

CATEDRA DE FOTOGRAMETRIA

GUIA DE TRABAJOS PRACTICOS

TRABAJO PRACTICO N° 5b

ESTEREOGRAFO MECANICO:

Puesta a punto; Constantes

INTRODUCCION:

Un estereorestituidor, tanto terrestre como aéreo, es un sistema óptico-mecánico destinado a restituir gráficamente pares de fotogramas (ver Guía N° 5a).

Tal cometido será satisfecho por el aparato siempre que sus diferentes partes (algunas móviles y otras fijas) funcionen en las posiciones que para ellas se ha previsto, correspondientes a la correcta solución del problema geométrico materializado.

Esta condición general origina una serie de requisitos particulares, de naturaleza geométrica la mayoría, cuyo cumplimiento debe ser verificado, no solo cuando se procede al armado del instrumento (por ejemplo después de un transporte del mismo), sino también periódicamente, cuando está sometido al uso normal.

Las comprobaciones mencionadas, cuya ejecución se hace en un orden previsto, integran lo que se denomina la verificación (o ajuste, o puesta a punto, o contraste) del aparato en cuestión.

La presente Guía trata brevemente las operaciones que demanda la puesta a punto del Estereógrafo Mecánico.

Es importante destacar el hecho de que todos los estereorestituidores (terrestres y aéreos) se verifican siguiendo un esquema operativo conceptualmente similar al que aquí se desarrolla.

A) REQUISITOS PREVIOS:

- Las operaciones de contraste del Estereógrafo necesitan de un operador con conocimientos de mecánica y óptica instrumental, suficiente experiencia fotogramétrica y fina visión

estereoscópica, quien contará con la colaboración de un ayudante.

- Por su parte, el aparato a verificar debe estar bien armado (ausencia de "juegos" mecánicos en sus distintos órganos móviles).

B) OPERACION INICIAL:

En lugar de los habituales fotogramas, se instalan y orientan en los 2 portaplacas (ver Guía N° 4: B.II .c, pág. 9) sendos reticulados, grabados sobre placas de cristal con suma precisión (± 2 a 3μ como error medio de posición de todos sus cruces y líneas). Tales placas reticuladas (fig. 1) constituyen los elementos patrón de todas las mediciones que se efectuarán.

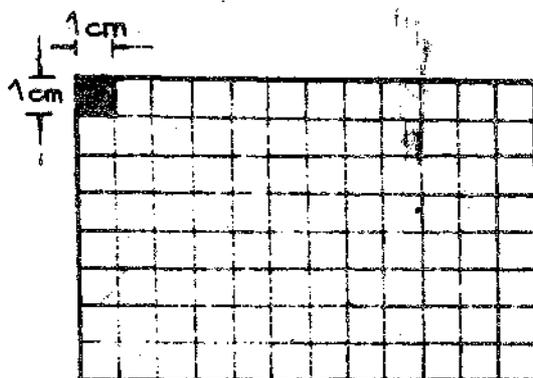


FIGURA 1

C) VERIFICACIONES EN EL GRUPO MECANICO "ESTEREOCOMPARADOR".

Deben comprobarse las mismas condiciones establecidas para el Estereocomparador de Pulfrich (Guía N°4: B. II.b, pág. 8), e sea:

- a) Rieles carro portaplacas derecho paralelos a los rieles del carretón principal.
- b) Rieles carro del estereomicroscopio perpendiculares a los rieles del carretón principal

Procedimiento para la verificación: a explicar en clase.

D) MOVIMIENTO DEL PUENTE DE DISTANCIAS.

El puente de distancias (ver fig. 9.

Guía N° 5a) está, como se sabe, organizado en dos niveles:

- Nivel inferior (rieles X) donde se desliza el carretón D de la base.
- Nivel superior (rieles Z) donde se desplaza la corredera c de las Z.

Debe verificarse que ambos rieles (X y Z) sean paralelos entre sí, y perpendiculares a su vez a los E_1 y E_2 sobre los que se desplaza (en Y) el propio puente A (fig. 2).

Procedimiento para la verificación: a explicar en clase.

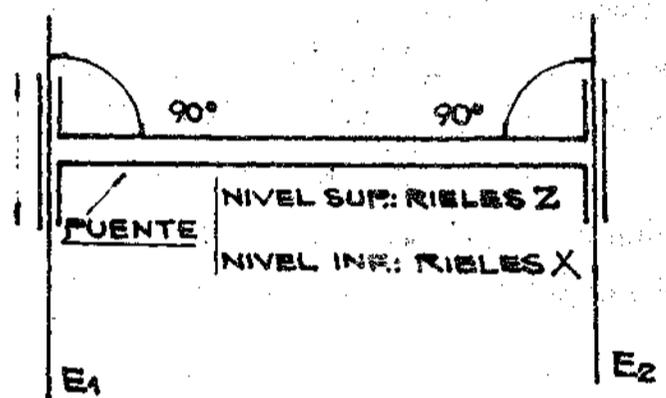


FIGURA 2

E) RELACION ENTRE LOS MOVIMIENTOS DEL CARRETON D DE LA BASE, Y LOS DEL CARRETON PRINCIPAL (estereocomparador).

Se debe cumplir que los desplazamientos rectilíneos de ambos carretones resulten paralelos, para lo cual deberán serlo los respectivos rieles que les sirven de guía.

Este paralelismo se satisface cuando a segmentos a iguales interceptados en la cuadrícula izquierda le corresponden segmentos iguales a en el puente de distancias (fig. 3).

Por lo contrario un cierto error ϵ de paralelismo entre los elementos citados conduce a la disimetría $a_1 \neq a_2$ señalada en la figura.

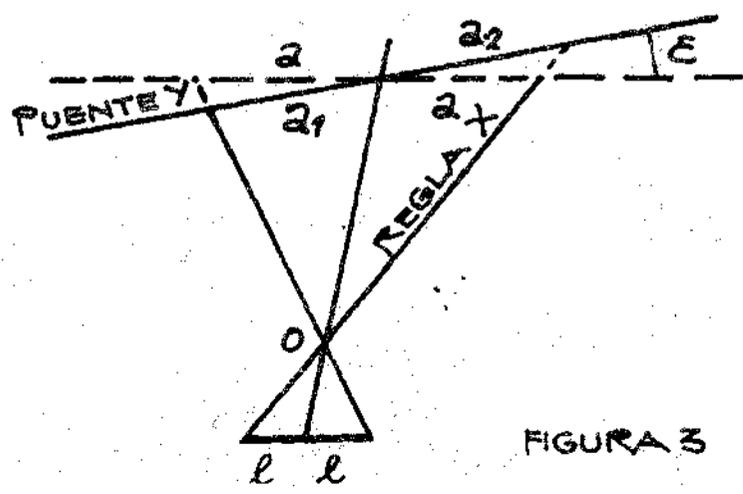


FIGURA 3

En virtud de la verificación anterior D), una vez ejecutada la presente resultarán también los rieles Z del puente A paralelos a los de deslizamiento del carretón principal de estereocomparador.

F) DETERMINACION DE LAS POSICIONES INICIALES DE LAS TRES REGLAS.

Las 3 reglas (X,Y,Z) estarán en sus posiciones iniciales (o posiciones cero) cuando, simultáneamente, sus bordes rectilíneos sean perpendiculares al puente de distancias (o sea a sus rieles X ó Z, según corresponda). Dado que las verificaciones anteriores están realizadas, en esta situación cada una de las reglas resultará paralela a los rieles E_1 y E_2 , y también perpendicular a los rieles sobre los que se desplaza el carretón principal (estereocomparador).

La determinación de estas particulares posiciones de las 3 reglas tiene suma importancia, ya que de ellas se parte, como se verá oportunamente, al comenzar las tareas de restitución de cualquier par de fotogramas.

Fundamento de la determinación: La regla elegida estará "en cero" cuando ella no gire al desplazar lejos-cerca-lejos el puente de distancias. Durante esa maniobra deberá comprobarse, entonces, la inmovilidad del carro al cual está relacionada, siguiendo un procedimiento de aproximaciones sucesivas que se explicará en clase.

Si, por ejemplo, la regla no estuviese en la posición buscada, al desplazar el puente como se ha indicado, se producirá un giro de la misma graficado en la siguiente fig. 4 .

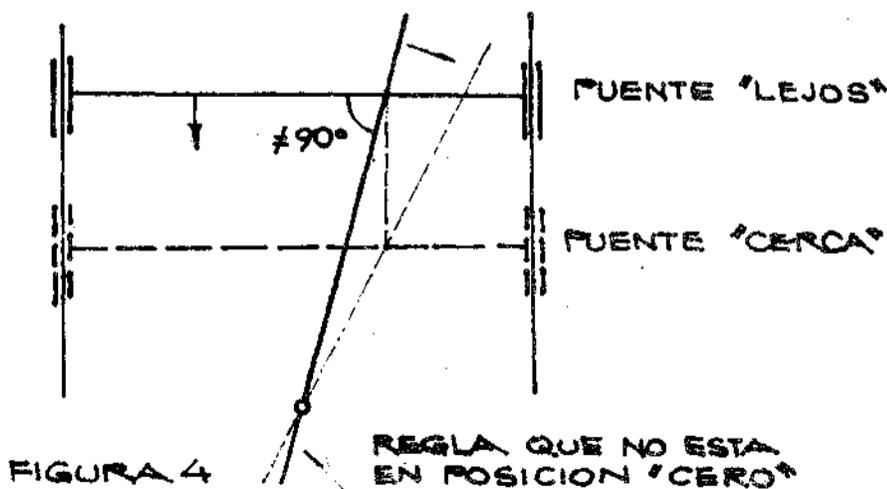


FIGURA 4

Dado que al giro de cada una de las reglas le corresponde, como se sabe, el desplazamiento de un determinado carro o corredera en el puente de distancias (ver fig. 5) cuando se haya llegado ordenadamente (primero para la regla X, luego para la Y y finalmente para la Z) a las posiciones "cero", se tomarán las lecturas X_0 , Bx_0 , Z_0 , constantes instrumentales que permiten reproducir en cualquier momento las señaladas posiciones iniciales conseguidas.

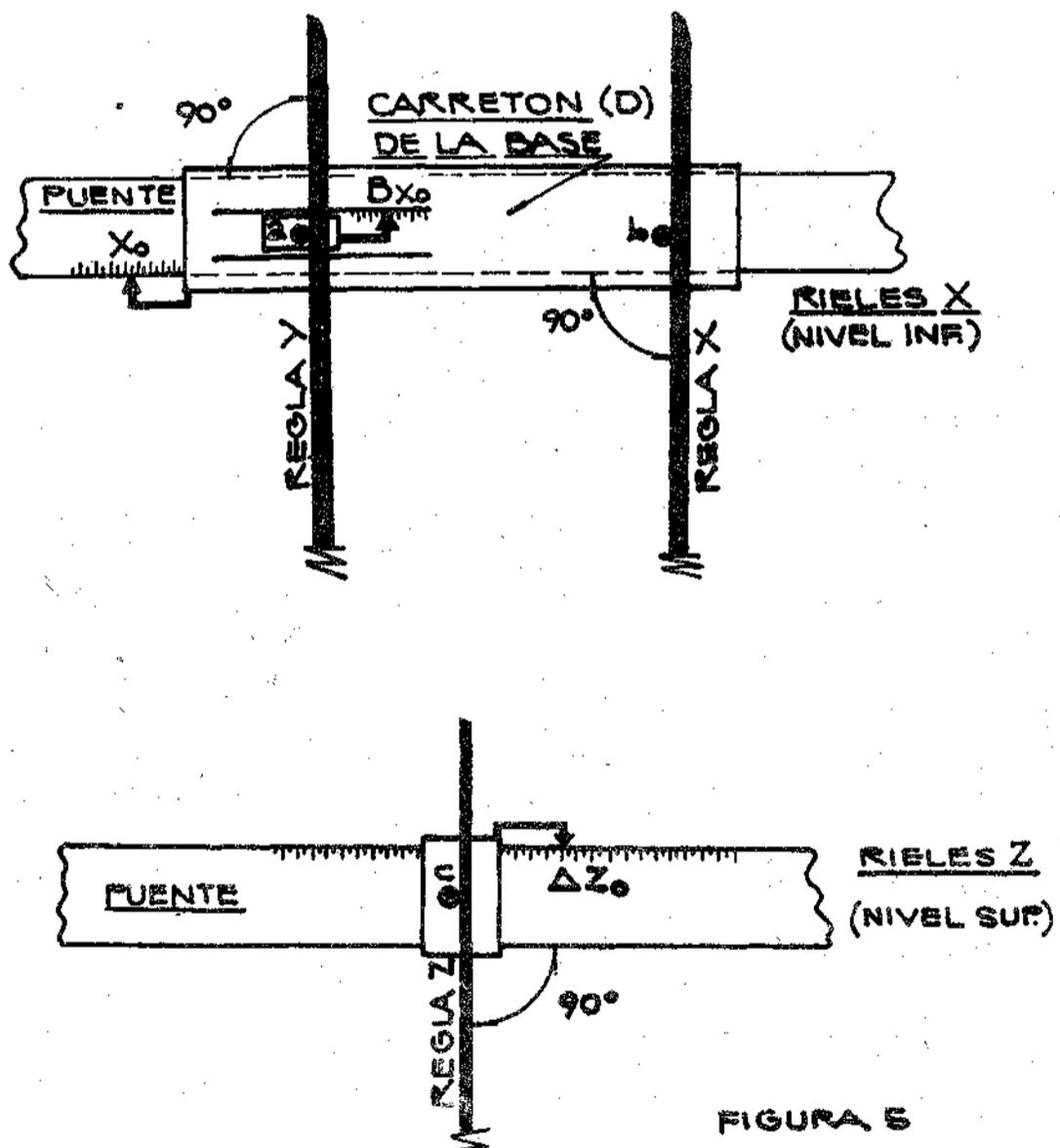


FIGURA 5

G) DETERMINACION DE LA LONGITUD Y FOCAL DE LAS TRES REGLAS.

Se llama longitud Y de una regla para una cierta posición del puente, registrable en la escala de profundidades del aparato (fig. 6), a la distancia que media entre su centro de giro O y la trayectoria del punto de contacto m que

le corresponde en el mencionado puente. O sea: si la posición del puente de distancias no varía, tampoco se modificará la longitud de la regla, cualquiera sea su dirección Om, Om', \dots etc.

Semejantemente, llámase focal de una regla a la distancia existente entre su centro de giro O y la trayectoria del punto de contacto n (fig. 6) que le corresponde en el respectivo carro del estereocomparador.

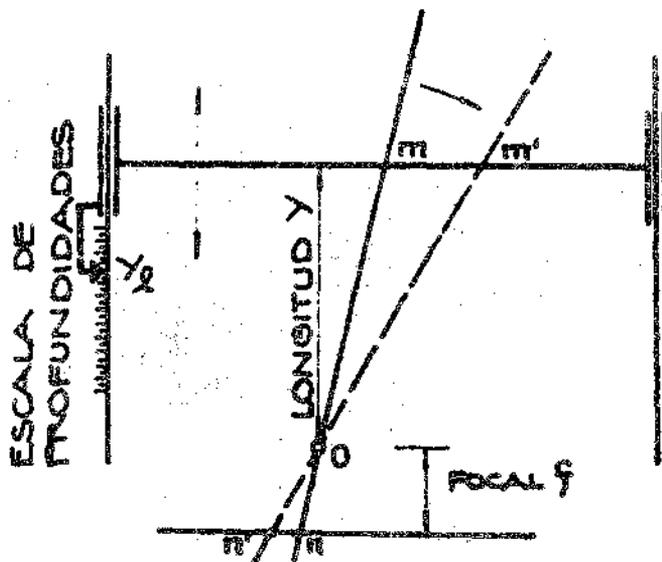


FIGURA 6

La correcta solución del problema geométrico que materializa el Estereógrafo exige que las longitudes de sus tres reglas sean iguales, y lo mismo respecto a las tres focales en ellas introducidas, o sea:

Longitud Y de la regla X	=	Y_x	=
" " " " " " " Y	=	Y_y	=
" " " " " " " Z	=	Y_z	=
Focal introducida en la regla X	=	f_x	=
" " " " " " " Y	=	f_y	=
" " " " " " " Z	=	f_z	=
" distancia principal f de la cámara métrica empleada para obtener los fotogramas que se desea restituir.			

Las condiciones que se acaban de imponer

exigen su verificación, la que se realiza en las siguientes etapas:

I) Longitud y focal de la regla X.

Determinar Y_x no es otra cosa que establecer el "cero" Y_0 de la escala de profundidades (ver fig. 7), de manera que los valores Y_i leídos en la misma y los Y_x se relacionen mediante:

$$Y_x = Y_i - Y_0 \quad (1)$$

fórmula que permitirá conocer la verdadera longitud Y_x de la regla X, correspondiente a una cierta posición del puente, en función de la respectiva lectura Y_i .

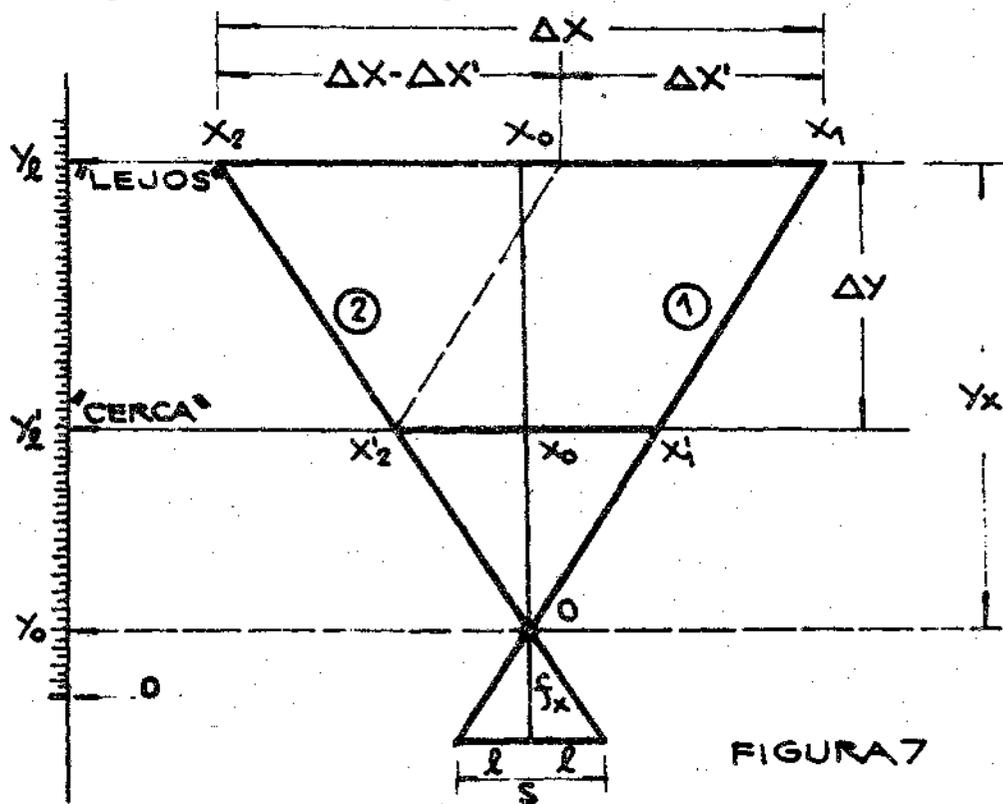


FIGURA 7

Dando sucesivamente a la regla X posiciones simétricas 1 y 2 respecto a la "inicial", (fig. 7) y situando al puente en "lejos" y "cerca", se tomarán las siguientes lecturas

- | | | |
|--------------------|---|--|
| a) Puente "lejos": | $\left\{ \begin{array}{l} Y_i \text{ en la escala de las } Y \\ X_1 \text{ en la escala de las } X \\ X_2 \text{ en la escala de las } X \end{array} \right.$ | |
| b) Puente "cerca": | | $\left\{ \begin{array}{l} Y_i' \text{ en la escala de las } Y \\ X_1' \text{ en la escala de las } X \\ X_2' \text{ en la escala de las } X \end{array} \right.$ |
| | | |

con las mismas se establecerán las diferencias:

$$\begin{aligned}
 Y_2 - Y_1 &= \Delta Y \\
 X_2 - X_1 &= \Delta X \\
 X'_2 - X'_1 &= \Delta X'
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

y por comparación de triángulos semejantes resultará:

$$Y_x = \frac{\Delta Y}{\Delta X - \Delta X'} = \text{verdadera longitud de la regla X para la posición } Y_1 \text{ del puente. (4)}$$

$$f_x = \Delta Y \frac{\Delta S}{\Delta X - \Delta X'} = \text{valor de la distancia principal introducida en la regla X. (5)}$$

De acuerdo con la expresión (1) el origen Y_0 de lecturas de la escala de profundidades será:

$$Y_0 = Y_1 - Y_x = \frac{\text{constante instrumental}}{\text{a emplear en la restitución. (6)}}$$

II) Longitud y focal de la regla Y.

Luego de las determinaciones anteriores se procede de idéntica manera con la regla Y para obtener en este caso Y_y con una fórmula igual a la (4), debiendo resultar, si se opera a la misma profundidad Y_1 (lejos):

$$Y_y = Y_x$$

Si en cambio ocurre que $Y_y \neq Y_x$, ello indica que en el carretón de la base ha quedado introducida una componente de la base, B_y (ver fig. 8), cuyo valor se obtendrá, precisamente de la diferencia:

$$Y_y - Y_x = B_y$$

La eliminación de esta B_y se logra desplazando en profundidad el punto de contacto a (ver fig. 9) hasta que se cumpla $Y_y = Y_x$, momento en que se anotará la lectura

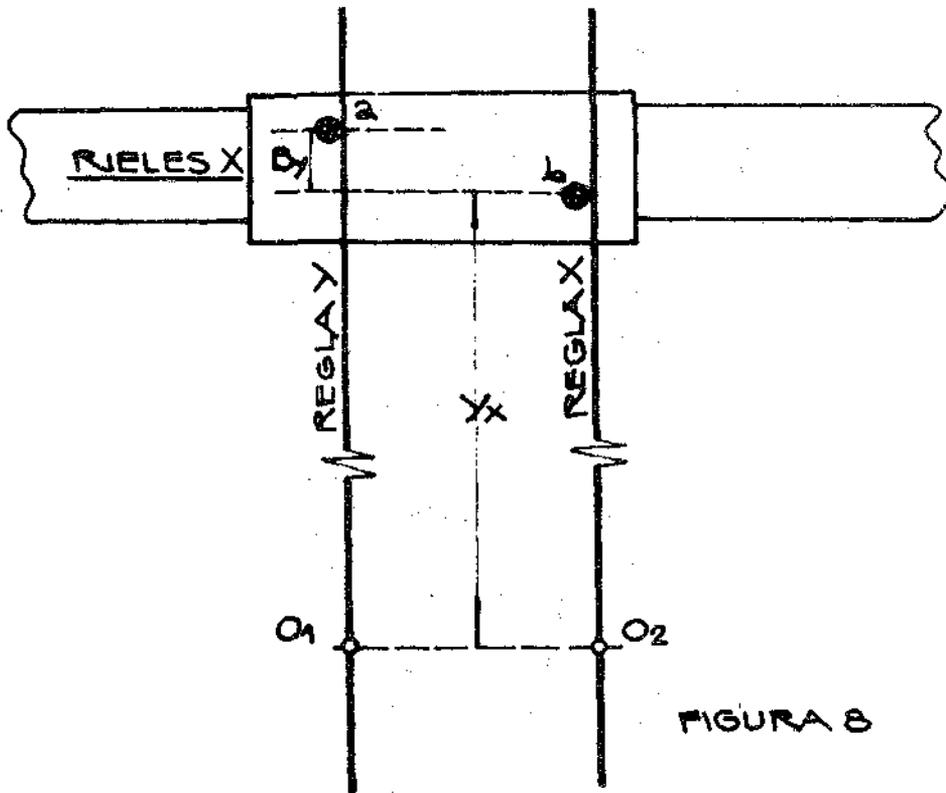


FIGURA 8

B_{y_0} , que es aquella que sirve de origen, en la correspondiente es cala, para la introducción de B_y en los casos de ejes girados ($B_x = 0$ para el caso normal).

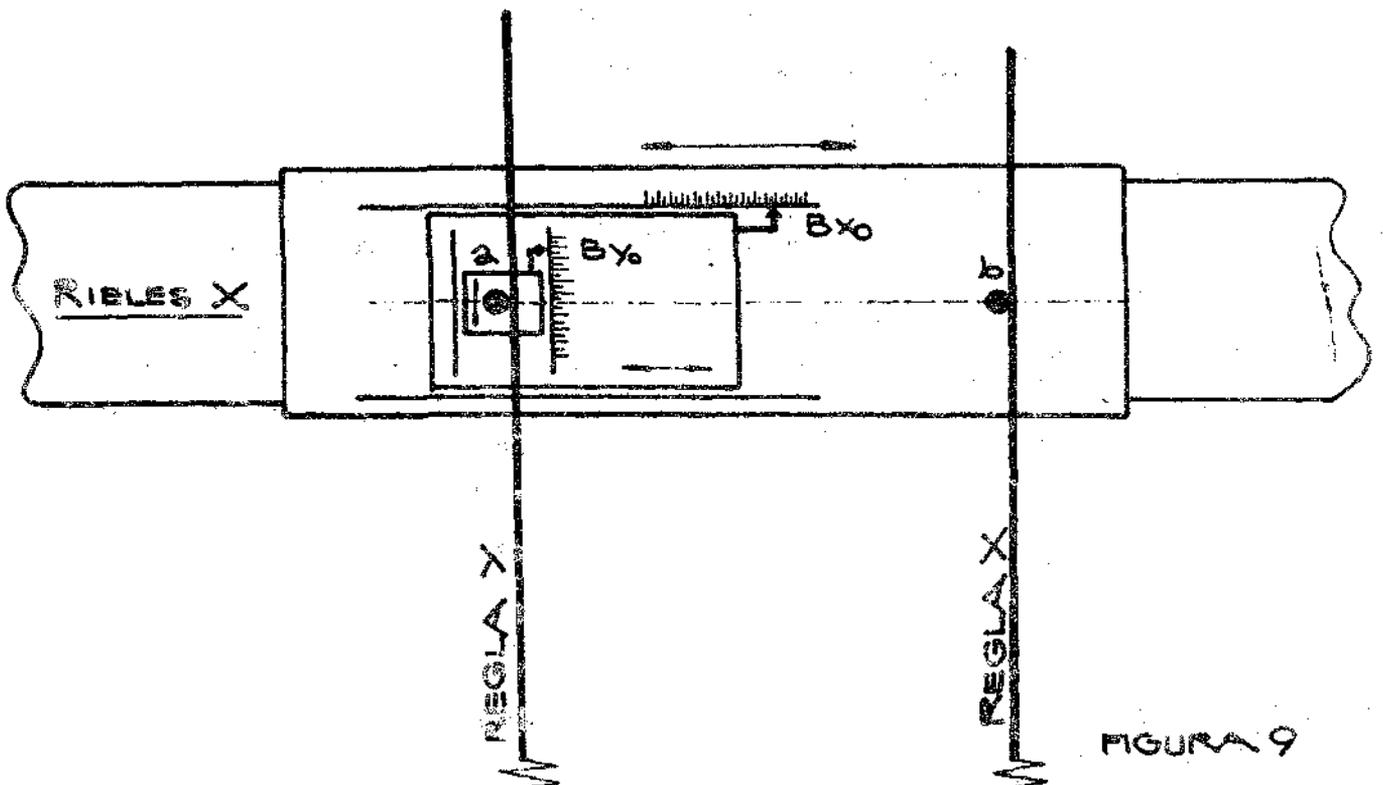


FIGURA 9

En lo que respecta a f_y se determinará su valor con una expresión igual a la (5), debiendo comprobarse:

$$f_y = f_x = f$$

III) Longitud y focal de la regla Z.

Nada varía aquí en cuanto a los conceptos antes señalados. Las determinaciones de longitud Y_z y focal f_z se hacen siguiendo el mismo método empleado para las reglas X e Y, debiéndose comprobar:

$$Y_z = Y_x \quad (8) \quad ; \quad f_z = f_x = f \quad (9)$$

Si $Y_z \neq Y_x$, en el aparato existe la posibilidad de modificar la posición en profundidad del punto de contacto c (ver fig. 9 de la Guía N° 5a) hasta que se cumpla la igualdad exigida.

H) CONSTANTES INSTRUMENTALES RESULTANTES DEL CONTRASTE.

Son 5, y su empleo es obligado al procesarse a las tareas previas a la restitución de cada par de fotografías.

Constante	Escala de lecturas	Previene de:
X_0	X	Posición "cero" regla X.
Bx_0	Bx	Posición "cero" regla Y.
ΔZ_0	Z	Posición "cero" regla Z.
Y_0	Y	Longitud regla X
By_0	B_y	Longitud regla Y

J) PRECISION DE FUNCIONAMIENTO DEL ESTEREOGRAFO.

En éste, como en todos los estereoregisti-

tuidores, queda caracterizada por el error relativo ϵ_y con que el aparato es capaz de responder a la determinación de la profundidad Y de un punto restituido. Valores indicativos de ϵ_y pueden conseguirse:

- I) Conociendo la precisión con que se determinan las longitudes de las reglas.
- II) Determinando la sensibilidad paraláctica del instrumento.

I) Precisión con que se determinan las longitudes de las reglas.

Se puede obtener, en forma aproximada, partiendo de la expresión (4). Diferenciándola en función de las variables que intervienen, tomando todos los términos con signo positivo (caso más desfavorable); y pasando a errores relativos, resulta:

$$\epsilon_y = \frac{d(\Delta Y)}{\Delta Y} + \frac{d(\Delta X)}{\Delta X} + \frac{d(\Delta X - \Delta X')}{\Delta X - \Delta X'} \quad (10)$$

Teniendo en cuenta que las vacilaciones en las lecturas instrumentales son:

$$\begin{aligned} \text{error de lectura en la escala Y: } dY_l &= 0,10 \text{ mm} \\ \text{" " " " " " X: } dX &= 0,05 \text{ mm} \end{aligned}$$

Resulta:

$$\begin{aligned} \Delta Y &= Y_2 - Y_1 & d(\Delta Y) &= dY_l \sqrt{2} \approx 0,14 \text{ mm} \\ \Delta X &= X_2 - X_1 & d(\Delta X) &= dX \sqrt{2} \approx 0,07 \text{ mm} \\ \Delta X' &= X'_2 - X'_1 & d(\Delta X') &= dX \sqrt{2} \approx 0,07 \text{ mm} = d(\Delta X) \end{aligned} \quad (11)$$

y: $d(\Delta X - \Delta X') = d(\Delta X) \sqrt{2} \approx 0,10 \text{ mm}$

Iguals consideraciones se pueden hacer para averiguar el error relativo con que ha quedado introducida la focal en la respectiva regla. La expresión que se obtiene, a partir de (5), es:

$$\epsilon_f = \frac{df}{f} = \frac{d(\Delta Y)}{\Delta Y} + \frac{ds}{s} + \frac{d(\Delta X - \Delta X')}{\Delta X - \Delta X'} \quad (12)$$

El término ds/s que aparece en la misma puede despreciarse ($ds \approx 2 \mu$ = indeterminación con que la placa reticulada proporciona la

longitud del segmento s) por ser su valor muy pequeño frente a los restantes, con lo que la fórmula queda:

$$\varepsilon_f = \frac{\alpha f}{f} = \frac{\alpha(\Delta Y)}{\Delta Y} + \frac{\alpha(\Delta X - \Delta X')}{\Delta X - \Delta X'} \quad (13)$$

Ejemplo: Para la determinación de longitud y focal de una regla se han obtenido los siguientes valores:

Puente "lejos"	$Y_l = 750,0 \text{ mm}$ $X_1 = 124,00 \text{ mm}$ $X_2 = 872,00 \text{ mm}$	<u>$s = 160 \text{ mm}$</u>
Puente "cerca"	$Y_c = 250,0 \text{ mm}$ $X'_1 = 372,00 \text{ mm}$ $X'_2 = 623,00 \text{ mm}$	

El cálculo arroja los siguientes valores (recordar las fórmulas y expresiones 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 13)

$$\begin{aligned} \Delta Y &= Y_1 - Y'_l = 500 \text{ mm} \\ \Delta X &= X_2 - X_1 = 748 \text{ mm} \\ \Delta X' &= X'_2 - X'_1 = 251 \text{ mm} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \Delta Y \\ \Delta X \\ \Delta X' \end{aligned}} \right\} \Delta X - \Delta X' = 497 \text{ mm}$$

$$Y = \Delta Y \frac{\Delta X}{\Delta X - \Delta X'} = 500 \frac{748}{497} \text{ mm} = 752,52 \text{ mm} \quad \therefore Y_c = Y_l - Y = -2,52 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_y = \frac{0,14 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} + \frac{0,07 \text{ mm}}{748 \text{ mm}} + \frac{0,10 \text{ mm}}{497 \text{ mm}} = \frac{1}{3600} + \frac{1}{11000} + \frac{1}{5000} \approx \frac{1}{1700}$$

de que supone haber determinado Y con un error absoluto:

$$dY = Y \cdot \varepsilon_y = \frac{752 \text{ mm}}{1700} \approx 0,4 \text{ mm}$$

o sea en definitiva: $Y = 752,52 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$

Por su parte:

$$f = \Delta Y \frac{s}{\Delta X - \Delta X'} = 500 \frac{160}{497} \text{ mm} = 160,96 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_f = \frac{0,14 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} + \frac{0,10 \text{ mm}}{497 \text{ mm}} = \frac{1}{3600} + \frac{1}{5000} \approx \frac{1}{2000}$$

de donde: $df = f \cdot \varepsilon_f = \frac{161 \text{ mm}}{2000} \approx 0,08 \text{ mm}$ o sea:

$$f = 160,96 \text{ mm} \pm 0,08 \text{ mm}$$

En la práctica corriente la longitud de las reglas y sus focales son productos de varias series de determinaciones, de las que se obtienen valores indignos para los errores medios correspondientes. Operando en esta forma se llega a determinar dichos elementos con error relativo de 1/3000.

II) Determinación de la sensibilidad paraláctica.

Los conceptos correspondientes deberán leerse en "Introducción a la Fotogrametría" de Garlan, Limeses y Saralegui, pág. 87 a 91.