

39
2EJ



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

“ PLANO DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA 1994
ELABORADO POR FOTOGRAMETRIA DIGITAL ”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN GEOGRAFIA
P R E S E N T A N :
ALBERTO TORAL ACOSTA
RODOLFO GERMAN PEREZ MENDOZA

FALLA DE ORIGEN



CD. UNIVERSITARIA, D. F.

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

1995

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

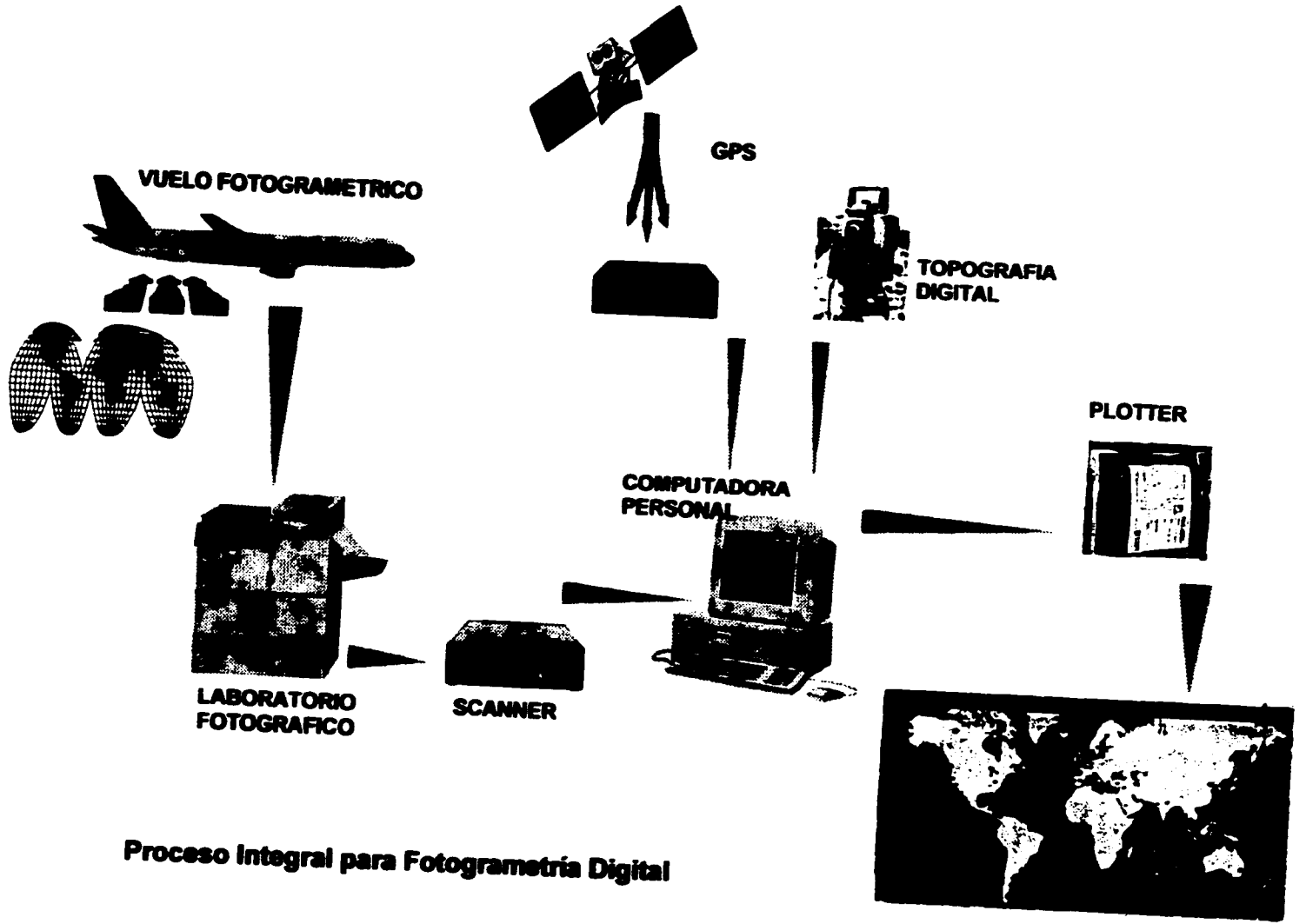


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Proceso Integral para Fotogrametria Digital

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

Colegio de Geografía

**"PLANO DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA 1994 ELABORADO POR
FOTOGAMETRIA DIGITAL"**

Rodolfo Germán Pérez Mendoza

Alberto Toral Acosta

Nuestro más profundo agradecimiento ...

A nuestros padres: *Fernando Toral Cortéz y Maucicia Acosta Morales
Benjamín Pérez Bueno y Teresa Mendoza Navarro*

A nuestros hermanos: *Benjamín, María Teresa y Blanca Estela
María Teresa, María Laura y Fernando*

A nuestras esposas: *María Guadalupe
Martha Marcela*

A nuestros hijos: *Martha Karina*

A nuestros maestros:

<i>Geografía Matemática 1 y 2</i>	<i>Ing. Eduardo Antaramian Hutorunian</i>
<i>Geografía General y Fisiografía 1 y 2</i>	<i>Dra. Carolina Serrat Vías</i>
<i>Geología Aplicada a la Geografía 1 y 2</i>	<i>Ing. Alberto Pérez Rojas</i>
<i>Geografía Política 1 y 2</i>	<i>Lic. Tobyane Berenberg Martyn</i>
<i>Geografía de la Población</i>	<i>Mto. Enrique Zapata Zepeda</i>
<i>Lexicología Geográfica 1</i>	<i>Mra. Elizabeth Holt</i>
<i>Lexicología Geográfica 2</i>	<i>Mto. Luis Esparza Serra</i>
<i>Técnicas de la Investigación Bibliográfica</i>	<i>Mto. Luis Esparza Serra</i>
<i>Estadística Aplicada a la Geografía 1</i>	<i>Lic. Luz María Tamayo</i>
<i>Geografía de la Atmósfera 1</i>	<i>Lic. Francisco Navarro</i>
<i>Geomorfología 1 y 2</i>	<i>Dr. José Luis Palacio Brito</i>
<i>Geografía Humana 1 y 2</i>	<i>Lic. María Teresa López Castro</i>
<i>Topografía Aplicada a la Geografía 1 y 2</i>	<i>Lic. Francisco Hernández Hernández</i>
<i>Prácticas de Topografía 1 y 2</i>	<i>Lic. Teófilo Rodríguez Palma</i>
<i>Meteorología Aplicada a la Geografía 1 y 2</i>	<i>Lic. Francisco Navarro</i>
<i>Geografía de los Océanos 1</i>	<i>Biol. Santiago Avilés Quevedo</i>
<i>Edafología y Geografía Biológica</i>	<i>Lic. José Santos Morales Hernández</i>
<i>Laboratorio de Suelos</i>	<i>Lic. José Gregorio Camacho Salazar</i>
<i>Conservación de los Recursos Naturales 1 y 2</i>	<i>Lic. María Eugenia Villa Gómez</i>
<i>Cosmografía</i>	<i>Ing. Eduardo Antaramian Hutorunian</i>
<i>Geografía de Europa</i>	<i>Mto. Francisco Pestana Suárez</i>
<i>Geografía Económica 1 y 2</i>	<i>Dr. Jesús Manuel Macías</i>
<i>Geografía de México 1 y 2</i>	<i>Lic. José Refugio Balanzario Zemorale</i>
<i>Cartografía y Dibujo 1 y 2</i>	<i>Lic. Ricardo Rubalcava Ayala</i>
<i>Geografía de América</i>	<i>Lic. María de los Angeles Pensado</i>
<i>Geografía de Asia, África y Oceanía</i>	<i>Mto. Francisco Pestana Suárez</i>
<i>Seminario de Planeación General y Regional de México</i>	<i>Lic. Rafael Reyna Castillo</i>
<i>Seminario de la Enseñanza de la Geografía en Secundaria 1 y 2</i>	<i>Lic. Alicia Oniveros Daigedo</i>
<i>Prácticas de Fotogrametría 1, 2, 3 y 4</i>	<i>Lic. Ana Elsa Domínguez Ceballos</i>
<i>Fotogrametría y Prácticas</i>	<i>Ing. José Alberto Villasana Lyon</i>
<i>Fotogeografía Aplicada 1 y 2</i>	<i>Lic. Rafael Reyna Castillo</i>
<i>Cartografía Matemática 1 y 2</i>	<i>Dr. Jorge Cairo Lomelí</i>
<i>Astronomía de Posición</i>	<i>Dr. Jorge Cairo Lomelí</i>
<i>Laboratorio de Cartografía 1 y 2</i>	<i>Ing. José Manuel Espinoza de los Monteros</i>
<i>Gravimetría y Mareas</i>	<i>Dr. Jorge Cairo Lomelí</i>

<i>Análisis e Interpretación de Mapas</i>	<i>Mra. Esperanza Figueroa Alcocer</i>
<i>Geodesia</i>	<i>Dr. Jorge Cairo Lomell</i>
<i>Automatización 1 y 2</i>	<i>Ing. Luis E. Miranda Villaseñor</i>
<i>Edición y Reproducción de Mapas</i>	<i>Ing. Luis E. Miranda Villaseñor</i>
<i>Didáctica de la Geografía</i>	<i>Lic. Pilar Vazquez Zepeda</i>
<i>Métodos Cartográficos y Cartometría</i>	<i>Ing. Luis E. Miranda Villaseñor</i>
<i>Cartografía Temática</i>	<i>Lic. Dolores Sánchez Torres</i>

A nuestra Asesora:

Lic. Ana Elsa Domínguez Ceballos

A las Empresas:

Nivales, S.A. de C.V.
en particular al Lic. Oscar Rossbach Vaca

Aerofotogrametría y Topografía Mexicana, S.A. de C.V.
en particular al Ing. Jaime Montesinos Fernández,
al Ing. Manuel Villalba Soriano,
al Ing. Fidencio García García y
al Ing. Juan Valadéz

Geotronics, S.A. de C.V.
en particular al Ing. Jaime Ayala

Struck Fotogramétrica Internacional, S.A. de C.V.
en particular al Ing. Sergio Artola

Sokkia Inc.

Trimble Navigation Ltd.

VTA Photogrametric Consultants Ltd.

Carl Zeiss de México, S.A. de C.V.

Wild de México, S.A. de C.V.

A nuestros amigos ...

<i>Análisis e Interpretación de Mapas</i>	<i>Mra. Esperanza Figueroa Alcocer</i>
<i>Geodesia</i>	<i>Dr. Jorge Cairo Lomelí</i>
<i>Automatización 1 y 2</i>	<i>Ing. Luis E. Miranda Villaseñor</i>
<i>Edición y Reproducción de Mapas</i>	<i>Ing. Luis E. Miranda Villaseñor</i>
<i>Didáctica de la Geografía</i>	<i>Lic. Pilar Vezquez Zepeda</i>
<i>Métodos Cartográficos y Cartometría</i>	<i>Ing. Luis E. Miranda Villaseñor</i>
<i>Cartografía Temática</i>	<i>Lic. Dolores Sánchez Torres</i>

A nuestra Asesora:

Lic. Ana Elsa Domínguez Ceballos

A las Empresas:

Niveles, S.A. de C.V.
en particular al Lic. Oscar Rossbach Vaca

Aerofotogrametría y Topografía Mexicana, S.A. de C.V.
en particular al Ing. Jaime Montesinos Fernández,
al Ing. Manuel Villalba Soriano,
al Ing. Fidencio García García y
al Ing. Juan Valadéz

Geotronics, S.A. de C.V.
en particular al Ing. Jaime Ayala

Struck Fotogramétrica Internacional, S.A. de C.V.
en particular al Ing. Sergio Artola

Sokkia Inc.

Trimble Navigation Ltd.

VTA Photogrametric Consultants Ltd.

Carl Zeiss de México, S.A. de C.V.

Wild de México, S.A. de C.V.

A nuestros amigos ...

INDICE	pag.
Introducción.	7
Objetivos.	13
Capítulo I. Selección de la Zona.	16
I.1 Aspectos Generales de Fotogrametría.	16
I.2 Aspectos Históricos de la Fotogrametría.	16
I.3 Aspectos Históricos de la Fotogrametría Digital.	18
I.4 Ubicación de la Zona de Estudio.	19
I.4.1 Límites Urbanos.	19
I.4.2 Límites Geográficos.	20
I.4.3 Infraestructura Principal.	21
I.4.4 Rasgos Geológicos Generales.	21
I.4.5 Características Climatológicas.	21
I.4.6 Cobertura.	21
Capítulo II. Vuelo Fotogramétrico y Laboratorio.	23
II.1 Vuelo Fotogramétrico.	23
II.1.1 Características Generales del Avión.	25
II.1.2 Características Generales de la Cámara.	26
II.1.3 Características de la Película.	29
II.1.4 Características de la Fotografía.	32
II.1.4.1 Geometría de la Fotografía.	33
II.1.5 Proyecto de Vuelo.	35
II.1.5.1 Escala, Distancia Focal y Altura de Vuelo.	35
II.1.5.2 Plan de la Misión Fotográfica.	36
II.1.6 Ejecución del Vuelo.	38
II.1.6.1 Servicios Aeroportuarios.	39
II.1.6.2 Control de Vuelo.	40
II.2 Laboratorio.	41
II.2.1 Características de Equipos de Reproducción.	41
II.2.2 Revelado.	42
II.2.3 Duplicado.	45

	pag.
Capítulo III. Automatización Aplicada.	48
III.1 Aspectos Generales.	48
III.2 Hardware.	48
III.2.1 Comunicaciones.	51
III.2.2 Comunicaciones Asíncronas.	53
III.3 Software.	55
III.3.1 Sistema Operativo MS - DOS.	56
III.4 Equipo de Topografía Digital.	56
III.5 Software de Fotogrametría Digital.	60
III.5.1 Sistema de Escaneo de Fotografías.	65
Capítulo IV. Apoyo Terrestre Satelital - Digital.	67
IV.1 Conceptos Básicos.	67
IV.2 Sistema Global de Posicionamiento Satelital (GPS).	68
IV.2.1 Método de Medición de la Pseudodistancia.	70
IV.2.2 Medición de Fase.	71
IV.2.3 Medición de Desplazamiento de Frecuencia Doppler.	72
IV.2.4 Posibilidades de Determinación de la Posición.	72
IV.3 Proyecto.	74
IV.4 Levantamiento.	75
IV.4.1 Reconocimiento del Terreno.	75
IV.4.2 Obtención de Puntos GPS.	80
IV.5 Cálculo y Ajuste.	86
Capítulo V. Restitución Fotogramétrica Digital.	96
V.1 Escaneo de Diapositivas.	96
V.2 Visión Estereoscópica.	96
V.2.1 Antecedentes de la Estereoscopia.	96
V.2.2 La Visión Humana.	97
V.2.2.1 La Capa Externa del Ojo.	98
V.2.2.2 La Capa Intermedia del Ojo.	99
V.2.2.3 La Capa Interna del Ojo.	100
V.2.2.4 El Ojo y la Cámara.	101
V.2.3 Estereoscopia Natural.	101

	pag.
V.2.4 Estereoscopia Artificial.	103
V.3 Aerotriangulación.	103
V.4 Ajuste del Modelo Estereoscópico.	107
V.4.1 Orientación Relativa (interior).	108
V.4.2 Orientación Absoluta (externa).	108
V.5 Planimetría.	110
Capítulo VI. Graficación y Edición Automatizada.	111
VI.1 Verificación de Campo.	111
VI.2 Edición y Actualización Cartográfica.	112
VI.3 Formato e Información Marginal.	113
VI.4 Dibujo Final.	114
Conclusiones.	116
Bibliografía.	118
Índice de Figuras	120

INTRODUCCION

Todo proyecto realizado por el hombre es motivado por una necesidad, ya sea de abrigo, de alimento, de supervivencia o estética, y para satisfacerlo se hace necesaria una técnica para planearlo, un tiempo para realizarlo y los recursos necesarios para llevarlo a cabo.

Los levantamientos topográficos de un área extensa de terreno por métodos tradicionales implican una concentración y movilización del elemento humano que ocasiona costos elevados en el proyecto y tiempos considerables para su realización.

Con técnicas fotogramétricas digitales éste problema se encuentra resuelto dentro de límites aceptables de tiempo y economía. De tal forma, se puede decir que la técnica y el tiempo están supeditados al costo de los proyectos.

La fotogrametría digital es una técnica que permite determinar la forma y dimensiones de cualquier objeto a partir de fotografías escaneadas, y su aplicación más importante y difundida es la de los levantamientos cartográficos de la superficie terrestre.

Para llevar a cabo esta representación de la superficie terrestre, es necesario realizar un proceso sistemático de ejecución de las diferentes etapas que conforman una construcción cartográfica; en donde dicho proceso contempla las siguientes actividades principales:

En primer término se obtienen en forma sistemática fotografías aéreas del terreno a cartografiar, mediante cámaras especiales, denominadas métricas; las fotografías

aéreas se toman por líneas y valiéndose de instrumentos de mando se controla el ritmo de las exposiciones dentro de éstas de manera que las fotografías individuales se cubran en la dirección del vuelo en un porcentaje conveniente para la restitución estereoscópica digital, que es normalmente de un 60%.

Así mismo, las líneas se disponen lateralmente de forma que el contenido de las imágenes se recubran normalmente de un 15% a un 30%, es decir, perpendicularmente a la dirección de vuelo, ésto garantiza el cubrimiento total, sin huecos, del terreno sobrevolado.

La segunda etapa es la de laboratorio, en la cual se procesa la película de tal forma que se obtengan duplicados impresos en papel para llevar a cabo el apoyo terrestre y duplicados en diapositivas para escanearlas y realizar la restitución digital en un computador personal.

En tercer lugar, se obtiene el control terrestre de dichas fotografías, el cuál consiste en un sistema de puntos en la superficie terrestre cuyas posiciones se establecen por medio del Sistema de Posicionamiento Global (G.P.S.) por Satélite, en los que se incluya una poligonal que encadene a todos los modelos estereoscópicos, referida a la esfera celeste, al geoide, a un elipsoide de referencia dado, o a un falso origen.

La cuarta etapa de este proceso es la restitución estereoscópica digital que consiste en la confección del mapa o carta basándose en los datos obtenidos de las fotografías aéreas y de su control terrestre, es decir, que para la restitución métrica se forma un modelo tridimensional en el cual se observa, interpreta y mide estereoscópicamente por medio de computadores personales y fotografías aéreas escaneadas a alta resolución

para llegar a una alta precisión, lo cual dará como resultado la representación gráfica de la información topográfica a una escala deseada, con la información vectorizada o digitalizada y almacenada en archivos magnéticos en formato digital.

Por último se grafica en papel indeformable la información restituida desde la computadora personal y teniendo como salida un plotter vectorial o de chorro de tinta de tal forma que los planos mantengan una presentación adecuada en planos originales. La fotogrametría no es nueva, ya que los principios matemáticos en que se basa son conocidos desde hace más de un siglo, sin embargo, sus aplicaciones para beneficio social son recientes.

El desarrollo principal de la fotogrametría en sus comienzos fue en la segunda guerra mundial donde la utilizaron para conocer el terreno contrario y así establecer una estrategia militar.

En la actualidad sus aplicaciones son mucho más variadas ya que la información cartográfica contenida en un plano fotogramétrico puede ser utilizada con fines de desarrollo de la infraestructura nacional y de organización y planeación pública.

En fotogrametría, las condiciones de realización de un proceso productivo son complejas y variables para cada caso específico; su complejidad depende, entre otras cosas, de las condiciones aleatorias que circunscriben la realización de un proyecto, y su variabilidad es función primordial del tiempo y lugar de ejecución del mismo.

En la actualidad y con la ayuda de las computadoras, las actividades antes mencionadas se realizan automáticamente bajo programas o sistemas de software.

para llegar a una alta precisión, lo cual dará como resultado la representación gráfica de la información topográfica a una escala deseada, con la información vectorizada o digitalizada y almacenada en archivos magnéticos en formato digital.

Por último se grafica en papel indeformable la información resituida desde la computadora personal y teniendo como salida un plotter vectorial o de chorro de tinta de tal forma que los planos mantengan una presentación adecuada en planos originales. La fotogrametría no es nueva, ya que los principios matemáticos en que se basa son conocidos desde hace más de un siglo, sin embargo, sus aplicaciones para beneficio social son recientes.

El desarrollo principal de la fotogrametría en sus comienzos fue en la segunda guerra mundial donde la utilizaron para conocer el terreno contrario y así establecer una estrategia militar.

En la actualidad sus aplicaciones son mucho más variadas ya que la información cartográfica contenida en un plano fotogramétrico puede ser utilizada con fines de desarrollo de la infraestructura nacional y de organización y planeación pública.

En fotogrametría, las condiciones de realización de un proceso productivo son complejas y variables para cada caso específico; su complejidad depende, entre otras cosas, de las condiciones aleatorias que circunscriben la realización de un proyecto, y su variabilidad es función primordial del tiempo y lugar de ejecución del mismo.

En la actualidad y con la ayuda de las computadoras, las actividades antes mencionadas se realizan automáticamente bajo programas o sistemas de software.

Este trabajo de tesis se definirá en un alto porcentaje como Fotogrametría Digital, ya que todas las actividades para su realización estarán manejadas con los sistemas de computo adecuados para estas tareas, (ver figura No. 1).



Figura No. 1

De tal forma emplearemos para el apoyo terrestre la tecnología digital del Sistema de Posicionamiento Global por Satélite (G.P.S.), es decir, que se obtendrán las coordenadas geográficas de los puntos de control contenidos en nuestra poligonal, vía ondas de radio entre el receptor y los satélites artificiales, y el software calculará las coordenadas, los azimutes y distancias entre dichos puntos.

La restitución digital se llevará a cabo mediante un software especializado para fotogrametría, las diapositivas de las tomas aéreas se escanearán para obtener un archivo digital de la imagen procediendo a la orientación relativa y absoluta de manera automática, es decir, que las imágenes contenidas dentro del computador se ajustarán de acuerdo a las coordenadas calculadas para los puntos de control. En seguida se realizará la restitución utilizando el ratón del computador para realizar los trazos de los elementos del paisaje, éstos trazos estarán definidos en forma vectorial, que para fines computacionales son considerados como vectores inteligentes.

Se realizará una graficación (dibujo automatizado) preliminar para llevar a cabo una verificación de campo y actualización topográfica, se utilizará para la actualización una estación total (teodolito con distanciómetro integrado) y una libreta electrónica de campo (computador portátil para procesamiento de datos topográficos y su correspondiente almacenamiento en memoria), ésta contiene un interface RS232C para descargar los datos de la memoria a una computadora personal que contendrá un software topográfico con el cuál se insertarán los trazos que no se hayan encontrado en las fotografías aéreas de tal forma que al plano obtenido contenga la mayor información posible. Se reeditará dicho plano (como archivo digital) en el computador para insertar textos, símbolos y rasgos de interés y así lograr un plano completo con precisión métrica e información geográfica para proceder a su graficación final.

De tal forma emplearemos para el apoyo terrestre la tecnología digital del Sistema de Posicionamiento Global por Satélite (G.P.S.), es decir, que se obtendrán las coordenadas geográficas de los puntos de control contenidos en nuestra poligonal, vía ondas de radio entre el receptor y los satélites artificiales, y el software calculará las coordenadas, los azimutes y distancias entre dichos puntos.

La restitución digital se llevará a cabo mediante un software especializado para fotogrametría, las diapositivas de las tomas aéreas se escanearán para obtener un archivo digital de la imagen procediendo a la orientación relativa y absoluta de manera automática, es decir, que las imágenes contenidas dentro del computador se ajustarán de acuerdo a las coordenadas calculadas para los puntos de control. En seguida se realizará la restitución utilizando el ratón del computador para realizar los trazos de los elementos del paisaje, éstos trazos estarán definidos en forma vectorial, que para fines computacionales son considerados como vectores inteligentes.

Se realizará una graficación (dibujo automatizado) preliminar para llevar a cabo una verificación de campo y actualización topográfica, se utilizará para la actualización una estación total (teodolito con distanciómetro integrado) y una libreta electrónica de campo (computador portátil para procesamiento de datos topográficos y su correspondiente almacenamiento en memoria), ésta contiene un interface RS232C para descargar los datos de la memoria a una computadora personal que contendrá un software topográfico con el cual se insertarán los trazos que no se hayan encontrado en las fotografías aéreas de tal forma que al plano obtenido contenga la mayor información posible. Se reeditará dicho plano (como archivo digital) en el computador para insertar textos, símbolos y rasgos de interés y así lograr un plano completo con precisión métrica e información geográfica para proceder a su graficación final.

Una vez terminado dicho plano se demostrará que la eficiencia del uso de las computadoras para aplicaciones cartográficas hace que su realización sea en tiempos sumamente cortos y precisos, así como su almacenamiento en memoria permite que su actualización sea mucho más sencilla sin tener que repetir los procesos de producción, pudiendo obtener originales de los dibujos en cualquier momento.

OBJETIVOS.

- 1) Describir los procesos de realización inmersos para la elaboración del plano, desde la planeación, cálculo, elaboración y reproducción del dibujo del Plano de la Ciudad Universitaria 1994.
- 2) Conseguir comercialmente fotografías aéreas, (en diapositivas e impresas en papel), a escala 1:20,000 de la Ciudad Universitaria y de fecha reciente, (1992).
- 3) Diseñar sobre las fotografías impresas en papel la poligonal de apoyo para la obtención de los puntos de control en campo.
- 4) Aplicar los conocimientos teóricos de la fotogrametría, la tecnología de la informática y automatización utilizándolos como un medio para llegar a una solución cartográfica.
- 5) Aplicar a éste proyecto las características particulares de hardware y software para una alta optimización de tiempo para la elaboración de planos.
- 6) Obtención de coordenadas geográficas para el apoyo terrestre, vía satélite.
- 7) Obtener los puntos de control de la poligonal con instrumentos de alta tecnología por medio de posicionamiento satelital, G.P.S.

8) Compensar dichos puntos y trasladarlos en archivo de coordenadas al software de restitución para la orientación relativa y absoluta de los pares estereoscópicos de las imágenes digitales.

9) Escanear las diapositivas aéreas y obtener un archivo en imagen digital.

10) Trasladar a la memoria de la computadora, vía software, los archivos digitales conteniendo las imágenes.

11) Realizar la restitución en computadora personal por medio de la vectorización de los contornos de todos los elementos que componen el paisaje de la Ciudad Universitaria.

12) Dibujar el archivo digital generado por la restitución en papel por un instrumento electrónico (plotter) previamente programado.

13) Verificar en campo la información gráfica y actualizar topográficamente con Estación Total (teodolito digital con distanciómetro integrado), libreta electrónica de campo y Software topográfico.

14) Editar digitalmente la actualización cartográfica; con toda la información recabada en campo.

15) Almacenar en memoria el archivo digital del plano para la obtención del dibujo final.

16) Demostrar que la tecnología digital optimiza tiempos en la elaboración de los mapas y el análisis de los mismos.

17) Representar la superficie de la Ciudad Universitaria sobre un plano a escala 1:5,000 a partir de fotografías aéreas.

18) Conocer la infraestructura, topografía, centros recreativos y culturales en una forma clara y precisa de la Ciudad Universitaria.

19) Proporcionar a nuestra Facultad, Colegio e Instituto el plano 1994, impreso en papel.

20) Mantener en la memoria del computador personal el plano vectorizado para actualizaciones posteriores.

Capítulo I. Selección de la Zona.

I.1 Aspectos Generales de Fotogrametría.

El plano, mapa y carta son un medio de comunicación fundamentales para el análisis espacial y la planeación de cualquier estudio relacionado con las ciencias de la tierra y en la obtención de un resultado ya sea de manera gráfica, textual o estadístico y siendo la fotogrametría uno de los medios para la elaboración de éstos, hemos llegado a la conclusión de realizar el plano de la Ciudad Universitaria, utilizando en gran parte la tecnología digital, ya que ésta nueva tecnología optimiza en tiempo la elaboración de los mapas y el análisis de los mismos.

La fotogrametría permite la elaboración de planos, mapas o cartas y estos a su vez son una herramienta fundamental para cualquier tipo de estudio general o particular de los fenómenos ocurridos en la superficie terrestre, como pueden ser: biológicos, catastrales, climáticos, culturales, demográficos, edafológicos, económicos, estadísticos, geológicos, geomorfológicos, históricos, mercadotécnicos, para planeación, sociológicos, topográficos, turísticos, etc.

En este caso realizaremos el plano de Ciudad Universitaria para poder obtener un producto vigente que permita a cualquier usuario conocer la extensión, infraestructura, topografía, centros recreativos y culturales en una forma clara y precisa. Así mismo, consideramos que nuestro mapa digital podría ser útil para un futuro (GIS) Sistema de Información Geográfica de la Ciudad Universitaria.

I.2 Aspectos Históricos de la Fotogrametría.

Las bases matemáticas desarrolladas, especialmente por Lambert, la invención y continuo desarrollo de la cámara oscura, la introducción de la cámara lúcida y, sobre todo, la invención de la fotografía, hicieron posible el nacimiento de la fotogrametría.

Existe un consenso general sobre quién estableció los fundamentos de la fotogrametría, éstos son debidos a Aimé Laussedat, a quién comunmente se le designa como el padre de la fotogrametría (1846).

La fotogrametría a nivel nacional data del año de 1880, siendo la primera organización en elaborar trabajos fotogramétricos en México la Comisión Geográfica Exploradora. Después, al término de la Revolución Mexicana se fundó la Dirección General de Geografía y Meteorología. Tiempo después en el año de 1930 la Comisión Nacional de Irrigación (ahora S.A.R.H.) también hizo fotogrametría adquiriendo uno de los equipos más caros de la casa Zeiss. En el año de 1940, el Departamento Cartográfico Militar también realizó fotogrametría.

En las décadas de los 40's y 50's se hizo fotogrametría en cooperación con el ejército de los Estados Unidos de Norteamérica, época en que se trabajaba la fotografía aérea bajo contrato.

Por el año de 1959, la Dirección General de Proyectos y Laboratorio (ahora S.C.T.), hicieron fundamentalmente, levantamientos para carreteras contando unicamente con una oficina, un avión, una cámara y dos instrumentos de 2do orden de la marca Kelch.

En el año de 1968 la Dirección General de Geografía (ahora I.N.E.G.I.) contaba con 10 cámaras fotogramétricas, 5 aviones, 5 instrumentos de 1er orden, 23 instrumentos de 2do orden y un ortofoto. La escala base 1:50,000 la utilizaron para mapas topográficos, de uso de suelo, edafología, geología, de uso potencial, hidrológicos y climáticos.

A partir de 1978 algunas dependencias gubernamentales contrataron empresas privadas para la realización y actualización del catastro; tal es el caso de empresas como Abrahams Aereal Survey, que era una compañía norteamericana (ahora Aerofoto).

Con el avance del tiempo surgen compañías como Estudios y Proyectos A.C., Aerotécnica de México, S.A., Aerofotogrametría, S.A. por mencionar algunas que fueron colaborando con las diversas Secretarías de Estado para una mayor eficiencia del trabajo fotogramétrico.

1.3 Aspectos Históricos de la Fotogrametría Digital.

A finales de la década de los setentas comenzó a surgir en México el desarrollo de la fotogrametría digital por la compañía I.C.F.A., utilizando una especie de tableta digitalizadora sobre la cuál se colocaba el par de fotografías aéreas, orientadas con barra de paralaje, observandolas por medio de los binoculares del estereoscopio de espejos y restituyéndolas con dos cursores electrónicos conectados a la tableta digitalizadora y a la vez a una computadora personal, almacenando en ésta las líneas y puntos en forma vectorial. Los adelantos de la tecnología han dado lugar a que dentro del campo de la informática se hayan desarrollado métodos en los cuáles el uso de las computadoras y periféricos sea de un 70 a un 80%, desplazando en gran medida a los instrumentos tradicionales. Compañías tales como A.T.O.M., S.A. de C.V. y Niveles, S.A. de C.V. utilizan una tecnología de vanguardia como es el caso del uso de la Estación Total (teodolito digital con distanciómetro integrado), Posicionadores por medio de satélite, Software topográfico y fotogramétrico, Scanners, PC's, Plotters vectoriales y de chorro de tinta.

La tendencia de la tecnología va más allá de lo imaginable, ya que no sería extraño encontramos dentro de poco tiempo una tecnología superior a la actual, ya que la creatividad e imaginación del ser humano no tiene límite. Sustituyendo con esto día a día la fuerza de la mano de obra del propio hombre.

1.4 Ubicación de la Zona de Estudio.

La Ciudad Universitaria (ver figura No. 2) se encuentra localizada en la delegación Coyoacán, es decir al Suroeste del Distrito Federal y a una altitud promedio de 2,250 metros sobre el nivel del mar.

La población de la Ciudad Universitaria se integra en su mayoría por estudiantes y en segundo término por personal administrativo y docente. Se estima que la población estudiantil asciende a 300,000 alumnos e investigadores.

La Universidad Nacional Autónoma de México desempeña un papel relevante dentro de la educación nacional, ya que al observar que el 20% de los servicios de educación media



Figura No. 2

superior y el 22% de educación superior se llevan a cabo bajo normas académicas de alto nivel sin costo para el alumnado cumpliendo de esta manera con su cometido social para la impartición de la educación.

1.4.1 Límites Urbanos.

Al NW con Av. San Jerónimo.

Al NE con Av. Universidad.

Al W con Av. Dalías.

Al SE con Av. de la I.M.A.N.

Al SW con La calle de Llanura (a la vez límite con la delegación de Tlalpan).
Al E con Jardines del Pedregal (a la vez límite con la delegación Alvaro Obregón).
Y es atravesada longitudinalmente (N-S) por la avenida de los Insurgentes.

1.4.2 Límites Geográficos.

	Latitud	Longitud
Punto NW (Av. San Jerónimo esquina con avenida Ciudad Universitaria)	19° 19' 57".72	99° 11' 57".27
Punto N (Av. Universidad esquina Paseo de las Facultades).	19° 20' 10".43	99° 11' 6".82
Punto NE (Paseo de las Facultades esquina Av. Cerro del Agua).	19° 19' 59".35	99° 10' 36".82
Punto E (Av. Dalias esquina Estación del Metro C.U.).	19° 19' 30".65	99° 10' 25".23
Punto SE (Av. Dalias esquina Av. de la I.M.A.N.).	19° 18' 41".09	99° 10' 12".95
Punto S (Av. de la I.M.A.N. esquina Hospital I.M.A.N.).	19° 18' 20".2	99° 10' 59".32
Punto SW (Calle de Llanura esquina C.C.H. Sur).	19° 18' 37".17	99° 12' 4".77
Punto W (Entre la reserva ecológica y el pedregal de San Angel)	19° 19' 16".30	99° 11' 40".56

NOTA: Los valores de estos puntos se calcularon por interpolación de la Carta Urbana escala 1:10,000 del sistema de información cartográfico catastral de la Tesorería del D.F.

1.4.3 Infraestructura Principal.

La U.N.A.M. está conformada por edificios de diferente tamaño y uso, como son facultades, institutos, laboratorios, talleres, auditorios, administrativos, estacionamientos, subestaciones eléctricas, así también cuenta con instalaciones deportivas de primer nivel como son: El estadio olímpico, la alberca olímpica, gimnasios y múltiples canchas para las diferentes actividades deportivas que el estudiantado practica.

Además cuenta con centros culturales, tiendas de autoservicio, un multifamiliar, y un excelente jardín botánico.

1.4.4 Rasgos Geológicos Generales.

El terreno que abarca la superficie de CU se asienta en rocas de origen volcánico, la roca más abundante es el basalto de reciente formación, que corresponde al volcán del Xitle, a consecuencia de una erupción ocurrida hace 2,400 años, según se ha determinado en base a muestras de carbon vegetal sepultado por la lava. Además dentro de CU existe, en aproximadamente un 30% de su superficie, una reserva ecológica, conformada por matorrales y pastizales.

1.4.5 Características Climatológicas.

En terminos generales podemos decir que la Ciudad Universitaria tiene un clima templado (CW) con lluvias en verano y parte de otoño según la clasificación de Koeppen. Y una temperatura media anual de 15.6° C.

1.4.6 Cobertura.

La superficie aproximada de la Ciudad Universitaria es de 7.5 km². (fuente: Carta Urbana escala 1:10,000 del sistema de información cartográfico catastral de la Tesorería del D.F.). Cálculo preliminar obtenido directamente de la cartografía

mencionada. Este dato será de gran importancia y se utilizará para conocer las características del plan de vuelo fotogramétrico.

Capítulo II. Vuelo Fotogramétrico y Laboratorio.

II.1 Vuelo Fotogramétrico.

Dentro de la realización de cualquier proyecto fotogramétrico una de las empresas más interesante es la realización de la misión aerofotográfica, contemplada desde el anteproyecto hasta la ejecución.

El objetivo del vuelo fotogramétrico es la obtención de fotografías con características estereoscópicas, es decir, que los objetos fotografiados estén cuando menos en dos fotografías para poder formar modelos tridimensionales de los objetos y del terreno.

En general, los vuelos fotogramétricos son similares en cuanto a especificaciones técnicas de ejecución, los inconvenientes particulares a cada uno de estos son principalmente las condiciones meteorológicas del lugar en el momento planeado para su realización.

La utilización o uso a la que pueden ser destinadas las fotografías son variados, por ejemplo: mosaicos, reconocimientos, fotointerpretación temática o mapas topográficos. En cualquier caso se debe cubrir toda la zona de interés sin que quede laguna alguna o huecos de la superficie terrestre, ésto se logra por medio de un traslape o sobreposición entre cada fotografía, que en general, para la realización de mapas topográficos debe ser de un 60% (ver figura No. 3), entre fotografías consecutivas, es decir, en la dirección del avión.

Al conjunto de fotografías tomadas sobre una misma trayectoria del avión se le denomina línea de vuelo, de este modo, cada par sucesivo de fotografías de una línea de vuelo conforma un modelo estereoscópico.

Cuando el área a fotografiar es de gran extensión, es necesario efectuar una serie de pasadas o líneas de vuelo que guarden paralelismo entre si y una cierta sobreposición lateral, normalmente de un 20% (ver figura No. 4), es decir,



Figura No. 3

perpendicularmente al avión, evitando de esta manera que existan huecos dentro del área fotografiada. De este modo, la cobertura del terreno en cuestión es totalmente aerofotografiada.

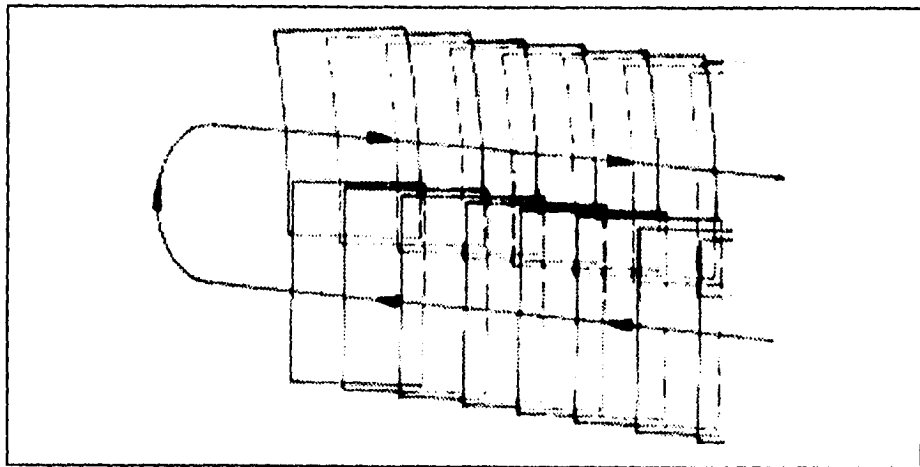


Figura No. 4

Para obtener la sobreposición mencionada es necesario calcular, para las cámaras aerofotogramétricas, el intervalo de tiempo entre cada toma fotográfica que a su vez esta en función de la velocidad del avión y la escala deseada de las fotografías, es decir, disparar el obturador de la cámara cada lapso de tiempo determinado por medio de un intervalómetro automático propio de la cámara aérea.

El vuelo fotogramétrico se complementa en dos etapas, la primera de estas se define como proyecto de vuelo y se realiza en gabinete, y la segunda se aplica a la ejecución del mismo que se realiza en el aire. Dentro del proyecto de vuelo deben quedar establecidas las especificaciones para la toma y el uso de las fotografías, factores indispensables para realizar el plan de la misión aerofotogramétrica.

II.1.1 Características Generales del Avión.

Los proyectos fotogramétricos requieren, por satisfacción propia, ciertos tipos de aviones para su ejecución, los cuales deben tener algunas características especiales. En la actualidad, el país cuenta, tanto en dependencias gubernamentales como en empresas privadas, con varios tipos de aviones para un desarrollo eficaz en la obtención de las fotografías aéreas. Por mencionar algunos se encuentran los siguientes tipos:

- Cessna 310. Bimotor. De pistón.
- Cessna 205. Monomotor. De pistón.
- Gates Lear 25. Bimotor. De reacción.
- Gates Lear 35. Bimotor. De reacción.
- Aerocomander. Bimotor. De turbo-hélice.

Los requisitos que deben reunir cada uno de estos aviones para el desarrollo de la misión aerofotogramétrica son los siguientes:

- 1.- Visibilidad. El fuselaje y las alas no deben perturbar el campo visual, además se deben evitar ángulos muertos en la visión desde el horizonte hasta el nadir.
-

2.- Piso. Deben tener la capacidad para la instalación de la cámara aérea, preferentemente dos de ellas, superar ciertos obstáculos como: instalaciones internas (eléctricas, cables de control etc.), las viguetas de tensión que sostienen las alas y que los tubos de escape estén dispuestos de tal forma para que no ensucien los elementos ópticos de la cámara.

3.- Techo. Se refiere a la altura máxima a la que puede operar el avión sobre el nivel del mar.

4.- Autonomía. Se refiere a las horas de vuelo que puede permanecer en el aire sin reabastecerse de combustible.

5.- Estabilidad. La estabilidad de un avión está en función de su velocidad y de la potencia de sus motores, para evitar inclinaciones y desplazamientos hacia ambos lados, a estos movimientos se les denominan cabeceo y banqueo y existe una tolerancia de inclinación hacia cada lado no mayor de 3° con respecto al eje óptico de la cámara y de la línea nadiral.

Estas características son, en general, las que se requieren para los aviones de empleo fotogramétrico y el uso de cualquier tipo de ellos lo determina la escala de las fotografías a tomar.

II.1.2 Características Generales de la Cámara.

Las cámaras fotogramétricas que se emplean para la toma de fotografías aéreas se denominan cámaras métricas, y requieren en cuanto a su equipo óptico y la fiabilidad de su mando, satisfacer

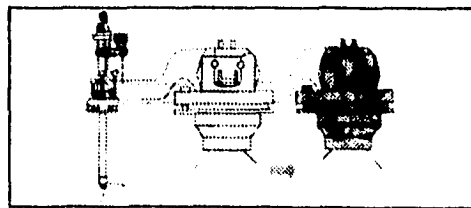


Figura No. 5

altas exigencias, por el hecho de que todos sus elementos están adaptados para el trabajo especial que realizan (ver figura No. 5).

Estas cámaras métricas van situadas sobre el piso del avión (ver figura No. 6), por intermedio de una suspensión amortiguante y antivibrante, además de llevar una serie de dispositivos para que las operaciones propias de obtención de fotogramas se realice automáticamente.



Figura No. 6

Entre estos dispositivos se encuentran los reguladores del recubrimiento, por medio de los cuales se puede variar el intervalo de tiempo entre cada dos disparos consecutivos, con el objeto de que las fotografías se traslapen en la forma deseada. A la vez, éstos dispositivos actúan en el montaje del obturador, exposición, avance de la película o sustitución de placa (ver figura No. 7).

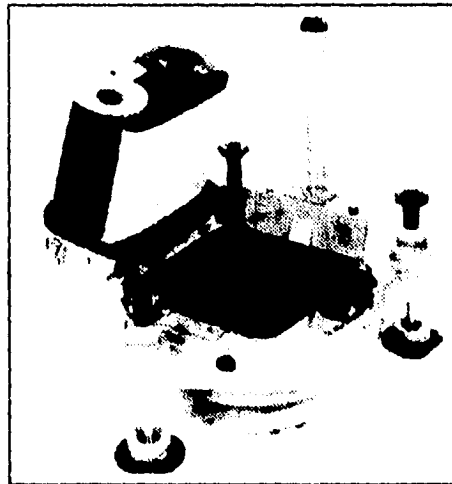


Figura No. 7

Las cámaras fotogramétricas aéreas están constituidas por: el objetivo, un almacén de película, la suspensión, el intervalómetro, y un dispositivo de mando.

En cada una de las exposiciones quedan impresas en la película unas marcas fiduciales que definen la orientación interior de la cámara (ver figura No. 8); queda además registrada en la película los valores correspondientes al nivel, del altímetro del contador de exposiciones y la distancia focal.

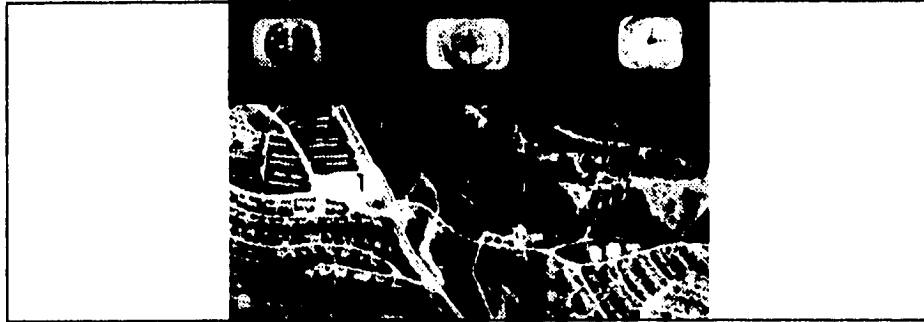


Figura No. 8

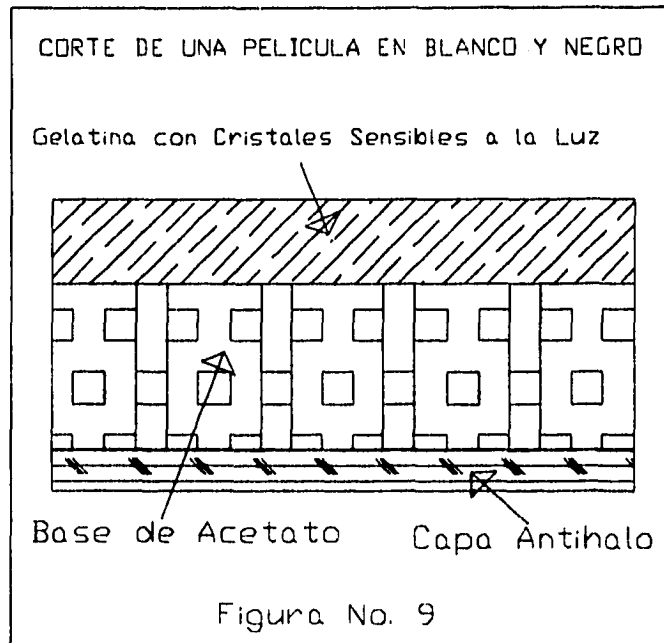
La clasificación de las cámaras fotogramétricas aéreas en ocasiones esta dada por el ángulo de campo, su objetivo ocular, que es la relación que existe entre el formato y la distancia focal, ésta clasificación se distingue de la siguiente manera:

- De amplitud normal (menos de 75°).
- De gran amplitud o Gran-angular (de 75° a 100°).
- De superamplitud o Hipergran-angular (arriba de 100°).

Un factor importante en la toma de fotografías es la comunicación existente entre el piloto copiloto (en su caso) y fotonavegante, la cual enlazan por medio de un radio-teleéfono y así trabajan coordinadamente para la obtención de buenas tomas fotográficas. Por otro lado, el productor o fabricante de las cámaras fotogramétricas proporciona las características de cada una de ellas, tales como el grado de precisión para correcciones futuras, la cual se detalla en el certificado de calibración al respecto de las marcas de colimación y de los ejes ópticos o geométricos.

II.1.3 Características de la Película.

Las películas están compuestas por un soporte de poliéster sobre el que van dispuestas las capas de emulsión, (ver figura No. 9).



Las películas en blanco y negro sólo llevan una capa de emulsión que contiene diminutos cristales de halogenuro de plata, sensibles a la luz, que se ennegrecen durante el revelado al convertirse en óxido de plata.

Después, el proceso de fijado eliminará las partículas sensibles que no han sido afectadas por la luz, convirtiéndolas en plata metálica. La capa antihalo, situada al otro lado del soporte, evita que éste refleje nuevamente sobre la emulsión los rayos luminosos que la han atravesado.

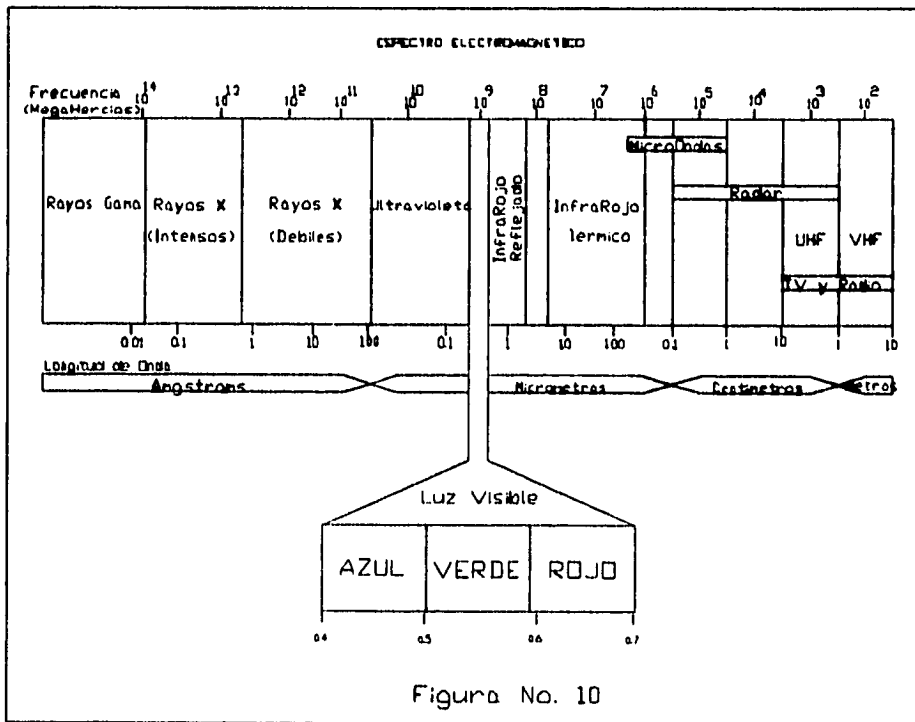
La sensibilidad de una película a los distintos colores del espectro visible depende de los pigmentos o sensibilizantes cromáticos que incorpore.

Según su sensibilidad cromática, las películas pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- Ortocromática. Sensible al violeta, azul y verde; utilizada frecuentemente en los laboratorios para ser procesada bajo luz amarilla o roja.

- Pancromática. Es sensible a todos los colores del espectro visible, por esto es la más habitual.

- Infrarroja. Sensible al rojo intenso y a los rayos infrarrojos, invisibles al ojo humano (ver figura No. 10).



Una de las formas de clasificar las películas en blanco y negro es según su sensibilidad cromática, y otra, la más común, según su sensibilidad general a la luz o velocidad de la película. Esta depende del tamaño de los cristales de bromuro de plata contenidos en la emulsión; cuanto menores sean estos cristales, menor será la sensibilidad de la película, y por el contrario, cuanto mayor sean los cristales mayor será su rapidez.

La película utilizada para la toma fotográfica directamente del avión tiene la particularidad de que su sensibilidad es automática ya que al existir diferencias de terreno en cuanto a elevaciones adquiere la más adecuada para cada una de éstas y generalmente, el rollo de película tiene una capacidad para 250 exposiciones. Dentro de el laboratorio las películas se clasifican según su sensibilidad y existen diversos sistemas: el sistema alemán DIN, el americano ASA y el inglés BSI. La siguiente tabla permite comparar los tres sistemas:

* ASA	12	25	50	100	200	400	800
* DIN	12	15	18	21	24	27	30
* BSI	22	25	28	31	34	37	40

Se advierte que el sistema ASA progresa de modo aritmético, de manera que una película de 400 ASA es el doble de una rápida de 200 ASA, por lo tanto requerirá la mitad de luz que la segunda para lograr una exposición correcta.

En cambio, los sistemas DIN y BSI progresan logarítmicamente, de modo que la velocidad se dobla cada vez que el número aumenta tres unidades.

Es lo mismo pasar de 200 a 400 ASA que de 24 a 27 DIN; en ambos casos la sensibilidad expresada se dobla, en la actualidad son los sistemas más utilizados.

Además de su sensibilidad al color y a la luz, la película tiene otras características importantes y son las siguientes:

- **Definición.** Es la impresión general que da una copia, en ella influyen: el poder de resolución de la cámara, el grano de la película y el proceso.

- **Poder de Resolución.** Es la capacidad para registrar los detalles. Una prueba del poder de resolución consiste en comprobar hasta que punto una película puede reproducir una serie de pequeñas y muy cercanas líneas.

- **Grano.** Depende del tamaño y disposición de los granos de plata en la emulsión. Las fotografías con granos grandes tienen menos definición y las de granos pequeños mantienen más definición.

- **Velocidad.** Depende de la iluminación que esperemos encontrar.

- **Formato.** Por lo general se utilizan los de 9 x 9 pulgadas.

II.1.4 Características de la Fotografía.

La fotografía aérea se puede considerar como una proyección cónica del terreno, cuyo punto de vista es el centro óptico del objetivo, y cuyo plano del cuadro es el plano focal del mismo.

Las vistas aéreas tienen, en general, forma cuadrada y, en algún caso particular, puede ser rectangular, en cualquier caso el centro del fotograma puede determinarse por las marcas fiducias, de las cuales se obtienen los ejes de las abscisas y ordenadas prolongando líneas rectas que corten dichas marcas.

Generalmente, los trabajos con fines topográficos o cartográficos a escalas grandes se realizan exclusivamente con fotografías de eje vertical, procurando que la cámara esté a plomo lo mejor posible, aunque las fotografías exactamente verticales solo existen en teoría ya que en la realidad es imposible conseguir las.

En la práctica se consideran fotografías verticales a aquellas en que la distancia nadiral está comprendida entre 0° y 3° , con lo que el eje del levantamiento resulta aproximadamente perpendicular al terreno, siendo por lo tanto el plano del terreno y de la fotografía casi paralelos. Cuando un fotograma cumple con estas

consideraciones es considerado de utilidad para la obtención de la información contenida en ella.

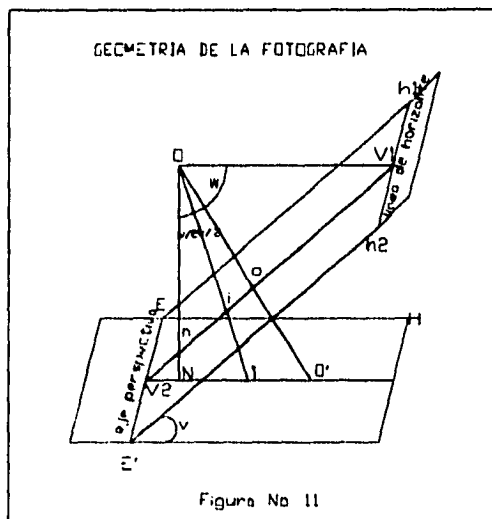
II.1.4.1 Geometría de la Fotografía.

Se puede considerar una fotografía como la sección por un plano de haz de rayos luminosos; cuando el plano corta al haz entre el centro de proyección y el objeto fotografiado, la fotografía es una positiva (ver figura No. 11); si lo hace por el lado opuesto al objeto fotografiado, la fotografía es una negativa.

En la figura mencionada el eje óptico del objetivo coincide con el punto de vista O , el plano l es el de la fotografía y H es el plano horizontal que representa la superficie del terreno. El eje óptico del objetivo es perpendicular al

plano de la fotografía, corta a ésta en el punto o , que coincide con el centro de la figura, siendo la distancia focal Oo ; la prolongación del eje óptico del objetivo se llama

dirección o eje de levantamiento, y corta al terreno en el punto O' . La vertical del punto de vista corta al plano de la fotografía en el punto n llamado nadiral de la fotografía, y al terreno en su punto imagen N llamado nadiral del terreno, la magnitud ON es el punto de vista. El ángulo que forma la vertical de O con



el eje del levantamiento v se llama distancia nadiral y es igual al ángulo que forman el plano de la fotografía y el terreno, llamado también ángulo de inclinación al cual le corresponde el ángulo formado por OO' . Entre el punto principal y el nadiral se encuentra el punto i , llamado isocentro, metapolo o punto focal, y es la intersección de la bisectriz del ángulo NOo con la línea principal. Las rectas que pasan por el punto i , imagen en el terreno de i , se cortan bajo ángulos iguales a los que sus imágenes forman en i .

Las propiedades de la perspectiva cónica son aplicables a la fotografía, por tanto se tiene que:

- a) Cada punto del terreno tiene su imagen en la fotografía.
- b) La imagen de una recta es otra recta, excepto si la recta pasa por el punto de vista, en cuyo caso la imagen es un punto.
- c) El punto de intersección de dos rectas tiene por imagen la intersección de las respectivas rectas imágenes de aquéllas.
- d) Toda recta del terreno y su imagen, se cortan sobre el eje perspectivo.
- e) La perspectiva de un haz de rectas es otro haz que tiene por vértice la imagen del vértice de aquéllas.
- f) Las imágenes de una serie de rectas paralelas, es un haz de rectas convergentes en el punto de fuga, excepto si son paralelas al plano de la fotografía, en cuyo caso sus imágenes son también paralelas.
- g) Los ángulos que forman las rectas del terreno y sus imágenes en la fotografía son distintos, excepto cuando los vértices de los ángulos sean el isocentro y su imagen el terreno.
- h) Las rectas horizontales tienen su punto de fuga sobre la línea del horizonte.
- i) Las rectas paralelas al plano principal tienen el punto de fuga sobre la línea principal, siendo el de las verticales el punto nadiral, y el eje de las paralelas al eje del levantamiento el punto principal.

II.1.5 Proyecto de Vuelo.

El desarrollo de esta primera etapa implica, como factores sobresalientes, a las especificaciones del trabajo a realizar, es decir, los elementos que intervienen para llevar a cabo la ejecución del vuelo, como son: la escala deseada, la zona a fotografiar, la cobertura o área del lugar, la sobreposición longitudinal y la transversal, así mismo, la estación del año y las condiciones atmosféricas que prevalezcan a la hora de la toma fotográfica, también se deben tomar en cuenta las especificaciones sobre el movimiento del avión, es decir, el cabeceo, el banqueo y el desplazamiento; éstos factores son variables para cada levantamiento.

Existen también algunos factores ya definidos, como son: la hora de toma, la cual está dada por la altitud del Sol que debe encontrarse entre los 30° y 70° , otro de estos factores es el formato de la fotografía que por lo general se utiliza el de 9 x 9 pulgadas.

II.1.5.1 Escala, Distancia Focal y Altura de Vuelo.

La escala de las fotografías, la distancia focal y la altura de vuelo, son factores que por ningún motivo pueden estar separados uno del otro, ya que existe una relación sumamente vinculada entre éstas y es la siguiente: (ver figura No. 12)

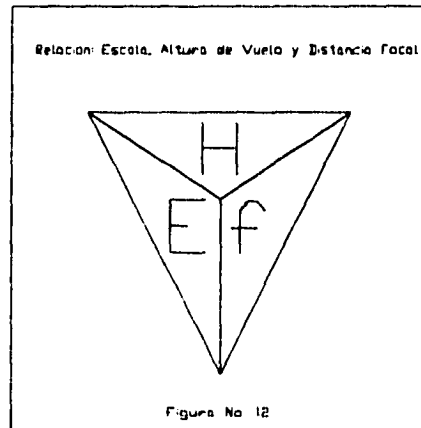
Relación de E, H y f.

donde:

H = altura de vuelo

E = escala

f = distancia focal



siendo su relación:

$H = E (f)$: altura = escala por distancia focal

$E = H/f$: escala = altura sobre distancia focal

$f = H/E$: distancia focal = altura sobre escala

Con esto se puede decir que si el terreno es horizontal, la escala resulta uniforme en todo el fotograma, pero cuando no lo es, que por lo general es el caso más frecuente, como la escala está en función de la altura con respecto al terreno, en las zonas elevadas la escala será mayor que en las bajas. En una fotografía tomada sobre terreno montañoso las imágenes de los valles tendrán una escala menor que la de las cumbres, por ello en una fotografía aérea no se puede hablar de una escala uniforme, sino de una escala referida a una altura de vuelo sobre un plano de referencia, sin embargo, estas deformaciones se pueden corregir. La altura de vuelo es calculada según la escala de las fotografías y la distancia focal de la cámara, más no es la altitud a la que debe volar el avión, ésta se determina simplemente sumándole la altura media del terreno, establecida por la configuración del mismo mediante las curvas de nivel del lugar auxiliado en cartografía básica.

ii.1.5.2 Plan de la Misión Fotográfica.

Los elementos que constituyen un proyecto de vuelo fotogramétrico son los siguientes:

Ubicación de la zona de estudio.

Cobertura.

Formato.

Superficie por fotografía.

Sobreposición longitudinal

Sobreposición transversal

Número de líneas.

Número de fotografías por línea.

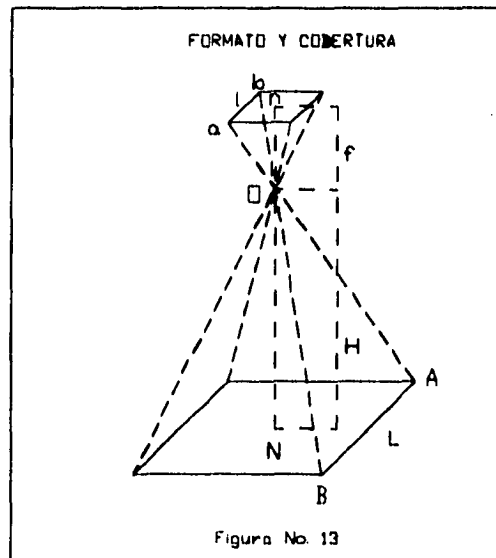
Número total de fotografías e,

Intervalo de exposición.

La localización del lugar que se pretenda aerofotografiarse se lleva a cabo mediante el apoyo de cartografía básica a escala pequeña para un reconocimiento previo, normalmente de 1:50 000, en la cual dicha zona de estudio se delimita por un polígono de donde se obtiene la superficie preliminar del proyecto para el cálculo de la misión aerofotogramétrica. Conocida la superficie se pueden calcular los elementos arriba descritos, previo conocimiento de las dimensiones del formato, que como se dijo antes, es por lo general de 9" x 9", y la cobertura de éste se define con el siguiente esquema:

(ver figura No. 13) Formato y Cobertura donde la superficie cubierta por un fotograma crece con el cuadrado de la altura de vuelo y disminuye proporcionalmente al cuadrado de la distancia focal. Por lo tanto, el primer factor que se debe conocer para llevar a cabo un levantamiento

aerofotogramétrico es la escala a las que se desean las fotografías.



Para calcular la misión aerofotogramétrica se tienen que considerar los siguientes factores:

- Cobertura del formato por lado.

$F = \text{lado del formato (escala)}$.

- Avance real longitudinal.

$b = F (100 - S_b)$ $S_b = \text{sobreposición longitudinal}$.

- Avance real transversal.

$a = F (100 - S_a)$ $S_a = \text{sobreposición transversal}$.

- Número de líneas.

$NL = \text{ancho del terreno} / a + 2$.

- Número de fotografías por línea.

$FL = \text{largo del terreno} / b + 4$.

- Número total de fotografías.

$TF = NL (FL)$

- Intervalo de exposición, (que está en función de la sobreposición longitudinal)

b/v $v = \text{velocidad del avión}$.

En algunos casos, las cámaras fotogramétricas están implementadas con un intervalómetro el cual está dispuesto de un visor y una retícula, en otros casos se dispone de un dispositivo automático de tal forma que el intervalo de exposición que está en función de la velocidad del avión, se opera por tiempo o rango de tiempo programando a la propia cámara para ambos casos.

II.1.6 Ejecución del Vuelo.

Esta segunda etapa se refiere a la aplicación del proyecto de vuelo, en la cual el piloto, copiloto y fotonavegante trabajan de común acuerdo para la toma de fotografías, con la limitante de encontrarse con las adversidades atmosféricas del lugar a fotografiar, y en donde todo lo relacionado al mismo se establece en la

bitácora de vuelo. La toma de fotografías se apoya en un sistema de coordenadas en base a la cartografía existente y a la ubicación para tomar un punto de partida, en muchos de los casos se trata de corresponder la dirección del avión con el meridiano del lugar, así se obtendría una mejor posición de las sombras ya que el recorrido del avión es perpendicular a la rotación de la Tierra y al sentido direccional del Sol, pero esto es difícil debido a las turbulencias atmosféricas. En el sentido más práctico, se ejecuta el recorrido en dirección N - S o E - W.

II.1.6.1 Servicios Aeroportuarios.

Una de las necesidades para llevar a cabo algún vuelo en particular es la de conocer las condiciones para efectuar un vuelo y ocupar el espacio aéreo sin correr riesgos innecesarios bajo las consideraciones y reglamentos de las diferentes autoridades. De este modo se recurre a la comandancia de la D.G.A.C. (Dirección General de Aeronáutica Civil), donde se otorga el permiso correspondiente para un vuelo determinado. En este caso, como el fin es la obtención de fotografías aéreas simplemente se especifica en los formatos oficiales los siguientes conceptos:

- La actividad que se realizará durante el vuelo.
- Las especificaciones de la aeronave a utilizar.
- El número de pasajeros o tripulación.
- Licencia actualizada del piloto.
- Plan de vuelo.
- Altitud.

La normatividad del SINFA (Sistema Nacional de Fotografía Aérea) del INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática), requiere también de un permiso expedido por dicho organismo en el cual se especifica también la localidad y la actividad a realizar durante el vuelo.

II.1.6.2 Control del Vuelo.

El control de vuelo se basa principalmente en la revisión del negativo del rollo fotográfico, al cual se le somete a una revisión rigurosa, de tal manera que la imagen de la fotografía cumpla con las necesidades a las que obliga un levantamiento fotogramétrico específico bajo las siguientes consideraciones:

- Evitar exposiciones fuera de foco.
- Que no existan deformaciones y distorsiones.
- Que no existan lagunas en las líneas de vuelo.
- Evitar obstáculos de visibilidad como pueden ser la nubes.
- Proteger los negativos de manchas de luz o marcas estáticas.
- Que contengan los detalles y sombras deseados.
- Que los negativos no muestren un cambio diferencial en cuanto a sus dimensiones, entre 0.1 y 0.2 mm.

Puesto que de los negativos se obtendrán las copias para la elaboración de los planos por medio de la restitución, debe tenerse un cuidado especial para garantizar el revelado, fijado y lavado de la película para evitar las deformaciones. Por último los negativos deben numerarse y rotularse, es decir, que cada uno de estos debe contener por lo menos:

- Nombre de la localidad.
 - Fecha y hora de exposición.
 - Distancia focal.
 - Número de línea.
 - Número de fotografía.
 - Escala y,
 - Altitud.
-

II.2 Laboratorio.

Una vez que se ha ejecutado el vuelo fotogramétrico, el rollo de película pasa al laboratorio, área de trabajo que muchas veces es considerada como secundaria, para ser revelado, por lo general, en un sistema semi-automático de rebobinado, para después pasar a una revisión donde se hacen algunas mediciones para comprobar la estabilidad dimensional, que para efectos de laboratorio se designa como control de vuelo el cual se vio en el capítulo anterior. una vez hecha la revisión del negativo se procede a obtener copias de contacto tanto en papel, las cuales servirán para realizar el apoyo terrestre, y copias en acetato para su posterior escaneo, que son las que se utilizan directamente para llevar a cabo la restitución.

II.2.1 Características de Equipos de Reproducción.

El proceso de reproducción fotográfica implica el revelado de los rollos de película y la impresión en papel y acetato, para esto existen equipos de diferentes fabricantes pero esencialmente el procedimiento es el mismo. Para el revelado de los rollos existen equipos automáticos con diferentes depósitos para los químicos incluidos en el mismo, lo cual hace muy sencilla dicha operación.

En otros casos, existen aparatos para llevar individualmente cada actividad propia al laboratorio fotográfico, es decir, aparatos para revelar y secar por separado.

Existen equipos para revelar película aérea hasta de 24 cm. de ancho por 150 m. de largo, en algunos casos los rollos de película se rebobinan hasta en en tres tanques con un porta-bobinas de motor con inversión automática de la marcha, en los cuales se dan los baños de revelador y fijador, y el secado se produce mediante un doble soplador radial a través de unas toberas de ranura en la envoltura del cilindro. El transporte de la película es automático, bajo control de velocidad, así mismo, la calefacción del aire está sometida a un control termostático. Para el copiado o duplicado de los negativos existen diferentes tipos

de equipos: los de copiado por contacto mecánico y los de copiado por contacto en vacío. Algunos de los equipos de copiado por contacto mecánico se presentan dispuestos por una mesa con un cristal óptico en la cubierta, un porta-carrete a cada lado y perillas para el control del tiempo de exposición e intensidad de la luz; en el interior existen lámparas dispuestas de tal forma que la iluminación sea homogénea al través del cristal óptico el cual soporta una plancha con interior oscuro que es la que ejerce la presión adecuada para el copiado de contacto. Los equipos de copiado por contacto en vacío también están dispuestos de una mesa y controles de mando para el tiempo de exposición, intensidad de luz y presión; en la parte superior de la mesa se encuentra un marco de vidrio templado especialmente para evitar que se estrellen durante el proceso del vacío y, por último se presenta la lámpara de luz que se regula con el control de mando.

II.2.2 Revelado.

Las películas que se utilizan especialmente para levantamientos aerofotogramétricos se denominan películas de base topográfica, las cuales están previamente preparadas de una base estable dimensional (acetato de celulosa o poliéster) para que sufra las mínimas distorsiones dimensionales durante todas las condiciones experimentadas en el revelado, manejo y almacenaje. Para llevar a cabo el revelado es indispensable contar con el siguiente equipo:

- Cronómetro.
- Termómetro.
- Tanque hermético de revelado.
- Tanque de fijado.
- Tanque de secado.

Algunos equipos de tecnología avanzada pueden contener los tres primeros elementos arriba descritos. La carga de la película al tanque de revelado debe

realizarse en la obscuridad total, se debe extraer el rollo del chasis procurando no tocar con los dedos las superficies planas de la película sino solo el borde superior o inferior para después introducirlo a la bobina, atendiendo a que no se pegue una cara con la otra del rollo. La película no debe enrollarse apretadamente en las bobinas o cilindros de almacenaje, toda película procesada al almacenarse debe enrollarse en sus carretes con el lado de la emulsión hacia adentro. Los productos que se utilizan en el revelado de la película fotográfica cumplen diferentes funciones:

- El Revelador.- Convierte las sales de halogenuro en plata metálica, formando así la imagen visible.

- El Ácido Acético.- Detiene la acción del revelador, impidiendo el ennegrecimiento del negativo.

- El Fijador.- Disuelve las sales de plata no expuestas y por tanto tampoco reveladas, de modo que la emulsión sea en lo sucesivo insensible a la luz.

- El Agua.- Simplemente, elimina los residuos de fijador contenidos en la película. La elección de los químicos a utilizar es a gusto personal, pero se deben tener ciertas consideraciones de relación entre la película y los químicos, como por ejemplo: para una película de grano fino, lo adecuado es utilizar un fijador de grano fino.

Una vez revelada la película se introduce a una solución de ácido acético al 1% o 2% mezclado con agua para que paralice el proceso del revelado, el baño fijador disuelve las sales de plata no expuestas a la luz y suele recibir el nombre de hiposulfito, el cual se presenta en forma sólida o líquida, así mismo existen varios tipos de fijador, ya que unos actúan más rápido que otros; la temperatura adecuada para efectuar el revelado es de aproximadamente 20°C durante todos los baños. El proceso de revelado se puede llevar en forma manual bajo las siguientes características:

1.- Calentar agua a 20°C, llenar el tanque, agitarlo y vaciarlo, así se eliminan los residuos de revelados anteriores y se humedece la película para que absorba el revelador con más regularidad.

2.- Comprobar la temperatura, poner en marcha el cronómetro y verter el revelador (diluido según las instrucciones del fabricante) en el tanque, agitarlo cada 30 segundos y cada vez en sentido contrario para mantener la homogeneidad del revelador en todas las partes de la película, transcurrido un tiempo necesario vaciar el tanque.

3.- Llenar el tanque con ácido acético diluido y mantener la película durante 30 segundos para detener el proceso del revelado.

4.- Llenar el tanque de fijador y agitarlo con frecuencia, vaciarlo una vez transcurrido el tiempo recomendado y sacar la película del tanque ya sin el peligro de velación.

5.- Enjuagar el negativo con agua hasta que pierda la textura gelatinosa del fijador.

6.- Opcionalmente se puede tratar el negativo con una solución antifijador, bajo esta opción el lavado del negativo se lleva a cabo durante menos tiempo y agua.

7.- Una vez lavada la película, se puede tratar con un humectador, el cual reduce las señales que dejan las gotas de agua al secarse, por último basta con colgar la película y dejarla secar totalmente.

Los negativos se deben proteger tanto en el secado como en el almacenaje, evitando los lugares con polvo, las rayaduras y las huellas dactilares, para ello existen los carretes y bobinas de almacenamiento, las cuales se deben de rotular con el nombre de la localidad fotografiada y la fecha para después anexarle los datos correspondientes al control del vuelo.

Este procedimiento se puede realizar de manera automática siempre y cuando se cuente con el equipo apropiado, existen equipos de diferentes marcas, los cuales revelan el rollo en sus diferentes etapas en un tiempo muy reducido, y consisten

en rodillos giratorios y en depósitos para químicos en los cuales se introduce el rollo del negativo y al ir girando los rodillos la película pasa por los diferentes depósitos del revelado, fijado, lavado y secado en unos cuantos minutos, evitando a la vez el contacto directo de los químicos con la piel, solo que en este caso, todo equipo requiere de mantenimiento para su funcionamiento adecuado.

II.2.3 Duplicado.

Los negativos originales, producto de la misión fotográfica, aún cuando contienen los detalles del terreno y son observables estereoscópicamente, rara vez y se diría tal vez nunca se utilizan para trabajos fotogramétricos, el proceso bajo el cual se utiliza es el de copiar los negativos para conseguir positivos, ya sea en papel o acetato para su posterior escaneo, generalmente se producen dos copias por fotografía en papel de las cuales una se utilizará en el apoyo terrestre y otra en gabinete y una copia en acetato de la cual se vaciará la información planimétrica del terreno a un plano o mapa con la computadora personal que funciona como un aparato restituidor.

El proceso de copiado o duplicado tiene dos métodos alternos:

1.- Por Contacto. Se coloca la emulsión del negativo original en contacto con la emulsión del papel fotográfico o de acetato vírgen, ya sea bajo presión mecánica o por vacío y transmitiendo luz a través del negativo original resultará una copia con las mismas dimensiones que su original, salvo las deformaciones que introduzca el proceso de revelado o las que pueda sufrir el material empleado por los cambios de temperatura y humedad.

2.- Por Proyección. En este caso se ilumina el negativo original a una distancia deseada de la lente de la cámara, utilizándolo como un objeto traslúcido por el cual atraviesan los rayos de luz en manera perspectiva, plasmándose en la copia los detalles del original, de este modo, la copia puede ser de tamaño superior o

inferior al negativo original, en otras palabras, se pueden obtener ampliaciones o reducciones fotográficas.

Cuando se duplica por este método es factible intercalar entre ambas emulsiones elementos ópticos para modificar las características del negativo original, así como también, se suman las aberraciones contenidas en el negativo original a las que produzca el sistema óptico utilizado para hacer la copias, por lo tanto, es preferible utilizar el primer método para fines métricos y el segundo para mozaicos o control de vuelo.

Para producir positivos de una imagen negativa que se presenta en tonos de grises, es necesario que la película sea sensible a la banda de luz utilizada para iluminar el original, los materiales utilizados para el copiado generalmente son insensibles al rojo o al amarillo, por lo que se puede utilizar una iluminación externa de alguno de estos colores para observar el desarrollo del proceso. Además como la imagen original ya está impresa se pueden experimentar diferentes

exposiciones, materiales y reveladores para el copiado, así como la intensidad de la luz que requiere una fotografía para corregir algunas anomalías originadas por las sombras propias del terreno, mejorando así los contrastes de las nuevas imágenes fotográficas.

El papel utilizado para las copias de contacto se identifica además de su contraste por su espesor y acabado, existe papel de espesor sencillo, normal y doble; y de acabados mate, semimate y brillante. También como es requisito indispensable mantener las características dimensionales de la imagen original para maquilar los modelos estereoscópicos en la computadora personal que funciona como un aparato restituidor, se elaboran copias en acetato translúcido de las cuales se encuentran en poliéster y celulosa, éstas requieren un cuidado especial ya que son muy sensibles a los cambios de temperatura y humedad.

Por último, al igual que en el revelado del rollo de película, para revelar las impresiones de las copias en papel y acetato se someten al mismo procedimiento de: baños de revelador, fijador y agua, de tal forma que las fotografías se humedezcan libremente y al mismo tiempo evitar las manchas producidas por los químicos o huellas dactilares.

Capítulo III. Automatización Aplicada.

III.1 Aspectos Generales.

Dentro de las posibilidades y alcances de la comunicación y computación se han desarrollado equipos electrónicos para casi todas las actividades realizadas por el hombre, así vemos que estos medios son utilizados en disciplinas tan variadas como la ingeniería, la medicina, la biología, las finanzas, la geografía, la contabilidad, la cartografía, la estadística, la astronomía, la fotogrametría, la cartografía, la percepción por sensores remotos, como medios de producción para industrias, el diseño gráfico, la balística, la antropología, los vuelos espaciales, los censos, la política, etc. Y los resultados obtenidos en cada una de estas disciplinas ha sido verdaderamente asombroso, ya que la velocidad de ejecución de programas o software en una computadora o hardware es sorprendente dando por resultado una optimización sumamente amplia de los proyectos o tareas desempeñadas vía la automatización.

III.2 Hardware.

Se entiende por hardware a todas las partes físicas, visibles y tangibles de una computadora y de sus periféricos. Generalmente una computadora esta conformada por una unidad central de proceso como cerebro para efectuar operaciones aritméticas y lógicas, así como de dispositivos de entrada y salida de datos e información; las partes principales de una computadora son las siguientes: (ver figura No. 14)

- Unidad Central de Proceso.
- Memoria.
- Teclado.

- Monitor.

- Ratón.

Unidad Central de Proceso. - Es la parte más importante de una computadora personal. En su interior tiene una tarjeta de circuitos impresos conocida como tarjeta principal, la cual contiene todos los circuitos básicos para el funcionamiento de la computadora.

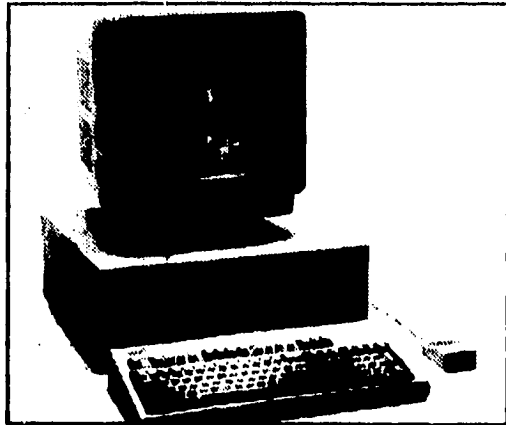


Figura No. 14

Dicha tarjeta contiene conectores denominados ranuras de expansión. En estas ranuras pueden conectarse tarjetas especiales para aumentar las funciones de la computadora al permitir accesos opcionales como los periféricos.

Memoria. - La unidad central de proceso contiene los chips de memoria que permiten almacenar los datos y programas. Existen dos tipos de memoria: memoria ROM y RAM.

La memoria ROM (Read Only Memory) o memoria de sólo lectura se emplea para almacenar programas y datos que de forma permanente han de quedar en la computadora, su contenido no se borra al apagar el computador.

La memoria RAM (Random Acces Memory) o memoria de acceso aleatorio se utiliza para almacenar la mayor parte de los programas y los datos necesarios para la ejecución de una tarea, su contenido se borra al apagar el computador.

La memoria esta organizada en unidades llamadas octetos o bytes. Un byte representa un valor que puede interpretarse de varias formas ya sea una letra, un espacio en blanco o un dígito. 1 KB (Kilobyte) es igual a 1024 bytes, 1 MB (Megabyte) es igual a un 1'048,576 bytes y 1 GB y es igual a 1,073'741,824 bytes.

A la vez, cada byte esta formado por ocho bits, y cada bit esta formado por una señal 1 (prendido) ó 0 (apagado) que son los únicos números aceptables por el sistema binario con el cual trabajan las computadoras, y en donde cada señal 1 (prendido) representa un valor dentro de una posición en el byte. Así mismo, la computadora se encarga de transformar la información en sistema binario a diferentes sistemas numéricos, como el octal, decimal y hexadecimal para optimizar los tiempos de proceso.

Teclado.- El teclado es un dispositivo de entrada de datos que hace posible la comunicación con la computadora, traduciendo la tecla que se presiona en una señal electrónica, que a su vez se convierte en código utilizable por un programa o software de aplicación.

Monitor.- El monitor permite la presentación visual de lo que está sucediendo en un proceso o de sus resultados. Para el despliegue de gráficos en pantalla se requieren de monitores a color y de alta resolución.

El ratón.- El ratón o mouse es un dispositivo de mando para la ejecución inmediata de comandos en ciertos programas, y es considerado de gran importancia para la manipulación de información gráfica.

El computador esta compuesto internamente por una tarjeta electrónica conformada por micro/circuitos, la cual tiene ranuras para insertar los chips de memoria RAM, el chip del coprocesador matemático y las tarjetas de comunicaciones correspondientes al teclado, el monitor, el ratón, impresoras, plotters, unidades de lectura de cinta, etc. También contiene la unidad de disco duro, la unidad de disco flexible, la fuente de poder, un sistema de ventilación que impide el sobrecalentamiento del computador y el cableado para la conexión de todos estos elementos electrónicos.

III.2.1 Comunicaciones.

Las comunicaciones se refieren a la conexión entre computadores y los periféricos para la transferencia de datos e información. Existen programas para transmisión de información entre computadores y drivers de comunicación entre computador y periférico.

La velocidad es un factor importante con la cual se puede transmitir la información y es medida en baudios. Un baudio es una cifra basada en la cantidad de datos transferidos en un período de tiempo específico y se refiere siempre al número de bits transferidos por segundo, a menudo se usan de forma intercambiable los términos baudios y bps (bits por segundo).

En la mayoría de los casos, la cantidad de datos de un computador se describe en términos de bytes.

Un byte es la cantidad de información utilizada para almacenar el equivalente a un carácter simple del teclado tal como A, B, C, espacios en blanco, dígitos, etc., de tal modo, se requieren 4 bytes para almacenar UNAM.

Sin embargo, la computadora reconoce un elemento más pequeño que el byte.

Cada byte se compone de 8 pequeñas señales llamadas bits. Por lo tanto, los 4 bytes utilizados para almacenar UNAM podrían describirse también como 32 bits.

La mayoría de las operaciones de computadora miden los datos en términos de la unidad más larga, los bytes; esto es porque el byte es la unidad más pequeña con la que se opera en la mayoría de las aplicaciones informáticas. Por ejemplo, el espacio de almacenamiento en disco se mide según el número de bytes que pueden almacenarse y para encontrar el número de bits almacenables se multiplican los bytes por el factor de 8.

La mayoría de las computadoras personales tienen dos modos de transferir datos: en paralelo o en serie. Con la interface en paralelo se transfiere un byte de golpe usando un cable que contiene 8 hilos paralelos entre sí, cada uno de los 8 bits que

componen el byte se envía simultáneamente por un hilo independiente. Este tipo de comunicación tiene la ventaja de ser una forma rápida en la transferencia de los datos, pero relegada a distancias cortas, no obstante es la más usual para la comunicación entre computadoras e impresoras.

Las comunicaciones entre distancias largas se efectúan de una forma diferente llamada comunicación en serie. Como su nombre implica, la comunicación en serie transfiere los datos según series de señales. Por ejemplo, un carácter requiere el envío de una serie de 8 bits. La comunicación en serie es por lo tanto más lenta que la comunicación en paralelo ya que cada bit se envía en forma individual. Eso significa que cada carácter debe de ser dividido en los bits que lo componen en la terminal de transmisión y reensamblado en la terminal de recepción. Las comunicaciones en serie son más fiables que las comunicaciones en paralelo para largas distancias, de tal forma que es la utilizada por los equipos modem para telecomunicaciones.

La velocidad en baudios indica el número de bits que pueden enviarse o recibirse en un segundo, pueden ser 300, 1200 y hasta 34,800 siempre y cuando, tanto el emisor como el receptor establezcan previamente la misma velocidad.

Otros términos que se utilizan en comunicaciones son los bits de paridad y los bits de datos.

Los bits de paridad se refieren a bits adicionales que se añaden al flujo de datos durante la comunicación y que son eliminados en el otro extremo. El propósito de esos bits es asegurar la integridad de la información que se está transmitiendo. Cada bit enviado puede tomar un valor uno o cero. Dependiendo del carácter enviado, el valor de ese carácter puede ser número par o impar. La idea de la paridad consiste en enviar todos los caracteres de forma que lleguen con las mismas características, todos pares o bien todos impares.

Por ejemplo, si el carácter enviado es el A, el valor decimal de los bits es de 65, un número impar. En ese caso se añade un bit de paridad con un uno para asegurarse de que llega a la computadora de recepción en número impar. Si el carácter enviado es el B, el valor decimal es 66, por lo tanto se envía un cero como bit de paridad para que llegue a 66, número par.

La computadora de recepción comprueba primero si la suma es par y elimina después el bit de paridad para obtener el dato original.

El propósito de paridad es crear un método simple mediante el cual la computadora de recepción pueda asegurarse de que los datos llegan en la forma en que se enviaron. Si un sistema con paridad par recibe un carácter con valor impar, hay razón para sospechar de la integridad de los datos.

De tal forma, para que el sistema funcione, la computadora de transmisión y la de recepción deben utilizar el mismo convenio.

III.2.2 Comunicaciones Asíncronas.

Las computadoras personales compatibles transmiten datos por un método llamado comunicaciones asíncronas. Esta frase intimidante se refiere a un método mediante el cual las computadoras de envío y recepción pueden indicarle la una a la otra que se ha enviado un dato.

La comunicación asíncrona contrasta con la comunicación síncrona en que los datos deben enviarse a una velocidad fija. La comunicación asíncrona se utiliza cuando hay una razón para creer que la velocidad de transferencia puede variar; así, cada dato transporta bits adicionales que indican a la computadora de recepción cuándo comienzan y terminan los datos. La idea consiste en que cada dato lleve inherente sus propias marcas, al objeto de que una variación en la velocidad de transmisión no produzca ningún error.

La comunicación asíncrona tiene la ventaja de ser una forma sencilla, y por consiguiente barata, de transmitir los datos. En general los sistemas síncronos pueden conseguir velocidades altas pero requieren un hardware más completo y caro.

Al objeto de que la computadora de recepción pueda traducir los datos en la forma apropiada, debe establecerse correctamente el número de bits de datos y de bits de parada. Hay cuatro selecciones que son muy comunes:

Datos 7, Parada 1

Datos 7, Parada 2

Datos 8, Parada 1

Datos 8, Parada 2

Para que la comunicación se lleve a cabo, ambas computadoras deben utilizar los mismos bits de paridad, de datos y de parada.

El adaptador de comunicaciones asíncronas permite la comunicación con otros dispositivos para transferencia de datos. Esta comunicación puede establecerse mediante el empleo de un elemento de comunicación RS-232.

Para nuestro caso específico, los periféricos y los equipos de topografía, fotogrametría y geodesia satelital deben de tener un adaptador de comunicaciones asíncronas, ya que la información generada o recibida, se transmitirá a una computadora personal que contenga el software adecuado para su uso y proceso correspondiente. Así también, la computadora que se utilizará para realizar los procesos fotogramétricos contendrá tarjetas para soportar gráficos y monitores con una escala de colores muy amplia.

III.3 Software.

ware se considera como a la parte intangible de la computadora y se divide en tres categorías: Sistemas Operativos, Lenguajes de Programación y Programas de Aplicación.

Un sistema operativo es un programa que controla el hardware del computador. Un computador sin unidades de disco no necesita un sistema operativo proporcionado desde el exterior, dado que una versión muy sencilla está contenida en la memoria RAM del computador. Los sistemas que usan discos, necesitan que la máquina se cargue con un sistema operativo al encenderse por primera vez. Existen varios sistemas operativos o actualización de versiones de los mismos, normalmente, el programa que se desea ejecutar determinará el sistema operativo o la versión más actualizada a elegir para que éste sea ejecutado correctamente. Existen varios sistemas operativos para una computadora personal como el D.O.S., UNIX, CP/M/86, MACHINTOSH, etc. El más usual es el D.O.S. ya que permite una amplia compatibilidad entre usuarios, archivos y formatos.

Los lenguajes de programación están compuestos por comandos o instrucciones que permiten establecer algoritmos para la solución de un problema específico. De tal modo existen: el BASIC, FORTRAN, PASCAL, TURBO PASCAL, COBOL, C, TURBO C, C++, DBASE III y IV, etc., y el uso de cualquiera de estos lenguajes depende de las particularidades en cuanto a gusto de usuario y la aplicación a la cual sea destinado.

Los programas de aplicación son aquellos que se ejecutan para un trabajo determinado, y pueden ser adquiridos o se pueden escribir por el propio usuario. La gama de programas de aplicación es ilimitada, sólo que algunos programas requieren de un hardware específico para poder ejecutarse.

II.3.1 Sistema Operativo M.S. - D.O.S.

La función principal del sistema operativo D.O.S. es capacitar a sus programas para comunicarse con el hardware del computador personal. El sistema operativo está constituido por programas que controlan el flujo de información entre los componentes del computador personal, tales como el adaptador de comunicaciones asíncronas, la memoria y las unidades de disco.

Para muchos programas de aplicación, la función del D.O.S. no resulta visible ya que estos utilizan las rutinas del sistema operativo para algunas de sus propias tareas. Así mismo, el D.O.S. se utiliza también para copiar archivos y discos, borrar archivos y discos, formatear discos, organizar archivos en directorios y subdirectorios, manipular archivos (como renombrarlos, editarlos), enviar mensajes de error al usuario, etc., generalmente está compuesto por comandos y órdenes destinadas a una tarea específica. Las versiones del D.O.S. son periódicamente actualizadas, de tal forma que el número de órdenes o instrucciones contenidas en un sistema operativo crece cada vez más satisfaciendo y facilitando el trabajo de los usuarios, aunque como ya se dijo antes existen programas de aplicación que no son ejecutables en una computadora lo suficientemente vieja o bajo un sistema operativo de versión atrasada, lo cual está llevando a una aparente carrera de desarrollo en informática para satisfacer los requerimientos de compatibilidad entre hardware y software.

III.4 Equipo de Topografía Digital

Un sistema topográfico de aprovechamiento sistemático está integrado por tres componentes:

- a) Estación Total.
- b) Libreta Electrónica de Campo.

c) Software Topográfico.

La estación total (ver figura No. 15) esta compuesta por un teodolito electrónico con precisión angular variable, según el modelo a utilizar, y un distanciómetro con alcance en distancias variables, según los prismas utilizados para la medición; dispuestos en un eje coaxial para medidas simultaneas de ángulos y distancias. La estación total dispone de un teclado para el ingreso de datos, tales como la configuración del mismo, tolerancias, coordenadas y azimut

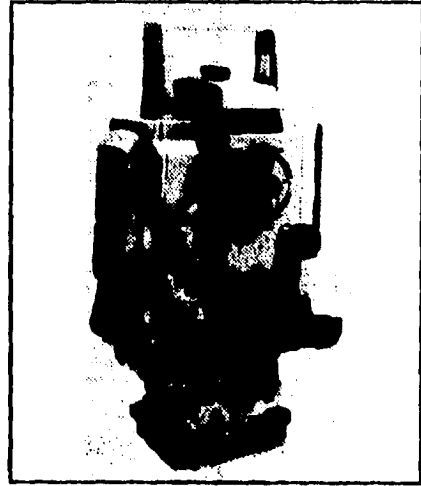


Figura No. 15

de partida, altura de aparato, altura de señal, cálculo de observaciones, temperatura ambiente, presión barométrica, etc., dependiendo de los parámetros y especificaciones de cada trabajo; así también dispone de un par de pantallas LCD que permiten la visualización directa de las observaciones, algunos modelos de estación total permiten almacenar la información de los levantamientos topográficos en una tarjeta de memoria.

La libreta electrónica de campo (ver figura No. 16), al conectarse a la estación total permite realizar las observaciones directamente sin la utilización del teclado de la estación total, almacenando la información en archivos de formato SDR identificables para cada trabajo realizado.

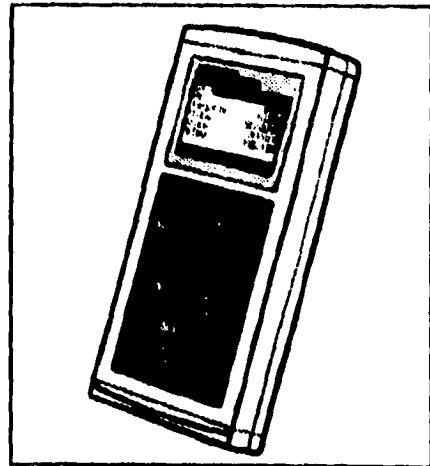


Figura No. 16

La libreta electrónica de campo con 256 KB de memoria RAM almacena hasta 2,400 observaciones mientras que una libreta con 640 KB de memoria RAM almacena hasta 7,700 observaciones en sus tres dimensiones. Internamente la libreta electrónica de campo contiene una serie de programas tales como el taquimétrico, para carreteras, cálculo de áreas, intersecciones, trisecciones, ajuste de poligonal, etc., ésto permite ejercer un estricto control del levantamiento en el mismo lugar y tiempo de su realización. La información almacenada en archivos SDR puede ser enviada a un computador por medio de un interface RS-232 para su posterior procesamiento con el software topográfico, invariablemente los archivos SDR pueden ser transferidos via modem entre lugares distantes.

El software topográfico (ver figura No. 17), permite recibir los archivos SDR de la libreta electrónica de campo para organizar la información de los trabajos en una

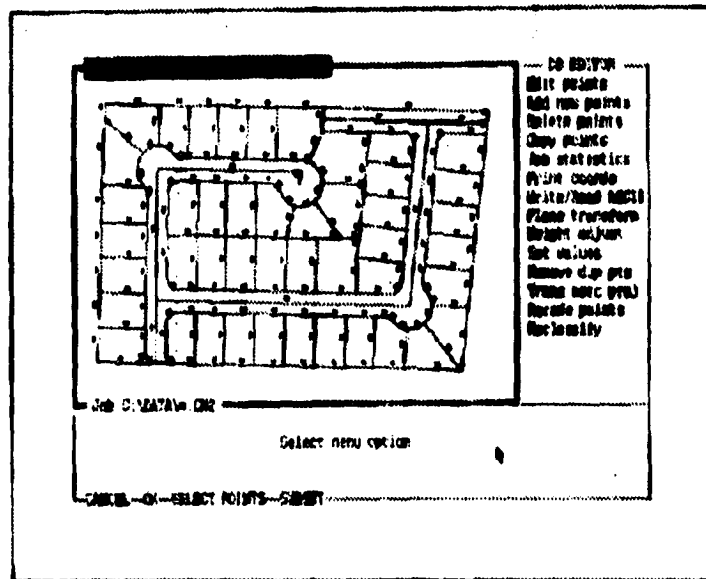


Figura No. 17

base de datos estructurando las observaciones de campo, el cálculo y los resultados de cada trabajo. El software topográfico permite la visualización, en la pantalla del computador, de los trabajos en modo de texto y en modo gráfico, lo cual facilita la manipulación y/o edición de algún trabajo existente en la memoria; así mismo permite la definición o construcción de cuadrículas y formatos de dibujo para su posterior graficación; el usuario puede crear sus propios códigos, símbolos y tipos de línea para una mejor identificación de los rasgos a trazar. El software topográfico tiene la posibilidad de comunicarse con diferentes tipos de plotters y generar archivos DXF, que es un formato común en cuanto a compatibilidad con diferentes softwares, así como también puede transmitir archivos SDR a la libreta electrónica de campo para realizar trabajos de replanteo. El software topográfico que utilizaremos está integrado por los siguientes módulos:

- * MAP. Programa que contiene la base de datos principal, procesa los códigos de característica, reduce datos, genera mapas e incluye las facilidades de un CAD (Diseño Asistido por Computadora).
- * LINK. Programa de comunicación entre la libreta electrónica de campo y el software topográfico.
- * CALC. Programa para cálculo de coordenadas geométricas, cálculo de observaciones celestes, acepta estaciones y offsets (desplazamientos) con aplicaciones a líneas y arcos.

Este equipo lo utilizaremos para la realización de la actualización topográfica junto con los siguientes accesorios:

- Altimetro
- Termómetro de ambiente
- Flexómetro
- Tripiés

- Prismas (ver figura No. 18), con montadura basculante y tableta de señal y,

- Balizas

y los requerimientos mínimos de hardware para poder ejecutar el software mencionado son los siguientes:

- Computadora 386

- 2Mb en RAM

- 25 Mhz

- 80 Mb en disco duro

- Drivers de 3.5" y/o 5 1/4"

- Puertos serial y paralelo

- D.O.S. ver 5.01 o posterior

- Monitor a color de alta resolución

- Mouse standar

- Impresora matricial o laser y,

- Plotter.

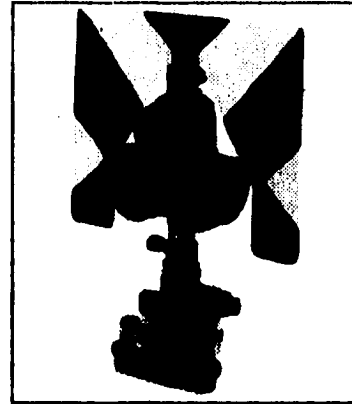


Figura No. 18

III.5 Software de Fotogrametría Digital

El sistema de fotogrametría digital para computador personal utiliza fotografías aéreas escaneadas a 600 dpi (dots per inch = puntos por pulgada), las cuales ocupan 17 Mb de memoria cada una generando un archivo de tipo raster, almacenándolas en disco duro para posteriormente desplegarlas para su visualización en la pantalla del monitor.



Una representación en formato raster se caracteriza por la disposición de píxeles organizados en columnas y renglones, donde cada píxel contiene un valor entre 0 y 255 codificado en la escala de grises, de tal forma que al escanear una imagen se tiene en realidad valores numéricos que por su alta resolución nos dá un efecto de tonalidades en grises y en donde se puede apreciar dicha imagen.

El sistema sustituye, en la parte análoga de restitución, a las manivelas (ejes x.y) y al pedal (z) por un ratón de tres botones, despliega las dos imágenes estereoscópicas y se selecciona una porción de ésta para hacer un zoom (ampliación) del modelo para efectuar la restitución junto con el sistema estereoscópico de espejos que permite la visión del modelo fotográfico en tercera dimensión para la colección de datos planimétricos, edición y complementación de información geográfica. (ver figuras No. 19 y No. 19-a).

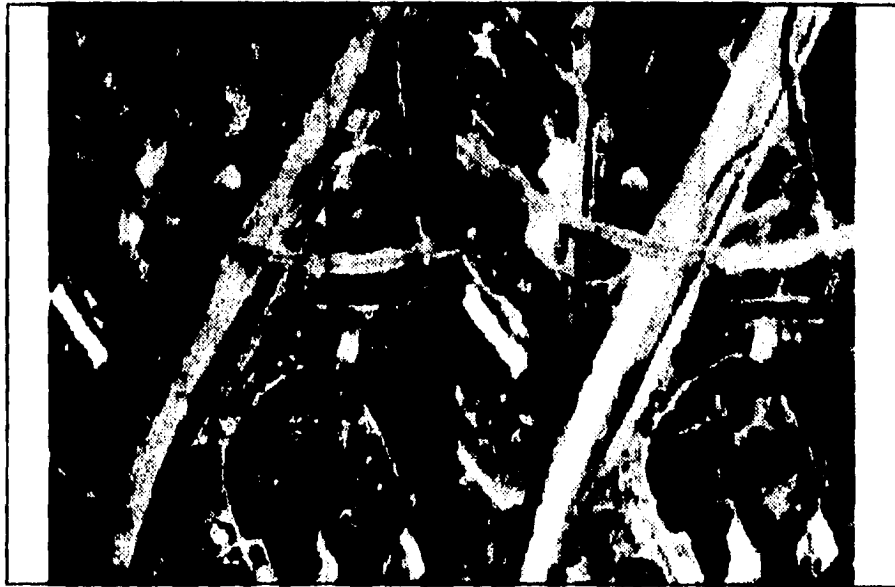


Figura No. 19

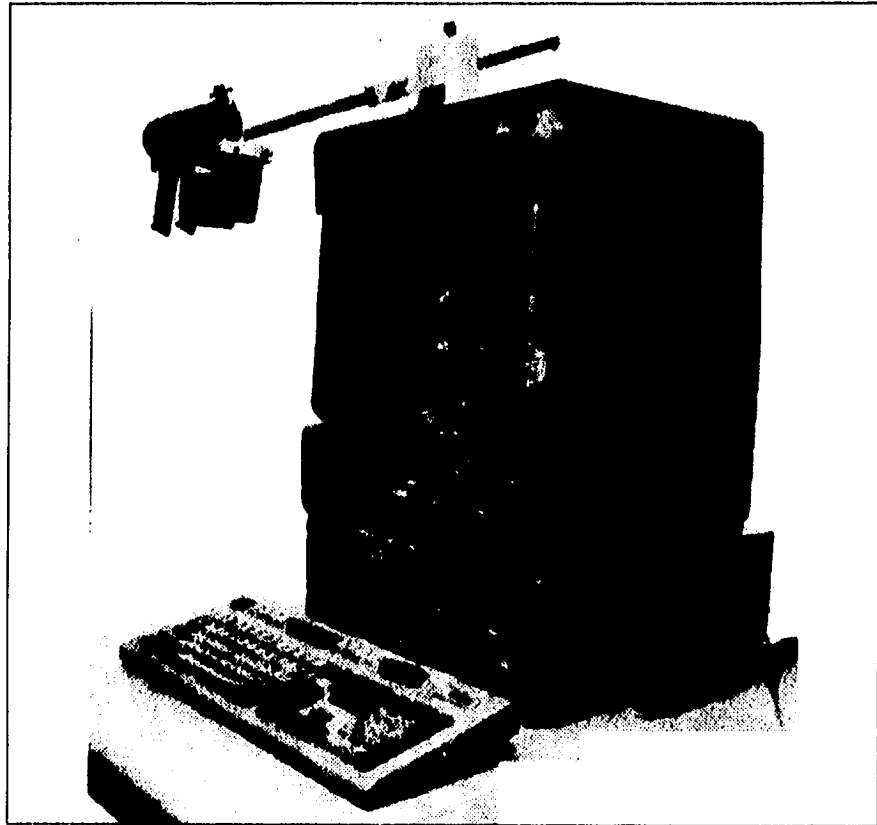


Figura No. 19-a

El sistema fotogramétrico asistido por computadoras permite la elaboración de reportes de calibración y autocorrección para sistemas de escaneo, dibujo, colección de datos interactivos para aerotriangulación, ajuste de bloques por modelos independientes, ajustes para la orientación absoluta, diagrama de modelos y muestreo de elevación de modelos digitales

El software fotogramétrico permite la digitalización vectorial directa a partir de fotografías y Ortho-Fotografías aéreas, previamente rectificadas y escaneadas, donde se despliega la imagen en la pantalla del monitor del computador para la

recolección de la información de los rasgos característicos de la fotografía en forma vectorial y en tres dimensiones (X,Y,Z). Los archivos generados de la vectorización almacenan la información por subclasificación organizando una base de datos por entidades, niveles, polígonos, tipos de línea, etc., así mismo el software permite la edición y actualización de los mapas existentes. El programa permite realizar las orientaciones relativa y absoluta con los resultados obtenidos del apoyo terrestre y aerotriangulación. La visualización del modelo estereoscópico tridimensional se obtiene utilizando un sistema óptico con prismas.

La captura de los trazos o rasgos del paisaje es por medio de vectores digitales, un vector es considerado como una segmento en línea recta, curva, un arco de círculo, etc. definido entre puntos coordenados. El modelo vectorial representa los objetos espaciales codificando sus fronteras (límite o perímetro que separa el objeto del entorno). Las líneas que actúan de fronteras son representadas mediante las coordenadas de los puntos o vértices que delimitan los segmentos rectos que las forman. El elemento fundamental de referencia en este tipo de representación es el segmento lineal, delimitado por dos vértices.

La representación vectorial del espacio es coherente con las ideas subyacentes en la cartografía tradicional que se organiza mediante el trazo de líneas.

Sobre el modelo vectorial se formulan estructuras de datos, expresadas en términos de diagramas tales como lista de coordenadas, diccionario de vértices, organización de ficheros y estructura arco/nodo, elaborados para registrar la información según el código de clasificación.

En la lista de coordenadas se almacenan los dos pares de coordenadas que definen un segmento recto.

Para cada objeto geográfico existente se registra su nombre, el número de vértices que definen su frontera y las coordenadas x,y de cada vértice.

En el caso de los polígonos se repite el primer vértice para indicar que es una figura cerrada.

En el diccionario de vértices se registran una sola vez las coordenadas de cada vértice los cuales han sido identificados con un nombre o una etiqueta, constituyendo a cada objeto espacial una identificación única en el mapa.

La organización de ficheros representa primordialmente polígonos, genera una lista de vértices con nombres y coordenadas. Los objetos lineales se codifican indicando en que vértice comienza y en cual termina, y en su caso si es un vector que limita a dos polígonos diferentes. Esta es una forma de codificación para conocer la conexión entre las líneas, los segmentos que limitan un polígono, los polígonos contiguos o los polígonos con características semejantes. Este tipo de organización esta adaptada para registrar la información espacial de los hechos geográficos artificiales: límites administrativos, parcelas de propiedad, etc.

En la estructura arco/nodo el elemento base no es el segmento recto, sino una cadena o arco formado por una sucesión de segmentos rectos, el segundo elemento es el nodo donde los polígonos se codifican indicando los arcos que les rodean, registrando los arcos indicando el nodo de salida y el nodo de llegada.

El sistema fotogramétrico asistido por computador combina la información codificada en librerías preeditadas, donde se establecen los tipos de línea, simbología, rasgo geográfico, tipo de vivienda, infraestructura urbana, etc. para asignar al vector, en el momento de su captura, una etiqueta del tipo de segmento que se esta capturando, es decir, que si se resituye de la imagen fotográfica un rio es posible asignarle: un color, ancho de línea, tipo de afluente, etc. Así mismo si se captura una vía de comunicación se puede etiquetar por librería su tipo: carretera, camino, brecha, autopista. O bien si se captura una curva de nivel se puede indicar si es curva maestra

u ordinaria. Y en todos los casos es posible conocer su orientación, distancia, superficie, coordenadas y características particulares.

De tal forma que todos y cada uno de los vectores o segmentos que conforman un mapa tienen colgada una base de datos de los elementos que la conforman ya sean geométricos o de texto.

III.5.1 Sistema de Escaneo de Fotografías.

El sistema consiste en un scanner constituido por una cámara y una plancha transparente para la translución y reflectancia de la luz (ver figura No. 20), éste equipo se conecta a una computadora personal que contenga la tarjeta interface del scanner y que tenga también un disco duro suficientemente grande para almacenar las

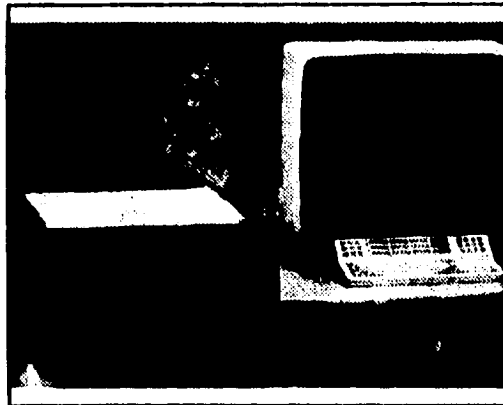


Figura No. 20

imágenes digitalizadas, el sistema requiere que las fotografías aéreas se presenten en diapositivas para que la luz atraviese y sea transmitida por un reflector de luz, de tal forma que según la intensidad de luz recibida al atravesar la diapositiva se graba en un pixel su valor correspondiente en la escala de grises. Cada diapositiva de 23 cm. x 23 cm. queda representada por una imagen digital de 4096 x 4096 pixeles lo cual nos da un archivo de 16'777,216 bytes.

El escaneo de diapositivas debe cumplir con las especificaciones de posición y enfoque, esto se logra estableciendo coordenadas a los marcas fiducias de la diapositiva para evitar posibles deformaciones y por medio de una rutina del

software se controla el enfoque de la diapositiva por medio de la visualización de gráficas, donde una representación en línea curva se interpreta como un enfoque defectuoso, esta operación se repetirá cuantas veces sea necesario hasta lograr la uniformidad de enfoque requerida hasta lograr en la gráfica mencionada una representación en línea recta que es la que nos da la certidumbre de un enfoque adecuado.

Los requerimientos mínimos de hardware son los siguientes:

- Scanner de 600 a 1000 dpi a color o blanco y negro.
- Computador 386 de alta velocidad y con coprocesador matemático.
- Disco duro de 240 Mb.
- Memoria RAM de 16 Mb
- Monitor a color de alta resolución.
- Tarjeta interface ATI-Wonder de 256 colores
- Mouse con tres botones.
- Hardware lock
- Sub-sistema de estereoscopia prismático.

Capítulo IV. Apoyo Terrestre.

IV.1 Conceptos Básicos.

El apoyo terrestre se puede definir como un levantamiento topográfico, geodésico tradicional o geodésico satelital en el cual el objetivo es la determinación de puntos o vértices sobre la superficie terrestre, los cuales nos sirven de apoyo para representar y escalar a la misma en un plano cuyo eje cartesiano está definido en coordenadas (X, Y), así como la diferencia de elevación del mismo en coordenadas (Z); el apoyo terrestre no es otra cosa más que la obtención de una poligonal, generalmente cerrada, que esté contenida dentro del marco fotográfico, de tal manera que esta forma geométrica nos sirva de base para que la superficie a representar no esté movida o caída, es decir, que conserve una relación exacta con respecto al terreno, con lo cual nos podemos apoyar para realizar las orientaciones relativa y absoluta a las diapositivas contenidas en archivos digitales, escaneadas previamente, por medio de un software fotogramétrico en una computadora personal, la cual hace las veces del aparato restituidor, de donde se puede transportar de manera gráfica la superficie del terreno a un plano o mapa con la precisión de detalle que se requiera.

Normalmente, se consideran tres etapas para la realización de un apoyo terrestre:

- a) Proyecto.
- b) Levantamiento.
- c) Cálculo.

Existen varios métodos para la obtención de puntos de control:

- Levantamientos topográficos
 - Levantamientos geodésicos
 - Levantamientos satelitales
-

- Presañalamiento

Y cualquiera de estos que se utilice debe de presentar características de alta precisión.

En particular, nuestro control terrestre se iba a realizar por medio de topografía digital, pero al realizar el reconocimiento del terreno a la escala de las fotografías que conseguimos (1:20,000) resultó muy chica para trabajos en zonas urbanas y no se pudo efectuar por falta de visibilidad.

Esta limitante nos obligo a cambiar el método para la obtención de puntos de control y resolvimos realizarlo utilizando el Sistema (G.P.S.) de Posicionamiento Global por medio de satélites artificiales.

IV.2 Sistema Global de Posicionamiento Satelital (G.P.S.).

El G.P.S. ha venido a transformar la metodología tradicional para la realización de levantamientos topográficos o geodésicos para control terrestre fotogramétrico de alta precisión (ver figura No. 21). El sistema de posicionamiento global está definido como un sistema de navegación y como un método de medición con posibilidad de determinar una posición mediante la intersección de ondas de radio emitidas por satélites artificiales y recibidas en la Tierra por diferentes sistemas de recepción.

El sistema de posicionamiento global está constituido por 24 satélites

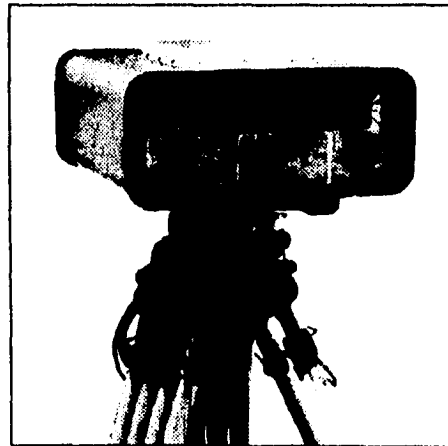


Figura No. 21

artificiales de la constelación NAVSTAR, administrados por la Armada de los Estados

Unidos de América. Tienen 6 órbitas diferentes a intervalos de 60° alrededor del Ecuador, cada una con 4 satélites. Cada plano orbital forma un ángulo de 55° con relación al plano ecuatorial (ver figura No. 22). Todos los satélites se encuentran a una distancia de la Tierra de 20,200 km., necesitando 11 hrs. 58 min. para describir una órbita completa, es decir, que después de un día sideral, cada satélite se encuentra en la misma posición sobre la Tierra.

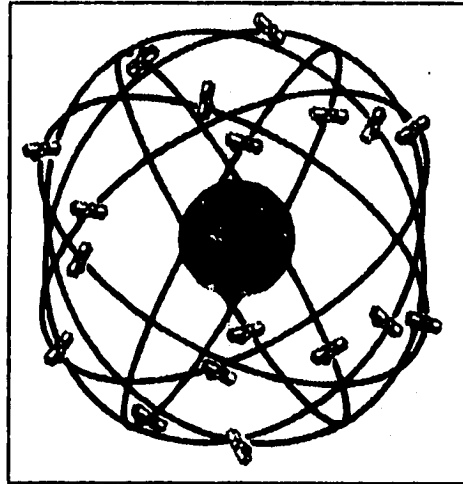


Figura No. 22

Los satélites envían constantemente dos frecuencias portadoras, es decir, la frecuencia L1 con 1,575.42 MHz y con una longitud de onda de 19 cm. y la frecuencia L2 con 1,227.60 MHz y con una longitud de onda de 24 cm (ver

figura No. 10 en Capítulo II). El empleo de una segunda frecuencia permite determinar las influencias de la ionósfera sobre la velocidad de propagación de las señales.

Las frecuencias portadoras son moduladas con la señal de navegación, la cual contiene la información de tiempo precisa. La señal de navegación es un código binario generado por un algoritmo matemático. Cuando se ignora el código, éste se manifiesta como un "pseudoruido al azar". La modulación de fase de una frecuencia portadora con un código binario de alta frecuencia se conoce con el nombre de modulación del espectro expandido.

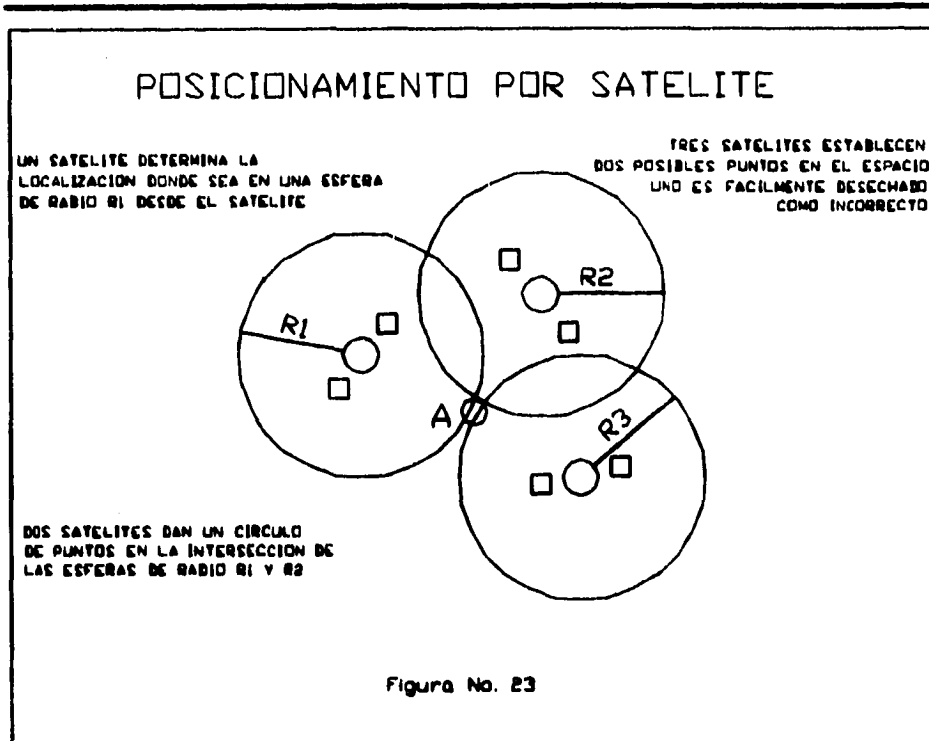
Existen dos códigos, el código C/A (Coarse Acquisition) conocido como código SPS y el código P (Precise) conocido como PPS. El código C/A es accesible para todos los usuarios y modulado sobre la onda portadora con una frecuencia de 1,023 MHz, con una longitud de onda de unos 300 metros y con una duración de 1 milisegundo.

El código P solo es accesible para mandos mililares y será modulado sobre la portadora con una frecuencia de 10.23 MHz, con una longitud de onda de 30 metros y con una duración de 267 días. La frecuencia de la portadora y del código son múltiplos de 10.23 MHz del oscilador de alta precisión en cada satélite. Adicionalmente al código, el satélite transmite un mensaje con una velocidad de transmisión de 50 bits por segundo el cual contiene todos los parámetros para el cálculo de las posiciones (efemérides) de los satélites. Existen tres métodos de medición con el G.P.S.

- El método de medición de la pseudodistancia,
- El método de medición de fase y,
- El método de medición del desplazamiento de frecuencia Doppler.

IV.2.1 Método de Medición de la Pseudodistancia.

Con los métodos de medición del G.P.S., se miden distancias entre la antena del receptor y el satélite. Para la solución geométrica son suficientes tres mediciones de este tipo. La posición de la antena viene dada por el punto de intersección de tres esferas (ver figura No. 23), con la posición de los satélites como centro, y tres distancias medidas como radios. La distancia desde el receptor al satélite se obtiene por medio de una medición del tiempo de propagación con ayuda del código C/A o bien el código P. Simplificando se puede representar como sigue: el satélite transmite un impulso (código), el cual contiene como información adicional el instante de la emisión (a). En el receptor se mide el momento de llegada (b) del impulso y se lee la información contenida sobre el instante de la emisión. La diferencia de tiempo (b-a) multiplicada por la velocidad de propagación de la señal nos da la distancia, siempre que el cronómetro del satélite y del receptor estén sincronizados.



IV.2.2 Medición de Fase.

Contrariamente a la pseudodistancia, en la que se mide el tiempo de propagación con ayuda de los códigos modulados C/A o P, aquí se mide el desfase de la onda portadora. La fase de la señal llegada del satélite es comparada con la fase de una señal de referencia generada en el receptor. Del desfase se obtiene una parte de la distancia como parte de la longitud de onda; esto significa en la medición hecha en la frecuencia L1: una parte de la distancia comprendida en 19 cm.; en la frecuencia L2: una parte de la distancia comprendida en 24 cm. y esto con resolución en el ámbito submilimétrico. En principio, el número de longitudes de onda completas en la distancia satélite - receptor, permanece desconocido. Por

ello, el software de procesamiento de datos tiene que estar en condiciones de determinar el número de longitudes de onda desconocidas, para poder calcular las coordenadas de estación.

IV.2.3 Medición del Desplazamiento de Frecuencia Doppler.

La frecuencia de la señal del satélite cambia ininterrumpidamente debido al movimiento de los satélites con respecto al receptor. Este desplazamiento de la frecuencia es integrado sobre un intervalo de tiempo determinado y está en relación funcional con la modificación de la distancia radial satélite - receptor referido a este intervalo. Estas diferencias de la distancia permiten calcular la posición del receptor. El desplazamiento de frecuencia Doppler se mide en la portadora. Las mediciones Doppler no sólo se utilizan en la determinación de posición, sino también en navegación para determinar la velocidad del vehículo.

IV.2.4 Posibilidades de Determinación de la Posición.

Existen dos métodos para determinar una posición: Estático y Dinámico, y la elección de cualquiera de éstos lo define el tipo de tarea a realizar.

Estático.- El receptor permanece estacionario y como consecuencia el tiempo de medición carece de importancia, y sus principales aplicaciones son: la geodesia, la determinación de un punto aislado y la determinación de un punto relativo.

Dinámico.- El receptor está en movimiento, esto requiere que la posición sea dada en tiempo real, y sus principales aplicaciones son: posiciones en tiempo real, la navegación y la navegación relativa.

La aplicación típica del método dinámico es la Navegación, donde es necesaria la posición en tiempo real en un sistema absoluto de coordenadas. Para ello se miden al mismo tiempo las pseudodistancias hacia cuatro satélites. Estas cuatro distancias se necesitan para encontrar la diferencia desconocida entre los

cronómetros de los satélites y el cronómetro del receptor así como las tres coordenadas desconocidas de la posición.

En la navegación relativa, la posición del receptor se determina de forma relativa con respecto a la posición de otro receptor. Para que esto tenga lugar en tiempo real tiene que haber un enlace de radio (RF-link) entre ambas estaciones receptoras. Una aplicación es la puesta en posición de torres de perforación próximas a la costa, o dar instrucciones a dragas encargadas de mantener el calado de los canales de entrada a los puertos.

En la medición geodésica, el posicionamiento se hace por el método estático, ya que aquí precisión se antepone a tiempo. Si se calcula un punto en el sistema global de coordenadas absolutas, se habla de determinación de un punto aislado, para lo cual se puede utilizar cualquier método de medición. La elección del método a utilizar depende en primera línea de la precisión exigida, y con ello, del tipo de receptor.

En geodesia o topografía, la precisión relativa de un punto con relación a su punto próximo suele ser decisiva: es decir, conocer la posición relativa del punto. Es condición indispensable que por lo menos dos receptores reciban las señales de los satélites al mismo tiempo., donde uno de los receptores está estacionado en un punto de referencia conocido y el otro receptor en el punto por determinar su posición.

Con este método se eliminan hasta un cierto grado las inevitables fuentes de error, como puede ser la imprecisión de las órbitas de los satélites: de este modo se consigue una mayor exactitud que en caso de la determinación de un punto aislado. Se aplica pues el método de la medición de la fase, la cual resulta de una precisión más alta que con la medición de las pseudodistancias: una vez obtenidos los datos coordenados por satélite se transfieren a una computadora y se procesa las medidas de las diferentes estaciones.

El resultado de mediciones GPS son coordenadas cartesianas en tres dimensiones en el sistema mundial de coordenadas geocéntricas de los satélites. En la mayoría de los casos es necesario conocer dichas coordenadas en el sistema terrestre, para ello son necesarias las siguientes transformaciones:

- 1.- Sistema de coordenadas del satélite -> elipsoide nacional de referencia.
- 2.- Elipsoide nacional de referencia -> sistema nacional de proyección.

Para la primera transformación, se tiene que conocer la posición del elipsoide de referencia local con relación al geocentro. Si los parámetros de transformación son desconocidos hay que calcularlos midiendo con GPS puntos ya conocidos en el sistema nacional de coordenadas. A partir de las coordenadas GPS y de las coordenadas nacionales de los mismos puntos se determinan los parámetros de transformación.

Como resultado del primer paso se obtienen longitudes, latitudes y altura elipsoidal del punto con relación al elipsoide nacional de referencia. En la práctica estas altitudes elipsoidales no son utilizadas sino las ortométricas o sobre el nivel del mar.

IV.3 Proyecto.

Una vez que se ha obtenido la impresión de las fotografías, un juego de copias en papel fotográfico servirán para realizar un anteproyecto más o menos adecuado para ejecutar el levantamiento ya que una cosa es lo que se planea en gabinete y otra enfrentarse a las vicisitudes propias de un trabajo en el campo, el diseño para realizar el levantamiento se hace por medio de la visualización estereoscópica o fotointerpretación de los diferentes modelos fotográficos sobre los cuales se señalan los posibles vértices que determinarán la poligonal a levantar, en dicha observación por método topográfico (se debe tener suficiente cuidado de tal forma que entre estación y punto visado no existan obstáculos de visualización en el campo), por

método satelital (no importa que existan obstáculos entre estaciones pero si hay que tener cuidado con los obstáculos entre receptor y satélite), procurando un mínimo de cuatro vértices para cada modelo estereoscópico y opcionalmente tomar alguna referencia por medio de una radiación para que refuerze la poligonal, la medida de estas radiaciones se realiza directamente en el campo ya que son medidas de distancia pequeña derivadas de cualquier vértice y estaría por demás pretender ubicarlas por fotointerpretación.

IV.4 Levantamiento.

Para llevar a cabo el levantamiento topográfico se requiere de cierto mínimo de equipo, el cual nos dará por resultado la precisión esperada y para lograrlo es necesario que dicho equipo este perfectamente calibrado. Existen diferentes tipos de equipo y de esto depende la forma de trabajo, pero en general todos son semejantes.

IV.4.1 Reconocimiento del Terreno

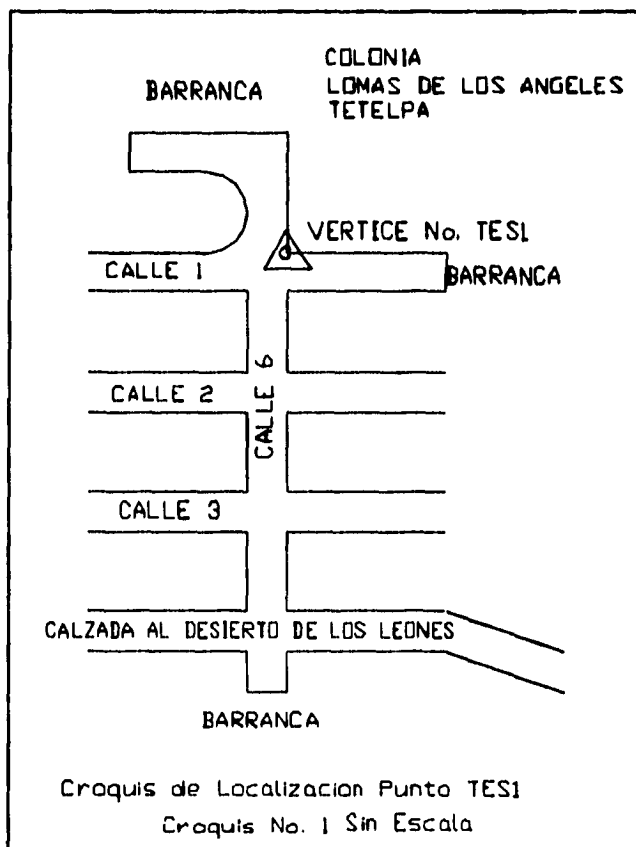
Con la ayuda del diseño del proyecto se accesa la zona o lugar a levantar y se identifican los puntos señalados en las fotografías aéreas, realizando preliminarmente un recorrido en dicha zona para confirmar la configuración de la poligonal o en su caso hacer los cambios pertinentes para su realización.

Sobre 3 fotografías aéreas de la ciudad universitaria a escala 1:20,000 se identificaron 4 puntos de control sobre dos modelos estereoscópicos, anteriormente se dijo que se necesitan 4 puntos por cada modelo, pero en nuestro caso sabemos que íbamos a estar supeditados al uso de los receptores GPS por corto tiempo, resolviendo que los siguientes cuatro puntos se aerotriangularían vía software. La identificación de los detalles en la fotografía fué un tanto complicada

ya que la escala de las fotografías y el año en que fueron tomadas (1992) nos imposibilitaba en ciertos casos para seleccionar un detalle observable sobre el terreno. Cada uno de los cuatro puntos se marcó sobre la fotografía pichándolo con un punzón para su posterior identificación.

La localización de los puntos de control quedó de la siguiente manera:

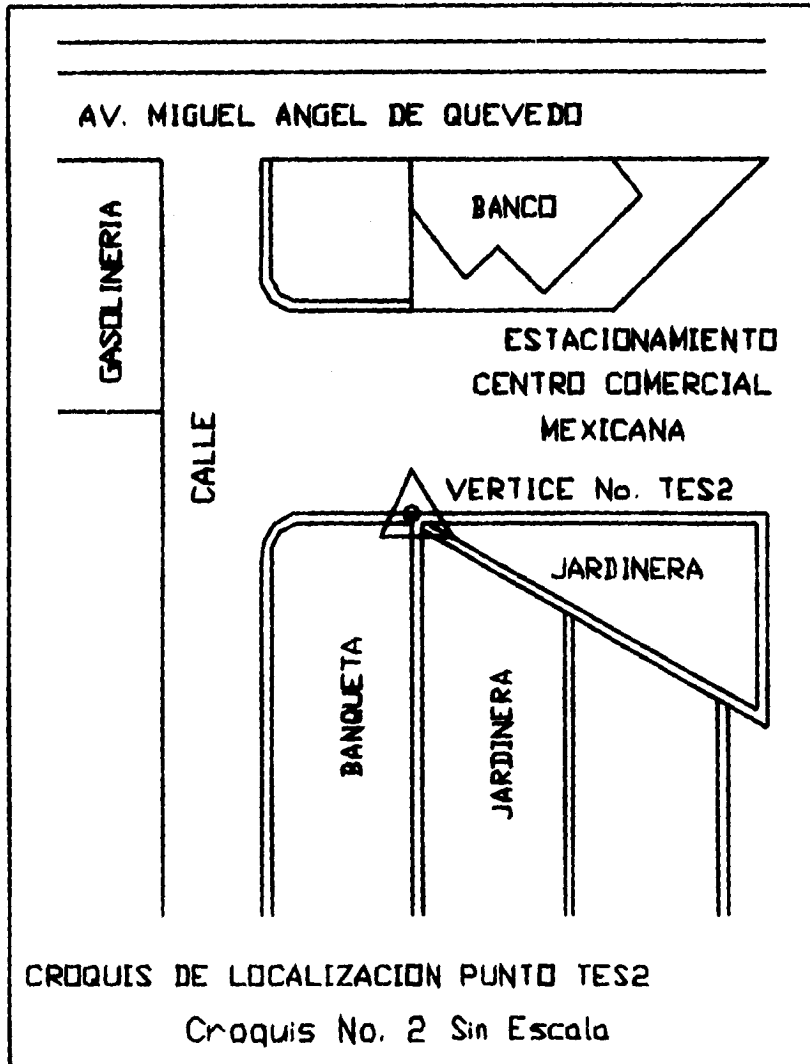
Nombre del Punto	Localización
TES1	Camino al Desierto de los Leones, (ver croquis No. 1).



TES2

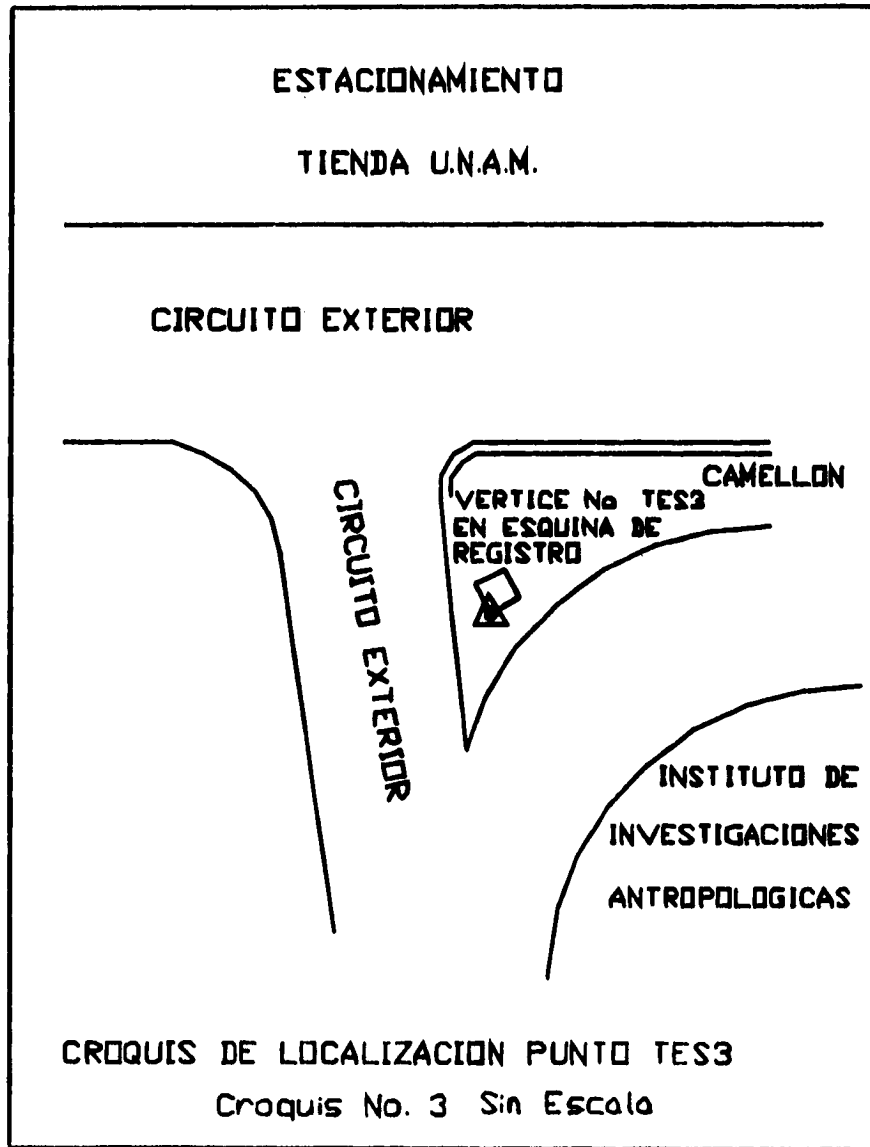
Estacionamiento en Comercial Mexicana de Av. M. A. de Quevedo

(ver croquis No. 2)



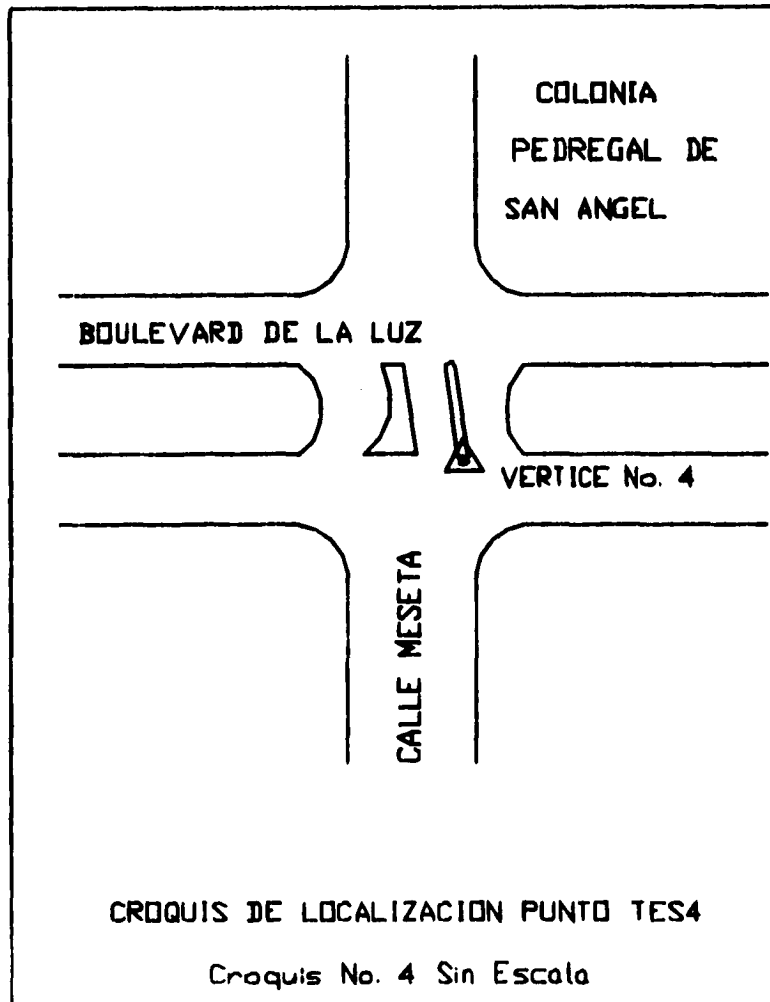
TES3

Circuito Interior de la Ciudad Universitaria. (ver croquis No. 3)



TES4

Boulevard de la Luz, en el Pedregal de San Angel. (ver croquis No. 4)



El nombre del punto es el nombre del archivo digital donde se almacenarán los datos de posición obtenidos por el GPS.

IV.4.2 Obtención de Puntos GPS.

Nuestro levantamiento fué del tipo estático y se utilizó equipo receptor de la marca Trimble Navigation y Geodimeter con capacidad de 10 canales de recepción en banda L1 código C/A con memoria para 16 y 42 horas de trabajo y esperamos obtener una precisión de 1:50,000.

Como accesorios para los receptores GPS se utilizaron antenas de diferentes diámetros, tripies, cables interface, baterías recargables, flexómetros y balizas.

El procedimiento del levantamiento fué el siguiente:

- Se identificó el punto sobre el terreno y la fotografía
- Se instaló un receptor en cada punto identificado
- Según fué el caso, se estacaron o se pintaron sobre alguna superficie.
- Se niveló el tripie o baliza, ajustando la antena del receptor a cualquiera de estos.
- Se conectan los cables interface batería - receptor - antena.
- Se inició la sesión, previo acuerdo entre los cuatro receptores de comenzar a una misma hora.
- Se mide la altura del piso al eje de la antena y,
- Se elabora un croquis a nivel general y otro a detalle del vértice

Se realizó una sesión con recepción simultánea a los cuatro GPS's por un periodo de una hora de operación continua y con actualización de señal cada 15 segundos.

La operación de los receptores GPS es realmente sencilla, solo hay que configurar los aparatos según los parámetros deseados y por medio del menú de comandos sobre el display se selecciona la operación a realizar; en seguida se enlistan algunos de éstos parámetros:

AUX 9 recolecta el almanaque automáticamente, se utiliza cuando el almanaque anterior tiene más de un mes y lo recolecta en 12.5 segundos, de esta forma se tiene la certeza de que está completo y actualizado. Cabe señalar que para obtener

posicionamiento en 3D (tres dimensiones: Latitud, Longitud y Elevación) se requiere de cuando menos la recepción de 4 satélites.

ON/OFF. Prendido y apagado del receptor.

Configuración.

Setup 1. Inicializar posición.

Setup 2. Modo: 2D, 3D y Automático.

Setup 3. Hora: AM, PM y 24 Hrs.

Setup 4. Apertura angular o mascarilla.

Setup 5. Condiciones de observación.

Setup 6. Selección del dato de actualización.

Setup 7. Permite a la unidad recibir señales de poca calidad.

Setup 8. Selección de un sistema de coordenadas.

Setup 9. Selección de un Datum.

Setup 10. Altitud de referencia.

Setup 11. Unidades de altitud.

Setup 12. Variación magnética.

Setup 13. Unidades de velocidad y distancia.

Setup 14. Modo de ruta.

Setup 15. Promedio de velocidad.

Setup 16. Salvar batería.

Setup 17. Control de sonido.

Setup 18. Control de pantalla (intensidad de iluminación).

Setup 19. Orden de la fecha.

POS. Al pulsar el receptor comienza a buscar los satélites disponibles en la constelación.

N = Número de satélite.

S = Search. Buscando satélites.

SQ = Calidad de la señal.

= Satélite localizado.

LK = Visualizado y colección de almanaque.

*** = Satélite que será usado para la posición fija.**

E = Colección de datos de las efemerides dentro de las últimas dos horas.

Al obtener la posición se visualiza en la pantalla:

- El Datum de referencia

- La Fecha de la posición

- La Hora

- El PDOP que es la Dilución de Precisión de la Posición. Que es una medida del error posible relacionado a la geometría de los satélites e incluye ambas lecturas horizontal (Latitud y Longitud) y vertical (Altitud).

Aux 1. Status en la pantalla del receptor. Monitorea los satélites visibles para usarse en la posición.

Aux 2. Toda la constelación de satélites puede no estar disponible las 24 hrs. en todo el mundo. Computa horario para la fecha y posición escogida, el horario computado cubre desde la media noche de la fecha insertada hasta la siguiente media-noche, (se puede seleccionar una fecha dentro de los últimos seis meses del almanaque de la unidad, pero el horario puede ser más preciso si esta dentro de las ultimas semanas).

Aux 3. Status de los Satelites. Proporciona información sobre:

a) Satélites listos y saludables dentro del sistema GPS.

b) La elevación y azimut de los satélites sobre el horizonte.

c) Satélites con calidad de señal debil o temporalmente apagados.

d) Status corriente de cada satélite en el sistema.

Ura = Rango de precisión del usuario. Estimación de cómo es conocida precisamente la localización de un satélite, expresada en metros. Multiplicando

Ura y PDOP se calcula la incertidumbre de la posición fija. La incertidumbre es uno de los varios componentes de error que pueden afectar la precisión de la posición fija.

Aux 7. Transferencia de datos a una computadora personal desde el buffer de la unidad.

Una vez terminada la sesión se transfirieron los datos de cada uno de los receptores, conectando el puerto de comunicaciones RS232C al puerto serial de un computador para su posterior procesamiento y la obtención relativa de nuestros puntos de control por medio del software de cálculo geodésico.

Cada punto de control está conformado por archivos generados en el GPS, los cuales contienen los datos de las efemérides de los satélites y las posiciones de cada vértice.

En seguida se muestran los datos crudos obtenidos para cada punto directamente en campo, donde los puntos de estación están identificados como TES1, TES2, TES3 y TES4.

Station ID: TES1

Session #: 253-0

Fecha: Sep 10, 1994 16:24

Antenna height = 1.9500 [meters] (entered in the field in meters)

Inicio de recepción: Data - logging start time = 16:25

Fin de recepción: Data - logging stop time = 17:32

la tabla siguiente se refiere a la periodicidad de observaciones a los satélites:

Tracking	SV5	SV6	SV12	SV16	SV20	SV24	SV26
total L1	268	194	105	268	268	268	191
cont L1	268	194	83	268	268	268	191

se puede observar que para éste receptor el satélite SV12 presento una interrupción de transmisión provocando una interferencia en la onda de radio a causa de algún obstáculo.

SV Selection mode = AUTOMATIC

Elevation mask = 15 [degrees]

Minimum # of SVs = 4

3D Position Best PDOP Position

Latitude: 19:20'42.85919" N

Longitude: 99:12'43.54466" W

Height (m): 2286.2

Station ID: TES2

Session #: 253-0

Fecha: Sep 10, 1994 16:31

Antenna height = 0.8700 [meters] (entered in the field in meters)

Inicio de recepción: Data - logging start time = 16:33

Fin de recepción: Data - logging stop time = 17:30

Tracking	SV 5	SV 6	SV 16	SV 20	SV 24	SV 26
total L1	229	168	229	229	228	177
cont L1	229	78	229	229	136	177

se puede observar que para éste receptor los satélites SV6 y SV24 presentaron una interrupción de transmisión provocando una interferencia en la onda de radio a causa de algún obstáculo.

SV Selection mode = AUTOMATIC

Elevation mask = 15 [degrees]

Minimum # of SVs = 4

3D Position Best PDOP Position [2.0]

Latitude: 19:20'43.17350" N

Longitude: 99:10'20.57859" W

Height (m): 2192.4

Station ID: TES3

Session #: 253-0

Fecha: Sep 10, 1994 16:22

Antenna height = 2.1000 [meters] (entered in the field in meters)

Inicio de recepción: Data - logging start time = 16:26

Fin de recepción: Data - logging stop time = 17:30

Tracking Ch0 Ch1 Ch2 Ch3 Ch4 Ch6 Ch7

meas 254 254 254 193 182 133 254

cont 254 254 254 184 182 133 254

SV Selection mode = AUTOMATIC

Elevation mask = 15 [degrees]

Minimum # of SVs = 4

3D Position Best PDOP Position [1.9]

Latitude: 19:19'20.68814" N

Longitude: 99:10'35.48676" W

Height (m): 2202.5

Station ID: TES4

Session #: 253-0

Fecha: Sep 10, 1994 16:23

Antenna height = 2.0750 [meters] (entered in the field in meters)

Inicio de recepción: Data - logging start time = 16:27

Fin de recepción: Data - logging stop time = 17:30

Tracking Ch0 Ch1 Ch2 Ch3 Ch4 Ch5 Ch6

meas 251 251 191 251 180 251 132

cont 251 251 185 251 180 251 132

se puede observar que para éste receptor el canal Ch2 presentó una ligera interrupción de transmisión provocando una interferencia en la onda de radio a causa de algún obstáculo.

SV Selection mode = AUTOMATIC

Elevation mask = 15 [degrees]

Minimum # of SVs = 3

3D Position Best PDOP Position [1.6]

Latitude: 19:18'48.94249" N

Longitude: 99:12'42.74368" W

Height [m]: 2350.0

IV.6 Cálculo y Ajuste.

El objetivo del cálculo del apoyo terrestre es para compensar los errores de posición de cada uno de los vértices en sus coordenadas (X,Y,Z). La compensación en puntos GPS es una relación entre los puntos obtenidos en campo, es decir, que al generar puntos de poligonal nos den distancias entre sí con precisiones superiores a 1 cm. y 5 ppm, de esta forma es posible obtener una precisión de cierre de poligonal superior a 1:50 000. Una vez que se obtuvo el registro de campo se consideró el siguiente proceso y resultado con un software para el cálculo, ajuste y conversión de coordenadas:

El proceso de cálculo para cada punto y línea entre cada dos puntos es en base a matrices de covarianza y el ajuste de la poligonal es en base al cálculo por mínimos cuadrados.

Se fija el vértice TES1 como punto de partida para calcular los siguientes tres vértices en relación a éste.

Nombre de Archivo: LOOP

Closure Log

New Closure

From: TES1

To: TES2, L1 fixed, 10/09/94, 16:33:30

00000085.SSF Slope (m): 4170.226 19 20 42.99936 N

TES12530.DAT Total (m): 4170.226 099 10 21.71616 W

TES22530.DAT 2227.4695 m

To: TES3, L1 fixed, 10/09/94, 16:33:30

00000110.SSF Slope (m): 2570.641 19 19 20.60606 N

TES22530.DAT Total (m): 6740.867 099 10 36.42108 W

TES32530.DAT 2253.0248 m

To: TES4, L1 fixed, 10/09/94, 16:26:45

00000105.SSF Slope (m): 3830.606 19 18 48.72492 N

TES32530.DAT Total (m): 10571.473 099 12 43.17671 W

TES42530.DAT 2354.5502 m

To: TES1, L1 fixed, 10/09/94. 16:27:30
 00000090.SSF Slope (m): 3507.899 19 20 42.75634 N
 TES12530.DAT Total (m): 14079.372 099 12 44.49657 W
 TES42530.DAT 2335.8337 m

Closed Precision (ppm): 0.1279
 Errors (m) N: 0.0007 E: -0.0004 U: 0.0016

Si las especificaciones de nuestro levantamiento se determinaron a posiciones fijas con precisiones de 5 mm más 3 ppm, se puede observar que la precisión lineal cumple con nuestro propósito.

La siguiente tabla arroja los errores angulares y lineales de las seis líneas calculadas donde se incluyen dos diagonales para ofrecer una mayor rigidez a la figura.

Nombre de Archivo: CLOSURES

NETWORK =Tesis

TIME =Tue Jan 3 18:09:43 1995

Obs#	Type	Backsight	Foresight	Closure	Transform
1	gpsaz	TES1	TES2	0.008201"	0.000000"
2	gpsht	TES1	TES2	-0.000178m	0.000000m
3	gpsds	TES1	TES2	0.000350m	0.000000m
4	gpsaz	TES1	TES4	0.003907"	0.000000"
5	gpsht	TES1	TES4	-0.000235m	0.000000m

6	gpsds	TES1	TES4	0.000068m	0.000000m
7	gpsaz	TES1	TES3	-0.004661"	0.000000"
8	gpsht	TES1	TES3	0.000348m	0.000000m
9	gpsds	TES1	TES3	-0.000222m	0.000000m
10	gpsaz	TES4	TES2	0.000835"	0.000000"
11	gpsht	TES4	TES2	-0.001247m	0.000000m
12	gpsds	TES4	TES2	-0.000340m	0.000000m
13	gpsaz	TES4	TES3	-0.001057"	0.000000"
14	gpsht	TES4	TES3	0.000361m	0.000000m
15	gpsds	TES4	TES3	-0.000029m	0.000000m
16	gpsaz	TES3	TES2	-0.006059"	0.000000"
17	gpsht	TES3	TES2	0.001311m	0.000000m
18	gpsds	TES3	TES2	0.000558m	0.000000m

Se aprecia claramente que los errores obtenidos fueron realmente mínimos.

Le siguiente tabla presenta los ajustes correspondientes a las coordenadas de cada vértice aplicando los valores de la tabla anterior, en donde se toma el datum WGS84 para ajustar sobre coordenadas geográficas. La tabla presenta, tanto las coordenadas sin ajustar como las ajustadas.

Nombre del Archivo: COORDENADAS

COORDINATE ADJUSTMENT SUMMARY

NETWORK =Tesis, TIME =Tue Jan 3 18:09:43 1995

Datum = WGS-84

Coordinate System =Geographic

Zone =Global

Network Adjustment Constraints:

Inner constraints in Y, Inner constraints in X, Inner constraints in H

POINT NAME	OLD COORDS	ADJUST	NEW COORDS	1.00d
1 TES1	LAT=19 20' 42.756318"	-0.000001"	19 20' 42.756317"	0.000089m
	LON=99 12' 44.488565"	+0.000000"	99 12' 44.488565"	0.000111m
	ELL HT=2335.8315m	+0.0000m	2335.8315m	0.000384m
	ORTHO HT=0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
2 TES2	LAT=19 20' 42.999363"	+0.000002"	19 20' 42.999366"	0.000114m
	LON=99 10' 21.716165"	+0.000001"	99 10' 21.716164"	0.000121m
	ELL HT=2227.4687m	+0.0000m	2227.4687m	0.000423m
	ORTHO HT=0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
3 TES3	LAT=19 19' 20.806039"	-0.000001"	19 19' 20.806038"	0.000063m
	LON=99 10' 36.421083"	-0.000001"	99 10' 36.421084"	0.000102m
	ELL HT=2253.0227m	+0.0000m	2253.0227m	0.000341m
	ORTHO HT=0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
4 TES4	LAT=19 18' 48.724899"	+0.000000"	19 18' 48.724899"	0.000097m
	LON=99 12' 43.176709"	+0.000001"	99 12' 43.176709"	0.000101m
	ELL HT=2354.5478m	+0.0000m	2354.5478m	0.000346m
	ORTHO HT=0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN

La siguiente tabla muestra el azimut, la distancia, la precisión horizontal, la diferencia de alturas y la precisión tridimensional, que es la que finalmente nos interesa.

SUMMARY OF COVARIANCES

NETWORK =Tesis, TIME =Tue Jan 3 18:09:46 1995

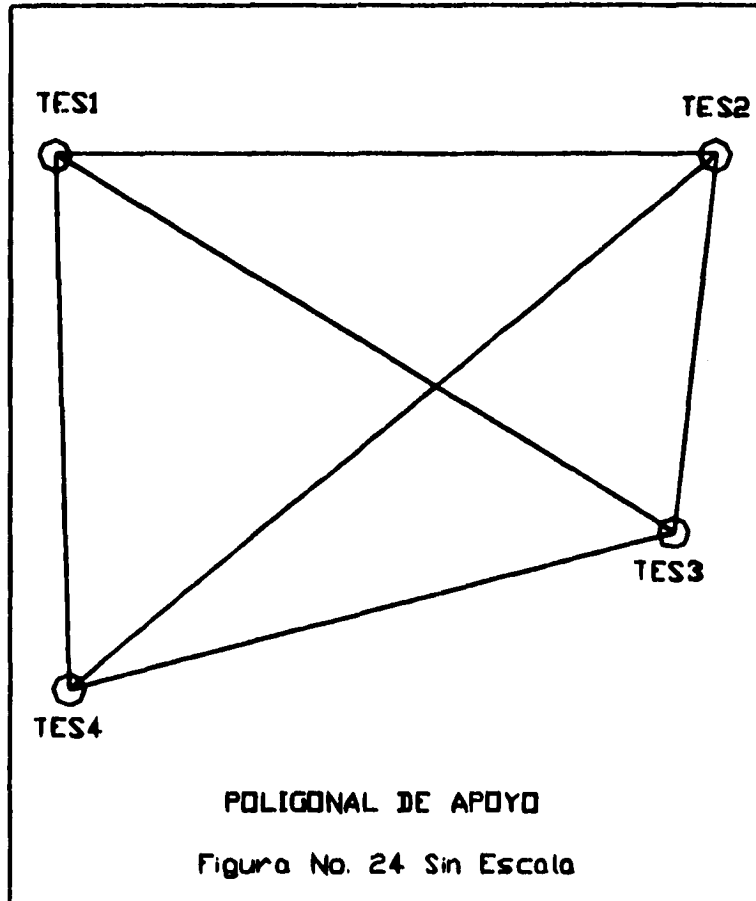
Definition of precision $(E \times S)^2 = C^2 + P^2$:

- Horizontal: Precision (P) expressed as: ratio
- Propagated linear error (E): U.S. (standard error of adjusted horizontal distance)
- Scalar (S) on propagated linear error: 1.0000
- Constant error term (C): 0.0000
- 3-Dimensional:
- Precision (P) expressed as: ratio
- Propagated linear error (E): U.S. (standard error of adjusted slope distance)
- Scalar (S) on propagated linear error: 1.0000
- Constant error term (C): 0.0000
- Using orthometric height errors

FROM/	AZIMUTH/	1.00d	DISTANCE/	1.00d	HOR PREC/
TO	DELTA H	1.00d	DELTA h	1.00	3-D PREC
TES1	8953'28"	0.01"	4167.329m	0.0002m	1:20530733
TES2	-108.3628m	0.0007m	--	--	1:20530733
TES1	12402'28"	0.01"	4511.807m	0.0002m	1:23636233
TES3	-82.8088m	0.0006m	--	--	1:23636233
TES1	17922'14"	0.01"	3506.552m	0.0002m	1:21114204
TES4	+18.7163m	0.0006m	--	--	1:21114204
TES2	18936'59"	0.01"	2569.607m	0.0002m	1:14165576
TES3	+25.5540m	0.0006m	--	--	1:14165576
TES2	22936'35"	0.01"	5421.915m	0.0002m	1:26592393
TES4	+127.0791m	0.0006m	--	--	1:26592393
TES3	25510'02"	0.01"	3827.878m	0.0002m	1:22671859

TES4 +101.5251m 0.0005m -"- -"- 1:22671859

(ver figura No. 24)



La siguiente información corresponde a un reporte general del levantamiento y su cálculo así como el equipo utilizado para su realización, donde se incluyen las coordenadas ajustadas de cada vértice.

REPORTE

Project: Tesis

Supervisor:

Date Created: 3/01/95 17:42:24

Date Last Accessed: 3/01/95 17:42:24

Project Directory: C:\gpsrvy\projects\Tesis

Antenna Type: 4000SL Micro Round

Antenna Measurement: Uncorrected

Receiver Type: 4000SL

Projection Group: Geodetic WGS84

Linear Unit: Meter

Coordinate Format: GEODETIC

Timezone: Mexico Central: -6.00

Number of Stations: 4

Number of Baselines: 6

****** Reference Coordinates ******

Station	Station	Latitude	Longitude	Height
TES4	TES4	19 18 48.72490N	099 12 43.17671W	2354.54778
Network Adjustment				
TES3	TES3	19 19 20.60604N	099 10 38.42108W	2253.02271
Network Adjustment				
TES2	TES2	19 20 42.99936N	099 10 21.71616W	2227.48869
Network Adjustment				
TES1	TES1	19 20 42.75632N	099 12 44.49656W	2335.83148
Network Adjustment				

La siguiente tabla muestra la información correspondiente a la transformación de coordenadas Geográficas a U.T.M.

MAP PROJECTION TRANSFORMATION

PROJECTION: UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR

ZONE =14

CENTRAL MERIDIAN =W 99° 00'00.000000"

LATITUDE OF ORIGIN =N 0° 00'00.000000"

ORIGIN NORTHING =0.0000, EASTING =500000.0000

SCALE ALONG CENTRAL MERIDIAN =0.999600000000

LINEAR UNITS =METER

	Point Name	Geodetic	Map	Scale & Convergence
1	TES1	N 19° 20'42.756317"	2139038.5943	0.999606149192
		W 99° 12'44.498585"	477895.5714	- 0° 04'13.2474"
2	TES2	N 19° 20'42.999358"	2139041.4278	0.999604088774
		W 99° 10'21.718184"	481861.2532	- 0° 03'25.9503"
3	TES3	N 19° 19'20.606038"	2138509.3599	0.999604262628
		W 99° 10'36.421084"	481429.6449	- 0° 03'30.5816"
4	TES4	N 19° 18'48.724899"	2135533.5902	0.999606130369
		W 99° 12'43.176709"	477729.7882	- 0° 04'12.4121"

Por último se presenta la tabla con las coordenadas U.T.M. de cada punto así como su valor altimétrico.

Projection Group: UTM

Zone Name: 14

Linear Units: meter

Angular Units: degrees

Datum Name: WGS-84

Station	North	East	Height
TES1	2139038.59430	477695.57138	2335.63148
TES2	2139041.42761	481861.25316	2227.48869
TES3	2136509.35994	461429.64486	2253.02271
TES4	2135533.59019	477729.78623	2354.54776

Al parecer se nota que hay repetición de datos, la realidad es que preferimos incluir todas las tablas relacionadas con el cálculo para poder presentar paso a paso su desarrollo, lo único lamentable, es que la mayoría de los sistemas de software arreglan la información condensada en tabuladores y en algunos casos si se presenta ésta repetibilidad.

Esta última tabla de coordenadas será la utilizada para realizar la aerotriangulación de los modelos estereoscópicos, así como, el mismo sistema será utilizado para la orientación de las fotografías aéreas escaneadas en la rutina correspondiente del software para restitución fotogramétrica.

Cabe mencionar que a diferencia de la geodesia tradicional, donde los levantamientos geodésicos se realizan bajo conceptos de medición de ángulos y distancias por medio de observaciones astronómicas, aunado a las condiciones atmosféricas y de horarios determinados; en los levantamientos satelitales el fundamento consiste en determinar posiciones en la superficie terrestre determinadas por la medición de distancias entre los receptores y los satélites, sin importar que existan obstáculos visuales entre los puntos a determinar, las inclemencias del tiempo y con la ventaja de que con los satélites actualmente en órbita es posible realizar observaciones las 24 horas del día.

Capítulo V. Restitución Fotogramétrica Digital.

V.1 Scaneo de Diapositivas.

El escaneo de diapositivas se realizó con un scanner de cama plana con capacidades de resolución variables, la resolución está dada por la cantidad de pixeles contenidos en una unidad de superficie; 100, 200, 300, 400 dpi (dots per inch = puntos por pulgada), la resolución usual para fotografía aérea es de 600 dpi es decir 360,000 pixeles en una pulgada², por consiguiente tenemos: 9" = 23 cm.

$23 \text{ cm.} \times 10 \times 1000 = 230,000 \mu$ (micras)

$230,000 \times 230,000 = 52,900,000,000 \mu$ micras de resolución en una fotografía.

Y cada pixel es el equivalente a $2.54 \text{ cm.} \times 10 \times 100 = 25,400 \mu$ micras

$1 \text{ pixel} = 25,400 \mu \text{ micras} / 600 = 42.33 \mu \text{ micras.}$

V.2 Visión Estereoscópica.

La estereoscopia es muy importante dentro de la fotogrametría; ya que con la ayuda de instrumentos ópticos podremos ser capaces de reconocer detalles en las fotografías aéreas, tales como la altura relativa de montañas, la profundidad relativa de un cañón; y en este proyecto en particular poder reconocer los puntos que se elegieron para llevar a cabo el control terrestre (una esquina de barda, una coladera, un camellón y una guarnición); y sobre todo para la restitución digital.

V.2.1 Antecedentes de la Estereoscopia.

Se cuenta con antecedentes de la visión estereoscópica desde el año 350 A.C., ya que Aristóteles realiza experimentos considerados como proyecciones ópticas de las imágenes. Para 1830 hay un avance con la obtención de las primeras

fotografías con una cámara de eje horizontal, inventada por Niepce y Daguerre; es hasta el año de 1838 cuando Wheatstone diseñó un aparato con características estereoscópicas.

Con la invención del avión y las necesidades impuestas por el conflicto bélico de la 1ra Guerra Mundial, se aceleraron notablemente los estudios relacionados con la visión estereoscópica, dada la utilidad que representó para elaborar mapas de carácter estratégico.

Durante la 2da Guerra Mundial la explotación de la información derivada de la observación estereoscópica, tuvo un amplio uso, dado que se utilizaron representaciones realistas de la Tierra; posteriormente a ello, se inicia el empleo de emulsiones infrarojas y vistas aéreas en color, lo cual facilita la identificación de detalles representativos en el terreno.

En las últimas décadas y como consecuencia del desarrollo tecnológico el uso de imágenes estereoscópicas ha ido en forma ascendente acorde a la evolución de otras disciplinas; entre ellas la informática.

V.2.2 La Visión Humana.

Para lograr la estereoscopia, la visión debe ser de tipo binocular, por lo tanto las personas afectadas en esta facultad nunca podrán ver estereoscópicamente.

El mundo material, del que se deriva la experiencia visual tiene tres dimensiones: profundidad, anchura y altura; y se extiende más allá y alrededor, por encima y por debajo de un observador, en donde el órgano receptor es el ojo.

El ojo es el órgano que permite percibir los estímulos luminosos y transmitirlos al cerebro.

Los globos oculares son dos órganos que tienen una forma casi esférica, de 25 a 26 mm., y con un volumen aproximado de 6 cm^3 que se encuentran situados en las órbitas oculares, que son dos cavidades formadas por varios huesos del cráneo

y la cara. El espacio entre el globo ocular y la órbita se encuentra ocupado por los músculos oculares y tejido graso. Se encuentra irrigado por la arteria oftálmica, rama de la carótida interna que penetra a la retina junto con el nervio óptico. Vamos a describir someramente la anatomía del ojo. Si realizamos un corte del globo ocular (ver figura No. 25) en el sentido anteroposterior apreciaremos que se

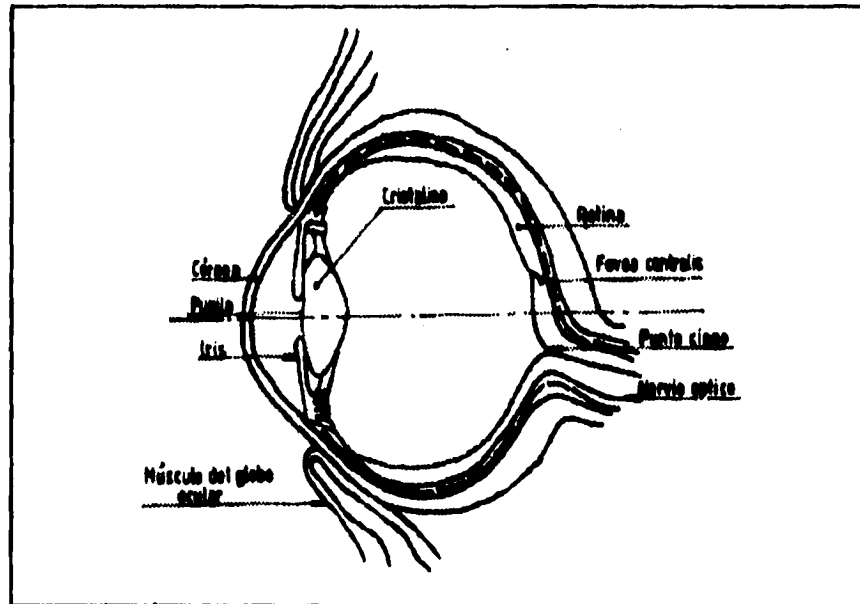


Figura No. 25

encuentra formado por tres capas: una capa externa fibrosa, una capa intermedia vascular y una interna o nerviosa.

V.2.2.1 La Capa Externa del Ojo.

La córnea es la parte anterior de la superficie externa del ojo, tiene 1 mm. de espesor y su forma es ligeramente convexa, carece de vasos sanguíneos y las

lágrimas forman parte importante en su fisiología, ya que le proporciona la humedad necesaria. La córnea es completamente transparente.

La esclerótica es la capa que continúa la córnea hacia atrás y constituye la parte blanca del globo ocular, recubre sus 5/6 partes, es opaca y no distensible al estar formada por tejido fibroso que le da su forma al ojo. La esclerótica en su parte posterior dá paso al nervio óptico que va al cerebro.

V.2.2.2 La Capa Intermedia del Ojo.

La capa intermedia del ojo llamada úvea está integrada por la coroides, el cuerpo ciliar y el iris. La coroides es una membrana delgada y pigmentada situada entre la esclerótica por fuera y de retina que recubre el interior del ojo. El cuerpo ciliar está formado por unas estructuras muy finas y ricamente vascularizadas llamadas procesos ciliares, encargados de secretar el humor acuoso que mantienen la tensión normal del ojo, y por el músculo ciliar que regula la acomodación y sirve de apoyo al cristalino.

El cristalino es una formación biconvexa, transparente y contractil que funciona como una lente. El cristalino se ubica atrás del iris y está sujeto por diversas fibras musculares que parten del cuerpo ciliar.

El cristalino se adapta a las diferentes condiciones ópticas por medio de la contracción o relajación de las fibras oculares con lo que modifican su forma y por lo tanto el poder de convergencia para localizar los rayos luminosos.

El cristalino se divide en dos partes: una cavidad anterior que se encuentra entre el cristalino y la córnea que esta llena del humor acuoso, es un líquido viscoso y transparente secretado por los procesos ciliares; y una cavidad posterior que se encuentra entre el cristalino y la retina, llena de otro líquido llamado humor vítreo, sustancia gelatinosa que le dá consistencia al globo

ocular y sirve de sostén a la retina. Los índices de refracción del humor acuoso y del humor vítreo son casi iguales al del agua.

El iris es el que le dá color a los ojos, en el centro del iris se encuentra un orificio circular de diámetro variable de 2 a 3 mm. llamado pupila, encargada de regular el paso de la luz al interior del globo ocular donde estimula a la retina. La pupila se dilata, es decir, su diámetro es mayor en la obscuridad y disminuye o retrae cuando hay mucha luz.

V.2.2.3 La Capa Interna del Ojo.

Está constituida por la retina que es una membrana delgada y transparente situada por abajo de la coroides.

Está constituida por neuronas, fibras o axones y por unas células especiales llamadas conos y bastones que tienen como función principal captar la luz y transmitirla a los centros nerviosos.

El punto de la retina donde convergen las fibras del nervio óptico no tiene células nerviosas y no es sensible a la luz; se le denomina papila óptica o punto ciego.

A pesar de cubrir el interior del ojo siguiendo su curvatura, la retina es una superficie bidimensional igual que una placa fotográfica, y sin embargo, el observador no ve el mundo como una imagen plana, lo ve en todas sus dimensiones, y es capaz de juzgar la posición, distancia, forma y tamaño de los objetos con seguridad y exactitud.

Otro de los aspectos notables de la percepción visual es la interpretación de la orientación de los objetos que contiene, ya que en la retina la imagen se proyecta invertida.

Debido a la forma como los rayos pasan por la córnea y el cristalino, ésta imagen bidimensional e invertida de la retina se transmite por una serie de señales electroquímicas que son correctamente analizadas por el cerebro, mismo que

conjuga automáticamente las dos imágenes binoculares para tener una impresión tridimensional y orientada del espacio que nos rodea, lo que se conoce como visión estereoscópica.

El ojo humano normal en movimiento, es capaz de cubrir un campo visual horizontal de aproximadamente 45° hacia adentro y de 135° hacia afuera, con un alcance vertical de alrededor de 50° hacia arriba y 70° hacia abajo. En el caso de que el ojo esté completamente quieto su alcance horizontal se limita a 160° , o sea, 45° hacia adentro más 115° hacia afuera.

V.2.2.4 El Ojo y la Cámara.

Desde el punto de vista estructural y funcional podemos comparar el ojo con una cámara fotográfica simple.

La córnea equivale a la abertura externa del objetivo de la cámara fotográfica; el diafragma de la cámara es el iris del ojo que se abre o cierra de acuerdo a la intensidad de la luz; el cristalino corresponde a la lente del objetivo de la cámara, que al modificar su curvatura por medio de la acomodación hace que la figura se proyecte con nitidez sobre la retina, que equivale a la película de la cámara fotográfica.

La imagen que se forma en la retina está invertida en relación al objeto que observamos pero en la corteza cerebral es devuelta a su posición correcta.

El cristalino modifica su forma por la contracción o relajación del músculo ciliar de acuerdo a la distancia en que se encuentra el objeto que se observa, para conseguir en ésta forma una imagen nítida del mismo.

V.2.3 Estereoscopia Natural.

La visión estereoscópica natural se logra observando a la vez con ambos ojos.

Observadas las imágenes por los dos ojos y transmitidas por los correspondientes nervios ópticos a los centros visuales del cerebro, se fusionan en una sola imagen, produciéndose en tal momento la sensación de profundidad o de tercera dimensión.

Al examinar en visión binocular un objeto, el eje de fijación de cada ojo se dirige a un punto (ver figura No. 26),

donde:

A = Objeto mirado con ambos ojos, cuyos respectivos centros de perspectiva son O_i y O_d , y O_iA y O_dA son los ejes de fijación que se cortan en el punto A formando el ángulo de convergencia αA . Si se dirige la vista a otro punto B los ejes de fijación se cortan formando otro ángulo αB , a la diferencia:

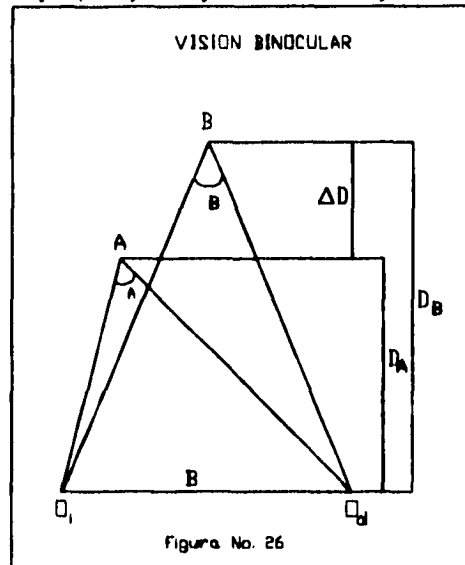


Figura No. 26

$$\Delta\alpha = \alpha A - \alpha B$$

se le denomina paralaje estereoscópica y corresponde a una diferencia de distancias D .

La paralaje estereoscópica constituye la base de la percepción del relieve cuando examinamos objetos situados en el espacio. Un observador experimentado puede apreciar diferencias de paralaje de 10" a 20"; éste valor recibe el nombre de agudeza visual estereoscópica.

Pese a que la mayoría de los animales poseen también dos ojos, no es condición suficiente para tener visión estereoscópica o tridimensional. Para que éste hecho se produzca se requiere que los ojos estén en un solo plano frontal.

V.2.4 Estereoscopia Artificial.

A la precepción del relieve en visión binocular se le llama también visión estereoscópica natural, en cambio, la que produce una ilusión de relieve, como consecuencia de la proyección de dos imágenes del objeto desde dos puntos de vista distintos recibe el nombre de visión estereoscópica artificial.

Cuando las fotografías de un par estereoscópico no se observan siguiendo la secuencia con que fueron tomadas se produce el fenómeno de la pseudoscopia o falsa estereoscopia, donde el relieve toma un aspecto invertido observándose las montañas como valles y los valles como montañas. Los instrumentos para observar fotografías en tercera dimensión son los estereoscopios de espejos, de bolsillo, mixto, estereocomparador, restituidor analógico, etc.

V.3 Aerotriangulación.

Recibe el nombre de aerotriangulación al método con el cual es posible extender los puntos de apoyo en las fotografías aéreas y prescindiendo de la red topográfica que sirve de base para los levantamientos. Únicamente al principio y al final de cada faja es preciso enlazar con vértices fijos determinados con toda exactitud, por procedimientos topográficos o geodésicos.

En nuestro proyecto se utilizaron 3 modelos estereoscópicos, dentro de los cuales se realizó el apoyo terrestre con el sistema GPS obteniendo las coordenadas de solo cuatro puntos de apoyo que envolvían a dichos modelos.

Con las coordenadas ajustadas por medio de una rutina de software se trasladó el correspondiente archivo digital a la rutina de aerotriangulación analítica que utiliza las coordenadas rectangulares de cada uno de los puntos, donde a partir de estos datos y sobre las imágenes de los fotogramas en la computadora personal se identificaron los puntos conocidos y se procedió a correr la rutina correspondiente

para conocer las coordenadas de cada una de las tomas referidas al sistema obtenido en campo, en seguida se muestran los resultados obtenidos de la aerotriangulación analítica:

La siguiente tabla muestra los parámetros para llevar a cabo la aerotriangulación, en donde se le asignan pesos o valores fijos a los puntos centrales, puntos de liga y puntos transferidos para la obtención de coordenadas y modelos geoméricamente equilibrados.

JOB IDENTIFICATION: TESIS UNAM - ENERO/85	
CENTRAL MEMORY REQUIRED	32 OCTAL WORDS
WEIGHTS FOR TIE POINTS	1.0 1.0 1.0
WEIGHTS FOR PERSPECTIVE CENTRES	0.2 0.2 1.0
WEIGHT FOR LAKE SHOREPOINTS	1.0
WEIGHT FOR STANOSCOPE POINTS	1.0
INPUT AND OUTPUT FORMAT OF PHASMA-M DATA	(I10, 6F10.2, F10.0)
OPTION WITH LAKE SHOREPOINTS	0
NUMBER OF POINTS READ IN	25
NUMBER OF MODELS TO ADJUST	2
TIME FOR FILING, CHECKING AND SORTING OF DATA	0 SECONDS

La información siguiente nos muestra el ancho de banda matricial de los modelos estereoscópicos 101 y 102 para la conexión de los puntos de liga.

TIE POINT CONNECTIONS

1001020 IN MODELS	101	102	
1010288 IN MODELS	101	102	
1010269 IN MODELS	101	102	
1010228 IN MODELS	101	102	
THE BANDWIDTH OF THE MATRIX IS			14
TIME FOR FORMING THE NORMAL EQUATIONS			1 SECONDS
TIME FOR SOLVING THE NORMAL EQUATIONS			0 SECONDS

La siguiente información se refiere a las tolerancias en grados de los giros para cada uno de los modelos estereoscópicos.

ROTATION ANGLES IN DEGREES:

TOLERANCE IN OMEGA = 2.0 DEGREES

TOLERANCE IN PHI = 2.0 DEGREES

TOLERANCE IN KAPPA = 4.0 DEGREES

FOR MODEL 101. OMEGA = 0.000, PHI = 0.000, KAPPA = 0.000

FOR MODEL 102. OMEGA = 0.000, PHI = 0.000, KAPPA = 0.000

TIME FOR TRANSFORMING THE PHOTOGRAMMETRIC DATA 0 SECONDS

La siguiente tabla nos muestra la transformación de coordenadas, aplicada a 25 puntos transferidos y contenidos en dos modelos estereográficos, incluyendo los residuales de sus movimientos y sus pesos.

JOB IDENTIFICATION: TESIS UNAM - ENERO/95

TRANSFORMED COORDINATES AND RESIDUALS AT GROUND SCALE

MODEL	POINT	X	Y	Z	RX	RY	RZ	WX	WY	WZ
101	1001010	479644.65	2135463.83	5691.32						
	1001020	479526.09	2137345.95	5704.34	0.23	0.07	-0.33			
	1010188	477878.24	2135212.54	2354.66						
	1010169	479567.46	2135236.93	2298.01						
	1010128	481587.35	2135708.88	2272.65						
	1000035	481430.03	2136509.47	2252.93						
	1000045	477729.59	2135534.58	2354.61						
	1010288	477770.65	2137439.81	2316.01	-0.17	0.43	0.01			
	1010269	479880.36	2137381.18	2269.02	0.02	0.16	0.34			
	1010228	481515.47	2137312.38	2244.12	0.20	-0.06	-0.04			
	2000035	481430.03	2136509.47	2252.93	-0.39	-0.11	0.09	1.0	1.0	1.0
	2000045	477729.59	2135534.58	2354.61	0.20	-0.99	-0.06	1.0	1.0	1.0
102	1001020	479526.55	2137346.10	5703.68	-0.23	-0.07	0.33			
	1001030	479440.50	2139229.34	5694.46						
	1010288	477770.30	2137440.48	2316.04	0.17	-0.43	-0.02			
	1010269	479880.40	2137381.50	2269.70	-0.02	-0.16	-0.34			
	1010228	481515.87	2137312.27	2244.04	-0.20	0.06	0.04			
	1000002	481587.35	2136509.47	2272.65						

1000025	481861.80	2139041.25	2227.53							
1000015	477694.83	2139037.67	2335.80							
1010388	477326.05	2138974.97	2367.19							
1010389	479380.74	2139187.50	2284.41							
1010328	481182.22	2139261.70	2236.52							
2000025	481861.80	2139041.25	2227.53	-0.55	0.18	-0.06	1.0	1.0	1.0	
2000015	477694.83	2139037.67	2335.80	0.74	0.92	0.03	1.0	1.0	1.0	

La siguiente tabla nos muestra la transformación de coordenadas, aplicada a los 4 puntos de control obtenidos en campo y calculados, con la salvedad de que se les cambio su nombre, y en donde cada modelo estereográfico contiene un par de ellos, se incluyen los residuales de sus movimientos y sus pesos.

GROUND CONTROL COORDINATES, RESIDUALS AND WEIGHTS

MODEL	POINT	X	Y	Z	RX	RY	RZ	WX	WY	WZ
101.	2000035	481429.84	2136509.36	2253.02	-0.39	-0.11	0.09	1.0	1.0	1.0
101.	2000045	477729.79	2135533.59	2354.55	0.20	-0.99	-0.06	1.0	1.0	1.0
102.	2000025	481861.25	2139041.43	2227.47	-0.55	0.18	-0.06	1.0	1.0	1.0
102.	2000015	477695.57	2139038.59	2335.83	0.74	0.92	0.03	1.0	1.0	1.0

La siguiente tabla nos muestra las estadísticas de la aerotrinagulación haciendo referencia a: los puntos de liga, los puntos centrales y los puntos de control, en donde se incluyen los datos correspondientes al error medio cuadrático de cada uno los puntos en sus valores x,y,z.

STATISTICAL RESULTS AT GROUND SCALE

	(X)	(Y)	(Z)	RMS(X)	RMS(Y)	RMS(XY)	RMS(Z)
TIE POINTS	6	6	6	0.15	0.27	0.31	0.20
P.C.	2	2	2	0.23	0.07	0.24	0.33
CONTROL PTS	4	4	4	0.51	0.68	0.65	0.06

TOTAL CPU AND I/O TIME: 1 SECONDS

Todos éstos resultados han sido favorables en cuanto a sus tolerancias, por tal motivo, se considera que los datos arrojados son válidos para proceder a la

orientación de los modelos estereoscópicos, representados en imágenes digitales, sobre el computador personal para su restitución.

V.4 Ajuste del Modelo Esteresocópico.

Al desplegar en un monitor dos fotografías escaneadas en formato raster el software modificará las imágenes de tal modo que éstas queden exactamente en la misma posición en que se tomó la fotografía, y ambas imágenes guardarán entre sí y respecto al terreno la misma posición relativa del momento de la toma y al visualizar sobre el monitor las imágenes con la ayuda de un prisma cada par de rayos luminosos homólogos se cortarán en un punto, dando el conjunto un modelo óptico perfectamente semejante al terreno a una escala determinada.

Pero no siempre se conocen los parámetros que definen la orientación interior y exterior de las cámaras con exactitud suficiente, y una vez desplegadas las imágenes en la posición aproximada, aparecen una serie de errores que se manifiestan por la falta de coincidencia de las proyecciones de los puntos que sirven de base al trabajo, con la situación de éstos sobre el plano.

Una subrutina del software de restitución fotogramétrica modifica la orientación interior y exterior de las imágenes hasta conseguir que exista una coincidencia perfecta entre los puntos que sirven de apoyo y sus proyecciones.

Para conseguir éste ajuste a las imágenes que se encuentran dentro de la memoria de la computadora y poder desplegarlas en el monitor, una subrutina del software se encarga de que éstas puedan desplazarse independientemente en dirección de 3 ejes perpendiculares, X, Y y Z, y girar alrededor de 3 ejes igualmente perpendiculares; es decir, que cada imagen tiene 6 movimientos, 3 lineales y 3 angulares, independientes de los del otro.

Además de éstos movimientos particulares, el software permite que el conjunto de las 2 imágenes se inclinen en la dirección del vuelo y en una perpendicular al mismo. Para realizar el ajuste el software consigue colocar las imágenes en su verdadera posición bajo las subrutinas para orientación relativa y absoluta.

V.4.1 Orientación Relativa (interior).

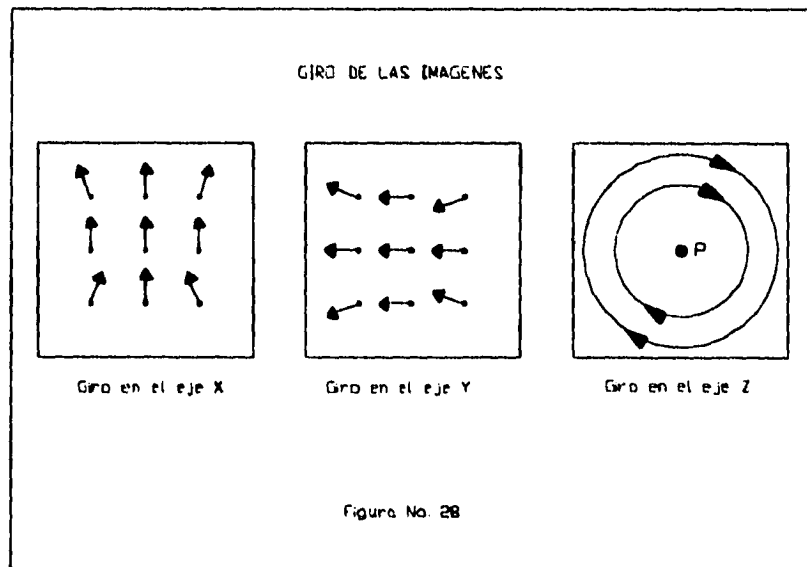
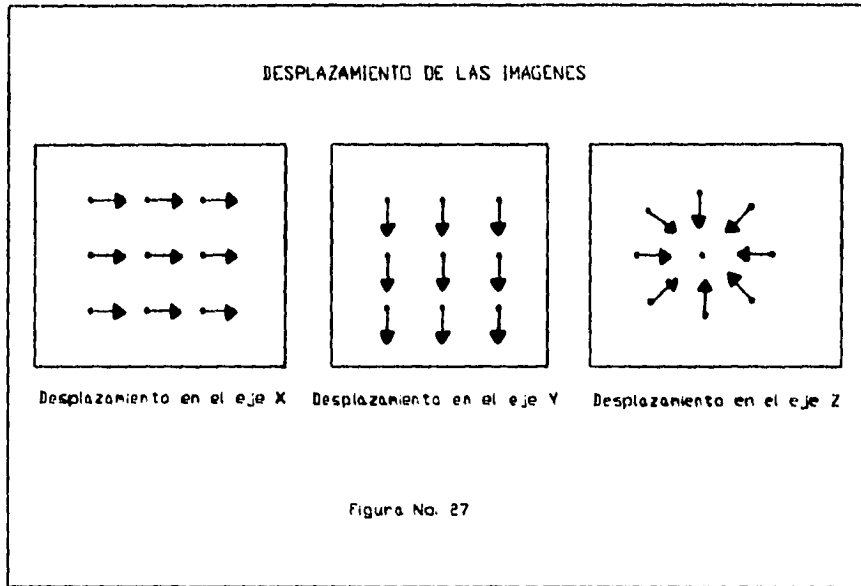
Con ésta orientación se dá a las imágenes una situación relativa a la que tenían entre sí en el momento de las tomas de las fotografías e independientemente del terreno.

Seleccionando 6 puntos contenidos en el par esteresocópico e identificándolos sobre la imagen del terreno y en caso de que no exista coincidencia entre los mismos, el software se encarga de realizar los movimientos a las imágenes para corregir los errores de paralaje (desplazamientos y giros) haciendo coincidir los puntos de ambas imágenes y obteniendo por consiguiente una correcta visión estereoscópica.(ver figuras No. 27 y No. 28).

V.4.2 Orientación Absoluta (externa).

Con esta orientación se logra, por medio de la subrutina del software, los movimientos generales de las imágenes, y las coloca con respecto al terreno, en la misma posición que estaban en el momento de la toma de las fotografías de tal forma que se pueda obtener un ajuste en escala y un ajuste en la horizontalidad del modelo.

Para lograr esta orientación es necesario conocer las coordenadas (X,Y,Z) de cuando menos 4 puntos de control. Los cuales se obtuvieron mediante el sistema de posicionamiento global obteniendo un archivo digital, mismo que es reconocido por el software para realizar los ajustes mencionados.



El ajuste de los puntos nos dará una resultante de precisión la cuál si está dentro de los parámetros de tolerancia, se puede considerar como una orientación aceptable en caso contrario se identifica el punto con mayor error y se ajustan sus coordenadas hasta que el software nos proporcione una resultante tolerante. El ajuste correspondiente a las coordenadas X,Y nos dará la escala de nuestro modelo; y el ajuste correspondiente a la coordenada Z nos dará la horizontalidad del modelo.

V.6 Planimetría.

Con la ayuda del subsistema estereoscópico de espejos frente del monitor de la computadora personal y haciendo observación a los detalles de trazo lineal se restituyó el vuelo escala 1:20,000 considerando todas las construcciones, edificios, bardas, muros divisiones administrativas, andadores, circuitos, zonas deportivas, etc. La restitución se digitalizó directamente en computadora personal utilizando el sistema interactivo fotogramétrico.

La captura de los datos se efectuó en forma topológica diferenciando los niveles de información, por lo que en conjunto se estableció el geocódigo de captura, simbología, gruesos de línea, prioridades, clases y colores para cada uno de los elementos del proyecto.

Y la precisión planimétrica es de +/- 0.30 m. de cualquier punto medido en el terreno lo cual nos indica que estamos dentro de las normas medias de precisión.

Capítulo VI. Graficación y Edición Automatizada.

Una vez que se ha realizado la restitución fotogramétrica, en la memoria del computador permanece el archivo digital en formato vectorial el cual se dibuja utilizando la misma interface o software fotogramétrico que tiene una rutina de graficación y que soporta diferentes tipos de plotters (ver figura No. 29), donde al seleccionar el plotter deseado solo se configura para que, tanto la computadora personal como el plotter tengan los mismos parámetros de comunicación.

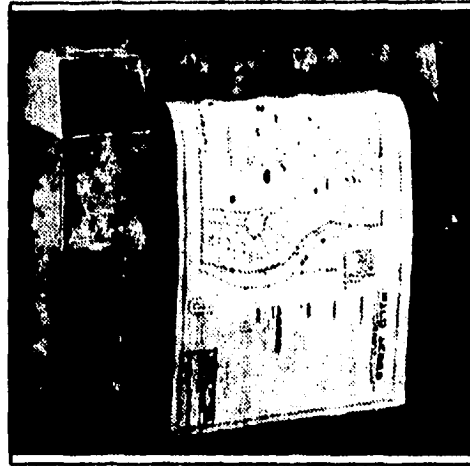


Figura No. 29

Tanto el graficado preliminar como el final se llevo a cabo en un plotter de inyección de tinta a chorro en blanco y negro en papel bond en un formato con dimensiones de 1.10 x 0.8 m. de área con 20 cm. para información marginal, escala gráfica y numérica, toponimia, simbología, norte, responsable y autoridad.

VI.1 Verificación de Campo.

Para la investigación de campo se graficó un plano preliminar en un formato de 1.10 x 0.8 mts para confirmar algunas medidas de edificios y recopilar la mayor información posible en cuanto a los nombres de facultades, circuitos, sitios de interés, etc.

La investigación consistió en la medición de frentes e interiores, cuando no pudieron ser identificables o cuando no existan límites físicos, y cuando se llevó a cabo la visita

se contó con planos fotogramétricos a escala 1:1,000 en donde se anotaron también las medidas obtenidas.

Una vez que la información se recabo en campo se observó que las distancias cumplían con las normas generales de precisión, resolviendo que nuestro plano mantuviera las especificaciones de restitución digital de +/- 0.30 mts de precisión y no corregir las mismas al centímetro ya que estas correcciones entran en rangos de precisiones para trabajos catastrales o de ingeniería de aplicación.

No obstante, como se utilizaron fotografías del año 1992, se levantaron las nuevas edificaciones utilizando la estación total, donde nos ligamos a un azimut conocido del plano para obtener las nuevas posiciones de las construcciones más recientes. La información textual se recabo en un 80% gracias a un mapa fotomecánico de la Universidad elaborado por el Instituto de Geografía el cual contiene información abundante al respecto.

VI.2 Edición y Actualización Cartográfica.

Toda la información recabada se vació al plano base que se contenía en la memoria del computador (ver figura No. 30), en formato DXF, que es un formato de compatibilidad común entre sistemas CAD, y se editó en el software mencionado anteriormente de topografía digital. Los textos se añadieron y editaron asignándoles un tamaño adecuado a la escala de representación, tanto

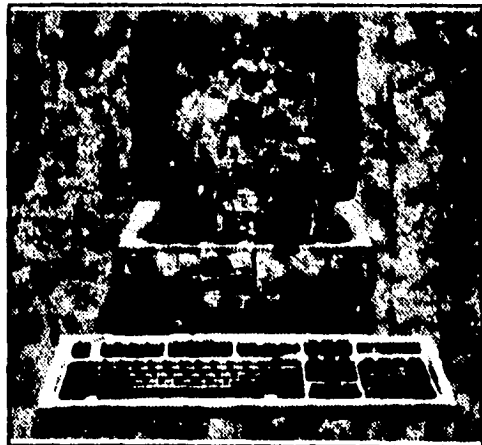


Figura No. 30

a las líneas como a los textos se les puede asignar un color en particular, en nuestro caso todos los trazos y textos fueron asignados con color negro.

Para la edición y digitalización complementaria se utilizaron métodos directos, por lo que todas las medidas se introdujeron vía teclado para asegurar la distancia correcta, confrontándola contra la distancia obtenida por métodos fotogramétricos.

Como resultado se obtuvo un plano a nivel de construcciones y rasgos característicos de la Universidad Nacional Autónoma de México con algunos tipos de edificios, áreas recreativas, zonas culturales y circuitos, etc.

VI.3 Formato e Información Marginal.

Dentro del software de topografía se diseñó el formato de dibujo donde se incluye el área correspondiente al dibujo topográfico y a la información marginal del plano, ésta última corresponde principalmente a información relativa a los edificios de la Universidad, los cuales están identificados por un número y su nombre, por razones de espacio sólo el número correspondiente aparece dentro del dibujo del plano, así mismo aparece la información correspondiente a la escala gráfica y numérica, alguna simbología, el norte de referencia, los responsables y los datos concernientes al trabajo de tesis.

En el diseño del formato se determinna las dimensiones del papel para su posterior graficación, éste diseño lleva inmerso la elaboración de los símbolos, los tipos de línea, la escala, la cuadrícula y su intervalo de separación, el norte, etc., y los parámetros generales de graficación, de esta forma queda almacenado en la computadora el archivo del dibujo para graficarlo o actualizarlo en el momento deseado.

VI.4 Dibujo Final.

Nuevamente en la memoria del computador permanece el archivo digital en formato vectorial actualizado, editado y corregido el cual se grafica mediante el software fotogramétrico conectado al plotter, se configuró y se graficó en blanco y negro en película poliéster dimensionalmente estable en un formato con dimensiones de 1.10 x 0.8 mts. incluyendo la cuadrícula con coordenadas Este y Norte en el sistema de representación cartográfica U.T.M. con intervalos cada 500 mts., y la tira con la información marginal correspondiente, (ver figura No. 31), del cual se incluye una reducción tamaño carta y en donde la escala no esta representada fielmente.

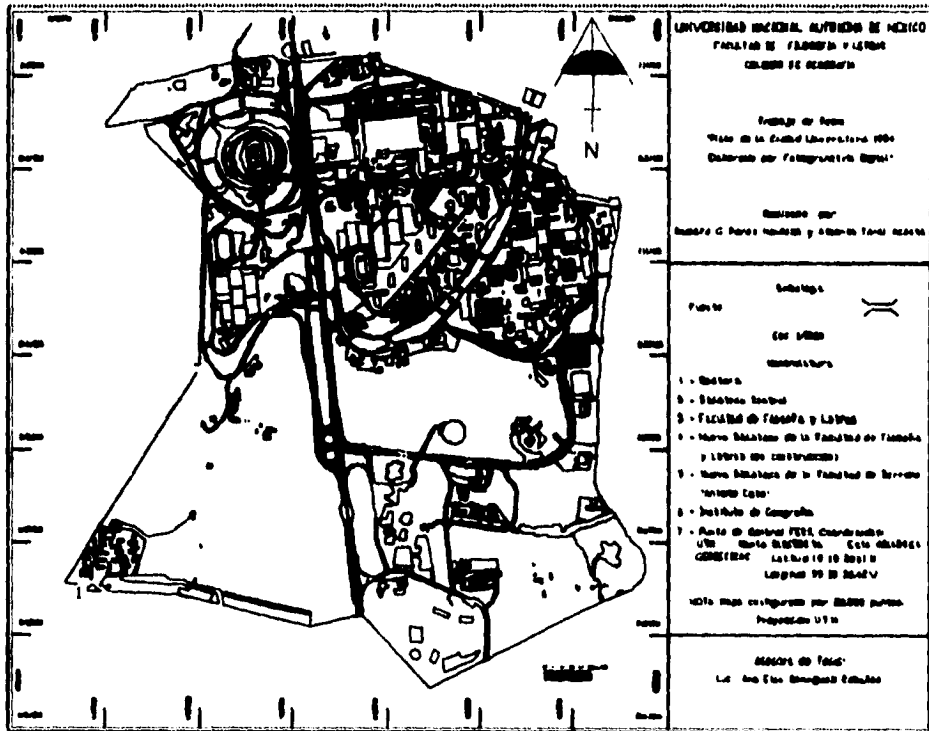


Figura No. 31

Conclusiones

Consideramos que todos los procesos de realización inmersos en la elaboración de Planos bajo métodos fotogramétricos digitales, se llevaron a cabo de acuerdo a los objetivos planteados al principio de éste trabajo.

Iniciamos conceptualizando una idea y la desarrollamos desde su planeación, la obtención comercial de fotografías aéreas, atravesamos por el control terrestre utilizando instrumentos de alta tecnología y realizado por medio de posicionamiento satelital (GPS), el escaneo de las diapositivas para la obtención de imágenes digitales del terreno, la restitución de éstas por medio de una computadora personal, el dibujo preliminar por medio de un plotter, la actualización en campo correspondiente a los nuevo trazos utilizando una estación total (teodolito y distanciómetro integrado) así como también una libreta electrónica de campo y por último el software correspondiente para la edición y graficación final de nuestro plano fotogramétrico a escala 1:5000.

Por lo anteriormente dicho, estamos convencidos de que el trabajo real de elaboración de un trabajo fotogramétrico es mucho más rápido de ejecutar utilizando los instrumentos electrónicos (hardware y software) que se tengan al alcance.

Particularmente, el tiempo de realización para éste trabajo fue de aproximadamente 1 año y cuatro meses, con lo cual no se demuestra lo dicho anteriormente, y sin pretender justificar los medios, añadiremos que todos los aparatos que utilizamos para el desarrollo de éste trabajo nos los proporcionaron a préstamo y durante los periodos de baja productividad de las diferentes empresas que tan amablemente nos apoyaron. Sin embargo, confirmamos que los tiempos de ejecución, desde el punto de vista

hora/hombre, son mucho más fructíferos utilizando la tecnología basada en cómputo y comunicaciones.

Así mismo queremos resaltar que tampoco es fácil adquirir éste tipo de instrumentos, de tal forma que nuestro trabajo sólo pretende una solución alternativa.

No obstante, nos sentimos orgullosos de ofrecer a nuestra Universidad, Facultad Colegio e Instituto el primer plano de la Ciudad Universitaria elaborado por fotogrametría digital, dejando patente nuestro agradecimiento y esperando que sea de algún beneficio para la comunidad universitaria.

Por último queremos hacer notar que, aún la utilización de métodos modernos y tecnología de vanguardia no implica la elaboración de trabajos de cartografía de calidad; sino que las virtudes personales, la responsabilidad y la pasión por cualquier trabajo o disciplina que se desempeñe serán siempre las mejores opciones para la obtención de óptimos resultados.

BIBLIOGRAFIA.

Metodología de la Investigación.

- Cervo A.L. y Bervian P.A. "Metodología Científica". McGraw-Hill. México, D.F. 1984.
- Zubizarreta Armando F. "La Aventura del Trabajo Intelectual". Fondo Educativo Interamericano. México, D.F. 1983. 2a. edición.

Cartografía, Fotogrametría y Topografía.

- Arp Herman y Burns Joseph P. "Aplicaciones Prácticas de Tecnología Fotogramétrica en Sudamérica". Revista Cartográfica. I.P.G.H. México, D.F. 1980. Pub. No. 37.
- Blachut Teodor J. y Burkhardt Rudolf. "Desarrollo Histórico de los Equipos y Métodos Fotogramétricos". I.P.G.H. Traducido por el Ing. Alberto Villasana Lyon. México, D.F. 1987. Vol. I. Pub. No. 424.
- Caire Lomeli Jorge. "Apuntes de Gravimetría y Mareas Terrestres". U.N.A.M. México. 1981.
- Caire Lomeli Jorge. "Fotogrametría". Rodríguez. México, D.F. 1977.
- Caire Lomeli Jorge. "La Proyección Cartográfica para Petróleos Mexicanos". México. 1974.
- Carre Jean. "Explotación de las Fotografías Aéreas". Traducido por J. Antonio Puerta. Paraninfo. Madrid, Esp. 1975.
- Domínguez Manuel y Torres Pablo E. "Memorias del Ier Congreso Panamericano y 3er Nacional de Fotogrametría Fotointerpretación y Geodesia". S.M.F.F. y G. México, 1974.
- Internacional Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (I.T.C.). "Net Productivity and Net Cost per Photo-Kilometer". Appendix to "A decision model for survey flight systems". Holanda. 1976.
- I.P.G.H. "Glosario de Términos Cartográficos y Fotogramétricos". México, D.F. 1986. Pub. No. 413.
- I.P.G.H. "Revista Cartográfica". México, D.F. 1982. Pub. No. 41.
- Kreiling Alberz y Wichmann Herbert, Karlsruhe Verlag. "Manual Fotogramétrico de Bolsillo". Carl Zeiss. 1972.
- Mills W. H. "Universal Transverse Mercator Grid Tables for latitudes 0° - 37°, Clark 1866 Spheroid (meters)". Army Map Service. Technical Manual No. 37. Coordinates for 5 - minute intersections. Army Map Service. Corps of Engineers. Department of the Army. Washington, D.C. U.S.A. 1949.
- Montes de Oca Miguel. "Topografía". R.S.I. México, D.F. 1983. 4a. edición.
- Raisz Erwin. "Cartografía General". Omega. Barcelona, Esp. 1974. 6a. edición.

S.M.F.F. y G. **"Memoria del Seminario sobre la Enseñanza de la Fotogrametría y Fotointerpretación"**. México, D.F. 1980.

Sosa Torres Rafael. **"Cálculo de Ajustes en Ingeniería Topográfica"**. México, D.F. 1985.

S.P.P. C.G.S.N.E.G.I. **"Guías para la Interpretación de Cartografía"** (Fotografía Aérea). México, D.F. 1981.

The Canadian Institute of Surveying and Mapping. **"The Canadian Surveyor"**. Ottawa, Can. 1987. Vol. 41. No. 3.

Valdes Domenech Francisco. **"Prácticas de Topografía, Cartografía y Fotogrametría"**. CEAC. Barcelona, Esp. 1981.

Fotografía.

Rehm Karl M. **"Curso Básico de Fotografía"**. Daimon. Barcelona, Esp. 1978.

Computación.

Facultad de Ingeniería. **"Apuntes de Computadoras y Programación"**. U.N.A.M. México. 1980.

Gottfried Byron S. **"Programación Basic"**. McGraw-Hill. U.S.A. 1976.

Graham Lyle J. **"IBM/PC, Guía del Usuario"**. Osberne/McGraw-Hill. U.S.A. 1984.

Cartografía, Fotogrametría y Topografía Digital.

Magellan Systems Corporation. **"The Magellan Systems NAV 5000 PRO"**. Global Positioning System. User Guide. San Dimas, California. U.S.A. 1992.

Sokkia Inc. **"Estación Total Inteligente SET2BII"**. Guía de Operación Básica. U.S.A. 1992.

Sokkia Inc. **"Libreta Electrónica de Campo"**. Manual de Operación. U.S.A. 1992.

Sokkia Inc. **"Software Topográfico ver. 4.2"**. Guía de usuario. Módulo SDRAMAP y SDRCALC. U.S.A. 1992.

Trimble Navigation Ltd. **"GPS Surveyor's, Field Guide"**. Sunnyvale, CA. U.S.A. 1992.

Trimble Navigation Ltd. **"GPS Surveyor, Model 4000SST"**. Operation Manual, Sunnyvale, CA. U.S.A. 1990.

VTA Photogrametric Consultants, Ltd. **"Software Fotogramétrico VMAP"**. Manual de Operación. Calgary, Alberta, Canada, 1992.

Índice de Figuras.

	Pag.	Sistema Utilizado	Fuente
Figura No. 1	10	Escaneo	Revista Comdex Expo México, 1995.
Figura No. 2	19	Escaneo	Fotografía Aérea, Julio de 1992.
Figura No. 3	24	Escaneo	Folleto No. D-7082, Carl Zeiss.
Figura No. 4	24	Escaneo	Valdes Domenech Francisco. "Prácticas de Topografía, Cartografía y Fotogrametría". CEAC. Barcelona, Esp. 1981.
Figura No. 5	26	Escaneo	Folleto Aviophot Wild RC20, Wild Heerbrugg.
Figura No. 6	27	Escaneo	Folleto Aviophot Wild RC20, Wild Heerbrugg.
Figura No. 7	27	Escaneo	Folleto Wild RC9, Wild Heerbrugg.
Figura No. 8	28	Escaneo	Folleto No. D-7082, Carl Zeiss.
Figura No. 9	29	Autocad	Rehm Karl M. "Curso Básico de Fotografía". Daimon. Barcelona, Esp. 1978.
Figura No. 10	30	Autocad	Chuvienco Emilio. "Fundamentos de Teledetección Espacial". Ed. RIALP S.A. Madrid 1990.
Figura No. 11	33	Autocad	Valdes Domenech Francisco. "Prácticas de Topografía, Cartografía y Fotogrametría". CEAC. Barcelona, Esp. 1981.
Figura No. 12	35	Autocad	Apuntes de Fotogrametría y Practicas. Ana Elsa Dominguez Ceballos, 1984.
Figura No. 13	37	Autocad	Valdes Domenech Francisco. "Prácticas de Topografía, Cartografía y Fotogrametría". CEAC. Barcelona, Esp. 1981.
Figura No. 14	49	Escaneo	Folleto GPS, Trimble Navigation.
Figura No. 15	57	Escaneo	Folleto Surveying Instruments SET2C Electronic Total Station, Sokkia, Inc.
Figura No. 16	57	Escaneo	Folleto Surveying Instruments SDR33 Electronic Field Books, Sokkia, Inc.

Figura No. 17	58	Escaneo	Folleto Surveying Instruments Software SDRMAP, Sokkia, Inc.
Figura No. 18	60	Escaneo	Folleto Surveying Instruments SET2C Electronic Total Station, Sokkia, Inc.
Figura No. 19	61	Escaneo	Folleto VTA Photogrametric Consultants, Ltd. "Software Fotogramétrico VMAP".
Figura No. 19-a	62	Escaneo	Folleto VTA Photogrametric Consultants, Ltd. "Software Fotogramétrico VMAP".
Figura No. 20	65	Escaneo	Folleto VTA Photogrametric Consultants, Ltd. "Software Fotogramétrico VMAP".
Figura No. 21	68	Escaneo	Folleto GPS, Trimble Navigation.
Figura No. 22	69	Escaneo	Folleto GPS, Trimble Navigation.
Figura No. 23	71	Autocad	Folleto Curso GPS, Trimble Navigation.
Croquis No. 1	76	Autocad	Propia
Croquis No. 2	77	Autocad	Propia
Croquis No. 3	78	Autocad	Propia
Croquis No. 4	79	Autocad	Propia
Figura No. 24	92	Autocad	Propia
Figura No. 25	98	Escaneo	Valdes Domenech Francisco. "Prácticas de Topografía, Cartografía y Fotogrametría". CEAC. Barcelona, Esp. 1981.
Figura No. 26	102	Autocad	Valdes Domenech Francisco. "Prácticas de Topografía, Cartografía y Fotogrametría". CEAC. Barcelona, Esp. 1981.
Figura No. 27	109	Autocad	Valdes Domenech Francisco. "Prácticas de Topografía, Cartografía y Fotogrametría". CEAC. Barcelona, Esp. 1981.
Figura No. 28	109	Autocad	Valdes Domenech Francisco. "Prácticas de Topografía, Cartografía y Fotogrametría". CEAC. Barcelona, Esp. 1981.

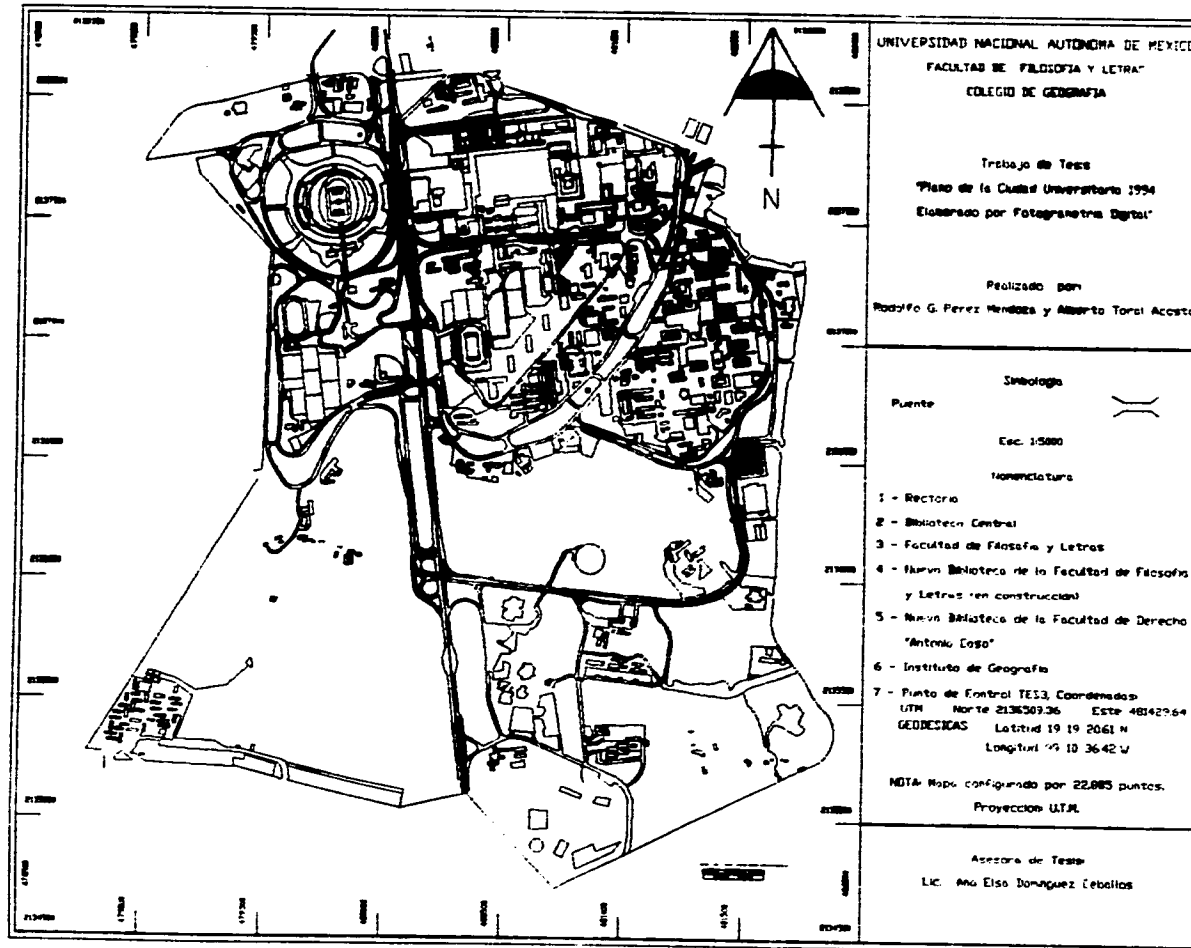
Figura No. 29	111	Escaneo	Folleto Field to Finish, Wild Leitz.
Figura No. 30	112	Escaneo	Folleto VTA Photogrametric Consultants, Ltd. "Software Fotogramétrico VMAP".
Figura No. 31	115	Fotogrametría Digital	Propia

Las figuras correspondientes a imágenes fotográficas se escanearon con el software Foto Touch versión 1.0 y un scanner Logitech, las figuras de trazo de línea se dibujaron en el software Autocad versión 10.0

El trabajo se escribió y editó totalmente utilizando el Software para publicaciones Ventura Publisher versión 4.1 y el original se imprimió en impresora Laser HP a 300 DPI (puntos por pulgada).




FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
 COLEGIO DE GEOGRAFÍA

Trabajo de Tesis
 "Plano de la Ciudad Universitaria 1994
 Elaborado por Fotogrametría Digital"

Realizado por
 Rodolfo G. Pérez Méndez y Alberto Toral Acosta

Simbología
 Puente 
 Esc. 1:5000
 Nomenclatura

- 1 - Rectoría
- 2 - Biblioteca Central
- 3 - Facultad de Filosofía y Letras
- 4 - Nueva Biblioteca de la Facultad de Filosofía y Letras (en construcción)
- 5 - Nueva Biblioteca de la Facultad de Derecho "Antonio Caso"
- 6 - Instituto de Geografía
- 7 - Punto de Entrada TESS, Coordenadas:
 UTM Norte 2136509.36 Este 481420.64
 GEODESICAS Latitud 19 19 20.61 N
 Longitud 99 10 36.42 W

NOTA: Mapa configurado por 22,885 puntos.
 Proyección UTM.

Asesoría de Tesis:
 LIC. Ana Elso Domínguez Ceballos