, además de filtros apropiados. La distancia focal de estos objetivos llega a veces a exceder de 60 pulgadas.

Las fotografías gran angulares, se caracterizan por la gran extensión de terreno cubierto en ellas. Como consecuencia lógica, los detalles aparecen pequeños, pero en gran número. La distancia focal en estas cámaras es corta. Para que con tan gran ángulo las fotografías no tengan mucha distorsión, el objetivo debe ser muy fino y especialmente calculado.

Las fotografías de faja continua son las obtenidas con la cámara de acción continua sin obturador. La película en faja, corre delante del objetivo a una velocidad continua, sincroniza la velocidad aparente con que los accidentes del terreno corren debajo del aeroplano. La utilización de estas vistas se limita al reconocimiento de sujetos alargados. La claridad de los detalles depende de la

habilidad de manipulación y sincronización de la cámara. Con excepción de esta última clase, las anteriores pueden clasificarse dentro de la primera división, es decir, pueden ser verticales u oblicuas.

Las fotografías nocturnas infrarrojas, son tomadas con cámaras especialmente diseñadas para el objeto. Regularmente se utilizan en estudios geográficos.

### **2.7.3. TERCERA DIVISIÓN**

Por el modo de arreglarlas, podemos clasificar las fotografías en: corrientes y estereoscópicas. Las primeras son las que se aprecian bajo el punto de vista bidimensional y en tal sentido se arreglan. Este arreglo puede referirse a una fotografía aislada, a una faja ó a un mosaico. Las fotografías estereoscópicas se arreglan o disponen para palpar el relieve de los objetos representados en ellas. En esta clase podemos clasificar los estereopares, los estereotrios y los anáglifos.

La fotografía corriente en faja, está formada por un número variable de vistas aisladas, tomadas en sucesión y de modo que se traslapen en un porcentaje que varía del 20% al 60%, según se requiera de una faja de reconocimiento simplemente, o de una faja para uso aerofotogramétrico para la formación de planos.

A las copias aisladas, debidamente numeradas, se les recorta el exceso de traslape y se pegan sobre una buena base, que puede ser cartón o lámina, haciendo coincidir los detalles de cada una de ellas, de tal manera, de asegurar imágenes continuas.

Las corrientes en mosaico, o mosaicos aéreos, son composiciones que podemos considerar como dos o más fajas unidas entre sí, lateralmente. El método más apropiado es el de colocar una copia central como base, para luego agregar hacia la periferia las copias adyacentes, sin considerar el orden de las fajas. También progresivamente se usa mucho el método de terminar primero una faja y luego agregar a ambos lados las copias.

Los mosaicos pueden ser de dos tipos, según se hayan pegado sobre una base topográfica o no:

- Mosaicos controlados y
- Mosaicos no controlados.

Los primeros están formados por fotografías que han sido transformadas o restituidas en un aparato óptico de proyección, para uniformar la escala y que además se han ajustado sus detalles a una triangulación, o, en último caso, a un mapa de exactitud y escala convenientes. Este trabajo hace que exista un error mínimo entre la posición relativa de los diferentes detalles del mosaico entero.

Los mosaicos no controlados, son los que se han formado haciendo coincidir simplemente los detalles y buscando su continuidad entre las diferentes vistas. Al arreglar un mosaico se busca una base para pegar las vistas, por lo que el comercio ha producido algunas que llenan los requisitos de dilatación y resistencia. Las dimensiones máximas de las bases están limitadas por la facilidad de manipulación y copia.

#### **Fotografías Estereoscópicas:**

Son fotografías estereoscópicas, aquellas cuyas características permiten arreglarlas y emplearlas para palpar el relieve de los objetos representados en ellas.

Deben poseer las siguientes características:

- A. Que el objeto ofrezca un aspecto diferente para cada ojo
- B. Que la posición relativa del objeto también sea diferente, y
- C. Que al apreciar con ambos ojos el objeto, estaremos viendo realmente dos imágenes que se han fusionado, ofreciendo un nuevo aspecto diferente de los dos primeros y que se caracteriza por la cualidad de la profundidad.

El poder estereoscópico o de apreciar el relieve, de nuestro cerebro, se funda en la capacidad de apreciar un mismo objeto desde dos diferentes puntos

(separación interpupilar). Las dos imágenes percibidas respectivamente por los ojos, son transmitidas por los nervios ópticos al cerebro, que es donde se efectúa la fusión productora de la profundidad.

Si considerando las anteriores explicaciones, tomamos dos fotografías del mismo objeto, pero desde diferentes puntos, obtendremos aspectos diferentes del mismo objeto, y si esos diferentes puntos llenan las condiciones de estar a la misma distancia del sujeto, y separadas entre sí por una distancia proporcional apropiada, podremos apreciar el relieve, siempre que veamos cada fotografía con el correspondiente ojo.

#### **2.7.4. CUARTA DIVISIÓN**

Por la índole de su utilización, las fotografías aéreas pueden admitir varias clasificaciones. Sin embargo, las dividiremos únicamente en dos grupos principales:

- Civiles y
- Militares

Ambos grupos se dividen en: fotografías de reconocimiento y fotografías de formación de planos, aunque, como veremos a continuación, cada subdivisión tiene distinta significación, según se aplique a la aerofotogrametría civil o a la militar. En esta última incluiremos también la fotografía a colores y la nocturna, cuyas peculiaridades las han colocado en un sitio preeminente de los reconocimientos militares.

La utilización civil de las fotografías aéreas, se enfoca principalmente a la realización de planos dibujados, y con esta finalidad se preparan, tanto los reconocimientos aerofotográficos, como la toma sistemática de fotografías debidamente coordinadas, que han de constituir la base para el dibujo de los detalles o levantamiento propiamente dicho.

Los reconocimientos tienen aquí por objeto, hacer un estudio del terreno para determinar qué métodos son los más apropiados para levantar fotográficamente la región. Los reconocimientos militares tienen una finalidad en sí, que consiste en la obtención inmediata de datos tácticos, que han de servir de base para emprender operaciones militares ajustadas a las circunstancias del momento.

Las fotografías aéreas a colores constituyen una nueva modalidad de los reconocimientos fotográficos militares, pues recientes investigaciones técnicas las han hecho adaptables a las necesidades prácticas. El color en las fotografías hace más visibles los enmascaramientos del enemigo y puede proporcionar al piloto, una retención más fácil en la memoria de las marcas terrestres que puedan servirle de guía.

Por muchos años, las películas a color se usaron muy poco en el reconocimiento aéreo, porque era necesario enviarlas al manufacturero para su desarrollo, después de expuestas.

Este obstáculo ha sido resuelto por medio de una película nueva y más simple, que produce positivos coloreados que se observan por transparencia, los cuales pueden procesarse y desarrollarse en cualquier parte, hasta en tiendas que sirven de cuarto oscuro, en los frentes de batalla; es la llamada "Kodacoloraero". Todos los fotógrafos usan esta nueva película a cualquier altura, con filtros especiales que contrarrestan la niebla atmosférica.

La cámara capta contrastes a color que aún a ojos avezados, escapan a esas alturas. Para la marina también resulta de gran utilidad, como en el caso de la observación de bajos, bancos de arena, riberas, etc. Las partes profundas se presentan de un color azul fuerte, mientras que las partes de poca profundidad tienden a aparecer amarillentas o de un tono gris verdoso.

La gama de colores obtenibles con esta clase de emulsión, es casi la que comprende el arco iris, el cual puede apreciarse en las fotografías panorámicas, con toda su belleza. Las fotografías que se usan para la formación de planos militares, tienen muchos puntos de contacto con las que se utilizan civilmente para

el mismo objeto, aunque realmente tienen ciertas características que permiten obtener con mucha mayor rapidez esos planos militares, sobre regiones extensas.

Todas estas modalidades serán tratadas con mayor extensión en el capítulo cuarto, cuando estudiemos el empleo militar de la fotografía aérea.

### **2.7.5. QUINTA DIVISIÓN**

Por el grado de exactitud, las fotografías pueden ser rústicas y fotogramétricas. Las primeras son tomadas aquí y allá, y no están precedidas de consideraciones especiales, relativas a su orientación exterior, escala, etc. Entre ellas están comprendidas las fotografías de información, de reconocimiento y auxiliares de información.

Las fotografías fotogramétricas, son las que se han obtenido bajo circunstancias previamente consideradas, tales como altura, escala, tamaño, inclinación, etc. y con cámaras especialmente hechas y calibradas para la cartografía. La distancia focal, por ejemplo, es calibrada con una tolerancia muy pequeña y los efectos de la dilatación han sido subsanados. Para todo ello se utilizan instrumentos exactos y especiales.

Para uniformar la altura de toma de las vistas y para conocer la diferencia de altura entre las mismas, por ejemplo, se utiliza un instrumento llamado estatómetro, que es un instrumento, complementado por una cámara auxiliar, rígidamente acoplada a la principal, que funciona simultáneamente con ella y que toma vistas de las marcas del estatómetro en ese momento; en este caso se llama "Estatómetro registrador".

Para saber la inclinación de la cámara con respecto al terreno, se usa otro instrumento especial, consistente también en una cámara auxiliar. Ésta, toma vistas del horizonte, y estando acoplada a la principal, puede medirse en sus fotografías la inclinación del horizonte, que es el de la cámara.

Estos son ejemplos de instrumentos que facilitan el trabajo, aunque, como veremos, no son exclusivamente los que caracterizan a las fotografías fotogramétricas, geográficas, la de mapas particulares, la de planos catastrales y la de fotomapas.

## 2.8. CIENCIAS QUE ESTÁN INVOLUCRADAS EN LA FABRICACIÓN DE UN MAPA:

Geomancia: "Adivinación del futuro por medio de los cuerpos a través, de puntos y líneas entre otros, trazados en la tierra<sup>6n</sup>".

Geodesia: "Ciencia que se ocupa de determinar la forma y dimensiones de la tierra<sup>7n</sup>".

Catastro: "Censo descriptivo o estadística gráfica de las fincas rústicas y urbanas<sup>8n</sup>".

Cartografía: "Arte y técnica de hacer mapas geográficos<sup>9n</sup>".

Fotomecánica: "Se dice de todo procedimiento de impresión, en el que el cliché se obtiene por fotografía<sup>10n</sup>".

---

<sup>6</sup> Manual de Fotografía Aérea, Alfredo Niederheimann.

<sup>7</sup> diccionario Larousse.

<sup>8</sup> Idem.

<sup>9</sup> Idem.

<sup>10</sup> Idem.

## 2.9. CIENCIAS QUE SE BENEFICIAN CON LA FOTOGRAFÍA AÉREA:

Geología: "Ciencia que estudia la formación de los materiales geológicos"<sup>11</sup>.

Silvicultura: "Cultivo y explotación racional de los bosques"<sup>12</sup>.

Oceanografía: "Estudio físico, químico y biológico de las aguas y de los fondos marinos"<sup>13</sup>.

---

<sup>11</sup> Diccionario Larousse.

<sup>12</sup> Idem.

<sup>13</sup> Idem.

## Capítulo III

### 3. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS.

La idea de la construcción de un sistema de posicionamiento a nivel mundial, surgió de la necesidad militar estadounidense. El Departamento de Estado, decidió dotar a la Fuerzas Armadas de los Estados Unidos de un sistema exacto de navegación y guía para las complicadas armas que se estaban desarrollando a finales del siglo XX.

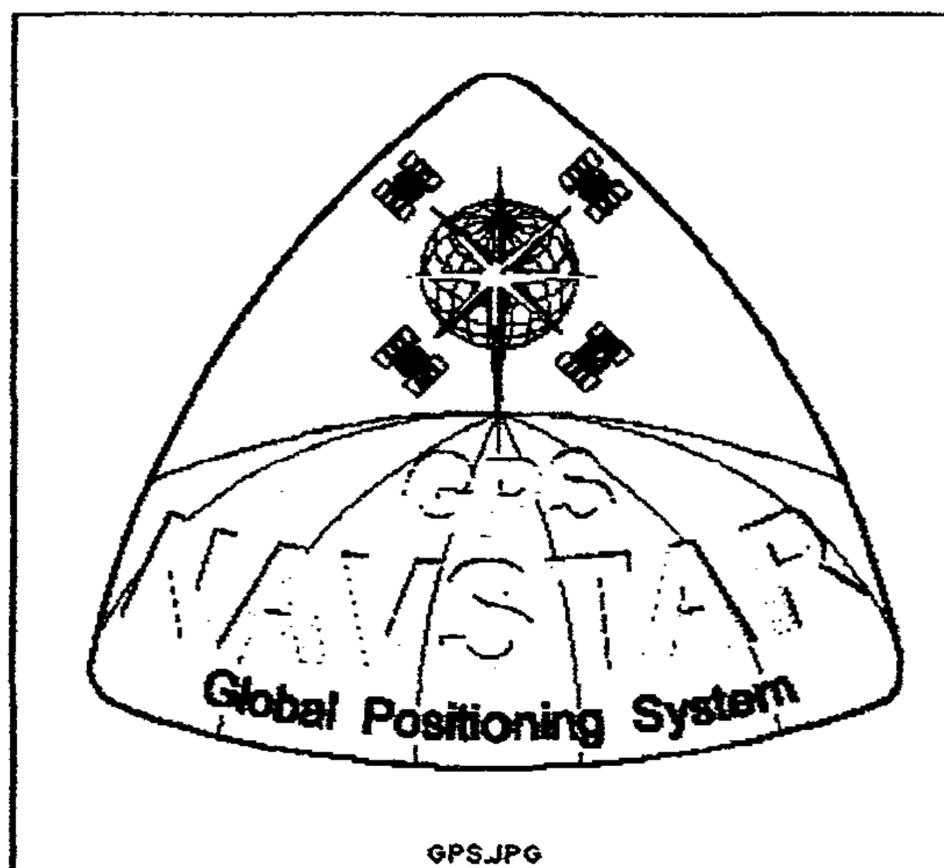


Imagen 6. GPS NAVSTAR.

#### ¿Qué es el Sistema de Posicionamiento Global GPS?

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) como se le denominara en adelante, es un sistema de radio navegación mundial, formado por una constelación de veinticuatro satélites y sus estaciones terrenas de monitoreo y control. Este sistema utiliza "estrellas hechas por el hombre", como puntos de referencia para calcular posiciones con exactitud en la superficie del planeta.

El primer satélite que se utilizó en las pruebas de este sistema fue lanzado en 1,978 y se planificó tener los 24 en servicio activo, ocho años después. Por fin, antes de lo previsto, en diciembre de 1,983, se declaró la fase operativa inicial del sistema GPS. El objetivo de este sistema era ofrecer a las fuerzas de los EE.UU. la posibilidad de posicionarse (disponer de la posición geográfica) de manera autónoma o individual de vehículos, o de armamento, con un costo relativamente bajo y con disponibilidad global.

En 1,984 un vuelo civil de Korean Airlines, fue derribado por aviones de la Unión Soviética, al invadir por error su espacio aéreo. Ello llevó a la administración Reagan, a ofrecer a los usuarios civiles cierto acceso al uso de la tecnología de GPS. Llegando finalmente a ceder el uso global y sin restricciones temporales. De esta forma se conseguía un retorno a la economía de los EEUU.

## **EL GPS EN LA ACTUALIDAD**

Esta tecnología, supone un éxito total para la administración y economía americana. A nadie le interesa que se reduzca la inversión, sino todo lo contrario, la política de la administración de los Estados Unidos, es mantener coste "0" para el usuario del sistema GPS, potenciar sus aplicaciones civiles a la vez que se mantenga su carácter militar.

Las aplicaciones disponibles se orientan principalmente a sistemas de navegación y aplicaciones cartográficas: topografía, cartografía, geodesia, sistema de información geográfica (GIS), mercado de recreo (deportes de montaña, náutica, expediciones de todo tipo), patrones de tiempo y sistemas de sincronización, aplicaciones diferenciales que requieran mayor precisión además de las aplicaciones militares y espaciales.

### **3.1. ORÍGENES**

Desde el comienzo de los tiempos, el ser humano se interesó en la exploración del mundo en el cual habitaba; así mientras se dedicaba a conocer y a recorrer el planeta, fue descubriendo lugares especiales que le facilitaban la

obtención de alimento, refugio y vestuario; permitiéndole mejorar su calidad de vida al satisfacer sus necesidades básicas, más fácilmente.

Pronto, los horizontes de la humanidad fueron expandiéndose en las vastas extensiones de tierra y agua del planeta. Así comenzaron a hacerse mapas que se fueron perfeccionando paulatinamente, tornándose cada vez más descriptivos y exactos. Mientras viajaba, el hombre enfrentó el problema de saber dónde se encontraba y hacia dónde se estaba movilizándose, ya sea a pie, a bordo de una nave o cabalgando sobre un semoviente. Tuvo entonces la necesidad de conocer su posición y orientación en el planeta, para poder así llegar a su destino.

Para solucionar este problema, se utilizó primeramente un sistema rudimentario, como lo fue la orientación por medio de las estrellas, el sol y la luna. Apareció posteriormente el uso de la brújula, y con el correr del tiempo la ciencia de la navegación. Se infiere entonces que el conocimiento de la posición y orientación en el planeta, es y será siempre muy importante en la historia de la humanidad, para muchas tareas.

El logro de la orientación sobre tierra o agua, así como el seguimiento de un rumbo o trayectoria, ha sido siempre difícil de lograr; especialmente con la exactitud que demandan los objetivos perseguidos en las distintas épocas de la historia. Pareciera ser que el hombre, siempre estuvo atrasado en este aspecto, y aunque sus logros son notorios en todos los tiempos, siempre intenta más de lo que puede lograr.

A lo largo de los siglos, toda clase de medios y tecnologías, son utilizadas para simplificar la tarea de la ubicación y orientación, presentando siempre cada una de éstas, más de un inconveniente. Estos se encontraron inherentes en los sistemas y la naturaleza de sus mediciones, especialmente en cuanto a la exactitud de las mismas, con relación a los parámetros monitoreados para su funcionamiento en la orientación y posición.

Es claro que para ubicarse en la superficie del planeta, y aún en el espacio, se necesita un conjunto de puntos que sirvan de referencia, integrando un sistema que permita saber dónde se está. Al contar con un sistema ordenado, el trabajo se reduce a medir distancias relativas a puntos de referencia, sin

embargo, midiendo con inexactitud, nunca se logra ser exactos en el proceso de localización y orientación.

La idea original del Sistema de Posicionamiento Global GPS, nació en el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América; fue allí donde se decidió que era necesario dotar al personal militar norteamericano, de un sistema preciso para el posicionamiento global.

Esto obedece no sólo a que esta nación tiene injerencia en actividades militares alrededor del mundo, sino que, además, se hace necesario un sistema de guía avanzado para los novedosos sistemas de armas de alcance intercontinental, que se estaban desarrollando en los últimos años del siglo veinte. Se evidencia entonces, como características del sistema GPS su precisión y alcance global.

Según una publicación en la página de internet de la compañía Trimble, (compañía que se dedica entre otras cosas, a producir equipos electrónicos de navegación aérea), costó aproximadamente doce billones de dólares americanos construir y desarrollar el proyecto GPS, un precio aún barato para el sistema que cambió la forma de navegar en todo el mundo.

Se identifican algunas ideas importantes, tomando como base que para tener una guía de orientación y localización en el planeta, se debe definir un sistema de referencia; siendo, por medio de éste, que se ubican puntos fijos conocidos y se mide para saber dónde se localiza y hacia a donde se desplaza.

Lo anterior implica que a cada metro cuadrado de la superficie terrestre le corresponde una única e invariable dirección o coordenada. Así también, se necesita entonces localizar estos puntos fijos del sistema de referencia en algún lado, pero entonces la pregunta es ¿en dónde se hace?.

Esta pregunta lleva a otra idea importante: él por qué de considerar el desarrollo de un sistema con satélites, ¿cuál es la idea de desarrollar un sistema espacial?, ¿es posible acaso desarrollar un sistema sobre la superficie de la tierra que no demande la complejidad de la tecnología satelital, y que a su vez logre los mismos resultados?.

La característica del sistema GPS del uso de tecnología satelital, evita que se tengan problemas de carácter topográfico, en el funcionamiento del sistema. La superficie terrestre en algunas regiones es caprichosamente quebrada, Guatemala es un ejemplo típico de esto.

Si se quiere establecer cualquier tipo de sistema que tenga sus bases sobre la superficie terrestre, su contorno se convierte en un obstáculo muy grande, que crearía problemas de recepción, por obstrucción de las señales; así también, ¿cómo se puede establecer estaciones o antenas en los mares?, ¿Cómo se garantiza que las estaciones están a salvo de fenómenos, como huracanes, tormentas, terremotos?; y no fallen en los momentos cuando más se les necesita.

La respuesta a todos estos inconvenientes se presenta en la colocación de las estaciones en el espacio exterior. Sin embargo, no fue nada sencillo. Si bien es cierto, se evitaron muchos problemas, también se crearon otros más. Como es característica de los fenómenos tecnológicos actuales.

### **3.1.1. DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS**

El Sistema de Posicionamiento Global GPS, es un sistema de radio navegación mundial formado principalmente por una constelación de veinticuatro satélites y sus estaciones terrenas de monitoreo y control. Este sistema utiliza "estrellas hechas por el hombre" como puntos de referencia, para calcular posiciones con exactitud en la superficie del planeta. Con el uso de mediciones muy exactas y haciendo triangulaciones, el sistema permite obtener la posición de la persona o conjunto de personas usuarias del mismo.

Hoy en día, los receptores del sistema GPS son miniaturizados al tamaño de unos cuantos circuitos integrados, que son sumamente económicos. Esta ventaja hace que la tecnología se encuentre disponible para cualquier persona. En el mercado, se pueden encontrar receptores de GPS para medios de transporte terrestres, acuáticos y aéreos; equipos de construcción, maquinaria de granjas y en computadoras personales portátiles.

## **3.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA GPS**

### **3.2.1. LA BASE DEL GPS ES LA TRIANGULACIÓN DE SATELITES**

La idea principal del sistema GPS, es el uso de satélites en el espacio como puntos de referencia para obtener localizaciones en la superficie de la tierra, esto parece muy sencillo, pero presenta un problema sumamente grande, ya que la medición del tiempo de viaje de las señales debe ser desarrollada con extrema exactitud si se desea obtener una información de posición correcta.

Se sabe que si el proceso de medición es deficiente, el resultado de orientación y de posicionamiento es inexacto, y a este nivel de distancias en forma particular se producen errores grandes. Olvidando por un momento el problema que representa la exactitud de medición de éstos receptores, se explica cómo es que se hace una triangulación para la obtención de ésta posición.

Imaginando que se obtiene la posición exacta al usar tres satélites en cualquier momento y sobre un punto de la superficie terrestre, la distancia al primer satélite según una medición hipotética, a manera de ejemplo, es de once mil millas náuticas (distancia promedio de ubicación de la constelación de satélites).

La geometría elemental indica que la posición en el Universo del lugar de medición, con respecto al primer satélite, está en un punto sobre una esfera imaginaria que tiene como radio once mil millas y como centro el satélite del cual se obtiene la medición de distancia.

Luego, al obtener la medición del segundo satélite y encontrar que ésta es de doce mil millas, la variación de distancia es debido a que el segundo satélite se encuentra más alejado con relación al primero y aunque su distancia promedio de la superficie terrestre es de once mil millas, su ángulo de inclinación en el momento de la medición hace que se encuentre más alejado de la posición actual.

Siguiendo la construcción con geometría, se obtiene que la posición se encuentra también sobre la superficie de una esfera de radio, de doce mil millas y que tiene como centro el segundo satélite del cual se obtiene la información. Sabiendo lo anterior, se tiene que al interceptar dos esferas, se dibuja un círculo

posible de puntos, en cualquiera de los cuales se puede ubicar el lugar de medición.

Continuando con el proceso de medición se obtiene la tercera distancia de separación con respecto al satélite número tres; ésta distancia es hipotéticamente de trece mil millas, entonces se averigua que la posición del receptor está en la superficie de una esfera que tiene como radio trece mil millas y como centro, el tercer satélite del cual se obtiene la información.

Procediendo a interceptar las esferas, los puntos posibles de ubicación del receptor se reducen a dos, debido a que la tercera esfera corta el círculo de intercepción de las primeras dos en dos puntos.

Eliminando la posibilidad de un punto, por medio de su exclusión al considerarla una posición imposible o ridícula de acuerdo a la de la tierra, o que ésta posee un movimiento a una velocidad imposible de alcanzar; se tiene ya la posición actual del receptor a partir de tres mediciones.

El problema no termina, apenas se inicia, y como se enfoca más adelante, la medición de un cuarto satélite se hace necesaria. Cabe mencionar que no se considera que los satélites, por encontrarse en órbita, están en un movimiento constante, por lo mismo se tiene que medir instantáneamente la distancia, ya que ésta cambia en forma constante por el movimiento de las órbitas de los satélites.

La solución a este problema, se obtiene por medio de la medición del tiempo que tarda una señal de radio en viajar de un satélite al receptor. Es claro que al conocer el tiempo de viaje de la señal y la velocidad de la misma, se obtiene la distancia que se busca. En el caso específico del sistema GPS, se mide una señal de radio cuya velocidad es la de la luz, alcanzando 186,000 millas por segundo.

Como el problema se reduce a medir lapsos muy pequeños, que representan el tiempo de viaje de la señal de radio satélite-receptor; se evidencia que el problema de la medición del tiempo es muy complicado, debiéndose contar con relojes extremadamente precisos y sincronizados, para lograr un funcionamiento adecuado y mediciones correctas.

Cuando se considera el problema de la medición de distancia, si se cuenta ya con un satélite y un receptor perfectamente sincronizados, se tienen dos versiones de la misma medición de tiempo, una que se recibe del satélite y otra que se tiene en el receptor. La versión del satélite se encuentra demorada debido a que ésta información tiene que viajar un promedio de 11 mil millas para llegar al receptor.

Si se quiere saber cuánto está demorada la señal del satélite, hay que retrasar la señal del receptor para hacerlas perfectamente iguales. Cuando se efectúa esto, se encuentra el tiempo de viaje de la señal, y al multiplicar el resultado por la velocidad de la señal, se tiene la distancia que se busca. Esta es la forma básica en que el sistema GPS funciona.

Para realizar ésta función, los receptores y los satélites utilizan el Código Pseudo Aleatorio, que es sencillo en apariencia. Físicamente este código es una secuencia de pulsos de encendido y apagado. Este es tan complicado, que en la mayoría de los casos pareciera como un ruido eléctrico al azar, de allí su nombre de "random" en el idioma Inglés que significa aleatorio.

Existen sin embargo, razones de peso para esta complejidad, la primera de ellas, es precisamente la que asegura que el receptor no se encuentra sincronizado con alguna otra señal. Los patrones son tan complejos, que es absolutamente improbable que alguna otra señal extraña de cualquier tipo esté con la misma forma.

Se hace necesario que cada satélite posea su propio y único Código Pseudo Aleatorio. Esto garantiza que cada receptor discrimine sin error, la señal entre los diferentes satélites del sistema, evitando la confusión de señales propias. Además es en esta forma que los satélites pueden usar la misma frecuencia de transmisión, sin interferir unos con otros.

Desde el punto de vista militar, esto posee otra ventaja más, que es la complejidad y variación del código, que evita eficazmente que una fuerza hostil logre interferencia en las señales originales. Este código especial permite que el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América, tenga la exclusividad del acceso al sistema.

Existen ventajas de otro tipo que son factores de importancia, una de ellas es que las características de este código, logran hacer el sistema muy económico, pues permiten el uso de la "teoría de la información" para amplificar las señales, de esta forma, los receptores no necesitan gran dimensión de antena para captar las señales.

Se menciona que el tiempo es importante para el funcionamiento del sistema, pues un error en una milésima de segundo, puede repercutir en un error de distancia de 200 millas y ésta no es la precisión que se requiere en lo absoluto. Los satélites fueron provistos de relojes atómicos, por lo que son extremadamente precisos en sus mediciones.

El problema entonces radica, que en cada receptor se debe tener un reloj atómico sumamente costoso para lograr la medición en forma exacta; esto es caro y poco práctico; los diseñadores del sistema se las ingeniaron con un truco brillante, que permite obtener relojes precisos en los receptores, haciéndolos tan prácticos como un reloj atómico.

El secreto es la utilización de un satélite extra de medición de tiempo, se supone que tres perfectas mediciones pueden ubicar un punto en el espacio tridimensional, entonces cuatro mediciones imperfectas hacen la misma cosa.

### **3.3. PROBLEMAS EN LOS SATELITES**

A pesar de lo sofisticado de la construcción y funcionamiento de los satélites, éstos no están libres de poseer pequeños errores que se introducen en el sistema. Los relojes atómicos son muy precisos, pero no perfectos. Discrepancias de minutos pueden ocurrir y trasladarse en errores de medición en el viaje de la señal. No obstante que los satélites están siendo constantemente moni-toreados, no pueden ser chequeados cada segundo; De esta forma pueden filtrarse errores efeméricos y de desizamiento entre cada período de chequeo.

La geometría básica por sí misma, puede magnificar otros errores con un principio llamado Disolución Geométrica de la Precisión (GDOP, por sus siglas en Inglés). Pareciera ser muy complicado por el nombre que ostenta, pero en realidad es simple. Por lo general existen mucho más satélites que los que se necesitan

para establecer el punto de recepción, así un receptor canaliza unos satélites e ignora otros. Si por casualidad canaliza satélites que están muy juntos en el cielo, la intersección de las esferas que definen la posición, caerán en ángulos muy tendidos. Esto incrementa el área gris o margen de error en una posición.

Si por el contrario, los satélites se encuentran ampliamente separados, las esferas de intersección que definen, se interceptan con ángulos cercanos a los rectos, esto minimiza la región de error, y, por lo mismo aumenta la exactitud de la medición. De cualquier forma, los buenos receptores detectarán que recepciones dan el menor error debido a la Disolución Geométrica de la Precisión, contribuyendo a eliminarlo.

Quizás resulte difícil creer que el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, aún después de haber gastado doce billones de dólares americanos en la creación y perfeccionamiento de este complicado y exacto sistema de posicionamiento satelital, lo degrade intencionalmente en su exactitud; pero existe la política de "Aprovechamiento Selectivo" (SA, por sus siglas en inglés) y la idea detrás de ella, es asegurar que una fuerza hostil pueda usar el GPS para fabricar armas de precisión, que se use en contra de los Estados Unidos.

Básicamente, el Departamento de Defensa introduce ruido de los relojes de los satélites, éste ocasiona una inexactitud en los cálculos de posición. De esta forma el gobierno norteamericano, puede estar enviando datos erróneos de deslizamiento de órbita a los satélites, los cuales los transferirán a los receptores en tierra, como parte del estatus del mensaje. Es así, que todos estos factores hacen que el aprovechamiento selectivo sea la fuente de mayor error en la exactitud del sistema.

Los receptores militares utilizan una llave que descodifica y remueve los errores del aprovechamiento selectivo, haciéndolos mucho más exactos que los receptores civiles. Afortunadamente todas estas inexactitudes permanecen sin representar un error demasiado grande y utilizando una técnica llamada GPS Diferencial, se puede reducir estos problemas en forma significativa. Esta variante del sistema será descrita con amplitud posteriormente, en este trabajo.

### 3.4. ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS

Este sistema se estructura en tres segmentos mayores, que se denominan el segmento del usuario, el segmento del espacio y el segmento de control. El Segmento del Espacio consiste en una constelación de 24 satélites llamados Navstar. Cada satélite transmite códigos satelitales de radiofrecuencia y mensajes de datos de navegación.

El Segmento de Control, está compuesto por una red de monitoreo y facilidades de control, los cuales son usados para manejar la constelación de satélites y actualizar los mensajes de navegación de los mismos. El Segmento del Usuario consiste de una variedad de receptores específicamente diseñados para recibir, decodificar y procesar los códigos y mensajes de navegación, que emiten los satélites GPS.

Existen dos clases principales de usuarios: los militares y civiles. A continuación se describe cada uno de los segmentos del sistema, ubicando las características importantes de funcionamiento.

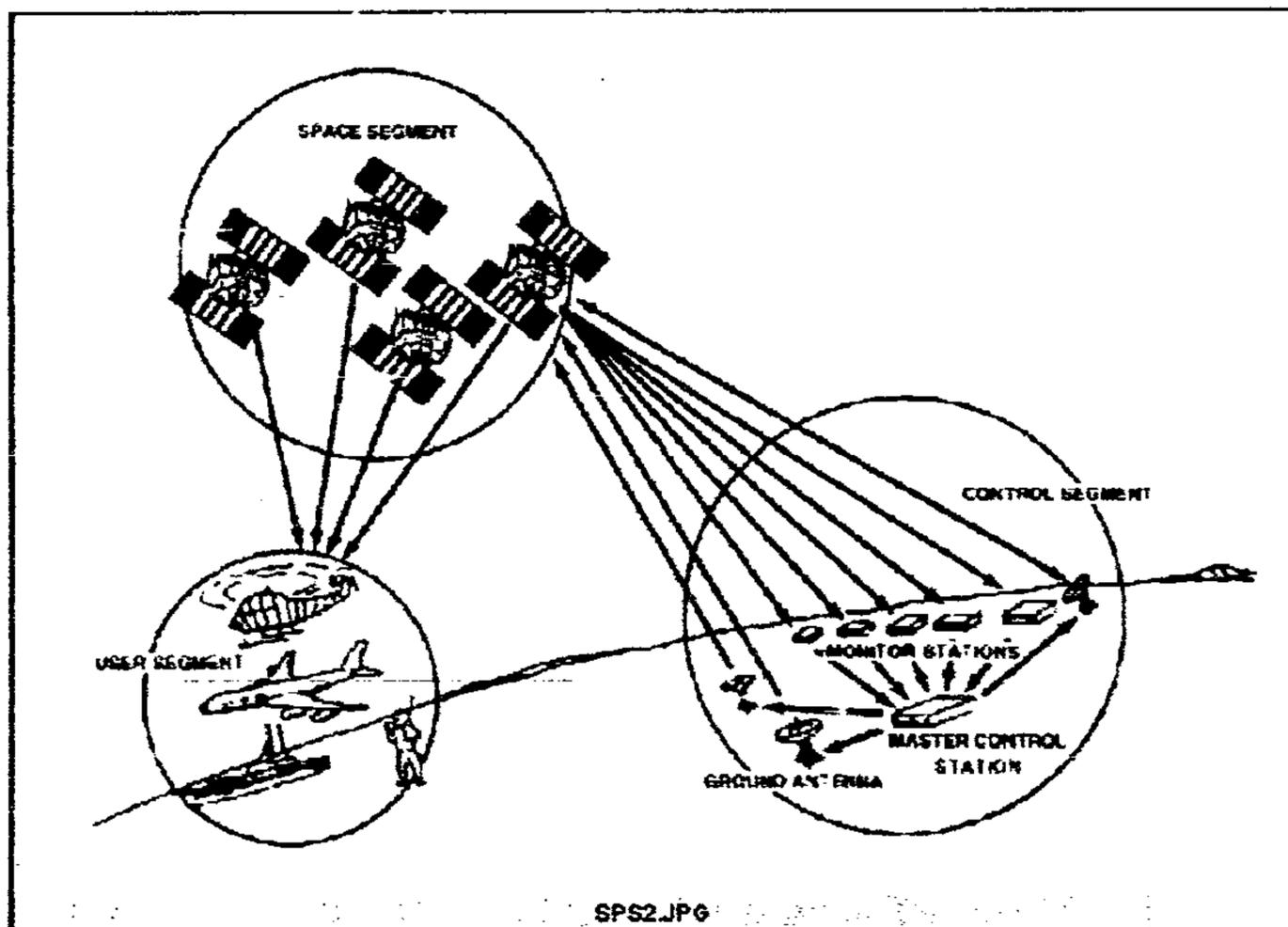


Imagen 7. Estructura del GPS.

### 3.4.1. El Segmento del Espacio

Este Segmento, necesita como mínimo, de 24 satélites Navstar para funcionar a toda la capacidad militar, para la que fue diseñado. Estos satélites se encuentran ubicados en órbitas semisincrónicas, de aproximadamente doce horas de duración. La razón del número de satélites estriba en que su distribución alrededor del planeta en ese número, garantiza la cobertura necesaria para la operación del sistema en cualquier punto de la superficie del planeta, al rendimiento requerido de las operaciones militares y con el nivel de precisión deseado.

La distribución de los satélites fue diseñada mediante un arreglo de seis planos orbitales con cuatro satélites en cada plano, teniendo cada uno de ellos una inclinación de 55 grados relativos al ecuador. Debido a su distribución, los satélites tienen que mantener órbitas semisincrónicas en su trayectoria alrededor del planeta, esto con el objeto de lograr abarcar la totalidad de la superficie.

La cobertura total de la superficie terrestre, no es posible alcanzarla con una cantidad de satélites menor o una distribución diferente; por ejemplo, en el caso de mantener los satélites en su totalidad en órbitas geoestacionarias, no se lograría la recepción de la señal satelital en los polos.

Los satélites tienen un promedio de altitud en su órbita de 20200 kilómetros lo que nos dan aproximadamente 10900 millas náuticas, completando una órbita aproximadamente en 11 horas y 58 minutos.

Desde la tierra, los satélites demarcan una trayectoria cuando ésta se mueve por debajo de ellos, repitiendo el patrón cada 23 horas y 56 minutos, por lo que un usuario ubicado en una posición fija sobre la tierra, observará el mismo satélite cada día, pasando a través de la misma trayectoria en el cielo, pero el satélite aparecerá y se ocultará cuatro minutos antes cada día; lo anterior debido por supuesto, a la diferencia de cuatro minutos en el período rotacional de la tierra que equivale a un poco más de dos períodos orbitales de los satélites.

A continuación se presenta una ilustración que muestra la distribución orbital de los satélites y una numeración teórica de los mismos. Con fines de

ilustración, se advierte la posición en un momento dado, con la separación que garantiza la cobertura total del planeta, así como el apareamiento simultáneo de un mínimo número de satélites en cualquier punto de la superficie terrestre, que permitan la navegación tridimensional precisa, para lo que fue diseñado.

Los satélites transmiten señales satelitales en dos bandas de frecuencias: el enlace número uno ( L1, por su traducción del idioma Inglés) a 1575.42 MHz. y el enlace número dos ( L2, por sus siglas en inglés) a una frecuencia de 1227.6 MHz.

Como se observa, que las frecuencias de transmisión de las señales son muy altas. Dentro de las razones del por qué de estas elevadas frecuencias, cabe resaltar que ésta no sólo es por la dificultad que presenta a cualquier país enemigo para intervenirla o interferirla, sino que a su vez entre mayor frecuencia se tenga mayor energía tiene la señal.

Considerando la enorme distancia que tienen que viajar desde el espacio hacia los receptores, atravesando la atmósfera en su totalidad, esta elevada frecuencia se hace conveniente para tener la mínima interferencia y alteración de la señal posibles, causadas por razones atmosféricas.

Estas señales son transmitidas utilizando técnicas de dispersión espectrales, empleando dos diferentes códigos de transmisión: uno denominado código de adquisición tosca ( C/A, por sus siglas en Inglés), el cuál está inmerso en la señal de enlace número uno a una frecuencia de 1.023 MHz y otro de 10.23 MHz denominado código de precisión ( código P), sobre ambas señales de enlaces L1 y L2.

Cada uno de los códigos, puede ser usado para determinar la distancia entre el satélite y el receptor del usuario. Sin embargo, es el código P el que se encuentra en forma encriptada y es aprovechable solamente para aquellos usuarios autorizados que poseen o conocen la forma de decodificarlo.

Esta forma de ocultar el código de precisión, fue ideado con fines de seguridad, para evitar que un país enemigo utilice el sistema como guía de un arma en contra de los Estados Unidos y le permita alcanzar objetivos especiales con elevada precisión.

### **3.4.2. EL SEGMENTO DE CONTROL**

El Segmento de Control primario, consiste de una estación maestra, ubicada en la base aérea Flacón, en Colorado Springs, Estados Unidos. Las estaciones de monitoreo y las antenas terrestres de control están ubicadas en varios lugares alrededor del mundo.

Las estaciones de monitoreo están ubicadas en la base aérea Flacón, Hawai, Kwajalein, Diego García y Ascensión, todas las estaciones a excepción de las primeras dos, están también equipadas con poderosas antenas terrestres. El segmento de control también incluye la estación de compatibilidad prelanzamiento, ubicada en Cabo Cañaveral, Florida, Estados Unidos, y equipo de grabación y registro de seguridad de los datos.

La estación de compatibilidad prelanzamiento, tiene como misión, garantizar que los nuevos satélites que reemplazarán a los predecesores, sean capaces de operar en los estándares establecidos que garanticen la continuidad del sistema.

La estación maestra de control, es la unidad de procesamiento central para el segmento de control, y es responsable por el monitoreo y manejo de la constelación de los satélites. Dentro de sus funciones, también incluye el manejo y supervisión de la estación de control de maniobras de mantenimiento, reconfiguración y equipo redundante de los satélites.

Además tiene injerencia directa en la actualización de los mensajes de navegación transmitidos por los satélites y todas aquellas actividades que aseguran el mantenimiento operativo de los mismos.

Las estaciones de monitoreo, vigilan a todos los satélites y colectan un conjunto de datos de cada uno, necesarios para evaluar su estado de funcionamiento. Esta información es transmitida a la estación maestra, cuando los parámetros de sincronía del reloj y de trayectoria orbital de los satélites sea la necesitada.

La estación maestra utiliza las antenas periódicamente para cargar los datos de trayectoria orbital y reloj, para cada satélite, esto a efecto de que sea retransmitida en el mensaje de navegación.

Las comunicaciones entre la estación maestra, las estaciones de monitoreo y las antenas terrestres, se hacen por medio del sistema de comunicaciones vía satélite del Sistema de Comunicaciones Satelitales de Defensa de los Estados Unidos, éste es independiente totalmente del GPS.

El sistema de compatibilidad prelanzamiento, opera bajo el control de la estación maestra, para efectuar pruebas de los satélites GPS por medio de una interface de cable. Este sistema también incluye un equipo con capacidad de radiotransmisor.

La red de control mundial de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, consiste de una red multipropósito basada en antenas de tierra y facilidades satelitales. Varios recursos de esta red ayudan al soporte del GPS, pero no son dedicados exclusivamente a éste.

Tenemos en la siguiente figura la ubicación de las estaciones del segmento de control alrededor del mundo, se puede apreciar la distribución de las mismas cercana al ecuador, esto facilita su función al abarcar la totalidad de los satélites en cualquier momento.

### **3.5.3. EL SEGMENTO DEL USUARIO**

Este segmento, se integra de receptores específicamente diseñados para recibir, decodificar y procesar las señales GPS.

Los receptores pueden estar aislados o integrados con otros sistemas circundantes; estos pueden variar significativamente en diseño y función, dependiendo de sus aplicaciones para la navegación, exactitud de posicionamiento, transferencia de tiempo, vigilancia y referencia de actitudes de vuelo.

### **3.5. CLASES DE SERVICIO QUE PROPORCIONA EL SISTEMA GPS**

Existen dos clases de servicio que proporciona el GPS, el de posicionamiento preciso y el de posicionamiento estándar. El primero denominado PPS, ( por sus siglas en idioma Inglés), es un servicio de cronometraje, posicionamiento y velocidad que es aprovechable sólo para usuarios autorizados.

Este sistema es enfocado solo para propósitos militares, la autorización para su uso es determinada por el Departamento de Estado de los Estados Unidos, basándose en lineamientos de reglamentación interior y acuerdos internacionales de defensa. Dentro de los usuarios autorizados del Posicionamiento preciso, se incluyen los militares estadounidenses, los de la OTAN, militares selectos y algunos civiles, tales como las Fuerzas de Defensa Australianas y la Agencia de Mapeo de Defensa Estadounidense.

El Sistema de Posicionamiento Estándar (PPS), está diseñado para proveer un error de 16 metros esférico probable SEP y cronometraje de 100 nanosegundos (un sigma) de transferencia para los usuarios autorizados. Esto significa en condiciones normales de operación, 37 metros y 197 nanosegundos como límite observado en el 95% de las veces experimentadas.

Con este nivel de servicio se puede captar un cambio mínimo 0.2 metros por segundo en la exactitud de velocidad de cualquier objeto, pero esto depende del diseño del receptor que se emplee. El acceso al PPS es controlado de dos maneras utilizando técnicas criptográficas.

Estas técnicas se denominan Aprovechamiento Selectivo, y son usadas para reducir la exactitud del sistema GPS en cuanto a velocidad, posición y cronometraje, para aquellos usuarios no autorizados. Esta técnica opera al introducir errores pseudo aleatorios en las señales de los satélites.

La segunda técnica es activada en todos los satélites, para negar el engaño potencial de las señales de medición satelitales. Esta es la que encripta el código de precisión (P) convirtiéndolo en el código Y. Los usuarios pueden darse cuenta inmediatamente que el código C/A no está protegido de forma alguna. Las llaves de encriptamiento y las técnicas son provistas a los usuarios del PPS, esto permite

remover tanto aprovechamiento selectivo y obtener un máximo de exactitud en el sistema.

Los usuarios del PPS, que tengan receptores que no han sido provistos de la llave correcta para eliminar estos errores de encriptamiento, pueden funcionar con la utilización del SPS. La exactitud máxima del GPS es obtenida utilizando el código de precisión ( P ) en ambas señales de enlace L1 y L2.

El servicio de posicionamiento estándar (SPS), es de cronometraje y posicionamiento menos exacto que el PPS y está disponible para todos los usuarios. En tiempos de paz, el nivel de aprovechamiento selectivo, es controlado para proveer un 95% de exactitud horizontal y un 95% de exactitud en navegación tridimensional.

Los receptores del Servicio de Posicionamiento Estándar, pueden alcanzar aproximadamente una exactitud del 95% con un margen de sólo 337 nanosegundos de error en la transferencia del tiempo universal coordinado.

Solamente el Presidente de los Estados Unidos, actuando con la autoridad del comando de la nación, tiene la autoridad de cambiar el nivel de Aprovechamiento Selectivo a otro que no sea el ajustado para los tiempos de paz. El servicio de posicionamiento estándar es primariamente enfocado para propósitos civiles (como la navegación aérea comercial), sin importar que tiene un potencial uso militar en tiempo de paz.

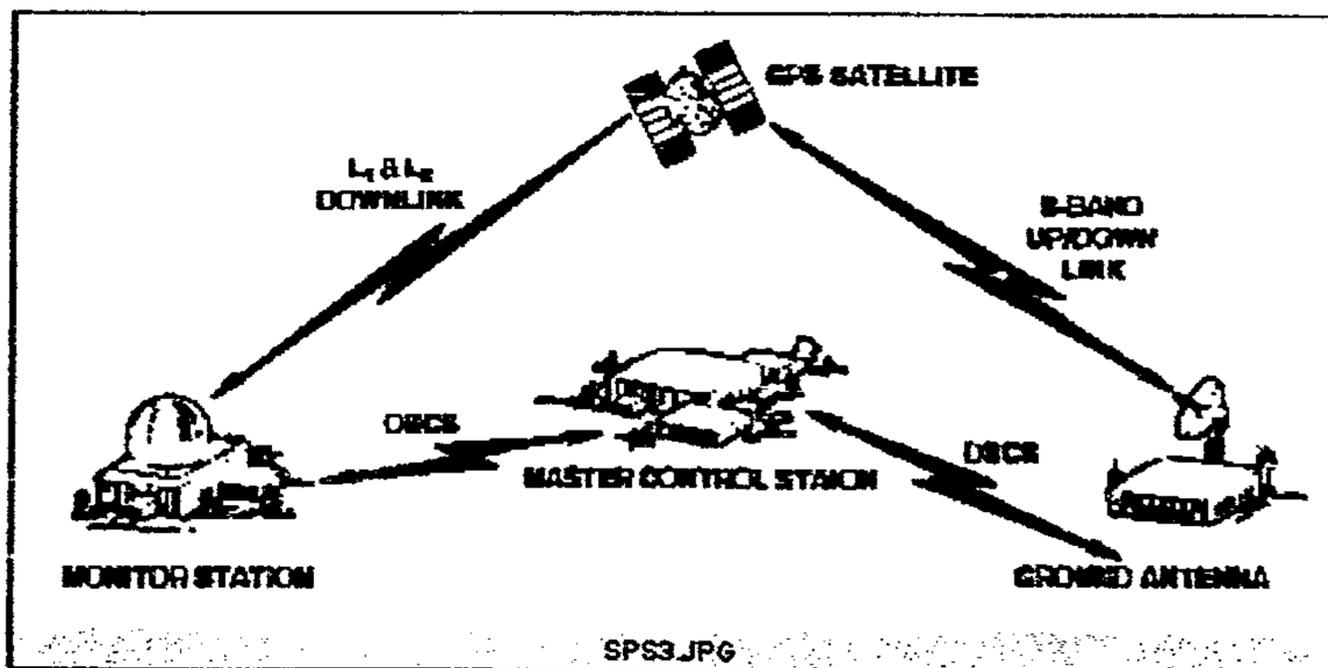


Imagen 8. Segmento de control

## CAPITULO IV

4. Las ciencias que más se benefician directamente de la fotografía aérea, tanto convencional como la satelital, son la Cartografía y la Geodesia, ya que dependen de ella para cumplir con sus propósitos.

### 4.1. CARTOGRAFÍA

Cartografía, arte y ciencia de trazar mapas. "La cartografía es la más científica de las artes y la más artística de las ciencias"<sup>14</sup> "La humanidad ha inventado tres grandes formas de comunicación: el idioma, la música y los mapas"<sup>15</sup>. Pero la más antigua de las tres es la cartografía.

La cartografía o trazado de mapas es, al mismo tiempo, un conjunto de técnicas y una materia de estudio académico. La realización de mapas requería tradicionalmente:

- 1) Saber encontrar y seleccionar la información sobre diferentes aspectos de la geografía, a partir de fuentes diversas, para después sintetizar los resultados en un único grupo de datos, consistente y preciso.
- 2) Técnicas y habilidades de diseño con el fin de crear un mapa final que consiga representar con fidelidad la información, para que los lectores, que poseen diferentes grados de habilidad en la lectura de mapas, puedan interpretarlo correctamente.
- 3) Destreza manual y técnicas de diseño gráfico para simplificar y dibujar la información mediante símbolos, líneas y colores, de modo que el amontonamiento o el desorden sean mínimos, y el mapa resulte legible.

---

<sup>14</sup> Manual de cartografía, Paul Therut.

<sup>15</sup> *idem.*

Pero los mapas no sólo son creaciones artísticas que muestran las habilidades de sus creadores, sino que son, al mismo tiempo, documentos históricos y sociológicos. Así, los primeros mapas producidos por instituciones cartográficas oficiales, a comienzos del siglo XIX, suponen un archivo de información de vital importancia sobre la evolución del paisaje, hasta nuestros días, ya que muestran industrias olvidadas y antiguas líneas de ferrocarril o caminos, hoy abandonados. Estos mapas proporcionan pruebas sobre tierras que pueden estar contaminadas debido a la utilización que de ellas se hizo en el pasado.

No existe un modo correcto de trazar mapas. El modo depende de las herramientas de las que dispone el cartógrafo, del propósito del mapa y de la base de conocimientos. Sin embargo, sí existen diversos métodos empíricos que pueden servir de guía al cartógrafo.

#### **4.1.1. DIFERENTES TIPOS DE MAPAS.**

Hay que tener en cuenta, también, que los diferentes tipos de mapas requieren un tratamiento distinto y diferentes técnicas para su realización.

La subdivisión más corriente es la que se realiza entre los mapas topográficos y los mapas temáticos. Los primeros muestran la distribución y asociación espacial de varios rasgos naturales o artificiales del paisaje, como las fronteras, las redes de transporte (carreteras, líneas de ferrocarril, canales, senderos y aeropuertos), los cursos y macas de agua (ríos y lagos), los asentamientos humanos (pueblos y ciudades), la forma y altitud del terreno y otros.

A diferencia de los anteriores, los mapas temáticos se centran en las variaciones espaciales y en la fisonomía que presenta un solo atributo, o en la relación existente entre varios. No hay límites en cuanto al contenido de los mapas temáticos, los cuales pueden reflejar tanto la geología de una zona, como el porcentaje de población escolarizada en un tiempo determinado, o el resultado de las últimas elecciones generales.

Pero esta distinción no tiene mucho sentido, ya que el mapa topográfico es en sí mismo, un mapa temático, y muchos mapas temáticos podrían incluirse en la categoría de topográficos.

Una distinción más sustancial es la que se realiza entre los mapas de gran y pequeña escala. Los mapas temáticos se realizan generalmente a pequeña escala, donde la exactitud en el posicionamiento del elemento que se representa, no es tan importante como reflejar correctamente las características estructurales básicas de distribución, de ese elemento en el espacio. Pero cuando el área de estudio es un espacio más concreto, como el de una ciudad, los mapas suelen tener una escala relativamente grande.

Éstos muestran un detalle mayor, reflejando, por ejemplo, el tipo de terreno y las propiedades de las fincas. Estos mapas suelen realizarse a escalas entre 1:500 y 1:5.000 y no se necesita generalizar o simplificar mucho la información recogida. El usuario sólo necesita poseer una ligera noción sobre el tipo de proyección que se ha utilizado.

Por el contrario, los mapas de pequeña escala suelen aparecer con unos niveles elevados de generalización o simplificación. Las carreteras y otros elementos pueden llegar a moverse de sitio, con el fin de evitar el amontonamiento de información y facilitar la legibilidad del mapa, siempre que los diferentes elementos que lo componen, se hallen a la misma distancia entre sí.

En los casos más extremos (mapas de escala 1:1.000.000 y más pequeñas) el resultado es, a menudo, una caricatura que tiene más el valor de una ilustración, ya que la información cuantitativa, que se puede obtener de este tipo de mapas (como, por ejemplo, la distancia entre dos lugares), resulta imprecisa.

La diferenciación entre mapas de pequeña y gran escala es arbitraria y, así, algunos países consideran gran escala a partir de 1:10.000, mientras que para otros sería a partir de 1:25.000.

Los mapas también pueden clasificarse en función del tipo de proyección que se utiliza. Éste determina tanto la apariencia como las propiedades y la fiabilidad del mapa.

#### 4.1.2. EL NACIMIENTO DE LA NUEVA CARTOGAFÍA

La antigua cartografía floreció tras la invención de la imprenta. Durante cinco siglos, los cartógrafos diseñaron los mapas sobre papel. Los métodos con los que creaban la imagen que iba a ser impresa evolucionaron, desde el grabado sobre arcilla y cobre, hasta los trazados en plástico y la creación de las máscaras de color por medio de sofisticadas técnicas fotográficas.

En los últimos treinta años, y sobre todo desde 1990, la situación de la cartografía ha cambiado de forma radical debido a la introducción de ordenadores (computadoras). Los primeros trabajos de este tipo los realizaron meteorólogos y biólogos en Suecia, Gran Bretaña y Estados Unidos. Pero los trabajos más importantes los llevaron a cabo británicos y estadounidenses, durante el período de 1968 a 1973, extendiéndose más tarde a todo el mundo.

Toda esta labor de investigación dio lugar a cambios significativos, que han transformado definitivamente la cartografía. Entre otros podemos señalar los siguientes:

- 1) Los mapas se realizan ahora, generalmente, a partir de las bases informatizadas de datos. El ordenador (computadora) ya no se utiliza sólo para automatizar las técnicas cartográficas de trazado tradicionales, sino que se ha convertido en un instrumento que controla la cantidad y calidad de los datos, los fusiona, selecciona aquellos que puedan resultar de mayor interés y refleja los resultados del modo en que desea el usuario.
- 2) La adaptación de los resultados a las demandas de los clientes potenciales es algo corriente. Así, en algunos países se ha conseguido que el cliente pueda seleccionar en la pantalla de una computadora un área que le interese y que el mapa adopte la forma que él desee. El mapa se imprime en papel y su contenido dependerá de la elección del usuario y de la escala que escoja, entre unos límites aproximados de 1:100 a 1:5.000.
- 3) Los mapas virtuales son algo comunes hoy en día. Estos mapas se visualizan en la pantalla y no pueden imprimirse en papel.
- 4) Los programas de ordenador (computadora) y los datos para realizar este tipo de mapas son cada vez más accesibles al público. Debido a todas estas razones,

existen ahora más mapas que nunca. Estos mapas los realizan a menudo personas que no tienen ninguna preparación cartográfica.

Algunos de estos mapas se alejan mucho del antiguo estilo de mapa lineal. Las distorsiones geométricas de la fotografía aérea y de las imágenes de satélite, pueden corregirse ahora con programas informáticos y obtener una resolución excelente para algunos lugares en los que los mapas anteriores se habían quedado anticuados, por no reflejar los cambios producidos, o para ciertos tipos de paisajes como estuarios y otros humedales.

#### **4.1.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

En el período anterior a 1985, las diferentes funciones de los profesionales de la cartografía topográfica estaban claras. Los geodestas realizaban lecturas detalladas con instrumentos y computaban los elementos que definían la forma básica del paisaje. A partir de esta información, los topógrafos completaban los detalles en el terreno y los operadores de fotogrametría proporcionaban un mapa previo, utilizando la fotografía aérea.

Los cartógrafos reconducían sus esfuerzos y presentaban todos estos datos de manera atractiva, al tiempo que comunicaban la información de forma efectiva, evitando cualquier tipo de ambigüedad. Otros especialistas, como los geólogos, utilizaban estos mapas como base sobre la cual volcaban aquellos detalles que tenían interés para ellos.

Sin embargo, en la última década, esta estructura se ha visto trastocada por la utilización de las nuevas tecnologías; la mayor parte del trabajo que exigía un cierto nivel de destreza ha ido desapareciendo debido a la información proporcionada por los satélites del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y debido a los nuevos equipos de medición geodésica.

Se han construido bases de datos en los programas de las computadoras, que les permiten producir mapas con una calidad, legibilidad y rapidez superiores a las que se obtenían con antiguas técnicas.

El uso generalizado de los ordenadores o computadoras, ha dado paso al desarrollo de un nuevo grupo de instrumentos denominados Sistemas de Información Geográfica ( SIG ). El primero se creó en Canadá en 1965, con el fin de realizar un inventario sobre la fauna y flora de todo el país. Actualmente, existen muchos miles en funcionamiento en el mundo y su número está creciendo aproximadamente en un 20% anual.

La información que se puede pedir, o a la que puede responder un Sistema de Información Geográfica, es infinita, si se consideran todos los aspectos relacionados con la realidad física y las diferentes actividades humanas. Sin embargo, sería útil resumir sus posibilidades diciendo que es capaz de responder a los siguientes tipos de preguntas:

- 1) Preguntas puntuales, ¿qué hay en...?: por ejemplo, ¿qué tipo de suelo existe en la latitud X, longitud Y? o ¿cuál es la población de un distrito o circunscripción electoral?
- 2) Dirección, ¿cómo puedo ir desde... hasta...?: por ejemplo: Dame instrucciones detalladas para ir conduciendo desde la calle Alcalá, en Madrid, hasta la Place de la Concorde, en París.
- 3) Localización, ¿dónde está... verdadero/falso?: por ejemplo, ¿en qué parte del país o del mundo puedo encontrar cultivos del tipo A que crezcan en los suelos de tipo X?
- 4) Evolución, ¿qué ha cambiado desde...?: por ejemplo, ¿cuánto ha cambiado la extensión de la selva en los últimos 20 años?
- 5) Condición para localización, ¿qué pauta espacial existe?: por ejemplo, ¿dónde se produce la mayor concentración de mortalidad infantil debida a un tipo de cáncer determinado?
- 6) Previsiones, ¿Qué pasaría si?: por ejemplo, ¿qué pasaría si añadimos otra carretera secundaria a la autopista que rodea la capital?, ¿cuánto se incrementaría el tráfico y dónde tendrían lugar los cambios?

Pero la verdadera ventaja de los SIG, es que son los únicos instrumentos que pueden reunir la información geográfica que se ha recogido de forma independiente, por diferentes instrumentos (digitalizando, con bases de datos,

escáner, etc), y desde diferentes organizaciones, que tradicionalmente elaboraban esa información sólo para sus propios fines. Los SIG superponen capas con un tipo de información determinada en cada una de ellas, registrando las características de áreas comunes.

Si existen dos grupos de datos de un país, como por ejemplo suelos o productividad de los cultivos, tenemos una combinación. Sin embargo, si existen 20 grupos de datos diferentes tendríamos 120 pares de combinaciones y más de un millón de combinaciones en total. Gracias a estos sistemas podemos fusionar todas las capas en una sola y, así, utilizarse para muchos más fines que si estuvieran recogidos en bases de datos independientes.

Pero, ¿qué supone esto para la cartografía? En primer lugar, constituye un verdadero desarrollo para las organizaciones cartográficas estatales, ya que asegura que sus datos se utilizarán con mayor amplitud. Pero los efectos del SIG van mucho más allá. Por ejemplo, el mapa tradicional, aunque contiene grandes cantidades de información y es más apto para la utilización sobre el terreno, presenta dificultades a la hora de extraer de él, diferentes tipos de información, y de combinar ésta para darle un sentido y adaptarse a las necesidades individuales.

Por otro lado, el mapa sigue siendo el mejor método de representar las variaciones geográficas, de un modo que pueda ser comprendido con rapidez por diferentes personas. La combinación de un SIG, "instrumento para explorar, seleccionar y analizar la información", con la cartografía automatizada está asegurando la rápida expansión de los mapas.

## **4.2. GEODESIA**

Ciencia matemática que tiene por objeto determinar la forma y dimensiones de la Tierra. Muy útil cuando se aplica con fines de control, es decir, para establecer la ordenación de tierras, los límites de suelo edificable o verificar las dimensiones de las obras construidas. La topografía de los terrenos, los elementos naturales y artificiales como embalses, puentes y carreteras, se representan en los mapas gracias a los levantamientos geodésicos.

Las mediciones en un estudio topográfico son lineales y angulares, y se basan en principios de geometría y trigonometría, tanto plana como esférica. En la actualidad, se utilizan satélites artificiales para determinar la distribución irregular de masas en el interior de la Tierra, así como su forma y dimensiones a partir de las irregularidades en sus órbitas.

#### **4.2.1. INSTRUMENTOS DE MEDIDA**

Las longitudes horizontales se miden con reglas o cintas calibradas y, a veces, con sistemas electrónicos que registran el tiempo que tardan en desplazarse, entre dos puntos, las ondas de luz o radio. Las mediciones de longitudes verticales se realizan con una mira vertical graduada para determinar las diferencias de nivel y de altitud.

El nivel de ingeniero consiste en un telescopio montado sobre un trípode plegable, equipado con un nivel de burbuja y una retícula que se utiliza para ver las graduaciones en la mira. Los ángulos horizontales y verticales se miden con un teodolito, telescopio montado sobre un trípode plegable con un limbo vertical y otro horizontal, cuyos círculos graduados indican los ángulos en grados, minutos y segundos.

Los distanciómetros o aparatos electrónicos de medida de distancias, pueden dar resultados muy exactos, con una resolución entre 1 y 6 partes por millón (error relativo). Así, por ejemplo, un error de 5 partes por millón (ppm) representa 5mm/km. También se están desarrollando aparatos electrónicos de gran precisión, para la medida de ángulos.

Los teodolitos utilizan lentes que permiten un mayor aumento y pueden ser, además, más pequeños que los anteriores. Estos instrumentos son cada vez más exactos, siendo capaces de medir centésimas de segundo de arco. Para nivelaciones diferenciales se usa también un nivel de ingeniero automático, que utiliza un prisma pendular o una luz reflectante.

#### **4.2.2. MEDIDAS EN EL PLANO**

Los estudios topográficos planos, consideran cualquier pequeño segmento del terreno o del agua como un plano horizontal. Tales mediciones suelen proyectarse y calcularse en un sistema de coordenadas rectangular horizontal, con una orientación norte-sur y este-oeste, aunque la cuadrícula puede estar orientada en una dirección arbitraria, que resulte más conveniente que la geográfica real.

A partir de una estación o punto de origen de coordenadas asignadas, se mide la distancia horizontal hasta otro punto y después hasta otro haciendo un itinerario, para finalmente acercarse de nuevo al punto original o a cualquier otro punto de coordenadas conocidas.

Una sucesión de estas líneas o recorridos, conforma una línea quebrada o poligonal. Los ángulos horizontales entre estaciones sucesivas, se miden con un teodolito en cada estación o vértice. Por tanto, a partir de una dirección inicial conocida o asignada arbitrariamente, pueden calcularse las direcciones sucesivas. Para determinar las coordenadas de las estaciones en la poligonal, se utilizan cálculos de geometría y trigonometría plana.

La distancia al norte o al sur de una línea poligonal es su longitud multiplicada por el coseno del ángulo de dirección; la distancia al este o al oeste del itinerario de una línea poligonal es su longitud multiplicada por el seno del ángulo de dirección. Las coordenadas permiten trazar los ejes a cualquier escala en una cuadrícula, y esto puede servir para el posterior trazado o control de otros detalles dibujados en un mapa o carta geográfica.

En lugar de una poligonal puede utilizarse una triangulación, midiendo sólo una línea de base, pero calculando después todos los ángulos en una cadena de triángulos y las coordenadas de los vértices sucesivos. En la actualidad, el avance de la distanciometría electrónica permite observar todos los ángulos y todos los lados (triangulación y trilateración). La elección de la poligonal o de la triangulación dependerá del tipo de terreno en el que estemos trabajando.

### **4.2.3. LEVANTAMIENTO GEODÉSICO**

Para áreas extensas, las mediciones topográficas tienen en cuenta la forma básica de la Tierra, el geoide (casi esférica), por lo que se les denomina levantamientos geodésicos. Se basan en un meridiano norte-sur verdadero, definido por el eje de rotación de la Tierra y se apoyan en la geometría esférica.

En Estados Unidos, por ejemplo, existen sistemas de coordenadas planas en casi todos los estados, con conversiones de coordenadas planas a coordenadas geodésicas realizadas mediante relaciones tabuladas. Un ejemplo típico de esta clase de alzado, es el trazado de un camino o carretera de muchos kilómetros de recorrido, con lo cual necesita un ajuste geodésico para evitar la acumulación de errores provocados por la convergencia de los meridianos.

### **4.2.4. LEVANTAMIENTOS CATASTRALES**

Los levantamientos catastrales del terreno, se realizan para establecer los límites de su extensión, colocando indicadores y postes en los vértices para determinar las coordenadas de dichos puntos y obtener, así, la información necesaria del área y sus límites. Estas medidas tienen que constar en los datos de escritura de un terreno, y también son necesarias para trazar y reflejar en un gráfico las áreas de la propiedad.

Los levantamientos topográficos de propiedades se realizan con un elevado grado de precisión, colocando en las esquinas hitos permanentes, visibles y recuperables. Estos indicadores son convenientes para el registro público de la propiedad y para asegurar el título de propiedad correcto para el propietario legítimo del terreno. Además de las técnicas de levantamiento topográfico, los topógrafos o agrimensores deben conocer la legislación sobre la propiedad; la ley exige, generalmente, que estos profesionales estén registrados.

#### **4.2.5. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

Los levantamientos topográficos son tridimensionales, utilizan técnicas de levantamiento geodésico plano y otras especiales para establecer un control tanto vertical como horizontal. La configuración del terreno y de los elementos artificiales o naturales que hay en él, se localizan a través de medidas que se representan en una hoja plana para configurar un mapa topográfico. Las curvas de nivel, que unen puntos de igual altitud, se utilizan para representar las altitudes en cualquiera de los diferentes intervalos medidos en metros.

Muchos mapas topográficos se realizan gracias a la fotogrametría aérea. Utilizan pares estereoscópicos de fotografías tomadas en levantamientos y, más recientemente, desde satélites artificiales como los spot. En las fotografías deben aparecer las medidas horizontales y verticales del terreno. Estas fotografías se restituyen en modelos tridimensionales para preparar la realización de un mapa a escala.

Se requieren cámaras adecuadas y equipos de trazado de mapas muy precisos para representar la verdadera posición de los elementos naturales y humanos, y para mostrar las alturas exactas de todos los puntos del área que abarcará el mapa. En un plano topográfico la altitud se representa por medio de curvas de nivel, que proporcionan una representación del terreno fácil de interpretar.

#### **4.2.6. LEVANTAMIENTOS DE PLANOS PARA LA CONSTRUCCIÓN E INGENIERÍA**

Las mediciones de ingeniería establecen puntos poligonales de control, líneas de base u otros métodos, con el fin de obtener la información necesaria para los diseños de obras de ingeniería (levantamientos) y para posicionar los elementos constructivos, basándose en los planos del proyecto que utilizan esos puntos de control (replanteos).

Los levantamientos topográficos y los mapas a los que dan lugar, proporcionan información sobre la localización horizontal y sobre las altitudes,

información necesaria para diseñar estructuras como edificios, embalses, canales, carreteras, puentes, tendidos eléctricos o colectores. Para levantar los planos de estas obras, se parte de los mismos puntos de control utilizados en los levantamientos topográficos originales.

Los levantamientos geodésicos de construcciones, implican la orientación y supervisión de mediciones de ingeniería que se coordinan en el levantamiento de planos y en la construcción de cualquier estructura.

#### **4.2.7. LEVANTAMIENTOS CARTOGRÁFICOS Y CARTOGRAFÍA**

Se denominan levantamientos geodésicos cartográficos, a aquellos que localizan puntos de control y obtienen detalles para la confección de mapas o cartas. Las cartas y los mapas a pequeña escala (que representan áreas extensas) son combinaciones de mapas a escala más grande, de los cuales se eliminan y simplifican muchos detalles; a este proceso se le llama Generalización Cartográfica.

Los mapas litorales representan la costa, pero de ésta, muestran únicamente los elementos que pueden ser importantes para la navegación y que están situados a lo largo de la línea de la costa e informan de las profundidades del agua (líneas batimétricas). Las cartas aeronáuticas sólo muestran los rasgos geográficos más relevantes, como pueden ser las barreras, rutas aéreas, radiofaros y otros elementos de orientación, como las vías de ferrocarril o carreteras.

#### **4.2.8. LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE MINAS**

Los levantamientos de minas, se utilizan para establecer la ubicación superficial y los límites de una concesión minera. Durante las operaciones en las minas, el levantamiento ayuda a establecer la ubicación exacta de los trabajos bajo tierra en vertical y en horizontal, a plantear las conexiones entre los túneles y a guiar la ejecución de estos últimos. Es un trazado tridimensional que, en esencia, apenas difiere del levantamiento topográfico superficial.

## CONCLUSIONES.

- A lo largo de la historia de la humanidad, frecuentemente se ha evidenciado que las necesidades de índole militar, producen enormes esfuerzos de investigación de todo tipo. En el transcurrir del siglo XX, se han realizado adelantos en la ciencia y la tecnología como nunca antes, motivados estos por necesidades militares de los países que han tenido beligerancia durante las diferentes guerras acaecidas.

La fotografía aérea no fue la excepción, ya que surge a inicios del mencionado siglo, como una estrategia de inteligencia militar, para luego hacer uso de ella en el ámbito civil, en lo que a cartografía se refiere.

A finales de la centuria, nace el sistema de posicionamiento global GPS y no es la excepción, una necesidad eminentemente militar llevó a su diseño, desarrollo y construcción. Gracias a ello, muchas personas disfrutaron de las múltiples aplicaciones que se obtienen del sistema, dentro de las cuales están todas las que se ven beneficiadas con mapas y posicionamientos geodésicos de mucha precisión.

- La aplicación del sistema de posicionamiento global (GPS) a la fotografía aérea y señal satelital es muy reciente, de hecho, el funcionamiento del sistema a toda su capacidad se ha alcanzado hace muy poco tiempo atrás.

Todavía es necesario un mejoramiento de sus capacidades, especialmente en lo que respecta a su confiabilidad en el desarrollo de mapas que requieren de mucha precisión. Por eso se considera que el desplazamiento de la fotografía aérea convencional por esta nueva tecnología, tardará años en darse.

- La fotografía aérea convencional, tiene perfeccionada las técnicas necesarias para la elaboración del trabajo de reconocimiento aéreo y la fabricación de los mapas, apoyando a las ciencias y dependencias que requieren información cartográfica. La expansión en el uso del GPS para los usuarios civiles de todo el mundo, permitió sin lugar a dudas una ganancia de tiempo, ya que realiza los mapas y las modificaciones muy rápidamente, aunque posiblemente no con

la nitidez deseada. Además posee una variedad muy grande de otras aplicaciones.

- El desarrollo y perfeccionamiento de las aplicaciones del GPS continúan, se están realizando proyectos de mejoramiento, donde la fotografía aérea tiene un lugar muy importante. En algunos años será posible el sueño de hacer mapas tan exactos como los hechos con el método convencional, ya que se tiene la ventaja de hacer fotos aún en condiciones adversas de tiempo.
- Según los resultados obtenidos en las entrevistas y las encuestas realizadas, se comprobó que en la fotografía aérea convencional, hay más participación humana en la elaboración de una foto aérea, y por ende, en el servicio cartográfico.
- Luego de las entrevistas realizadas a técnicos en GPS Y Fotografía Aérea Convencional, se pudo comprobar que el método de señal satelital, es más veloz para procesar la información fotográfica, además de simplificar los procesos de localización y reducir la inversión de tiempo en el momento de ubicar algún desastre natural.
- Para obtener imágenes fieles del terreno, los vuelos para hacer la fotografía aérea convencional, se realizan cuando el cielo está despejado y estos son programados para los meses de noviembre, marzo, abril y mayo, para trabajar con ellos el resto del año. Mientras que con el sistema GPS, se pueden trabajar todo el año, debido a la facilidad que tienen los satélites de obviar las nubes.
- El futuro de la señal satelital es impresionante, existen muchas compañías involucradas en la fabricación de dispositivos electrónicos, la competencia dará como resultado que cada día sean más los receptores GPS.

**Las dependencias que generalmente hacen uso de los servicios que presta el Instituto Geográfico Nacional son:**

**INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES INAB:**

Para extender permisos de deforestación, se marca el área a deforestar, teniendo que presentar como requisito indispensable, cuatro copias de fotos aéreas actualizadas.

**CATASTRO MUNICIPAL:**

Se usan para efectuar los análisis catastrales y los límites de los diferentes predios (terrenos).

**COMISIÓN NACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES CONRED:**

Las utiliza para ubicar áreas de desastre, áreas en peligro o declaradas en emergencia.

**MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERIA Y ALIMENTACIÓN MAGA:**

La utilizan para efectuar estudios técnicos de agricultura a nivel nacional.

**FONDO DE TIERRAS FONTIERRA:**

Hacen estudios de fincas rústicas para entregarlas a los campesinos y a la vez evaluar futuros daños.

**SECRETARIA GENERAL DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN ECONOMICA DE LA PRESIDENCIA SEGEPLAN:**

Obtienen datos para estar actualizados, y analizar el sistema nacional de información geográfica.

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA INE:**

Para realizar censos poblacionales y actualizar datos sobre las diferentes actividades de los pobladores.

**INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA VULCANOLOGÍA E HYDROLOGIA  
INSIVUMEH:**

Ubica áreas de desastre.

**DIRECCIÓN GENERAL DE BOSQUES DIGEBOS:**

Utiliza la información cartográfica, para la extensión de licencias para deforestar áreas controladas, y evitar así abusos o excesos.

## RECOMENDACIONES

- El Sistema de Posicionamiento Global GPS, es una herramienta muy útil para diferentes aplicaciones. Sin embargo, necesita de receptores muy precisos y confiables para obtener los resultados deseados. Se recomienda la utilización del GPS, como auxiliar de la fotografía aérea convencional, mientras se perfecciona el sistema para que ofrezca mayor nitidez Y fidelidad de los accidentes geográficos, que se están fotografiando.
- La fotografía aérea, juega un papel preponderante para todas las naciones, ya que registra cambios topográficos, ayuda a prevenir y a localizar desastres naturales o causados por el hombre; tiene una participación directa en el desarrollo de los pueblos, ya que sirve para hacer estudios de construcciones de puentes, carreteras y controla el crecimiento de cada ciudad entre otros. Por lo tanto es muy importante tener activos en nuestro los dos sistemas de fotografía aérea para beneficio de la población en general.
- Una de las limitaciones del GPS, consiste en que su utilización se encuentra sujeta a las disposiciones del Departamento de Defensa de los Estados Unidos; su exactitud puede verse notablemente alterada o su operación interrumpida, según sea la situación que afecte al gobierno norteamericano. Es recomendable contar con un sistema u opción alterna en aquellas aplicaciones, que debido a sus características, tengan que tener una operación ininterrumpida y con cierto nivel de exactitud.

### **Bibliografía:**

1. Enciclopedia práctica de fotografía, Salvat editores S.A., España, 1980, varios tomos.
2. La fotografía es fácil, tomo I, teoría y practica de la toma de vistas, ediciones AFHA internacional, S.A., Barcelona, España, 1973.
3. Fotografía, Enciclopedia Encarta 2000.
4. NIEDERHEITMANN A. (1,949) "fotografía Aérea. 2da edición". Guatemala. Tipografía nacional. Manual de fotografía aérea, Instituto Geográfico Nacional, 1ra edición
5. Solares R. (2,002) tesis "Desarrollo del Sistema de Posicionamiento Global GPS". Guatemala.

### **INTERNET:**

What is GPS <http://www.aero.org/publications/GPSPRIMER/whatisGPS.html>

How GPS Works <http://www.aero.org/publications/GPSPRIMER/HowAmzing.html>

SAIC Work Groups Involved in GPS <http://www.saic.com/gov/>

Areas of Expertise del GPS <http://www.saic.com/environ/expertise.html>

About GPS <http://www.saic.com/gov/gps/article1.html>

Satélites <http://www.telelink.com.ms/XE1KK/sa.html>