

PROCEDIMIENTOS DE ESTUDIO PARA EL PROYECTO DE UNA VIA TERRESTRE

Juan B. PUIG DE LA PARRA *

INTRODUCCION

I PLANEACION

- a) Antecedentes
- b) Reconocimiento aéreo
- c) Levantamiento aerofotográfico 1:50,000
- d) *Fotointerpretación*
- e) Reconocimiento terrestre
- f) Elección de ruta

II PROYECTO

- a) Levantamiento aerofotográfico 1:10,000
- b) Fotogeología
- c) Fotogrametría
- d) Reconocimiento directo
- e) Preliminar
- f) Programación de estudios

III ESTUDIOS

- a) Levantamiento aerofotográfico 1:5,000
- a') Trazo con brigadas de campo
- b) Estudios de detalle
- c) Revisión de especificaciones
- d) Programación para la computadora
- e) Datos para la construcción

IV CONSTRUCCION

- a) Asesoramiento y verificación

* Ingeniero Geólogo

INTRODUCCION

La técnica, al desarrollarse más aceleradamente cada día, obliga a los profesionistas que la emplean a revisar continuamente sus métodos de trabajo. Al mismo tiempo, los conocimientos y la experiencia que se obtienen de la aplicación de las nuevas técnicas, permiten introducir variaciones en los procedimientos de estudios, para hacerlos más económicos y de más calidad.

Hace apenas un sexenio que se implantó en la Secretaría de Obras Públicas el método llamado Fotogramétrico Electrónico, para el estudio de las vías terrestres, teniendo como marco una buena organización de las dependencias que intervienen en los proyectos. Sin embargo, los adelantos que se han logrado en las técnicas, en lo que se refiere a aparatos, como en lo que respecta a la experiencia conseguida en los años que lleva de aplicarse el procedimiento, hacen pensar en una nueva planeación para el proyecto de las vías terrestres.

A pesar de que todos los estudios involucrados en este trabajo pueden considerarse como proyecto, se ha dividido la presentación en tres etapas, a las que se ha denominado: PLANEACION, PROYECTO Y ESTUDIOS.

La aplicación de la Geología a la planeación, proyecto y construcción de una obra de Ingeniería Civil, constituye un aspecto del aprovechamiento de los conocimientos geológicos que tiene un campo amplísimo y cada día una mayor importancia.

Las grandes obras de ingeniería civil que requieren una intervención decisiva de los estudios geológicos, son: las presas, las vías terrestres, las obras marítimas, los sistemas de irrigación, el drenaje, el control y la navegación de ríos, el establecimiento de industrias así como túneles y puentes.

Una de las obras que más necesita de la información geológica, desde su planeación hasta su conservación, es la vía de comunicación terrestre.

Es muy importante que los geólogos comprendan la necesidad que se tiene de su colaboración para la construcción de las grandes obras de ingeniería que son indispensables en el país para el aprovechamiento de sus recursos y que acudan a cumplir con ese deber bien preparados en la especialidad de Geología Aplicada, contando con los conocimientos básicos de ingeniería civil para su mejor entendimiento con los ingenieros con quienes va a colaborar.

El geólogo está obligado a forzar su intervención en los estudios que se realizan para hacer las obras y a demostrar que su labor es altamente provechosa para bajar costos de construcción y de conservación, así como para mejorar notablemente la calidad técnica de los trabajos en las fases de planeación y de proyecto. Por experiencia se sabe que el ingeniero civil que no ha contado con la información geológica en su trabajo profesional, no solamente no solicita la intervención de un geólogo, sino que frecuentemente lo rechaza, hasta que se da cuenta de que su cooperación permite hacer mejor las obras.

En nuestro país, la decisión de construir un camino se toma teniendo en cuenta las solicitudes que llegan a la Secretaría de Obras Públicas, de todas partes de la República. La Secretaría, las estudia jerarquizándolas de acuerdo con su recuperabilidad económica o con su importancia social.

Las especificaciones de construcción y los puntos obligados a que deberá sujetarse la construcción, se determinan con base en el tránsito probable y en las características morfológicas y geológicas del terreno.

Una vez que se ha decidido llevar a cabo el estudio de una carretera o de un ferrocarril, teniendo como base los puntos geográficos que deben ser unidos se inicia la etapa llamada de PLANEACION.

PLANEACION

La planeación se refiere al estudio socio-económico de las diferentes regiones del país, dirigido a valorar las necesidades que se tienen en materia de caminos, jerarquizando la importancia relativa de cada uno para darles un orden de prioridad de estudio, para su posterior ejecución.

Las investigaciones de la planeación, toman en cuenta la situación económica actual y el posible desarrollo de las zonas de influencia del camino

propuesto. La densidad y la distribución de la población, es otro factor esencial para la planeación.

La vía de comunicación puede tener como objetivo principal un aspecto económico o un servicio social. Es fundamental para la planeación contar con una base aproximada de la inversión que es necesario hacer para cada camino, con el fin de calcular su productividad o bien el costo que va a tener el dar servicio a un determinado número de personas.

La primera fase de la planeación consiste en la recopilación de informes y cartas con relación a la región que se considera, tanto de carácter geográfico, como geológico.

Para conocer con el detalle y la actualidad necesarios, tanto lo que se refiere a las condiciones demográficas y económicas presentes y futuras de la zona, como a las características geológicas y topográficas del terreno, los trabajos de planeación se basan en un estudio de fotointerpretación geológico económico.

Para determinar la superficie de terreno que debe ser fotografiado para hacer los estudios correspondientes, se efectúa un vuelo de reconocimiento en el que intervienen un licenciado en economía, un ingeniero civil y un ingeniero geólogo.

La escala de las fotografías aéreas que es adecuada para este trabajo, es de: 1:50,000. La toma de las fotografías aéreas, se hace con un equipo especial de avión, cámaras y aparatos para fijar elevaciones de puntos del terreno, de tal manera que al hacer vuelos paralelos se toman fotos subsecuentes que tienen un traslape de un 60% aproximadamente, y con un recubrimiento de un 30% entre las que se toman en vuelos adyacentes. El traslape o recubrimiento tiene por objeto poder estudiar estereoscópicamente toda la superficie de terreno que interesa. El objeto de determinar la elevación de puntos del terreno es para poder definir durante la fotointerpretación, diferencias de cotas y grados de pendientes para la localización de la mejor ruta desde el punto de vista geológico topográfico .

El dispositivo más moderno para conocer cotas del terreno es el llamado perfilómetro, que utiliza rayos Laser (semejantes al radar), y con el que se obtiene un perfil del terreno a lo largo de la línea de vuelo, con una precisión de ± 0.30 m a 3,300 m de altura, para una área alrededor de cada punto de 3.3 m de diámetro.

El estudio de fotointerpretación que se realiza durante la etapa de

planeación incluye un control y una verificación de campo, de donde se obtiene un mapa y un informe en donde se tiene la siguiente información:

La ubicación de las poblaciones, rancherías y casas aisladas.

La localización precisa de las carreteras, ferrocarriles, caminos y veredas.

La presencia en la zona de otras obras de ingeniería de importancia.

La cubierta vegetal natural y cultivada, clasificándolas en cuanto a su tipo la primera y en cuanto a sus cultivos y productividad la segunda.

Se describen las actividades productivas de los habitantes de las poblaciones, en lo que se refiere al aprovechamiento de otros recursos naturales o ganaderos, o en lo que respecta a la industria, al comercio o al turismo, tanto en el momento en que se tomaron las fotografías, como deducidas para el futuro.

En una forma muy detallada, se representa el sistema de escurrimiento o drenaje natural, incluyéndose hasta los cauces de los arroyos más pequeños. Se señalan además las superficies inundables y la zonas de divagación de los ríos. Las características geológicas de la zona, separando las diferentes provincias fisiográficas en las que se tienen las mismas rocas y suelos con una morfología semejante y análogas condiciones de clima.

Se proporcionan datos acerca de los posibles materiales de construcción, de las fuentes de abastecimiento de agua o de la existencia de problemas especiales para la construcción o la conservación de la obra.

Con base en esa información, los ingenieros encargados de la planeación, proceden a localizar también a través de la fotointerpretación, con los correspondientes controles altimétricos aéreos y terrestres y la verificación geológica en puntos clave, las rutas más económicas o las más útiles desde el punto de vista social. Comparando su utilidad contra las inversiones requeridas para cada una, se llega a definir la llamada ruta elegida. Se denomina ruta elegida, a la faja de terreno que contiene a la línea más apropiada para el trazo del camino. Al mismo tiempo que se escoge la mejor ruta, se determinan las especificaciones de construcción, que dependen esencialmente del tránsito que se espera para el camino de acuerdo con la situación demográfica y económica de la región y de las características geológico-topográficas de cada tramo.

Durante la etapa de la planeación se investigan las posibilidades de construir caminos secundarios para conectar poblaciones cercanas con el camino que se está estudiando. Si las poblaciones u otros caminos se localizan dentro del área abarcada por las fotografías aéreas, se señalan

en el plano correspondiente, las preliminares o trazos aproximados para la localización de esos caminos.

Los resultados de la etapa de la planeación, son:

Delimitación de la ruta elegida

Determinación de la superficie por fotografiar a escala 1:10,000

Informe socio-económico de la región

Informe geológico

Plano resultado de la fotointerpretación

Especificaciones de construcción para cada tramo

Inversión y rentabilidad del proyecto

PROYECTO

Sobre el mapa escala 1:50,000, resultado de la fotointerpretación, se ha señalado la superficie que se debe fotografiar a escala 1:10,000. En los departamentos de Geotecnia y de Vías Terrestres se procede a rectificar o a ratificar los límites de esa superficie, de acuerdo con sus necesidades.

Se hace el levantamiento aerofotográfico y de las fotografías obtenidas se proporciona una copia a la Sección de Geología, una más para la oficina de Mecánica de Suelos y la de Exploración, conservando la oficina de Fotogrametría las necesarias. Adjunto a las fotografías aéreas se proporciona a cada una de las dependencias una copia de las fotos 1:50,000, de los planos y de los informes productos de los estudios de planeación.

En la Sección de Geología, se procede a efectuar un estudio fotogeológico de semi detalle del que, después de la verificación de campo se obtiene una valiosísima información, que se presenta en un informe y un plano de gran detalle. Los datos geológicos se dan en forma de cuestionarios especiales en los que se pide al ingeniero geólogo la información fundamental que se debe recabar, dejando un espacio libre para sus apreciaciones personales.

Los estudios geológicos se dirigen especialmente a:

Afloramientos de rocas, su clasificación y modo de ocurrencia, estratigrafía, estructuras, grado de intemperización y de metamorfosis. Su aprovechamiento para la construcción. Los problemas que pueden presentar para su ataque y los procedimientos de construcción que son adecuados a cada tipo de formación.

Los suelos se clasifican desde un punto de vista geológico de acuerdo con su origen y su granulometría. De los suelos se investiga su textura, sus estructuras, su espesor, su uniformidad, la presencia de otros componentes no comunes y en forma estimada su resistencia.

Desde el punto de vista geológico, de los cruces de los ríos se estudia la clasificación de la vía fluvial, la estabilidad del cauce, las tendencias erosivas o de depósito de la corriente, la conformación de las márgenes, la clase y el espesor del acarreo y la presencia de algunas condiciones particulares que puedan influir en la construcción o conservación del puente.

Se estudia el abastecimiento de agua para la construcción, aprovechando las fotografías 1:50,000 y las de 1:10,000. El abastecimiento de agua puede hacerse de fuentes superficiales como los ríos, lagunas o el mar, o bien por medio de la explotación de mantos acuíferos subterráneos, ya sea de pozos existentes o de los que se localicen y se perforen para tal fin.

Se investiga el posible aprovechamiento de las rocas y suelos como materiales para la construcción, señalando los bancos que pueden ser utilizados para cada una de las fases de la construcción, así como las vías de acceso y la manera de explotarlos.

En los tramos en donde se tenga la posibilidad de construir túneles, se hace un reconocimiento más detallado, proporcionando un informe preciso de las condiciones geológicas y geohidrológicas.

Es frecuente encontrar zonas en donde se sabe de acuerdo con la geología del terreno que existen condiciones desfavorables para la construcción, lo cual crea problemas graves y costosos que pueden obligar a un cambio de localización, a una variación en las especificaciones del camino o a utilizar procedimientos de construcción especiales.

Al mismo tiempo que el estudio fotogeológico, en la oficina de Fotogrametría se procede a elaborar un mapa fotogramétrico a escala 1:2,000, en donde los ingenieros especialistas en vías terrestres localizan una primera preliminar.

La Sección de Estudios por su parte, lleva a cabo un estudio de fotointerpretación de suelos, sobre las fotos 1:10,000, para conocer en una forma aproximada sus características y las extensiones que cubren a lo largo de la ruta.

La oficina de Exploración estudia especialmente las condiciones de los sitios señalados para cruces de ríos y de pasos a desnivel, para que de acuerdo con sus datos se modifiquen o permanezcan las localizaciones. Los estudios se realizan primeramente en la oficina a través de una fotointerpretación de detalle.

Teniendo como base la información obtenida de los estudios realizados por las diferentes oficinas, se procede a efectuar un reconocimiento directo en el que intervienen cuatro ingenieros: un civil, un geólogo, un especialista en suelos y un especialista en cruces. El objeto de este reconocimiento es fijar la preliminar y tomar datos de abudamientos, de los cruces, del drenaje, de los materiales y hacer la programación de los estudios de detalle.

Los resultados de los estudios y del reconocimiento sirven para que la oficina de fotogrametría del departamento de Vías Terrestres, proceda a la localización de la preliminar, afinando las especificaciones de construcción.

En la etapa llamada de proyecto, se llega a los siguientes datos:

Preliminar sobre plano 1:2,000
Mapa fotogeológico 1:10,000 e informe geológico de semi detalle
Informe de suelos
Localización de los cruces
Localización de las obras menores
Revisión de especificaciones

ESTUDIOS

A partir de tener determinado el trazo de la preliminar, se inicia la etapa de los Estudios sobre la localización de la línea.

Dependiendo de la cobertura vegetal existente en la zona, el levantamiento topográfico de detalle puede hacerse por medio de fotogrametría o de brigadas de campo.

Cuando la vegetación es escasa o de baja altura, se procede a efectuar un nuevo levantamiento aerofotográfico a la escala de 1:5,000 sobre la preliminar. El objetivo principal de este levantamiento es obtener datos topográficos para el listado de cadenamiento y para las curvas horizontales. De las fotos del levantamiento se mandan los tramos solicitados por el

departamento de Geotecnia, para aprovecharlos en los estudios de detalle. Posteriormente, con las mismas fotografías, en el departamento de Vías Terrestres, oficina de Fotogrametría, se hace el plano 1:1,000 para el seccionamiento y la obtención del perfil del terreno. Todos estos datos se pasan a cálculo en una computadora electrónica.

En el caso de que exista vegetación alta y tupida en la zona, la fotogrametría no es aprovechable por lo que es necesario realizar los levantamientos topográficos con brigadas de campo. Las brigadas trabajan sobre la preliminar por lo que su avance es rápido y seguro.

Los estudios de detalle, se llevan a cabo de acuerdo con la programación establecida. Cuando se cuenta con fotografías aéreas a escala 1:5,000 se aprovechan para basar los estudios en una fotointerpretación de precisión.

Para el estudio de los cortes, se ha encontrado que el procedimiento que da mejor resultado en la mayoría de los casos, es el método geofísico de refracción aunado a un conocimiento real de la geología superficial. En los cruces, son indicados los sondeos directos, combinados en algunos casos con el método eléctrico de resistividad. En los pasos a desnivel generalmente se hacen sondeos a cielo abierto o penetración estándar. Para los túneles, es necesario casi siempre efectuar perforaciones de exploración con broca de diamante o galerías piloto. Los bancos de materiales de construcción se estudian normalmente, con pozos a cielo abierto o con perforaciones. Los estudios para el drenaje se hacen sobre las fotos 1:10,000 y si las hay, sobre las de escala 1:5,000 combinados con reconocimientos de campo.

Una vez terminados los estudios de localización y los geológicos y de suelos, se afina el trazo y se elabora el proyecto definitivo y completo para pasarlo a Construcción.

CONSTRUCCION

En la etapa de la Construcción, la Dirección General de Proyectos y Laboratorios, hace una supervisión a través de los Laboratorios de Campo; en problemas especiales se tiene una supervisión directa por medio de las oficinas indicadas, haciendo a menudo pruebas in situ.

Es muy conveniente que las Compañías Constructoras cuenten con los mapas de fotointerpretación a escalas 1:50,000 y 1:10,000 y con una copia de las fotografías aéreas 1:10,000 para que puedan cotizar y programar mejor sus trabajos.