GACETA DEL GOBIERNO

Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de México
REGISTRO DGC NUM. 001 1021 CARACTERISTICAS 113282801

Mariano Matamoros Sur No. 308 C.P. 50130
Tomo CLXVIII

Toluca de Lerdo, Méx., viernes 30 de julio de 1999
No. 22

SUMARIO:

SECRETARIA DE FINANZAS Y PLANEACION

INSTITUTO DE INFORMACION E INVESTIGACION GEOGRAFICA ESTADISTICA Y CATASTRAL

MANUAL DE NORMATIVIDAD GEOGRAFICA.

"1999 AÑO DEL 175 ANIVERSARIO DEL ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE MEXICO."

SECCION SEGUNDA

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO

SECRETARIA DE FINANZAS Y PLANEACION

INSTITUTO DE INFORMACION E INVESTIGACION GEOGRAFICA ESTADISTICA Y CATASTRAL

El Consejo Directivo del Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, con fundamento en los artículos 1, 6, 10, 16, 17 y 22 de la Ley de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, en el artículo 12, fracción I de la Ley de Catastro del Estado de México, y en los artículos 3, 7 y 9 de su Reglamento, y con base en el acuerdo IGM/027-98/75, tomado en la sesión ordinaria No. XXVII de fecha 21 de octubre de 1998, ha tenido a bien aprobar el:

Manual de Normatividad Geográfica

(levantamientos aerofotográficos y cartografía básica)

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

DIAGRAMAS DE PROCEDIMIENTOS

I. PROYECTO AEROFOTOGRÁFICO

1.1. BASE DE REFERENCIA

1.2. PLAN DE VUELO
1.2.1. Base cartográfica
1.2.2. Bases numéricas

1.3. ESPECIFICACIONES DEL VUELO

1.4. ESPECIFICACIONES DE TOMA

1.5. REVISIÓN Y CONTROL DEL VUELO
1.5.1. Especificaciones de procesamiento
1.5.2. Armado y numeración de líneas fotográficas
1.5.3. Integración de archivo aerofotográfico

II. RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

2.1. LEVANTAMIENTO DE PUNTOS DE APOYO TERRESTRE
2.1.1. Método de levantamiento geodésico
2.1.2. Levantamiento con base en el Global Positioning System (GPS)
2.1.3. Métodos para levantamientos con GPS
2.1.4. Etapas del levantamiento

2.2. FOTOGRAFÍA AÉREA, BASE PARA LA RESTITUCIÓN

2.3. PREPARACIÓN DE MATERIAL AEROFOTOGRÁFICO
2.3.1. Marcaje y nomenclatura de puntos de control fotogramétrico

2.4. AEROTRIANGULACIÓN
2.4.1. Concepto y generalidades
2.4.2. Ajuste de la aerotriangulación
2.4.3. Apoyo terrestre

2.5. CONTROL DE CALIDAD

2.6. ORIENTACIÓN DE FOTOGRAMAS
2.6.1. Orientación interna
2.6.2. Orientación externa

2.7. COMPILACIÓN
2.7.1. Compilación o estereocompilación
2.7.2. Compilación gráfica o lineal
2.7.2.1. Generalización cartográfica
2.7.2.2. Compilación en campo
2.7.3. Compilación ortofotográfica
2.7.4. Compilación numérica

2.8. MARCO MATEMÁTICO Y GEOMÉTRICO DEL MAPA
2.8.1. Definición del sistema de referencia
2.8.2. Sistema de coordenadas
2.8.3. La escala
2.8.4. Líneas del marco de un mapa
2.8.5. Sistema de numeración de hojas
2.8.6. Captura de datos de acuerdo con reglas semiológicas
2.8.6.1. Criterios y convenciones en la rotulación tipográfica
2.8.6.2. Rotulación de algunos elementos relevantes.

III. COMPILACIÓN NUMÉRICA O DIGITAL

3.1. CARTOGRAFÍA TRADICIONAL Y DIGITAL

3.2. ESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO
3.2.1. Formato vector
3.2.2. Formato raster
3.2.3. Formato alfanumérico
3.2.3.1. Estructuras de datos y operadores asociados

3.3. ENTRADA DE DATOS
3.3.1. Digitalizador o tableta digitalizadora
3.3.2. Digitalización raster automática

3.4. CRITERIOS GENERALES EN LA CAPTURA DE OBJETOS CARTOGRÁFICOS
3.4.1. Criterios particulares para la captura y estructuración de la información
3.4.2. Precisión y estructuración de los rasgos geográficos

IV. Validación

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

En esta época, en la que se deben aprovechar al máximo los recursos disponibles, se hace necesario un cambio radical, con el que se establezcan nuevos esquemas que incluyan las normas generales para que toda la información geográfica generada en la entidad resulte homogénea, confiable y oportuna tal como lo establece la Ley de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México.

El Estado de México ha venido incrementando su capacidad para producir información y ha definido el proyecto de datos geográficos con metas claramente establecidas y con una directriz normativa que contribuya al fortalecimiento de los sistemas nacional y estatal de información geográfica.

Las investigaciones en materia geográfica se han desarrollado con base en la instrumentación de nuevas tecnologías, pero a causa de la complejidad técnica de los estudios geográficos y cartográficos, y de su elevado costo, requieren de la determinación de una estructura metodológica más riguroso, así como de la especificación concreta de sus fines y objetivos.

El Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IIIGECEM) considera, dentro de sus actividades, el establecimiento, administración y actualización de los procesos y lineamientos que se desarrollan en las diversas áreas de producción, a través de la elaboración de manuales de normas y procedimientos para la generación y uso de la información geográfica; además mantiene comunicación con dependencias internacionales, federales, estatales y municipales para unificar metodologías en la emisión de normas y procedimientos para la ejecución de estudios geográficos. Asimismo, propone, instrumenta, coordina y planea los programas de producción y actualización del área de su competencia.

Por ello el IIIGECEM, ante la ausencia de documentos de esta naturaleza, se dio a la tarea de elaborar el Manual de Normatividad Geográfica (Levantamientos aerofotográficos y cartografía básica), herramienta útil para llevar al cabo el análisis en el aprovechamiento racional de los recursos de la Administración Pública estatal y municipal.

El documento contiene la descripción de las operaciones que deben seguirse en la realización de las actividades de producción y está dirigido a todos aquellos que se dedican o que desean incursionar en el campo de la cartografía básica, con todo lo que ésta implica: etapas de planeación, levantamiento, proceso y compilación cartográfica.

Dada la estructura y contenido del manual, quizás para algunos especialistas en la materia parezca escueto o demasiado generalizado, por ello se hace la aclaración que lo presentado está en un contexto amplio, con miras a convertirse en un documento de consulta, además de constituirse en el soporte normativo que guíe las actividades propias del quehacer cartográfico en el ámbito del Estado de México.

El manual se compone de tres unidades temáticas: proyecto aerofotográfico; restitución fotogramétrica; y compilación numérica o digital. El primero integra los procesos y actividades relacionadas con el plan de vuelo, especificaciones de vuelo en la toma de fotografías aéreas, así como la revisión y control de calidad del vuelo aerofotográfico. La unidad referente a la restitución fotogramétrica incluye características generales de las fotografías aéreas, la preparación del material aerofotográfico, los procesos de aerotriangulación, la orientación de fotogramas, la etapa de compilación, y el marco matemático y geométrico del mapa. El tercer apartado contiene, en forma generalizada, la compilación numérica o digital, a través de la estructura de almacenamiento de los diferentes formatos, como son el vector, raster y alfanumérico; incluye, además, los criterios generales para la captura de objetos cartográficos.

JUSTIFICACIÓN

Todo organismo o institución del sector gubernamental que produce bienes y servicios destinados a la comunidad o ente que los demande, debe contar con una estructura funcional perfectamente definida, misma que le permita controlar los procesos de todas y cada una de las actividades tendientes a la obtención de los productos y a la presentación de los servicios.

Por otra parte, es importante contar con documentos técnicos que contengan la definición y descripción de los procesos tanto teóricos como prácticos que deban realizarse en cada sector de trabajo. Cada área, en efecto, genera una amplia gama de procesos que no pueden encasillarse con el fin de darles un tratamiento homogéneo; las líneas de acción a desarrollar deben ser lo suficientemente claras y específicas, para evitar la confusión del usuario u operador del equipo; es decir, que los documentos técnicos deberán ofrecer la descripción de la misma estructura, así como de cada una de las etapas operacionales que se realizan en los múltiples procesos de integración y producción de información.

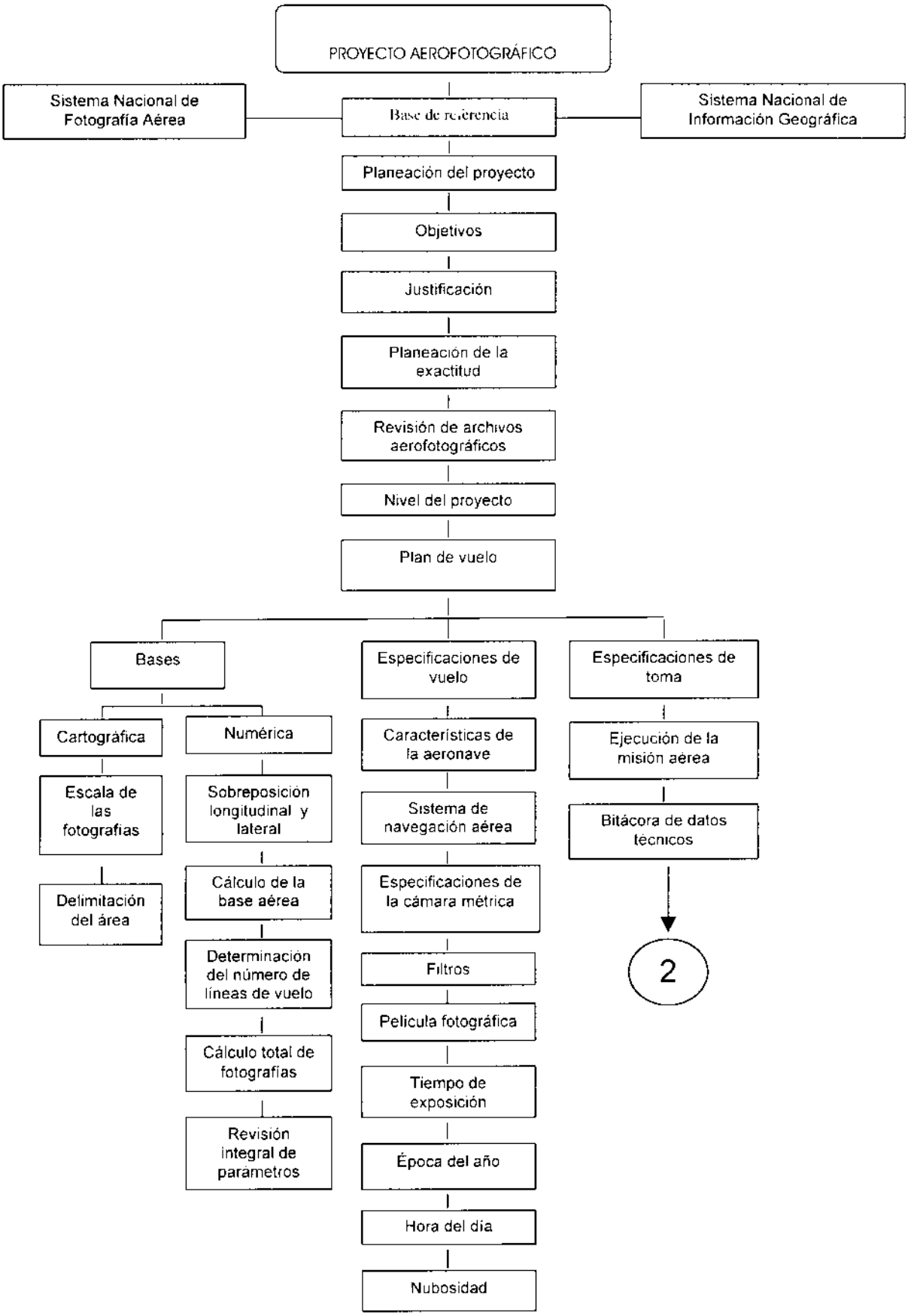
OBJETIVOS

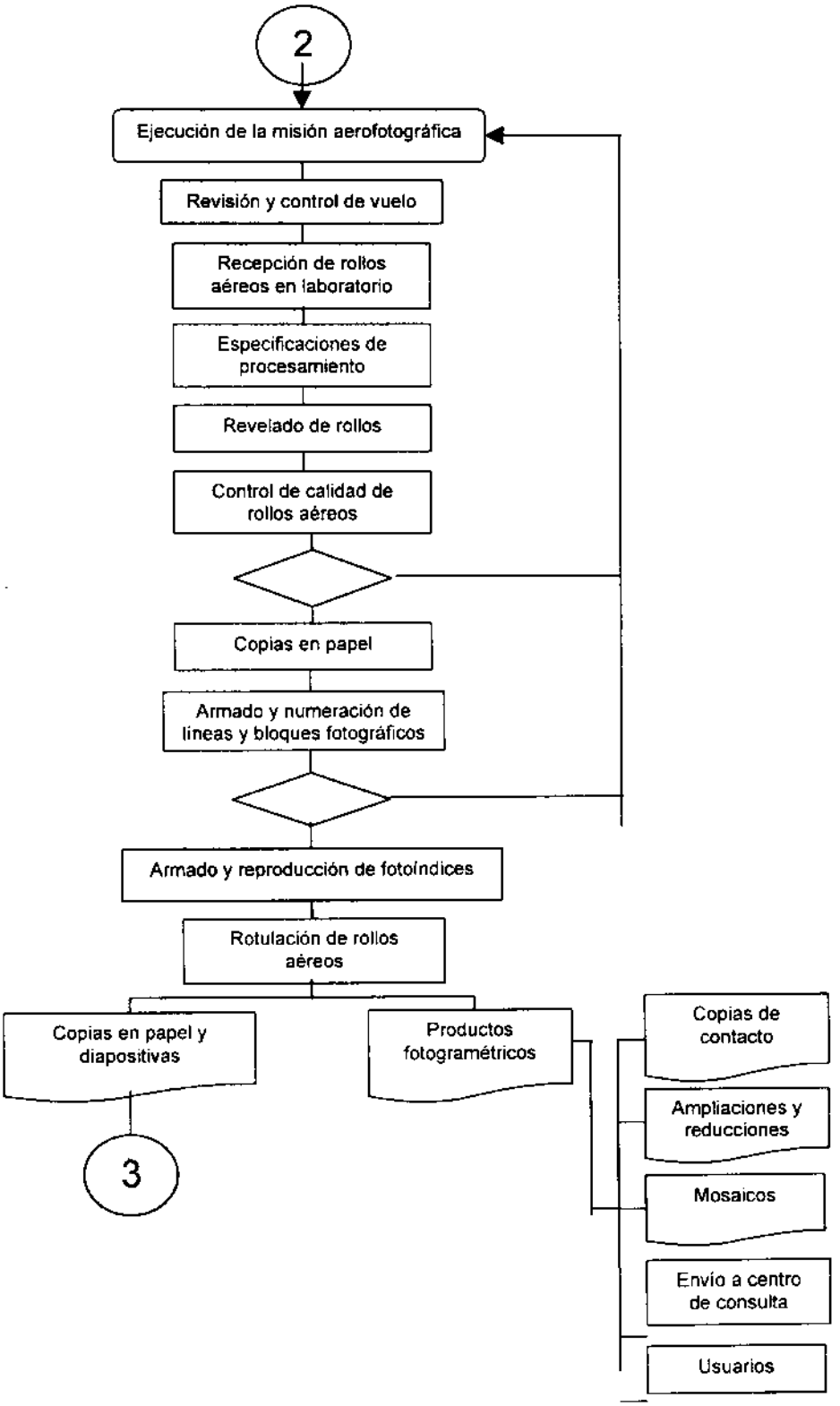
El objetivo general es, por consiguiente, el de disponer de un documento de tipo normativo, que contenga información ordenada y sistemática en cuanto a la estructura y procedimientos que deben aplicarse en los levantamientos aerofotográficos y en la elaboración de la cartografía básica generada en el Instituto, y que, además, regule las actividades de aquellas dependencias o municipios entre cuyos proyectos se comprendan trabajos de índole cartográfico.

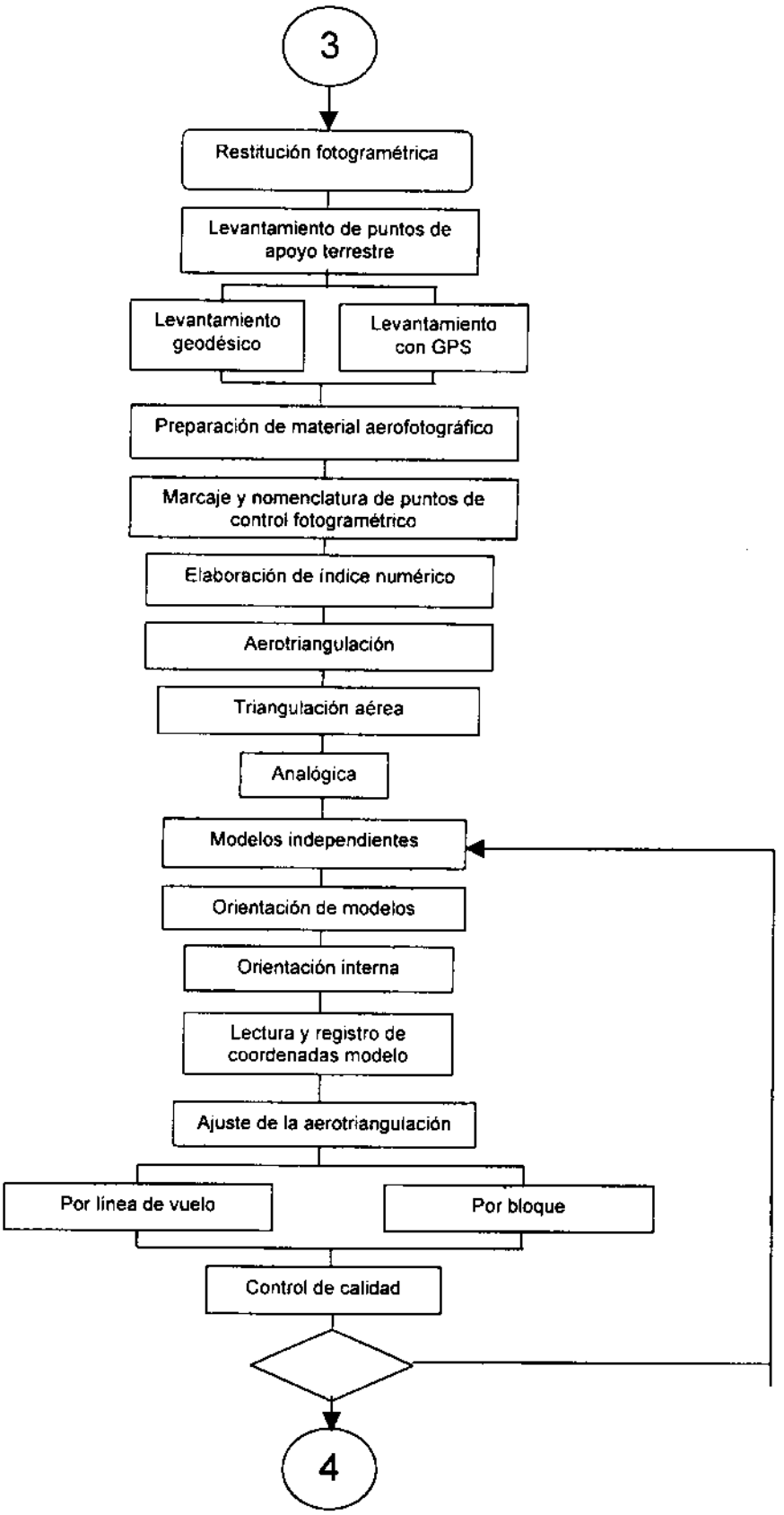
Los objetivos específicos del documento son:

1. Presentar una visión de conjunto de los procesos de elaboración de la cartografía básica.
2. Propiciar el manejo adecuado de los procesos ahorrando tiempo y para optimizar el esfuerzo en las actividades técnicas y normativas del Instituto en la materia.
3. Servir de instrumento para la consulta general y la preparación de personal de nuevo ingreso, con lo que se aprovecharán al máximo los recursos de la institución.
4. Integrar un documento base, mismo que se actualizará de acuerdo con los cambios cotidianos y extraordinarios, confiriéndole con ello la oportunidad necesaria ante las exigencias del desarrollo científico y tecnológico de nuestro estado y del país.

DIAGRAMAS DE PROCEDIMIENTOS




2
Ejecución de la misión aerofotográfica
Revisión y control de vuelo
Recepción de rollos aéreos en laboratorio
Especificaciones de procesamiento
Revelado de rollos
Control de calidad de rollos aéreos
Copias en papel
Armado y numeración de líneas y bloques fotográficos
Armado y reproducción de fotoíndices
Rotulación de rollos aéreos
Copias en papel y diapositivas
Productos fotogramétricos
3
Copias de contacto
Ampliaciones y reducciones
Mosaicos
Envío a centro de consulta
Usuarios


3
Restitución fotogramétrica
Levantamiento de puntos de apoyo terrestre
Levantamiento geodésico
Levantamiento con GPS
Preparación de material aerofotográfico
Marcaje y nomenclatura de puntos de control fotogramétrico
Elaboración de índice numérico
Aerotriangulación
Triangulación aérea
Analógica
Modelos independientes
Orientación de modelos
Orientación interna
Lectura y registro de coordenadas modelo
Ajuste de la aerotriangulación
Por línea de vuelo
Por bloque
Control de calidad
4

Objetivos. La realización de una misión aerofotográfica es un trabajo complejo que por su magnitud requiere del conocimiento pleno de todos y cada uno de sus componentes, qué se quiere hacer, para qué se realizará, cuáles son los fines a que está destinada la información, metas y alcances posibles.

Justificación. Aunado a los objetivos se presentará el por qué del proyecto, los motivos o razones que obligan a utilizar las aerofotos como elemento fundamental, cuáles son los beneficios que se obtendrán, las razones técnicas, económicas y sociales que sustenten los alcances del proyecto. Dentro de los aspectos técnicos se deberá justificar el equipo a utilizar como es el tipo de aeronave, cámara, tipo de lente, entre otros. Las razones económicas mostrarán las ventajas que tiene la instrumentación de tecnologías recientes, los costos y beneficios de comparación con otros equipos, el tiempo total y específico para los procesos inmersos en la elaboración del trabajo. En lo social se deben considerar aspectos relacionados con la toma de decisiones, y directamente con la planeación del desarrollo estatal.

Planeación de la exactitud requerida. Generalmente se recurre a la determinación del tamaño real del objeto más pequeño que se desea representar o identificar, tomando en cuenta las dimensiones finales que tendrá en la carta o plano, como dato numérico-digital, o bien, en la misma fotografía aérea. El punto clave a resolver es la definición exacta de la clase y escala del producto final que se requiere procesar, y en su consecución la fotografía aérea vertical será el insumo básico para generar productos fotogramétricos de gran precisión o aproximados.

Revisión de archivo aerofotográfico y antecedentes de vuelos. Al plantearse la necesidad de una misión aérea, es conveniente indagar si no existe ya un proyecto similar al propuesto, para la misma área de trabajo en otros organismos o dependencias gubernamentales, con el propósito de evitar duplicidad de tareas y de inversión en recursos humanos y económicos, así como en equipo. En realidad, dentro del marco gubernamental hay instituciones federales y estatales que cuentan con material aerofotográfico que sólo se emplea con un fin determinado, por ejemplo, en recursos hidrológicos, uso del suelo urbano y rural, estudios dasonómicos, geología, edafología e infraestructura, entre otros. Estos trabajos se consideran exclusivos de quien los realizó, por ello habría que establecer mecanismos que permitieran la intercomunicación entre los organismos de la administración pública en sus tres niveles y poder así aprovechar el material con fines multidisciplinarios, dando apertura al uso y manejo de información fotográfica. La reglamentación nacional en la materia establece que únicamente se podrán realizar misiones aerofotográficas en cualquier parte del territorio si no existen otras iguales o similares actualizadas que puedan ser aplicadas.

Carácter multidisciplinario y nivel del proyecto. La fotografía aérea, como insumo para la fotogrametría, tiene como fin primordial la elaboración de cartografía básica y, posteriormente, dada su estrecha relación con las otras disciplinas, generar cartografía temática en geología, silvicultura, uso del suelo, infraestructura, desarrollo urbano y catastro.

Es importante recordar que si bien un vuelo fotográfico tiene aplicaciones múltiples, sus características no siempre son las idóneas para la realización de todo tipo de estudios; de aquí la necesidad de agrupar a los usuarios según el grado de desagregación de la información por representar.

Cuando se quiera cartografiar el territorio es necesario considerar el ámbito espacial; para tal efecto se presenta la tabla siguiente:

Nivel de proyecto	Escala del mapa
Estatal	1: 250,000
Regional	1: 250,000 1: 100,000 1: 50,000
Municipal	1: 50,000 1: 20,000
Local	1: 10,000 1: 5,000 1: 2,000 1: 1,000

Regional. Considera estudios en los que involucra a un conjunto de municipios o una área geográfica extensa, incluyendo proyectos estatales. En esta clasificación se encuentran estudios geológicos, edafológicos, de uso potencial del suelo, topográficos, y particularmente aquellos que ofrecen una visión general del área de estudio. La escala de vuelo más usual es 1:50,000, abarcando hasta la escala 1:75,000, para aplicación en fotogrametría, y la obtención de cartografía a escalas menores a través de la aplicación de técnicas de fotomecánica de alta precisión.

Municipal. Incluye trabajos en los que la información representada permite un análisis integral del municipio; la escala habilita la identificación de la distribución espacial de localidades; la métrica es altamente confiable; entre otros ejemplos pueden mencionarse los de planeación y desarrollo urbano; inventarios de recursos naturales, como el bosque y los suelos; bienes inmuebles y servicios. La escala base de vuelo más usual es 1:20,000, aunque también pueden realizarse estudios en otras escalas como 1:50,000, 1:10,000 y 1:5,000, dependiendo del objetivo y grado de detalle que se solicite.

Local. Estos trabajos requieren de un alto grado de desagregación, en ellos es importante detectar los atributos cuantitativos y cualitativos de los elementos tales como, la traza urbana y vialidades; el nivel de representación debe ser exacto. La escala de vuelo debe permitir su restitución hasta la escala 1:1,000; para la elaboración de planos urbanos y catastrales o de usos específicos dentro de la ingeniería civil, como la construcción de puentes y presas, entre otros.

1.2. PLAN DE VUELO

1.2.1. Base cartográfica

Escala de la fotografía. El parámetro eje del proyecto a realizar es la escala, misma que se define como la relación que existe entre las dimensiones reales de un objeto y las correspondientes en su representación gráfica, esto es: $E = R/G$

Dentro de los métodos más comunes para calcular la escala de las fotografías aéreas se tiene el de Gruyter, quien en su documento de Fotogrametria sugiere la fórmula empírica siguiente:

$$mb = 200\ (mk)^{0.5}$$

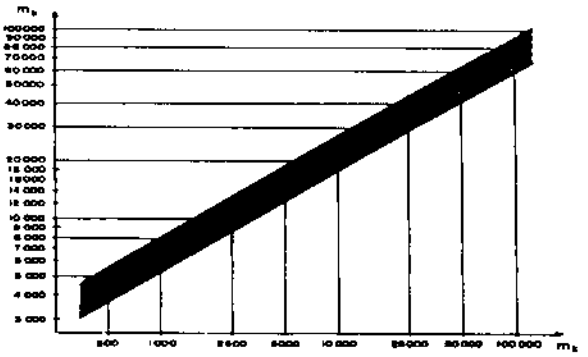
Donde: mb = módulo de escala de las fotografías aéreas
mk = módulo de escala de la cartografía por elaborar
200 = constante

El manual fotogramétrico menciona que la relación mb/mk, expresa numéricamente los tantos de diferencia entre la escala de la cartografía y la de los fotogramas.

Relación entre la escala de fotografías y la escala de cartografía (mb/mk)

mk	1,000	2,000	5,000	10,000	25,000	50,000
mb	7,000-8,000	10,000-12,000	14,000	20,000	32,000	45,000
mb/mk	7.5	5.5	2.8	2.0	1.3	0.9

En la tabla se observa la tendencia a guardar una relación mb/mk mayor, cuando se trata de elaborar cartografía a escalas grandes; asimismo, cuando se pretende realizarla en escalas pequeñas el valor mb/mk tiende hacia la unidad. Lo anterior se presenta de forma esquemática para mayor objetividad.



Relación esc. del mapa/esc. de fotos

Fuente. Herbert Wichmann Verlag Karlsruhe, "Manual fotogramétrico de bolsillo", Alemania, 1975.

Los criterios descritos son válidos para la creación de cartografía cuando las fotografías aéreas son utilizadas en instrumentos analíticos de restitución. En México predominan los equipos analógicos, hecho que obliga a considerar en la eleccion de la escala para las fotografias el rango de ampliación particular para cada uno de ellos, especialmente cuando el objeto es la elaboración de cartografía urbana y catastral.

En el proceso de toma de fotografías aéreas las variaciones en la escala no deberán ser mayores de ±10% en promedio, respecto de la escala nominal (en zonas planas). Cabe hacer la aclaración que para terreno accidentado, el rango de variación es considerablemente mayor, por lo cual se da cierta flexibilidad en dicha especificación, siempre y cuando se justifique plenamente con antelación.

Delimitación del área por cubrir. Dentro de la etapa preparatoria se requiere de material cartográfico de características confiables en cuanto a exactitud; además, se deben utilizar materiales que no sufran deformaciones o alteraciones cuando se reproduzcan o que por razones de manejo pierdan su métrica. De preferencia, se recomienda utilizar aquellos mapas o planos que estén georeferenciados bajo un sistema de proyección cartográfica.

Los elementos a considerar para la delimitación del área o territorio por fotografiar servirán como mapa índice, el cual regirá los parámetros de delimitación de la zona proyectada para el vuelo fotográfico; los criterios y especificaciones a tomarse en cuenta se mencionan a continuación:

- Delimitar sobre el mapa seleccionado el contorno de la zona a estudiar, procurando enmarcarla con líneas rectas. Generalmente se recomienda encerrar el área a fotografiar en una sola figura geométrica regular, a fin de facilitar la evaluación de su conveniencia y factibilidad, habida cuenta del gasto, a veces extraordinario, que implica el empleo de materiales fotográficos, y que se refleja en la economía del proyecto.

- Subdividir el interior del área delimitada, tomando como punto primordial la conformación topográfica del terreno por fotografiar. Si se dispone de un mapa en relieve, la identificación se facilita aún más. La tarea se concreta a la integración de zonas homogéneas por las caracteristicas del relieve dominante, que finalmente son conocidas como bloques.

- La cardinalidad u orientacion de cada conjunto de fotografías aéreas consecutivas (línea de vuelo), estará definida por la dirección que indique la topografía local y no por la longitud del lado más largo de los bloques. En lo posible se mantendrá la orientación Norte Sur o Este-Oeste para las líneas de vuelo comprendidas en un bloque específico, y sólo en casos extraordinarios, plenamente justificados, se tomarán fotografías aéreas siguiendo una dirección distinta a la indicada, como en proyectos especiales de infraestructura carretera y ferroviaria, cauces de rios, y emplazamientos urbanos que por sus caracteristicas topográficas así lo requieran.

- Obtener para cada bloque las medidas reales de los lados que forman su perímetro en unidades del sistema métrico decimal (de preferencia en metros o kilómetros lineales). Se deberán anotar en el interior de cada zona homogénea, las altitudes mínima y máxima, tomando como referencia las curvas de nivel de cota menor y mayor respectivamente.

- La delimitación y definición de la base cartográfica requiere de supervisión constante, ya que de esto depende la exactitud y calidad con las que se obtengan las fotografías aéreas, lo que redundará en el éxito o el fracaso de todo el proyecto aerofotográfico.

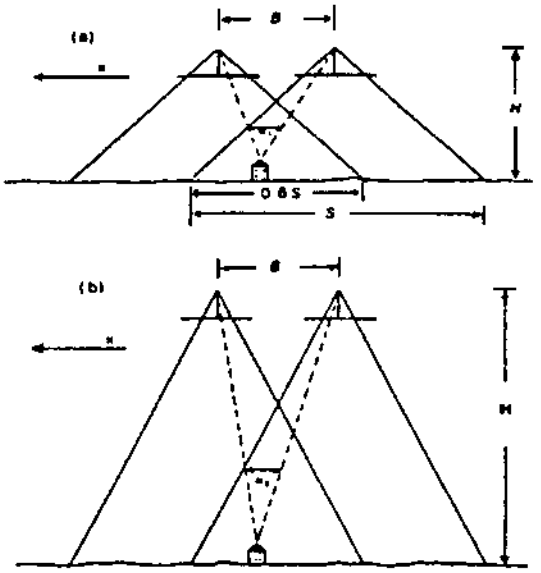
1.2.2. Bases numéricas

En la determinación de estos parámentros es necesario tener presentes algunos conceptos específicos (Diario Oficial de la Federación/SPP, 29 de marzo de 1985).

Sobreposición longitudinal. Es el traslape que deberán tener las fotografías aéreas consecutivas a lo largo del trayecto de la línea de vuelo; se considera el 60 ± 5%, aunque, dependiendo de los objetivos del proyecto, se puede obtener hasta el 90% en proyectos especiales. En ningún caso, el traslape será del 52% o menor a esta cantidad.

Sobreposición lateral. Se refiere al traslape que deberá mantenerse entre líneas de vuelo adyacentes; normalmente se considera el 30 ±15% de rango.

Cálculo de la base aérea. La base aérea es la distancia física existente entre dos estaciones consecutivas de toma; o dicho de otra manera, es el desplazamiento aparente de la cámara entre dos estaciones aéreas a lo largo de una línea de vuelo dada.



Fuente: Graham Ron y Roger E.R. "Manual de fotografía aérea", Barcelona, España, 1986.

El cálculo de la base aérea resulta del análisis de las figuras. Se observa que la sobreposición longitudinal depende del avance físico que, en el sentido de la línea de vuelo (longitudinal), que efectúe la aeronave. Si se requiere una sobreposición longitudinal de 60%, la aeronave deberá desplazarse longitudinalmente un 40% de la distancia que cubre una fotografía aérea a la escala programada. Si la escala fuera de 1:20,000 y el formato de 23 centímetros entonces se tiene:

Cubrimiento por lado = (20,000) (0.23m)

CL = 4,600 m

La base aérea será entonces, el 40% de lo que cubre una fotografía por lado:

Base aérea = (4,600 m)(0.40)

B = 1,840 m

De lo anterior se derivan dos ecuaciones:

CL = (E)(F)

B = (CL)(P1)

Donde:

CL = cubrimiento por lado de una fotografía aérea

E = módulo de escala de la fotografía aérea

F = formato de la cámara métrica

B = base aérea

P1 = diferencia respecto a 100% del porcentaje de sobreposición longitudinal que se desea obtener.

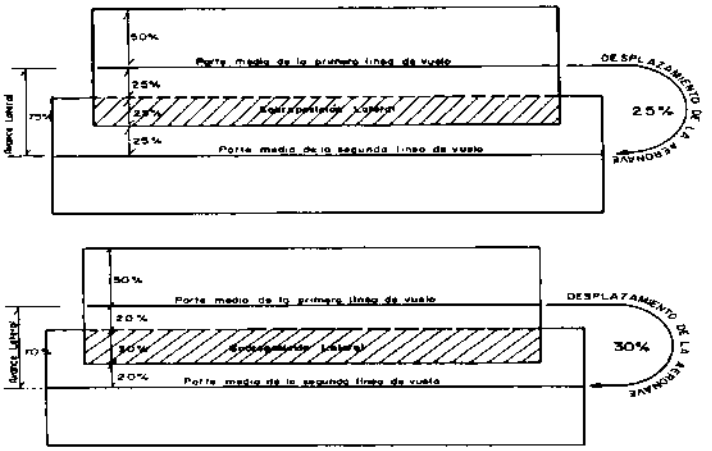
Determinación del número de líneas de vuelo. Si partimos de la figura referente a la sobreposición lateral que se muestra enseguida y si se considera que la sobreposición requerida fuera de 25%, el avance lateral sería su diferencia en porcentaje respecto de 100, esto es, de un 75%; de aquí se deriva la siguiente ecuación:

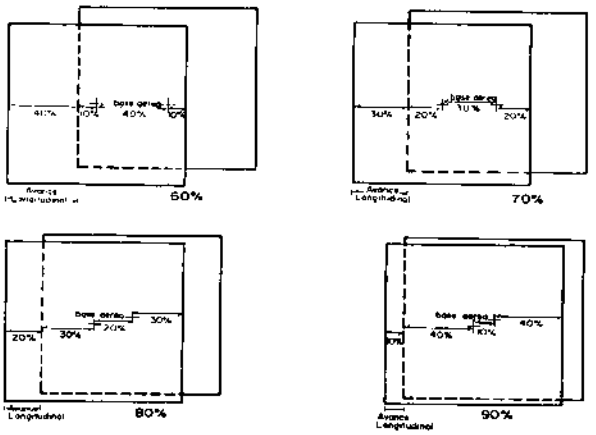
$$AL = (CL)(P2)$$

Donde: AL = Avance lateral

CL = Cubrimiento por lado

P2 = Diferencia, respecto a 100, del porcentaje de sobreposición lateral que se desea obtener.





Fuente: Herrera R. Armando y Mondragón V. R. "Apuntes para las materias de fotogrametría I y II". Tesis, Facultad de Geografía, UAEM 1992

Así, el problema se reduce al cálculo del número de veces que deberá repetirse el avance lateral o lo ancho del terreno por fotografiar:

NLV = A/(AL) Donde:

NLV = Número de líneas de vuelo

A = Ancho del terreno a fotografiar

AL = Avance lateral

El número de líneas de vuelo debe cerrarse al entero inmediato superior, puesto que no es factible planear fracciones de línea en la práctica.

Cálculo de fotografías por línea de vuelo. La cantidad calculada de fotografías se refiere al cubrimiento estereoscópico riguroso de la línea de vuelo, de los bloques y en general del área del proyecto determinado.

NFPL = [(L+B)/B] + X

Donde: L = Longitud del terreno a fotografiar

B = Base aérea

X = Fotografías adicionales para cubrimiento estereoscópico normalmente se consideran tanto al inicio como a la salida de las líneas programadas

Se calcula cuántas veces deberá repetirse la base aérea en la longitud de la línea de vuelo:

NFPL = L/B Donde:

NFPL = Número de fotografías por línea

L = Longitud del terreno a fotografiar (a cualquier escala)

B = Base aérea

Por ejemplo, si la longitud del terreno a fotografiar es de 20,000 metros, entonces:

NFPL = 20,000 m /1,840 m = 10.87 se aproxima a 11

La cantidad de fotografías se refiere al cubrimiento estereoscópico, pero siempre es necesario agregar como mínimo dos fotografías al inicio y dos al final de cada línea.

Cálculo total de fotografías. Se obtiene multiplicando el número de fotografías para cada línea de vuelo por el número de líneas de vuelo calculadas.

NTF = (NFPL)(NLV) Donde:

NTF = número total de fotografías

NFPL= número de fotografías por línea

NLV = número de líneas de vuelo

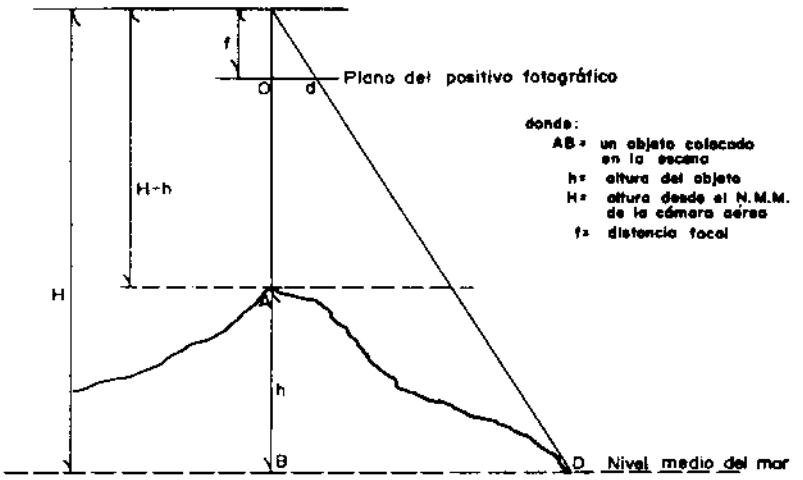
Es conveniente, para efectos de cálculo del material fotográfico a emplear en la misión aérea, agregar un 10% adicional, mismo que se justifica en el número de tomas no expuestas fotográficamente al inicio del trabajo (generalmente son cinco), así como de las sobrantes colocadas al final de casi todos los rollos aéreos.

Revisión integral de parámetros. La observación de los parámetros anteriormente mencionados permite contar con un grado de certeza elevado; asimismo, la revisión y control que se les aplica son sumamente rigurosos, lo cual da como resultado que cada proceso ofrezca los mejores resultados posibles en la realización del proyecto aerofotográfico.

1.3. ESPECIFICACIONES DEL VUELO

La aeronave. La selección de la aeronave esta en función de la escala de las fotografías; por ejemplo para un vuelo bajo se emplearía un Cessna Skywagon 185-F; para un vuelo alto se utilizaría un Gates Learjet 25-C; las aeronaves deberán contar con el equipo de navegación apropiado, con la estructura que permita el montaje correcto de la cámara métrica, además de cumplir con todos los reglamentos oficiales tramitados y emitidos por el INEGI, institución que realiza las gestiones necesarias con la Secretaría de la Defensa Nacional y con la Dirección General de Aeronáutica Civil, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Altitud de la aeronave. Está muy relacionada con la escala de toma de las fotografías, por lo tanto, si se analiza la figura siguiente:



Fuente: Elaborado con base a Deagostini R. D., 1983.

Del gráfico se desprende la siguiente fórmula:

$$H-h/f = BD/od$$

donde: BD = una porción real de la escena fotografiada

od = la representación gráfica en el fotograma de la porción BD

$(BD/od) = (R/G) = E$

$E = (H-h)/f$

Despejando H de la ecuación:

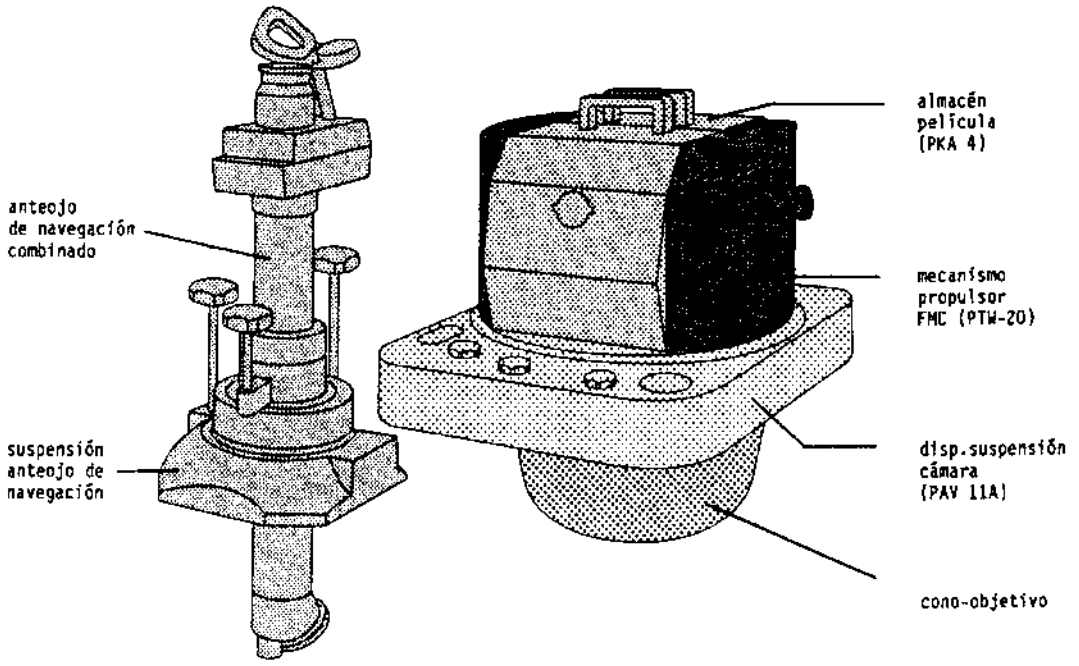
$H-h = (E)(F)$

$H = [(E)(F)]+h$

Es necesario convertir (H) a la unidad de medida inglesa conocida como "pie" (ft) porque es un dato que será proporcionado a la tripulación de fotonavegación y será controlado en el altímetro correspondiente, instrumento que se opera en lecturas del sistema métrico inglés.

Al realizar el plan de vuelo, se calculará la altura tomando como base el nivel medio del mar para cada línea, de tal manera que garantice la obtención de la escala media nominal dentro de la tolerancia indicada. Al efectuarse la misión, las alturas de vuelo reales no deberán rebasar ±10%, por arriba y por abajo, de la altura media teórica; esta tolerancia considera la presencia de zonas con orografía accidentada. Para vuelos bajos se estará sujeto a las disposiciones que indiquen las autoridades de la Secretaría de la Defensa Nacional y la Dirección General de Aeronáutica Civil.

El sistema de navegación aérea. Para la ejecución de una misión la aeronave deberá estar referenciada al *Global Positioning System (GPS)*; de no contarse con éste, la aeronave puede auxiliarse con una mira de navegación que permita a la tripulación determinar y corregir la deriva y el intervalo de exposición. La verticalidad de las imágenes se garantiza mediante la utilización de un mecanismo de nivelación automático denominado sistema giroestabilizador *Forward Motion Compensation* (FMC), el cual corrige exclusivamente el movimiento lineal de la imagen en la dirección del vuelo, sin compensar otros movimientos, como los causados por la rotación lateral del avión. Esto es particularmente importante cuando el vuelo se efectúa a bajas alturas, donde se encuentra una mayor turbulencia, y tratándose de fotografías tomadas desde aviones pequeños (más ligeros) y menos estables, factores que pueden reducir la ganancia en la calidad de la imagen mediante la instrumentación del dispositivo FMC (Wild Heerbrugg, 1986). Ver gráfico de la cámara y sus componentes:



Fuente A. Rohrbach, R. Schlienger "Otra aproximacion a la compensacion del movimiento de la imagen aerofotográfica", Wild Heerbrugg S.A. Suiza, 1986.

Una de las ventajas del dispositivo FMC, entre otras, es su capacidad para compensar la falta de nitidez resultante del movimiento lineal del avión durante la exposición de la fotografía. El FMC resulta ideal para la captación de por ejemplo:

- Fotografías a escala muy grande (1:2,500) en emulsiones estándar.
- Fotografías a escala media con película de alta resolución o cuando se emplean aviones de vuelo rápido.
- Fotografías a gran escala usando emulsiones de color de velocidad baja y a bajas alturas solares.

Especificaciones de la cámara métrica. Estas atañen, de manera especial, a la distancia focal, la cual está en función de la lente u "objetivo" a utilizar en el proyecto y el formato de las fotografías.

Entre los requisitos básicos para cámaras cartográficas (según Waibel, 1984; *fide* Graham Ron y Roger E. R., 1990) se encuentran, los siguientes:

- Sistema óptico de alto rendimiento.
- Operación en función del usuario.
- Compatibilidad con sistemas de tratamiento de información.
- Fiabilidad mecánica y electrónica.
- Adaptabilidad a un gran rango de plataformas.
- Aceptable respaldo de servicio y mantenimiento.

Toda cámara aérea se deberá calibrar por lo menos una vez cada dos años o cada 10,000 disparos. Sus características deberán ser compatibles con la precisión de los instrumentos fotogramétricos de primer orden.

La resolución de la cámara es importante, pero la precisión métrica lo es más en la elaboración de mapas. Para una escala de fotografía dada, la precisión planimétrica tiende a mejorar toda vez que para menores ángulos de campo son necesarios mayores distancias focales, pero la precisión de altura decrece rápidamente porque el error de altura es inversamente proporcional a la razón base/altura (Jerie, 1969; *fide* Graham Ron y Roger E. R., 1990).

En el marco normativo los factores mínimos que debe comprender una calibración son:

- Nombre del fabricante y tipo de cámara.
- Número de serie de la lente y placa de registro.
- Distancia principal calibrada, la cual deberá elegirse de modo que la distorsión se distribuya, de la mejor forma posible en el instrumento con el que se efectuará la restitución.

La certificación de calibración de la cámara métrica deberá ser expedida por una autoridad técnica competente y estar vigente a la fecha de ejecución de la misión.

Las cámaras tipo "A", son aquellas en las que el "objetivo" está corregido ópticamente, de tal manera que, mediante el empleo de los filtros correspondientes, se puedan tomar fotografías con material pancromático o con películas para infrarrojo, color o falso color. A continuación se presentan las características principales de las cámaras fotogramétricas RMK. Además, para poder decidir sobre los elementos que se instrumentarán en el vuelo, se presentan los tipos de cámaras fotogramétricas más frecuentes a nivel internacional (Carl Zeiss, s/f).

Cámaras fotogramétricas Zeiss para formato estándar de 23x23 cm

Designación RMK A	Tipo	Objetivo	Abertura	Ángulo máximo de campo 2α (lateral)	Distorsión inferior a	Aplicaciones principales
8,5/23	Supergran-angular de 125°	S-Pleogon A 85 mm	1:4 1:5,6 1:8	125° (107°)	7 µm	Levantamiento de grandes superficies a escalas pequeñas, especialmente con aviones de poco techo; vuelos especiales por debajo de las nubes.
15/23	Gran Angular estándar	Pleogon A 153 mm	1:4 1:5,6 1:8 1:11	93° (74°)	2 µm	Tareas universales, es decir, para triangulación aérea y levantamientos topográficos y en grandes escalas.
21/23	Ángulo intermedio	Toparon A 210 mm	1:5,6 1:8 1:11	75° (57°)	4 µm	Fotomapas y levantamientos cuando no puede utilizarse el tipo de ángulo normal, por ejemplo, por no convenir los restituidores existentes para la distancia focal de 305 mm.
30/23	Ángulo normal estándar	Topar A 305 mm	1:5,6 1:8 1:11	56° (41°)	3 µm	Fotoplanos, mapas ortofotoscópicos, levantamientos de precisión, mapas básicos urbanos (disminución de espacios muertos).
60/23	Ángulo estrecho	Telikon A 610 mm	1:6,3 1:9 1:12,5	30° (21°)	50 µm	Tareas especiales: a) grandes alturas de vuelo, b) distritos urbanos muy densamente edificados, c) vuelos fotográficos a escalas de la imagen de 1:250 a 1:500 para alcanzar alturas de vuelo admitidas, d) fotoplanos y mapas ortofotoscópicos de zonas urbanas con edificios altos.

Fuente: Zeiss, Cámaras fotográficas y accesorios, folleto, Alemania Occidental, s/f.

Los filtros deben ser utilizados para controlar en forma apropiada las características espectrales de la luz que interviene en el proceso de captación de las imágenes y para controlar la iluminación relativa del centro a la esquina del formato del plano focal.

La transmisión espectral del filtro deberá ajustarse a las recomendaciones del fabricante de la cámara, prestando la debida atención tanto a las condiciones lumínicas y a la atenuación atmosférica prevista para el proyecto, como a la transmisión espectral de la óptica de la cámara. Para el control de la iluminación relativa, el filtro deberá tener una capa metálica neutra, de densidad graduada, en la superficie que queda hacia delante de la cámara. Colocado enfrente de la lente, el filtro debe considerarse como parte del sistema óptico de la cámara misma, la cual tendrá que calibrarse tantas veces como filtros sean utilizados (Diario Oficial de la Federación/SPP, *op. cit.*).

Película fotográfica. Deberá tener una estabilidad dimensional de alta resolución (mayor a 90 líneas por milímetro) y no haber alcanzado la fecha de vencimiento; la película deberá seleccionarse de acuerdo con las características de imagen requeridas para el uso que habrá de darse a las fotografías y tomando en cuenta las especificaciones de manejo y almacenamiento formuladas por el fabricante.

Los materiales fotográficos son, en su mayoría, productos perecederos cuyas características sensitométricas, cuando no han sido expuestos, cambian lentamente con el tiempo registrando pérdida de sensibilidad, disminución del contraste y aumento del nivel de difuminación. Para aminorar estos efectos y obtener resultados consistentes, las películas aéreas deberán almacenarse en las condiciones recomendadas de humedad y temperatura. La humedad relativa ideal es de 40 a 60 % no siendo recomendable su almacenamiento a temperaturas por encima de los 27°C, (Graham Ron y Roger E. R. *op. cit.*).

El tipo de película a utilizar estará en función de las especificaciones de altura de vuelo (influenciado por los elementos y características del relieve) y de la escala nominal a la que se desee obtener las fotografías aéreas, como se muestra en la tabla siguiente:

Escala	Tipo de película	Altura de vuelo (m)
de 1:5,000 a 1:20,000	ASA 200	de 1,000 a 3,000
de 1:20,000 a 1:75,000	ASA 50	de 3,000 a 11,500

Fuente: Elaborada con base a la Guía de referencia "The optimum aerial image with Aviphot Pan films", AGFA

Cabe aclarar que los parámetros indicados no consideran las características del relieve, ni las condiciones atmosféricas de la zona que va a fotografiarse; por lo tanto, se debe poner atención en la selección de dichos parámetros, por ejemplo si existe bruma y polvo atmosférico visible se utilizará el tipo de ASA 50.

Tiempo de exposición. Hoy en día las cámaras aéreas traen ya adaptados equipos periféricos que permiten agilizar las tareas, tal es el caso del computador de intervalo central (ICC), el cual tiene como finalidad determinar los intervalos de exposición de acuerdo con el traslape, con la distancia focal de la cámara, y con la información de la mira de navegación sobre la velocidad y altura. A la par se ha desarrollado el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), mismo que permite la programación de los intervalos con base en coordenadas predeterminadas (Zeiss, *op. cit.*).

Se trata de calcular el tiempo que transcurrirá entre una exposición fotográfica y la siguiente a lo largo de cada línea de vuelo; lo que supone conocer la velocidad constante horizontal que mantendrá la aeronave. Para ello se puede aplicar la fórmula:

$v = d/t$

donde:

v = velocidad horizontal de la aeronave

d = distancia física entre exposiciones consecutivas

t = tiempo transcurrido al pasar de una estación de toma a la siguiente.

Despejando (t) de la ecuación: $t = d/v$

En la expresión del cálculo final, el tiempo debe expresarse en fracciones de segundo, con ello es posible programar este dato en el intervalómetro de la cámara métrica que sea utilizada en la misión aérea.

Época del año. (Cfr. Herrera; Corral; Strandberg. entre otros). Se refiere a la temporalidad idónea para realizar el proyecto, tomando en consideración los criterios siguientes:

a) Es conveniente aprovechar el momento en que la vegetación caducifolia esté prácticamente desprovista de hojas, lo cual permitirá detectar los rasgos físicos naturales y los creados por el hombre en la superficie terrestre, tales como edificaciones, caminos y linderos, aún cuando se encuentren debajo de una cubierta arbórea.

b) Las condiciones atmosféricas deberán ser propicias para mantener la aeronave en posición nivelada en el aire, que no exista bruma densa, polvo, humo ocasionado por industrias o contaminación atmosférica y nubes bajas.

El momento favorable para la obtención de las aerofotos estará sujeto a las horas centrales del día, con inclinación de los rayos solares menor a 30°. El ángulo de referencia se mide a partir del plano que contiene al Sol en posición cenital.

La mayoría de los planes para la toma de fotografías aéreas, con fines métricos, desechan el período del verano para ejecutar la misión aérea prefiriendo, en cambio, las estaciones restantes del año, especialmente el invierno.

Para la ejecución de vuelos altos y en escala media, las condiciones meteorológicas óptimas se presentan a fines del otoño y durante todo el invierno, ya que existen condiciones de estiaje y el cielo es más diáfano.

Para los vuelos bajos son útiles cualesquiera de la épocas del año, siempre y cuando la zona por fotografiar esté despejada de nubosidad, o bien cuando la luminosidad sea adecuada y las nubes altas no ocasionen sombras que impidan la clara definición de los rasgos y objetos presentes en la escena.

Hora del día. Está relacionada estrechamente con la época del año; el intervalo seleccionado por la mayoría de las tripulaciones dedicadas a obtener fotografías aéreas oscila entre las 10:00 y las 13:00 horas. Se realiza así porque se sabe de antemano que las sombras de los objetos aparecidos en la escena, deben ser lo más cortas posible para que no oculten detalles vecinos, y esa condición sólo se conjunta con una iluminación adecuada del terreno antes y después de que el sol se encuentre en el cenit.

Nubosidad. El área total de una fotografía debe estar libre de nubes y sombras que pudieran cubrir los puntos principales a sus homólogos; en caso de presentarse nubosidad, la ejecución de la misión quedará bajo la responsabilidad del técnico encargado del control de calidad de los rollos aéreos. Para trabajos de restitución de línea no se permitirá que una sola nube cubra más del 3% del área a fotografiar, ni más del 7 % de una fotografía (Diario Oficial de la Federación/SPP, *op. cit.*).

1.4. ESPECIFICACIONES DE TOMA

Ejecución de la misión aérea. Para la realización de una misión aerofotográfica se require del conocimiento y control de todas y cada una de las variables involucradas en el proyecto, así como del conocimiento de los criterios y especificaciones establecidos.

Personal especializado realizará una revisión rigurosa al equipo y materiales a utilizar en el vuelo, para lo cual se auxiliará de una lista que le permita verificar todos los detalles, tomando en cuenta los parámetros específicos y observaciones generales del plan de vuelo. Deberá revisarse el funcionamiento interior de la cámara y hacer una prueba completa del sistema. Antes de instalar el rollo aéreo, cerciorarse del funcionamiento correcto del obturador y corroborar el tiempo de exposición que se debe usar para cada toma; cuidar además, la limpieza del fuselaje y del cristal óptico de la nave, procurando que en general todo esté limpio y exento de grasa y aceite.

El piloto y el fotonavegante deben coordinarse para la transmisión de órdenes e información durante el vuelo fotográfico, siguiendo lo estipulado en el plan de vuelo. Integrarán conjuntamente la bitácora de vuelo, detallando las condiciones atmosféricas que se presentaron durante la exposición; estos registros son de gran utilidad para controlar el proceso posterior de los fotogramas, y sirven de base para las adecuaciones químicas y mecánicas necesarias a fin obtener productos nítidos y con buena calidad.

Bitácora de datos técnicos. Es un resumen de los planteamientos más importantes que permite apreciar todo el proyecto en poco espacio; constituye una guía de fácil comprensión para el especialista en administración de la fotogrametría al contener los datos mínimos a incorporarse en un contrato cuando la obtención de fotografías aéreas se piense otorgar a terceros. El esquema se desglosa a continuación:

REPORTE DE VUELO AEROFOTOGRÁFICO

ZONA _____	FECHA
	HORA DE TOMA DE A HRS.
AERONAVE	MATRÍCULA
CÁMARA	DISTANCIA FOCAL
PELÍCULA	FILTRO
TIEMPO DE EXPOSICIÓN	DIAFRAGMA
SISTEMA DE NAVEGACIÓN	
SOBREPOSICIÓN: LONGITUDINAL _____ LATERAL _____	ALTURA DE VUELO S.N.M.M. _____ RUMBO DE LÍNEAS
TIPO DE TERRENO	
OBSERVACIONES:	

PILOTO	FOTONAVEGANTE	CAMARÓGRAFO
_____	_____	_____
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA

No está por demás insistir en que para lograr un buen trabajo fotográfico, las condiciones deben ser propicias, por lo que es necesario tener una cuidadosa vigilancia, tanto del terreno, como de las condiciones atmosféricas, de suerte que el fotonavegante pueda tomar la decisión de continuar o suspender el vuelo si el tiempo atmosférico no fuera conveniente.

Antes de abandonar la zona objetivo del proyecto se debe verificar que el sensado es correcto y se ha cubierto la totalidad del área marcada; el fotonavegante procederá a rebobinar y desmontar el o los rollos aéreos de la cámara métrica e introducirlos en un empaque perfectamente sellado para evitar que la luz los dañe o altere, procediendo a entregarlos al laboratorio donde se efectuará el revelado.

Al recibir el o los rollos se debe verificar que el empaque contenga los datos de identificación y especificaciones técnicas de la exposición. Estos son: tipo de película, velocidad de exposición, diafragma, zona volada y condiciones atmosféricas.

1.5. REVISIÓN Y CONTROL DEL VUELO

1.5.1. Especificaciones de procesamiento

Calidad del negativo. Los negativos deberán ser claros y bien definidos con densidad uniforme y un adecuado contraste para todos los detalles. A través de la inspección visual se verificará que los negativos no presenten:

- Rayaduras
- Quebraduras
- Nubes
- Sombras de nubes
- Estática
- Manchas

Copias de contacto. Se someterán a las mismas especificaciones fijadas para el procesamiento y para la calidad de los negativos. Estas deberán ser copia fiel de los negativos obtenidos de los rollos aéreos, y ser impresas en película o papel fotográfico estable.

En los negativos (fotogramas) aparecerán claramente legibles los datos del registro de los instrumentos auxiliares de la toma, los cuales son:

-Indicación de valor numérico para la distancia focal.
-Tipo de lente para la cámara métrica.
-Indicador de altímetro.
-Nivel esférico de burbuja.
-Reloj registrando la hora.
-Marcas fiduciales ópticas y/o mecánicas claramente definidas en el contorno del área útil de cada fotografía.

Proceso de negativos. Los rollos de película deberán procesarse en forma continua y uniforme con el propósito de asegurar no tan sólo el grado de revelado en función del tiempo de exposición, sino también los contrastes adecuados en todos los detalles. En ningún tramo del negativo, por consiguiente, la densidad deberá ser menor de 0.3 por encima de la base, excepto en el caso de imágenes de puntos extremadamente brillantes, como las originadas por las reflexiones especulares del sol. La máxima densidad no debe exceder de 2.0 por encima de la base, más el nivel de niebla (Diario Oficial de la Federación/SPP, *op. cit.*).

Proceso de revelado. Consiste en hacer pasar la película expuesta por una serie de baños químicos para hacer visible la imagen latente y fijarla con posterioridad. Para realizar el proceso es necesario conocer los químicos que intervienen en la preparación del revelador y que son determinantes en la eficiencia del mismo.

Baño revelador. Para que la imagen latente sea visible, se introduce la película en el líquido revelador, deslizándola suavemente con la cara emulsionada hacia abajo; una vez sumergida por completo se voltea de inmediato, agitando continuamente, levantándola aproximadamente un centímetro y bajándola suavemente, primero por el borde izquierdo, enseguida por el posterior, de la misma manera el borde derecho y por último el delantero. Se debe sacar por unos instantes para revisar si la imagen está completa, generalmente se requieren de 2.5 a 3.5 minutos para realizar la operación.

Baño detenedor. Su función es la de interrumpir el revelado y preservar la uniformidad de la imágenes. Antes de aplicarlo se debe levantar la película por el borde superior dejándola escurrir por unos segundos para eliminar el exceso de revelador, introduciéndola rápidamente al baño interruptor por espacio de 10 a 30 segundos, según el tamaño del formato.

Baño fijador. Su objetivo es el de fijar la imagen para que no sea afectada por la luz, además de eliminar los restos de material sensible no expuesto. Se introduce la película en el fijador en espacios promedio de dos minutos hasta que se vea transparente en las áreas claras no expuestas.

Lavado. Después de realizar un fijado completo, se lleva al cabo un lavado abundante a fin de que los productos solubles del fijado y los haluros de plata se remuevan. Cuando el lavado es deficiente quedan restos del fijador produciendo más adelante una decoloración de la imagen, lo cual provoca manchas en la película, que afectan el negativo para procesar copias; se debe utilizar agua limpia y considerar la posibilidad de que la película permanezca un tiempo prolongado en el agua para poder eliminar todas las sales.

Secado. Una vez que la película ha sido lavada, debe acomodarse en un lugar limpio y espacioso; después de haberla escurrido es conveniente darle un ligero pulido, con un paño suave para eliminar las marcas en forma de gotas. La temperatura para un buen secado varía entre 30°C y 40°C. Para lograr que el secado sea uniforme en algunos casos se emplea un baño de agua de-ionizada, después del cual la película se seca mecánicamente o se coloca en una zona libre de polvo. Cuando la película no se ha secado completamente y exuda durante el almacenamiento puede sufrir la adherencia de agentes externos provocando que se rompa al realizar copias de contacto, diapositivas, ampliaciones o reducciones; por último es necesario evitar que la película presente dobleces y rayaduras que resulta imposible eliminar.

Estabilidad dimensional. Durante los procesos de revelado, fijado, lavado y secado, la película no deberá estar sujeta a una tensión y/o temperatura que pudieran ocasionar cambios dimensionales diferenciales superiores a 0.02%, equivalentes a ±15 micrómetros. (Diario Oficial de la Federación/SPP, *op. cit.*).

1.5.2. Armado y numeración de líneas fotográficas

Es el proceso que se lleva al cabo mediante el traslape de las fotografías tomando como referencia el o los detalles del eje central de la primera fotografía que coincidan con los detalles de la segunda, mismos que se harán coincidir con los correspondientes a la tercera y así sucesivamente hasta el término de la línea. La numeración de líneas y fotografías se realizará de forma convencional considerando una secuencia progresiva con números arábigos de arriba hacia abajo y de izquiera a derecha, como se indica en el ejemplo siguiente:

(número de línea)	número de fotografía
(1)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ...n
(2)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ...n
(3)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ...n
(n)	1, 2, 3, ... n

Dentro de los procesos de revisión y control se toman como base las Normas técnicas para levantamientos aerofotográficos del INEGI, 1985; asimismo, se aplican algunos criterios y convenciones acordes con las características geográficas de la entidad mexiquense.

Sobreposición longitudinal. Esta deberá estar de acuerdo con lo establecido en el proyecto con una tolerancia de ±5%.

Sobreposición lateral. No deberá ser menor del 15% ni mayor del 35%, salvo cuando el terreno es montañoso.

Escala. La escala media del vuelo podrá tener una variación de ±10% de lo establecido en el proyecto, siempre y cuando el terreno sea plano, en zonas accidentadas la variación podría tener un rango mayor.

Cubrimiento estereoscópico. Se requiere que el proyecto aerofotográfico cuente con los traslapes longitudinal y lateral adecuados y que tenga el cubrimiento perimetral correcto. Las líneas de vuelo no deberán interrumpirse; en caso que esto ocurra, la continuidad de línea se llevará al cabo tomando como mínimo 5 fotografías anteriores a la última con la que se interrumpió, de modo que se asegure la continuidad de la línea. El cubrimiento deberá ser estereoscópico en el área marcada del proyecto, con las siguientes especificaciones: saliendo de los límites del proyecto, que son paralelos a las líneas de vuelo, no deberán ser menor del 15% del ancho de una fotografía; para el caso de un 60% de sobreposición longitudinal, los centros de las dos primeras y de las dos últimas fotografías deberán rebasar los límites del área del proyecto; cuando se aplica un 80% de sobreposición se considerarán los centros de 4 fotografías.

Deriva. Todas las líneas de vuelo estarán dentro de ±5° respecto de la dirección definida en el plan de vuelo y la dirección promedio entre líneas adyacentes deberán ser paralelas en ±5°.

Giro. Se deberá compensar alrededor del eje vertical para mantenerlo por debajo de los 5°.

Verticalidad (banqueo y cabeceo). Deberá mantener la verticalidad del eje de la cámara dentro de 3°, con un promedio no mayor de 2° en cada cinco fotografías de una línea, ni más de 1° para todo el proyecto. La inclinación relativa entre dos fotografías sucesivas no deberá exceder de 4.5°.

1.5.3. Integración de archivo aerofotográfico

Como parte del control de vuelo, se procede al rotulado de los "negativos" y de forma paralela se integra el archivo aerofotográfico. Los negativos de cada fotografía deberán contener en el respaldo de la emulsión, de preferencia con la orientación hacia el Norte, los siguientes datos:

- Dependencia responsable.
- Identificación de la zona o bloque.
- Escala media calculada de las fotografías aéreas.
- Fecha de toma: mes y año.
- Número de rollo, línea de vuelo, colocado entre paréntesis.
- Número progresivo en cada fotografía de una misma línea de vuelo.

Cada uno de los rollos debe contener un identificador (clasificación) y los datos siguientes:

- Nombre de la dependencia o institución responsable.
- Número de rollo.
- Nombre de la zona.
- Número del bloque.
- Número de líneas de vuelo.

- Número de fotografías.
- Escala media del vuelo.
- Fecha de vuelo.

Fotoíndice. Los fotoíndices se construirán con base en el mosaico de armado de las líneas fotográficas, aplicando una reducción que considere la escala, tamaño del bloque y el formato final; la norma establece la reducción a un quinto del tamaño original. Los datos que se incluirán son:

- Nombre de la dependencia.
- Nombre de la zona.
- Número del bloque.
- Fecha de vuelo.
- Escala de vuelo.
- Escala de índice.
- Distancia focal (f).
- Orientación (Norte).
- Notas y observaciones.

Mapa índice. Es la representación gráfica del proyecto aerofotográfico a través del trazado de bloques, líneas de vuelo y la orientación de éstos; su utilidad radica en la visualización general del proyecto e identificación rápida de una zona por estudiar. Dependiendo del nivel del proyecto se definirá la escala del mapa, el cual puede ser estatal, regional, municipal o por localidad.

2.1. LEVANTAMIENTO DE PUNTOS DE APOYO TERRESTRE

Apoyo terrestre. Es el conjunto de procedimientos para determinar la posición horizontal y vertical de puntos ubicados sobre el terreno, con el objeto de servir como referencia en la elaboración del marco matemático de una o más aerofotos. Para la obtención del apoyo terrestre se consideran los siguientes métodos:

2.1.1. Método de levantamiento geodésico.

Es aquel que considera los efectos de la curvatura de la Tierra, los cuales pueden ser horizontales, verticales y gravimétricos.

- **Levantamiento horizontal**. Tiene por objeto determinar las coordenadas geográficas, latitud y longitud, de puntos ubicados sobre la superficie terrestre.
- **Levantamiento vertical**. Es el conjunto de procesos para determinar la diferencia de altura entre puntos ubicados en el terreno y un plano de referencia, usualmente el nivel medio del mar.

- **Levantamiento gravimétrico**. Permite determinar la medida del valor de la gravedad a puntos ubicados en la superficie terrestre, para definir su influencia en los puntos horizontales y verticales.

De acuerdo con las normas técnicas para levantamientos geodésicos, elaboradas por la Secretaría de Programación y Presupuesto en 1985; y a sus normas y adiciones publicadas en el Diario Oficial el 27 de abril de 1998, se consideran los siguientes métodos:

- **Método de triangulación**. Consiste en medir las longitudes de los lados de un sistema de triángulos, a través de la medida de todos los ángulos y algunos lados.
- **Método de trilateración**. Se miden directamente todos los lados y solamente algunos ángulos.
- **Método de triangulateración**. Combina la medida de ángulos y distancias y da mayor rigidez y confiabilidad a la figura geométrica.
- **Método de poligonación**. Se refiere a la medida de ángulos y distancias entre vértices consecutivos que forman un polígono continuo.

De preferencia los levantamientos geodésicos que se realicen en la entidad estarán ligados a las redes geodésicas de primer orden y segundo orden clase I; algunas características importantes al respecto son las siguientes:

Orden	Clase	Exactitud	Aplicación
Primero	Única	1:100,000	Red geodésica horizontal básica.
Segundo	I	1:50,000	Densificación de la red básica. Para referencia de áreas metropolitanas y en sitios donde el valor del suelo es alto; y límites administrativos, entre otros.
	II	1:20,000	Apoyo terrestre para levantamientos fotogramétricos y de cartografía, así como de sitios donde el valor del suelo es alto.
Tercero	I	1:10,000	Para levantamientos topográficos, proyectos de ingeniería.
	II	1:5,000	Para áreas con valor del suelo que varía de medio a bajo.

Tratándose de levantamientos verticales, es conveniente partir de un banco de nivel de primer orden de la Red Geodésica Vertical establecida por el INEGI y, en general, recurrir a los datos de la tabla siguiente, en especial cuando se aplica el método de nivelación diferencial, de preferencia en circuitos cerrados, con proceso de ida y vuelta.

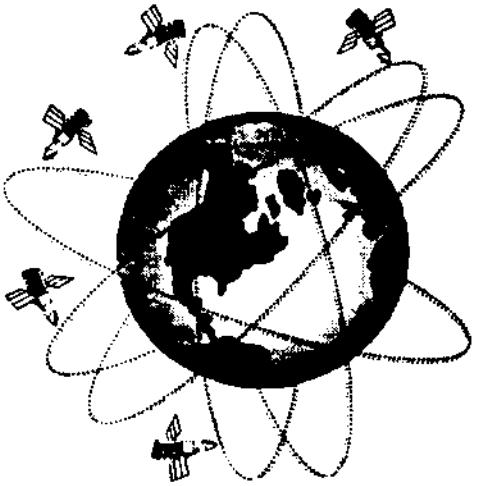
Orden	Clase	Exactitud (mm)	Aplicación
Primero	I	$4\ K^{0.5}$	Red geodésica horizontal primaria; para apoyar trabajos en áreas metropolitanas; investigación de movimientos de la corteza terrestre.
	II	$5\ K^{0.5}$	
Segundo	I	$6\ K^{0.5}$	Densificación de la red primaria; desarrollo de grandes proyectos de ingeniería; en el estudio de subsidencia del suelo.
	II	$8\ K^{0.5}$	Como apoyo en la información de la cartografía básica; proyectos locales de ingeniería; estudio de los asentamientos irregulares del suelo.
Tercero	Única	$12\ K^{0.5}$	Cartografía topográfica a escala pequeña; estudios de drenaje y de pendientes en áreas montañosas.

K= La distancia de desarrollo de la nivelación en un solo sentido, entre puntos de elevación conocida, en km.

2.1.2. Levantamiento con base en el Global Positioning System (GPS)

El Sistema GPS se integra por tres subsistemas: satelitario, de control y usuario.

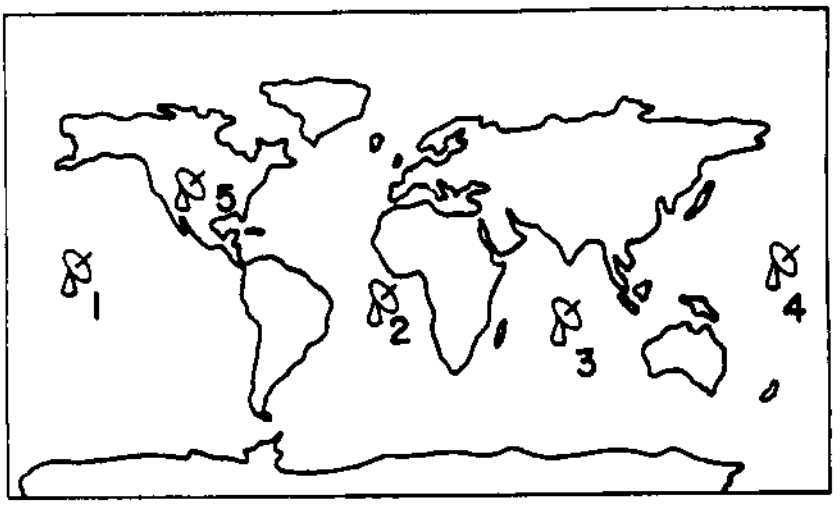
Subsistema satelitario. Está compuesto por 24 satélites de la serie NAVSTAR (Navigation by Satellite Timing And Ranging), distribuidos en seis planos; el primero de ellos con una inclinación de 55 grados con respecto al Ecuador, a una altura de 20,000 km. Cada plano consta de cuatro satélites separados entre sí por 90 grados de arco, de tal manera que permite captar señales en cualquier parte del mundo las 24 horas del día.



Fuente: Ashtech, El sistema satelital GPS y sus aplicaciones, IV curso-seminario internacional, Universidad de Santiago de Chile, Ingeniería Geocom, noviembre, 1994.

Cada satélite transmite en dos frecuencias denominadas L1 y L2, con códigos "P" y "C/A" accesibles a los usuarios civiles, que permiten una mayor precisión en los levantamientos. El código "S" es exclusivo para uso militar.

Subsistema de control. Lo constituyen cinco estaciones terrenas distribuidas de manera estratégica en el perímetro ecuatorial, éstas se encuentran en la Isla Diego García en el Océano Indico, Isla Ascención en el Atlántico, Isla Kwuajalein y Hawaii en el Pacífico, y la estación principal de control ubicada en Colorado Springs, USA.



Fuente: Ashtech, El sistema satelital GPS y sus aplicaciones, IV curso-seminario internacional, Universidad de Santiago de Chile, Ingeniería Geocom, noviembre, 1994.

Entre sus principales funciones está el control y operación de los satélites, corrección de efemérides, revisión y corrección de los relojes de abordo, y la predicción de las órbitas satelitales.

Subsistema usuario. Lo integran civiles y militares que adquieren los derechos de uso de dos receptores como mínimo, los cuales captan señales de radiofrecuencia del sistema satelitario NAVSTAR.

2.1.3. Métodos para levantamientos con GPS

Estos son: el estático, estático rápido y el cinemático. (Ashtech, El sistema satelital GPS y sus aplicaciones; y Basic GPS Survey Workbook, 1994).

Método estático. Consiste en colocar uno de los receptores en una estación fija, de preferencia con coordenadas geográficas conocidas, durante un período que oscila entre una y cuatro horas, dependiendo de la precisión que se requiera; los otros receptores se desplazan a los vértices con coordenadas por determinar. En fotogrametría y en trabajos de apoyo terrestre se recomienda establecer un cuadrilátero que envuelva la zona en estudio, con un tiempo de cuatro horas para cada uno de los vértices. Este método es el que se debe utilizar para todo trabajo de alta precisión como puede ser el levantamiento de puntos de apoyo para elaborar cartografía catastral, y para determinar las coordenadas de posición de mojoneras que sirven de referencia a límites políticos y administrativos entre estados y municipios.

Método estático rápido. Consiste en colocar fijamente uno de los receptores en una estación de coordenadas conocidas y desplazar los otros en puntos por determinar durante un tiempo de 10 minutos, para distancias de hasta 5 km, aumentando 2 minutos para cada kilómetro adicional. Se recomienda no medir líneas mayores de 10 km. El receptor fijo debe estar activado durante toda la sesión de trabajo. Este método utiliza exclusivamente equipos de doble frecuencia y código "P"; es el adecuado para levantar puntos de apoyo al interior de un cuadrilátero o polígono principal, mismos que serán combinados con la técnica de aerotriangulación para obtener la georeferencia de un conjunto de fotografías aéreas.

Método cinemático. Consiste en dejar un receptor activo en una estación fija de coordenadas conocidas, mientras que los otros receptores están en movimiento de una estación a otra. Normalmente cada estación móvil se ocupa de uno a dos minutos. Se debe tener especial cuidado de que en el área de estudio no existan obstrucciones que impidan la recepción correcta de la señal, ya que la conexión deberá permanecer por lo menos con cuatro satélites comunes entre el receptor base y los móviles. Es requisito indispensable que todos los receptores permanezcan activos durante el recorrido; en caso de pérdida de la señal habría que regresar al punto de traslado donde ésta se perdió. La aplicación de este método se considera básicamente en el levantamiento de vías de comunicación y en rutas aéreas y marítimas, entre otras.

2.1.4. Etapas del levantamiento

A) **Planeación del proyecto**. Consiste en programar aquellos procesos que habiliten la identificación, señalización, registro y cálculo de las coordenadas espaciales de un conjunto de puntos en campo, los cuales, en combinación con técnicas aplicadas en gabinete, sirvan de base para calcular el apoyo fotogramétrico aplicado a las aerofotos que se realizan dentro del ámbito del Estado de México. Asimismo, en esta etapa se indica el itinerario, tiempo y disponibilidad satelital.

Una de sus principales aplicaciones está en el diseño de la distribución y cantidad de puntos de control de acuerdo con el paquete de cómputo disponible para enlazar el proceso con la técnica de aerotriangulación; la más frecuente es a través de dos métodos:

1) Ajuste por línea de vuelo.
2) Ajuste por bloque.

B) **Fotoidentificación de vértices sobre fotografías aéreas**. Se refiere a la identificación del área probable para establecer un vértice. Esta actividad se realiza con el auxilio de un estereoscopio de bolsillo; el área seleccionada no deberá presentar obstáculos que impidan una recepción adecuada de las señales provenientes de los satélites.

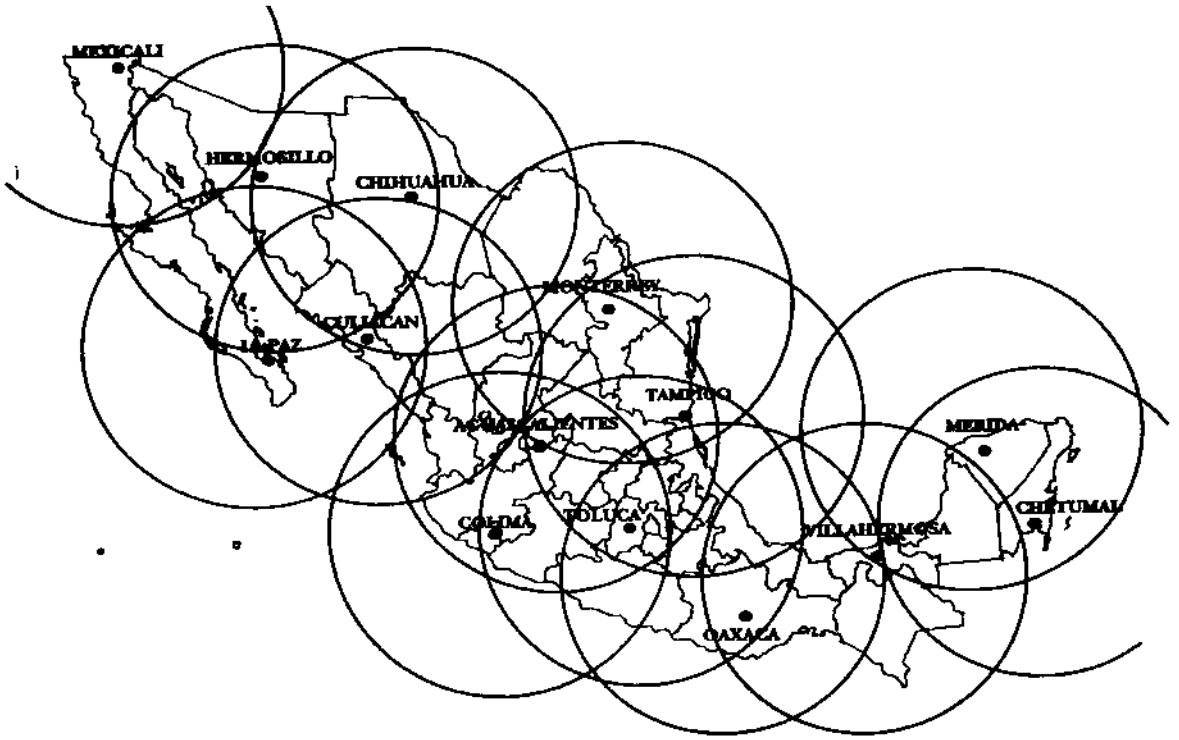
C) **Reconocimiento físico en campo**. Actividad que implica el traslado al sitio probable de medición indicado sobre la fotografía aérea, seleccionando de manera definitiva el lugar donde se colocará el vértice, tomando en cuenta que debe ser un rasgo o elemento fácilmente identificable, inamovible y libre de obstrucciones.

D) **Señalización**. Consiste en la colocación física, en campo, de uno o más elementos que identifiquen el vértice, tales como: monumentos de concreto, varillas, estacas, clavos y marcas de pintura. Para su colocación es necesario solicitar, por escrito, los permisos necesarios a las instancias correspondientes.

E) **Registro de lecturas satelitales**. Esta actividad se realiza para captar señales vía satélite. Para este proceso se requiere tomar en cuenta las especificaciones de ventana satelital que nos muestra el *software Mission Planning* referente al tiempo óptimo para el registro de lecturas en el sitio seleccionado.

F) **Descarga, proceso y ajuste de los datos en gabinete**. Conlleva las actividades relacionadas con el cálculo de latitud, longitud y altura elipsoidal; esta última, para lograr referencia al nivel medio del mar, debe contener en el área de estudio el mayor número posible de bancos de nivel que pertenezcan a la red geodésica vertical de primer orden.

Para establecer la liga de los puntos con la Red Geodésica Nacional Activa, se deben ajustar los datos de la semana GPS, día juliano, horario GMT, época y registros de lecturas a intervalos cada 15 segundos, de las estaciones fijas de Tamaulipas, Aguascalientes y Toluca; esta última, por cierto, se considera como la estación de coordenadas conocidas. La distribución de las 14 estaciones de la Red Geodésica Nacional Activa se presentan en el mapa que se muestra enseguida.



Fuente: INEGI, "la Nueva Red Geodésica Nacional una visión hacia el futuro", INEGI, Aguascalientes, Ags. 1995.

G) **Memoria técnica del levantamiento**. Documento que concentra los datos e información referentes al levantamiento; su estructura está enmarcada dentro de un esquema de investigación, además de que la información en él contenida forma parte del Sistema Nacional de Información Geodésica.

2.2. FOTOGRAFÍA AÉREA, BASE PARA LA RESTITUCIÓN

El objeto de la fotografía aérea es reunir y analizar datos de las diversas regiones de la Tierra y representarlas gráficamente a una escala reducida, de modo que todos los elementos y detalles sean claramente visibles. El contar con fotografías aéreas constituye una de las primeras fases para la realización de cartografía, ya que son insumo básico para elaborar ortofotos, cartas de altimetría, de planimetría y topográficas.

Los fotogramas contienen la imagen fiel de la superficie terrestre, pero se sabe que registran deformaciones geométricas, las cuales habría que corregir mediante instrumentos y métodos especiales que permitan su transformación y representación en un mapa.

La restitución fotogramétrica es una técnica por medio de la cual se representan todos y cada uno de los detalles u objetos que posee una porción de la superficie terrestre. Se define como el método que crea y establece los procedimientos necesarios para lograr la reconstrucción de las posiciones que ocupan los objetos en el momento de una toma fotográfica, a partir de un par de imágenes consecutivas sensadas por medio de una cámara métrica, con el objeto de formar un modelo tridimensional a una escala definida, derivando información métrica para ser representada de manera gráfica o lineal, fotográfica y numérica. (Herrera y Mondragón, *op.cit.*). Las diferentes etapas de los procesos de restitución, son:

- Preparación de material aerofotográfico.
- Aerotriangulación.
- Orientación de fotogramas.
- Compilación.

2.3. PREPARACIÓN DE MATERIAL AEROFOTOGRÁFICO

Esta etapa incluye la organización y marcaje de fotografías y diapositivas; actividad fundamental que sirve como base para el desarrollo de la producción cartográfica, la cual es inicio de la cadena total de producción. La preparación consiste en la asignación de una clave numérica que permite la identificación de un mínimo de tres puntos de control fotogramétrico; asimismo, se indican los puntos de apoyo terrestre o geodésicos. En suma, dicha preparación proporciona los elementos suficientes para identificar, marcar y asignar nomenclatura convencional a puntos de apoyo para el desarrollo de la cartografía (Carstens, 1974; Herrera, 1989; Corral, 1994).

2.3.1. Marcaje y nomenclatura de puntos de control fotogramétrico

Punto principal. Se localiza considerando las marcas fiduciales por medio del trazado de una línea perpendicular a la faja de vuelo y la intersección de la línea diametralmente opuesta entre las marcas fiduciales (centro de una fotografía); define el eje base para la ubicación de los puntos de paso y de liga.

Punto de paso. Estos se marcan en los extremos del eje base tomando como referencia el área estereoscópica de la imagen (sobreposición longitudinal); se definen en un rasgo que pueda identificarse fácilmente, de tal manera que sean elementos transferibles al siguiente fotograma.

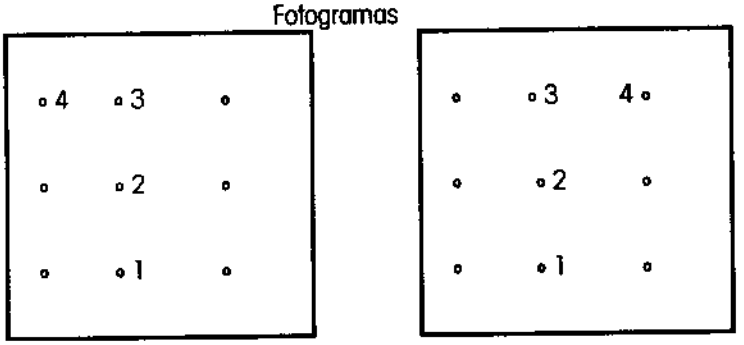
Punto de liga. Los puntos de liga son aquellos que unen dos líneas de vuelo; su ubicación está en función de la sobreposición lateral; se marcan en una zona libre de obstáculos. En realidad los puntos de liga son puntos de paso transferidos estereoscópicamente a la siguiente línea de vuelo.

Punto de apoyo terrestre. Se refiere al conjunto de puntos identificados, señalizados y medidos (georeferenciados) directamente en campo por algún método topográfico, geodésico o por posicionamiento de satélite. El IIIGECEM cuenta con dos receptores GPS (*Global Positioning System*) marca Ashtech modelo ZXII, con los cuales obtiene el registro de puntos de

apoyo terrestre vía satélite, tomando como referencia la nueva Red Geodésica Nacional Activa, la cual toma como base el sistema *International Terrestrial Reference Frame of 1992* (ITRF92).

En la práctica y desarrollo de los trabajos cartográficos, la distribución de los puntos de apoyo terrestre se determinan en función del tamaño del bloque y de la longitud de las líneas de vuelo. La representación gráfica de los cuatro puntos de control anteriormente descritos se muestra a continuación:

Fotogramas



En donde:

1. punto de paso
2. punto principal
3. punto de liga
4. punto de apoyo terrestre

Nomenclatura de puntos de control fotogramétrico. Con el auxilio de un índice de armado fotográfico se procede a unir y ligar las fotografías y líneas del bloque a procesar; para ello se asigna una nomenclatura numérica convencional, empleando cuatro dígitos para cada punto; como ejemplo tenemos el siguiente: 3092, el primer dígito (3) es para el número de línea, los siguientes dos números (09) corresponden al número de fotograma, y el último (2) indica el número de punto.

Para la nomenclatura utilizada en los puntos de apoyo terrestre, también se asignan de manera convencional los números 7, 8 y 9, donde el 7 indica el control horizontal y vertical fotogramétrico (X, Y, Z), el 8 y 9 señalan el control horizontal (X, Y) y los tres dígitos siguientes de cada clave son considerados para el número progresivo de cada punto de apoyo.

Elaboración del índice numérico. El tamaño del índice depende de la cantidad de fotografías y líneas que conforman el bloque; se elabora en una hoja formateada y su finalidad es la de tener una visión conjunta de cómo están ordenadas y ligadas las fotografías y líneas de vuelo. Las especificaciones que se deben indicar se listan enseguida:

- Nombre de la zona o bloque.
- Distancia focal de la cámara con que fue sensada.
- Escala de las fotografías.
- Numeración de línea de vuelo.
- Fecha de vuelo.
- Indicación del Norte (orientación).
- Nombre de los bloques con los que liga.
- Número de fracción, si se trata de un bloque extenso.

Marcaje de puntos de control. Se realiza sobre copias en película (diapositiva) de cada una de las fotografías, por medio del instrumento transferidor estereoscópico de puntos PUG-4. Los fotogramas se orientan relativamente para formar una maqueta tridimensional donde se observan de forma estereoscópica y se definen los puntos: principal, de paso, de liga y apoyo terrestre, marcando un pequeño círculo de 0.06 centésimas de milímetro.

2.4. AEROTRIANGULACIÓN

2.4.1. Concepto y generalidades

La American Society of Photogrammetry define la aerotriangulación como "el proceso para la extensión del control horizontal y/o vertical por medio de mediciones de ángulos y/o distancias en fotografías con sobreposición suficiente que se relacionan por medio de una solución espacial utilizando los principios perspectivos de las fotografías aéreas". Este es uno de los métodos que existen para determinar en forma mecanizada las coordenadas terrestres (X, Y, Z) de suficientes puntos de control, necesarios para poder orientar o restituir los modelos fotogramétricos de una zona de estudio definida (Dobner E., 1970).

Su objeto estriba en la reducción al mínimo de las tareas topográficas y geodésicas en la determinación del apoyo fotogramétrico. De manera coloquial, se considera como la técnica que, a través de fotografías aéreas verticales, determina coordenadas de una red de puntos definidos en forma convencional, con referencia a una proyección cartográfica específica y que permite extender el apoyo terrestre original y ajustar los modelos a éste.

El término "coordenadas" está relacionado con cantidades lineales o angulares que indican la posición de un punto respecto a un sistema de referencia, representándolo en un plano bidimensional (X,Y).

Para la realización de la etapa de aerotriangulación existen dos métodos: aerocaminamiento o aeropolígono y el de triangulación aérea. Los procedimientos técnicos utilizados son: el radial, analítico y analógico por modelos independientes; éste último es el que se aplica en el IIIGECEM y del cual se hará referencia.

La aerotriangulación analógica por modelos independientes tiene como objeto determinar las coordenadas (X, Y, Z) de los puntos de apoyo fotogramétrico horizontal y vertical, para los modelos esteroscópicos que forman parte de una línea de vuelo o bloque de fotografías aéreas.

Comprende los pasos preparatorios para dar inicio a los procesos de aerotriangulación y apoyo terrestre; para esto se consideran las propiedades de una "proyección central" reflejadas en las características geométricas que ofrecen las fotografías aéreas.

Las mediciones fotogramétricas deben ser corregidas de los efectos originados por errores instrumentales, distorsión de la lente de la cámara aérea y refracción atmosférica; estas correciones se hacen durante la formación del modelo estereoscópico en los instrumentos analógicos de restitución a través de la orientación interna y la orientación externa.

Cálculo de los centros de proyección. Los pasos a seguir son los mismos que se realizan en instrumentos analógicos de restitución. Consiste en el cálculo de las "coordenadas espaciales" de los centros de proyección en el sistema instrumental, las cuales son esenciales para la aerotriangulación por modelos independientes. Los procesos a realizar en esta etapa son los siguientes:

1. Ajuste y determinación de la posición inicial de los elementos de orientación del instrumento (κ, φ, ϖ). Consiste en colocar ambas cámaras en posición exactamente horizontal.
2. Introducción de la distancia focal de la cámara con que fueron sensados los fotogramas.
3. Determinación de las coordenadas (X, Y, Z) de ambos centros de proyección por medio de los siguientes procedimientos:

a) Cálculo de la distancia de proyección o "Z" de cada centro de proyección.

b) Determinación de las coordenadas (X, Y) de ambos centros de proyección.

4. Introducción de la constante promedio de la base aérea instrumental definida para cada línea de vuelo, por ejemplo 150.00 mm. Para obtener el promedio de la "base aérea" de los pares estereoscópicos de cada línea fotográfica se considera la fórmula:

bx = [(dpp) (ef)/ei]

en donde

bx = base aérea promedio de las fotografías aéreas
dpp = distancia entre los puntos principales de los pares estereoscópicos
ef = escala de fotografías
ei = escala en el instrumento

5. Realización de la orientación relativa en un aviógrafo B-8, con base en los parámetros anteriormente mencionados. La orientación relativa de dos fotografías da como resultado la formación del modelo estereoscópico. Esto se logra moviendo cada cámara del instrumento de restitución, una con respecto a la otra, de tal manera que los rayos homólogos de las dos imágenes se intersecten, es decir, se deberán ajustar las cámaras de tal manera que vuelvan a ocupar la posición relativa que tenían en el momento de la exposición.

Para la orientación relativa es necesario considerar los parámetros siguientes:

ei = (df x ev)/0.281

en donde:

ei = escala en el instrumento
df = distancia focal
ev = escala del vuelo
0.281 = constante

Sobre el modelo estereoscópico se efectúa el registro de las coordenadas (X, Y, Z) de los puntos principales, de paso y de control de la línea de vuelo. Cada modelo debe medirse de forma independiente.

Los procesos anteriores permiten determinar las "coordenadas modelo" (X, Y, Z) de cada uno de los puntos de control fotogramétrico marcados en las fotografías, mismas que son almacenadas en medios magnéticos e impresas en medios analógicos para su procesamiento en la etapa de aerotriangulación.

2.4.2. Ajuste de la aerotriangulación

La aerotriangulación analógica se basa en la aplicación del método de modelos independientes, que consiste en la obtención de lecturas de registros instrumentales (X,Y,Z) de cada uno de los puntos de apoyo fotogramétrico contenidos en cada uno de los modelos estereoscópicos. La transformación a coordenadas reales se obtiene a través del programa de aerotriangulación AERO que toma como base el método de G. H. Schut (cfr. Gruyter W."Fotogrametría", *op. cit.*).

La aerotriangulación consiste en transformar el sistema fotogramétrico de referencia a un sistema único de coordenadas terrestres, con el objeto de establecer una red de puntos de apoyo mediante la utilización de aerofotografías.

Empalme de modelos para formar fajas. Los modelos aislados se forman por sucesivas transformaciones espaciales de semejanza para formar una faja, considerando las rotaciones, traslaciones de ejes coordenados y la aplicación de un factor de escala; para ello, se consideran las coordenadas (X, Y, Z) del primer modelo estereoscópico haciendo las correcciones descritas en los puntos que ligan; uno de ellos es el centro de proyección instrumental común entre el primer y segundo modelo. Así se obtienen todos los puntos de triangulación en un sistema de coordenadas uniforme (Albertz/Kreiling, 1975, *op.cit.*).

La condición teórica para el cálculo, una vez efectuadas las transformaciones, es que las coordenadas de los puntos sean iguales, lo cual no ocurre; por lo tanto, el programa de cómputo reporta las diferencias finales para las coordenadas, existiendo una tolerancia prefijada que generalmente es de 0.12 mm.

Ajuste por banda o línea de vuelo. A continuación se orienta esta faja de vuelo respecto a los puntos de apoyo terrestre mediante otra transformación espacial de semejanza. La acumulación de errores accidentales y sistemáticos, y la curvatura de la Tierra originan errores residuales en los puntos de apoyo, los cuales pueden corregirse por medio del programa de cómputo aplicado.

Para el desarrollo de esta actividad se requiere que los sistemas de referencia, tanto el fotogramétrico como el terrestre, cumplan las siguientes condiciones (DICARTU, s/f):

- Ambos sistemas deben ser derechos.
- El sistema fotogramétrico de cada modelo debe ser un sistema cartesiano de coordenadas (X, Y, Z) con el eje paralelo a la base y el eje "Z" positivo hacia arriba.
- Para el sistema terrestre se utiliza la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) o el sistema ITRF92 que se obtiene por medio de GPS.

De manera previa habría que eliminar las deformaciones sistemáticas en donde las mediciones fotogramétricas se deben corregir por errores instrumentales, distorsiones de la lente de la cámara aérea y refracción atmosférica.

Por otra parte, se debe considerar la inclusión o no del efecto de curvatura de la Tierra cuando se realiza el proceso de transformación de las coordenadas. Es importante hacer notar que las deformaciones sistemáticas de los modelos estereoscópicos modifican la geometría del conjunto y consecuentemente deben corregirse antes de efectuar la compensación.

La similitud espacial entre los sistemas terrestre y fotogramétrico se considera como una transformación conforme, es decir, conserva la forma en un espacio tridimensional; el proceso consiste en calcular siete parámetros: un factor de escala, tres ángulos de rotación y tres componentes de traslación correspondientes a los tres ejes; la formulación del proceso se basa en la transformación de un modelo estereoscópico a su imagen real en el momento en que se realizó la toma fotográfica.

La fórmula algebraica para la transformación es la siguiente:

$$X = ax + by - cz + e$$
$$Y = ay - bx - dz + f$$
$$Z = az + cx + dy + g$$

En donde:

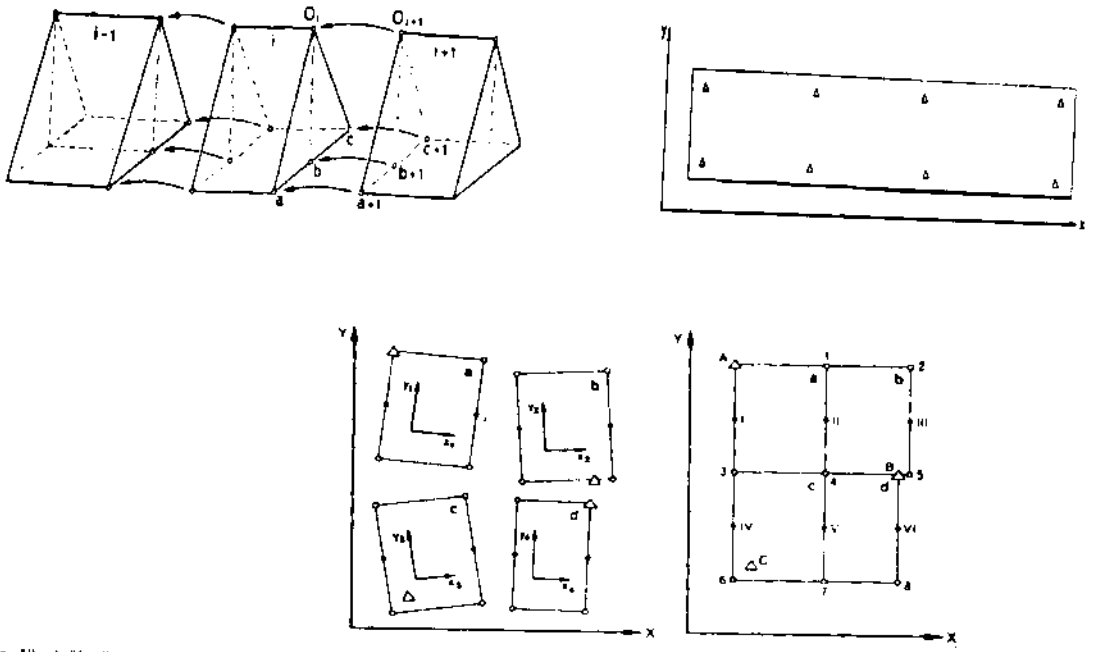
X, Y, Z representan al sistema terrestre o sea las coordenadas del control.
x, y, z corresponden al sistema fotogramétrico, es decir las coordenadas modelo.
a, b, c, d, e, f, g, son los siete parámetros por determinar para cada modelo (tres de rotación, tres de traslación y el factor de escala).

2.4.3. Apoyo terrestre

La compensación de fajas presupone un número suficiente y una distribución adecuada de los puntos de apoyo según la longitud de la línea; se necesitan varios puntos de apoyo dentro de la línea, además de los que hay al principio y al final de la misma.

Para su desarrollo se requiere un mínimo de seis puntos de apoyo terrestre por cada faja de vuelo distribuidos en la parte inicial, media y final de la línea. Con el objeto de evitar la torsión y el arqueamiento en la faja de vuelo cuando ésta es larga, es necesario incluir un mayor número de puntos de control terrestre (generalmente un par por cada cinco modelos esteroscópicos) dado que la presencia de una torsión exagerada afecta la coordenada "Z" de los puntos de apoyo fotogramétrico, su exactitud varía según la lejanía al punto de apoyo terrestre.

Los procesos de ajuste de la aerotriangulación se presentan en los gráficos siguientes:



Fuente: Albertz/Kreiling, "Manual fotogramétrico de bolsillo", 1975, *op. cit.*

Elaboración del canevá. Los resultados de la aerotriangulación son utilizados para elaborar la hoja base o "minuta", en la cual se ubican los puntos de control y la cuadrícula Universal Transversa de Mercator (UTM). El material de presentación será dimensionalmente estable y se realizará de acuerdo con las escalas siguientes:

Escala	Espaciamiento de cuadrícula UTM (m)
1:5,000	500
1:10,000	1,000
1:20,000	2,000

2.5. CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad que se aplica en estas actividades consiste en la interpretación de los resultados, la revisión de datos de la aerotriangulación, la transformación de los sistemas de referencia y la existencia de material cartográfico georeferenciado para cotejarlo de forma gráfica; cada proceso se revisa de forma particular y en caso de encontrar anomalías se someten a repetición aquellos casos en los que no se cumpla con los requisitos específicos.

2.6. ORIENTACIÓN DE FOTOGRAMAS

Este apartado hace referencia a la posición que presentaba la cámara métrica al momento de sensar una escena del terreno, la cual se determinará indirectamente mediante la utilización de fotografías aéreas y los instrumentos de restitución. La orientación se divide en interna y externa.

2.6.1. Orientación interna

El procedimiento consiste en la reconstrucción del haz de rayos perspectivos del interior de la cámara métrica; es decir, en obtener la misma orientación que existió en el momento de la toma fotográfica. Incluye tres parámetros básicos que son: la colocación de la distancia focal, la localización del punto principal y la determinación de las características del objetivo fotográfico para conocer y corregir sus distorsiones ópticas. El doctor Daniel Montaña, en el documento referente a la orientación de fotogramas para la restitución fotogramétrica (1968), indica que se deben cumplir las dos condiciones siguientes:

1. Los objetivos de los proyectores deben ser de características iguales a los de la cámara fotogramétrica usada en el vuelo; en otros términos, la distancia focal de los proyectores ha de ser igual a la de la cámara correspondiente.
2. El eje óptico del proyector debe ser perpendicular a la placa y pasar por su punto principal.

2.6.2. Orientación externa

Es la reconstrucción de la posición exacta de los objetos en relación con el sistema de referencia del apoyo terrestre o a una proyección cartográfica específica. La condición ideal de un vuelo fotogramétrico sería que el eje óptico de la cámara estuviera rigurosamente vertical en sus puntos, así como en los que impresionarán sus placas. Esta situación es difícil de conseguir, pero se habrá de exigir el máximo en el vuelo fotogramétrico. La orientación externa se consigue mediante los procesos que incluyen la orientación relativa y la orientación absoluta.

Orientación relativa. Esta consiste en relacionar las imágenes entre sí dentro de la zona estereoscópica común, logrando la observación de un modelo estereoscópico con el objeto de eliminar paralaje a través del método empírico de Von Gruber; dicho factor se entiende como el desplazamiento de la posición de un cuerpo con respecto a un punto de referencia ocasionado por una desviación en el punto de observación o ángulo de toma. El paralaje tiene dos componentes: paralaje horizontal y paralaje vertical.

Orientación absoluta. Consiste en ajustar la escala del modelo para que todos los fotogramas se trabajen únicamente en una escala definida y en lograr que los puntos de control terrestre coincidan totalmente en posición a los parámetros de campo o gabinete. Los rayos que determinan dos a dos los distintos detalles del terreno se cortan en el espacio y el conjunto de sus intersecciones forman un modelo óptico denominado "maqueta del terreno". Según Montaña, 1968, para que se considere sustituido el terreno por el modelo óptico se requiere:

1. Determinar la escala a que resulta el modelo formado y deducir de la misma la operación necesaria para obtener el mismo modelo de la escala elegida con anterioridad.
2. Determinar la posición del eje "Z" del modelo hallado y deducir de la misma las operaciones necesarias para poner al eje vertical.

Para la ejecución de la orientación absoluta será preciso determinar los siete parámetros siguientes:

- Escala del modelo.
- Tres desplazamientos relativos entre modelo y mapa a lo largo de los tres ejes coordenados.
- Tres rotaciones del modelo con respecto al mapa, alrededor de los mismos ejes.

Puesta en escala de los modelos estereoscópicos. Consiste en comparar las distancias reales (en metros) de los puntos de apoyo terrestre o fotogramétrico con las que presenta en ese momento el modelo espacial (se miden generalmente en milímetros), relacionadas con el sistema de referencia del instrumento específico de restitución en uso. Para llevar el control preciso de las mediciones derivadas del modelo espacial, se recomienda establecer una escala en cifras cerradas. El ajuste de la escala se realiza cambiando la distancia que separa los centros de dos fotogramas consecutivos en el aparato de restitución.

Nivelación o basculamiento de los modelos estereoscópicos. Se trata de colocar ambos fotogramas en la posición teórico-relativa que mantenían cuando fueron captados y por consecuencia, obtener un modelo estereoscópico similar al de la superficie terrestre; para lograr este modelo se requiere la comparación de las diferentes alturas que presentan los puntos de control fotogramétrico y de apoyo terrestre con las contenidas por ellos mismos en el modelo espacial.

El modelo estereoscópico se promedia con los datos de apoyo fotogramétrico o control terrestre, comparándolos para conseguir la aproximación más certera posible con un modelo espacial orientado y llevado a escala verdadera.

2.7. COMPILACIÓN

2.7.1. Compilación o estereocompilación

Técnicamente es conocida como restitución y su objetivo primordial es reconstruir a detalle los elementos y rasgos contenidos en una fotografía aérea, previamente referenciada a los controles terrestre y fotogramétrico. Es aceptada como "la producción de un mapa o carta a partir de fotografías aéreas o de datos de apoyo geodésico y terrestre, por medio de instrumentos fotogramétricos" (Herrera y Mondragón *op. cit.*).

Existen tres clases de compilación, las cuales son clasificadas de acuerdo al producto cartográfico final que originan; estas son: gráfica o lineal, ortofotográfica y numérica.

2.7.2. Compilación gráfica o lineal

Se le denomina así, debido a que los rasgos físicos naturales y los creados por el hombre que se identifican en el modelo espacial son capturados y representados con base en símbolos lineales de diferente grosor, forma y tamaño.

El procedimiento consiste en ubicar la marca flotante del instrumento de restitución exactamente sobre la parte superior del detalle que se requiere representar gráficamente, reconstruyendo el objeto punto por punto y considerándolo como entidad de área o polígono. Esta operación se repite tantas veces como sea necesario para materializar el contenido del modelo estereoscópico de la mejor forma posible, asegurando la identificación certera de los elementos y rasgos que interesan. Existen dos modalidades de compilación gráfica, la planimétrica y la altimétrica, mismas que se describen a continuación.

Compilación planimétrica. La planimetría es la parte de la topografía que se encarga de estudiar los procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal sin considerar sus elevaciones. En el campo fotogramétrico se entiende como la representación horizontal de los rasgos físicos naturales y los generados por el hombre contenidos en uno o más modelos estéreos orientados correctamente (Montes de Oca, 1980; Caire, L. J., 1977).

Para su elaboración generalmente se consideran los siguientes aspectos: lugares poblados, infraestructura y servicios públicos; vías de comunicación; elementos hidrográficos y cubierta vegetal. La densidad de datos planimétricos depende de la escala de las fotografías aéreas y de la "generalización cartográfica" del documento que se quiera elaborar.

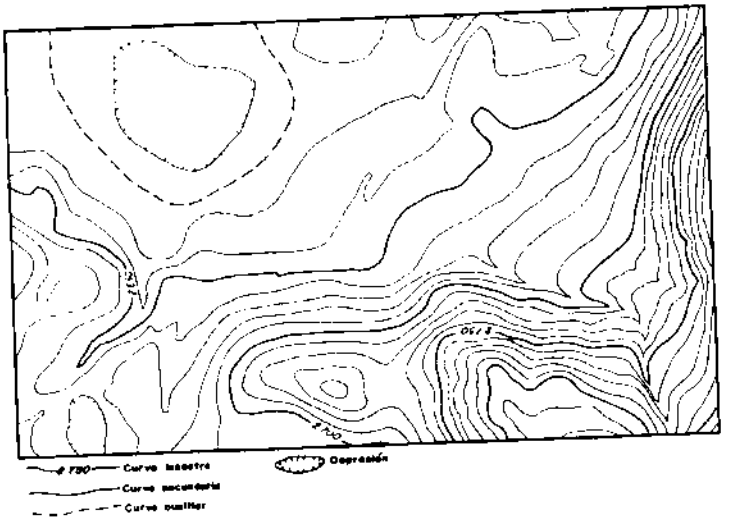
Compilación altimétrica. Es la representación del relieve contenido en uno o más modelos estereoscópicos orientados correctamente en un plano horizontal. La elaboración de la altimetría consiste en colocar la marca flotante (índice de medición) sobre la superficie del terreno en observación, con una calibración previa de cota exacta de la curva de nivel que se va a procesar, y se sigue el recorrido de la isolínea manteniendo la marca en posición tangente a la superficie del terreno (Herrera y Mondragón, 1992, *op. cit.*).

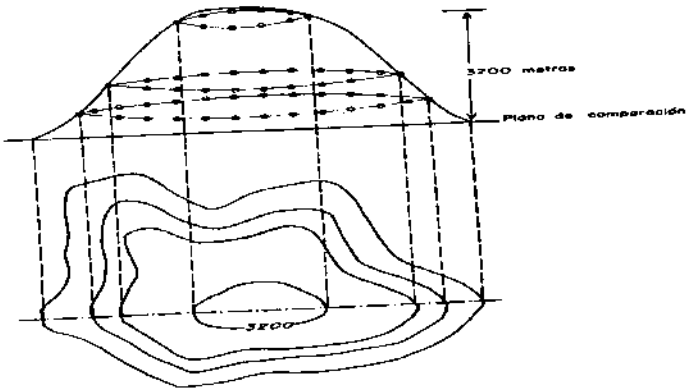
La representación de la topografía de una porción de la superficie terrestre se lleva al cabo mediante la materialización de las curvas de nivel (isohipsas) que se observan en un modelo espacial. Una curva de nivel es la línea que une puntos de igual elevación o altitud.

Es conveniente diferenciar las curvas de nivel entre sí con el objeto de facilitar su identificación. Las curvas de nivel maestras se trazan en color intenso, identificándolas con una tonalidad más obscura y se indican a cada quinta curva, acotándolas de forma convencional en intervalos constantes de acuerdo a la topografía del terreno o a la secuencia de armado de hojas.

Entre dos curvas de nivel maestras existen cuatro curvas con una tonalidad más tenue denominadas secundarias. Cuando la equidistancia fijada previamente no es suficiente para representar claramente la topografía, se recurre al trazado de curvas de nivel auxiliares, mismas que se simbolizan con la tonalidad de las curvas secundarias y con línea discontinua. La separación vertical entre curvas de nivel consecutivas se llama equidistancia, misma que se define en función de las características topográficas del terreno o de la escala.

El ejemplo muestra la representación gráfica del terreno a través de las curvas de nivel.





Fuente: Construida con base en la cartografía que genera el IIIGECEM.

Clasificación local. A continuación se presenta la estructura que se maneja en la cartografía altimétrica para el Estado de México en escala 1:10,000:

Cotas	Equidistancia (metros)	Cobertura del terreno
400 a 2,600	20	Áreas accidentadas del sur del Estado de México
2,000 a 2,600	5	Corresponde a los valles de Toluca y México
2,600 a 3,000	10	Corresponde a zonas de pie de monte
mayor de 3,000	20	Zonas accidentadas y de alta montaña

Fuente: Construido con base en la cartografía que genera el IIIGECEM.

De acuerdo con la escala se consideran las siguientes equidistancias:

Escala	Equidistancia (metros)
1:1,000	1
1:5,000	5, 10
1:10,000	10, 20
1:20,000	20

2.7.2.1. Generalización cartográfica

En los procesos cartográficos se requiere que las variables seleccionadas sean procesadas previamente para hacer efectiva su representación. Los arreglos desde el cálculo, las medidas estadísticas, los promedios y proporciones, y la aplicación de operaciones más complejas, tales como la simplificación, clasificación, simbolización e inducción, son atributos de la generalización cartográfica. Para su elaboración existen algunos criterios que toman como base elementos y controles agrupados en cuatro categorías (Robinson, *et. al*, 1978).

Elementos:

- **Simplificación**, es la determinación de las características e importancia de los datos, la eliminación de detalles no deseados y la representación de forma exagerada de aquellos elementos o rasgos que se quieran resaltar.
- **Clasificación**, consiste en la ordenación y escala de la agrupación de datos.
- **Simbolización**, Consiste en especificar el código gráfico de acuerdo con la escala o la agrupación de características esenciales, significaciones comparativas y la posición relativa de los datos a representar.
- **Inducción**, es la aplicación de la lógica y de los procesos de inferencia.

Controles:

- **Objetivo**, se refiere a tener perfectamente claro el propósito de cada mapa.
- **Escala**, es la relación o proporción de la superficie a representar.
- **Límites gráficos**, están en función de la capacidad de los sistemas empleados para la comunicación y las capacidades perceptibles de las redes de comunicación visual.

- **Calidad de los datos**, se refiere a la confiabilidad y precisión que deben tener los datos que están siendo cartografiados.

Para la representación de los datos se utilizan símbolos convencionales; se acostumbra distinguir los aspectos planimétricos y altimétricos entre sí, por medio de colores asociativos que permitan identificar rápidamente el contenido del plano o mapa:

Elementos	Color
Lugares poblados, infraestructura y servicios públicos.	Negro
Vías de comunicación.	Rojo
Hidrografía.	Azul
Cubierta vegetal.	Verde
Curvas de nivel.	Sepia

2.7.2.2. Compilación en campo

Los trabajos elaborados en gabinete, referentes a la compilación planimétrica y altimétrica, requieren de un estricto control de calidad una vez que han sido restituidos los rasgos o elementos como: lugares poblados, infraestructura y servicios públicos, vías de comunicación, hidrografía, cubierta vegetal y la representación del relieve. Posteriormente, se requiere que la información compilada sea verificada en campo, esto con el objeto de realizar una inspección en el terreno para detectar errores u omisiones de la representación cartográfica; estos procedimientos permiten ofrecer la imagen real y simplificada de la zona que ha sido representada sobre el plano.

Para llevar al cabo una compilación adecuada se debe recurrir a la utilización de dos métodos. El primero consiste en la recopilación y consulta del material documental y cartográfico del sector que se tenga duda. Se toman como base las dependencias oficiales, sean éstas federales, estatales o municipales. Por ejemplo, el corte de secuencia en carreteras y acueductos; en estos casos se consultará a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y a la Comisión Nacional del Agua, respectivamente. De forma paralela, se recurre a la comparación con otros mapas, como los topográficos o temáticos, elaborados por otras instituciones y a diversas escalas.

El segundo método se realiza a través de la verificación directa en campo; para ello se requiere asignar personal especializado (investigadores de campo) en el manejo de mapas, fotografías aéreas y sus derivados, como ortofotos y ampliaciones fotográficas, además, se debe contar con los siguientes materiales e instrumentos:

- Plano donde estén marcados aquellos rasgos o elementos con posición o características dudosas.
- Itinerario de los puntos por verificar.
- Pares estereoscópicos y/o ampliaciones fotográficas del área por verificar.
- Estereoscopio de bolsillo.
- Cinta métrica de 10 m o 50 m.
- Lápices de colores (negro, rojo, azul y verde).
- Tabla de apoyo.
- Calculadora de bolsillo.
- Pintura o crayones de colores.

La verificación y corroboración se aplica *in situ* y las modificaciones se llevan al cabo sobre una copia del original de restitución.

Las normas y especificaciones indican que del total de planos producidos, por lo menos se debe revisar el 3%, y de cada hoja verificar como mínimo 20 rasgos o elementos planimétricos y altimétricos, adicionales a los puntos de los cuales se tiene duda. Además, se debe tener especial cuidado en la verificación en las zonas planas.

2.7.3. Compilación ortofotográfica

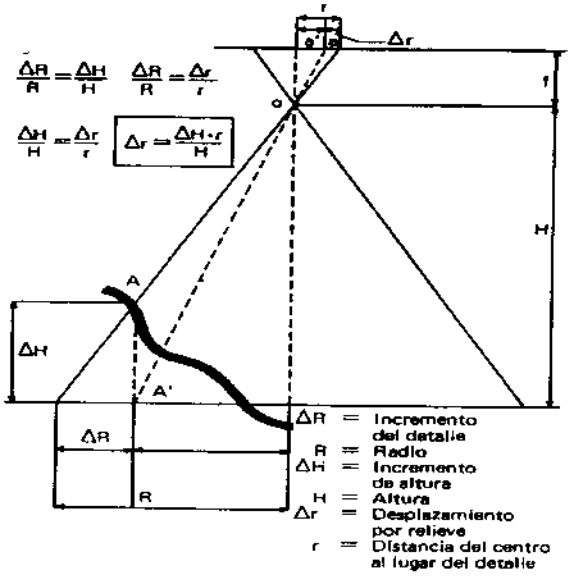
El objeto básico de la compilación ortofotográfica es transformar la proyección cónica central original en una proyección ortogonal obtenida como producto fotográfico; esto es, contar con una nueva imagen del terreno comparable con las características métricas de un plano.

Al producto final de este tipo de compilación se le denomina ortofoto, la cual se define como una imagen que tiene las propiedades de una proyección ortográfica, derivada de una fotografía aérea convencional por rectificación diferencial, de tal modo que los efectos de la inclinación de la cámara y el relieve del terreno han sido corregidos (Graham y Read, 1990, *op. cit.*).

La fotografía es el testimonio real y fehaciente del objeto en el momento mismo de la toma fotográfica, el plano es un documento abstracto, selectivo..., la fotografía muestra "lo que es...", mientras el plano "lo que puede ser...". Sin embargo, la fotografía por su naturaleza propia presenta deformaciones debido a causas como las características del relieve y la inclinación del eje de la cámara, lo que le atribuye disminución en sus cualidades métricas (Romero H. J., 1977).

Una fotografía aérea podría considerarse "ortofoto", en el caso ideal y teórico de tener el eje perfectamente vertical y el terreno plano y horizontal, pero se debe tener en cuenta que el Estado de México presenta una diversidad de topoformas. Por lo tanto, en este caso se corrige la inclinación del eje mediante el proceso de "rectificación"; también, debido a que las deformaciones del relieve no pueden ser corregidas en su totalidad, se requiere aplicar el método de la fotogrametría.

Rectificación ortofotográfica. En términos genéricos, la rectificación es el procedimiento que permite corregir las inclinaciones longitudinal, transversal y las diferencias de escala que presenta una imagen, limitada en su acción si ésta no es vertical, o por los efectos del desplazamiento por el relieve y la altura de los objetos. La figura siguiente muestra los elementos a considerar en este proceso:



Fuente: SPP, Guía para la interpretación de cartografía ortofotografía, CGSNEGI, México, 1981.

Lectura de perfiles y registro de coordenadas. El método empleado para la elaboración de las ortofotos es el de la rectificación diferencial; el proceso consiste en descomponer en zonas elementales de dimensiones muy pequeñas para que, al interior de cada una de esas zonas, la variación de la altura sea mínima. La relación existente entre los puntos que

conforman una sección del modelo estéreo y su correspondiente en la fotografía aérea, se denomina perfil; para obtenerlo en cada sector del modelo estereoscópico, éste se divide en tantas partes como sea necesario para la lectura de los datos, los cuales se obtienen manteniendo la marca flotante siempre tangente a la superficie mostrada a la vista del modelo estéreo (Romero H. 1977 b).

Las coordenadas X, Y, Z instrumentales para cada perfil procesado se almacenan en medio magnético, el cual se maneja a través de un programa de cómputo que analiza las coordenadas X, Y medias, así como su ángulo de rotación utilizando la función tangente; posteriormente se genera un nuevo barrido fotografiándola en sentido longitudinal con un ancho de franja preseleccionado de acuerdo al tipo de relieve (entre 3 y 16 mm), en donde existen zonas accidentadas en que el ancho de la banda es menor, y cuando se procesan zonas planas o con pendientes ligeras se considera un ancho de banda mayor. Esto es, que se obtiene una nueva imagen con base en zonas elementales y en cada una de éstas un "zoom" fotográfico de alta calidad que coordina el plano "Z", para simular la posibilidad ideal de que al tomar las fotografías aéreas originales se obtuvieran con una constante de distancia objeto-objetivo.

En la lectura de perfiles derivados del modelo estéreo, se incluyen las operaciones siguientes: determinación perimetral del modelo, cálculo del ángulo de rotación, número de perfiles, longitud del perfil y cálculo de la proporción o ratio.

Para que la operación sea correcta, será necesario que cada zona elemental sea reducida a un punto, lo cual es imposible en la práctica. Por tal razón, se debe aplicar la rectificación diferencial que es un procedimiento aproximado, tanto más aproximado cuanto más pequeña sea la zona elemental considerada.

Procesamiento de negativos. Para esta actividad se utilizan los datos almacenados en cinta magnética o los provenientes directamente de un restituidor equipado para la exploración de perfiles, por ejemplo con un B8 o bien con un procesador externo, como puede ser un modelo digital del terreno (DTM), perfiles del terreno, curvas de nivel, entre otros.

Una vez realizadas las orientaciones absoluta y relativa de los modelos, se lleva al cabo el "barrido" de perfiles de forma automática, lo único que realiza el operador es ajustar la marca de medición representada por la misma ranura (con una manivela especial) para mantener siempre en contacto dicha marca flotante con la superficie del terreno.

La película queda expuesta de esta forma en pequeñas áreas diferenciales, las cuales corresponden a las dimensiones reales de la ranura de exposición, dando como resultado un "negativo fotográfico". Los posibles errores detectados pueden ser originados por el ancho de la ranura, por rasgos planimétricos debido a la conducción de la marca flotante, y por la escala final. Cada hoja de negativo se controla a través del registro de los siguientes parámetros:

Número de cinta magnética	Número de archivo (s)
Escala final	Número de hoja
Nombre del "bloque"	Número de línea
Número de modelo (s)	Ancho de ranura

Esta información sirve de base al área de laboratorio para llevar al cabo la integración de la ortofoto por medio de procesos fotográficos y de fotomecánica.

Procesamiento en laboratorio. Esta actividad consiste en la revisión e integración del negativo de la ortofoto por medio de la sobreposición en la minuta, haciéndola coincidir con los puntos de apoyo contenidos en el negativo De forma secuencial se lleva al cabo el corte de la hoja en formato 60X60 cm; se le aplica retoque químico y se integra al formato, el cual incluye la imagen institucional, el nombre del municipio al que pertenece la hoja, la fecha de vuelo, el índice y número de hojas, y las escalas numérica y gráfica. Finalmente, se realiza la impresión obteniendo un positivo fotográfico.

A continuación se presentan algunos datos referentes a la integración de ortofotos que cubren el Estado de México.

Escala	Formato gráfico (cm)	Cubrimiento (km2)	Número de hojas
1:5,000	60X60	9	2,865
1:10,000		36	747
1:20,000		144	208

2.7.4. Compilación numérica

Es la expresión numérica de la información contenida en uno o más modelos estereoscópicos y almacenada en formato digital. Su objetivo básico es la consecución de los datos planimétricos y/o altimétricos de una parte de la superficie terrestre a partir del modelo estéreo, registrados punto por punto en un computador formando entidades raster o vectoriales. Permite la captura de datos digitales haciendo posible la separación de la información en niveles o *layers*. Esta organización de datos sirve para visualizar en pantalla uno o más archivos sobrepuestos y es posible su impresión con el grado de adición que se requiera.

Este tipo de compilación es la que se obtiene a través de una "estación fotogramétrica digital", es decir, se requiere contar con recursos especializados de *hardware* y *software* para la producción de ortofotos digitales, o en su caso, la generación de cartografía asistida por computadora.

2.8. MARCO MATEMÁTICO Y GEOMÉTRICO DEL MAPA

Constituye la base para la elaboración de cualquier mapa. Los aspectos prácticos incluyen las medidas, cálculos y procedimientos utilizados para trazar la proyección cartográfica presentada como la red de líneas (marco geométrico); es el paso esencial para la compilación y dibujo de los detalles a mostrar en el mapa (ICA, 1989).

2.8.1. Definición del sistema de referencia

El conocimiento acerca de la forma y tamaño de la Tierra es básico para la elaboración de mapas, esto influye directamente en las transformaciones matemáticas requeridas para representarla sobre una superficie plana, para ello se requiere considerar los elementos siguientes:

***Datum* horizontal**, "es la superficie de referencia que consta de cinco parámetros o cantidades: latitud y longitud de un punto inicial, el azimut de una línea desde dicho punto y dos constantes necesarias para definir el esferoide de referencia. El *datum* es la base para la computación de los levantamientos de control horizontal en donde se toma en cuenta la curvatura de la Tierra" (IPGH, 1992).

En la elaboración de los trabajos de carácter cartográfico se utiliza el *Datum* Norteamericano de 1927 (NAD 27) y la figura base es el Esferoide de Clarke de 1866, el cual tiene las siguientes características:

Semieje mayor (a)	Semieje menor (b)	Relación de achatamiento (f)
6'378,206 m	6'356,584 m	1/294.98

$f = (a-b)/a$

Fuente World Cartography, *fide* ICA, *op cit*

2.8.2. Sistema de coordenadas

Una proyección cartográfica es un arreglo sistemático de meridianos y paralelos que muestra la superficie curva de la esfera o esferoide sobre un plano. En otras palabras es un sistema gráfico sobre el cual se puede dibujar un mapa. La cartografía que elabora el IIIGECEM toma como base la proyección Universal Transversa de Mercator; esta proyección se seleccionó porque conserva el área y los ángulos, además de que constituye una ventaja importante para los usuarios que emplean los valores numéricos tomados de la cuadrícula, así como por los siguientes atributos (Caire, L. J., 1987):

- El sistema de coordenadas tiene un mínimo de zonas o uniones para lograr la exactitud sin necesidad de tener que aplicar correcciones de escala.
- El uso de una sola tabla de transformación para conversión de las coordenadas entre dos zonas adyacentes en cualquier elipsoide.
- La aplicación de una tabla para el cálculo de coordenadas geográficas a coordenadas de la cuadrícula y otra tabla para el cálculo inverso.
- Limita la extensión de la zona de cuadrícula en sentido Este-Oeste para evitar que la divergencia del cuadriculado norte sea mayor de 4°.
- La cuadrícula se adapta fácilmente a un sistema de referencia único para mapas y designación de puntos.

Coordenadas geográficas. El método más conocido de referirse a la ubicación sobre la superficie de la Tierra es mediante el empleo de dos medidas angulares denominadas latitud y longitud; éstas constituyen el sistema de coordenadas geográficas. La primera se define como el ángulo medido del centro de la Tierra entre el plano del Ecuador y el radio trazado hasta un punto de la superficie y toma valores de 0° a 90°, tanto hacia el Norte como hacia el Sur. Se define por la letra griega φ (fi). La longitud es el ángulo medido a partir del meridiano de Greenwich y toma las medidas de 0° a 180°, tanto para el Este (+) como para el Oeste (-). Se denota por la letra griega λ (lambda), (Raisz, E. 1974; Joly, F. 1982).

Sistema de coordenadas planas o rectangulares. En función del tipo de mapa se seleccionará el tipo de proyección cartográfica; la proyección Universal Transversa de Mercator está asociada a lo que comúnmente conocemos como un sistema cartesiano, mismo que se representa por un par de rectas que se cortan en su parte media en forma perpendicular; su intersección se considera como el origen; el eje de la "X" se denomina abscisa y el eje de la "Y" ordenada y los ángulos se miden en sentido levógiro o sea en sentido contrario al de las manecillas del reloj.

Debido a la confusión que puede resultar del uso de las letras "X" y "Y", se utiliza de manera convencional la letra E (para el Este) y N (para el Norte), es una forma convencional para los topógrafos y cartógrafos (ICA, 1989, *op. cit.*).

Canevá o gradícula. Son líneas que pueden ser rectas o curvas constituidas por meridianos y paralelos, que denotan cantidades angulares dentro del sistema sexagesimal; así, se considera a la Tierra como una circunferencia dividida en 360 grados, un grado (1°), equivale a 60 minutos (60') y un minuto equivale a 60 segundos (60"). Se utiliza esta notación para mostrar la latitud y longitud geográfica.

Retícula o cuadrícula. Es la base cuadricular o rectangular que muestra valores lineales de acuerdo con un arreglo de un sistema cartesiano (conserva ángulos de 90°), donde un punto en el mapa se identifica por un par de coordenadas (X, Y). Representa un método para definir posiciones sobre el terreno mediante distancias medidas sobre una superficie plana que se asume corresponde a una porción de la superficie terrestre.

Si consideramos la proyección UTM y delimitamos el Estado de México, observamos que los valores aproximados de las abscisas están comprendidos entre 330,000 y 543,000 y para las ordenadas entre 2'031,000 y 2'243,000.

Especificaciones para el canevá y la cuadrícula

Representación	Especificaciones	
	Canevá	Cuadrícula
Unidades de medida	Las líneas del canevá son para valores iguales de latitud y longitud	Las líneas de la cuadrícula son para valores iguales de distancia lineal, usualmente en metros
Orden del registro de las coordenadas	Latitud seguida por longitud	Este seguido por Norte
Indicación de la dirección	El norte verdadero en el mapa es la dirección del meridiano en cualquier punto	El norte de la cuadrícula es la dirección de las líneas cuadriculares paralelas a la ordenada. Coincide con el norte verdadero solamente a lo largo del meridiano que pasa por el origen verdadero de la cuadrícula.

Fuente: International Cartographic Association, 1989.

2.8.3. La escala

Se define como la relación o proporción de una reducción que existe entre las dimensiones de los rasgos y objetos presentes en el terreno y los homólogos representados en el mapa; es decir, es la relación de la distancia real sobre el terreno entre la distancia medida y representada sobre el mapa.

La indicación de escala en los mapas generalmente se expresa en escala numérica y escala gráfica.

Escala numérica. Es el dato que nos indica las veces a las que se ha reducido o ampliado un mapa o gráfico; su representación puede ser de dos formas: 1:5,000 o 1/5,000, y se lee como uno a cinco mil. Como ejemplo práctico se considera el mapa escala 1:10,000, la interpretación de esta relación es la siguiente:

Dimensiones gráficas en el mapa	Equivalencia en el terreno
1 metro	10,000 metros
1 decímetro	1,000 metros
1 centímetro	100 metros
1 milímetro	10 metros

La escala gráfica. Es una barra graduada que muestra la proporción de la medida en el terreno con la del mapa y se subdivide en unidades de distancia; está compuesta por dos partes: el talón (escala decimal) y la barra propiamente dicha; el talón se divide en submúltiplos de acuerdo a la escala numérica que se esté manejando; normalmente se aplica a escalas grandes y medianas, en escalas pequeñas se omite. Su utilidad radica cuando se hacen ampliaciones o reducciones de cualquier mapa o gráfico (Estrada, E. J. M., 1988).

2.8.4. Líneas del marco de un mapa

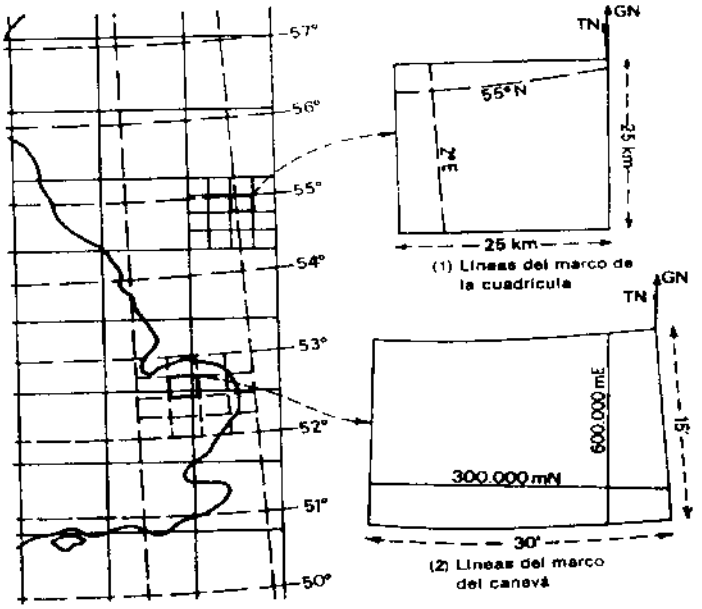
Son aquellas líneas que encierran todo el detalle del mapa, y por lo tanto, definen el límite del área cubierta por el mismo; éstas son:

-Líneas del marco de cuadrícula.

-Líneas del marco de canevá.

-Líneas arbitrarias.

En mapas de escala grande y algunos de escala media las líneas del marco son líneas de cuadrícula. En consecuencia, el formato del mapa siempre será cuadrado o rectangular. En mapas de escala pequeña y pocos de escala media, las líneas del marco están constituidas por dos meridianos y dos paralelos del canevá. Estas pueden ser rectas o curvas y frecuentemente el borde del mapa más cercano al polo geográfico es más corto que el lado cercano al Ecuador. Las líneas del marco son líneas arbitrarias sin relación con la cuadrícula o canevá y sirven simplemente para subdividir el área de interés en una serie de mapas rectangulares de dimensiones similares. Estas líneas pocas veces se acomodan convenientemente a superficies de forma irregular (ICA, 1989, *op. cit.*).



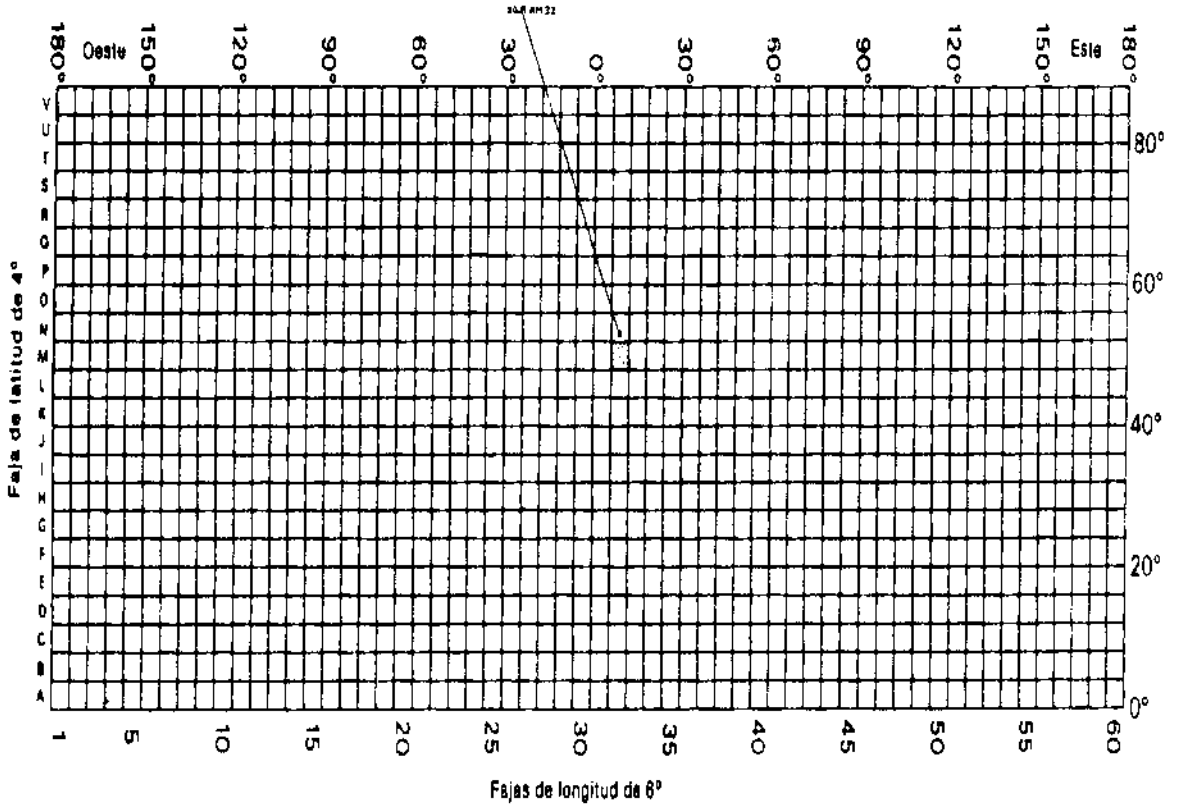
Fuente: International Cartographic Association, 1989.

2.8.5. Sistema de numeración de hojas

Se pueden utilizar tres diferentes sistemas de numeración de hojas, dependiendo de la naturaleza de las líneas utilizadas para toda la serie:

1. Designación por referencia de cuadrícula; aquí el sistema se basa en la referencia de cuadrícula de una esquina y frecuentemente es la esquina noroeste a la cual se refieren los números.
2. Si las líneas del marco son límites arbitrarios, los mapas se numeran en forma secuencial. Esto se hace frecuentemente a lo largo de las zonas Oeste-Este; inicia en el Noroeste y termina en el Sureste. Sin embargo, en algunos países, las zonas van de Norte a Sur. La numeración se hace de Norte a Sur y de izquierda a derecha.
3. El sistema más común que considera la latitud y la longitud es el adoptado por el *International Map World* a la escala 1:1'000,000. La designación de las hojas se hace a través de la aplicación de letras y números:
   - La letra N o S indica si la hoja cae en el hemisferio norte o en el hemisferio sur.
   - La zona de latitud del mapa se indica por una letra, de "A" a "V", ya que cada mapa se extiende 4° en latitud, de este modo la letra "A" representa la zona de 0° a 4°, "M" a la zona que se extiende entre los 48° y 52° y "V" la zona que se localiza entre los 84° y 88° de latitud.

- Los números del 1 al 60 se usan para denotar las zonas o fajas de longitud, cada una de las cuales mide 6° y corresponde al cubrimiento Este-Oeste de cada mapa. La numeración de las hojas se coloca hacia el Este, inicia en el meridiano de 180°, de manera que la faja No. 1 representa la zona que va de los 180° a los 174° al Oeste de Greenwich; la 32 es la zona que está entre los 6° y 12° al Este, y 60 es la zona que cubre de los 174° a los 180° al Este de Greenwich, como se indica en el gráfico siguiente:



Fuente International Cartographic Association, 1989.

Muchos países han adoptado este sistema para hacer subdivisiones adicionales con el fin de crear un sistema para series cartográficas dentro de los rangos de escala de 1:50,000 a 1:250,000, tal es el caso del INEGI en México.

Una cuadrícula es un sistema de líneas rectas que se intersectan en ángulos rectos y representa el método para definir la posición sobre el terreno. Este sistema de la cuadrícula UTM requiere los siguientes atributos:

- El color puede ser el mismo al original primario o puede ser de otro color usado en el mapa.

- En mapas que muestran la sobreposición de los diferentes sistemas de cuadrícula, éstos se distinguen normalmente con la impresión de otro color.

- Las unidades de medida de los valores lineales usualmente son en metros.
- El orden del registro de coordenadas es de acuerdo a la referencia mundial considerando la orientación al Este y al Norte para la longitud y la latitud, respectivamente.

- El norte de la cuadrícula es la dirección de las líneas paralelas a la ordenada; coincide con el norte verdadero solamente a lo largo del meridiano que pasa por el origen verdadero de la cuadrícula.

2.8.6. Captura de datos de acuerdo con reglas semiológicas

Para la integración sistematizada de la información se requiere de toda una serie de elementos de orden normativo, los cuales permiten que todos y cada uno de los elementos a representar cartográficamente tengan georeferenciación y un símbolo único que permita diferenciarlo en forma rápida y precisa. La semiología se define como la ciencia que estudia los signos y su significado; un signo es "cualquier entidad mínima que parezca tener significado preciso"; los signos según la clasificación de Peirse, *fide* Suavita y Flórez, 1978, se organizan en tres grupos: iconos, índices y símbolos.

Iconos. Corresponden a los pictogramas mismos; reproducen la forma real del objeto a que se refiere.

Índices. Evocan en el individuo la idea de algo que conoce.

Símbolo. Es un signo arbitrario cuya relación con el objeto se determina por una ley o imposición; pueden proceder de la naturaleza o ser construidos de forma convencional. Los símbolos pueden valorarse en dos sentidos: primero cuando se significan por sí mismos como sistemas codificados autónomos, donde se mantiene su valor asociativo, y segundo, cuando forman parte de un sistema de signos y su valor depende del contexto.

2.8.6.1. Criterios y convenciones en la rotulación tipográfica

Reglas generales. La colocación de la tipografía se puede realizar considerando tres aspectos principales:

1. Por la localización del punto de referencia.
2. Por la indicación de la orientación y longitud de la línea del elemento o fenómeno representado.
3. Por la designación de forma y extensión de las áreas representadas.

Con base en lo anterior y a las características propias de los elementos o fenómenos a representar se deberán aplicar las siguientes reglas:

1. Los nombres se deben colocar completamente dentro o fuera del rasgo o elemento areal o poligonal (superficie terrestre o agua).
2. La rotulación deberá orientarse de tal manera que coincida con la estructura del mapa. En mapas a gran escala implica conservar un paralelismo con las orillas superiores e inferiores; en mapas a pequeña escala significa que los rótulos estén a la par de los paralelos geográficos.
3. La tipografía no deberá ser curvada, a menos que sea necesario hacerlo así.
4. Los rótulos sin orientación nunca deberán ser colocados en línea recta, deberán siempre tener una curva ligera.
5. Los nombres deberán tener un espacio entre las letras tan pequeño como sea posible.
6. Donde la continuidad de nombres y otros datos del mapa, tales como líneas y tonos, entran en conflicto con la rotulación, los datos, no los nombres, deberán ser interrumpidos.
7. La rotulación nunca se realizará de arriba hacia abajo.

2.8.6.2. Rotulación de algunos elementos relevantes

Para nombres de poblados se utiliza letra vertical, con rótulo negro, en el tamaño acorde a la escala y espacio disponible del mapa, además, se deberá variar el estilo y aumentar el tamaño del tipo de letra que se utilice a medida que aumente la importancia de la información.

Los rótulos no deben encimarse ni cruzarse entre sí. También se debe evitar el traslape con cualquier otro elemento, en caso de no ser posible, se procurará pasar entre letras dicho elemento; sólo se usarán los signos que formen parte del nombre y no se permite utilizar abreviaturas, excepto en casos específicos inherentes al elemento o fenómeno representado.

El nombre de un poblado o de cualquier otro elemento debe indicar claramente a qué se refiere, aún cuando para ello sea necesario espaciar las letras.

En rótulos de lugares culturales con nombre propio, genérico o descriptivo se seguirán los siguientes criterios:

1. En caso de tener los tres tipos de nombres se rotulará en primer término el nombre oficial, en segundo y entre paréntesis el genérico, y al último el descriptivo también entre paréntesis.
2. Con nombres genérico y descriptivo: en primer término el genérico y en segundo el descriptivo entre paréntesis.
3. Sólo con nombre genérico, se rotula entre paréntesis.

Con nombre descriptivo entre paréntesis, en los siguientes casos:

a) Para el caso de líneas de transmisión con nombres descriptivos se rotularán continuos a la abreviatura y centrados al eje de la línea.

b) En todos los casos de elementos lineales los nombres se rotularán en la parte superior; si esto no fuera posible, se hará en la parte inferior.

c) Los elementos que se simbolizan (aeropuertos, minas, etc.) se rotularán en el nombre propio o descriptivo con respecto al símbolo.

d) Los nombres regionales se rotularán entre paréntesis y al tamaño inferior según el elemento que le corresponda.

e) No se rotularán los nombres genéricos de los elementos que se simbolicen correctamente según la información; excepto cuando forme parte del nombre.

f) Se suprimirá la preposición "de", excepto en nombres de poblados y en donde forme parte del nombre.

Dentro de los principales elementos hidrográficos se recomienda la aplicación de las convenciones siguientes:

- En símbolos puntuales, lineales y areales se emplea letra inclinada y en color azul.
- Se sigue la dirección o configuración de los elementos hidrográficos.
- En rasgos o elementos lineales se rotula en la parte superior, si esto no fuera posible, se hará en la parte inferior; si fuera necesario se repetirá el rótulo a cada 20 cm, considerando las características del relieve y la escala del mapa.

III. COMPILACIÓN NUMÉRICA O DIGITAL

3.1. CARTOGRAFÍA TRADICIONAL Y DIGITAL

Dentro de la representación cartográfica, actualmente es común que todos los rasgos y elementos del entorno geográfico se manejen y administren a través de medios informáticos, los cuales consideran modelos de abstracción de la realidad. El lenguaje de la construcción cartográfica que tradicionalmente se manejaba, retoma nuevas estructuras con el desarrollo y avance que la tecnología ha instrumentado en el ámbito computacional, así como en el desarrollo de los sistemas de información geográfica.

En la actualidad la visión cartográfica ha evolucionado, adecuando el concepto clásico de mapa; ahora, un mapa se define como "el conjunto de puntos, líneas y áreas, que son definidas por su localización en el espacio con un sistema de referencia de coordenadas y por sus atributos no espaciales" (P.A. Burrough, 1993).

La información analógica presente en los mapas o planos requiere de tratamiento a través de la transformación a formato digital; por lo tanto, es indispensable que la representación espacial de los datos tenga las siguientes características:

1. Geocodificación de datos, lo cual permite que cualquier objeto geográfico reciba una etiqueta directa o indirecta e identifique su posición espacial con respecto a un punto de referencia, normalmente representado en una proyección cartográfica.

2. Transformación de los objetos de la realidad a formato digital con características espaciales, que es una abstracción del mundo real que incorpora sólo aquellas propiedades que son relevantes a la aplicación de interés en cada caso.

La naturaleza y características generales de los datos e información geográfica y su forma de almacenamiento espacial (gráficos) y no espacial (alfanumérica), permite la creación y organización de una base de datos, definida como un sistema de almacenamiento de registros en computadora, es decir, un sistema cuyo propósito general es registrar, procesar y mantener actualizados los datos.

Un sistema de bases de datos está compuesto por: datos, *software, hardware* y usuarios. Su arquitectura se divide en tres niveles generales: interno, externo y conceptual (Date, C.J., 1986).

Nivel interno. Es el más cercano al almacenamiento físico, es decir, la forma de cómo los datos se almacenan en realidad; esta unidad es el centro principal del *hardware* llamada Unidad Central de Proceso (CPU), es el que recibe todos los datos de las unidades de entrada, los almacena temporalmente en la memoria central, los procesa de acuerdo a las instrucciones a través de un programa y envía los resultados a una unidad externa.

Nivel externo. Se relaciona con los usuarios, indica la manera de cómo el usuario organiza los datos para su acceso al nivel interno.

Nivel conceptual. Es un nivel de mediación entre los dos anteriores; propiamente es la relación que definen los usuarios para realizar los procesos de un trabajo específico.

3.2. ESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO

La información se almacena en tres modos o formatos: vector, raster y alfanumérico.

3.2.1. Formato vector

Reproduce explícitamente la geometría de las unidades espaciales teniendo como unidad lógica básica al vector. En esta representación se involucra una serie de conceptos, además se consideran dos componentes básicos: entidad geográfica y representación geométrica (Caro, A., 1991).

Entidad geográfica. Es la imagen digital de un rasgo, elemento o unidad geográfica individualizada que puede extenderse, sin limitaciones de dominio, por todo el territorio a cartografiar; es decir, puede ser un objeto, evento o concepto al que se le asocia un nombre con el fin de distinguirlo de otras entidades: como carretera, presa, ciudad, centro de salud y servicio educativo, entre otros.

Representación geométrica. Es la simbolización digital del componente espacial de un rasgo o elemento geográfico, la cual se define en dos dimensiones (X, Y), y se caracteriza a través de puntos, líneas y áreas.

A continuación se enuncian algunos términos y conceptos asociados al formato vector:

Entidad puntual. Es el rasgo o elemento geográfico georeferenciado por un sólo par de coordenadas (X, Y) y representado por diferentes clases de símbolos puntuales, los cuales se asocian con otros atributos como la dirección y un calificador de posición que puede ser de tipo definido o aproximado.

Entidad lineal. Es la unidad geográfica que representa un rasgo o elemento lineal formado por uno o varios tramos consecutivos, es decir, presenta dos o más pares de coordenadas. Una línea dentro de sus atributos de calificador de posición considera los siguientes elementos (INEGI, 1994):

- Definida, es cuando la posición se precisa en el documento fuente.
- Posición aproximada, es cuando la ubicación se refiere en el documento fuente directamente en campo.
- Virtual, es cuando la representación se extiende más allá del límite teórico del conjunto de datos, delimitando la representación geométrica de los mismos.

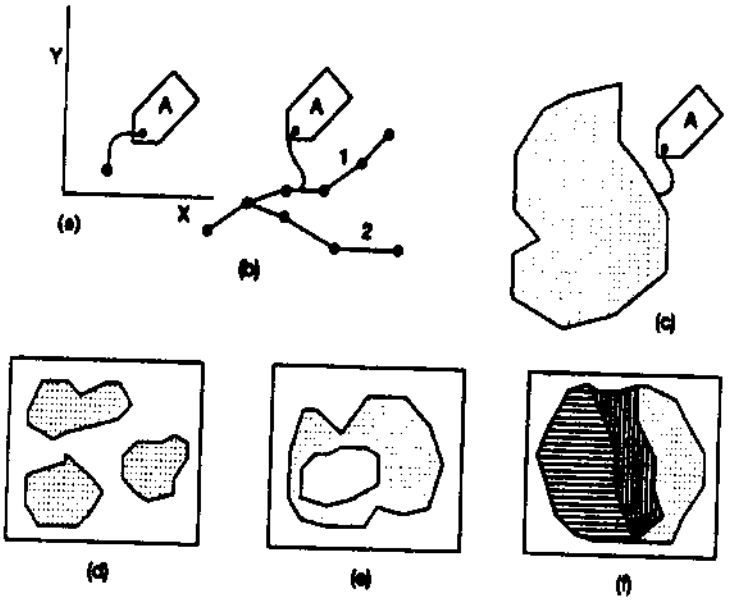
Entidad areal. Son aquellos rasgos o elementos geográficos comprendidos dentro de una estructura (polígonos), la cual es capaz de describir sus propiedades topológicas y sus componentes como son: la configuración, el perímetro y el área.

Nodo. Se define como el punto de discontinuidad en un objeto cartográfico lineal (y por tanto, en una entidad geográfica), que origina la partición del objeto en tramos.

Tramo. Es el componente de uno o varios vectores definido por dos nodos.

Atributos. Son propiedades cualitativas o cuantitativas que se asocian a las entidades o a sus tramos y están definidas por información alfanumérica de tipo espacial a través de coordenadas. Un atributo es una característica que califica y describe un aspecto de una entidad. Pueden ser de dominio fijo y dominio variable.

Lo anteriormente expuesto se presenta en el gráfico siguiente, a través de la definición de los componentes del mapa, es decir la representación puntual (a), lineal (b) y areal (c) y las características de la región con sus atributos (d, e, f).



Fuente: Burrough, P.A., Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Oxford University Press Inc., New York, 1993.

Relación topológica. Es la asociación entre entidades a través de la conexión y compartición de los bordes de los polígonos.

Código. Es el conjunto de signos convencionales que permiten representar datos para su manipulación en computadora.

Calificadores de representación geométrica. Para las representaciones de punto los calificadores serán de manera definida y aproximada, y para el caso de línea, incluye las anteriores más las de tipo virtual. Cabe hacer mención que para el caso de las áreas el calificador no se aplica, pero sí a las líneas que lo delimitan. Por lo tanto, una entidad areal podría estar delimitada simultáneamente por líneas definidas, aproximadas o virtuales (INEGI, *op. cit*).

3.2.2. Formato raster

Su estructura se compone de una "malla" o arreglo de celdas llamadas pixeles y se caracteriza por integrar la imagen en un mosaico, en el que cada celda se representa por valores numéricos; además se asocia a un modelo espacial, el cual presupone la división del espacio geográfico en elementos discretos de forma regular, contiguos y mutuamente excluyentes e indivisibles. Cada pixel pertenece a una y sólo una región, adoptando un único valor por cada atributo determinado. Así pues, cada zona o región es un conjunto conexo de unidades superficiales elementales, cuyos bordes o fronteras están definidas implícitamente (Guimet, P. 1992).

La estructura raster más simple consiste en una matriz de pixeles, donde cada uno de ellos está referenciado por un número de línea y de columna, además contiene un número representando el tipo o valor del atributo a referenciar.

Para la captura de la información se utiliza el scanner, la captación directa por medio de imágenes de satélite o por técnicas especiales de fotogrametría.

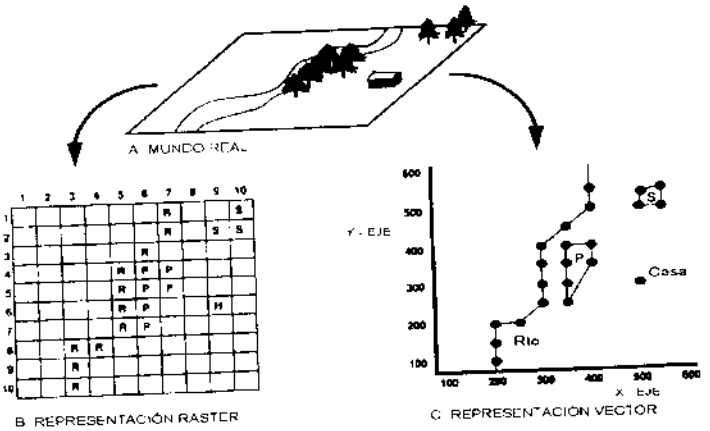
En la estructura raster, la captura de información puede ser más rápida si se utilizan procesos automatizados, con los cuales la elaboración de cambios de forma y tamaño de los objetos resulta más ágil. Si bien la captura es más rápida que con las técnicas vectoriales, en muchos casos la precisión exigida y la codificación de elementos hace que sea necesaria una labor interactiva posterior que puede llegar a anular o sobrepasar sus ventajas frente a la captura por sistemas vectoriales.

Rastreador, scanner o barredor óptico. Es un instrumento que permite digitalizar automáticamente un texto o imagen. El proceso se basa en un dispositivo con puntos de luz muy fino y preciso, el cual es reflejado sucesivamente y dispuesto adecuadamente sobre un papel. La luz reflejada es captada por un barredor óptico que, en función de su intensidad y densidad, codifica el valor de gris impreso; densidad que es convertida a un código numérico al mismo tiempo que registra su posición espacial a espacios regulares de acuerdo con la resolución del aparato.

Pixel. Es la unidad gráfica más pequeña que se utiliza para construir una imagen digital y está constituido por uno o más puntos que se consideran como una unidad. Además, es la representación numérica o lógica del campo instantáneo de vista, así como la medida de energía promedio que proviene de dicho campo, en donde a cada pixel le corresponde sólo un campo y viceversa (Lira, J. 1989).

Resolución geométrica. Se da en función a las dimensiones del pixel y se incrementa cuando el tamaño del pixel es más pequeño.

Georeferencia. Ésta se obtiene cuando se determina un valor en (X, Y) de un sistema de coordenadas; por las dimensiones del pixel se podrá determinar la posición de cada punto. Para georeferenciar se requiere conocer el valor del origen y las dimensiones del pixel del archivo raster. Ver gráfico de modelos:



Fuente: Aronoff, S. Geographic Information System, Ottawa, Canada, 1993.

3.2.3. Formato alfanumérico

3.2.3.1. Estructuras de datos y operadores asociados

Es común que cuando se quiera establecer una base de datos surja la pregunta ¿cuál es el tipo más adecuado y qué tipo de operadores asociados debe soportar el sistema?. Con base en lo anterior, los sistemas de bases de datos se clasifican de acuerdo con el enfoque que adoptan; los tres enfoques mejor conocidos son: relacional, jerárquico y de red (Date, C. J. *op. cit.*).

Modelo relacional. Está basado en una serie de tablas en las que el usuario del sistema de la base de datos puede realizar consultas y hacer modificaciones tales como insertar, eliminar y actualizar registros o filas. Existen varios lenguajes para expresar estas operaciones, como el cálculo relacional de registros, y el de dominios, los cuales son lenguajes sin procedimientos que representan la capacidad básica requerida en un lenguaje de consulta relacional.

Modelo de datos jerárquico. Consiste en un conjunto de registros que se conectan entre sí por medio de ligas y se organizan en diagrama de árbol.

Modelo de datos red. Es un conjunto de registros que se conectan entre sí mediante ligas y se organizan en forma de gráfica arbitraria.

Formato tabular. La estructura y organización de la información de manera tabular considera una serie de términos, los cuales se mencionan a continuación:

Registro. Es un conjunto de datos e información sobre un objeto, tema, rasgo o elemento, que puede ser del entorno natural o social, es decir, constituye un grupo de campos de datos relacionados.

Campo. Se define como la localización física de almacenamiento de una unidad de datos o información. Un campo define también una unidad de datos de información en un documento fuente, en un reporte o en una pantalla de video (una combinación de campos constituye un registro).

Liga. Es una asociación entre dos registros exclusivamente; puede considerarse como una forma restringida (binaria) de relación en el sentido del modelo.

Etiqueta final. Es un registro de identificación que se incorpora al final de un archivo. Una etiqueta final también es un caracter o grupo de bits que marcan el final de un marco de datos para ciertos protocolos de comunicaciones. El término etiqueta final puede referirse a cualquier clave que marque el final de un grupo de datos.

Operadores lógicos. Permiten especificar exactamente las condiciones bajo las que se han de aplicar las órdenes.

Operadores relacionales o de comparación. Se usan con datos numéricos, de caracteres y de fecha, en donde los elementos a comparar deben ser del mismo tipo de datos y el resultado puede ser cierto o falso, dependiendo de la comparación.

Funciones. Son herramientas que se aplican para realizar tareas rutinarias específicas. Hay funciones para fecha, para cadena de caracteres y para números; además, hay ciertas funciones que realizan pruebas especializadas. Los nombres de las funciones siempre van seguidos de paréntesis, dentro de los cuales se colocan los argumentos de las funciones. Dentro de éstas se distinguen las funciones matemáticas y las funciones de caracteres.

3.3. ENTRADA DE DATOS

La información que se introduzca a medios magnéticos tiene que ser transformada a formato digital a través de las técnicas que permiten introducir datos espaciales; existen prácticamente dos fuentes de digitalización, conocidas como primarias y secundarias.

Las fuentes primarias son las que digitalizan en forma segura y rápida utilizando la tecnología GPS (*Global Positioning System*), donde el receptor capta señales vía satélite, este proceso determina las coordenadas de puntos de la superficie terrestre con gran exactitud y velocidad de acuerdo al método de levantamiento utilizado.

Las fuentes secundarias de digitalización se componen de las siguientes etapas:

1. Digitalización de la información cartográfica analógica.
2. Etiquetado de cada objeto digitalizado con un identificador unívoco.
3. Asignación temática a cada objeto digitalizado para identificarlo correctamente.

La digitalización vectorial semiautomática forma un fichero con las coordenadas de los límites de los objetos espaciales (puntuales, lineales, areales); sus fases son las siguientes:

- Se identifican los objetos espaciales en el mapa, asociados a un nombre único.
- Con la tableta digitalizadora se introducen las coordenadas (X, Y) de cada punto.

Cada objeto debe quedar independiente y con su nombre. En primera instancia, el digitalizador debe georeferenciar y ubicar el mapa a un sistema o proyección cartográfica (ejemplo la UTM o la Cónica Conforme de Lamber), y en segunda, introducir coordenadas para que el sistema forme un fichero propio de cada objeto.

3.3.1. Digitalizador o tableta digitalizadora

Es una parte del *hardware* que permite la entrada de datos espaciales y está compuesta por un tablero plano, el cual, en su interior, contiene una matriz de circuitos de hilos metálicos que pueden detectar magnéticamente la posición del cursor; además, tiene incorporada al cursor una lupa que permite al usuario digitalizar con facilidad y exactitud las coordenadas. La posición del cursor puede registrarse punto a punto para lo que es preciso apretar uno de los botones del cursor o bien continuamente; este periférico de entrada es de carácter vectorial.

Digitalización con la estructura de datos. Consiste en realizar una lista de coordenadas en las que se debe tener la precaución de no cometer los siguientes errores: creación de zonas o líneas que pertenezcan a dos polígonos diferentes, huecos inexistentes y/o polígonos no cerrados.

Digitalización topológica. Se refiere a la creación de la organización arco/nodo en la que se deben llevar al cabo las siguientes operaciones:

1. Preparar documentos fuente en los cuales se debe destacar y dar nombre único a los objetos puntuales, lineales y areales.
2. Se digitalizan los nodos y vértices simples que forman un arco, el cual debe empezar y terminar en un nodo. Sin embargo, cuenta con una utilería que busca y compara todos los registros en la base de datos creada, si encuentra dos coordenadas con diferencias mínimas obtiene una media y asigna ese valor al nodo y los archiva. También se digitalizan los objetos puntuales, asignándoles primero un nombre y en seguida un punto al interior de cada polígono para identificarlo y colocarle una etiqueta.

3.3.2. Digitalización raster automática

El dispositivo físico (barredor óptico o scanner) realiza la tarea de asignar a cada pixel un valor cuantitativo proporcional a su contenido gráfico, generando una imagen, no un mapa porque no genera una leyenda que establezca el significado que tiene con la realidad.

3.4. CRITERIOS GENERALES EN LA CAPTURA DE OBJETOS CARTOGRÁFICOS

a) En el proceso de digitalización, cada tramo se identificará por las coordenadas de los puntos que representen (de forma más aproximada) las variaciones de la curvatura en donde la cadena equivalente al documento original no deberá

exceder en separación más de 0.2 mm. En el caso de tramos sin intersecciones intermedias, sólo se admitirán en la digitalización los nodos inicial y final que los definen. Se exceptúa esta norma en el caso de la existencia, dentro de algún tramo, de un rasgo predeterminado, como puede ser curva, arco, línea, entre otros, que provocará la partición en dos o más tramos (SEDESOL, s/f).

b) Con las definiciones de tramo y nodo, todas las intersecciones de entidades cartográficas lineales con otras lineales (excepto curvas de nivel) o con perímetros de entidades superficiales darán lugar a nodos y, en consecuencia, generarán tramos. Dicho de otra forma, los tramos componentes de entidades lineales o de contornos superficiales, no podrán intersectarse con ningún otro punto distinto de los nodos inicial o final de otro tramo. Se debe asegurar que los vértices de las áreas cerradas, en los que se intersectan tres o más polígonos, dan lugar a un nodo y como tal inicializan y finalizan un tramo de las cadenas de los perímetros de las áreas que confluyen.

c) Deberá existir continuidad analítica en todas las entidades cartográficas lineales y en los contornos de entidades cartográficas superficiales compuestas por tramos, de tal forma que el nodo inicial de un tramo coincida exactamente con el nodo final del tramo que le precede en la descripción de la entidad.

d) Cada tramo deberá tener una descripción geométrica única (conjunto de coordenadas de los puntos que lo integran), de tal forma, que aún cuando el tramo sea común a más de un objeto cartográfico, su definición y descripción geométrica sólo exista una vez en la cartografía digital resultante, diferenciándolos solamente por los respectivos códigos enumerados en la descripción del tramo.

e) Las entidades cartográficas superficiales se describirán por un punto interior en ellas (centroide). Los contornos que las delimitan estarán definidos implícitamente por la codificación de los tramos componentes y cerrarán perfectamente, esto es, que el nodo final del último tramo deberá coincidir exactamente con el nodo inicial del primer tramo (cuando éstos estuvieran ordenados). Cuando coincida la geometría de centroides de dos o más entidades superficiales, se forzará su separación para que la posterior rotulación asignada a los mismos no se superponga.

f) La información se referirá a cada unidad de captura (hoja cartográfica) donde se ubique.

g) A las entidades superficiales contenidas dentro de dos o más unidades de captura se les asignará un sólo centroide, situado en aquélla en que la porción de la entidad superficial sea más significativa.

h) A pesar de no ser necesario la digitalización de bordes de hoja cartográfica, se creará un nodo en la intersección de una entidad lineal o cadena perimetral de un área con un borde de hoja.

i) Cuando los tramos del contorno de una entidad superficial o los de una entidad lineal tengan continuación en una hoja colindante, se asegurará la unicidad en el nodo resultante y se procurará que la unión de los tramos en ambas hojas no modifique su dirección.

j) Sobre un objeto cartográfico representado por una línea recta, todas las intersecciones producidas por tramos incidentes producirán nodos, los cuales estarán alineados de tal forma que se encuentren en la línea que resulta al unir los dos vértices extremos de la recta definida.

k) A los tramos componentes de contornos superficiales, que implícitamente coincidan siempre con contornos superficiales de áreas contenidas en las anteriores, sólo se les asignará el código de la mayor superficie en jerarquía.

3.4.1. Criterios particulares para la captura y estructuración de la información

La información de algunas entidades y su captura considera los siguientes aspectos: situación (geometría), atributos de identificación y descriptivos, y forma de representación, (SEDESOL, *op. cit*), bajo los siguientes criterios:

1. **Las entidades puntuales**, que no sean centroides, se representan por lo general en forma de símbolos convencionales, según parámetros preestablecidos. Cualquier atributo y/o rotulación asociado podrá capturarse en el campo de atributos de archivo de entidades puntuales, sin embargo, en los casos de puntos acotados, la altura sobre el nivel del mar se capturará en la coordenada "Z" del archivo de entidades puntuales y dicha coordenada servirá también como valor de representación del texto.
2. **La información sobre las entidades lineales** se capturará en la descripción de cada uno de los tramos que la componen, con un número de la entidad que lo identifique.

Estas entidades constan de lo siguiente:

- Código de clasificación (coincidente con el código del tramo).
- Código numérico en la identificación de la entidad.

En estos casos, en el archivo de atributos se podrá capturar la clave de la entidad lineal y su correspondiente identificación literal. Sólo se capturan aquellos grupos lineales compuestos por uno o varios tramos, a los que es necesario asociarles una identificación literal específica, como las siguientes: hidrografía, vías de comunicación, ejes de vías y líneas de conducción, entre otros.

En aquellas entidades lineales cuya forma geográfica quede definida por dos líneas paralelas (carreteras, ferrocarriles, canales, entre otros) y siempre que la escala de representación permita claramente el trazado de ambas líneas, se digitalizarán, además, el eje de la entidad y el par de líneas correspondiente, mediante métodos o algoritmos capaces de garantizar el paralelismo a lo largo de toda la entidad.

Si la escala de representación definiera que tal entidad se representará por un signo convencional definido por una sóla línea, se digitalizará únicamente ésta y se verificará que en todas las uniones o cruces con otros ejes se generen nodos por intersección de los correspondientes ejes.

Toda asociación biunívoca, entre código de entidades lineales y sus identificaciones literales respectivas, se almacenará en el archivo de atributos.

En el archivo de textos se capturará siempre la rotulación por la identificación correspondiente de cada una de las entidades lineales.

Se debe tener presente que las curvas de nivel no generan nodos en su intersección con los tramos correspondientes a los rasgos y elementos geográficos (se exceptúan los límites de hojas).

3. **Las entidades superficiales** se definirán por un centroide (punto interior de coordenadas X, Y), donde su situación servirá para definir la posición de arranque de un posible texto asociado a la misma, la cual deberá llevar asociado su código en la clasificación de elementos y un número secuencial de siete posiciones previamente establecidas. Asimismo, se elaborará una tabla de especificaciones de acuerdo a la investigación o tema a tratar, tal es el caso de la cartografía urbana de tipo catastral, de servicios, de infraestructura u otros; también se debe incluir lo relativo a los rasgos y elementos del medio físico como son: edafología, uso del suelo, clima, geología, e hidrología, entre otros.

4. **Simbología de representación**. Se elaborará un catálogo relacionado con los elementos en función de la codificación usada. Para el almacenamiento del soporte magnético deberán tener en cuenta a las entidades puntuales representadas por un par de coordenadas (X, Y) se almacenarán, teniendo en cuenta la orientación, si es que ésta se contempla en las descripciones de la simbología.

   Información del archivo de texto. Se captura en los archivos de entidades superficiales o puntuales aquella información necesaria que se deba rotular, y no debe figurar en el archivo de textos. Por tanto, la rotulación capturada y tomada desde

dichos archivos se presentará horizontalmente. La información de texto/rotulación no capturada en los archivos de geometría se almacenará en el archivo de textos; para su captura se tomará en cuenta la codificación en la clasificación de elementos, registrando su altura y orientación.

3.4.2. Precisión y estructuración de los rasgos geográficos

La precisión se da en función a la diferencia entre la posición de la representación geométrica asociada con una entidad y la respectiva posición real del rasgo geográfico correspondiente, es decir, la relación que existe entre la distancia gráfica con la distancia real del objeto.

La precisión de la representación cartográfica está en función de la norma internacional, la cual es de ± 0.2 mm. Entonces:

Escala	Precisión		
	Gráfica (mm)	Real (m)	Tolerancia(m)
1:20,000	0.2	4	4-8
1:10,000		2	2-4
1:5,000		1	1-2

Como ya se mencionó con anterioridad, una base de datos espacial es una colección de entidades, algunas de las cuales se localizan en una dimensión. Las entidades espaciales tienen propiedades métricas básicas, como posición, dimensión y forma; cuando se realiza la digitalización se crea automáticamente un archivo de coordenadas geográficas.

La estructura raster está formada por celdas, las cuales son identificadas por un índice y un número posicional único.

En una base de datos la información se presenta en dos sentidos: la vertical, donde se almacenan todos los datos descriptivos y temáticos que identifican cada punto del espacio, y la horizontal, que toma como referencia un sistema coordenado que permite dar a cada mapa y/o sitio un lugar único sobre la superficie terrestre. Ambos sentidos permiten crear, por un lado, un sistema de coordenadas geográficas, y por el otro, un sistema cartesiano. La georeferenciación es uno de los pasos fundamentales en la digitalización y manipulación de la información.

Ahora bien, al trabajar con datos que se relacionan, éstos deben estar en un mismo sistema de coordenadas, para ello existen procesos algebraicos y digitales para la transformación de éstas. En muchas ocasiones no hay coincidencia total al realizar estas operaciones, lo que ocurre por razones diversas como:

1. Imprecisión al capturar la información en campo.
2. Deformaciones del material utilizado.
3. Posible error en la captura de los datos de cada punto de control.

Una vez convertida, ajustada y eliminado el error detectado, se digitaliza el total de la información. De la forma y calidad al ordenar, clasificar y seleccionar los datos e información dependerán los resultados esperados, es por ello que los últimos sistemas permiten manejar la información en capas (*layers*) y tablas, de tal forma que puedan ser interrelacionadas sin ningún problema.

Existen cuatro capas importantes, las cuales tienen un orden que debe ser inalterable y que se mencionan a continuación:

1. Marco matemático.
2. Marco geométrico.
3. Simbología.
4. Tipografía.

Finalmente, la formulación del documento pretendió dar respuesta a la necesidad de proporcionar un instrumento teórico metodológico para el diagnóstico y la aplicación de normas, criterios y convenciones referentes a la elaboración de cartografía básica, el cual habría que insertar en los procesos para la planeación del desarrollo estatal y en especial en aquellos municipios u organismos gubernamentales que requieran llevar al cabo trabajos relativos a la toma de fotografía aérea o actualizar cartografía para el mejor aprovechamiento de los recursos del Estado de México.

BIBLIOGRAFÍA

AGFA, The optimum aerial image with aviplot pan films, Guía de referencia, Dayton, Ohio, USA. s/f.

ALBERTZ/KREILING, "Manual fotogramétrico de bolsillo", Herbert Wichman Verlag Karlsrube, Alemania, 1975.

AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY, "Manual of fotogrammetry", Fourth Edition, Falls Church, Virginia, USA, 1980.

ARONOFF, S. "Geographical information systems: a management perspective", 3a. impresión, Ed. WDL Publications, Ottawa, Canada, 1993.

ARTHUR ROHRBACH y ROLAND SHLIENGER, "Otra aproximación a la compensación del movimiento de la imagen aerofotográfica", Wild Heerbrugg S.A., Suiza, 1986.

ASHTECH, El sistema satelital y sus aplicaciones, IV Curso-Seminario Internacional GPS, Universidad de Santiago de Chile, noviembre, 1994.

BURROUGH P.A. "Principles of cartographical information systems for land resources assessment", Clarendon, Press Oxford, New York, 1993.

CAIRE LOMELI, J., "Fotogrametría I", Ed. Rodríguez, México, 1977.

_____, "La proyección cartográfica para la República Mexicana", CICM, México, 1987.

CARO ARIAS CLARA I., Cartografía digital, en Revista Cartográfica, No. 60, julio-diciembre, 1991. IPGH.

CARSTENS AGUSTÍN, Restitución fotogramétrica, en Fotogrametría, fotointerpretación y geodesia, No. 13, diciembre, 1974, SMFFG AC.

CGCCT, "Pliego de prescripciones técnicas para la contratación de trabajos de digitalización de la cartografía catastral urbana", Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid, España, 1990.

CORRAL, M. LUIS, *et.al.*, "Primer curso de fotogrametría", IPN, México, D.F., 1994.

DATE, C.J., "Introducción a los sistemas de bases de datos", Ed. Adison-Wesley Iberoamericana, Willmington, Delaware, USA, 1986.

DEAGOSTINI R. DANIEL, "Introducción a la fotogrametría", CIAF, Bogotá, Colombia, 1978.

DE GRUYTER WALTER, "Fotogrametría", Editores Técnicos Asociados, Barcelona, España, 1975.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, Normas Técnicas para Levantamientos Aerofotográficos, SSP, 29 de marzo, 1985.

_____, "Normas técnicas para levantamientos geodésicos", SPP, 1° de abril, 1985.

_____ "Reformas y adiciones a las normas técnicas para levantamientos geodésicos", 27 de abril de 1998.

DICARTU, Manual de operación del sistema de aerotriangulación simultánea de modelos independientes IMAS, Ver. 3.1, DICARTU, S.A. de C.V., s/f.

DOBNER E.KORST, Aerotriangulación con modelos independientes, en Fotogrametría, fotointerpretación y geodesia, No. 6, noviembre, 1970, SMFFG AC.

ESTRADA E. JOSÉ M., "Laboratorio de cartografía", Ed. Trillas, México, 1988.

GRAHAM RON y ROGER E. R., "Manual de fotografía aérea", Ed. Omega, Barcelona, España, 1990.

GUIMET PEREÑA J., "Introducción conceptual a los sistemas de información geográfica", Ed, Estudio Gráfico Madrid, Madrid, España, 1992.

HERRERA REYES A. "Restitución y procedimientos para obtener los diferentes tipos de representación cartográfica en materia de catastro", Mim. s/f.

HERRERA REYES A. Y MONDRAGÓN V. R., "Apuntes para las materias de fotogrametría I, II; Tesis, Facultad de Geografía, UAEM. 1992.

INEGI, "Manual de especificaciones para la actualización de cartografía", INEGI, Aguascalientes, Ags., México, 1994.

_____, "La nueva red geodésica nacional, una visión hacia el futuro", INEGI, Aguascalientes, Ags., México, 1994.

INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC ASOCIATION, "Cartografía básica para estudiantes y técnicos", Vol. I., SSP/INEGI, México, 1989.

IPGH, "Glosario de términos cartográficos y fotogramétricos", México, 1986.

JOLY FERNAND, "La cartografía", Ed. Ariel, España, 1982.

LIRA JORGE, "La percepción remota", Ed. Ciencia, México, 1989.

LUSHER, H., Elementos de fotogrametría corriente estereoscópica y aérea, en Torroja, J. M, Manuales Técnicos, Labor No. 14. s/f.

MONTAÑO JOU DANIEL, "Orientación de fotogramas para la restitución fotogramétrica", Instituto Geográfico Catastral, Ibañez de Ibero, Madrid, España, 1968.

MONTES DE OCA M., "Topografía"4a. ed., Ed. RSI, S.A., México, 1980.

RAISZ ERWIN, "Cartografía", Ed. Omega, 6a. ed., Barcelona, España, 1974.

ROBINSON ARTUR , H., *et.al*, "Elements of cartography", fifth edition, Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1984.

ROMERO H. J., La ortofoto un resultado o una expresión de la restitución fotogramétrica, en Fotogrametría, fotointerpretación y geodesia, No. 17, diciembre, 1977, SMFFG A.C.

_____, Porqué la ortofoto, en Fotogrametría, fotointerpretación y geodesia, No. 16, marzo, 1977, SMFFG A.C.

SEDESOL, "Programa de modernización catastral; normatividad para la fase de ejecución de acciones", SEDESOL, México, 1989.

SSP, "Guía para la interpretación de cartografía: ortofotografía", Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, México, 1981.

_____, "Proyecto de normas técnicas para cartografía básica", INEGI, Mim. s/f.

_____, "Sistema de Información Aerofotográfica", INEGI, 1985.

STRANDBERG CARL H., "Manual de fotografía aérea", Ed. Omega, Barcelona, España, 1975.

SUAVITA, B. y FLÓREZ, A., La percepción y la comprensión en cartografía temática", en Revista Cartográfica, No. 61, enero-junio, 1992. IPGH.

ZEISS, Cámaras fotogramétricas y accesorios, Carl Zeiss, Oberkochen, Alemania Occidental, s/f.

IV. Validación

Toluca, Méx., noviembre de 1998

C.P. JOSE FRANCISCO URRUTIA FONSECA
(RUBRICA).

SECRETARIO DE FINANZAS Y PLANEACION

ARQ. R. ALEJANDRO NIETO ENRIQUEZ
(RUBRICA).

SECRETARIO DE DESARROLLO URBANO Y OBRAS PUBLICAS

ING. JUAN JOSE GUERRA ABUD
(RUBRICA).

SECRETARIO DE DESARROLLO ECONOMICO

LIC. SERGIO VELASCO SANCHEZ
(RUBRICA).

SECRETARIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO

LIC. JAIME VAZQUEZ CASTILLO
(RUBRICA).

SECRETARIO GENERAL DE GOBIERNO

M. EN C. EFREN ROJAS DAVILA
(RUBRICA).

SECRETARIO DE EDUCACION, CULTURA Y BIENESTAR SOCIAL

LIC. ERNESTO NEMER ALVAREZ
(RUBRICA).

SECRETARIO DE ADMINISTRACION

LIC. MARIO RUIZ DE CHAVEZ Y GARCIA
(RUBRICA).

SECRETARIO DEL TRABAJO Y DE LA PREVISION SOCIAL

LIC. ROSA MA. MOLINA DE PARDIÑAS
(RUBRICA).

SECRETARIO TECNICO DEL CONSEJO ESTATAL DE POBLACION

LIC. SILVIA MONDRAGON FIESCO
(RUBRICA).

PRESIDENTE MUNICIPAL CONSTITUCIONAL DE METEPEC, MEXICO

LIC. ARMANDO GARDUÑO PEREZ
(RUBRICA).

PRESIDENTE MUNICIPAL CONSTITUCIONAL DE TOLUCA, MEXICO

LIC. REYES ANTONIO SILVA BELTRAN
(RUBRICA).

DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO DE INFORMACION E INVESTIGACION GEOGRAFICA, ESTADISTICA Y CATASTRAL DEL ESTADO DE MEXICO

Estas firmas corresponden a la validación del Manual de Normatividad Geográfica (levantamientos aerofotográficos y cartografía básica), aprobado el 21 de octubre de 1998, en la sesión número XXVII del Consejo Directivo del IIIGECEM.