



9  
24

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**“LABORATORIOS DE RESTITUCION  
FOTOGRAMETRICA”**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA**

P R E S E N T A

**SERGIO QUINTERO CRUZ**

MEXICO, D. F.

1988



## **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 está 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.

## I N D I C E

	Página
I INTRODUCCION	1
II INTRODUCCION A LOS RESTITUIDORES ANA LOGICOS	4
1. Sistemas Integrantes de un Restitui- dor Analógico	5
2. Efecto de los Movimientos en los Pro yectores de un Restituidor Analógico	17
III ORIENTACION DE UN PAR FOTOGRAFICO	31
3. Orientación Interior	32
4. Orientación Relativa	40
5. Orientación Relativa Dependiente	55
6. Orientación Relativa Independiente	63
7. Plano Base	73
8. Orientación Absoluta	84
IV ELABORACION DE PLANOS TOPOGRAFICOS	101
9. Trazo Planimetría	102
10. Trazo Altimetría	106
V CONCLUSIONES	110
BIBLIOGRAFIA	114

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

La presente obra, constituye una continuación al trabajo se tésis titulado "Laboratorios de Fotogrametría Elemental" elaborado por la ingeniera María del Carmen Jiménez Dávila. Pretendiendo servir, así mismo, como guía para la realización de las prácticas de Fotogrametría, de la carrera: Ingeniero Topógrafo y Geodesta.

La tarea práctica en las páginas internas, se encuentra dividida en diez "Laboratorios", distribuidos en tres capítulos. Estos laboratorios, llevan una relación consecutiva entre sí; ya que para realizar cada uno de ellos, es indispensable tener presente los conocimientos teóricos de los anteriores, y por supuesto, los conocimientos elementales de Fotogrametría. Para cada laboratorio, se presenta, una lista del equipo y material, que se utilizará; una introducción teórica del tema a tratar; y la forma de llevar a buen término cada tarea, para lograr resultados aceptables y cumplir con el objetivo planteado. Como complemento de la información escrita, se han introducido numerosas ilustraciones (fotografías, dibujos, y cuadros) que constituyen una auténtica prolongación de aquella, haciéndola más amena y comprensible.

La realización de estos laboratorios, tiene la finalidad de que casi cualquier ejecutante, adquiera los elementos teóricos y prácticos, para poder hacer Restitución Fotogramétrica analógica.

Cabe hacer notar, que todas estas prácticas o la mayoría de ellas, se realizan en base a dos diapositivas de Cd. Universitaria, que conforman un par; en las que pueden apreciarse claramente, las Facultades de Ingeniería, Arquitectura, Derecho, y Filosofía y Letras, torre de Rec

toría, Biblioteca Central, Museo de Ciencias y Artes, Alberca Olímpica, estadio de prácticas, canchas de tenis y frontón, principalmente; a una escala de 1 : 4000. Por otra parte, los laboratorios, se diseñaron con especial cuidado, para poder ser realizados en los aparatos existentes en el Laboratorio de Fotogrametría de la Facultad de Ingeniería.

Una observación especial, es la siguiente:

Por el mismo motivo, de ser un trabajo complementario del realizado por la ingeniera Ma. del Carmen Jiménez, la parte correspondiente al control terrestre, no fue incluida; ya que el mismo, significaría una repetición de la práctica.

## **CAPITULO II**

### **INTRODUCCION A LOS RESTITUIDORES ANALOGICOS**

## L A B O R A T O R I O No. 1

### S I S T E M A S I N T E G R A N T E S D E U N R E S T I T U I D O R A N A L O G I C O

**OBJETIVO:** Identificar los sistemas componentes de un restituidor analógico.

**EQUIPO:**

- MULTIPLEX
- BALPLEX
- ESTEREOPLANIGRAFO C-8
- AVIOGRAFO AG-1

**PROCEDIMIENTO** En los aparatos arriba mencionados reconocer el:

- I. Sistema de proyección
- II. Sistema de observación.
- III. Sistema de medición.
- IV. Sistema de trazado.

## INTRODUCCION

Los instrumentos de restitución, fueron diseñados con el fin de solucionar el problemas de dar posición a un punto - objeto, por medio de sus imágenes correspondientes; plasma das en un par fotográfico dentro de su área traslapada.

Una de las aplicaciones prácticas de los aparatos restituidores, es en la elaboración de mapas topográficos. Esto es posible, después de que las diapositivas han pasado por una serie de procesos.

Un par de diapositivas o transparencias, se colocan sobre los proyectores de un aparato restituidor, semejando la geo metría de la cámara con que se tomaron. Este procedimiento recibe el nombre de "Orientación Interior".

El proceso conocido como "Orientación Relativa", se logra dirigiendo los proyectores a una posición semejante a la -- que tuvo la cámara en sus exposiciones; relacionando la po sición de una de las tomas con respecto a la otra, mismas - que integran el par fotográfico.

Finalmente, se determina una escala para el estereomodelo (escala del modelo) y se nivela utilizando para ambas opera ciones el control terrestre. Estableciendo así la "Orientación Absoluta".

Para efectuar lo anteriormente descrito, un aparato restit uidor combina cuatro diferentes sistemas:

- I. Sistema de Proyección.- Crea el modelo de una región
- II. Sistema de Observación.-Hace posible que el operador -

vea el modelo creado.

- III. Sistema de Medición.- Proporciona las medidas del modo formado.
- IV. Sistema de Trazado.- Hace posible que el operador elabore el plano de la región.

#### DESARROLLO:

##### I. Sistema de Proyección

###### a) MULTIPLEX

El sistema de proyección de este instrumento, se ilustra en la figura 1-2. A este tipo de proyección se le conoce como proyección óptica.

En este tipo de aparatos, el sub-sistema de iluminación provoca un sobrecalentamiento en el interior del proyector, debido a lo cual, la diapositiva sufre deformaciones. Para solucionar este problema, el MULTIPLEX presenta un sub-sistema de enfriamiento, (fig. 1-1).

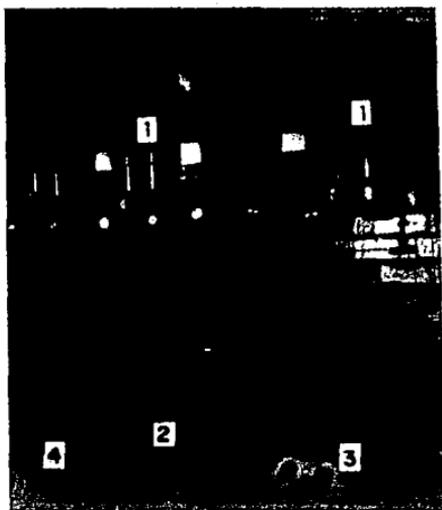
Para proyectar la imagen del fotograma, se requiere modificar un formato original (22.86 x 22.86 cm), y así adaptarlo al empleado en el aparato (formato: 4.55 x 4.55 cm; para el caso), provocando que los pequeños detalles se pierdan.

###### b) BALPLEX

Puede observarse en la figura 1-4 el sistema de proyección de este aparato, siendo también proyección óptica. El reflector que usa, es mayor que el de MULTIPLEX, sin dejar de ser elipsoidal. Pero aún la fuente de luz, provoca sobrecalentamiento y por ende, el sub-sistema de enfriamiento persiste (fig. 1-3). Sin embargo, aventajó al MULTIPLEX, aumentando el formato (8.29 x 8.29 cm; para el caso), perdiendo menor número de detalles.

###### c) ESTEREOPLANIGRAFO C-8

En esta ocasión, la figura 1-6 muestra el sistema de proyección óptico mecánica del C-8.



- 1 Proyector
- 2 Mesilla para trazo
- 3 Anóglifos
- 4 Mesa de referencia

Fig. 1-1. MULTIPLEX (9 proyectores)

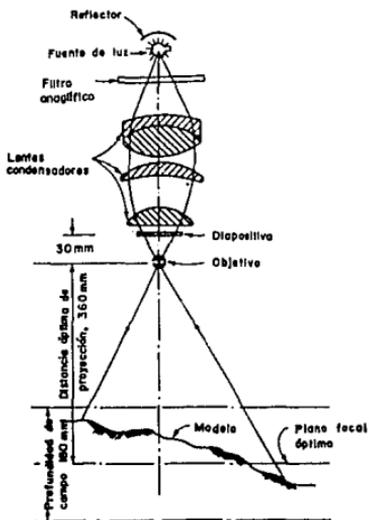
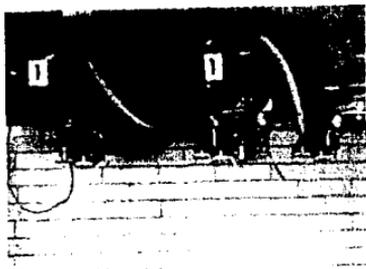
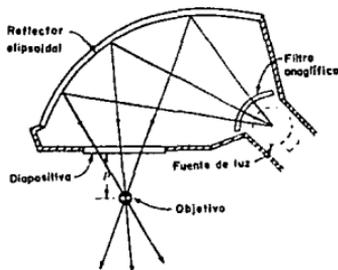


Fig.1-2. Sistema de Proyección (MULTIPLEX)

En la figura 1-5, se observa que la fuente luminosa -- no puede provocar sobrecalentamiento ni deformaciones a la diapositiva (en el portafotograma), con ello se elimina el sub-sistema de enfriamiento. Otra ventaja -- sobre los aparatos anteriores, es el manejo de las diapositivas en su formato original.

Básicamente, el sistema de proyección en este tipo de aparatos, lo conforman: los portafotogramas, los cardanes, y las partes ópticas y mecánicas que los une.

Fig.1-3.Sistema de Proyección (BALPLEX).



- 1 Proyector
- 2 Mesilla para trazo
- 3 Andáglifo
- 4 Mesa de referencia

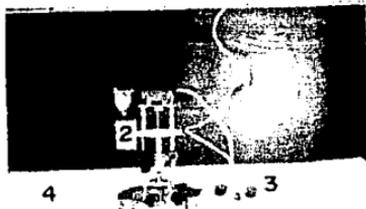


Fig. 1-4 . BALPLEX (6 proyectores).

Se dice que el sistema es de proyección óptico-mecánica, porque los portafotogramas se unen a los cardanes mediante conexiones mecánicas y condiciones ópticas -- que rigen en el aparato.

d) AVIOGRAFO AG-1

Este aparato emplea un sistema de proyección mecánica y se ilustra en la figura 1-8. Al igual que el C-8, se unifican los portafotogramas, los cardanes y partes mecánicas, para integrar al sistema de proyección. Además, las diapositivas también se usan en formato original. Se dice que el sistema es de proyección mecánica, porque los portafotogramas se unen a los cardanes mediante conexiones meramente mecánicas.

II. Sistema de Observación.

a) MULTIPLEX

Un par de proyecciones (una roja y otra azul-verde) -- elaboradas por este instrumento; teniendo ellas un área común, pueden observarse en relieve empleando anteojos

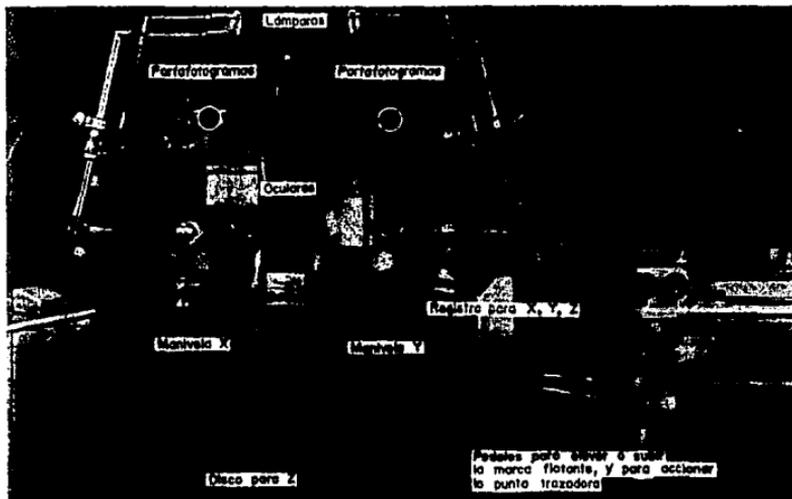


Fig. 1-5. ESTEREOPLANIGRAFO C-8.

con filtros de ambos colores (rojo y azul-verde). A estos anteojos se les conoce como anáglifos o anaglifos. Y el sistema de proyección está basado en el principio de los colores complementarios.

Este tipo de observación tridimensional, requiere de un lugar oscuro, provocando con ello cierta dificultad al trabajar con un restituidor en tales circunstancias.

b) BALPLEX

El sistema de observación con que opera este instrumento, es idéntico al que utiliza el MULTIPLEX.

c) ESTEREOPLANIGRAFO C-8

Su sistema a base de prismas (fig. 1-6), hace posible que el operador vea el modelo que se forma.

El sistema está integrado por los portafotogramas, --prismas, espejos y binoculares. En realidad, los sistemas de proyección y de observación no están separados, como es el caso del MULTIPLEX y BALPLEX. Mantienen una relación a través de los portafotogramas y algunas par

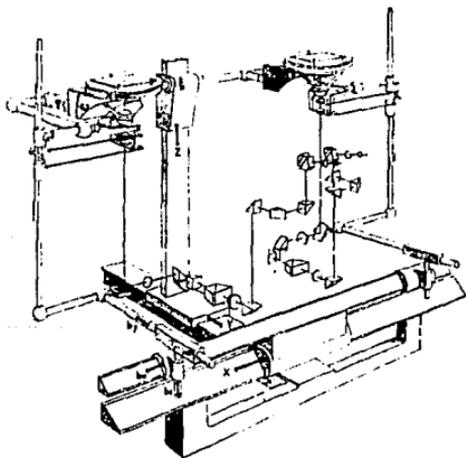


Fig. 1-6. Sistemas de Proyección y Observación (ESTEREOPLANIGRAFO C-8).

tes ópticas y mecánicas.

d) AVIOGRAFO AG-1

Análogamente al C-8, el AG-1 emplea un conjunto de prismas (fig. 1-8) para desviar la imagen hasta llegar al observador. El sistema lo componen; incluyendo los prismas, portafotogramas y binoculares, además tiene la posibilidad de adaptarle binoculares adicionales con fines didácticos (fig. 1-7).

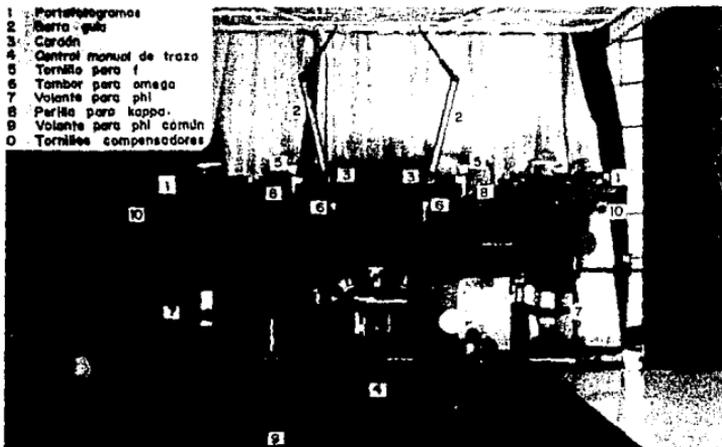


Fig. 1-7. AVIOGRAFO AG-1.

III. Sistema de Medición

a) MULTIPLEX

En la figura 1-9, puede distinguirse la escala que comprende el sistema de medición en este instrumento. Colocada verticalmente sobre la mesilla para trazo y graduada en milímetros; con vernier para décimas de milímetro y una lente para mayor precisión, esta escala -- tiene un corrimiento vertical de 110 mm, y su desplazamiento se controla por el giro de un tornillo de cabeza cilíndrica estriada, en la misma mesilla para trazo.

Las lecturas en elevaciones de la marca flotante (señal luminosa en el centro de la platina), deben adaptarse a las unidades empleadas (metros o pies).

b) BALPLEX

Básicamente, la presentación del sistema de medición - en este caso, es idéntica que en el MULTIPLEX. De no ser por el juego de engranes intercambiables que posee, para tener lecturas directas en las unidades deseadas (metros o pies) y por un contador que computa estas unidades (fig. 1-10).

c) ESTEREOPLANIGRAFO C-8

Este restituidor, presenta una forma de registro similar al BALPLEX. Se localiza un contador (fig. 1-5) a un lado de la manivela derecha del C-8. Este contador - representa un sistema de medición, y registra las unidades respecto a los ejes X, Y y Z, siendo coordenadas de un punto señalado por la marca flotante. Cuyo movimiento horizontal, está controlado por el giro de las manivelas derecha (para el eje Y) e izquierda (para el eje X), y el desplazamiento vertical se efectúa a tra-

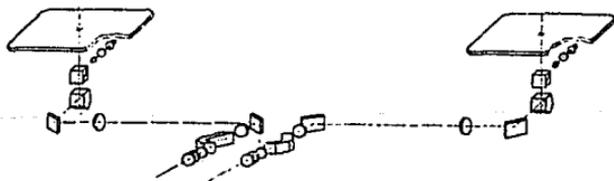


Fig. 1-8. Sistemas de Proyección y Observación (AVIOGRAFO AG-1)

vés del pedaleo de un disco rotatorio, localizado debajo del aparato.

d) AVIOGRAFO AG-1

Para el registro de elevaciones, el AG-1 presenta una carátula graduada tipo reloj (fig. 1-7). En ella pueden leerse las alturas requeridas de un modelo estereoscópico, de acuerdo a la escala utilizada.

El manejo de la marca flotante, se logra mediante el control manual de trazo. Al desplazarse éste horizontalmente, la marca flotante se mueve de igual forma.

Girando la manivela, la elevación de la marca variará, al igual que la escala para elevaciones.

IV. Sistema de trazado

a) MULTIPLEX

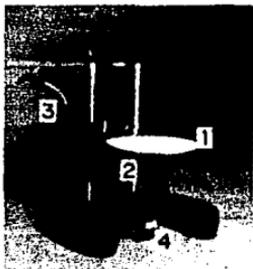
Para el trazo de un modelo formado, en la mesilla para el trazo se coloca un lápiz. Desplazando la mesilla sobre el papel y girando a conveniencia el tornillo que controla la elevación de la marca flotante, para llevarla por los contornos o puntos requerido, puede eliminarse la proyección plana del modelo estereoscópico.

b) BALPLEX

El sistema de trazado en este aparato, es exactamente del mismo tipo que el del MULTIPLEX.

c) ESTEREOPLANIGRAFO C-8

Para elaborar el plano de un modelo, se utiliza un --- coordinatógrafo (fig. 1-11) propio del aparato. Es una



- 1 Platina
- 2 Tornillo para elevar la marca flotante
- 3 Fuente de luz
- 4 Punta trazadora

Fig. 1-9. Mesilla para trazo (MULTIPLEX).

mesa sobre la que se apoyan dos estructuras metálicas-graduadas, perpendiculares entre sí y representativas-de los ejes X y Y. La correspondiente al eje X se des-  
plaza sobre la de Y, y además tiene un carro con un lá  
piz o pluma para configurar el modelo sobre un papel, -  
llevando la marca flotante por los puntos deseados.  
Como ya se enunció, el control de la marca se logra me  
diante las manivelas del C-8. Al estar en conexión am-  
bas partes del aparato (ESTEREOPLANIGRAFO y coordinató  
grafo), se logra bajar o elevar el lápiz del papel des  
de el lugar del operador, mediante un pedal a nivel --  
del piso. El sistema de trazado lo integra, prácticamen-  
te el coordinatógrafo.

d) AVIOGRAFO AG-1

Este instrumento requiere, para hacer posible el trazo-  
de un plano, una mesa para dibujo y un pantógrafo; una  
de las variadas presentaciones que tiene este instrumen-  
to como sistema de trazado. El AG-1 se conecta al siste-  
ma a través del mismo pantógrafo, y cuyo control se lo-  
gra mediante el control manual del trazo (fig. 1-12). Es  
ta mesa es la presentación más sencilla que puede tener  
el AG-1, como sistema de trazado.

- 1 Platino
- 2 Tornillo para elevar  
la marca flotante
- 3 Fuente de luz
- 4 Punta trazadora

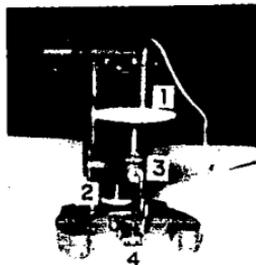


Fig. 1-10. Mesilla pa-  
ra trazo (BALPLEX)

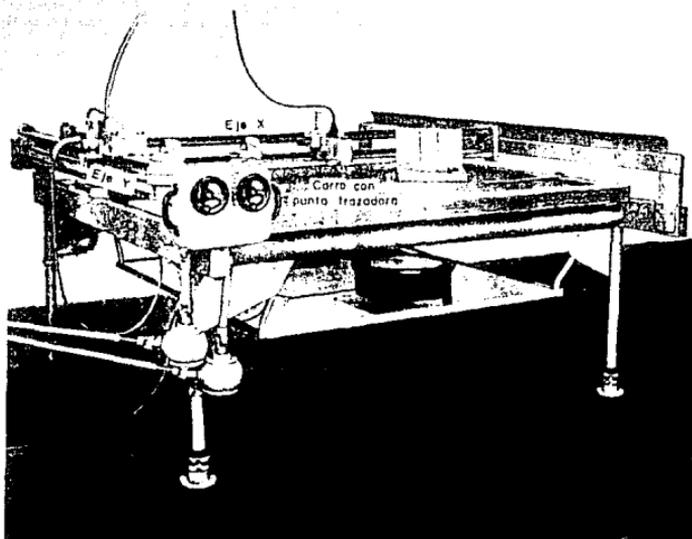


Fig. 1-11. Coordinat6grafo (ESTEREOPLANIGRAFO C-8)

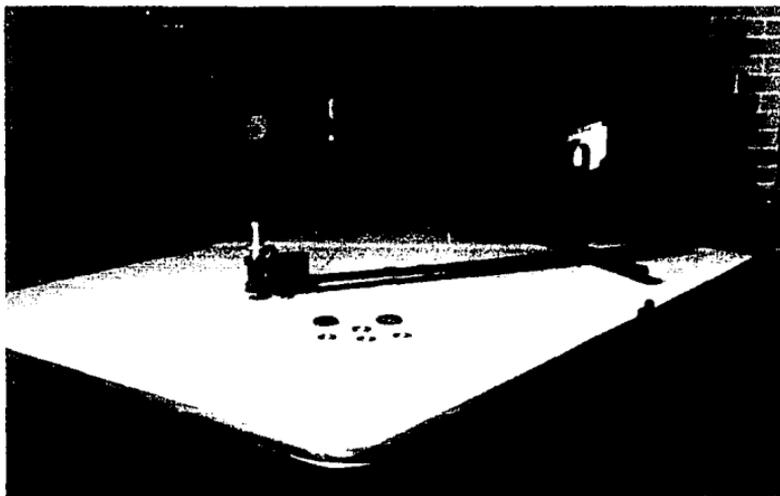


Fig. 1-12. Pant6grafo (AVIOAGRAFO AG-1)

L A B O R A T O R I O No. 2

E F E C T O D E L O S M O V I M I E N T O S  
E N L O S P R O Y E C T O R E S D E U N  
R E S T I T U I D O R A N A L O G I C O

OBJETIVO: Analizar los efectos causados por los -  
movimientos en los proyectores del Es-  
tereoplanógrafo C-8.

EQUIPO Y MATERIAL: - Estereoplanógrafo C-8  
- Diapositiva (formato: 22.86 x 22.86 -  
cm) o placa de vidrio de similares di  
mensiones  
- 3 hojas blancas tamaño carta

PROCEDIMIENTO

- I. Reconocer las escalas de medición.
  - a) Para los giros:  $\omega$ ,  $\phi$  y  $\kappa$ .
  - b) Para las traslaciones en dirección -  
los ejes: X, Y y Z
- II. Marcar nueve punto spbre una diapo  
sitiva o placa de vidrio.
- III. Trasladar los puntos proyectados.
  - a) En dirección del eje X.

- b) En dirección del eje Y.
- c) En dirección del eje Z.

IV. Girar los puntos.

- a) En torno al eje X.
- b) En torno al eje Y.
- c) En torno al eje Z.

V. Elaborar un cuadro sinóptico que --  
muestre las componentes X, Y, genera  
das por los seis movimientos.

#### INTRODUCCION:

Para recrear la relación angular entre dos fotografías, exactamente a la que tuvieron en el instante de su exposición, es necesario que los proyectores tengan la capacidad de movimiento rotacional y traslacional. Estos movimientos, seis en cada proyector, se ilustran en la figura 2-1. Estos movimientos, seis en cada proyector, se ilustran en la figura 2-1. Tres de los movimientos, son rotaciones alrededor de tres ejes perpendiculares entre sí: la rotación en X, llamada omega ( $\omega$ ); la rotación en Y, llamada phi ( $\phi$ ); y la rotación en Z, llamada kappa ( $\kappa$ ). Los otros tres movimientos, son traslaciones a lo largo de cada uno de los tres ejes mencionados. El origen del sistema de ejes mencionados; X, Y y Z, se encuentra en el centro de la lente compuesta del proyector.

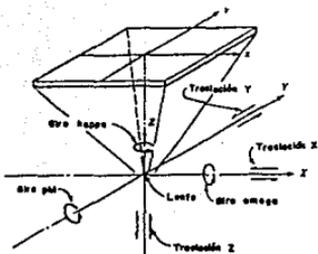


Fig. 2-1 Movimientos-básicos de un proyector.

## DESARROLLO:

### I. Reconocer las escalas de medición.

#### a) Para los giros $\omega$ , $\phi$ y $\kappa$ .

En el Estereoplanógrafo C-8, se encuentran distribuidas prácticamente en todo el cuerpo del aparato, doce carátulas circulares graduadas tipo reloj; con dos manecillas-indicadoras en cada una. Once carátulas pertenecen a los movimientos básicos de un proyector (fig. 2-1); cinco para cada proyector y una para ambos. De éstas, tres (junto al portafotogramas) registran la cantidad de movimiento en los giros  $\omega$ ,  $\phi$  y  $\kappa$ . Sobre la carátula para  $\omega$ , se observan dos graduaciones circulares: una interna (en grados centesimales) y otra externa. La graduación interna está dividida en diez partes iguales, enumeradas de 10 en 10 y de 0 a 90; en el sentido de las manecillas del reloj. Cada una de estas divisiones, representa un grado centesimal.

La graduación externa, tiene exactamente las mismas divisiones e igual numeración. Cada vuelta de la manecilla correspondiente a esta graduación, es igual al avance en una graduación de la otra manecilla (fig. 2-3b).

Las escalas de medición para  $\phi$  y  $\kappa$ , son iguales a la anterior. Exceptuando, la numeración y la graduación circular internas; creciendo sólo de 0 a 40, en la mitad de recha de la carátula; y en la otra, de 360 a 0, en el sentido de las manecillas del reloj (figs. 2-3d, 2-3f).

puntos sobre la hoja (fig. 2-5), posteriormente, se modifica la lectura para  $b_x$ , que será en 50 mm (debe leerse 150 mm), como puede verse en la figura 2-3a, se localizan nuevamente los puntos y se marcan en la hoja, sin moverla de su lugar. El resultado de ésto se ilustra en la figura 2-6.

ROTACION	LECTURA (grados centesimales)
$\omega$	0
$\phi$	0
$\kappa$	0
TRASLACION	LECTURA (mm)
$b_x$	100
$b_y$	0
$b_z$	0

Tabla 2.1-1. Lecturas iniciales en las escalas.

b) En dirección del eje Y.

La lectura en la escala para  $b_x$ , debe regresarse a su posición inicial, según la tabla 2.1.1.

Colocando una nueva hoja, el procedimiento a seguir es el mismo que el descrito en el caso anterior. La lectura para este caso, será de 25 mm (fig. 2-3c). Marcando igualmente los puntos, antes y después del incremento practicado. Los resultados se observan en la figura 2-8.

c) En dirección del eje Z.

Análogamente al caso anterior, la lectura en  $b_y$  vuelve a su posición inicial.

Se repite el procedimiento ya descrito, y se modifica la lectura; indicando 40 mm (fig. 2-3e) en la escala correspondiente a  $b_z$ . Como se hizo en los casos anteriores, se marcan los puntos (fig. 2-10).

Cabe recordar, que:

$400^g$  (grados centesimales) =  $360^\circ$  (grados sexagesimales)

$$1^g = 100^c = 54'$$

$$1^c = 100^s = 32.4''$$

Ejemplo:

una lectura de:  $10.395^g = 10^R 39^c 50^s \dots\dots(1)$

equivale a:  $9^\circ 21' 19.8'' \dots\dots\dots(2)$

El resultado en (2), es el producto de la multiplicación de (1) por el factor de conversión:

$$0.9 \text{ } ^\circ/g = \frac{360^\circ}{400^g}$$

b) Para las traslaciones en dirección de los ejes: X, Y y Z.

Las escalas para estos movimientos, se localizan en la parte inferior del aparato. En las carátulas, se presenta la siguiente nomenclatura, para distinguir a una de otra: para el eje X,  $b_x$ ; para el eje Y,  $b_y$ ; y para el eje Z,  $b_z$ . La letra b en ellas, representa la base del modelo (fig. 2-2). De esta manera, pueden leerse directamente, las componentes de la base.

La carátula de  $b_x$ , tiene las mismas características que la de  $\kappa$ , sólo con la diferencia de la numeración externa que aumenta en sentido contrario a las manecillas del reloj (escala común a ambos proyectores; fig. 2-3a).

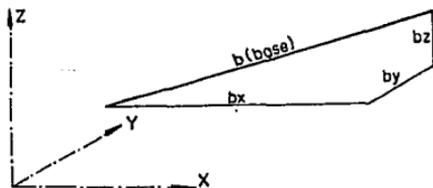


Fig. 2-2. Componentes de la base del modelo.

La escala para  $b_y$ , también sólo cambia en la graduación y numeración interna. Aumenta de 10 a 10 de 0 a 60 (fig. 2-3c).

Para  $b_z$ , el intervalo de graduación es de 0 a 40, e igualmente aumentado de 10 en 10 (fig. 1-3e).

Así mismo, una vuelta completa de la manecilla para la graduación externa, representa un recorrido de sólo una graduación en la otra manecilla; para cualquiera de estas tres carátulas.

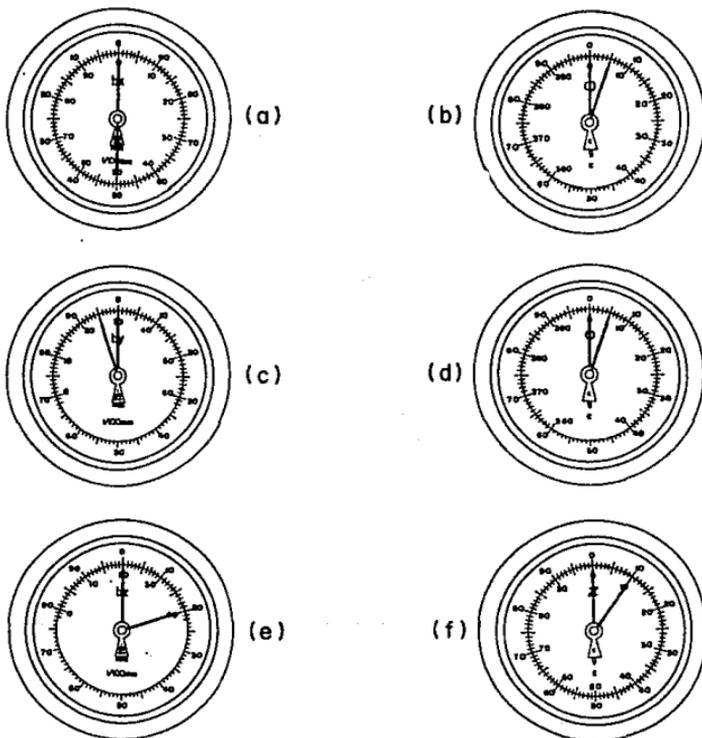


Fig: 2-3. Escalas de los movimientos  $b_x$  (a),  $b_y$  (c),  $b_z$  (e),  $\omega$  (b),  $\phi$  (d) y  $\kappa$  (f).

II. Marcar nueve puntos sobre una diapositiva o placa de vidrio.

En la diapositiva o placa de vidrio solicitada, se marcan nueve puntos que guarden una posición: como la mostrada en la figura 2-4.

Posteriormente, la diapositiva se coloca sobre el portafotogramas izquierdo del aparato, de tal suerte que el punto central marcado en la diapositiva, quede colocado justamente sobre la marca en cruz, en el centro del portafotogramas; y los lados de la diapositiva se acomodan de tal manera, que la mitad de cada lado (punto medio) se dirija hacia las señales o rayitas perimetrales en la placa de vidrio del portafotogramas.

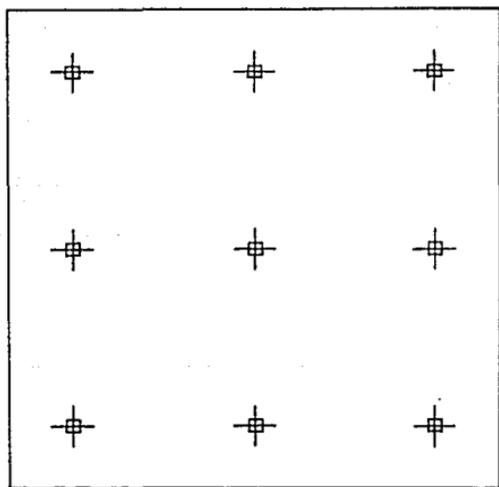


Fig. 2.4. Puntos marcados sobre la diapositiva o placa de vidrio.

### III. Trasladar los puntos-proyectados.

#### a) En dirección del eje X.

Cabe aclarar, que los movimientos básicos de un proyector, son idénticos en cualquiera de ellos. Debido a esto, la visión estereoscópica no es necesaria, y por lo mismo, se empleará sólo el ocular derecho del C-8.

Debe verificarse que las manecillas sobre las carátulas del proyector izquierdo, indiquen las lecturas mostradas en la tabla 2.1-1. De lo contrario, se ajustarán girando las perillas o manivelas correspondientes a los movimientos, a las lecturas indicadas.

Sobre el coordinatógrafo del C-8 (fig. 1-11), se coloca una hoja de papel, de tal manera que los nueve puntos queden, más o menos centrados en la mitad de la misma; dejando fija la hoja sobre el coordinatógrafo. Observando a través del ocular y accionando las manivelas (fig. 1-5) que controlan los movimientos a lo largo de los ejes X y Y, se localizan y marcan los nueve

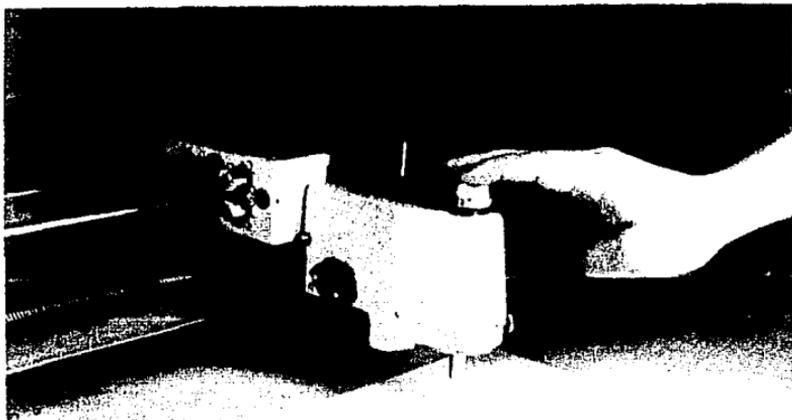


Fig. 2-5. Marcado de puntos en la hoja mediante el coordinatógrafo del Estereoplanógrafo C-8

IV. Girar los puntos.

a) En torno al eje X.

Para el caso de las rotaciones, el procedimiento no se altera.

La hoja a colocar, será la que se empleó en el caso de bx (de no ser posible, puede utilizarse una hoja extra). Igualmente, se marcarán los puntos teniendo las lecturas en su posición inicial. Y se volverán a marcar, después de ajustar el indicador de en una lectura de 5-grados centesimales (figs. 2-3b, 2-7).

b) En torno al eje Y.

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, se coloca la hoja usada para by, se vuelve a lecturas iniciales; localizando y marcando los puntos. Se modifica la posición de la manecilla indicadora a 5 grados centesimales, y se localizan y marcan nuevamente los puntos (figs. 2-3d).

c) En torno al eje Z.

Como podrá comprenderse, sólo se enunciará la lectura a ajustar para  $\kappa$ ; que será de 10 grados centesimales, ya que todos los pasos a seguir, son sumamente parecidos a los anteriores (figs. 2-3f, 2-9).

V. Elaborar un cuadro sinóptico que muestre las componentes X, Y, generadas por los seis movimientos.

Observando la figura 2-6, puede notarse que un desplazamiento en el sentido del eje X, traslada los puntos-proyectados en esa misma dirección.

En la figura 2-8, se observa un desplazamiento análogo, que será a lo largo del eje Y.

La alteración practicada en dirección del eje Z, provoca un desplazamiento radial, respecto al punto central (fig. 2-10). Esto representa un cambio en la escala del modelo.

Por otra parte, un giro alrededor del eje X, produce variaciones en la inclinación transversal de la imagen, originando paralajes en Y (fig. 2-7)

La rotación en torno al eje Y, provoca un cambio en la inclinación longitudinal, lo que hace desplazar las -- proyecciones de los puntos situados en el eje X, a lo largo de éste; los puntos restantes, tendrán paralaje en Y, que será directamente proporcional a la distancia de separación entre el eje X y un punto dado (fig. 2-9).

Por último, un giro en torno al eje Z, origina un desplazamiento circular, respecto al punto central, de to dos los demás puntos (fig. 2-11).

En la tabla 2.1-2, se tiene el cuadro sinóptico del -- análisis anterior, y en el se indica cuales son los -- puntos, de los mostrados en la figura 2-12, fue asigna da por convención internacional, facilitando así el ma nejo de un par de diapositivas.

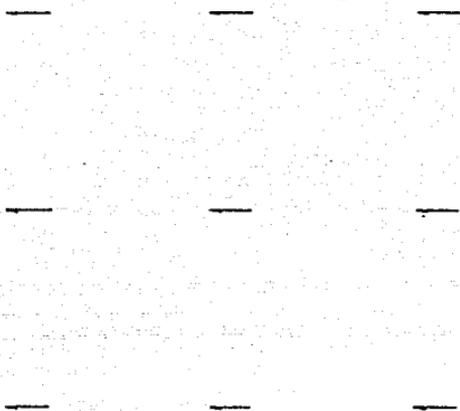


Fig. 2-6 Desplazamiento en dirección del eje X ( $b_x$ )

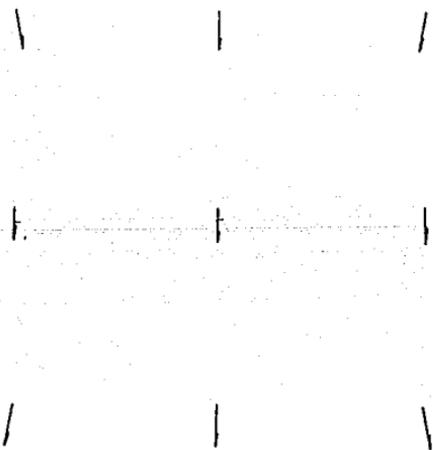


Fig. 2-7. Rotación en torno al eje X ( $\omega$ ).

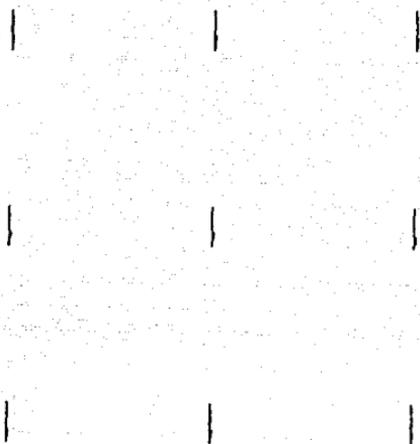


Fig. 2-8 Desplazamiento en dirección del eje Y ( $\delta y$ ).

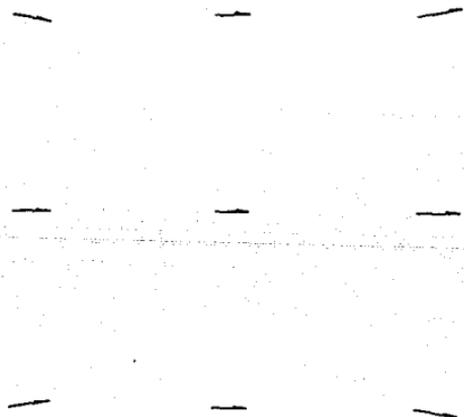


Fig. 2-9. Rotación en torno al eje ( $\phi$ ).

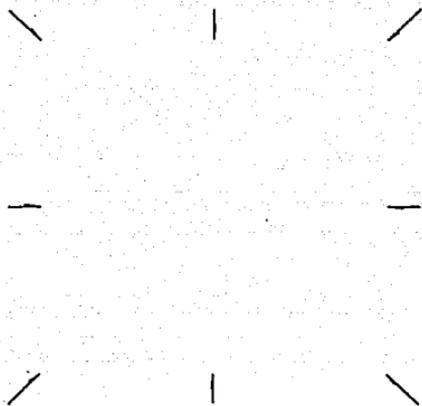


Fig. 2-10. Desplazamiento en dirección del eje Z ( $b_z$ ).

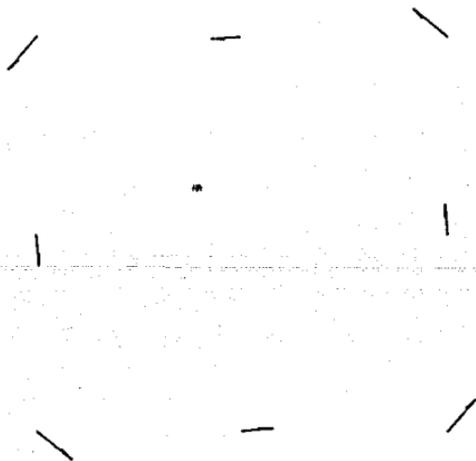


Fig. 2-11. Rotación en torno al eje Z ( $\kappa$ ).

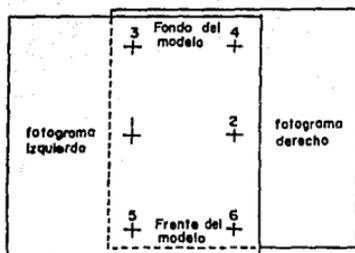


Fig. 2-12. Puntos comunes en un par fotográfico.

Fondo Componente Meridiano	1		2		3		4		5		6	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
bx	•		•		•		•		•		•	
by		•		•		•		•		•		•
bz	•				•	•		•	•	•		•
$\omega$		•		•		•		•		•		•
$\varphi$	•		•		•	•	•		•	•	•	
$\lambda$		•			•	•	•		•	•	•	
$\sum x$	3		2		4		3		4		3	
$\sum y$		3		2		5		3		5		3

Tabla 2.1-2. Cuadro sinóptico que muestra las componentes X y Y, generadas por los seis movimientos del proyector.

## **CAPITULO III**

### **ORIENTACION DE UN PAR FOTOGRAFICO**

LABORATORIO No. 3

ORIENTACION INTERIOR

**OBJETIVO:** Efectuar la Orientación Interior de aparatos restituidores analógicos.

**EQUIPO Y MATERIAL:**

- Estereoplanógrafo C-8
- Aviógrafo AG-1
- Un par fotográfico (diapositivas, formato: 22.86 x 22.86 cm)
- Lupa

**PROCEDIMIENTO:**

Efectuar la Orientación Interior en los aparatos arriba mencionados.

- I. Ajustar la distancia focal del aparato.
- II. Centrar la diapositiva en los portafotogramas.

## INTRODUCCION:

Por definición, "orientar" significa: colocar una cosa en posición determinada respecto a un marco de referencia.

Análogamente, en Fotogrametría, "orientar" significa: acomodar en determinada posición, un par de diapositivas en los portafotogramas de un aparato restituidor.

Al efectuar la Orientación Interior en un aparato restituidor, se recrea la geometría de los rayos ópticos provenientes de un objeto y proyectados sobre la película de la cámara fotográfica, en el momento de exposición. En otras palabras, se duplicará exactamente la geometría de la cámara empleada en la exposición, como puede observarse en la figura 3-1.

Básicamente, la Orientación Interior comprende dos etapas, sin importar el orden de realización:

- a) Adaptar el aparato restituidor, con la distancia focal de la cámara utilizada.
- d) Centrar las diapositivas en los portogramas.

## DESARROLLO:

I. Ajustar la distancia focal del aparato.

a) Estereoplanógrafo C-8

Primeramente se debe conocer la constante de la más reciente calibración del aparato; que en este caso, en ambos portafotogramas del C-8, la constante de calibración

La diapositiva debe ser colocada con la emulsión hacia abajo (más adelante se explicará lo anterior); entre el portafotogramas (4) y la placa de vidrio (6), para aplanarla. Las marcas difuciales de la diapositiva se hacen coincidir con las marcas de colimación (5) del portafotogramas, logrando con lo anterior, que el punto principal de la diapositivañ definido por la intersección de rectas formadas con la unión de marcas fiduciales lateral o diametralmente opuestas, quede colocado justamente, sobre el eje óptico, lo define la perpendicular que pasa por el punto de intersección de las rectas formadas por la unión de marcas de colimación opuestas, y puede distinguirse por la pequeña marca en cruz; ubicada en el centro del portafotogramas.

Si se desea, la lupa requerida ayuda a una mejor apreciación, al momento de hacer la coincidencia de marcas fiduciales y de colimación.

La constante de calibración en este aparato; para cada portafotogramas, se considera como la distancia existente entre la superficie superior de la placa de vidrio -- del portafotogramas y el centro de la lente colocada por debajo del mismo portafotogramas. Es decir, que todo punto colocado sobre la superficie de esta placa de vidrio, se encontrará en un plano focal. Por ello, es indispensable que las diapositivas se coloquen con la emulsión hacia abajo para realizar la Orientación interior (fig.3-5)

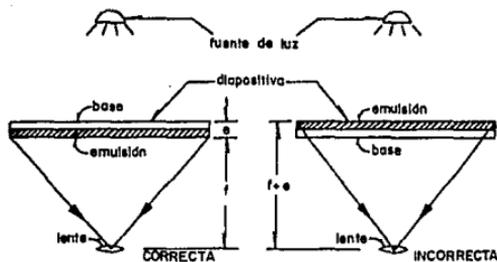


Fig. 3.5 Forma de colocar la diapositiva (por razones de calibración en el C-8)

el movimiento de los tres tornillos es simultáneo, gracias al sistema de engranes con que opera.

No sobra mencionar, el que Esteroplanígrafo C-8, tiene un rango de ajuste para su distancia focal, que abarca desde 88 mm hasta 210 mm; es decir, para cámaras tipo normal (hasta 75° de campo angular), gran angular (de 75° a 100°), y supergran angular (mayor de 100°). Para llegar a cada extremo de este rango de ajuste, al aparato se le practican una serie de cambios ópticos.

**E j e m p l o:** Se tiene un par de diapositivas, de las que se conoce la distancia focal de la cámara con que fueron tomadas. Por otra parte, se conoce por calibración la constante del aparato. Determinar la magnitud a ajustar en el aparato restituidor C-8, para adaptarlo a la distancia focal de la cámara empleada.

**DATOS:**

$f = 152.54$  mm (distancia focal)

$a = 150.00$  mm (constante del aparato)

**SOLUCION:**

Magnitud a ajustar:

$$m = f - a$$

sustituyendo:

$$m = 152.54 \text{ mm} - 150.00 \text{ mm}$$

$$m = 2.54 \text{ mm}$$

Para adaptar esta cantidad  $m$  en el tornillo graduado, primero debe observarse que  $m$  es positiva, por lo mismo, se girará el tornillo hasta lograr 2.54 mm, sobre su escala inferior. Con esto, se logra elevar el portafotogramas; alejándolo de la lente y, por lo tanto, incrementar la distancia focal en el aparato.

es de 150.00 mm por consiguiente, los ajustes necesarios practicados en un portafotogramas serán iguales en ambos. Se determina la diferencia existente entre las distancia focal de la cámara utilizada y la constante de calibración del aparato, y en este último, se ajusta la diferencia resultante. Para ello, el aparato tiene situados -- junto a cada portafotogramas, tres tornillos graduados -- (fig. 3-2), bastará con girar sólo uno de ellos para -- ajustar el aparato con la distancia focal deseada; ya que

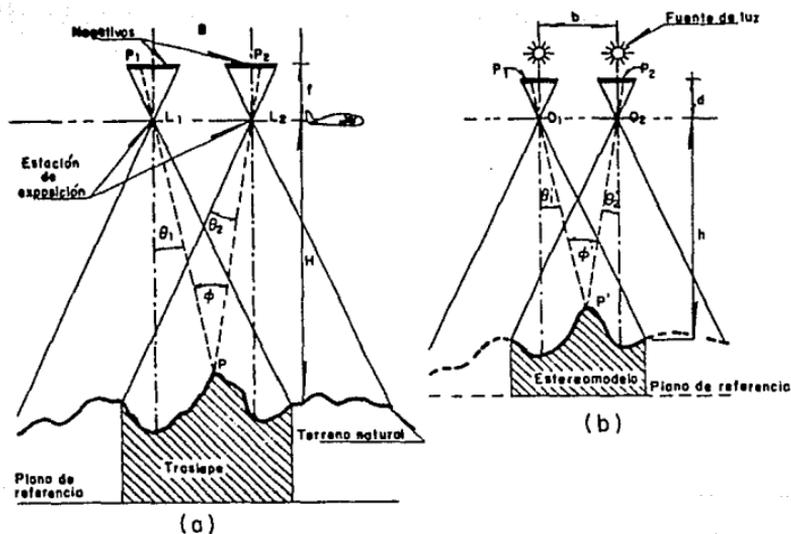


Fig. 3-1. Dado que los ángulos  $\theta_1'$  y  $\theta_2'$ , las geometrías de las figuras (a) y (b) son idénticas.

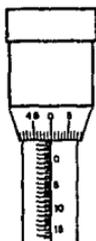


Fig. 3-2. Tornillo para ajuste de la distancia focal (Estereoplanógrafo C-8)

b) Aviógrafo AG-1

La constante de calibración en ambos portafotogramas del aparato empleado en este ejercicio, es de: 0.00 mm; por lo que, la distancia focal de la cámara fotográfica utilizada, se ajusta directamente en el aparato. Para ello, el AG-1 lleva situado junto a cada portafotogramas, un tornillo graduado de ajuste (fig. 3-3). Bastará con girar el tornillo hasta leer en su escala la magnitud deseada que para el caso será de: 152.54 mm.

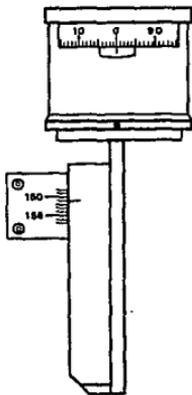


Fig. 3-3. Tornillo para ajuste de la distancia focal (Estereoplanógrafo C-8).

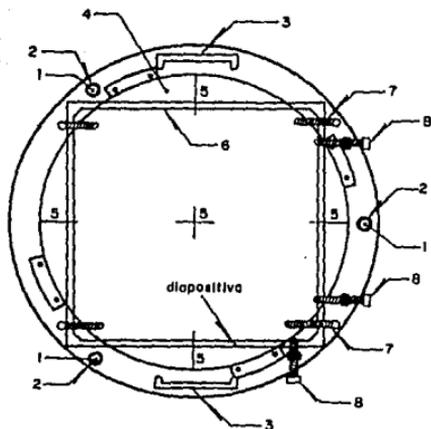
En el AG-1 pueden adaptarse distancias focales, desde 83 mm hasta 157 mm; aunque para ajustar distancias alrededor de los 85 mm, al aparato se le deben hacer algunos cambios mecánicos.

II. Centrar la diapositiva en los portafotogramas.

a) Estereoplanígrafo C-8

Esta operación debe efectuarse con los portafotogramas fuera del aparato y sobre una mesa-luz.

La figura 3-4, ayudará a la explicación de este inciso.



1. Tornillos de ajuste para la distancia focal.

2. Orificios para colocar el portafotogramas en una sola posición.

3. Manijas para transportarlo.

4. Placa de vidrio del portafotogramas

5. Marcas de colimación

6. Placa de vidrio

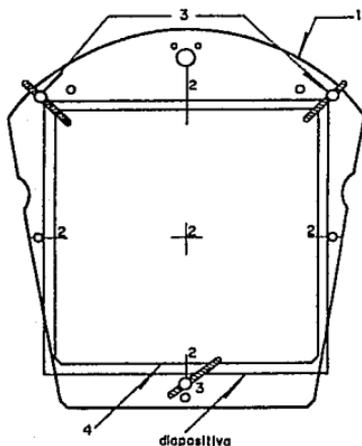
7. Tornillos prensadores.

8. Tornillos auxiliares en la Orientación Interior.

Fig. 3-4. Portafotogramas (Estereoplanígrafo C-8)

b) Avi6grafo AG-1

Esta operaci6n de centrado para el AG-1, es ex6ctamente igual que la descrita para el C-8. A pesar de ello, los portafotogramas no tienen la misma forma (fig. 3-6).



1. Placa de vidrio del portafotogramas.

2. Marcas de colimaci6n

3. Tornillos prendedores

4. Placa de vidrio

Fig. 3-6. Portafotogramas (avi6grafo AG-1)

ORIENTACION RELATIVA

**OBJETIVO:** Desarrollar y linealizar las ecuaciones de condiciones de colinealidad, básicas en la Orientación Relativa de un par.

**PROCEDIMIENTO:**

- a) Desarrollar la "matriz de rotaciones",  $\omega$ ,  $\phi$  y  $\kappa$ .
- b) Desarrollar las ecuaciones de "condición de colinealidad".
- c) Linealizar las ecuaciones desarrolladas en el inciso (b).

## INTRODUCCION:

Después de haber establecido la Orientación Interior en un aparato restituidor, la formación del modelo estereoscópico aún no se ha logrado, debido a la existencia de paralaje en Y ( $p_y$ ); la cual, evita la intersección de los rayos homólogos (fig. 4-1). Esta paralaje, se debe a que los fotogramas no se ha relacionado recíprocamente. Dado que la orientación de la cámara en la primera exposición del par, no es igual en la segunda exposición; es decir, que la altura de vuelo y las rotaciones omega, phi y kappa, variarán aún, cuando sea en una mínima cantidad.

La Orientación Relativa, tiene como propósito, eliminar la paralaje en Y existente; misma que evita la formación del modelo. Al establecer esta Orientación, se logra que las diapositivas, en los portafotogramas del aparato, guarden una posición relativa; semejante a la que tuvieron entre sí

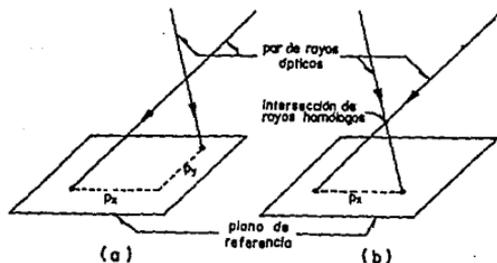


Fig. 4-1. (a) La paralaje en Y, evita la intersección de rayos homólogos. (b) La paralaje en X, no impide la intersección de rayos homólogos.

las exposiciones, en el momento de su realización, independientemente de su posición respecto al terreno (fig. 4-2). En la posición descrita de las diapositivas, cada par de rayos ópticos provenientes de puntos homólogos, se cortan en un punto. Es suficiente que se corten cinco de estos pares de rayos, como mínimo, para asegurar que sucede lo mismo con todos los demás pares de rayas homólogos.

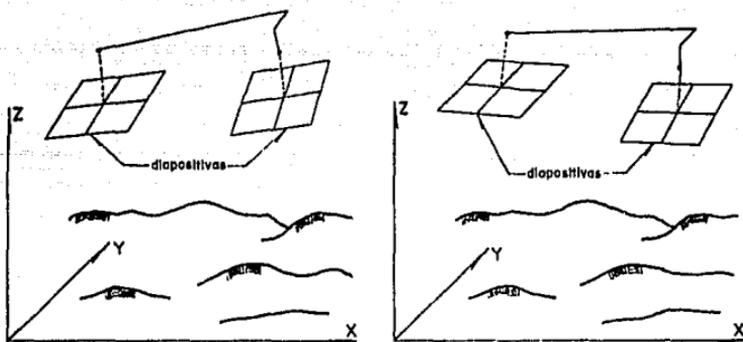


Fig. 4-2. La posición de la diapositiva 1 con respecto a diapositiva 2, es igual en ambos casos (a) y (b), independientemente de la posición que guardan en relación con el terreno.

La necesidad de orientar cinco puntos como mínimo, puede -- comprenderse mediante el siguiente razonamiento.

La Orientación Relativa, puede lograrse de dos maneras:

- 1) Manteniendo un proyector fijo.
- 2) Moviendo ambos proyectores.

Como se explicó en el Laboratorio No. 2, cada proyector tiene seis movimientos: tres giros, y tres traslaciones. En la

figura 4-1b, se observa que la paralaje en X, no evita la intersección de rayos homólogos; es decir, que pueden trasladarse las imágenes proyectadas en dirección del eje X (movimiento  $b_x$ ), sin riesgo de provocar paralaje en Y. Entonces, se tienen sólo tres giros y dos traslaciones ( $b_y$  y  $b_z$ ), para anular la paralaje en Y; empleando un movimiento paracada uno de los cinco puntos mencionados. Lo anterior puede ser expresado, mediante un sistema de ecuaciones para los cinco puntos; diez ecuaciones de "condición de colinealidad". Para esta condición se cumple lo siguiente: la estación de exposición, un punto objeto, y su correspondiente punto imagen en el fotograma, se encuentran contenidos en una línea recta (fig. 4-3).

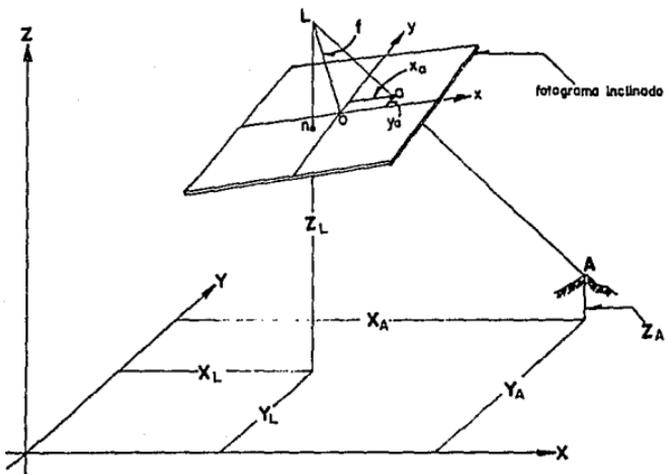


Fig. 4-3. Condición de colinealidad.

DESARROLLO:

a) Desarrollar la "matriz de rotaciones", omega, phi y kappa.

Como ya se enunció, los negativos no mantienen la misma posición a la hora de la toma; sufriendo una serie de movimientos, uno con respecto del otro. Entre estos movimientos, se tienen los giros omega ( $\omega$ ), phi ( $\phi$ ) y Kappa ( $\kappa$ )

El desarrollo del sistema de ecuaciones, que relaciona a los tres giros, es el siguiente:

La rotación omega, efectuada en torno al eje X ( $\omega$ )

Como puede verse en la figura 4-4, las coordenadas de un punto A, en el sistema  $x_1y_1z_1$ , son:

$$\begin{aligned}x_1 &= x' \\y_1 &= y' \cos \omega + z' \sin \omega \quad (4-1) \\z_1 &= -y' \sin \omega + z' \cos \omega\end{aligned}$$

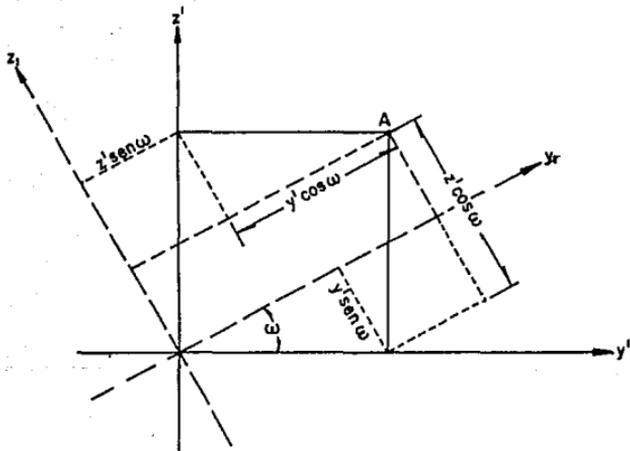


Fig. 4-4. Rotación omega, alrededor del eje  $x'$ .

Dado que la rotación fue alrededor del eje  $x'$ , los ejes  $x'$  y  $x_1$  son coincidentes; por lo tanto, la coordenada  $x$  del punto A, no se altera.

En torno al eje  $Y$ , se lleva a cabo la rotación  $\phi$ . En la figura 4-5, se observa cuales son las coordenadas -- del punto A; en el sistema ya girado  $x_2y_2z_2$ :

$$\begin{aligned}x_2 &= -z_1 \text{ sen } \phi + x_1 \text{ cos } \phi \\y_2 &= y_1 \\z_2 &= z_1 \text{ cos } \phi + x_1 \text{ sen } \phi\end{aligned}\quad (4-2)$$

En esta rotación alrededor del eje  $y_1$ , los ejes  $y_1$  y  $y_2$ , son coincidentes; entonces la coordenada  $y$  del punto A, no cambia. Sustituyendo las ecuaciones (4-1) en las ecuaciones (4-2), se tiene:

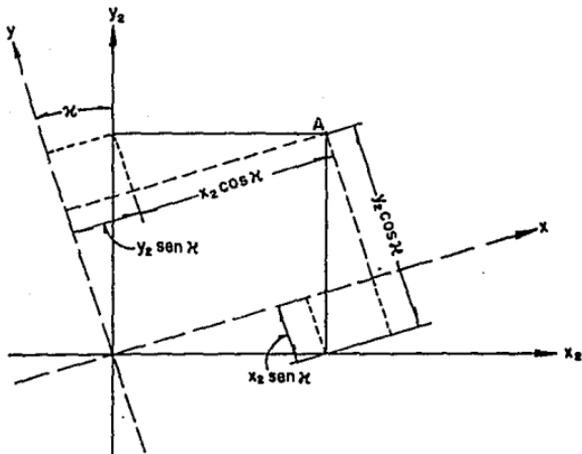


Fig. 4-5 Rotación  $\phi$ , alrededor del eje  $y_1$ .

$$\begin{aligned}
 x_2 &= -(y' \operatorname{sen} \omega + z' \operatorname{cos} \omega) \operatorname{sen} \phi + x' \operatorname{cos} \phi \\
 y_2 &= y' \operatorname{cos} \omega + z' \operatorname{sen} \omega \\
 z_2 &= (-y' \operatorname{sen} \omega + z' \operatorname{cos} \omega) \operatorname{cos} \phi + x' \operatorname{sen} \phi
 \end{aligned}
 \tag{4-3}$$

Finalmente, la tercera rotación ( $\kappa$ ) se realizan en torno al eje  $z_2$ . En la figura 4-6, se muestran las coordenadas del punto A, en el sistema girado xyz, son:

$$\begin{aligned}
 x &= x_2 \operatorname{cos} \phi + y_2 \operatorname{sen} \kappa \\
 y &= -x_2 \operatorname{sen} \phi + y_2 \operatorname{cos} \kappa \\
 z &= z_2
 \end{aligned}
 \tag{4-4}$$

En el giro alrededor del eje  $z_2$ , los ejes  $z_2$  y  $z$ , son coincidentes y por lo tanto, la coordenada  $z$  del punto A, se mantiene constante. Sustituyendo las ecuaciones (4-3) en las ecuaciones (4-4), se tiene:

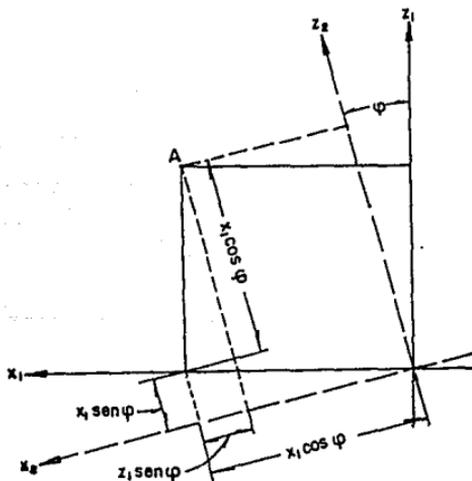


Fig. 4-6. Rotación kappa, alrededor del eje  $z_2$ .

$$\begin{aligned}
 x &= (y' \operatorname{sen} \omega - z' \operatorname{cos} \omega) \operatorname{sen} \phi \\
 &\quad + x' \operatorname{cos} \phi \operatorname{cos} \kappa + (y' \operatorname{cos} \omega \\
 &\quad + z' \operatorname{sen} \omega) \operatorname{sen} \kappa \\
 y &= (-y' \operatorname{sen} \omega + z' \operatorname{cos} \omega) \operatorname{sen} \phi \\
 &\quad - x' \operatorname{cos} \phi \operatorname{sen} \kappa + (y' \operatorname{cos} \omega \\
 &\quad + z' \operatorname{sen} \omega) \operatorname{cos} \kappa \\
 z &= (-y' \operatorname{sen} \omega + z' \operatorname{cos} \omega) \operatorname{cos} \phi + x' \operatorname{sen} \phi
 \end{aligned} \tag{4-5}$$

Factorizando las ecuaciones (4-5):

$$\begin{aligned}
 x &= x' (\operatorname{cos} \phi \operatorname{cos} \kappa) + y' (\operatorname{sen} \omega \operatorname{sen} \phi \operatorname{sen} \kappa \\
 &\quad + \operatorname{cos} \omega \operatorname{cos} \kappa) + z' (-\operatorname{cos} \omega \operatorname{sen} \phi \operatorname{cos} \kappa \\
 &\quad + \operatorname{sen} \omega \operatorname{sen} \kappa) \\
 y &= x' (-\operatorname{cos} \phi \operatorname{sen} \kappa) + y' (-\operatorname{sen} \omega \operatorname{sen} \phi \operatorname{sen} \kappa \\
 &\quad + \operatorname{cos} \omega \operatorname{cos} \kappa) + z' (\operatorname{cos} \omega \operatorname{sen} \phi \operatorname{sen} \kappa \\
 &\quad + \operatorname{sen} \omega \operatorname{cos} \kappa) \\
 z &= x' (\operatorname{sen} \phi) + y' (-\operatorname{sen} \omega \operatorname{cos} \phi) \\
 &\quad + z' (\operatorname{cos} \omega \operatorname{cos} \phi)
 \end{aligned} \tag{4-6}$$

Sustituyendo por  $m$ 's los factores  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ , de las ecuaciones (4-6), se tiene lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 x &= m_{11} x' + m_{12} y' + m_{13} z' \\
 y &= m_{21} x' + m_{22} y' + m_{23} z' \\
 z &= m_{31} x' + m_{32} y' + m_{33} z'
 \end{aligned} \tag{4-7}$$

Donde,

$$\begin{aligned}
 m_{11} &= \operatorname{cos} \phi \operatorname{cos} \kappa \\
 m_{12} &= \operatorname{sen} \omega \operatorname{cos} \phi \operatorname{cos} \kappa + \operatorname{cos} \omega \operatorname{sen} \kappa \\
 m_{13} &= -\operatorname{cos} \omega \operatorname{sen} \phi \operatorname{cos} \kappa + \operatorname{sen} \omega \operatorname{sen} \kappa \\
 m_{21} &= -\operatorname{cos} \phi \operatorname{sen} \kappa \\
 m_{22} &= -\operatorname{sen} \omega \operatorname{sen} \phi \operatorname{sen} \kappa + \operatorname{cos} \omega \operatorname{cos} \kappa \\
 m_{23} &= \operatorname{cos} \omega \operatorname{sen} \phi \operatorname{sen} \kappa + \operatorname{sen} \omega \operatorname{cos} \kappa \\
 m_{31} &= \operatorname{sen} \phi \\
 m_{32} &= -\operatorname{sen} \omega \operatorname{cos} \phi \\
 m_{33} &= \operatorname{cos} \omega \operatorname{cos} \phi
 \end{aligned}$$

Expresando las ecuaciones (4-7) en forma matricial:

$$X = MX' \quad (4-8)$$

$$\begin{array}{rcc}
 x & & \\
 y & M = & \\
 z & & 
 \end{array}
 \begin{array}{ccc}
 m_{11} & m_{12} & m_{13} \\
 m_{21} & m_{22} & m_{23} \\
 m_{31} & m_{32} & m_{33}
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 y \\
 X' \\
 y' \\
 z'
 \end{array}$$

La matriz M, es llamada "matriz de rotaciones", la cual además es "ortogonal"; con esta propiedad, se cumple que su matriz inversa ( $M^{-1}$ ), es igual a su matriz transpuesta ( $M^T$ ):

$$M^{-1} = M^T \quad (4-9)$$

En base a esta propiedad, la ecuación (4-8) puede ser -- reescrita; expresando las coordenadas  $x'y'z'$ , en términos de las coordenadas  $xyz$ , como sigue:

$$X' = M^T X \quad (4-10)$$

Que en forma más explícita, se tiene:

$$\begin{array}{l}
 x' = m_{11} x + m_{12} y + m_{13} z \\
 y' = m_{21} x + m_{22} y + m_{23} z \\
 z' = m_{31} x + m_{32} y + m_{33} z
 \end{array} \quad (4-11)$$

- b) Desarrollar las ecuaciones de "condición de colinealidad".

En base a la figura 4-7, el desarrollo de las ecuaciones de colinealidad, es el siguiente:

De los triángulos semejantes, que conforman el prisma -- cuadrangular ilustrado en la figura 4-7, se tiene:

$$\frac{x_{a'}}{X_A - X_L} = \frac{y_{a'}}{Y_A - Y_L} = \frac{-z_{a'}}{Z_L - Z_A}$$

Reduciendo,

$$x_a' = \frac{X_A - X_L}{Z_A - Z_L} z_a' \quad (1)$$

$$y_a' = \frac{Y_A - Y_L}{Z_A - Z_L} z_a' \quad (2)$$

también, por identidad,

$$z_a' = \frac{Z_A - Z_L}{Z_A - Z_L} z_a' \quad (3)$$

Sustituyendo las expresiones (1), (2) y (3), es las ecuaciones (4-7),

$$\begin{aligned} x_a = m_{11} \frac{X_A - X_L}{Z_A - Z_L} z_a' + m_{12} \frac{Y_A - Y_L}{Z_A - Z_L} z_a' \\ + m_{13} \frac{Z_A - Z_L}{Z_A - Z_L} z_a' \end{aligned} \quad (4-12)$$

$$\begin{aligned} y_a = m_{21} \frac{X_A - X_L}{Z_A - Z_L} z_a' + m_{22} \frac{Y_A - Y_L}{Z_A - Z_L} z_a' \\ + m_{23} \frac{Z_A - Z_L}{Z_A - Z_L} z_a' \end{aligned} \quad (4-13)$$

$$\begin{aligned} z_a = m_{31} \frac{X_A - X_L}{Z_A - Z_L} z_a' + m_{32} \frac{Y_A - Y_L}{Z_A - Z_L} z_a' \\ + m_{33} \frac{Z_A - Z_L}{Z_A - Z_L} z_a' \end{aligned} \quad (4-14)$$

Factorizando el término  $\frac{z_a'}{Z_A - Z_L}$  de las ecuaciones

(4-12) a (4-14),

$$\begin{aligned} x_a = m_{11} (X_A - X_L) + m_{12} (Y_A - Y_L) + m_{13} (Z_A \\ - Z_L) \frac{z_a'}{Z_A - Z_L} \end{aligned} \quad (4-15)$$

$$y_a = m_{21} (X_A - X_L) + m_{22} (Y_A - Y_L) + m_{23} (Z_A - Z_L) \frac{z_a'}{Z_A - Z_L} \quad (4-16)$$

$$z_a = m_{31} (X_A - X_L) + m_{32} (Y_A - Y_L) + m_{33} (Z_A - Z_L) \frac{z_a'}{Z_A - Z_L} \quad (4-17)$$

Dividiendo las ecuaciones (4-15) y (4-16) por la ecuación (4-17), y sustituyendo por (-f) a  $z_a$  (fig. 4-7), como resultado se tiene las ecuaciones de condición de colinealidad,

$$x_a = -f \frac{m_{11} (X_A - X_L) + m_{12} (Y_A - Y_L)}{m_{31} (X_A - X_L) + m_{32} (Y_A - Y_L)} + \frac{m_{13} (Z_A - Z_L)}{m_{33} (Z_A - Z_L)} \quad (4-18)$$

$$y_a = -f \frac{m_{21} (X_A - X_L) + m_{22} (Y_A - Y_L)}{m_{31} (X_A - X_L) + m_{32} (Y_A - Y_L)} + \frac{m_{23} (Z_A - Z_L)}{m_{33} (Z_A - Z_L)} \quad (4-19)$$

- b) Linealizar las ecuaciones desarrolladas en el inciso (b). Las ecuaciones (4-18) y (4-19), no son lineales, e incluyen nueve incógnitas: los tres desplazamientos angulares ( $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\kappa$ ), mismos que se encuentran contenidos en las  $m$ 's; las coordenadas de la estación de exposición ( $X_L$ ,  $Y_L$ ,  $Z_L$ ); y las coordenadas del punto objeto ( $X_A$ ,  $Y_A$ ,  $Z_A$ ).

Estas ecuaciones, por el hecho de ser no lineales, presentan dificultad para su solución. Para simplificarlas; puede linealizarse; empleando el "Teorema de Taylor". De esta forma, las ecuaciones (4-18) y (4-19), se reescri-

ben de la manera siguiente:

$$F = 0 = qx_a + rf \quad (4-20)$$

$$G = 0 = qy_a = sf \quad (4-21)$$

Donde,

$$q = m_{31} (X_A - X_L) + m_{32} (Y_A - Y_L) + m_{33} (Z_A - Z_L)$$

$$r = m_{11} (Z_A - Z_L) + m_{12} (Y_A - Y_L) + m_{13} (X_A - X_L)$$

$$s = m_{21} (X_A - X_L) + m_{22} (Y_A - Y_L) + m_{23} (Z_A - Z_L)$$

De acuerdo nuevamente al Teorema de Taylor, las ecuaciones (4-20) y (4-21), se linealizan, empleando unicamente las primeras derivadas parciales, y por lo tanto, llegar a la solución del problema, mediante el empleo de un proceso iterativo.

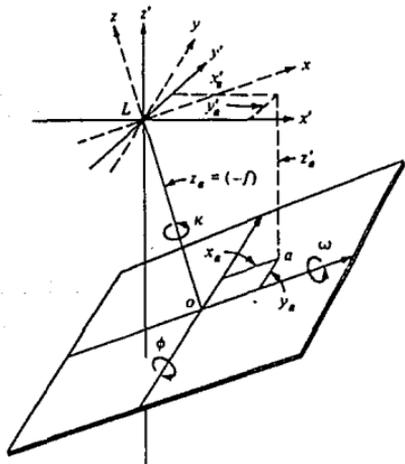


Fig. 4-7. Coordenadas fotográficas del punto imagen a y rotación del sistema  $x'y'z'$ .

$$\begin{aligned}
0 = (F)_o &+ \frac{\partial F}{\partial x_a} dx_a + \frac{\partial F}{\partial \omega} d\omega + \frac{\partial F}{\partial \phi} d\phi \\
&+ \frac{\partial F}{\partial \kappa} d\kappa + \frac{\partial F}{\partial X_L} dX_L + \frac{\partial F}{\partial Y_L} dY_L \\
&+ \frac{\partial F}{\partial Z_L} dZ_L + \frac{\partial F}{\partial X_A} dX_A + \frac{\partial F}{\partial Y_A} dY_A \\
&+ \frac{\partial F}{\partial Z_A} dZ_A
\end{aligned} \tag{4-22}$$

$$\begin{aligned}
0 = (G)_o &+ \frac{\partial G}{\partial y_a} dy_a + \frac{\partial G}{\partial \omega} d\omega + \frac{\partial G}{\partial \phi} d\phi \\
&+ \frac{\partial G}{\partial \kappa} d\kappa + \frac{\partial G}{\partial X_L} dX_L + \frac{\partial G}{\partial Y_L} dY_L \\
&+ \frac{\partial G}{\partial Z_L} dZ_L + \frac{\partial G}{\partial X_A} dX_A + \frac{\partial G}{\partial Y_A} dY_A \\
&+ \frac{\partial G}{\partial Z_A} dZ_A
\end{aligned} \tag{4-23}$$

En las ecuaciones (4-22) y (4-23),  $(F)_o$  y  $(G)_o$  son las funciones  $F$  y  $G$  de las ecuaciones (4-20) y (4-21), evaluadas para una aproximación inicial de las nueve incógnitas; los términos  $(\partial F/\partial x)_o$ ,  $(\partial F/\partial \omega)_o$ ,  $(\partial F/\partial \phi)_o$ , etc., son las derivadas parciales de las funciones  $F$  y  $G$  con respecto a las incógnitas indicadas, evaluadas en su aproximación inicial; y  $dx_a$ ,  $d\omega$ ,  $d\phi$ , etc., son correcciones -- aplicadas a las aproximaciones iniciales de las incógnitas. Las unidades en que se encuentran expresadas las diferenciales  $d\omega$ ,  $d\phi$  y  $d\kappa$ , son radianes,  $dx_a$  y  $dy_a$ , son correcciones a las fotocoordenadas medidas  $x_a$  y  $y_a$ ; esencialmente, se simbolizan mediante  $v_{x_a}$  y  $v_{y_a}$ . Por otro lado, las derivadas parciales  $\partial F/\partial x_a$  y  $\partial G/\partial y_a$ , son ambas iguales a  $q$ . Sustituyendo a estas derivadas por  $q$ , en las ecuaciones (4-22) y (4-23), cambian-

do a el lado izquierdo de las ecuaciones los términos  $-qdx_a$  y  $qdy_a$ , dividiendo cada ecuación por  $q$ , reemplazando  $dx_a$  y  $dy_a$  por  $v_{xa}$  y  $v_{ya}$  respectivamente, se tiene la siguiente forma simplificada de las ecuaciones de condición de colinealidad:

$$\begin{aligned} v_{xa} = & b_{11} d\omega + b_{12} d\phi + b_{13} d\kappa - b_{14} dX_L \\ & - b_{15} dY_L - b_{16} dZ_L + b_{14} dX_A \\ & + b_{15} dY_A + b_{16} dZ_A + J \end{aligned} \quad (4-24)$$

$$\begin{aligned} v_{ya} = & b_{21} d\omega + b_{22} d\phi + b_{23} d\kappa - b_{24} dX_L \\ & - b_{25} dY_L - b_{26} dZ_L + b_{24} dX_A \\ & + b_{25} dY_A + b_{26} dZ_A + K \end{aligned} \quad (4-25)$$

En las ecuaciones (4-24) y (4-25), J y K son iguales a  $(F)\circ/q$  y  $(G)\circ/q$  respectivamente. Las b's son coeficientes iguales a las derivadas parciales, estos coeficientes son expresados más adelante, en los cuales  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ , y  $\Delta Z$  son iguales a  $(X_A - X_L)$ ,  $(Y_A - Y_L)$  y  $(Z_A - Z_L)$  respectivamente. El valor numérico de estos coeficientes, se obtienen mediante el uso de aproximaciones iniciales para las incógnitas.

$$b_{11} = \frac{x}{q} (-m_{33} \Delta Y + m_{32} \Delta Z) + \frac{f}{q} (-m_{13} \Delta Y + m_{12} \Delta Z) =$$

$$\begin{aligned} b_{12} = & \frac{x}{q} \Delta X \cos \phi + \Delta Y (\sin \omega \sin \phi) + \Delta Z (-\sin \phi \cos \omega) \\ & + \frac{f}{q} \Delta X (-\sin \phi \cos \kappa) + \Delta Y (\sin \omega \cos \phi \cos \kappa) \\ & + \Delta Z (-\cos \omega \cos \phi \cos \kappa) \end{aligned}$$

$$b_{13} = \frac{f}{q} (m_{21} \Delta X + m_{22} \Delta Y + m_{23} \Delta Z)$$

$$b_{14} = \frac{x}{q} (m_{31}) + \frac{f}{q} (m_{11})$$

$$b_{15} = \frac{x}{q}(m_{32}) + \frac{f}{z}(m_{12})$$

$$b_{16} = \frac{x}{q}(m_{33}) + \frac{f}{q}(m_{13})$$

$$J = \frac{(qx + rf)}{q}$$

$$b_{21} = \frac{y}{q}(-m_{33} \Delta Y + m_{32} \Delta Z) + \frac{f}{q}(-m_{23} \Delta Y + m_{22} \Delta Z)$$

$$b_{22} = \frac{y}{q} \Delta X \cos \phi + \Delta Y (\text{sen } \omega \text{ sen } \phi) + \Delta Z (-\cos \omega \text{ sen } \phi) \\ + \frac{f}{q} \Delta X (\text{sen } \phi \text{ sen } \kappa) + \Delta Y (-\text{sen } \omega \cos \phi \text{ sen } \kappa) \\ + \Delta Z (\cos \omega \cos \phi \text{ sen } \kappa)$$

$$b_{23} = \frac{y}{q}(-m_{11} \Delta X - m_{12} \Delta Y - m_{13} \Delta Z)$$

$$b_{24} = \frac{y}{q}(m_{31}) + \frac{f}{q}(m_{21})$$

$$b_{25} = \frac{y}{q}(m_{32}) + \frac{f}{q}(m_{22})$$

$$b_{26} = \frac{y}{q}(m_{33}) + \frac{f}{q}(m_{23})$$

$$K = \frac{(qy + sf)}{q}$$

LABORATORIO No. 5

ORIENTACION RELATIVA  
DEPENDIENTE

- OBJETIVO:** Efectuar la Orientación Relativa Dependiente de un par fotográfico.
- EQUIPO Y MATERIAL:** - Estereoplanógrafo C-8  
- Un par de diapositivas (formato 23 x 23 cm)
- PROCEDIMIENTO:**
- I. Seleccionar seis puntos dentro del área fotográfica traslapada.
  - II. Eliminar la paralaje en Y, mediante la:
    - a) Traslación  $Y'$  (by).
    - b) Rotación  $\kappa$ .
    - c) Traslación Z (bz).
    - d) Rotación  $\phi$ .
  - III. Verificar la nulidad de paralaje - en Y.
  - IV. Tabular resultados.

## INTRODUCCION:

En el Laboratorio No. 4, se habló de un método para realizar la Orientación Relativa, moviendo un sólo proyector. Para efectuar la Orientación Relativa Dependiente, uno de los proyectores, debe permanecer fijo, de ahí su nombre "dependiente". Girando sólo una de las proyecciones en torno a los ejes X, Y, Z, y desplazándola en dirección de los ejes Y y Z, se logra el objetivo propuesto.

En determinadas ocasiones, se requiere hacer la Orientación Relativa, de tal forma que uno de los proyectores permanezca inmóvil. Esto es debido al manejo de una serie fotográfica correspondiente a una línea de vuelo; ya que después de haber orientado las diapositivas del primer par, la segunda diapositiva debe quedar fija, orientando la siguiente diapositiva en función de su anterior. Con ésto se evita desorientar el modelo ya tratado. Después de la primera Orientación Relativa, las subsecuentes se harán necesariamente dependientes de su anterior.

Este tipo de orientación, es empleada en aparatos como: Multiplex, Balplex (se trabaja con varios modelos a la vez) y Estereoplanígrado C-8 (fig. 5-1); ya que en el caso del AG-1, se manejan modelos independientes, resolviendo el problema en forma analítica, principalmente.

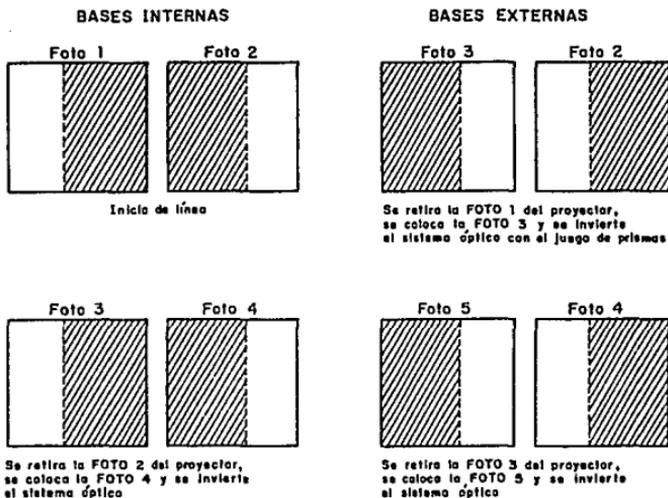


Fig. 5-1. El Estereoplanógrafo C-8, posee un juego de -- prismas móviles, que lo habilitan para trabaajar bajar con bases externas e internas.

#### DESARROLLO:

##### I. Seleccionar seis puntos dentro del área fotográfica traslapada.

Dentro de la zona común de ambos fotogramas, se eligen seis puntos; los cuales, deben tener una distribución lo más cercana posible, a la disposición que mantienen los puntos referidos en el Laboratorio No. 2 (fig. 2-12); conservando la misma numeración.

El portafotogramas a mantener fijo, puede ser cualquiera (en este ejercicio se eligió el izquierdo). Es recomendable, que las escalas de medición para  $b_x$ ,  $b_y$ ,  $b_z$ ,  $\omega$ ,  $\phi$  y  $\kappa$ , de ambos portafotogramas, se ajusten a las lecturas indicadas en la tabla 4.1-1. De esta forma, todos los puntos del modelo podrán ser observados. De lo contrario, se corre el riesgo de que algunas partes del modelo (los extremos) no entren en el campo de observación del C-8. Cuando este campo de observación es

excedido, se acciona un timbre, automáticamente, que lo hace notar.

Los seis puntos elegidos, se encuentran señalados en la figura 5-2. Cabe mencionar, que de no ser posible escoger los puntos en la posición indicada en la introducción de este Laboratorio, es recomendable que se localicen fuera del área comprendida por los puntos aludidos.

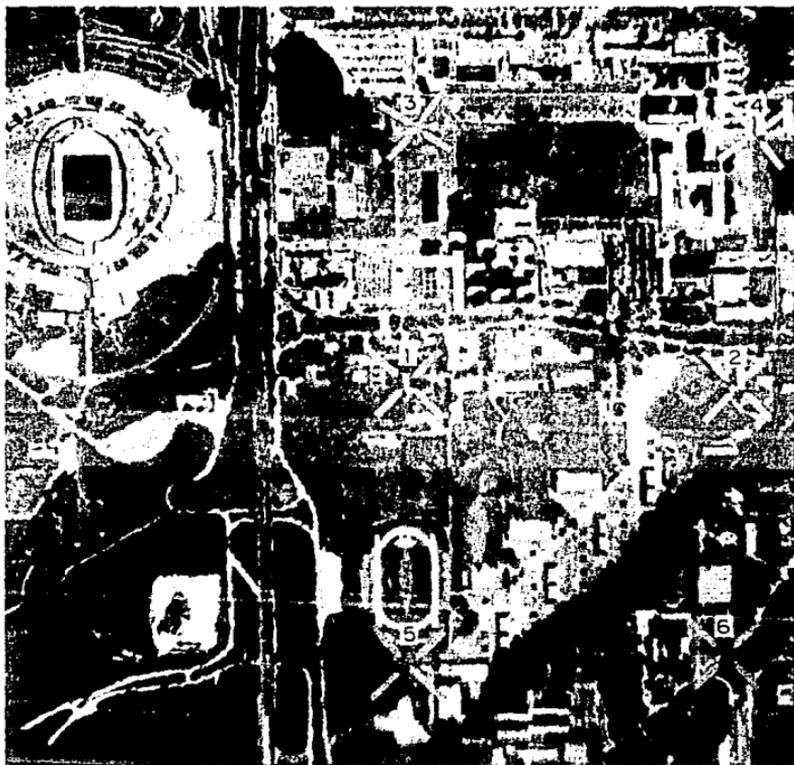


Fig. 5-2. Puntos elegidos en el área traslapada (escala de la diapositiva original 1: 10000).

ESCALA	LECTURA
bx	100 mm
xy	30 mm
bz	20 mm
$\omega$	0 <sup>g</sup>
$\phi$	0 <sup>g</sup>
$\kappa$	0 <sup>g</sup>

Tabla 5.1-1. Lecturas fijas en las escalas del portafotogramas izquierdo (c-8)

## II. Eliminar la paralaje en Y, mediante la:

### a) Traslación Y (by).

Analizando la tabla 2.1-1, se observa que al punto 2, lo influyen dos movimientos (no se consideran las componentes en X, por no provocar paralaje en Y). Estableciendo que la paralaje originada por el giro es nula, al punto 2 sólo lo influirá la traslación y (by). Se desplaza la proyección derecha del punto 2 a lo largo del eje Y, empleando la perilla correspondiente a by, en dirección a su punto homólogo (proyección izquierda), como se observa en la figura 5-3. Eliminando así, la separación que sufren ambas imágenes del punto 2; respecto a el eje Y. Reduciéndose simultáneamente en uno, los movimientos que influyen sobre todos los demás puntos y provocan paralaje en Y. La marca flotante ayuda a refinar esta corrección; ya que el colocarla sobre el punto, si aún existe paralaje en el mismo, las dos imágenes de la marca flotante, no se ve fusionada perfectamente.

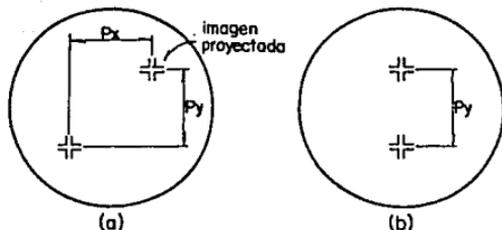


Fig. 5-3. (a) La paralaje en X se elimina, elevando o descendiendo la marca flotante. (b) La paralaje en Y se elimina con el movimiento en turno.

b) Rotación  $\kappa$ .

Eligiendo entre los puntos 1, 4 o 6 (porque en ellos influyen ahora sólo dos movimientos), se escoge el punto 1 y se corrige la paralaje con la perilla correspondiente, procediendo de manera similar al caso anterior. Nuevamente se utiliza la marca flotante, para afinar la corrección. Entonces, se reducen en uno los movimientos que provocan paralaje en los puntos restantes.

c) Traslación Z ( $b_z$ ).

Los puntos 4 y 6, quedan con dos movimientos que les originan paralaje en Y. Se elige el punto 4 y se elimina su paralaje; como en los casos anteriores, girando la perilla correspondiente a  $b_z$ . El número de componentes en Y, se reduce en uno, para los demás puntos; simultáneamente al 4.

d) Rotación  $\phi$ .

Finalmente, los puntos 3 y 5 quedan con influencia de un movimiento, siendo el giro  $\phi$ . Para anular esta influencia, se acciona la perilla correspondiente a  $\phi$ , del punto 3; expleando la marca flotante para afinar la corrección.

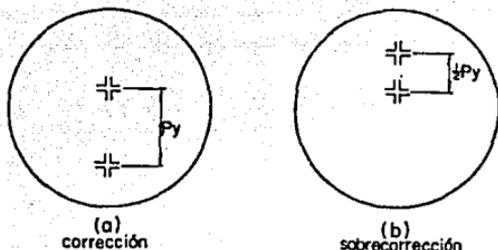


Fig. 5-4. Sobrecorrección en el punto 6, empleando la rotación  $\omega$ .

### III. Verificar la nulidad de paralaje en Y.

Al término del inciso (d) en el paso (II), todos los puntos del modelo deben quedar sin paralaje. Esto se comprueba en el punto 6, si éste no sufre de paralaje, la orientación propuesta concluye. En caso contrario, el error (paralaje) se corrige desplazando la proyección de la imagen derecha del punto en cuestión, mediante la perilla para la rotación  $\omega$ , en dirección a su imagen homóloga izquierda, y con una magnitud -- aproximada de: 1.5 veces el error. Esto es porque se ha observado, que esta cantidad en corrección (1.5), ayuda a una pronta solución del problema (fig. 5-4). Los pasos (II) y (III), se repiten hasta que el punto 6 quede sin paralaje.

### IV. Tabular resultados.

En la práctica realizada, se logró la Orientación Relativa Dependiente en la tercera iteración, moviendo sólo el portafotogramas derecho. Las lecturas de las escalas para este portafotogramas, después de haber establecido la orientación tratada, se muestran en la tabla 4.1-2.

La dificultad para establecer la Orientación Relativa, no depende sólo del operador, deben tomarse muy en cuenta, las condiciones en que se encuentre el aparato restituidor.

ESCALA	LECTURA
bx	100.000 mm
by	35.231 mm
bz	20.611 mm
$\omega$	$0^g 58^c 20^{cc}$
$\phi$	$399^g 73^c 70^{cc}$
$\kappa$	$398^g 73^c 50^{cc}$

Tabla 5.1-2. Lecturas finales en las escalas del por tafotogramas derecho (C-8).

Por supuesto, estas lecturas finales, no tienen porque ser necesariamente iguales, que otras orientaciones -- del mismo tipo; por las razones expuestas en el Laboratorio No. 4 (fig. 4-2).

## LABORATORIO No. 6

### ORIENTACION RELATIVA INDEPENDIENTE

**OBJETIVO:** Efectuar la Orientación Relativa Independiente de un par fotográfico.

**EQUIPO Y MATERIAL:**

- Aviógrafo AG-1
- Un par de diapositivas (formato 23 x 23 cm)

**PROCEDIMIENTO:**

- I. Elaborar un cuadro sinóptico para ambos portafotogramas, que muestre las componentes en Y, generadas por los seis movimientos.
- II. Seleccionar seis puntos, dentro del área fotográfica traslapada.
- III. Eliminar la paralaje en Y, mediante:
  - a) Rotación  $\kappa$  derecha.
  - b) Rotación  $\kappa$  izquierda
  - c) Rotación  $\phi$  derecha
  - d) Rotación  $\phi$  izquierda

e) Sobrecorregir la paralaje residual con la rotación  $\omega$ .

f) Verificar la total eliminación de la paralaje en Y.

IV. Tabular resultados.

#### INTRODUCCION:

El método para orientar relativamente un par fotográfico moviendo ambos proyectores, fue referido en el Laboratorio No. 4. Este método, recibe el nombre de Orientación-Relativa Independiente. Precisamente el término "independiente", se debe a que los fotogramas se mueven alternadamente y sin depender, prácticamente, el uno del otro. La Orientación Relativa Independiente, se emplea por lo general, en el inicio de los pares fotográficos de una línea, no depende de ninguno anterior. Este tipo de orientación, puede ser practicada en restituidores analógicos; tales como: Multiplex, Balplex, Estereoplanógrafo C-8; es decir, aparatos de tipo universal, los cuales -- pueden trabajar con diapositivas colocadas con su base -- hacia adentro o hacia afuera (fig. 5-1); permitiendo con esto, realizar aerotriangulación (nombre genérico asignado a los diferentes métodos para extender el control terrestre, fotogramétricamente, reduciendo así el trabajo-

de campo, y por ende el costo del proyecto, ver figura - 6-1).

En el Aviógrafo AG-1, siempre se utiliza la Orientación-Relativa Independiente, para recrear los modelos este- - reoscópicos. No obstante, también puede efectuarse la - aerotriangulación, operando conjuntamente con una compu- tadora.

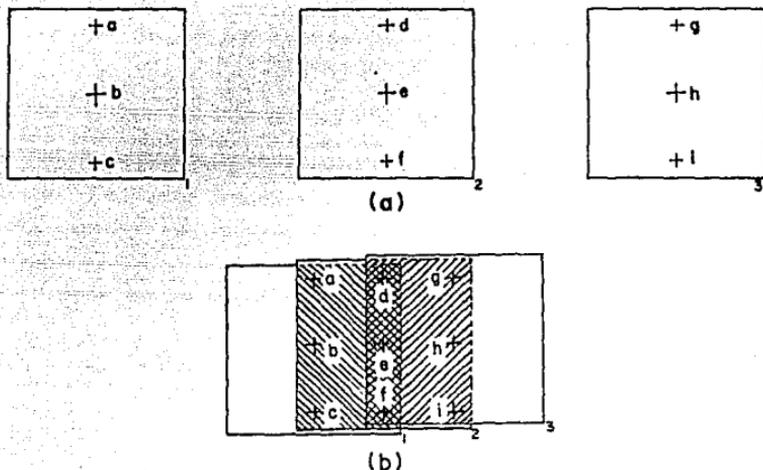


Fig. 6-1. (a) Localización ideal de los puntos de pase, para la propagación analógica de control terrestre. (b) Localización de los puntos de pase en dos modelos adyacentes.

El orden impuesto en este Laboratorio y el anterior, es- meramente con fines didácticos. Ya que la Orientación Re lativa Dependiente, se comprende más fácilmente el uso - de la tabla 2.1-2. En realidad, siguiendo una secuencia- lógica, debería ser primero la Independiente, y posterior a ésta, la dependiente, puesto que la primera se emplea- en el modelo inicial de línea de vuelo, y la segunda, en los siguientes.

DESARROLLO:

1. Elaborar un cuadro sinóptico para ambos portafotogramas, que muestre las componentes en Y, generadas por los seis movimientos.

Primeramente debe considerarse, que los puntos en uno y otro fotograma, pertenecientes a un par, no se sitúan en el mismo lugar (fig. 1-12). Entonces, los efectos no serán iguales en ambas imágenes, al practi-

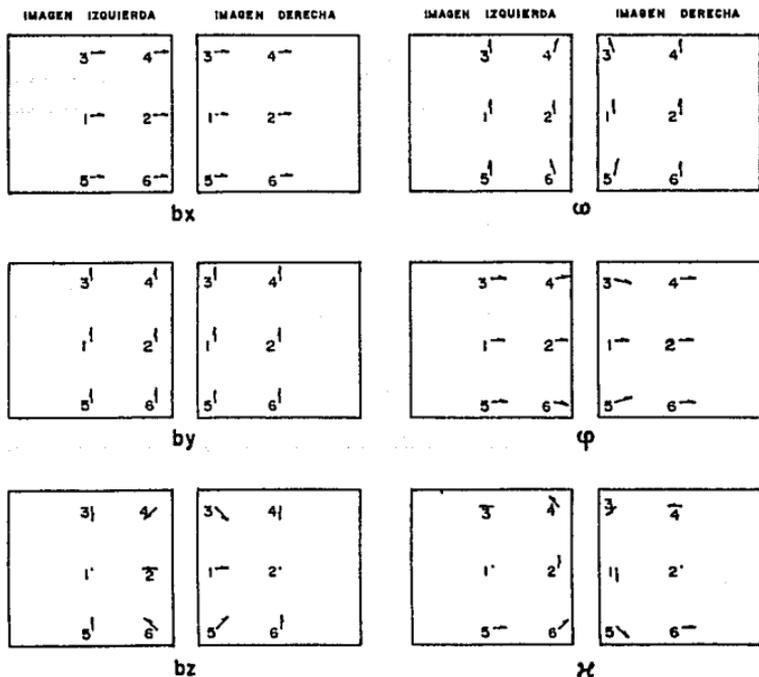


Fig. 6-2. Efecto de los movimientos de los portafotogramas.

car un movimiento en las diapositivas (fig. 6 -2)

En base a los gráficos presentados en la figura 6-2, se elabora el cuadro sinóptico requerido (tabla 6.1-1).

II. Seleccionar seis puntos dentro del área fotográfica - traslapada.

Como en el caso de la Orientación Relativa Dependiente, se eligen seis puntos dentro de la zona de traslapo. Los puntos seleccionados, se muestran en la figura 6-3.

Es recomendable que las lecturas en los dispositivos de medición del AG-1, para los giros de cada portafotogramas, se ajusten a los valores indicados en la tabla 6.1-2.

Punto Leopoldo Lepidoptera	1		2		3		4		5		6	
	izq.	der.										
bx												
by	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
bz					•	•	•	•	•	•	•	•
$\omega$	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
$\phi$					•	•			•	•		
$\chi$		•	•			•	•			•	•	
$\Sigma p_y$	2	3	3	2	3	5	5	3	3	5	5	3

Tabla 6.1-1. El espacio punteado, indica, que el movimiento correspondiente, causa alteraciones a lo largo del eje Y - - ( $p_y$ ), en el punto tratado.

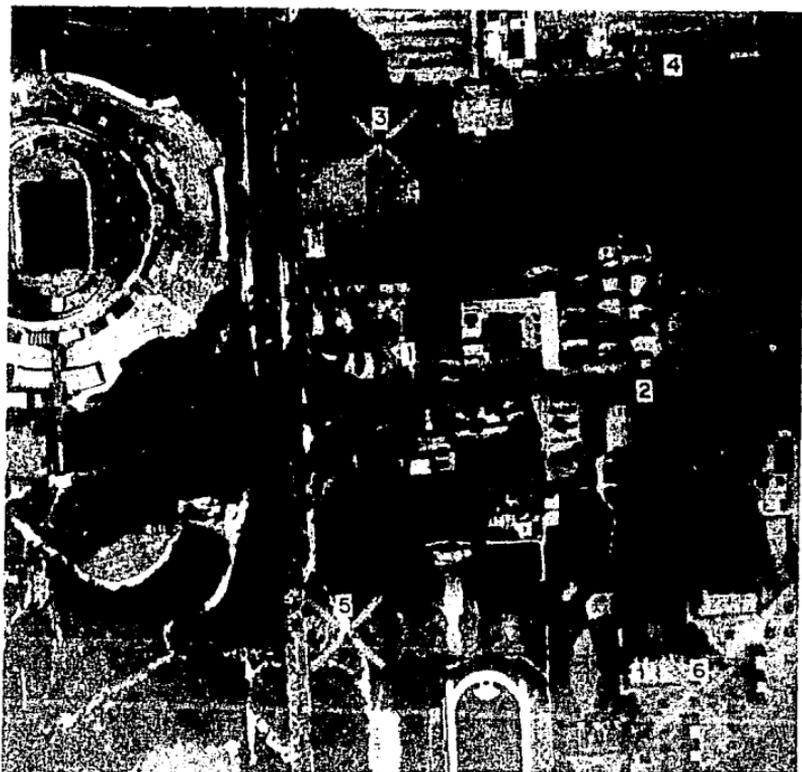


Fig. 6-3. Puntos seleccionados (escala original 1 : 4000).

ROTACION	LECTURA
$\omega$	100.000 <sup>g</sup>
$\phi$	100.000 <sup>g</sup>
$\kappa$	00.000 <sup>g</sup>

Tabla 6.1-2 Lecturas iniciales para los giros.

### III. Eliminar la paralaje en Y, mediante:

#### a) Rotación $\kappa$ derecha.

En la tabla 6.1-1, se distingue que los puntos con menor número de movimientos originadores de paralaje, son el 1 de la diapositiva izquierda, y el 2 de la derecha. Considerando que el movimiento  $\omega$  de ambos portafotogramas, no provoca paralaje, sólo quedaría por eliminar en los puntos mencionados.

El error causado por  $b_y$  izquierdo en el punto 1 izquierdo, se elimina con la rotación  $\kappa$  derecha, girando la perilla propia para efectuar dicho movimiento. Al tener la coincidencia de imágenes puntuales, después de haber afinado la corrección con ayuda de la marca flotante, se nulifica la paralaje, en el punto 1, originada por  $b_y$  en ambos lados; además, el error ocasionado por  $\kappa$  derecha, se elimina en los puntos donde influye (1, 3 y 5, derechos). Más aún, nótese en la figura 6-2, que sí se combinan los movimientos  $\kappa$  y  $\phi$ , se compensan los errores ocasionados por  $b_y$  y  $b_z$ , en los puntos 3 y 5, de ambos lados.

#### b) Rotación $\kappa$ izquierda.

Al punto 2 derecho, ahora sólo lo afecta el movimiento  $b_y$  derecho. Esta influencia, puede eliminarse al girar la perilla para  $\kappa$  izquierda; suprimiendo así, la paralaje en el punto 2, provocada por  $b_y$  (izquierda y derecha); así mismo, en los puntos donde ejerce influencia  $\kappa$  izquierda (2, 4 y 6, izquierdos), y también, parcialmente, donde tiene efecto  $b_y$  y  $b_z$  (puntos 4 y 6).

Nótese que si el punto 1, correspondiera justamente con el punto principal de la diapositiva izquierda, al eliminar la paralaje en el punto 2, este movimiento no afectaría en gran medida, a la corrección practicada en el punto 1, ya que la proyección giraría en torno a este punto (fig. 6-2). Idem, si el punto 2 corres-

pondiera con el punto principal de la diapositiva derecha.

c) Rotación  $\phi$  derecha.

Volviendo a la tabla 6.1-1, puede notarse, que después de las correcciones practicadas, los puntos 3 y 5 (izquierdos), y 4 y 6 (derechos), ahora sólo son -- afectado parcialmente, por los movimientos by y bz. - Para eliminar totalmente la paralaje provocada por by y bz derechas, debe utilizarse el giro  $\phi$  derecho.

Pasando al punto 3 seleccionado, y accionando el volante controlador del giro en torno al eje Y, del portafotogramas derecho, se elimina simultáneamente, la paralaje originada por by y bz, en los puntos 3 y 5, - además, se anula también, la que provoca  $\phi$  derecho -- (puntos 3 y 5, derechos).

d) Rotación  $\phi$  izquierda.

Con idénticas observaciones iniciales que en el caso anterior, la paralaje en Y provocada por by izquierda, se elimina empleando el giro  $\phi$  izquierdo.

En este caso, el operador debe observar a través de los binoculares del aparato el punto 4 (puede ser cualquier otro punto, pero siguiendo este orden, casi se forma una figura regular, agilizando así la operación) Al haber practicado la corrección correspondiente, en el punto 4, se anula al mismo tiempo, la paralaje en los puntos 4 y 6, originada por by y bz, y la que produce  $\phi$  izquierdo (4 y 6, izquierdos).

Cabe hacer notar, que el AG-1, sufre una descompensación al emplear los giros  $\omega$  y  $\phi$ ; provocando con ello, que el control manual de trazo, si el operador no lo sujeta, se desplace solo. Para contrarrestar este efecto, se localizan, junto a cada portafotogramas, dos tornillos compensadores (con cabeza esférica); - uno para  $\omega$  y otro para  $\phi$ , cada uno debe ajustarse a la lectura indicada en el dispositivo correspondiente.

e) Sobrecorregir la paralaje residual con la rotación  $\omega$ . Si los puntos tuviesen la posición ideal mencionada, y la paralaje provocada por  $\omega$ , si fuese cero, después de los movimientos anteriormente practicados, el par de diapositivas quedaría orientado relativamente. Pero no siendo éste, el caso general, debe ser aplicada una corrección a la orientación lograda hasta el momento. Esta corrección, se estima en 1.5 veces el error observado en el punto 5 6 6, y se administra mediante el giro  $\omega$  de cualquier portafotogramas. Esto es, porque casi se tiene un paralelismo entre los ejes X's, de ambos portafotogramas; y resulta indistinto girar cualquiera de éstos, en torno a su eje X. Cuando la corrección practicada en este inciso sea nula, se pasará al inciso (b); de lo contrario, se repetirá íntegramente el paso III.

f) Verificar la total eliminación de la paralaje en Y. Este inciso puede resultar sólo una repetición parcial del anterior, pero debe efectuarse, ya que en ocasiones, al estudiar otras partes del modelo, la paralaje aún persiste. Para esta, no remota posibilidad, el observador operante, debe situarse en el punto restante (donde no ha sido practicada ninguna corrección); y ahí, puede percibirse una mala Orientación Relativa del par, puede verse estereovisión en el punto, pero la marca flotante, no se observa perfectamente fusionada (la media marca izquierda con la media marca derecha). De ser así, el par no ha sido orientado relativamente, y todos los pasos seguidos para tal fin, se repetirán íntegramente.

#### IV. Tabular resultados.

Este paso sólo consiste en ordenar, en forma tabulada, los resultados obtenidos de la Orientación Relativa. Estos resultados, son lecturas correspondientes a los tres giros, y se muestran en la siguiente tabla.

ROTACION IZQUIERDA	LECTURA	ROTACION DERECHA	LECTURA
$\omega$	100.000 <sup>g</sup>	$\omega$	102.845 <sup>g</sup>
$\phi$	98.740 <sup>g</sup>	$\phi$	99.218 <sup>g</sup>
$\kappa$	97.900 <sup>g</sup>	$\kappa$	96.315 <sup>g</sup>

Tabla 6.1-3. Lecturas finales al establecer la Orientación Relativa Independiente.

## LABORATORIO No. 7

### PLANO BASE

#### OBJETIVO:

Elaborar el Plano Base, para restituir un par de fotogramas de Cd. Universitaria.

#### EQUIPO, MATERIAL Y DATOS:

- Una hoja de papel herculene de 420 x 594 mm (tamaño A2 de las normas DIN)
- Una regla graduada con varias escalas
- Un lápiz 3H
- Datos de control terrestre

#### PROCEDIMIENTO:

- a) Analizar la relación que existe entre las escalas del plano por elaborar y los fotogramas.
- b) Dibujar sobre el papel un sistema - coordinado.
- c) Graficar los datos de control terrestre.

## INTRODUCCION:

Para poder llevar a cabo la Orientación Absoluta de un par de fotogramas, se requiere elaborar un plano que contenga los datos elementales de control terrestre (dos puntos de control horizontal y tres de control vertical, como mínimo). Este plano recibe el nombre de Plano Base, por ser precisamente un apoyo para continuar la restitución, y la escala a la que debe ser realizado, se determina antes de efectuar el vuelo fotográfico; de hecho, la altura de vuelo (escala fotográfica) está en función de la escala del plano. Para la elección de esta última escala, deben tomarse en cuenta las características y alcances del sistema de trazo del aparato restituidor a utilizar, el uso para el cual está destinado el plano, y la importancia que el solicitante le da a los pequeños detalles (calles, arroyos, vías férreas, postes para teléfonos, electricidad y telégrafos, etc.). Esto es, porque los restituidores analógicos tienen un rango óptimo para poder amplificar la imagen del fotograma, y pueda ser confiable para fines métricos. En algunos casos este rango asciende a 5 veces la escala del fotograma (el AG-1, tiene un rango óptimo de 3.75 veces, pero presenta algunos problemas). Se dijo que el uso a dar al plano, es importante en la decisión de su escala; ya que, en ocasiones, se desean trazar curvas de nivel a cada 50 cm, 1, 5, 50 m, etc. Aunque también, debe contemplarse el tipo de terreno representado por el modelo. El intervalo míni

mo entre curvas de nivel (I.C.), en que un aparato restituidor puede trazalas, se da generalmente en términos de un factor C; el cual es el cociente entre la altura media de vuelo y el intervalo mínimo entre isohipsas.

$$\text{factor C} = \frac{H}{I.C.}$$

#### DESARROLLO:

- a) Analizar la relación que existe entre las escalas del plano y los fotogramas.

Como pudo haberse comprendido, durante la introducción teórica expuesta anteriormente, la escala del plano, ya había sido fijada de antemano, dado que se tiene una escala de 1 : 4000 en las diapositivas empleadas durante el proceso de restitución. Sin embargo, podría partirse a la inversa; es decir, con la escala fotográfica de 1 : 4000, y una ampliación de 2 veces la imagen fotografiada, usando el AG-1 la escala estimada para el plano, fue de:

$$\text{Esc. plano} = 1/4000 \times 2 = 1/2000$$

Tomando en cuenta que la distancia entre los puntos de control horizontal A y B es igual a 855.537 m, (tabla 7.1-1) quedaría representada en el papel, por una magnitud de 42.78 cm. Un detalle del terreno, con una dimensión de 2m, quedará representado en el plano, por un milímetro (si se practica una ampliación de 3 veces, los errores inherentes en el trazo se multiplican disminuyendo la calidad del trabajo). Las observaciones anteriores, pudieron haber sido consideradas, para la determinación de la escala 1 : 2000 en el plano.

- b) Dibujar sobre el papel un sistema coordemado.

Esta labor, debe realizarse con un instrumento habilitado para tal fin. El coordinatógrafo C-8 (ver Laboratorios Núms. 1 y 2, figuras 1-11 y 2-5), y el coordi-

natógrafo de placa, (figs. 7-4 y 7-5), son dos de ellos. Para desarrollar este inciso, con cualquiera de los aparatos mencionados, es importante considerar la dimensión (en planta) total del modelo, y el tamaño del papel solicitado; es decir, el área cubierta por el estereomodelo, debe acomodarse en el papel, en tal forma que no rebase los límites señalados por el espacio destinado a la simbología, cuadro de referencia, etc. (fig. 7-1). Sólo para orientación del operador, podría esbozarse un ligero trazo en el papel, -- con el cual se cubra el área ocupada por el modelo, y se identifique en este trazo, una línea Norte-Sur aproximada.

En seguida, se describe el modo de dibujar el sistema coordenado, en cada instrumento señalado.

#### Coordinatógrafo C-3

El papel herculene, se orienta y fija de tal forma, -- que la línea Norte-Sur identificada, quede más o menos paralela al eje Y del coordinatógrafo, con el Norte señalando hacia el frente del operador y dentro -- del campo de acción de la punta trazadora.

Sobre la conexión entre las estructuras metálicas, correspondientes a los ejes X y Y, se localiza una pequeña palanca, al igual que sobre el carro de la puntrazadora; estas palancas, son las que conectan y des-- conectan a dicho carro, del control manual mecánico --

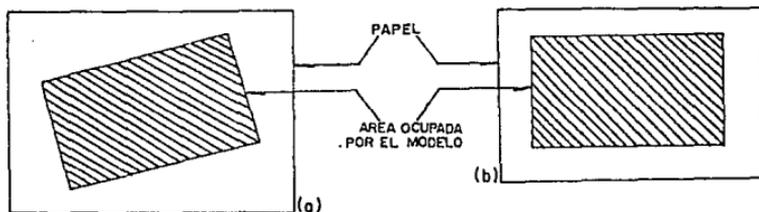


Fig. 7-1. Forma de acomodar el modelo en el plano. (a) Incorrecta.  
(b) Correcta.

(manivelas, ver figura 7-2), para poder desplazarse libremente. Estando en dicha situación, se coloca la punta trazadora, aproximadamente, en el lugar ocupado por uno de los puntos de control horizontal (una fotografía correspondiente al modelo, puede ayudar en la ubicación de la punta trazadora). En seguida, se conecta el carro con las palancas referidas fijando su movimiento. A la derecha de la mesa de trazo, se encuentran las escalas micrométricas, correspondientes a los ejes Y (izquierda) y X (derecha), con su manivela particular (fig. 7-2). Por detrás de cada una de estas escalas, y a un nivel inferior, se localiza una pequeña palanca, con tres diferentes posiciones (superior, media e inferior). La palanca para Y, en la posición superior y accionando la manivela correspondiente, incrementa la lectura en la escala, cuando el carro de la punta trazadora se desplaza hacia el operador; en la posición media, modifica la ubicación --

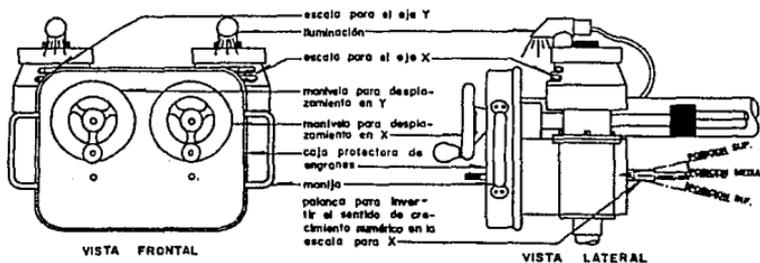


Fig. 7-2. Detalle para la identificación del control de funcionamiento en el coordinatógrafo.

del carro, pero no la lectura; y en la inferior, inferior, incrementa la lectura, cuando el carro se aleja del operador. La palanca para X, en la posición superior, incrementa la lectura cuando el carro corre a la derecha del operador; en la posición media, no modifica la lectura, aunque el carro se reubique; y en la inferior, incrementa la lectura, cuando el carro se mueve hacia la izquierda.

Por otra parte, la escala para el trazo debe adaptarse a la escala del plano. Para ello, primeramente de be consultarse la tabla para escalas, en la que se presentan las posibles combinaciones de engranes, con las que se puede adaptar la escala para el sistema de trazo. Bastará con colocar cuidadosamente los engranes correspondientes, en la sección respectiva (en la parte posterior de las manivelas); retirando primero las manivelas de su lugar, y después la pieza metálica, o caja protectora (fig. 7-2), jalando de sus dos manijas.

Para la escala de 1 : 2000, la combinación de engranes será, para ambos ejes:

piñón 92; arriba  
piñón 46; abajo

De esta forma, una lectura cualquiera, puede estimarse en base a la figura 7-3

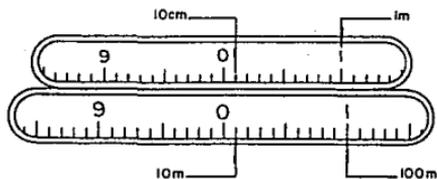


Fig. 7-3. Equivalente para la escala 1 : 2000.

Colocando las dos últimas palancas referidas, en la posición media y accionando las manivelas, se ajustan las escalas, aproximadamente, a los valores correspondientes para X y Y, del punto en donde se ubicó, relativamente, la punta trazadora. La palanca para Y, se coloca en su posición inferior, y la de X, en la superior. En seguida, se vuelve a ajustar las escalas pero a valores múltiplos de 20m; y se van haciendo pequeñas marcas, también a cada 200m (a cada 10cm. en magnitud real), en dirección de los ejes X y Y. Basta con marcar dos hileras paralelas de puntos, a lo largo de cada uno de estos mismos ejes, en la parte más cercana de los límites del modelo; posteriormente, se unirían pares de puntos correspondientes, formando un reticulado. Finalmente, se asignan los valores respectivos a cada eje de ordenadas y abscisas

#### Coordinatógrafo de Placa

El aparato en turno, se compone de una placa de metal-invar rectangular, con hileras de perforaciones a cada 10cm (fig. 7-4), y un picógrafo (fig. 7-5).

Análogamente al caso anterior, el papel herculene se orienta debajo de la placa de forma que, la línea Norte-Sur quede aproximadamente paralela a una de las hileras de perforaciones, y procurando que de acuerdo a los datos de control terrestre, puedan ser graficados los mismos, sin invadir las zonas para la simbología y

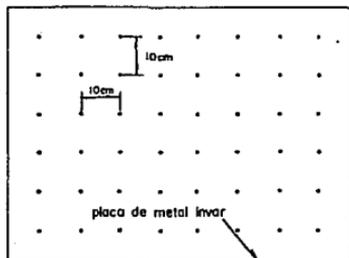


Fig. 7-4. Placa del coordinatógrafo

demás complementos gráficos. Posteriormente, colocando el picógrafo en cada orificio, se hacen pequeñas marcas, lo suficientemente reconocibles en el papel; más tarde se harán las asignaciones de valores a lo largo de los ejes X y Y.

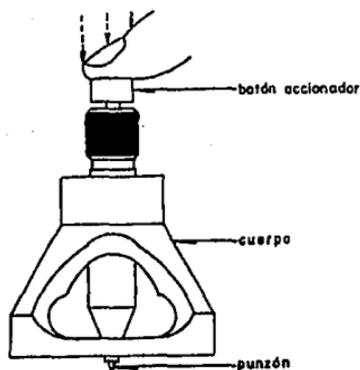


Fig. 7-5 Picógrafo para el coordinatógrafo de placa.

En el caso extraordinario de no contar con aparatos similares a los anteriores; podría dibujarse el sistema de trazo, utilizando algún método gráfico. Sin embargo, debe comprender, que la calidad del trabajo a realizar, está en función directa de las apreciaciones visuales del ejecutante. Uno de los métodos gráficos, que presentan menor número de errores en su trazo, se describe enseguida:

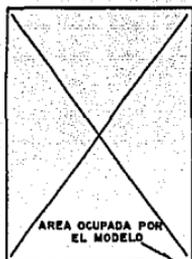


Fig. 7-6. Trazar dos rectas, diagonalmente opuestas, en el papel; dentro del área comprendida por el modelo.

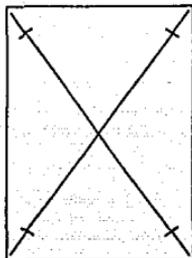


Fig. 7-7. A partir de la intersección de ambas rectas, y sobre las mismas, marcar distancias iguales.

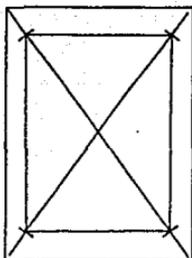


Fig. 7-8. Trazar rectas que unan a las cuatro marcas, formando un rectángulo.

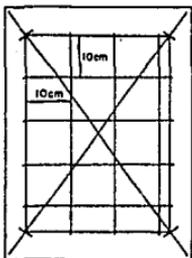


Fig. 7-8. A partir de cualquier lado y otro ortogonal al primero, del rectángulo formado, y sobre los mismos lados, se marcan distancias 10 cm, y se traza una recta perpendicular sobre cada marca.

c) Graficar los datos de control terrestre.

El control terrestre a caviar (graficar) en el plano, se presenta en la tabla 7.1-1.

Los puntos graficados, se encuentran en el plano anexo al final del Laboratorio No. 10

LADO		DISTANCIA	ACIMUT	V	COORDENADAS	
EST	PO	(m)			Y	X
A	1	52.437	81°00'00"	<u>A</u>	1000.000	1000.000
1	2	22.632	89 28 56	1	1008.204	1051.813
2	3	93.269	84 08 52	2	1008.409	1074.454
3	4	99.940	98 14 58	3	1017.920	1167.276
4	5	133.170	96 28 04	4	1015.741	1267.234
5	6	157.530	106 17 40	5	1000.741	1399.612
6	7	131.750	168 53 44	6	956.546	1550.378
7	8	249.590	169 38 30	7	827.275	1576.264
8	B	166.427	178 47 56	8	581.776	1621.160
B	9	178.350	266 19 14	<u>B</u>	415.401	1624.650
9	10	174.787	350 03 27	9	403.924	1446.244
10	11	13.475	304 48 35	10	576.102	1416.078
11	12	39.525	03 20 19	11	583.795	1405.019
12	13	48.562	317 26 07	12	623.257	1407.322
13	14	57.084	261 39 25	13	659.027	1374.488
14	15	89.986	341 07 08	14	650.745	1318.032
15	16	174.046	351 42 14	15	735.897	1288.924
16	17	148.359	262 15 53	16	908.138	1263.822
17	A	161.786	313 43 17	17	888.171	1116.875

2192.789

$$E_y = 0.119 \text{ m} \quad E_x = 0.530 \text{ m} \quad ET = 0.543 \text{ m}$$

$$P = \frac{1}{1}$$

4036.854

Tabla 7.1-1. Datos de control terrestre.

PUNTO	ELEVACION (m s n m)
A	2269.892
B	2257.097
C	2265.415
D	2274.908
E	2256.200

DISTANCIA  $\overline{AB}$ :  
855.537 m

Tabla 7.1-1'. Datos de control terrestre.

## LABORATORIO No. 8

### ORIENTACION ABSOLUTA

**OBJETIVO:** Efectuar la Orientación Absoluta de un par fotográfico.

**EQUIPO, MATERIAL Y DATOS:**

- Un par de diapositivas (formato 23 x 23 cm) orientadas (Orientación Relativa) en el Aviógrafo AG-1
- Datos de control terrestre
- Plano Base

**PROCEDIMIENTO:**

- I. Asignar escala al modelo.
  - a) Ajustar la escala del pantógrafo a la escala del Plano Base.
  - b) Acoplar la conexión entre el AG-1 y su sistema de trazo (pantógrafo).
  - c) Tomar la lectura indicada para la componente bx.
  - d) Colocar la marca flotante en un punto A del modelo.
  - e) Colocar el punto graficado bajo la punta trazadora.

- f) Pasar la marca flotante a un punto B del modelo y orientar la línea AB.
  - g) Corregir la diferencia en distancia entre el punto B graficado y el indicado por la punta trazadora.
  - h) Verificar el ajuste en un punto C.
- II. Montar el comparador mecánico para medición de alturas.
- III. Nivelar el modelo.
- a) Respecto al eje X, empleando la rotación  $\phi$  común.
  - b) Respecto al eje Y, empleando la rotación  $\omega$  de ambos portafotogramas.
- IV. Tabular resultados.

#### INTRODUCCION:

Para poder usar las diapositivas con fines métricos, no es suficiente la Orientación Relativa. Y es, porque no se está controlando la posición del par, respecto a un plano de comparación; es decir, que el modelo y el terreno representado, no tiene ningún nexo que los relacione. En la figura 4-1, a pesar de que las dos posiciones de los pares fotográficos sean distintas, la Orientación Relativa existe en ambos casos; ya que, como se dijo en el laboratorio 4, es solamente "relativa" la posición que guarda un fotograma, con respecto a su pareja.

Como podrá comprenderse, existe una infinidad de orientaciones relativas, para un par, y en todos los casos puede apreciarse la estereoscopia:

Para tener una solución única del problema, existe otro tipo de orientación, que hace posible, medir, dibujar y comparar objeto o figuras, en el estereomodelo; con la certeza de obtener resultados confiables. Esta orientación, es conoci-

da como Orientación Absoluta, y su nombre lo dice todo.  
La Orientación Absoluta comprende las siguientes dos etapas:

- I. Asignar una escala al modelo.
- II. Nivelar el modelo.

Para dar escala al modelo, se requiere un mínimo de dos puntos (A, B) de control horizontal; un tercer punto (C) se usa para verificar el ajuste. La escala del modelo se adapta, de acuerdo a los requerimientos del Plano Base, al incrementar la base del modelo ( $\Delta bx$ ). Esta base, puede restablecerse de acuerdo a las necesidades de escala:

- 1) Por aproximaciones, corrigiendo la mitad del error ( $\Delta bx$ ), en dirección del punto B graficado (fig. 8-1b); y repitiendo este proceso, hasta que  $\Delta bx$  puede considerarse despreciable.

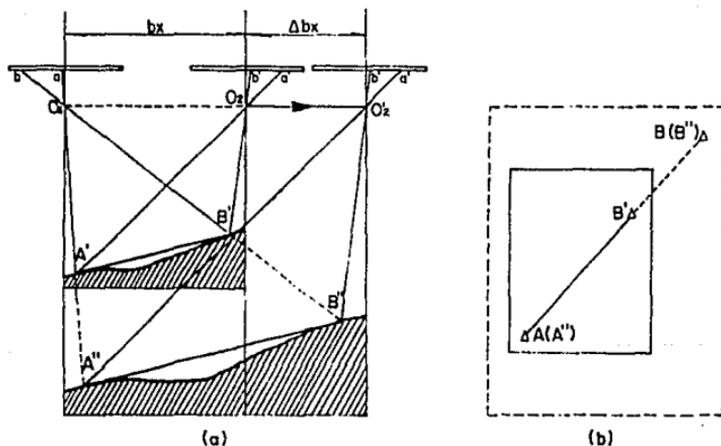


Fig. 8-1 Adaptación de la escala del modelo por ajuste de la base del modelo. (a) vista transversal del modelo. (b) vista en planta.

2) Por cálculo, empleando las relaciones proporcionales entre los triángulos formados en la figura 8-1a. De la misma figura, se tiene:

$$\frac{O_1A''}{O_1A'} = \frac{bx + \Delta bx}{bx} \quad (8-1)$$

$$\frac{O_1A''}{O_1A'} = \frac{A''B''}{A'B'} \quad (8-2)$$

Igualando las ecuaciones (8-1) y (8-2),

$$\frac{bx + \Delta bx}{bx} = \frac{A''B''}{A'B'} \quad (8-3)$$

Despejando  $\Delta bx$ ,

$$\Delta bx = bx \frac{A''B''}{A'B'} - bx$$

$$\Delta bx = bx \left( \frac{A''B''}{A'B'} - 1 \right) \quad (8-4)$$

En la figura 8-1, se observa que  $A''$  y  $B''$  del nuevo modelo, corresponden con  $A$  y  $B$  en el papel, entonces:

$$\Delta bx = bx \left( \frac{AB}{A'B'} - 1 \right) \quad (8-5)$$

Donde,  $AB$ ; es la distancia medida en el plano,  $A'B'$ ; es la distancia medida en la primera aproximación,  $bx$ ; es la base inicial del modelo, y  $\Delta bx$ ; es la corrección a la base del modelo, si esta corrección resulta negativa, entonces la base  $bx$ , debe ser reducida en esa cantidad; ya que el modelo resultó mayor en escala, que el plano.

Ejemplo: Una línea  $AB$  en el plano, mide 44.70 cm, y su correspondiente longitud en el modelo es igual a - - 43.03 cm. La base  $bx$  del modelo inicial, tiene una lectura de 45.72 cm, y se sabe que las componentes  $b_y$  y  $b_z$  son iguales. Calcular la modificación para la base del modelo.

SOLUCION:

De la ecuación (8-5)

$$bx = 4.572 \left( \frac{44.70}{43.03} - 1 \right) = 1.77 \text{ cm}$$

El signo positivo del resultado, significa que la escala del modelo inicial fue menor que la del Plano Base, y por lo tanto, debe incrementarse en 1.77 cm.

Ya que se tiene orientado el modelo, relativamente, se tienen determinados valores para las componentes  $b_x$ ,  $b_y$  y  $b_z$  (fig. 3-3a); donde sólo  $b_x$  es controlable. Al dar escala al modelo, modificando la componente  $b_x$ , se alteran necesariamente los valores para  $b_y$  y  $b_z$  (fig. 3-3b). Es decir, se desorienta relativamente al modelo. Este problema, no tiene otra solución, que la de restablecer la Orientación Relativa del modelo (ver Laboratorio No. 6). Sin embargo, debido a la generación de un paralaje en Y muy pequeña, cuando  $c_0$  corresponda nulificarla en el punto S, deberá hacerse sólo una semicorrección ( $py/2$ ); ya que la sobrecorrección, sólo es aplicable en los casos que presentan paralajes considerables. La semicorrección, acerca a el valor real lentamente, pero siempre es convergente. La sobrecorrección se aproxima rápidamente, pero con el riesgo de divergir del valor real. Por otra parte, para nivelar el modelo, se requiere un mínimo de tres puntos (A, B, C) de control vertical, distribuidos de tal manera que formen lo más semejante posible un triángulo rectángulo; una línea de dos de estos puntos, de-

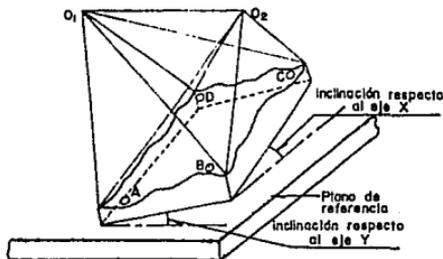


Fig. 3-2 Estereo modelo no nivelado

be ser paralela (aproximadamente) a la línea de vuelo, y de ésta, lo más lejano posible; pero no tan a los extremos, ya que los límites del modelo presentan alteraciones, acarreadas por la deformación de imagen en los fotogramas. Cuatro puntos (A, B, C, D), formando un cuadrilátero, con dos lados paralelos y dos perpendiculares a la línea de vuelo, - (considerando lo dicho para el caso anterior) aproximadamente. Un quinto punto (E), situado cerca del centro del modelo, es muy recomendable. Todo ésto, para verificar la nivelación del modelo, con mayor seguridad.

El proceso de nivelación, elimina paulatinamente, la inclinaciones respecto a los ejes X y Y (fig. 3-2).

Al igual que al dar escala al modelo, en la nivelación del mismo, se llega a originar paralaje asimismo, se procede análogamente, orientado relativamente el modelo, y verificando al final que se cumplan las condiciones para la Orientación Absoluta, por si es necesario repetir todo el proceso.

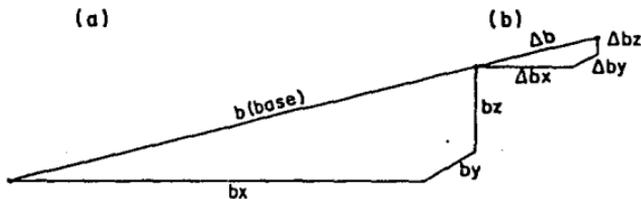


Fig. 3-3. (a) Componentes de la base del modelo. (b) Componente  $b_x$  incrementada ( $\Delta b_x$ ), nótese el incremento implícito en  $b_y$  y  $b_z$ .

## DESARROLLO:

### 1. Asignar escala al modelo.

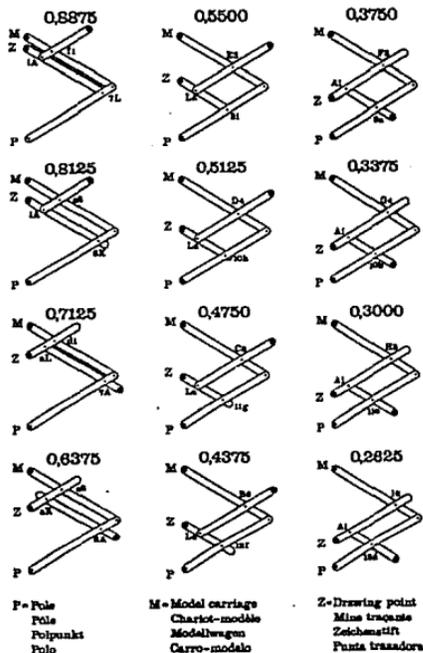
#### a) Ajustar la escala del pantógrafo a la escala del Plano Base.

El pantógrafo del AG-1, tiene numerosas opciones de escala. La escala a la cual debe ser adaptado, es la que presenta el Plano Base. Se consulta en el manual del -- AG-1, las combinaciones presentadas en la tabla de escalas, para un plano a realizar con escala 1 : 2000, y una altura media de vuelo de 610.16m (f/Esc.fotográfica). se obtienen los siguientes datos:

factor del pantógrafo.....	1.81818
escala del modelo.....	1 : 3636.36
altura del vuelo máx.....	876m
altura de vuelo mín.....	436m

Se consulta a la tabla de combinaciones del pantógrafo (fig. 8-5), se identifica la correspondiente a el factor 1.81818, y se ajustan los brazos del pantógrafo como en dicha figura se indica.

## PANTOGRAPH



## PANTOGRAPH

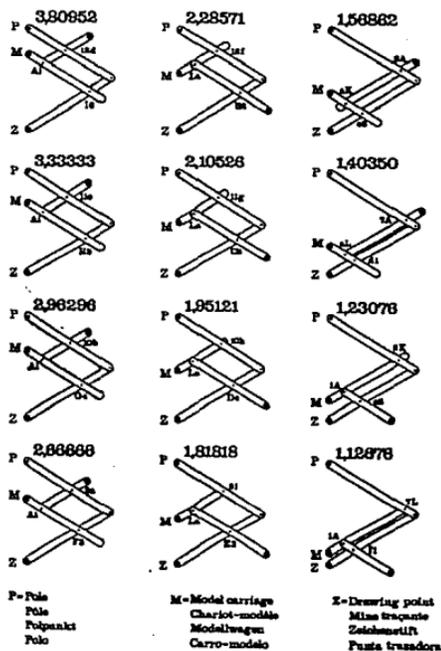


Fig. 8-5. Factores del pantógrafo (PPA 12), y sus respectivas combinaciones.

- b) Acoplar la conexión entre el AG-1 y su sistema de trazo (pantógrafo).

Para que el AG-1 trabaje conjuntamente con el pantógrafo, éste, posee una pieza metálica cilíndrica en un extremo del brazo (esta situación puede invertirse) conocido como "polo", misma que es abrazada por unas pinzas (pieza de conexión) adaptadas al mismo AG-1. Ambas piezas, deben conectarse y fijarse firmemente (fig. 8-6).



Fig. 8-6. Conexión entre el AG-1 y el pantógrafo.

Si el pantógrafo quedara muy al extremo de la mesa, puede centrarse, aflojando el tornillo que sujeta las pinzas al aparato; esta pieza, se encuentra justo por detrás de las pinzas, bastará con girar la cabeza esférica de material plástico negro (cabeza de tornillo).

- c) Tomar la lectura indicada para la componente  $b_x$ .

Debajo del extremo inferior de las barras guías, está colocada una regleta graduada de 60 a 170 mm, en la que pueden indicarse lecturas de  $b_x$ . Para el caso tratado, el valor o lectura es:

$$b_x = 78.527 \text{ mm}$$

- d) Colocar la marca flotante en un punto A del modelo.

Del Plano Base, se conoce una distancia AB para el control horizontal, un extremo de la misma (A), debe localizarse a través de los oculares, y la marca flotante situarla en ese punto A. del modelo.

- e) Colocar el punto A graficado bajo la punta trazadora. En el Plano Base, se dibujó el punto A. Este, debe llevarse hacia la punta trazadora, y situarse justamente, en el sitio indicado por dicha punta.
- f) Pasar la marca flotante a un punto B del modelo y orientar la línea AB. En el modelo, la marca flotante debe colocarse en el extremo opuesto (B) de la línea. Haciendo pivote en A con la punta del dedo, se gira el plano, hasta que los puntos A y B dibujados, y el indicado por la punta trazadora (B') sean colineales (fig. 3-1b).
- g) Corregir la diferencia en distancia entre el punto B graficado y el indicado por la punta trazadora. Para este ajuste, la base  $b_x$  del modelo, puede corregirse empleando cualquiera de los dos métodos expuestos en la parte teórica de este Laboratorio. Para el caso presentado, se utilizó el primero de ellos: La distancia AB dibujada, resultó ser mayor que la indicada por la punta trazadora. Para corregir esta anomalía la punta trazadora, se coloca justo a la mitad de la distancia comprendida entre la misma punta trazadora y el punto B dibujado; esta situación deberá ser fijada empleando los botones de seguridad para los movimientos a lo largo de los ejes X y Y del aparato. La marca flotante, se hará ubicar sobre el punto B del modelo, modificando únicamente, la componente  $b_x$  (lectura de la regleta) de la base del modelo, y la altura de la marca flotante (manivela en el control manual de trazo). Con esta operación, se corrige la mitad del error en un extremo (B), la otra mitad se corrigió en el otro extremo (A) al haberse incrementado la escala del modelo (fig. 8-7).

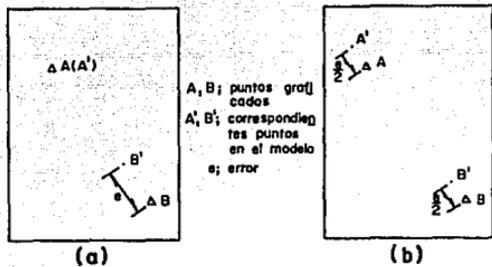


Fig. 8-7. Ajuste de la base del modelo. (a) bx en su valor inicial. (b) bx en su valor incrementado (en planta).

h) Verificar el ajuste en un punto C.

El ajuste recién practicado, se verifica llevando la marca flotante a un tercer punto C, comprobando la coincidencia de la punta trazadora y el punto C graficado. En caso de error, se repetirá la operación descrita en el inciso (g).

En el ejemplo presentado, se desconoce la ubicación de un tercer punto C (identificable en el modelo). Por esta razón, se procede a repetir el proceso desarrollado en el inciso (g) hasta tener una diferencia despreciable (se acostumbra un rango de un milímetro de tolerancia, ya que esta escala del modelo, se altera en la parte correspondiente a la nivelación). La componente bx, resultante en este proceso fue de 78.510 mm.

II. Montar el comparador mecánico para el modelo tratado.

En Cd. Universitaria, la diferencia de alturas entre la cota más alta y la cota más baja, es inferior a 300m. El comparador seleccionado podría ser el de 3000 intervalos, pero puede haber confusión cuando se deseen dar cotas por arriba de los 2300m (s.n.m.), ya que habría que adoptar algunas modificaciones a las lecturas realizadas. Es por ello, que se elige el comparador de 6000 intervalos, además en ambos casos, se pueden dar lecturas con seguridad hasta el decímetro (fig. 8-8). Para continuar, ver figura 8-9.

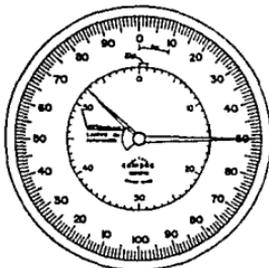


Fig. 8-8. Comparador de alturas del AG-1 (6000 intervalos).

- Ajustar a Z (en la regleta graduada ubicada por detrás de las barras guías, en su extremo inferior) a una lectura de 240 mm, con el tambor para Z colocado sobre el control manual de trazo.
- Ajustar el comparador mecánico en "ceros", con el tornillo de cabeza esférica, localizado por detrás y a la derecha del comparador.
- Ajustar la lectura para Z en 120 mm; con una escala de 1 : 5636 en el modelo, los 120 mm, equivaldrían a 600 m en realidad,
- Con el tornillo moleteado, para la inclinación de la regleta guía (colocado por detrás y a la derecha de las barras guía), se ajusta la manecilla pequeña del comparador en 60 (escala interna), y la manecilla mayor, en "ceros" (escala externa).
- Colocar la marca flotante en un punto de altura conocida.
- Ajustar en el comparador, con el tornillo de cabeza esférica, la altura conocida del punto.

### III. Nivelar el modelo.

- a) Respecto al eje X, empleando la rotación phi común. Los puntos de control vertical mostrados en la tabla 7.1-1', presentan el problema de localizarse muy al extremo, o muy al centro; en el primer caso, afecta la deformación de la película, y en el segundo, la cercanía con la línea de vuelo resta seguridad en la nivelación del modelo. Por esta razón, existe la nece

alidad de reelegir los puntos de control vertical, y - sus elevaciones se presentan en la tabla 8.1-1.

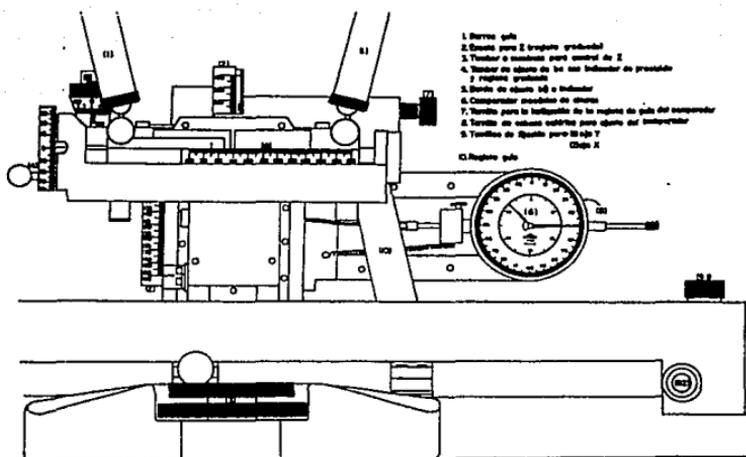


Fig. 8-9. Detalle para el ajuste del comparador mecánico.

1. Colocar la marca flotante en el punto de control A.
2. Ajustar la altura del punto A en el comparador mecánico (2269.892m).
3. Pasar la marca flotante sobre el punto de control - F (fig. 8-10a) y tomar la lectura indicada en el comparador mecánico (2260.37 m).

PUNTO	ELEVACION (m s.n.m.)
A	2269.892
C	2264.401
F	2256.294
G	2272.247

Tabla 8.1-1. Control vertical.

4. Incrementar a  $\phi$  (100.000g) en +0.1g. (la. aproximación para  $\Delta\phi$ ). Esta última cantidad debe ajustarse en dos dispositivos; uno que es controlado con ayuda del yo lante ubicado por debajo de la mesa del AG-1. y el se gundo que es controlado mediante un tornillo graduado de cabeza moleteada, (indicador  $b\phi$ ) colocado por de - trás y a la izquierda de la regleta para bx (el torni llo compensa la inclinación de los portafotogramas in clinando a la vez un juego de prismas para mantener - la Orientación Relativa). Y repetir los pasos 1, 2 y - 3 (2262.30 m, segunda lectura).
5. El aumento en elevación ganado con el incremento de - phi común, es de + 1.43m (2262.30 - 2260.87). El au - mento adicional que se requiere es de -0.006m (2256. - 294 - 2262.30). Entonces:

$$\frac{0.1g}{1.43} = \frac{\Delta\phi}{-6.006} ; \Delta\phi = -0.420g \text{ (2a. aproximación)}$$

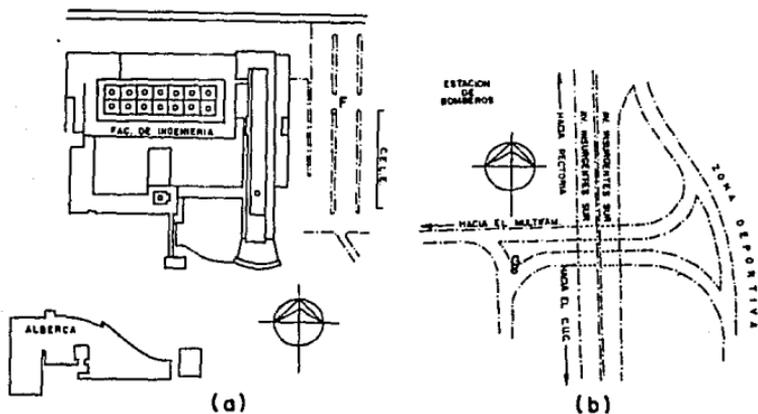


Fig. 8-10. Ubicación de los puntos de control vertical:  
(a) F y (b) G.

6. Ajustar este nuevo incremento calculado, en phi común, de igual forma que en el caso anterior (4).
7. Reubicar la marca flotante en el punto A y ajustar su elevación en el comparador.
8. Colocar la marca flotante sobre el punto F, y cotejar su altura real, con la indicada en el comparador. (225.294-2256.85).
9. Si la diferencia obtenida (-0.556m) es menor que 20cm (tolerancia con base en el factor C del aparato), continuar la siguiente etapa de nivelación; de lo contrario, calcular la nueva corrección a phi común, repitiendo el proceso, desde el paso (5):

$$\frac{-0.42g}{-5.45} = \frac{\Delta\phi}{-0.556} ; \Delta\phi = -0.043g$$

Puede suceder que durante las correcciones hasta el momento practicadas, se desoriente relativamente el modelo, - por lo que debe revisarse alternadamente, y orientar de nuevo el modelo. Si se desea, puede nivelarse primero el modelo, y posteriormente, darle escala; el primer ajuste de escala en el modelo, ayuda a que la nivelación se realice en un estereomodelo aproximado a el modelo final. Es decir, se va dando escala y nivelando, alternadamente.

- b) Respecto al eje Y; empleando la rotación  $\omega$  de ambos portafotogramas.
  1. Colocar la marca flotante en el punto de control A, y ajustar su elevación en el comparador.
  2. Pasar la marca flotante en el punto de control G (fig. 8-10B), y tomar la lectura en el comparador (2220.22).
  3. Incrementar a  $\omega$  en +0.1g. Esta cantidad, debe ser ajustada en cada uno de los portafotogramas. Repetir los dos pasos anteriores (2218.91m, segunda lectura).
  4. El aumento en elevación ganado con el incremento en ambos giros omega, es de -1.31m (2218.91 -2220.22). EL aumento adicional que se requiere, es de +53.337m. (2272.247 -2218.91). Entonces:

$$\frac{0.18}{-1.51} = \frac{\Delta\omega}{53.337} \quad \Delta\omega = -4.0728$$

5. En algunos casos (fotogramas muy inclinados), esta corrección resultante, sale de los alcances del aparato (valor de mínimo = 958); no obstante, puede ajustarse la corrección máxima que se pueda, ya que en realidad el ajuste calculado es lineal, y no así la corrección practicada. La modificación hecha en  $\omega$  para un portafotogramas, debe ser igual a la realizada en el otro.
6. Reubicar la marca flotante en el punto A y ajustar su elevación en el comparador.
7. Colocar la marca flotante sobre el punto G, y cotejar su elevación, con la indicada por el comparador. (2275.24).
8. Si la diferencia resultante (2272.247 - 2275.24) es mayor que 20cm, el proceso correspondiente al giro omega se repite desde el paso (4):

$$\frac{-4.0728}{56.530} = \frac{\Delta\phi}{-2.992} \quad ; \quad \Delta\phi = 0.216$$

9. Verificar si la Orientación Absoluta se logró revisando el proceso, desde la asignación de escala, hasta la nivelación del modelo. En caso de haber errores, corregir siguiendo todo el proceso correspondiente al error que se tenga.

#### IV. Tabular resultados.

Los valores finales resultantes de la Orientación Absoluta, son indicados por cada uno de los dispositivos propios de los tres giros en cada proyector, el giro phi común, y la componente bx de la base del modelo. Los valores mencionados, se encuentran en la tabla 8.1-2.

bx = 78.545 mm		
$\phi$ 99.135g		
GIRO	PORTAFOTOGRAMAS	
	IZQUIERDO	DERECHO
$\omega$	96.222g	99.080g
$\phi$	98.741g	99.283g
$\kappa$	397.840g	396.233g
----- compensadores -----		
$\phi + \phi$	9.876g	98.418g

Table 8.1-2. Valores finales para establecer la Orientación Absoluta.

## **CAPITULO IV**

### **ELABORACION DE PLANOS TOPOGRAFICOS**

## L A B O R A T O R I O No. 9

### T R A Z O D E P L A N I M E T R I A

**OBJETIVO:** Trazar la planimetría de la Facultad - de Ingeniería (Cd. Universitaria y zona aledaña), con ayuda del Aviógrafo AG-1.

**EQUIPO Y MATERIAL:**

- Un par de diapositivas (formatos 23 x 23 cm) de Cd. Universitaria, -- (Orientación Absoluta) en el Aviógrafo AG-1
- Plano Base

**PROCEDIMIENTO:**

- a) Delinear la planimetría de la Facultad de Ingeniería, empleando el pantógrafo del AG-1.
- b) Entintar la planimetría trazada.

## INTRODUCCION

Una vez completada la Orientación Absoluta del modelo, éste, puede ser utilizado en la realización de planos topográficos. En esta labor, en forma general, se acostumbra trazar primero los rasgos planimétricos, y posteriormente los altimétricos. Esto es, porque la planimetría tiene un efecto significativo en la localización de la altimetría del lugar.

Mientras que los detalles planimétricos son trazados, la marca flotante se debe mantener en contacto con el objeto. Cuando se trata de líneas rectas, la tarea se reduce a marcar puntos extremos (más tarde se haría el trazo -- completo usando escuadra). No es requisito seguir los detalles en el terreno; en el caso de una construcción, pueden delinearse los rasgos superiores correspondientes a los inferiores, que debido al desplazamiento de relieve, se observa defasados, uno con respecto al otro, en la imagen (fig. 9-1). Esto no implica necesariamente complicaciones, ya que por lo general, la parte superior corresponde con la inferior. En ocasiones, un objeto (árbol, construcción, etc.) puede tapar parte del detalle a dibujar; en este caso, se marcan puntos extremos de la parte obstruida, para completar el trazo posteriormente (fig. 9-2). Antes de pasar a otro tipo de detalles planimétricos, es recomendable trazar todos los que pertenezcan a una misma clase; ésto, reduce la posibilidad de omitir algunos de ellos. Además, se acostumbra dibujarlos en orden descendente de importancia. Cualquier observación que el operador crea prudente hacer, para evitar-

posteriormente malas interpretaciones, se haría directamente en el Plano Base. Después de un tiempo de haber -- iniciado el trazo planimétrico o altimétrico, es muy recomendable verificar la Orientación Absoluta, ya que por el manejo constante del aparato, puede sufrir alguna de-orientación.

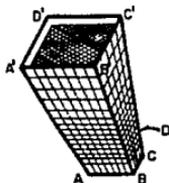
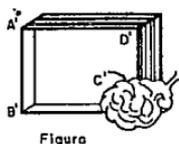


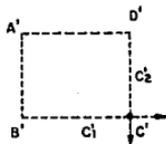
Fig. 9-1. En el caso de objetos ocultos por sí mismos, pueden elegirse los puntos primas ('), sin estar éstos necesariamente sobre el terreno.



Figura



Puntos marcados



Dibujo complementado

Fig. 9-2. Trazo de un detalle oculto por un objeto.

#### DESARROLLO:

- a) Delinear la planimetría de la Facultad de Ingeniería, empleando el pantógrafo del AG-1.

Para el trazo poanimétrico, pueden considerarse las - observaciones presentadas en la introducción de este laboratorio.

b) Entintar la planimetría trazada.

Para esto, hay que considerar todas las características que debe tener un plano; como: simbología, nomenclatura, letreros indicativos, etc., para la mejor comprensión y optimización del mismo.

El trabajo elaborado en este ejercicio, se encuentra anexo, al final del Laboratorio No. 10, siguiente.

## L A B O R A T O R I O No. 1 0

### T R A Z O D E A L T I M E T R I A

#### OBJETIVO:

Trazar la altimetría de una zona en Cd. Universitaria, con ayuda del Aviógrafo AG-1, y comprobar la versatilidad y alcances, de los aparatos restituidores en la solución de problemas topográficos.

#### EQUIPO Y MATERIAL

- Aviógrafo AG-1
- Un par de diapositivas (formato 23 x 23 cm) de Cd. Universitaria, -- (Orientación Absoluta) en el Aviógrafo AG-1
- Plano Base

#### PROCEDIMIENTO:

- a) Delinear la altimetría del área verde, adyacente a la Facultad de Ingeniería.
- b) Entintar la altimetría trazada.

## INTRODUCCION:

El trazo correspondiente a la altimetría, presenta una mayor dificultad que la planimetría, especialmente para un operador inexperto.

Al igual que en la planimetría, también se recomienda seguir un sistema o método, con el fin de tener un menor número de errores.

Las áreas menos complicadas y grandes detalles, se dibujan primero, y los de mayor dificultad al final. Es muy útil, estudiar visualmente todo el modelo, por un tiempo, antes de iniciar el trabajo gráfico; logrado así, una sensación de familiaridad tal, como si se hubiese realizado una visita a la zona. En las regiones de mayor dificultad, o en terreno plano, se recomienda dibujar marcas de elevaciones, e interpolar entre ellas, posteriormente. Lo cual es muy aconsejable, porque de este modo, se logra una mayor precisión en el trazo, que al dibujarlo directamente. En áreas boscosas, llega a ser imposible el trazo continuo, pudiendo seguir el mismo método de marcar elevaciones e interpolar al final. Los lugares donde la vegetación es muy densa, deben ser levantados definitivamente en campo, por una brigada topográfica.

Cuando el plano es terminado, debe ser cuidadosamente revisado, y así detectar posibles omisiones o errores; y posteriormente, hacer una visita a campo, para reconocer detalles confusos, dándoles además, su nombre correspondiente. La comparación de resultados métricos es muy im

portante, ya que pueden detectarse diferencias no aceptables, entre distancia o elevaciones determinadas fotogramétricamente, y mediciones realizadas en campo. Después de esta tarea el plano está listo para entintar.

Por otra parte, con el trazo planimétrico y altimétrico, se logra pasar la proyección cónica a la proyección ortogonal; en otras palabras, se restituye el par de fotografías del lugar.

#### DESARROLLO:

- a) Delinear la altimetría del área verde, adyacente a la Facultad de Ingeniería.

Siguiendo algunas de las observaciones descritas anteriormente, puede simplificarse esta labor, la cual -- consiste en trazar a lápiz, empleando el pantógrafo - del AG-1, el área verde conocida como "Las islas", y delimitada por las Facultades de Ingeniería y Derecho, la Unidad de Posgrado, y la explanada de Rectoría. Deben tenerse presentes las reglas correspondientes al trazo de curvas de nivel.

- b) Entintar las altimetría trazada.

En esta parte, debe considerarse las observaciones -- hechas en el caso de planimetría.

El plano final, que comprende el trazo de altimetría y planimetría, se localiza al final de este Laboratorio.



## **CAPITULO V**

## **CONCLUSIONES**

Para finalizar este trabajo, se dan a continuación, algunas observaciones para ciertos laboratorios, anteriormente presentados.

En el capítulo II (Introducción a los Restituidores Analógicos, se muestran en el Laboratorio No. 2, los efectos causados en un proyector a causa de los movimientos que sufre. Estos movimientos, no son totalmente los mismos en todos los aparatos; en realidad, los seis desplazamientos de la imagen, sólo se presentan en los aparatos; en realidad, los seis desplazamientos de la imagen, sólo se presentan en los aparatos de tipo universal (ver Laboratorio No. 6). En instrumentos de restitución modernos, sólo se conservan 5 ó 4 movimientos, dependiendo de sus características, los cuales mantienen en forma general, los tres giros y la componente  $b_x$  de la base del estereomodelo.

El capítulo III (Orientación de un Par Fotográfico) presentó ciertas dificultades; entre las que se encontró la duda, de la verdadera distancia focal de la cámara aérea empleada, la que después de sencillas investigaciones, se llegó a la conclusión de que la impresa, posteriormente, a máquina, era la correcta (152.54mm).

Además se observó, que al orientar el par, el operador presenta un cansancio notorio; tanto visual y físico, como mental, por lo que se recomienda, descansar alternadamente por un tiempo; obteniendo así, menores resultados.

El no conocer íntegramente el manejo del aparato, resulta contraproducente, especialmente en la Orientación  $A_b$

soluta, ya que ésta, es uno de los trabajos más arduos, para los practicantes inexpertos.

Con los valores de Orientación Absoluta presentados en la tabla 8.1-2 llegan a obtener, algunos datos aceptables; empero, en ciertos lugares del modelo (los extremos), se presentan diferencias en elevación de más de un metro, al comparar lecturas, contra cotas de control terrestre.

Las causas posibles son diversas.

1. Mala Orientación Interior.
2. Deficiente Orientación Relativa.
3. Errores en el control terrestre.
4. Deformaciones en la diapositiva (errores en la exposición).

Después de haber efectuado una cuidadosa revisión y verificación de las tres primeras causas, puede concluirse que las diapositivas empleadas en este ejercicio, y todos los anteriores, son de muy mala calidad inaceptables para fines fotogramétricos. Los datos posibles que de ellas puedan extraerse, no se les puede tener una -- aceptable confiabilidad. Y es por causa de la inclinación que tuvieron los fotogramas a la hora de toma -- (aproximadamente  $5^\circ$ ). Los aparatos en forma general, están diseñados para trabajar con diapositivas con no más de  $3^\circ$  de inclinación, al intentar laborar con aquellas que rebasen este rango, obviamente presentará complicaciones en su manejo, o en el resultado final.

Para el capítulo IV (Elaboración de Planos Topográficos), se notó que al realizar este trabajo en un sistema de trazo como el adaptado al Aviógrafo AG-1 (pantógrafo), que como dijo, es la más sencilla presentación para el sistema mencionado, los planos elaborados en él no resultan de una gran calidad. Para un trabajo de mayor trascendencia, podría emplearse uno semejante al coordinatógrafo del Estereoplanógrafo C-8. Pero por --

ser con fines didácticos, el pantógrafo es un elemento magnífico, para una explicación más comprensible. Como pudo verse, casi no se habló de soluciones analíticas; a excepción del Laboratorio No. 4, en el que se -- presentó el desarrollo matemático de las ecuaciones de condición de colinealidad; con las que puedan darse so luciones analíticas al problema. Para estos casos, se - cuenta actualmente, con aparatos restituidores analíticos, que por medio de un sistema computarizado, se lle- ga al objetivo propuesto. Sin embargo, este tema perte- nece más bien a cursos especializados.

B I B L I O G R A F I A

American Society of Photogrammetry  
"MANUAL OF PHOTOGRAMMETRY"  
A.S.P.  
3rd ed. 1968

Gruner, H  
"MANUAL BALPLEX"  
Bausch & Lomb Incorporated  
1964

Jiménez, M.C.  
"LABORATORIOS DE FOTOGAMETRIA ELEMENTAL"  
Tesis, U.N.A.M.  
1987

Luthe, G.  
"FUNDAMENTOS DE FOTOGAMETRIA"  
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.  
1979

Luthe, G.  
"APUNTES DE FOTOGAMETRIA II"  
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.  
1980

Moffit, F.  
"PHOTOGRAMMETRY"  
Harper & Row  
3rd ed. 1980

Wolf, P.  
"ELEMENTS OF PHOTOGRAMMETRY"  
Mc. Graw Hill  
1974

Wild Heerbrugg  
"MANUAL AVIOGRAFO AGI"  
WILD HEERBRUG

**Zeiss Aerotopo  
"ORIENTACION DE VISTAS AEREAS EN  
EL ESTEREOPLANIGRAFO"  
ZEISS AEROTOPO**