

LIBRO: PRY. PROYECTO

TEMA: CAR. Carreteras

PARTE: 1. ESTUDIOS

TÍTULO: 01. Estudios Topográficos

CAPÍTULO: 005. Restitución Aerofotogramétrica

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene los criterios generales para la ejecución de la restitución aerofotogramétrica en los estudios aerofotogramétricos para carreteras, que realice la Secretaría con recursos propios o mediante un Contratista de Servicios, conforme a lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-1-01-001, *Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras*.

B. DEFINICIÓN

La restitución aerofotogramétrica es el conjunto de trabajos de gabinete necesarios para obtener, con base en los pares estereoscópicos de las fotografías aéreas a que se refiere la Norma N-PRY-CAR-1-01-004, *Fotografías Aéreas para Estudios Aerofotogramétricos*, la altimetría y los elementos planimétricos del terreno fotografiado y elaborar, en forma digital, las plantas topográficas que muestren los modelos tridimensionales de las diferentes porciones de la superficie del terreno, mediante la reconstrucción de las condiciones de toma de las fotografías y la creación de los modelos estereoscópicos correspondientes, referenciados a un sistema de apoyo terrestre.

C. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS	DESIGNACIÓN
Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías	N-LEG-2

Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras	N-PRY-CAR-1-01-001
Fotografías Aéreas para Estudios Aerofotogramétricos	N-PRY-CAR-1-01-004
Presentación de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras	N-PRY-CAR-1-01-006

D. EQUIPO DE RESTITUCIÓN

El equipo de restitución estará en condiciones de operación, limpio, completo en todas sus partes y debidamente calibrado. Salvo que los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, indiquen otra cosa, contará con instrumentos fotogramétricos analógicos o analíticos, con interfase electrónica a un programa (*software*) fotogramétrico, que permita la restitución digital de los pares estereoscópicos.

E. ORIENTACIÓN

Para hacer posible la restitución es necesario obtener en el instrumento estereoscópico, una maqueta o modelo tridimensional o estereoscópico, geoméricamente semejante al terreno fotografiado, para lo que se reproducirán en el instrumento las condiciones de perspectiva existentes entre las imágenes y el terreno, en el mismo instante en que fueron tomadas las fotografías, mediante su orientación interior, su orientación relativa y su orientación absoluta.

E.1. ORIENTACIÓN INTERIOR

Con el propósito de reconstruir la perspectiva interior de cada fotografía, de forma que el cono de rayos proyectado sea geoméricamente semejante al cono de rayos que penetró al objetivo de la cámara en el instante de la exposición, se determinarán y corregirán los errores ópticos que se hayan producido durante su toma, tales como la curvatura de los rayos luminosos que penetraron en la cámara, debida a los diferentes índices de refracción de las capas de aire que atravesaron; sus cambios de dirección ocasionados por los elementos ópticos de la cámara, comúnmente englobados en una distorsión radial; los cambios en las dimensiones de la película por efecto de su manipulación y proceso, y la curvatura terrestre. La corrección de

estos errores puede hacerse mediante dispositivos ópticos que se introducen al hacer el copiado o en el equipo de restitución, o en forma numérica durante el proceso de digitalización de las imágenes, en los equipos analíticos.

- E.1.1.** Se centrará la diapositiva de cada fotografía de manera que el eje óptico del proyector o cámara del instrumento, coincida con el punto principal de la fotografía.
- E.1.2.** Se fijará en el proyector la distancia focal que resulte de aplicar la siguiente ecuación:

$$f_p = d_p \frac{f_c}{d_c}$$

Donde:

- f_p = Distancia focal del proyector
- d_p = Formato del proyector
- f_c = Distancia focal de la cámara aérea
- d_c = Formato de la cámara aérea



- E.1.3.** Se corregirá la distorsión de los lentes y de los materiales que intervienen en el proceso o, una vez conocidos sus valores finales, éstos se considerarán en las mediciones y cálculos aerofotogramétricos.

E.2. ORIENTACIÓN RELATIVA

Con el propósito de obtener la visión estereoscópica con las diapositivas de las fotografías de un par estereoscópico, ambas se orientarán en la misma posición relativa que tuvieron en el momento de la exposición, de forma que se conserven las relaciones angulares de sus perspectivas centrales y evitar así la deformación de la imagen tridimensional. Para ello se ajustarán los proyectores del equipo de restitución, haciendo uso de los movimientos de rotación y traslación de que están dotados, hasta hacer coincidir las imágenes en todo el modelo estereoscópico.

E.3. ORIENTACIÓN ABSOLUTA

Una vez concluida la orientación relativa de las diapositivas, se efectuará su orientación absoluta, para que las escalas horizontal y vertical del modelo estereoscópico sean iguales a la escala

establecida para la planta topográfica en la Norma N-PRY-CAR-1-01-006, *Presentación de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras*, según el tipo de estudio aerofotogramétrico y que el modelo esté en posición correcta respecto a los puntos de control terrestre, considerando que:

- E.3.1.** Para poner el modelo a la escala horizontal deseada, será necesario conocer la distancia real entre dos puntos de control horizontal o de posición, como mínimo, que estén comprendidos en el modelo y de los que se hayan determinado previamente sus coordenadas topográficas ($x-y$), así como hacer los ajustes necesarios en la base entre las diapositivas, hasta que la distancia real coincida con la distancia entre los dos puntos en el modelo, a la escala requerida.
- E.3.2.** Para nivelar el modelo, es decir, ponerlo a la escala vertical deseada, se requerirán tres puntos de control vertical o de elevación, como mínimo, que estén comprendidos en el modelo y de los que se hayan determinado previamente sus elevaciones reales (coordenadas z), y se trasladará o basculará el modelo sobre los ejes instrumentales del equipo, hasta que las elevaciones reales coincidan con las elevaciones de los tres puntos en el modelo, a la escala requerida.
- E.3.3.** La orientación en posición se logrará haciendo coincidir los puntos de control situados a escala, con las respectivas proyecciones de sus imágenes estereoscópicas.

F. RESTITUCIÓN

F.1. CAPTURA DE INFORMACIÓN

Una vez obtenido el modelo estereoscópico a la escala establecida, debidamente orientado como se indica en la Cláusula E. de esta Norma, con los instrumentos fotogramétricos del equipo se obtendrá la información topográfica sobre las elevaciones y los elementos planimétricos del terreno, la que, a través de la interfase electrónica, será capturada en forma digital para su posterior edición y elaboración de la planta topográfica, considerando que, debido a que el modelo comprende una

extensión mayor a la del campo visual que se tiene con los oculares del equipo y que muestra una variedad de detalles superior a los que se pueden representar en las plantas topográficas, previamente a la obtención de la información han de organizarse, espacial y conceptualmente, los procesos de búsqueda, de registro gráfico o analítico, de clasificación y de edición.

F.2. EDICIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información topográfica capturada del modelo estereoscópico será editada en computadora mediante un programa *Autocad* 2000 o superior, o algún otro programa de cómputo que permita digitalizar la planta topográfica en un archivo electrónico con extensión *dwg*, trazando con la simbología establecida para tal propósito en la Norma N-PRY-CAR-1-01-006, *Presentación de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras*, todos los detalles topográficos y planimétricos que sean visibles dentro del área por restituir, tales como curvas de nivel; carreteras pavimentadas; caminos revestidos y de terracería; brechas y veredas; vías férreas; líneas, torres y postes de energía eléctrica y de comunicaciones; poblados, rancherías y construcciones aisladas; linderos y cercas; áreas de vegetación y cultivo, y toda la hidrografía referente a ríos, arroyos, canales, escurrimientos y otros cuerpos de agua, a la escala indicada para la planta topográfica en la Norma citada, según el tipo de estudio aerofotogramétrico, considerando que:

F.2.1. Cada tipo de información se trazará en capas gráficas independientes, con las tolerancias máximas que se indican en la Tabla 1 de esta Norma, según la escala de la planta topográfica, en el siguiente orden:

1. Capas de curvas de nivel.
2. Capas de información hidrográfica.
3. Capas de poblados y rancherías.
4. Capas de vías de comunicación terrestre.
5. Capas de líneas eléctricas y de comunicación.
6. Capas de construcciones aisladas, linderos y cercas.
7. Capas de áreas de vegetación y cultivo.

8. Capas de toponimia, cuadrícula de coordenadas y otros rasgos de interés.

TABLA 1.- Tolerancias máximas para el trazado de información en la restitución

Tolerancias en m, a la escala especificada

Escala de la planta topográfica	1:5 000	1:2 000	1:1 000
Tolerancia horizontal (En coordenadas $x - y$)	5,0	2,0	1,0
Tolerancia vertical (En coordenadas z)	1,0	0,4	0,2

F.2.2. Para las plantas topográficas con escala de uno a cinco mil, las curvas de nivel se trazarán a cada cinco metros de elevación (1:5 000/5), distinguiendo con un ancho mayor las curvas maestras a cada veinticinco (25) metros. Para plantas con escala de uno a dos mil se trazarán a cada dos metros (1:2 000/2) con curvas maestras a cada diez (10) metros y para plantas con escala uno a mil se trazarán a cada metro (1:1 000/1) con curvas maestras a cada cinco (5) metros. Todas las curvas de nivel, intermedias y maestras, se representarán mediante *polilíneas* que contengan por sí mismas sus coordenadas $x - y - z$, en segmentos de diez (10) metros a la escala de la planta, para el primer caso, de cuatro (4) metros para el segundo y de dos (2) metros para el tercero; todas se acotarán en los tramos que sean convenientes para facilitar la interpretación de las plantas.

F.2.3. Se trazará la cuadrícula de coordenadas horizontales anotando sus correspondientes magnitudes, a cada quinientos (500) metros en plantas con escala de uno a cinco mil (1:5 000), a cada doscientos (200) metros cuando la escala sea de uno a dos mil (1:2 000) y a cada cien (100) metros en plantas con escala de uno a mil (1:1 000); se anotarán las ligas entre modelos consecutivos y la toponimia referente a los nombres de poblados, rancherías, ríos y cerros, entre otros. Además, en cada planta topográfica se anotará el listado de los puntos de control terrestre contenidos en el modelo aerofotogramétrico, indicando su denominación y coordenadas topográficas (x, y, z).

F.2.4. En el cuadro de identificación de cada planta se anotarán, como se indica en la Norma N·PRY·CAR·1·01·006, *Presentación de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras*, el número del trabajo, nombre del proyecto, Unidad Administrativa responsable, fechas del vuelo y de la restitución, datos del modelo estereoscópico de que se trate (números de línea y de fotografías), escala de la planta elaborada, nombre del archivo digital y, si el estudio aerofotogramétrico se ejecuta por contrato, número del contrato, nombre y firma del Contratista de Servicios.

F.3. GRAFICADO DE LAS PLANTAS TOPOGRÁFICAS

Una vez editados los modelos estereoscópicos como se indica en la Fracción F.2. de esta Norma, las plantas topográficas se dibujarán digitalmente en papel *bond* para su revisión y aprobación por la Secretaría, con el formato establecido en la Norma N·PRY·CAR·1·01·006, *Presentación de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras* y una vez aprobadas, se dibujarán en papel *Herculene, Poliéster, Kronaline* o similar para graficador de inyección de tinta. Los archivos digitales en formato *dwg* correspondientes a todos los modelos estereoscópicos, una vez editados, serán grabados en un medio electrónico o electromagnético como disco compacto (CD) o un disco versátil digital (DVD).

G. ENTREGA DE LAS PLANTAS TOPOGRÁFICAS PRODUCTO DE LA RESTITUCIÓN AEROFOTOGRAMÉTRICA

Cuando el estudio aerofotogramétrico se ejecute por contrato, el Contratista de Servicio entregará a la Secretaría, junto con el estudio terminado y presentado de acuerdo con lo indicado en la Norma N·PRY·CAR·1·01·006, *Presentación de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras*, lo siguiente:

- Las plantas topográficas producto de la restitución;
- el medio electrónico o electromagnético que contenga todos los modelos estereoscópicos editados y
- las diapositivas utilizadas en la restitución.