

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



Presentada a la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala por

**OSCAR ARMANDO MARTINEZ AMAYA**

al conferírsele el Título de

**INGENIERO CIVIL**

Ciudad de Guatemala

Mayo de 1968

**BIBLIOTECA CENTRAL-USAC  
DEPOSITO LEGAL  
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO**

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

Cumpliendo con lo establecido por las leyes y reglamentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el presente trabajo de tesis titulado:

LA FOTOGRAMETRIA APLICADA A

LA AGRIMENSURA



## CONTENIDO

- I- INTRODUCCION
- II- EL METODO Y SUS FASES
  - 2-1 Fase Preparatoria
    - 2-1-1 Identificación del área o región
    - 2-1-2 Importancia de la Escala de trabajo
    - 2-1-3 Obtención de la fotografía aérea deseada
      - 2-1-3-1 Factores que definen su escala
    - 2-1-4 Control de campo
      - 2-1-4-1 Control horizontal
      - 2-1-4-2 Control vertical
    - 2-1-5 Identificación de linderos
  - 2-2 Fase de ejecución fotogramétrica
    - 2-2-1 Obtención de las coordenadas de los esquineros
    - 2-2-2 Cálculo del área
    - 2-2-3 Complementos
      - 2-2-3-1 Levantamiento de detalles
      - 2-2-3-2 Levantamiento altimétrico
- III EJEMPLO
- IV VENTAJAS DEL METODO
- V LIMITACIONES
- VI CONCLUSIONES
- VII BIBLIOGRAFIA

**TESIS DE REFERENCIA**

**NO**

**SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA  
BIBLIOTECA CENTRAL-USAC.**

OFREZCO ESTE ACTO

A DIOS Y MI PATRIA

DEDICO ESTE ACTO

A mis padres:

Pablo de Jesús Martínez S.

Carmen A. de Martínez.

A la memoria de mi tía:

Angelina A. de Martínez.

A mi esposa:

Olga J. D. de Martínez.

A mi hija:

Cristina del Carmen A. Martínez D.

A mis suegros:

J. Luis Dominguez.

M. Cristina de Dominguez.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.



## RECONOCIMIENTO

Al Ingeniero Javier Morales y a todos los compañeros de trabajo del Instituto Geográfico Nacional. Que en una ú otra forma colaboraron conmigo para llevar a feliz término el presente trabajo.

En especial al:

Ing. Joaquín Ritz

y al Br. Carlos Pedro Lemmerhofer

## I INTRODUCCION

La Fotogrametría según la definición del comité sobre nomenclaturas de la Sociedad Americana de Fotogrametría, es la ciencia de obtener medidas precisas por medio de fotografías.

SE DIVIDE EN DOS ESPECIALIDADES:

- A) Fotogrametría terrestre: usa fotografías tomadas desde puntos sobre la superficie terrestre.
- B) Fotogrametría aérea: usa fotografías tomadas desde cualquier vehículo aéreo.

La historia de la fotogrametría se desarrolla desde el año 1759 cuando fueron sugeridos los principios que le dieron origen. En 1839 Arago recomendaba a la Academia de Ciencias de París, la aplicación de la fotografía a la Topografía, Arquitectura y Arqueología.

Fue en 1859 cuando el coronel del ejército Francés Aimelasse-dat presentó a la Academia de Ciencias de París los resultados obtenidos con fotografías terrestres tomadas con fototeodolito.

Con el descubrimiento en 1892 por F. Stoize del principio de la marca flotante y el desarrollo de un método práctico de medidas con la misma, la estereofotogrametría se puso en uso.

Se comenzó a realizar estudios que llevaran al diseño y construcción de aparatos los cuales permitieran la confección de mapas de manera automática y continua; hasta que dos miembros del Instituto Geográfico de Viena; A. Von Hubl y E. Von Orel, construyeron el primer modelo estereoautógrafo, hoy en día en deshuso, fue construido en principio para restitución de fotografías terrestres, tomadas con fototeodolitos pero en 1914 fue adaptado también-, para restituir fotografías aéreas.

Hoy en día solo se usan fotografías aéreas y la fotogrametría terrestre, quedó solo como auxiliar de la fotogrametría aérea.

Actualmente se ha alcanzado con el auxilio de la óptica y electrónica, precisión y velocidad de trabajo insospechado.

En Guatemala se inició la aplicación de la fotografía aérea al levantamiento planimétrico detallado, durante la ejecución de los trabajos limítrofes con las Repúblicas de El Salvador y Honduras, los cuales se iniciaron en el año de 1932. A partir de esa fecha la aplicación de la fotografía aérea en Guatemala fue incrementándose gradualmente, pasando de los levantamientos plani-

métricos a los altimétricos, gracias al empleo de instrumentos que permiten el trazo de la altimetría y planimetría en forma continua con bastante exactitud.



## II EL METODO Y SUS FASES

El método consiste en el uso de la fotografía aérea, y el empleo de instrumentos adecuados, para obtener los datos necesarios que definan la forma y área de una determinada porción de terreno.

Tradicionalmente se usa para este tipo de trabajo la topografía, pero en el caso de levantamientos fotogramétricos, la topografía se emplea para obtener el control necesario con el objeto de orientar y nivelar el modelo estereoscópico.

El método en sí, comprende fundamentalmente dos fases:

- 2-1) Fase preparatoria
- 2-2) Fase de ejecución fotogramétrica

La primera constituye la base sobre la cual hemos de fundamentar el buen éxito de la segunda fase, por lo que se debe tener especial cuidado en su ejecución.

La segunda fase es la aplicación de la técnica fotogramétrica propiamente dicha, y lleva consigo el uso de los aparatos autógrafos para la obtención de los resultados finales.

- 2-1) Fase preparatoria

Esta lleva consigo trabajos de gabinete y campo.

Los trabajos de gabinete comprenden la identificación del área o región, determinación de la escala de trabajo, investigación sobre la existencia de control terrestre en el área o cerca del área a trabajarse.

Entre los trabajos de campo podemos considerar, el reconocimiento de linderos, clasificación de detalles planimétricos, y levantamiento de poligonales de control horizontal y vertical, cuando sea necesario.

2-1-1) IDENTIFICACION DEL AREA O REGION

Esto se puede realizar por medio de mapas, de los cuales en Guatemala hoy en día existe buen número, y según su escala son ricos en detalles topográficos, hidrográficos, obras civiles etc. que permiten localizar inmediatamente la región de interés. Para este tipo de trabajo es aconsejable hacer uso de mapas a escala 1:50,000, que publica el Instituto Geográfico Nacional.

Una vez ya localizado en el mapa, podemos investigar si existen fotografías aéreas del lugar y con auxilio del estereoscópio, observar el ó los pares de fotografías dónde se encuentra el área de interés.

Datos que se toman:

A) De fotografía

- 1- Misión y número de foto
- 2- Fecha de toma
- 3- Escala y altura de vuelo sobre el nivel del mar.
- 4- Distancia focal de la cámara.

B) De mapas

- 1- Control existente
- 2- Elevaciones máximas y mínimas del terreno.
- 3- Escala del mapa
- 4- Nombre de la hoja del mapa.



2-1-2) IMPORTANCIA DE LA ESCALA DE TRABAJO

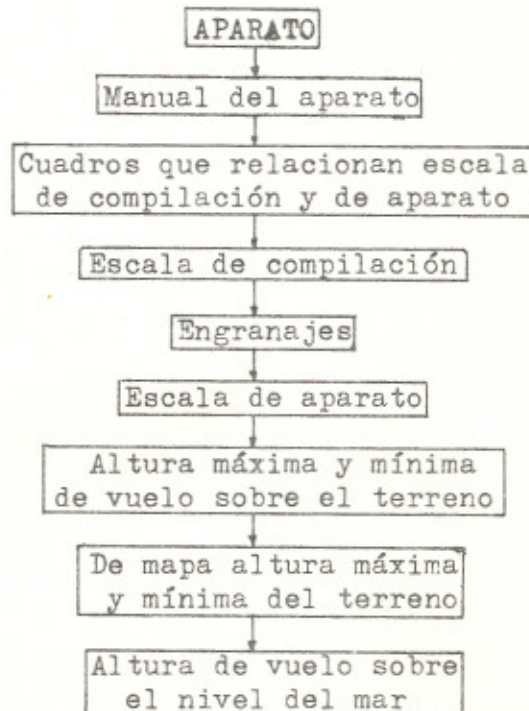
De la escala de trabajo dependen todos los requerimientos, tanto técnicos como mecánicos para la ejecución de los pasos siguientes:

- A) Tipo de aparato a usar para la restitución fotogramétrica.
- B) Escala de la fotografía a usar.
- C) Forma de controlar la fotografía

A) Tipo de Aparato a usar:

La elección de un determinado aparato para efectuar el trabajo, es operación sumamente sencilla, en la cual pueden presentarse dos casos, cada uno con puntos de partida opuestos y extremos en el proceso de elección.

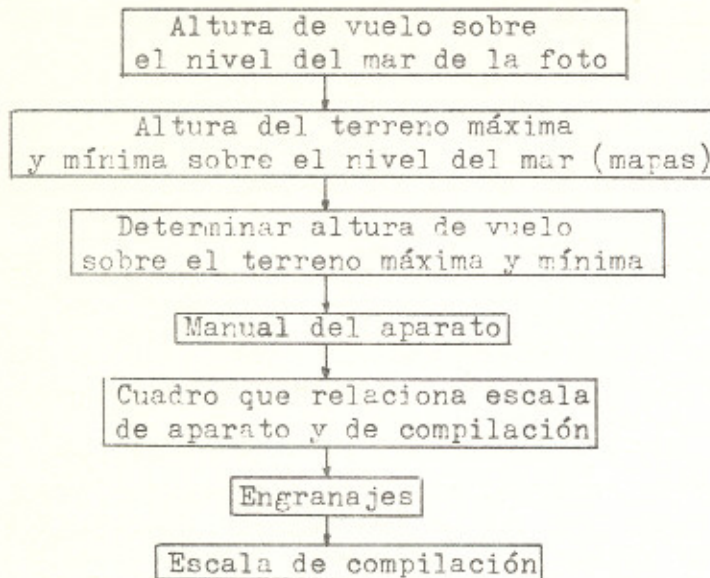
1) Cuando no existen fotografías de la región: se comienza por decidirse por un determinado aparato y se pueden programar los pasos en la siguiente forma:





2) Cuando existen fotografías de la región: se investiga en los diferentes aparatos que se tengan a disposición, cual de ellos tiene capacidad para llevarnos a la escala deseada.

El proceso puede programarse así:



B) Escala de la Fotografía a usar:

Sobre la escala de la fotografía hablaremos más adelante con detalles.

C) Forma de controlar la fotografía:

En cuanto la forma de obtener el control de las fotografías diremos que puede obtenerse en dos formas; dependiendo de la precisión del trabajo y la naturaleza del mismo, así podemos decir que:

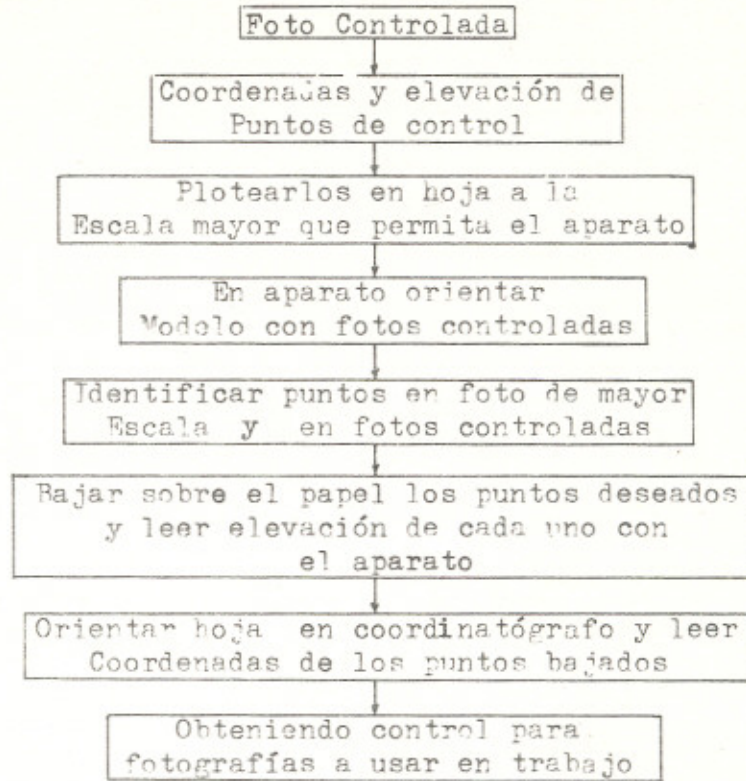
A) Para trabajos de precisión y que además tengan secciones de replanteo, es necesario realizar control de campo.

B) La otra forma de obtener control es en el gabinete, por medio del proceso de estereotriangulación, cuya descripción no la haremos, por no estar dentro de los fines del presente trabajo.

El control logrado en esta forma se puede utilizar así:

1) Usando para compilar directamente esta fotografía controlada, siempre que satisfaga los requerimientos del trabajo.

2) Utilizando el control de estas fotografías para controlar otras de mayor escala y que nos definan mejor el área de interés y nos permitan llegar a la escala de trabajo deseada; este proceso puede programarse así:





### 2-1-3) OBTENCION DE LA FOTOGRAFIA AEREA DESEADA

Una vez teniendo las características que debe poseer la fotografía a usar en nuestro trabajo, podemos dar los pasos que nos lleven a su obtención.

Las características de nuestras fotos nos las definen su escala, lo que significa que para nosotros el problema no es más que llevar adelante todos los pasos, que nos permitan obtener fotografías de una escala determinada.

#### 2-1-3-1 FACTORES QUE DEFINEN SU ESCALA

Los factores que definen la escala de una fotografía son:

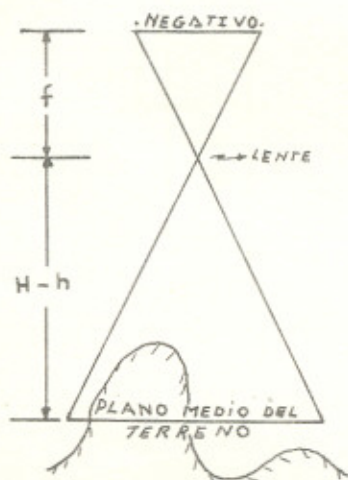
- 1- Altura de vuelo sobre el nivel del mar =  $H$
- 2- Elevación promedio del terreno sobre el nivel del mar =  $h$
- 3- Distancia focal de la cámara =  $f$

Así tenemos que para obtener la escala media de una fotografía, se hace por medio de la semejanza de los triángulos formados; uno por el plano del negativo y el lente, el otro por el lente y el plano medio del terreno, relacionando entre sí sus alturas las cuales son:

Para el 1er. triángulo la distancia focal de la cámara =  $f$ .

Para el 2do. triángulo la altura de vuelo promedio sobre el terreno =  $H-h$ .

Obteniendo:



$$\frac{1}{X} = \frac{f}{H-h}$$

$X =$  DENOMINADOR DE LA ESCALA DE FOTOGRAFIA

$$\therefore \frac{1}{E_F} = \frac{f}{H-h} \longrightarrow \textcircled{1}$$

$$h = \frac{h_{MAX} - h_{MIN}}{2} \longrightarrow \textcircled{2}$$



$h$  Máxima = Elevación Máxima del terreno sobre nivel del mar  
 $h$  Mínima = Elevación Mínima del terreno sobre nivel del mar  
 $E_f$  = Denominador de escala de la foto

Como podemos ver las anteriores fórmulas son simple aritmética, sin ninguna complicación y nos permite obtener solución, en base a los datos con que contamos, a la incógnita que nos plantea el problema; y que básicamente consiste: en determinar la altura del vuelo sobre el nivel del mar, por medio del cual obtendremos nuestra fotografía.

Y una vez determinada nuestra altura de vuelo sobre el nivel del mar determinamos el número de fotos a tomar, el cual está en función de:

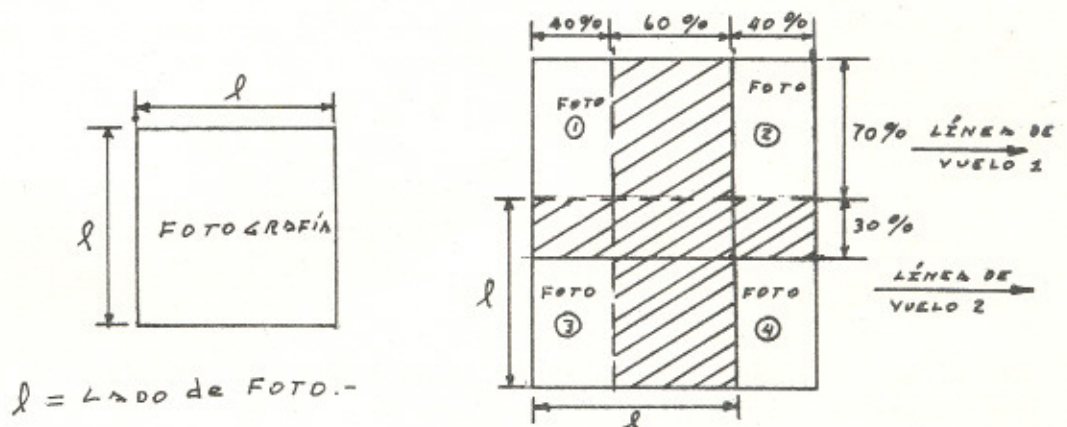
- 1 - Extensión de la región a medir.
- 2 - Area efectiva que cubre cada foto.

1) Extensión de la región a medir:

Esta la podemos determinar a través de su identificación como se indicó en la parte 2-1-1. Y por medio de un planímetro medir el área sobre el mapa ó bien sobre fotografía existente.

2) Area efectiva que cubre cada foto:

Esta depende del traslape que se adopte siendo por lo general el 60% en sentido longitudinal y cuando se necesitan varias fajas paralelas, el traslape transversal será de 20 a 30%



Posición de traslapes ///

El área cubierta por cada fotografía la podemos determinar en función de sus dimensiones y su escala; suponiendo que el formato de las fotografías sean de 23 x 23 centímetros, obtenemos la expresión siguiente:

$$A_{TF} = \frac{23}{10^2} \times \frac{23}{10^2} \times (E_F)^2$$

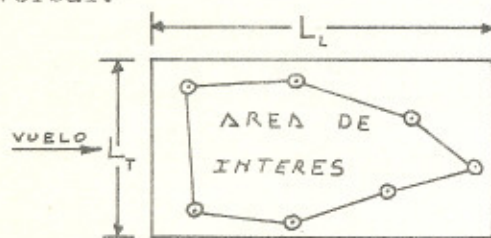
$$\therefore A_{TF} = 529 \times 10^{-4} \times (E_F)^2 \longrightarrow \textcircled{3}$$

La cual nos da el área total cubierta por la fotografía en metros cuadrados.

$E_F$  = Denominador de escala de fotografía.

Determinar el número de fotografías:

El método mas usado consiste en encuadrar el área ya definida en mapas o fotos, y medir los lados del rectángulo y en base a ello determinar el número de fotografías de acuerdo a su longitud aprovechable según, sea en sentido longitudinal o transversal.



$L_L$  = DIMENSIÓN LONGITUDINAL  
 $L_T$  = DIMENSIÓN TRANSVERSAL

Tenemos que longitudinalmente, solo aprovechamos de la foto el 40% de lado, por el traslape de 60% necesario, por lo que tendremos longitud en metros aprovechable de cada foto.

$$L_{F.L.} = \frac{0.4 \times 23}{100} \times E_F = 92 \times 10^{-3} \times E_F \therefore$$

$$L_{FL} = 92 \times 10^{-3} \times E_F \longrightarrow \textcircled{4}$$

$L_{F.L.}$  = Distancia longitudinal en metros, aprovechable de fotografía en el terreno.

$E_F$  = Denominador de la escala de foto

Luego en sentido transversal ó ancho de terreno, la distancia aprovechable de cada foto que es de 70% debido al 30% de traslape lateral con que se toman las líneas; con esto llegamos a que la longitud aprovechable de cada foto en el terreno será de:



$$L_{FT} = \frac{0.7 \times 23}{100} \times E_F = 161 \times 10^{-3} \times E_F \dots$$

$$L_{FT} = 161 \times 10^{-3} \times E_F \longrightarrow \textcircled{5}$$

$L_{FT}$  = Distancia transversal en metros que cubre cada foto efectivamente.

Teniendo en metros las dimensiones encuadradas del área de interés, podemos calcular el número de:

- A) Líneas de vuelo
- B) Número de fotos de cada línea
- C) Número total de fotos que necesitamos.

A) Para determinar el número de líneas de vuelo, usamos la dimensión transversal, la cual será siempre la que tenga la posición perpendicular a la dirección o sentido del vuelo; para nuestro caso la designaremos por " $L_T$ ".

Conociendo  $L_T$ . (de mapas o de fotos) tenemos que el número de líneas será:

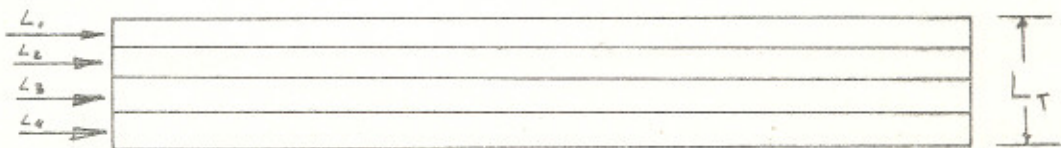
$$N_{LÍNEAS} = \frac{L_T}{L_{FT}} = \frac{L_T}{161 \times 10^{-3} \times E_F} \dots$$

$$N_{LÍNEAS} = \frac{L_T}{161 \times 10^{-3} \times E_F} \longrightarrow \textcircled{6}$$

$$\text{Ó BIEN } N_{LÍNEAS} = \frac{L_T \times 10^3}{161 \times E_F}$$

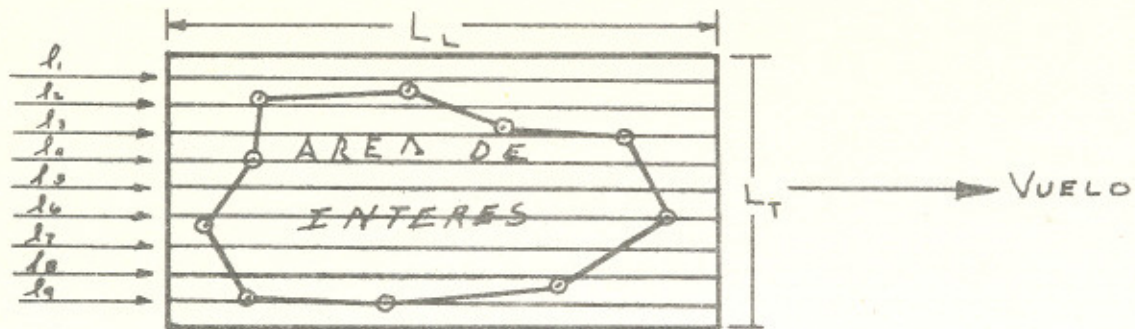
$L_T$  = Dimensión transversal en metros.

$E_F$  = Denominador de escala de fotos.



$L_n = LÍNEA DE VUELO n$





FORMA DE INDICAR COMO SE CUBRE EL AREA

$l_n$  = Línea de vuelo.

B) Determinar el número de fotos de cada línea para cubrir la dimensión longitudinal. Esta dimensión la designaremos por " $L_L$ ".

Conociendo  $L_L$  (de mapas o fotos) tenemos que el número de fotos por línea será:

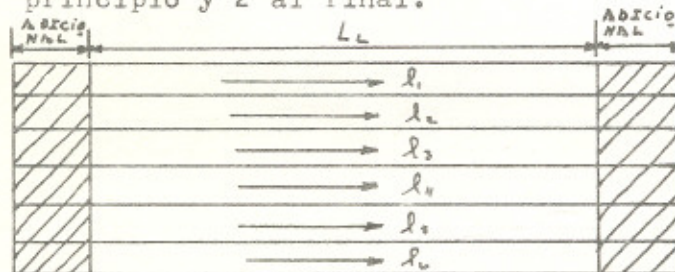
$$N_{\text{FOTOS}} = \frac{L_L}{92 \times 10^{-3} \times E_F} \quad \text{c/LÍNEA}$$

$$N_{\text{FOTOS}} = \frac{10^3 L_L}{92 E_F} + 4 \quad \text{---} \quad \textcircled{7}$$

$L_L$  = Dimensión longitudinal en metros

$E_F$  = Denominador de la escala de la foto.

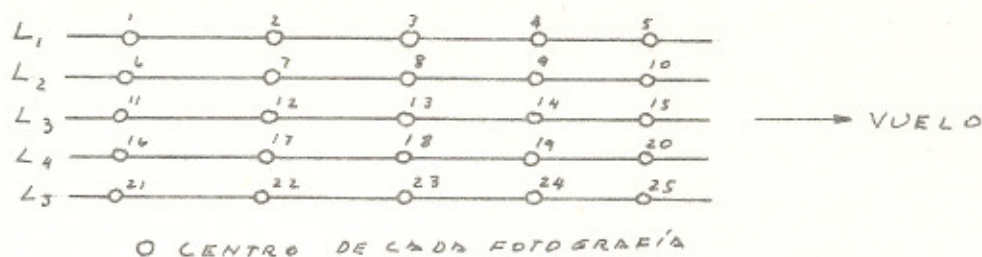
4 = Fotos adicionales de seguridad en cada línea, 2 al principio y 2 al final.



C) Para obtener el número total de fotos, se multiplica el número de líneas por el número de fotografías de cada línea.

$$N_{\text{TOTAL de Fotos}} = N_{\text{LÍNEAS}} \times N_{\text{FOTOS C/LÍNEA}} \longrightarrow \textcircled{8}$$

Sobre un mapa o fotografía, se indican finalmente las líneas de vuelo y la dirección ó sentido del mismo.



Otra forma de determinar la escala en una fotografía:

Es relacionando la distancia entre dos puntos, medida en la foto y la correspondiente tomada de un mapa ó directamente en el terreno.

$d$  = Distancia en milímetros

$D$  = Distancia en metros en el mapa o terreno.

$$\frac{1}{E_F} = \frac{d}{D \times 10^3} = \frac{1}{\frac{D \times 10^3}{d}}$$

$$\frac{1}{E_F} = \frac{1}{\frac{D \times 10^3}{d}} \longrightarrow \textcircled{9}$$

Esta ecuación nos es sumamente útil, sobre todo cuando existe foto, ya que nos permite determinar altura de vuelo sobre el terreno ( $H - h$ ) según fórmula  $\textcircled{1}$

IGUALANDO ECU.  $\textcircled{10}$  a  $\textcircled{9}$

$$\frac{1}{E_F} = \frac{1}{\frac{D \times 10^3}{d}} = \frac{1}{\frac{(H-h) 10^3}{f}} \therefore H-h = \left(\frac{f}{d}\right) D \therefore$$

$$H-h = \left(\frac{f}{d}\right) D \longrightarrow \textcircled{10}$$



2-1-4 CONTROL DE CAMPO

Dentro de nuestra fase preparatoria tenemos que realizar trabajos de campo, los cuales tienen por objeto controlar nuestras fotografías a usar en el trabajo.

Este control de campo se realiza con el auxilio de la Topografía, midiendo distancias y diferencias de nivel entre puntos escogidos y referenciados adecuadamente.

La selección de estos puntos está en función del control que los mismos han de brindar, los que pueden ser de control horizontal o vertical, también pueden cumplir con las dos funciones. Por lo general con 3 puntos de control horizontal, es suficiente, para control vertical necesitamos 4 puntos situados en las esquinas del modelo.

## 2-1-4-1 Control Horizontal

Su objeto es colocar a la escala plana deseada, nuestro trabajo a ejecutar y tener referencia de campo que nos permita efectuar replanteo, para este control necesitamos como mínimo 3 puntos y para su localización en el campo se puede proceder en dos formas:

- A) Determinar o elegir los puntos a usar como control horizontal después de tomadas las fotografías.
- B) Escoger y referenciar los puntos de control antes que se tomen las fotografías.

El más aconsejable de los dos es el (B), pues nos permite un diseño de las referencias en forma adecuada, que no deja lugar a dudas en cuanto a su localización en el terreno y su fácil identificación en las fotografías, para evitar posible confusión por parte del fotogrametrista, al llevar a cabo la orientación. Los puntos de control a elegir deben, en lo posible, llenar condiciones de:

- a) Accesibilidad
- b) Operación topográfica
- c) Que la distancia entre los puntos sea lo más grande posible; siempre que caigan dentro de las fotografías.

Una vez decidido que puntos se usarán, se procederá a colocar referencias y medir la distancia entre ellos en el campo, dejando la línea plenamente orientada, si de ser posible hasta astronómicamente y en la foto pinchados los puntos, cuando son para fotos ya tomadas con anterioridad a la elección del control, cada punto si fuera posible debe ir acompañado de una descripción y se les asigna una nomenclatura que los identifique plenamente, en el gabinete.



Cuando se haga vuelo específico para el trabajo a realizar, los puntos de control se señalarán en el campo, previo a la realización del vuelo. Las referencias a colocar deben llenar condiciones de:

- A) Dimensiones
- B) Completa visibilidad

Las dimensiones a darle a cada referencia están en función de:

- A) Dimensión de la marca flotante del aparato a usar
- B) Escala de fotografía a usar

El diámetro de la marca flotante, de casi todos los aparatos de restitución fotogramétrica, es de 30 micrones ó sea  $30 \times 10^{-6}$  metros; lo que permite mediante la escala de fotografía, calcular lo que cubre la marca flotante en el terreno, definiéndonos de esta manera las dimensiones de nuestras referencias en el campo, para que coincida exactamente sobre ellas; pudiendo obtener una expresión que nos da el diámetro de la referencia a usar:

$$D = 30 \times 10^{-6} \times E_f \longrightarrow \textcircled{//}$$

$E_f$  = Denominador de la escala de fotografía

$D$  = Diámetro en metros de la referencia

La plena visibilidad de la referencia, se obtiene por medio de un buen contraste de color, y así sugerimos círculo blanco rodeado de color negro; se debe tener especial cuidado de que no afecte sombras de árboles ó edificios.

#### 2-1-4-2 Control vertical

Para la elección de éstos puntos, se tiene que cumplir con todos los requisitos de los puntos de control horizontal, además debe tratarse queden en lugares planos, para evitar que su posición horizontal sea determinante en cuanto su exactitud vertical; se puede, si las condiciones lo permiten, usar los mismos puntos de control tanto horizontal como verticalmente. El control vertical debe de constar de cuatro puntos para cada modelo estereoscópico.

La nivelación de éstos puntos se realiza ya sea referida a puntos de nivel geodésico ó bien en forma relativa dentro del área a trabajar; esencialmente de lo que se trata, es tener los cuatro puntos de cada modelo, referidos en nivel a un mismo Datum.

2-2 FASE DE EJECUCION FOTOGRAFICA

Una vez, teniendo nuestras fotografías marcadas con todo el control necesario y los linderos indentificados, procedemos a la aplicación de los métodos fotogramétricos. Los datos que se han de proporcionar al fotogrametrista son:

- 1- De la fotografía:
  - A) Escala
  - B) Altura de vuelo
  - C) Distancia focal de la cámara
  - D) Todo el control que posean
- 2- Del trabajo a realizar:
  - A) Escala del plano
  - B) Tipo de el levantamiento, pudiendo ser:
    - B-1) Solo medida del área
    - B-2) Area y detalles planimétricos
    - B-3) Area, detalles planimétricos y detalles altimétricos.  
(Curvas de nivel y su intervalo)

Teniendo el Fotogrametrista todos los datos anteriores en su poder, pasa a elegir el tipo de aparato a usar, que mejor se adapte a los requerimientos del trabajo. Luego se procede a la obtención de las impresiones en vidrio (Placas diapositivas) de las fotografías a usar. Simultáneamente se realiza el ploteo de los puntos de control a la escala de trabajo.

Del aparato elegido establece:

- A) Escala de aparato
- B) Relación de engranajes

Las operaciones subsiguientes serán:

- A) Colocar las placas en el aparato
- B) Colocar escala de aparato
- C) Colocar los engranajes
- D) Realizar la orientación relativa del modelo estereoscópico
- E) Situar la hoja de trabajo en la mesa del aparato
- F) Realizar la orientación absoluta del modelo
- G) Fijar la hoja de trabajo y comenzar la restitución.

El proceso de trabajo comprende:

- 1) Obtención de las coordenadas de cada esquinero
- 2) Cálculo del área
- 3) Complementos
  - 3-1) Levantamiento de detalles
  - 3-2) Levantamiento altimétrico



## 2-2-1 Obtención de las coordenadas de los esquineros:

Para determinar las coordenadas de cada esquinero, se puede hacer de tres formas, las cuales dependen del tipo de aparato a usar.

- A) Si el aparato da directamente coordenadas en milímetros, la conversión a metros se realiza por la expresión.

$$Y \text{ o } X = \frac{\text{LECTURA EN MILÍMETROS} \times E_a}{10^3} \longrightarrow (12)$$

(APARATO C-8 ZEISS)  
 $E_a =$  ESCALA DE APARATO.

El origen se puede colocar en cualquier punto.

Este tipo de aparato tienen sistema de escritura propio, donde va copiando las coordenadas de cada punto en milímetros, siendo su aproximación del orden del centésimo de milímetro, estos aparatos pueden tener además acoplado un perforador de cinta, para ser usada posteriormente en la computadora electrónica en el cálculo del área. La perforada de la cinta se va llevando a cabo en forma simultánea a la anotación de las coordenadas en su sistema de escritura.

- B) Si el aparato posee pantógrafo con coordinatógrafo, las coordenadas las determinamos tomando las lecturas en los tambores del pantógrafo, éstas nos las dan en milímetros y su aproximación es del orden del centésimo de milímetro, la conversión en metros la realizamos usando la expresión:

$$X \text{ o } Y = \frac{\text{LECTURA EN MILÍMETROS} \times E_t}{10^3} \longrightarrow (13)$$

$E_t =$  ESCALA DE TRABAJO

(Aparatos C-8, A-8).

- C) Cuando el pantógrafo del aparato no es del tipo coordinatógrafo, es preciso bajar los puntos en el manuscrito, para luego determinar, con el auxilio de un coordinatógrafo, las coordenadas de los mismos. (Aparato B-8).

En los tres métodos expuestos, es conveniente tomar un origen arbitrario, el cual nos evite tener valores negativos. Las coordenadas que obtenemos siempre serán totales.

## 2-2-2 Cálculo del Area

El cálculo del área se puede realizar por los métodos de:

- 1- Pensilvania ó de dobles distancias.
- 2- Partiendo de las coordenadas totales usando:
  - A) Método de las coordenadas alternas
  - B) Método de las coordenadas consecutivas

Estos métodos se pueden operar también, con el auxilio de las computadoras electrónicas, lo cual nos economiza tiempo en los cálculos.

1) Método de Pensilvania ó de dobles distancias:

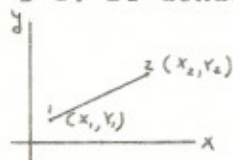
Los datos con que contamos para la aplicación de este método, son las coordenadas totales de los puntos y de ellas partimos para el cálculo de:

- A) Coordenadas parciales
- B) Dobles distancias meridianas y ecuatoriales
- C) Dobles áreas
- D) Distancias entre puntos
- E) Rumbo y Azimut de cada línea

Cálculo de coordenadas parciales:

Tenemos coordenadas totales de Punto 1 ( $X_1, Y_1$ ) que definen  
 Punto 2 ( $X_2, Y_2$ )

la recta 1-2. De donde las coordenadas parciales del punto 2 serán:



$$x = X_1 - X_2$$

$$y = Y_1 - Y_2$$

La resta de las coordenadas totales es algebraica.

Cálculo de las dobles distancias:

Meridianas	$DDM = X_1 + X_2$	Sumas algebraicas.
Ecuatoriales	$DDE = Y_1 + Y_2$	

Cálculo de las dobles áreas: Estas las obtenemos del producto de las DD con las coordenadas parciales, y el signo de cada doble área es el signo resultante de este producto.



Doble Area meridiana  $\longrightarrow$   $DDM \times Y_{PARCIAL}$   
 Doble Area ecuatorial  $\longrightarrow$   $DDE \times X_{PARCIAL}$

Como comprobación en el cálculo el resultado final se obtiene por un lado con la suma total de las DAM y por otro con la suma total de las DAE y éstas sumas tienen que ser exactamente iguales, el área buscada será la mitad de cualquiera de las sumas totales encontradas.

Cálculo de las distancias entre puntos:

Usamos la expresión:

$$d_2 = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

La que nos da la distancia entre los puntos 1 y 2.

Cálculo de los Rumbos y Azimutes de cada línea:

$$\text{Tang } R_2 = \frac{X_1 - X_2}{Y_1 - Y_2}$$

Cálculo de los Azimutes directos tendremos:

En el primer cuadrante:  $R_2 = A_{z_2}$

En el segundo cuadrante:  $A_{z_2} = 180^\circ - R_2$

En el tercer cuadrante:  $A_{z_2} = 180^\circ + R_2$

En el cuarto cuadrante:  $A_{z_2} = 360^\circ - R_2$

2 Partiendo de las coordenadas totales

A) Método de las coordenadas alternas: Para hacer comprensible el método supondremos el caso de un triángulo, cuyas coordenadas totales son:

Punto 1  $(X_1, Y_1)$       Punto 3  $(X_3, Y_3)$

Punto 2  $(X_2, Y_2)$

La fórmula general del método es:

$$\text{DOBLE AREA} = 2A = (X_3 - X_2) Y_1 + (X_1 - X_3) Y_2 + (X_2 - X_1) Y_3$$

Y para verificar los cálculos del doble área, tenemos que debe coincidir exactamente con la obtenida también por la expresión:

$$\text{DOBLE AREA} = 2A = (Y_3 - Y_2)X_1 + (Y_1 - Y_3)X_2 + (Y_2 - Y_1)X_3$$

B) Método de las coordenadas consecutivas: La expresión general es:

$$\text{DOBLE AREA} = 2A = Y_1 X_2 + Y_2 X_3 + Y_3 X_1 - Y_1 X_3 - Y_2 X_1 - Y_3 X_2$$

Este último método es el más sencillo de los tres expuestos y el de más rápida operación.

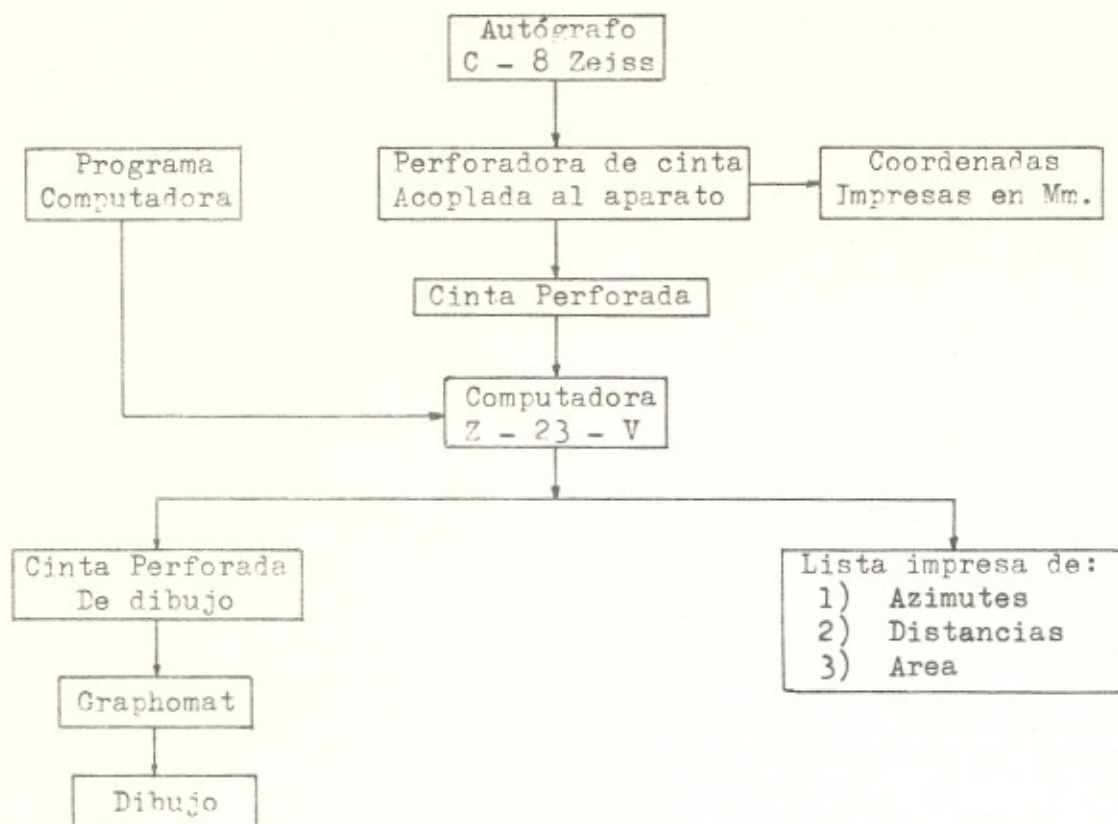
Para la obtención de Rumbos, Distancias, Azimutes y Coordenadas parciales en éstos dos últimos métodos expuestos, se procede en la misma forma como se mostró en el método de Pensilvania.

Si hacemos uso de las computadoras electrónicas, el trabajo del cálculo de área, distancias, Azimutes, Rumbos etc. se lleva a cabo en un mínimo de tiempo, siempre que se encuentren programadas para ello.

El flujo de operaciones durante el proceso, si se usa la computadora del Instituto Geográfico Nacional, según el tipo de autógrafo a usar durante el levantamiento fotogramétrico, será:

Ver flujo de operaciones en hoja siguiente.

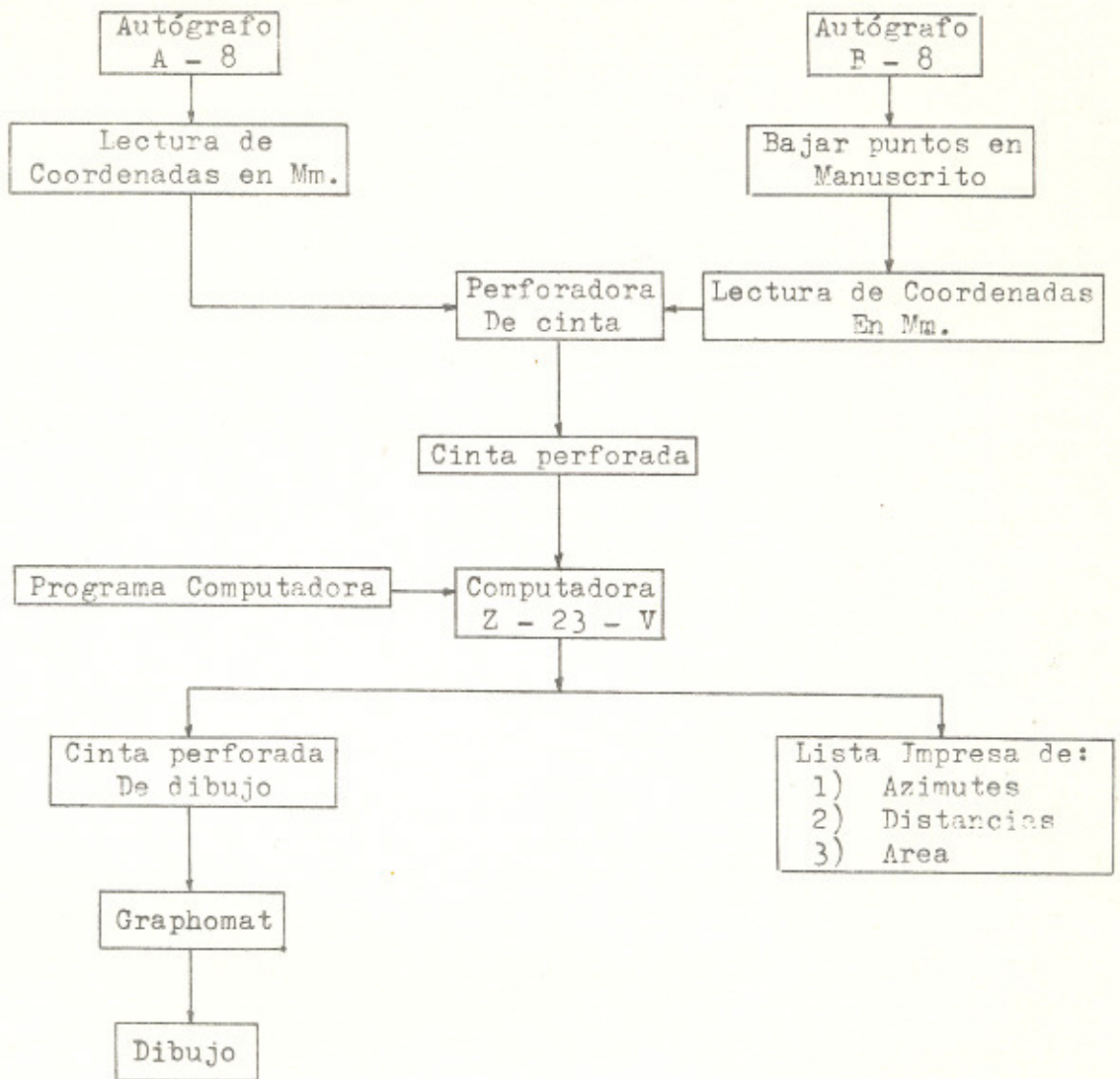




Este flujo de operaciones, corresponde cuando se usa el Autógrafo C-8 con el acoplamiento de cinta a ser perforada.

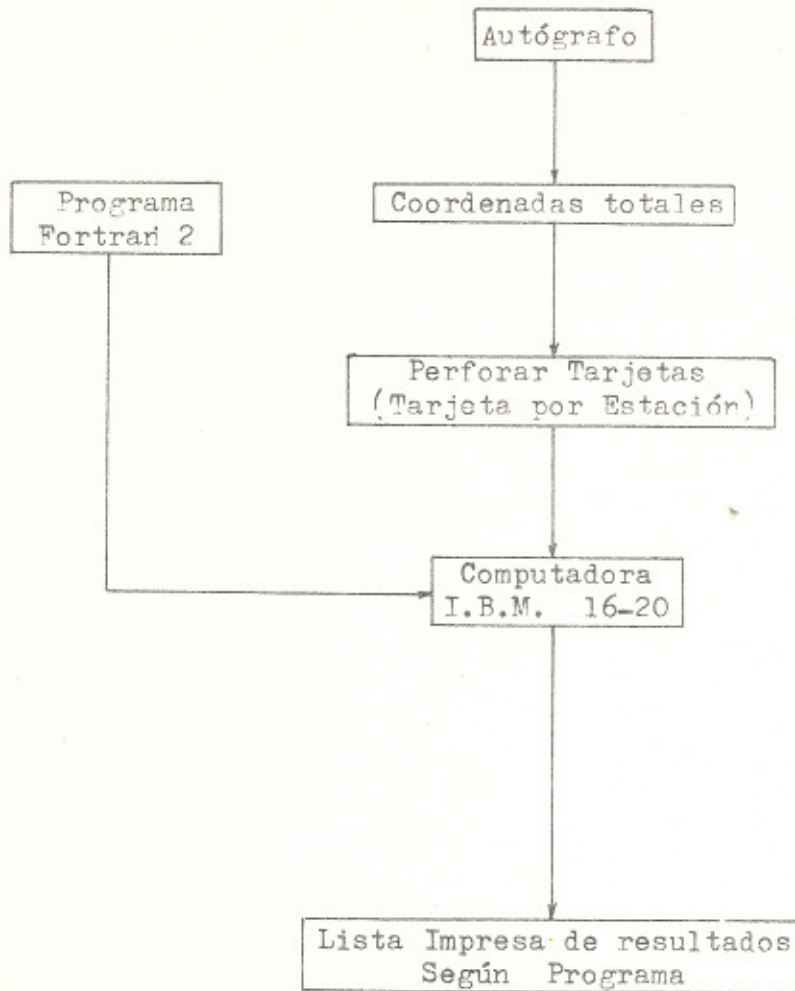
Cuando se trabaja con cualquiera de los otros aparatos, se procederá en la forma siguiente, según sea el aparato.

Flujo de operaciones:





Si se usara la computadora de la Facultad de Ingeniería, el flujo del proceso a seguir sería:



## 2-2-3 Complementos

Como una de las características más importantes, del uso de la fotogrametría en la agrimensura, se puede señalar la rapidéz con que se obtienen los detalles planimétricos y altimetría, sin tener la necesidad de ir al campo a realizar trabajo adicional, aparte del ya efectuado para controlar las fotografías.

## 2-2-3-1 Levantamiento de detalles

Esta operación la realiza el fotogrametrista, después de haber definido los linderos del área a trabajar, haciendo coincidir la marca flotante del aparato sobre cada detalle, simultáneamente va dibujando en la mesa del aparato sobre el manuscrito, quedando plenamente localizado en el dibujo a la escala de trabajo; si se desea se pueden determinar las coordenadas de los mismos.

Cuando se proyecta sobre planos fotogramétricos, alguna obra civil, es sumamente sencillo referirlas a detalles conocidos para su replanteo posterior, se determinan las coordenadas de los puntos que nos definen las dimensiones y forma de la obra, el proceso sería inverso al usado para la determinación de las coordenadas de los ya existentes, el proceso a seguir sería; orientando la hoja ó manuscrito, por medio de detalles ya existentes y que posean puntos de coordenadas conocidas en un coordinatógrafo, determinamos los de los puntos que nos interesan, quedando con ello, bien definida la posición de los mismos. Podemos también si lo ameritase, colocar de nuevo en un Autógrafo el ó los modelos dentro de los cuales queden localizados los detalles cuya posición deseamos definir, una vez orientado el modelo se procederá a hacer coincidir el lente, que posee cada aparato en el trazador, en cada uno de los puntos y por medio del aparato determinarle sus coordenadas. Siendo así, como en una forma rápida se llega a tener toda la planimetría que nos interesa.

## 2-2-3-2 Levantamiento Altimétrico

Este se acostumbra realizarlo, inmediatamente después de la planimetría, para lo cual se puede proceder en dos formas:

- 1- Trazado directo de las curvas por el aparato
- 2- Por interpolación de curvas.

La primera forma es la más rápida y adecuada, siempre que no existan problemas con la topografía del terreno que



limiten la capacidad del operador, para seguir la curva de nivel con la marca flotante del aparato sobre el terreno. El intervalo de curvas de nivel está limitado por:

- A) El tipo de aparato a usar
- B) La altura de vuelo sobre el terreno.

La expresión que nos relaciona estos dos factores es:

$$\text{Intervalo de curva permisible } = I = \frac{H - h}{C}$$

$H - h$  = Altura de vuelo sobre el terreno.

$C$  . . = Factor ó constante de cada aparato en particular. (Sin dimensional).

Cuando las condiciones del terreno son demasiado planas, lo más indicado es aplicar el segundo método, el cual en esencia consiste en:

- A) Plotear una cuadrícula a escala de trabajo, con un espaciamiento adecuado, Ejemplo: Cada 20 metros.
- B) Colocar la hoja cuadrículada en la mesa del aparato, para que el fotogrametrista dé la elevación de cada punto de cuadrícula, así como de todo accidente topográfico de interés.
- C) Cuando ya se tienen todas las elevaciones se procede a la interpolación de las curvas de nivel.

III EJEMPLO

I - Región escogida: Ciudad Universitaria

Localizo área en mapa 1:50,000 hoja Guatemala No. 20591

(Ver figura 1)

II - Investigación en el archivo del Instituto Geográfico Nacional, sobre la existencia de fotografía aérea de la zona:

Encontrando:

- A) Fotografía escala 1:20,000, cubriendo el área con las fotos Nos. 333 y 334.  
 Distancia focal =  $f = 152.47$  mm.  
 Línea de vuelo = L-4  
 Rollo de película = R158A  
 Año de toma = 1960  
 Modelos estereoscópicos = 1
- B) Fotografía escala 1:15,000  
 Cubriendo el área con las fotos Nos. 70, 71 y 72  
 Distancia focal =  $f = 152.47$  mm.  
 Línea de vuelo = L-9  
 Rollo de película = 9047B  
 Fecha de toma = 4 - 4 - 1966  
 Modelos estereoscópicos = 2  
 Vuelo: Lockwood Ciudad de Guatemala.

III - Localización del área cubierta por los modelos en mapa 1:50,000:

- A) Para modelo de foto 1:20,000

(Ver figura 2) Fotos 333 - 334

- B) Para modelos de fotos 1:15,000  
 Modelo 71 - 72 Figura 3  
 Modelo 70 - 71 Figura 3



IV - Investigar con que control se cuenta dentro del área de los modelos:

A) Modelo foto 1:20,000; puntos de control existentes:

(Ver figura 4 y 4-A)

Para control horizontal:

- 1) Eureka
- 2) Ingeniería
- 3) M-38
- 4) M-32
- 5) M-31

Para control vertical:

- 1) ME-9A            Revisado el control existente se comprueba que es suficiente, para la orientación del modelo estereoscópico.
- 2) ME-7A
- 3) ME-8
- 4) Eureka 3
- 5) ME-7
- 6) ME-8A
- 7) M-32

B) Modelos Foto 1:15,000.

1) Para modelo 71-72

Como control horizontal se usarán:

- 1) Aurora
- 2) M - 32
- 3) Ingeniería

Como control vertical se usarán:

- 1) M-32
- 2) ME-9A
- 3) ME-8A
- 4) Ingeniería
- 5) Aurora

Analizadas las posiciones del control vertical de este modelo, se observa que no cumple con las condiciones de posición para la orientación absoluta del mismo; siendo por lo tanto necesario colocar por lo menos dos puntos adicionales, para completar las condiciones de posición para éste se usará la fotografía 1:20.000 (modelo 333 - 334).

- 2) En el modelo 70 - 71 observamos que para control horizontal solo contamos con el punto M-32, siendo necesario colocar dos puntos más para definir la escala del modelo; de los cuales uno de ellos se usará para la verificación de la escala fijada utilizando los otros dos.

Quedando como control horizontal

- 1) M-32
- 2) Puntos que se bajen del modelo 71-72

Al analizar el control vertical vemos que es necesario colocar puntos adicionales ya que solo contamos con el punto ME-8A con tal objeto se usará la fotografía 1:20,000

(Ver descripciones del control terrestre)

#### V - Trabajo de campo:

Debido a que fue posible controlar los modelos estereoscópicos utilizando el control existente colocado por el Instituto Geográfico Nacional, solo se realizó en el campo la identificación de los linderos del terreno de la ciudad Universitaria situándolos en las fotografías 1:15,000. Y 1:20,000.

(Ver figuras 4-A y 5-A)

#### VI - Ejecución del trabajo:

- 1) Determinación del control vertical con fotografía escala 1:20,000
  - A) Con el objeto de obtener la mayor precisión se utilizó un aparato Zeiss C-8.
  - B) Determinación de la escala de aparato; utilizando el manual del instrumento vemos que la ampliación más conveniente de la escala de modelo con relación a la escala de la fotografía es de  $n = 2$ . Por lo tanto la escala de aparato será:

$$E_a = \frac{E_f}{n} = \frac{20000}{2} = 10,000$$



- C) Para orientar modelo, ploteo hoja 1:5000 con todos los puntos de control horizontal.

La relación de engranajes será:

1: 2 Ampliando.

- D) Se orienta modelo estereoscópico y se eligen los puntos de control a determinar.  
Se señalan con un pinchazo en las fotos.

Los puntos determinados son:

Puntos comunes a modelos  
70 - 71 y 71 - 72

(Ver figura 5)

Punto	Elevaciones
101	1483.2 Metros
102	1480.8 "
103	1489.0 "

Puntos para modelo 70 - 71

Punto	(Ver figura 5)	Elevaciones
104		1456.9 Metros
105		1455.8 "
106		1464.4 "

Puntos para modelo 71 - 72

Punto	(Ver figura 5-B)	Elevaciones
107		1498.1 Metros
108		1496.5 "
109		1509.8 "

- 2) Para la restitución usaré:

Aparato A-8 Wild con fotografía escala 1:15000 de donde

$$\text{Escala de aparato} = E_a = \frac{E_f}{n} = \frac{15000}{1.5} = 10,000$$

Máxima ampliación del pantógrafo = 4

Relación de engranajes: 1:4

Escala de trabajo = 1:2500

A) Se plotea control horizontal en hoja a escala 1:2,500

B) Se orienta el modelo 71 - 72 y se procede:

- 1) Determinar linderos
- 2) Planimetría y levantamiento de detalles.
- 3) Trazo de curvas de nivel usando:  
Intérvalo = cada 2 metros.

En partes quebradas = cada 10 metros.

4) Se bajan puntos para control horizontal del modelo 70 - 71.

C) Se orienta modelo 70 - 71 y se procede en igual forma que en el 71 - 72 hasta el punto 3 inclusive.

D) Con los tambores del pantógrafo del aparato se determinan las coordenadas en centímetros de todos los puntos del lindero (Ver cuadro 1, en este cuadro aparecen las coordenadas en micrones por requerimientos de la computadora)

Para reducir a metros se puede aplicar:

$$X \text{ ó } Y = \frac{L_{\text{scr. en Cms.}} \times E_r}{10^2}$$

E) Los cálculos efectuados por la computadora fueron:

- 1) Convertir las coordenadas en milímetros a coordenadas U.T.M.+ en metros por transformación de coordenadas (resultados ver cuadro 2)
- 2) Determinar área, distancias y Azimutes de cuadrícula U.T.M (resultados ver cuadro 3).

+ Coordenadas U.T.M. son coordenadas planas usadas en nuestros mapas y cuyos ejes cartesianos lo constituyen el Meridiano Central de la zona U.T.M. a la cual pertenece la región medida, y el Ecuador.



## VII Resultados:

Area = 1 192,392.82 metros<sup>2</sup>

Equivalentes a:

2 Caballerías

41 Manzanas

4860.57 Varas<sup>2</sup>

(Distancias, Azimutes y Coordenadas U. T. M.)

## VIII Limitaciones en el ejemplo:

- 1) Falta de señalización adecuada de linderos lo que puede dar margen de error.
- 2) Falta de datos topográficos exactos, que nos permita comparar.
- 3) Uso de fotografía no tomada específicamente con ese fin.

EJEMPLO ILUSTRATIVO:DE EL CALCULO DE UN VUELO SOBRE LA CIUDAD UNIVERSITARIA

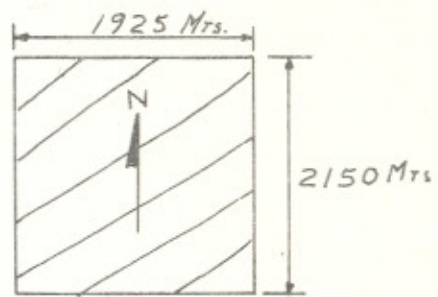
El vuelo será diseñado para tener una escala de trabajo de 1: 2000.

Area a trabajar:

La delimito en mapa 1:50,000

(Ver figura 6)

Quedando dentro de un cuadro de:



1) Escala de fotografía requerida:

Usando relación de engranajes 2:5

$$N = \frac{2}{5} = \frac{E_t}{E_a} = \frac{2000}{E_a} \therefore E_a = 5000$$

Adopto escala de aparato:

1:5000

El factor de aumento del aparato lo tomo de: n = 2

De donde por ecuación  $E_f = n E_a = 2 \times 5000 = 10,000$   
llegando a que:

Escala de fotografía = 1:10,000.

2) Altura de vuelo sobre el terreno: ( $H - h$ )

Usando cámara de  $f = 152.47$  mm.

Aplicando ecuación (1)

$$H - h = \frac{E_f \times f}{10^3}$$



Sustituyendo valores:

$$(H - h) = \frac{10,000 \times 152.47}{10^3} = 1524.7 \text{ Metros.}$$

$$(H - h) = 1524.7 \text{ Metros}$$

3) Altura de vuelo S. N. M. = (H)

$$H - h = 1524.7 \text{ Metros}$$

Del mapa obtengo:

$$h \text{ Máxima del terreno} = 1500 \text{ Metros}$$

$$h \text{ Mínima del terreno} = 1400 \text{ "}$$

Aplicando ecuación (2)

$$h = \frac{1500 + 1400}{2} = \frac{2900}{2} = 1450$$

$$h = 1450 \text{ Metros}$$

$$\text{De donde: } H = 1524.7 + 1450 = 2974.7 \text{ Metros}$$

$$\text{Usar } = H = 3000 \text{ Metros}$$

4) Número de líneas de vuelo y número total de fotos

$$\text{Traslape: } \begin{cases} \text{Longitudinal} = 60\% \\ \text{Transversal} = 30\% \end{cases}$$

Orientación del vuelo de Norte a Sur.

A) Por ecuación (6)

$$N_{lv} = \frac{10^3 \times L_t}{161 E_f}$$

$$L_t = 1925 \text{ Metros}$$

$$E_f = 10000$$

Sustituyendo valores:

$$N_{lv} = \frac{10^3 \times 1925}{161 \times 10^4} = 1.1956$$

$$N_{lv} = 2$$

Líneas de vuelo = 2

B) Por ecuación (7)

$$N \text{ fotos cada línea} = \frac{10^3 L_1}{92 E_f} + 4$$

$$L_1 = 2150 \text{ Metros}$$

$$E_f = 10000$$

$$N \text{ Fotos} = \frac{10^3 \times 2150}{92 \times 10^4} + 4 = 2.34 + 4$$

Número de fotos de cada línea = 7

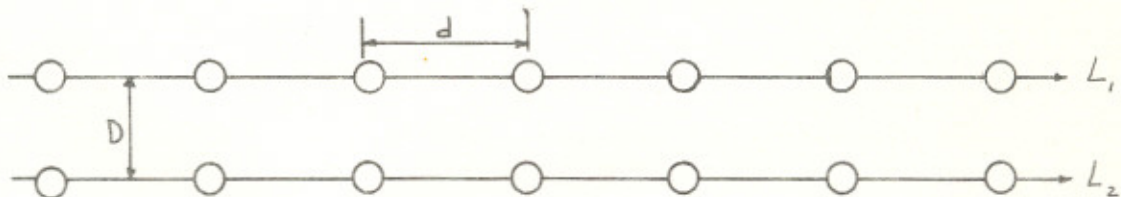
Aplicando ecuación (8)

$$\text{Número total de fotos} = N_1 \times N \text{ fotos} = 7 \times 2 = 14$$

Número total de fotos = 14.

5) Cuadro general del vuelo

(Ver figura 6)



⊕ Centro de fotografía

A) Separación longitudinal  $\underline{d}$

$$d = \frac{0.4 \times 23 \times E_f}{10^2} = \frac{0.4 \times 23 \times 10^4}{10^2}$$

$$d = 920 \text{ Metros.}$$



B) Separación entrelíneas de vuelo D

$$D = \frac{0.7 \times 23 \times E_f}{10^2} = \frac{0.7 \times 23 \times 10^4}{10^2}$$

$$D = 1610 \text{ Metros.}$$

Con estos datos lo colocamos en mapa 1:50,000.

(Ver figura 6)

6) Datos a dar al personal de vuelo:

A) Mapa 1:50,000 con centros de fotos marcados y sentido de las líneas de vuelo.

(Ver figura 6)

B) Altura de vuelo S. N. M.

$$H = 3000 \text{ Metros.}$$

C) Número de líneas de vuelo

$$N_l = 2$$

D) Número de fotos de cada línea

$$N_f \text{ cada línea} = 7$$

E) Número total fotos = 14

F) Altura media del terreno 1450 Metros.

G) Traslape longitudinal = 60%  
transversal = 30%

Los pasos siguientes serían:

- 1) Controlar vertical y horizontalmente el área
- 2) Referenciar con marcas de pintura blanca esquineros y puntos de control
- 3) Realizar vuelo y obtener fotografías

- 4) Revisión de fotografía de acuerdo a las especificaciones dadas.
- 5) Realizar restitución fotogramétrica.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



IV VENTAJAS DEL METODO:

Como tales se pueden señalar

- 1) El poco trabajo de campo requerido
- 2) La rapidéz de ejecución
- 3) Lo integral del trabajo lo que puede incluir:
  - A) Medida
  - B) Planimetría
  - C) Altimetría.
- 4) Da visión de conjunto
- 5) La aproximación en distancias no depende en manera alguna de la magnitud de las mismas.
- 6) No tiene limitaciones por accidentes topográficos.

V LIMITACIONES:

Como tales se pueden señalar:

- 1) Requiere personal especializado
- 2) Equipo de restitución de alto costo
- 3) Costo aumenta al tener que realizar vuelo específico.
- 4) La existencia de vegetación muy densa
- 5) Existencia solo de fotografía muy alta.

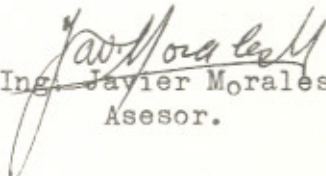


VI CONCLUSIONES:

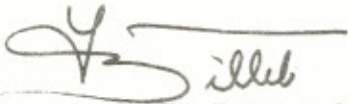
- 1) Todo control de campo debe ser supervisado por un técnico fotogrametrista.
- 2) Racionalizar más en nuestro medio el uso de la fotogrametría.
- 3) Dar mayor información al Ingeniero Civil y futuros Ingenieros sobre estos métodos y sus alcances.
- 4) Desarrollar programas que permitan a las diferentes disciplinas, hacer uso de los medios fotogramétricos con que cuenta el País, los cuales son valiosos auxiliares.
- 5) Mayor estímulo económico al técnico fotogrametrista en nuestro medio para evitar su migración a otros Países.

  
Oscar Armando Martínez Amaya

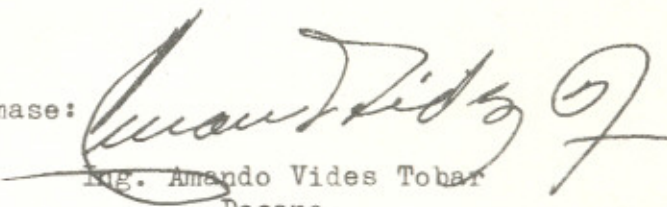
Vo. Bo.

  
Ing. Javier Morales  
Asesor.

Vo. Bo.

  
Ing. Francisco H. Billeb Vela  
Jefe Departamento de topografía  
y transportes.

Imprímase:

  
Ing. Amando Vides Tobar  
Decano.

BIBLIOGRAFIA:

- 1) Fotogrametría terrestre y aérea  
K. Schwidefsky
- 2) Elementos Of Photogrammetry  
Wilfred H. Baker
- 3) Manual Of Photogrammetry  
(American Society of Photogrammetry)
- 4) Aplicación de la fotogrametría al diseño de carreteras.  
Ing. Francisco Javier Morales  
(Tesis)
- 5) Levantamientos Aerofotogramétricos en general y mapas a grandes escalas. Su aplicación en proyectos de Ingeniería.  
Ing. Oscar Efraín Bobadilla Escobar  
(Tesis)
- 6) Levantamientos Aerofotogramétricos su aplicación en la República de Guatemala.  
Ing. Leonel Asturias Colom  
(Tesis)
- 7) Apuntes de clase en la Escuela Cartográfica del Servicio Geodésico Interamericano.  
(Fort Clayton, Zona del Canal de Panamá).

DESCRIPCIONES DEL CONTROL TERRESTRE FIGURAS

CUADROS DE RESULTADOS PLANO FINAL



DESCRIPCION DEL CONTROL :

LAS SIGUIENTES DESCRIPCIONES SE OBTUVIERON EL EL ARCHIVO  
DEL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

### DESCRIPCION DE ESTACION

PROYECTO CONTROL CATASTRAL CAD. GUATEMALA PAIS GUATEMALA FECHA MAR-66  
 ESTACION M-32 CARACTERISTICAS TORNILLO EN CENTRO DE TRAGANTE ORDEN \_\_\_\_\_  
 ESFEROIDE CLORKE 1866 DATUM \_\_\_\_\_ ELEVACION DE DATUM \_\_\_\_\_  
 COORDINADA LAMBERT: X=NORTE 291 025.84 Y: 477 455.71 ELEVACION \_\_\_\_\_  
 ZONA UTM 15 NORTE 1 613 627.97 ESTE 764 771.51  
 ACIMUT A DOS ARBOLES UTM 125° 59' 10" LAMBERT 126° 39' 29"  
 ACIMUT A SOCORRO UTM 100 43 58 LAMBERT 101 24 20  
 LINEA DE NIVELACION \_\_\_\_\_ HOJA CALCULO \_\_\_\_\_ HOJA MAPA 1/50000 2059-I  
 FOTOIDENTIFICACION: LINEA No 12 ROLLO No 9033 EXPOSICION No 22

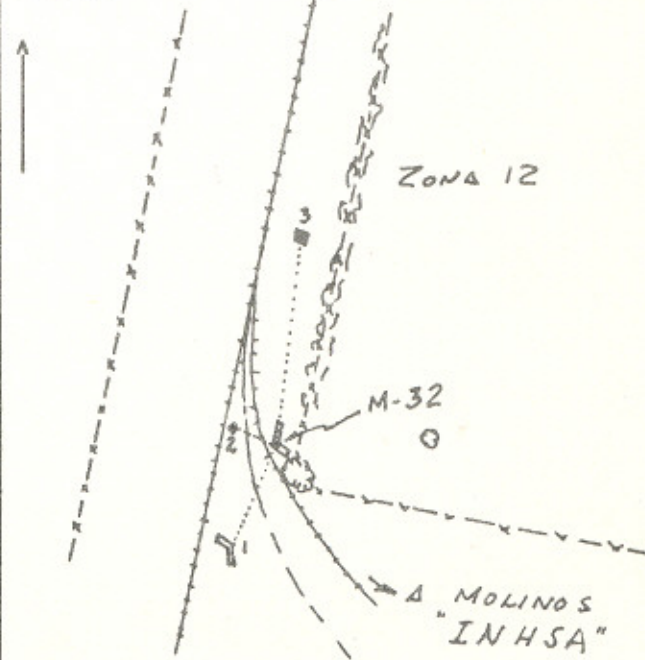
**DESCRIPCION**

LA ESTACION ESTÁ EN EL CENTRO DEL TRAGANTE N. No. 201.16 DE LA IRCA, AL E. DE LA VIA FÉRREA ENTRE LAS CALLES 34 y 35 DE LA ZONA 12.

- M-32 a 1. (INTERSEC. ORILLAS TRAG. S. 201.16) = 14.48M.
- M-32 a 2. (POSTE SEÑAL INTERSEC. VIAS) = 7.85M.
- M-32 a 3. (CENTRO CAMBIA VIAS) = 26.37M.

HORIZONTAL

**ESQUEMA**



PAIS GUATEMALA, C.A.	CARACTERISTICA DE LA MARCA clavo de 1.6 x 1.6 cms.	DESIGNACION BM M-E 84
PROVINCIA, ESTADO, O DEPARTAMENTO GUATEMALA	ESTABLECIDA POR (ORGANIZACION) ISC	ELEVACION 1483.4806 (M)
MUNICIPIO, COMUNA, O CANTON GUATEMALA	ORGANIZACION (FUNDIDA EN LA MARCA) -----	ORDEN (FINAL) (PRELIMINAR)
LINEA M - E	ESTAMPADA -----	DATUM N M M

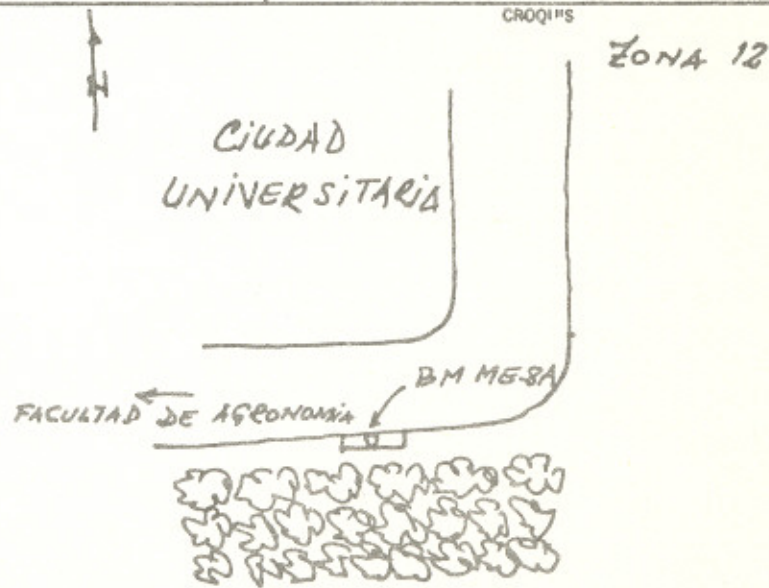
DESCRIPCION DETALLADA DEL PUNTO

LOCALIZACION :

Hoja 1:50 000 , 2059 I , 640 137

En parte superior de unico cabezal de tragante del lado S de la calle que conduce , dentro de la Ciudad Universitaria , a la Facultad de Agronomia y endonde la calle hace un quiebre N - W y al N de bosque de cipres de area cuadrada .

VERTICAL



(DESCRITA) O (RECUPERADA) POR: H. G. M. ORGANIZACION \_\_\_\_\_ FECHA FEBRERO 1966





PAIS GUATEMALA, C.A.	CARACTERISTICA DE LA MARCA clavo de hierro de 1.6x1.6 cmts.	DESIGNACION B.M. M-F 7A
PROVINCIA, ESTADO O DEPARTAMENTO GUATEMALA	ESTABLECIDA POR (ORGANIZACION) LSC	ELEVACION 1422.7585 (M)
MUNICIPIO, COMUNA, O CANTON GUATEMALA	ORGANIZACION (FUNDIDA EN LA MARCA) -----	ORDEN O.K (FINAL) (PRELIMINAR)
LINEA M-F	ESTAMPADA -----	DATUM N.M.M.

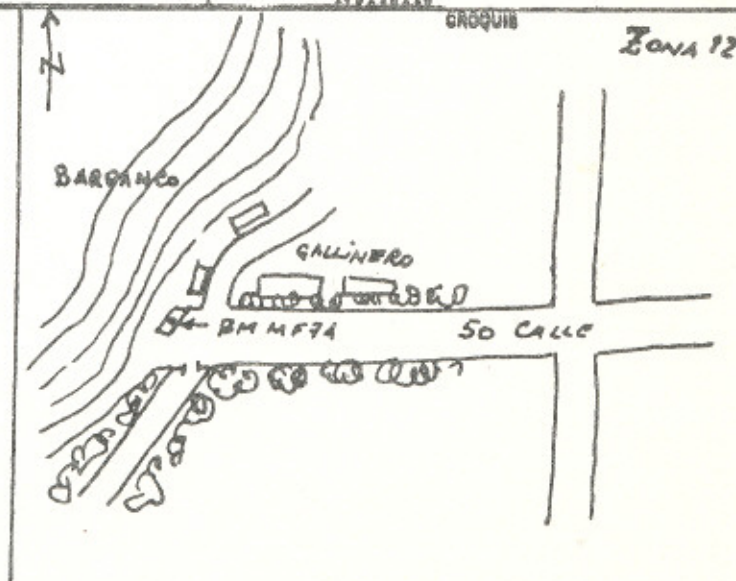
DESCRIPCION DETALLADA DEL PUNTO

Localizacion :

Hoja 1:50 000, 2059 I, 635 113

Clavo de hierro de 1.6 x 1.6 cmts. hundido a ras de la superficie de cabezal de tragante al final de la 50 Calle de la Zona 12, antes de comenar el declive del barranco. Unico tragante al final de la calle .

VERTICAL



(DESCRITA) O (RECUPERADA) POR: HGM ORGANIZACION: IGN FECHA: Marzo 1966



## DESCRIPCION DE ESTACION

PROYECTO CONTROL CATASTRAL C.A.D. GUATE. PAIS GUATEMALA FECHA MARZO 1946  
 ESTACION INGENIERIA (I.S.H.) CARACTERISTICAS ESTACION TRIANGULACION ORDEN \_\_\_\_\_  
 ESFEROIDE CLARKE 1866 DATUM \_\_\_\_\_ ELEVACION DE DATUM \_\_\_\_\_  
 CUADRICULA LAMBERT: X-NORTE 291 359.22 Y: 476 342.79 ELEVACION 1506.7  
 ZONA UTM NORTE 1613 948.46 ESTE 763 654.12  
 ACIMUT A N.T.V. 7 UTM 291° 00' 31" LAMBERT 291° 40' 57"  
 ACIMUT A C.E. ANTENA UTM 83 59 52 LAMBERT 84 40 15  
 LINEA DE NIVELACION \_\_\_\_\_ HOJA CALCULO \_\_\_\_\_ HOJA MAPA 1/50000 2059 I  
 FOTOIDENTIFICACION: LINEA No. 10 ROLLO No. 9037 EXPOSICION No. 137

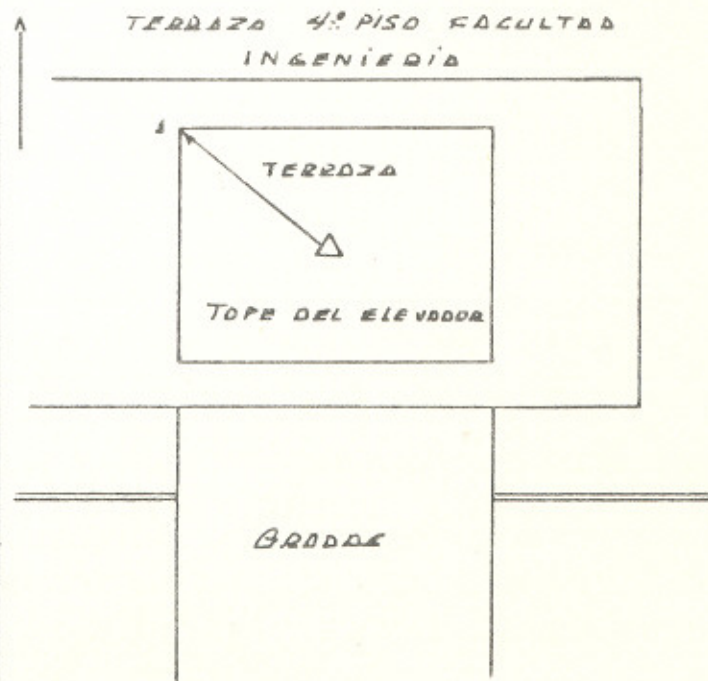
### DESCRIPCION

LA ESTACION ES UNA FICHA DE BRONCE DE  
 9 CMs. DEL I.A.G.S. EMPOTRADO EN LA LOSA SO-  
 PEDIDA DEL FOSO DEL ELEVADOR DE EDI-  
 FICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA.

R.M. 1 ESCALINA NOROCCIDENTE 2.16 MTS.

HORIZONTAL VERTICAL

### ESQUEMA





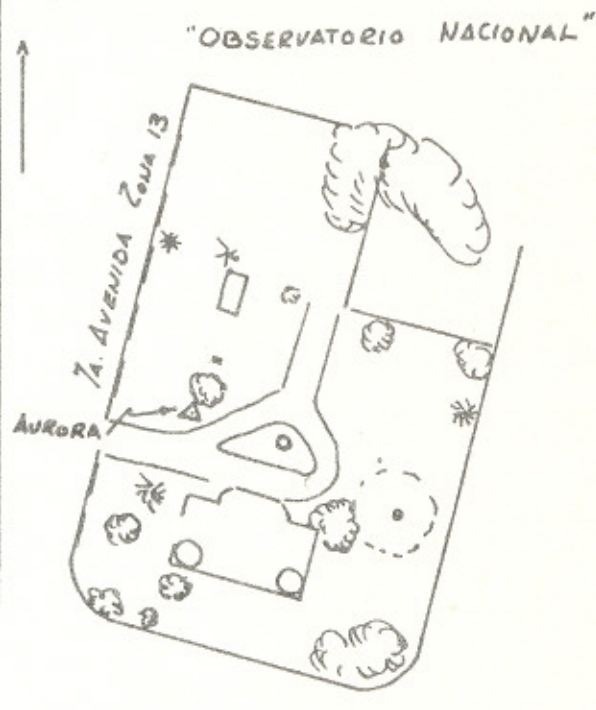
### DESCRIPCION DE ESTACION

PROYECTO CONTROL CATASTRAL (DAB. GUATEMALA) PAIS GUATEMALA FECHA MAR. 66  
 ESTACION AURORA (I. G. N.) CARACTERISTICAS DISCO EN MONUMENTO CONCRETO ORDEN \_\_\_\_\_  
 ESPEROIDE CLORKE 1866 DATUM \_\_\_\_\_ ELEVACION DE DATUM \_\_\_\_\_  
 CUADRICULA LAMBERT: \_\_\_\_\_ X: NORTE 291 308.66 Y: 478 509.41 ELEVACION 1502.32 (NIV. IOR)  
 ZONA UTM \_\_\_\_\_ NORTE 1 613 923.34 ESTE 765 822.39  
 ACIMUT A DOS ARBOLES UTM 132° 30' 08" LAMBERT 133° 10' 26"  
 ACIMUT A N. T. V. 7 UTM 287 11 21 LAMBERT 287 51 47  
 LINEA DE NIVELACION \_\_\_\_\_ HOJA CALCULO \_\_\_\_\_ HOJA MAPA 1/50000 2059-I  
 FOTOIDENTIFICACION: LINEA No 13 ROLLO No 9041 EXPOSICION No 35

**DESCRIPCION**

LA ESTACION, EXTREMO DE LA BASE  
 AURORA, ESTA EN EL JARDIN DEL  
 OBSERVATORIO NACIONAL, AL N. DEL  
 CAMINO DE ACCESO Y DEL EDIFICIO  
 PRINCIPAL.

**ESQUEMA**



PAIS GUATEMALA, C.A	CARACTERÍSTICA DE LA MARCA DISCO DE BRONCE DE 6 CMTS. DIAM.	DESIGNACION B.M. EUREKA 3
PROVINCIA, ESTADO, O DEPARTAMENTO GUATEMALA	ESTABLECIDA POR (ORGANIZACION) INST. GEOGRÁFICO NACIONAL	ELEVACION 1444.0734 (M)
MUNICIPIO, COMUNA, O CANTON GUATEMALA	ORGANIZACION (FUNDIDA EN LA MARCA) SERV. GEOD. INTERAMERICANO	ORDEN (FINAL) (PRELIMINAR)
LÍNEA M.-F	ESTAMPADA — — — — —	DATUM N.M.M.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PUNTO

LOCALIZACIÓN:

HOJA 4:50 000, 2059I, 646 116,

DISCO DE 6 CMTS. DIÁMETRO, DE BRONCE, FUNDIDO EN MONUMENTO DE CONCRETO DE 1.20 X 0.20 MTS, LOCALIZADO EN GRAMAL DEL JARDÍN DE LA CASA PATRONAL DE LA FINCA "EUREKA" PROPIEDAD DEL SR. OTTO KRAMER.

REFERENCIAS:

N 10° E	CAMINO ENTRADA	11.75 MTS
S 70° E	ESQUINA CASA	23.71 "
N 20° E	POSTE LUZ	17.72 "
S 2° W	ARBOL GRAVILEA	16.43 "
S	CERCO	1.49 "
S 80° E	PALMAR	14.15 "

(DESCRITA) O (RECUPERADA) POR: HGM

ORGANIZACION

IGN

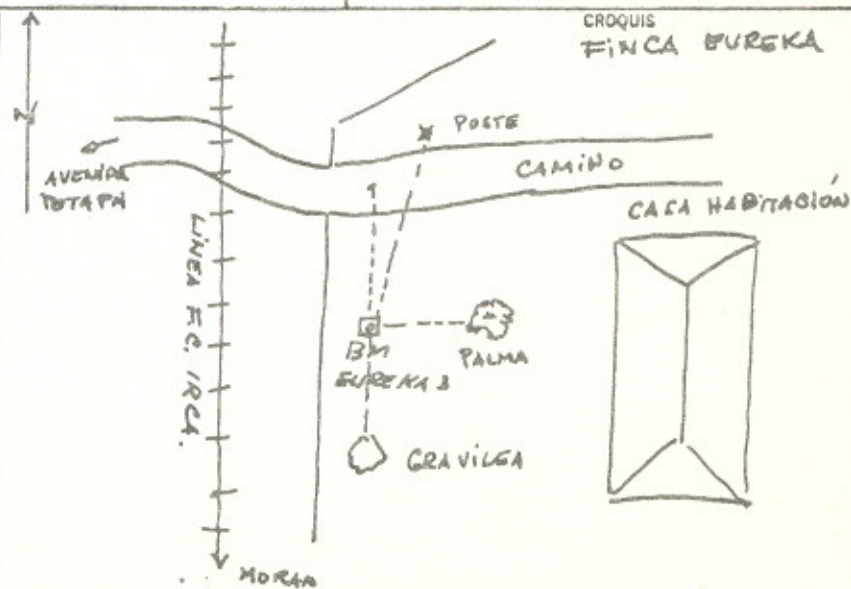
FECHA

VERTICAL

IGS FORM 162 10 JUNE 55

MONOGRAFIA DE LA COTA FIJA

12-728





PAIS GUATEMALA, C.A.	CARACTERISTICA DE LA MARCA clavo de hierro de 1.6x1.6 cmts.	DESIGNACION B.M. M-F 8
PROVINCIA, ESTADO, O DEPARTAMENTO GUATEMALA	ESTABLECIDA POR (ORGANIZACION) LSC	ELEVACION 1443.6245 (M)
MUNICIPIO, COMUNA, O CANTON GUATEMALA	ORGANIZACION (FUNDIDA EN LA MARCA) -----	ORDEN  (FINAL) (PRELIMINAR)
LINEA M-F	ESTAMPADA -----	DATUM N.M.M.

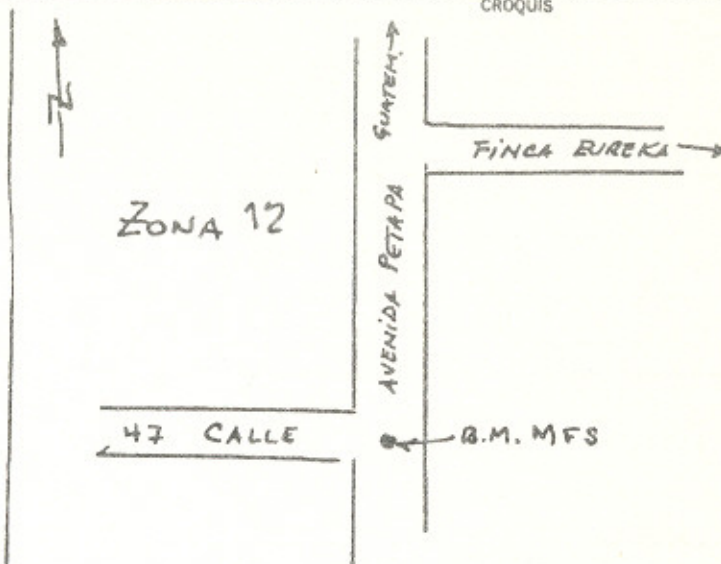
DESCRIPCION DETALLADA DEL PUNTO

CROQUIS

Localizacion :

Hoja 1:50 000, 2059 I , 641 117

Clavo de hierro de 1.6 x 1.6 cmts. a ras del  
asfalto , en interseccion de lineas centrales  
de Avenida Petapa y 47 Calle , Zona 12 .



(DESCRITA) O (RECUPERADA) POR: HGM ORGANIZACION IGN FECHA Marzo 1966



### DESCRIPCION DE ESTACION

PROYECTO CONTROL CATASTRAL (C.A.D.) GUATEMALA PAIS GUATEMALA FECHA MAR-66  
 ESTACION EUREKA (I.G.N.) CARACTERISTICAS DISCO EN MONUMENTO DE CONCRETO ORDEN 1ER.  
 ESFEROIDE CLARKE 1866 DATUM \_\_\_\_\_ ELEVACION DE DATUM \_\_\_\_\_  
 CUADRICULA LAMBERT: X=NORTE 288 549.11 Y: 477 284.44 ELEVACION \_\_\_\_\_  
 ZONA UTM 15 NORTE 1611 148.05 ESTE 764 629.23  
 ACIMUT A INGENIERIA UTM 340° 48' 06" LAMBERT 341° 28' 28"  
 ACIMUT A N.T.V.7 UTM 302 27 58 LAMBERT 303 08 22  
 LINEA DE NIVELACION \_\_\_\_\_ HOJA CALCULO \_\_\_\_\_ HOJA MAPA 1/50000 2059-I  
 FOTOIDENTIFICACION: LINEA No 11 ROLLO No 9035 EXPOSICION No 171

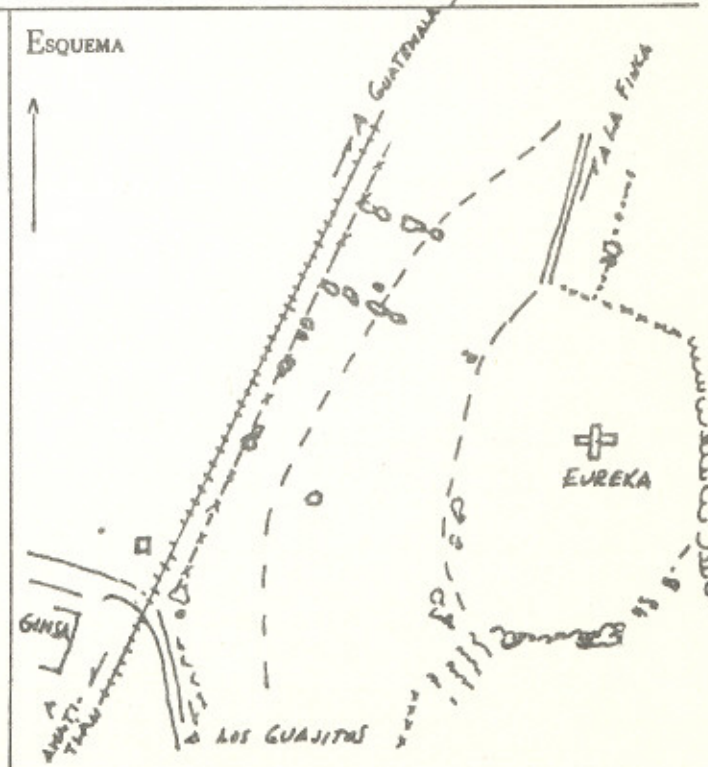
**DESCRIPCION**

LA ESTACION ESTÁ EN LA PARTE MAS ALTA DE UN PEQUEÑO CERRO, EN TERRENOS DE LA FINCA EUREKA, APROXIMADAMENTE 250 MTS AL N.E. DE LAS INSTALACIONES DE LA GINSA

(SE CONSIDERA COMO LA EST. M-39)

HORIZONTAL

**ESQUEMA**



### DESCRIPCION DE ESTACION

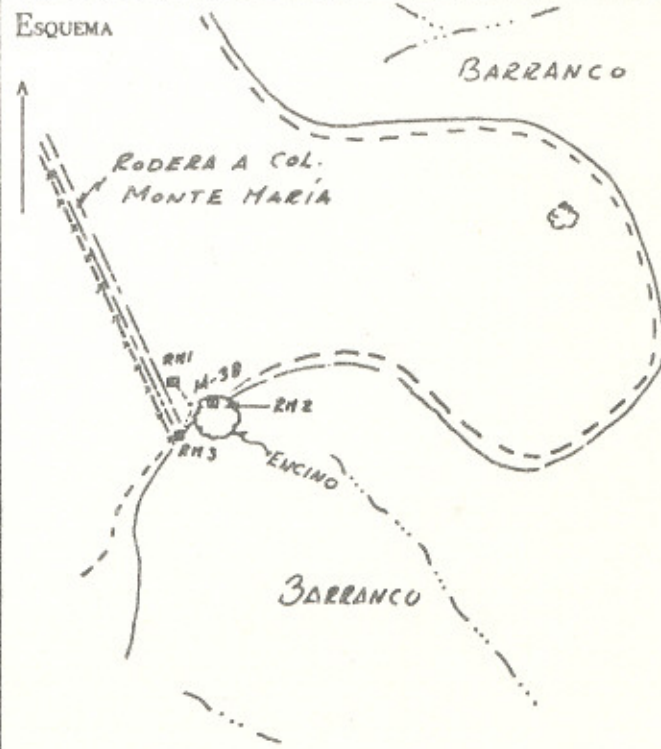
PROYECTO CONTROL CATASTRAL CAD. GUATEMALA PAIS GUATEMALA FECHA MAR-66  
 ESTACION M-38 CARACTERISTICAS TOORNILLO EN MONUMENTO DE CONCRETO ORDEN \_\_\_\_\_  
 ESFEROIDE CLARKE 1866 DATUM \_\_\_\_\_ ELEVACION DE DATUM \_\_\_\_\_  
 CUADRICULA LAMBERT: X=NORTE 288 916.654 475 612.58 ELEVACION \_\_\_\_\_  
 ZONA UTM 15 NORTE 1611 496.14 ESTE 762 952.26  
 ACIMUT A EUREKA UTM 101° 43' 35" LAMBERT 102° 23' 55"  
 ACIMUT A N.T.V.7 UTM 306 00 29 LAMBERT 306 40 53  
 LINEA DE NIVELACION \_\_\_\_\_ HOJA CALCULO \_\_\_\_\_ HOJA MAPA 1/50000 2059-I  
 FOTOIDENTIFICACION: LINEA No. 9 ROLLO No. 9037 EXPOSICION No. 34

**DESCRIPCION**

LA ESTACION ESTÁ 1.7 KMS. AL S.E DE LA  
 ENTRADA S. A LA COLONIA MONTE MARIA.  
 EN UN TERRENO SIN EDIFICACION, AL FI-  
 NAL DE UNA RODERA QUE VA PARALELA  
 A UN CERCO DE PUAS, AL PIE DE UN GRAN  
 ENCINO QUE ESTÁ EN LA ORILLA NW. DE  
 UN BARRANCO.

M-38 a R.M.1 = 11.85 m.  
 M-38 a R.M.2 = 9.97 m.  
 M-38 a R.M.3 = 12.20 m.

HORIZONTAL



PROPIEDAD DE LA UNIVER. A.D. DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 Biblioteca Central



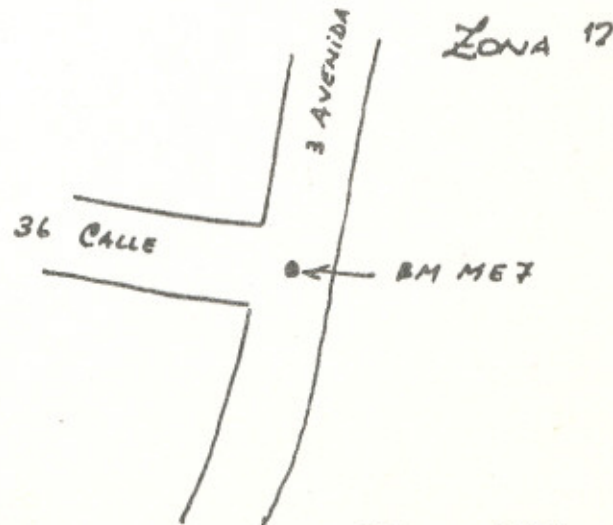
PAIS GUATEMALA, C.A.	CARACTERISTICA DE LA MARCA clavo de 1.6 x 1.6 cmts.	DESIGNACION BM M-E 7
PROVINCIA, ESTADO, O DEPARTAMENTO GUATEMALA	ESTABLECIDA POR (ORGANIZACION) LSC	ELEVACION 1479.7735 (M)
MUNICIPIO, COMUNA, O CANTON GUATEMALA	ORGANIZACION (FUNDIDA EN LA MARCA) -----	ORDEN (FINAL) (PRELIMINAR)
LINEA M - E	ESTAMPADA -----	DATUM N M M

DESCRIPCION DETALLADA DEL PUNTO

LOCALIZACION :  
Hoja 1:50 000 , 2059 I , 634 140

Clavo de hierro de 1.6 x 1.6 cmts. ,  
clavado a ras del asfalto en la inter-  
seccion de la 3 Avenida ( que corre  
NNW-SSE ) y la 36 Calle de la Zona 12  
( que corre hacia el WnW )

VERTICAL



CROQUIS

(DESCRITA) O (RECUPERADA) POR: HGM

ORGANIZACION

FECHA

Febrero 1966



### DESCRIPCION DE ESTACION

PROYECTO	CONTROL CATASTRAL CIDAD GUATEMALA PAIS		GUATEMALA	FECHA	MAR-66	
ESTACION	M-31	CARACTERISTICAS	TORNILLO EN BORDILLO DE CONCRETO ORDEN			
ESPEROIDE	CLARKE 1866	DATUM	ELEVACION DE DATUM			
CUADRICULA LAMBERT.		X=NORTE	291 366.60	Y:	475 367.61	
ZONA UTM	15	NORTE	1613 944.36	ESTE	762 678.38	
ACIMUT A.	N.T.V. 7	UTM	293° 26' 01"	LAMBERT	294° 06' 27"	
ACIMUT A.	W.T. MIXCO	UTM	310 02 12	LAMBERT	310 42 39	
LINEA DE NIVELACION		HOJA CALCULO		HOJA MAPA 1/50000	2059-I	
FOTOIDENTIFICACION	LINEA No	8	ROLLO No	9037	EXPOSICION No	20

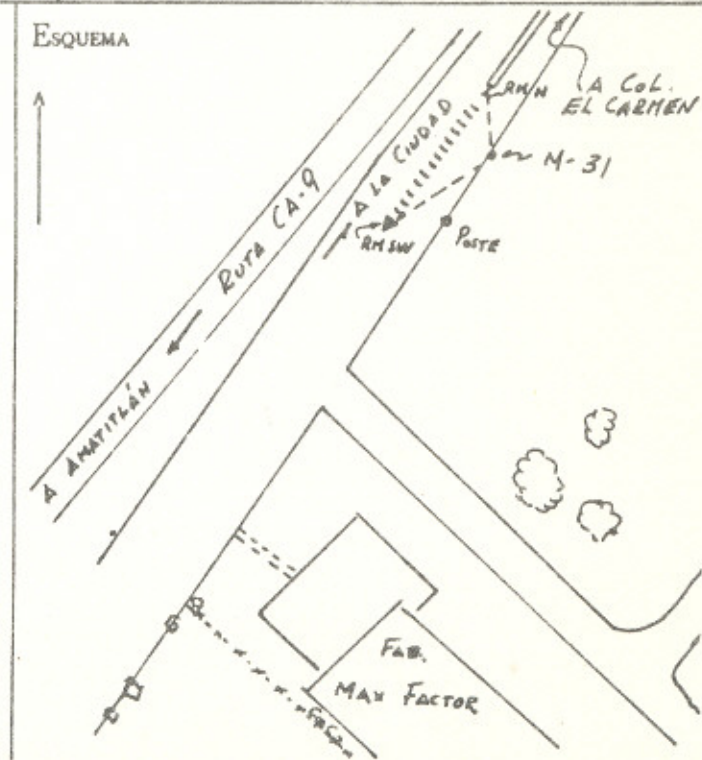
**DESCRIPCION**

LA ESTACION ESTÁ EN EL BORDILLO E. DE LA VÍA E. DEL BOULEVARD DE ENTRADA A LA CIUDAD CON PROLENDENCIA DEL S., 70 MTS. AL N. DE LA ENTRADA A LA FÁBRICA MAX FACTOR.

M-31 a R.M.N = 15.55 M.  
M-31 a R.M.S.W. = 29.60 M.

HORIZONTAL

**ESQUEMA**



PAIS GUATEMALA, C.A.	CARACTERISTICA DE LA MARCA Clavo de 1.6 x 1.6 cms.	DESIGNACION M-E 9A
PROVINCIA, ESTADO, O DEPARTAMENTO GUATEMALA	ESTABLECIDA POR (ORGANIZACION) ISC	ELEVACION 1497.0234 (M)
MUNICIPIO, COMUNA, O CANTON GUATEMALA	ORGANIZACION (FUNDIDA EN LA MARCA) -----	ORDEN (FINAL) (PRELIMINAR)
LINZA M * E	ESTAMPADA -----	DATUM N M M

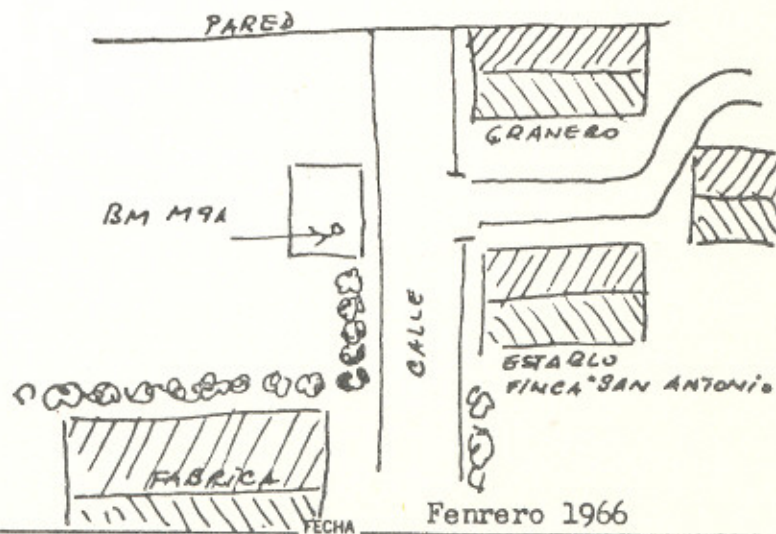
DESCRIPCION DETALLADA DEL PUNTO

CROQUIS

LOCALIZACION:

Hoja 1:50 000 , 2059 I , 651 142

Superficie de loza de cemento ( cuadrada ) del lado W de la calle y la entrada a la Finca San Antonio en la Zona 12 .



(DESCRITA) O (RECUPERADA) POR: H.G.M.

ORGANIZACION

FECHA

Febrero 1966

FIGURAS :



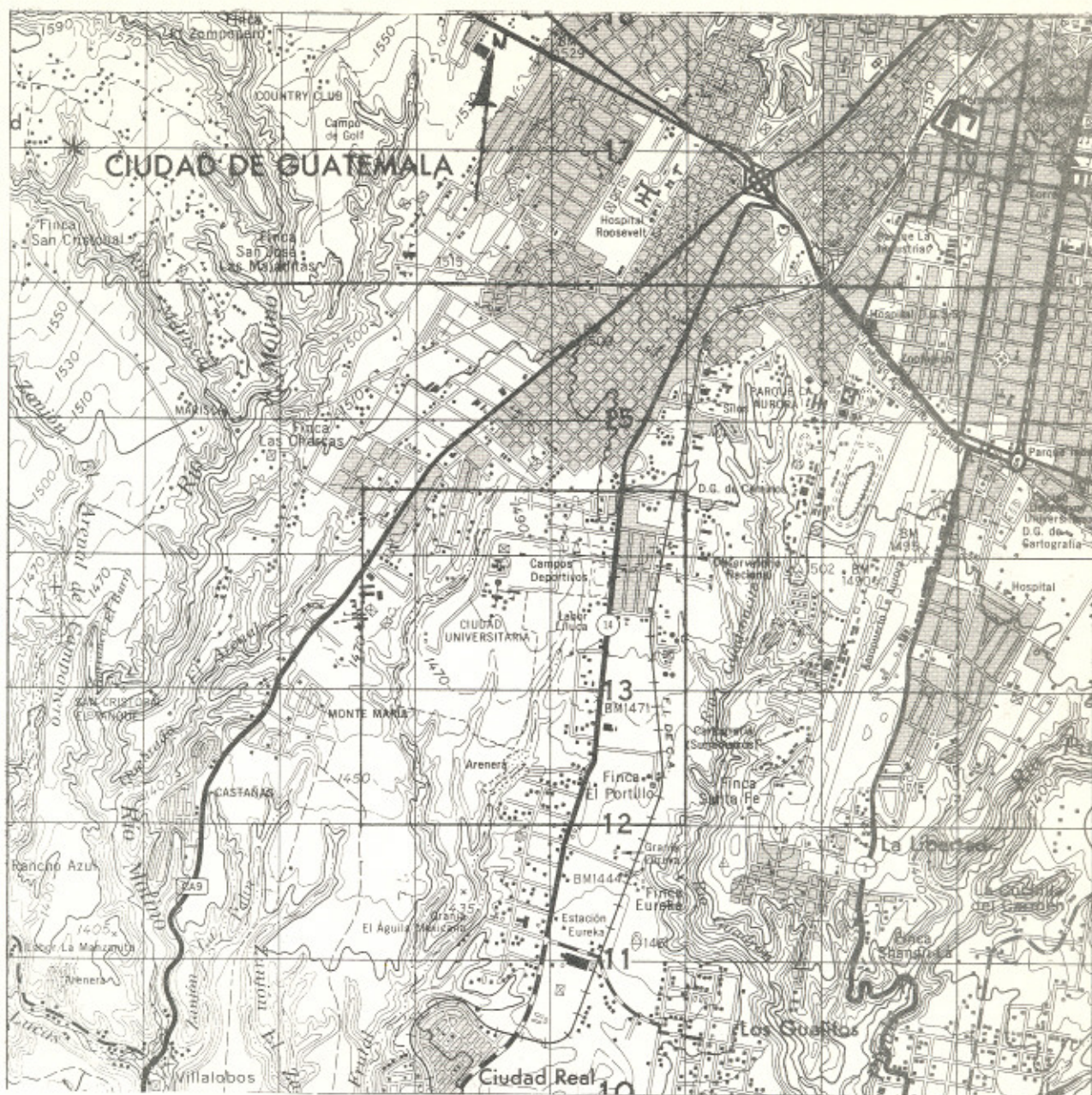


Figura 1

Muestra en mapa 1:50,000 área dentro de la cual  
esté la Ciudad Universitaria





Figura 2

Muestra en mapa 1:50,000 área que cubre modelo estereoscópico, fotografía escala 1:20,000 Nos. 333 y 334.





Figura 3

Muestra en el mapa escala 1:50000 el área que cubren los modelos estereoscópicos de fotografía escala 1:15000 Nos. 70, 71 y 72.





Figura 4

Fotografía No. 333

Escala 1:20000

Muestra posición del control



-  Control vertical terrestre
-  Control horizontal terrestre





Figura 4-A

Fotografía No. 334

Escala 1:20000

Muestra localización de la Ciudad Universitaria





Figura 5

Fotografía No. 72

Escala 1:15000

Muestra control usado en restitución de modelo estereoscópico  
71 - 72.

- ⊗ Control vertical terrestre
- △ Control horizontal terrestre
- Control vertical obtenido de foto 1:20000
- Control horizontal para modelo 70 - 71 obtenido de modelo 71 - 72





Figura 5-A

Fotografía No. 71

Escala 1:15000

Muestra localización de la Ciudad Universitaria





Figura 5-B

Fotografía No. 70

Escala 1:15000

Muestra control vertical obtenido de foto 1:20000

□ Control vertical





Figura 6

Muestra en mapa 1:50000 el área que se desea cubrir y las líneas de vuelo con los centros de cada fotografía.

○ Centro de fotografía



CUADROS DE RESULTADOS Y PLANO FINAL

PUNTO	Y	X
1	10000000	10000000
2	9993630	10066327
3	9988145	10125229
4	9985352	10157658
5	9944349	10153574
6	9851891	10144526
7	9841328	10143617
8	9840388	10151690
9	9764814	10144779
10	9741559	10142411
11	9732994	10221606
12	9729368	10255143
13	9716997	10254294
14	9684873	10252037
15	9663899	10595345
16	9598141	10572026
17	9576596	10533769
18	9500605	10520172
19	9356354	10493461
20	9353297	10479669
21	9364403	10458058
22	9366893	10448737
23	9373993	10442828
24	9372662	10433307
25	9361061	10422157
26	9357862	10414797
27	9359141	10399736
28	9358217	10386933
29	9349498	10382596
30	9357330	10376645
31	9377507	10367765
32	9385822	10359887
33	9391092	10349931
34	9389691	10330773
35	9384134	10315788
36	9382157	10304697
37	9381057	10275502
38	9380007	10249833
39	9394486	10237167
40	9404915	10217433
41	9421394	10202857
42	9429743	10169355
43	9451453	10154945
44	9461997	10170687
45	9472638	10161292
46	9489331	10154701
47	9512102	10133299
48	9526747	10127466

CUADRO "1"

Coordenadas totales del polígono en micrones.



continuación del cuadro número uno:

PUNTO	Y	X
49	9536238	10118382
50	9545065	10102647
51	9563607	10091100
52	9566596	10073640
53	9579463	10044642
54	9579797	10035416
55	9586571	10024052
56	9584033	10011894
57	9591297	9981515
58	9591187	9967716
59	9595762	9960016
60	9701316	9970342
61	9879544	9988052

PUNTO	NORTE	ESTE
1	1614049,96	764474,49
2	1613884,86	764453,53
3	1613738,23	764435,34
4	1613657,49	764425,89
5	1613670,81	764323,84
6	1613700,46	764093,71
7	1613703,53	764067,41
8	1613683,45	764064,45
9	1613706,47	763876,30
10	1613714,15	763818,43
11	1613517,10	763791,00
12	1613433,65	763779,39
13	1613436,71	763748,57
14	1613444,80	763668,55
15	1612589,33	763589,99
16	1612652,57	763427,60
17	1612749,72	763376,73
18	1612789,46	763188,06
19	1612867,15	762829,98
20	1612901,82	762823,40
21	1612954,92	762852,77
22	1612978,00	762859,70
23	1612992,21	762877,88
24	1613016,08	762875,28
25	1613044,80	762847,17
26	1613063,42	762839,74
27	1613100,92	762844,09
28	1613132,96	762842,76
29	1613144,45	762821,32
30	1613158,71	762841,33
31	1613179,34	762892,38
32	1613198,37	762913,74
33	1613222,82	762927,65
34	1613270,76	762925,62
35	1613308,59	762912,89
36	1613336,43	762908,80
37	1613409,40	762908,28
38	1613473,56	762907,62
39	1613504,08	762944,73
40	1613552,55	762972,27
41	1613587,68	763014,52
42	1613670,68	763037,92
43	1613705,00	763093,22
44	1613664,90	763118,34
45	1613687,54	763145,63
46	1613702,72	763187,80
47	1613754,41	763246,28
48	1613767,86	763283,29

CUADRO "2"

Coordenadas U.T.M. del polígono en metros.

continúa....



continuación del cuadro número dos:

PUNTO	NORTE	ESTE
49	1613789,81	763307,68
50	1613828,42	763330,92
51	1613855,83	763378,09
52	1613899,19	763386,88
53	1613970,60	763421,22
54	1613993,61	763422,75
55	1614021,46	763440,53
56	1614052,01	763435,12
57	1614127,30	763455,58
58	1614161,75	763456,35
59	1614180,63	763468,36
60	1614146,79	763731,09
61	1614088,98	764174,69

Est.	PO	Azimut		Distancia Metros
		Grd.	Min.	
1	2	187	14,1	166,42
2	3	187	4,3	147,75
3	4	186	40,5	81,29
4	5	277	26,2	102,92
5	6	277	20,5	232,03
6	7	276	39,5	26,48
7	8	188	23,1	20,30
8	9	276	58,5	189,55
9	10	277	33,6	58,38
10	11	187	55,5	198,95
11	12	187	55,2	84,25
12	13	275	40,3	30,97
13	14	275	46,4	80,43
14	15	185	14,8	859,07
15	16	291	16,7	174,27
16	17	332	21,7	109,66
17	18	281	53,7	192,81
18	19	282	14,5	366,41
19	20	349	15,2	35,29
20	21	28	56,8	60,68
21	22	16	42,7	24,10
22	23	51	59,4	23,07
23	24	353	46,9	24,01
24	25	315	37,0	40,19
25	26	338	14,7	20,05
26	27	6	37,1	37,75
27	28	357	37,4	32,07
28	29	298	11,2	24,33
29	30	54	31,5	24,57
30	31	67	59,7	55,06
31	32	48	18,1	28,61
32	33	29	38,2	28,13
33	34	357	34,5	47,98
34	35	341	24,1	39,91
35	36	351	38,6	28,14
36	37	359	35,5	72,97
37	38	359	24,6	64,16
38	39	50	34,0	48,05
39	40	29	36,3	55,75
40	41	50	15,4	54,95
41	42	15	44,7	86,24
42	43	58	10,5	65,08
43	44	147	56,2	47,32
44	45	50	19,2	35,46
45	46	70	12,2	44,82
46	47	48	31,6	78,05
47	48	70	1,6	39,38
48	49	48	0,9	32,81

CUADRO "3"

Muestra :  
Azimutes de cuadrícula  
Distancias entre puntos



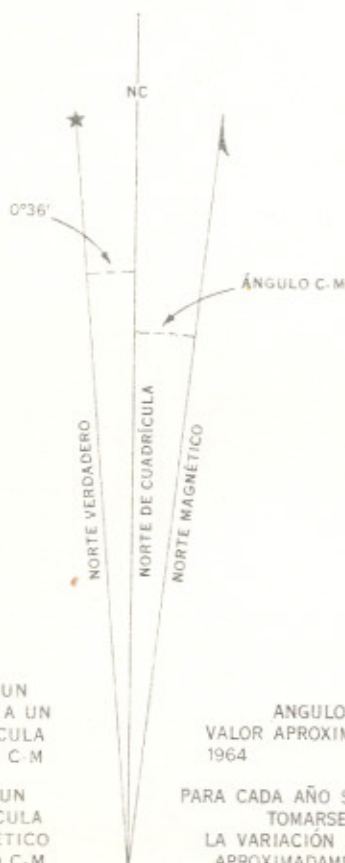
continuación del cuadro número tres:

Est.	PO	Azimut		Distancia Metros
		Grd.	Min.	
49	50	31	2,6	45,07
50	51	59	50,5	54,55
51	52	11	27,6	44,24
52	53	25	40,9	79,24
53	54	3	48,3	23,06
54	55	32	33,3	33,04
55	56	349	57,5	31,03
56	57	15	12,2	78,02
57	58	1	16,9	34,46
58	59	32	27,7	22,38
59	60	97	20,4	264,90
60	61	97	25,5	447,35
61	1	97	24,9	302,33

AREA CALCULADA DEL POLIGONO DE  
LA CIUDAD UNIVERSITARIA:

1,192,392.82 metros cuadrados equivalentes a:

2 caballerías 41 manzanas 4860.57 varas cuadradas.



PARA CONVERTIR UN  
AZIMUT MAGNÉTICO A UN  
AZIMUT DE CUADRÍCULA  
SÚMESE EL ÁNGULO C-M

PARA CONVERTIR UN  
AZIMUT DE CUADRÍCULA  
A UN AZIMUT MAGNÉTICO  
RÉSTESE EL ÁNGULO C-M

ÁNGULO C-M = 6°09'  
VALOR APROXIMADO PARA EL AÑO  
1964

PARA CADA AÑO SUBSIGUIENTE DEBERÁ  
TOMARSE EN CUENTA  
LA VARIACIÓN MAGNÉTICA ANUAL.  
APROXIMADAMENTE 2' AL OESTE

ILUSTRACIONES Y ANEXOS, CONSULTAR  
UNICAMENTE EN TESIS FISICA