

Caminos de Montaña

1)-Generalidades de Caminos de Montaña

Introducción

Con respecto a caminos es la obra pública que más bibliografía se dispone en la actualidad. Los Caminos de Montañas, no escapan del tema general ya que estos también deben cumplir con todos los requisitos de acuerdo a la categoría que adquiera un determinado tramo.

Poseemos una repartición pública en el orden nacional que ha editado pliego de condiciones técnicas y numerosos manuales de procedimientos, que conforman un esquema técnico legal que todo proyecto debe cumplir. En el ámbito provincial, los gobiernos han aceptado, con pocas modificaciones, lo dispuesto por la entidad nacional.

Este trabajo tendrá solamente un enfoque desde las operaciones topográficas a realizar, tanto para un proyecto de obra como para el replanteo necesario a la ejecución de la misma.

Definición Camino de montaña es aquel que se desarrolla sobre un terreno con variaciones en altura, longitudinal y transversalmente; por lo cual se necesitará realizar trabajos de excavaciones y rellenos, a fin de obtener una alineación tanto horizontal como vertical adecuada para que un vehículo automotor, pueda transitar a una **Velocidad Directriz** uniforme, determinada.

Características Diferenciales. Un camino de montaña no deberá obligar al conductor del vehículo realizar un adiestramiento especial, sino solamente respetar la velocidad directriz de diseño y las señales camineras.

Sin embargo, tendremos diferencias muy importantes; entre las cuales nombraremos las siguientes:

- Con respecto al suelo, será muy variado, generalmente rocoso, de distintos grados de dureza, a veces disgregado, otras compacto, que para realizar los trabajos de excavación será necesario, la utilización de voladuras.
- Un clima, muy severo, con cambios bruscos de temperaturas, y presencia de precipitaciones intensas, en forma de lluvias o nevadas, que a bajas temperaturas, quedarán las estructuras expuestas al hielo, con lo que debe tomarse en cuenta sus efectos sobre la seguridad en la circulación y operación de los vehículos, como así también, en la conservación de los materiales empleados en la obra.
- El proyecto incluirá una red de drenaje que tenga en cuenta los caudales hídricos que se debe transportar, con característica de flujos muy intensos e intermitentes. Generalmente esta red debe planificar construcción de defensas, disipadores de energía y encausamientos.
- La topografía presenta por lo general dificultades en la accesibilidad a la zona de estudio por lo que nos veremos obligados a utilizar métodos de medición indirecta. Además, será inconveniente a tener en cuenta como derivado de la altitud, la falta de oxígeno que afectará el rendimiento de personas y motores de los vehículos que se empleen.
- Impacto ambiental. La modificación de la geomorfología, se verá reflejado en distintos aspectos: el visual, que transformará el paisaje que dispone de vistas, formas y colores diversos. Por otro lado los movimientos de suelo cambiará los cursos del escurrimiento de las

aguas, que se debe contemplar en la red de drenaje; la erosión que provoca las aguas y los vientos, se vería incrementada al romper el aparente equilibrio que la naturaleza había logrado.

2)-ELABORACIÓN DE UN PROYECTO

Un proyecto deberá cumplir distintos pasos. Se tendrán capítulos referidos a las etapas constitutivas desarrollados con la finalidad de lograr un resultado seguro, confortable y económico. Entre ellos tendremos:

- Recopilación, Análisis y Estudio de Antecedentes.
- Estudios de Tránsito, actuales y proyección futura.
- Drenaje y Obras Hidráulicas.
- Capacidad y Nivel de Servicio
- Estudios Topográficos
- Estudios Geológicos, Estabilidad de los suelos y taludes
- Parámetros Básicos de Diseño
- Reconocimiento de campaña, corredores
- Estabilidad de Taludes
- Trazados tentativos; Planteo y Selección de Alternativas; Línea de bandera.
- Parámetros Definitivos y Sección Transversal del Camino
- Diseño de Pavimentos, y de Obras Especiales
- Movimiento de Suelos, canteras o yacimientos de suelos aptos.
- Pliego, Especificaciones Técnicas y Documentación Complementaria
- Impacto Ambiental
- Estudio definitivo → Proyecto: Documentación – Planos – Pliegos

3)- LEVANTAMIENTO CLASICO PARA EL PROYECTO

Para confeccionar el estudio del proyecto; los especialistas necesitaran un PLANO TOPOGRAFICO, con apoyo en Puntos Fijos, con dimensiones lineales y angulares, conformando una Red de Apoyo, identificados con sus coordenadas debidamente compensadas, planimétrica y altimétricamente.

Esta es la infraestructura básica donde se apoyará el proyecto. Es un modelo analógico del terreno, sobre el cual se ha volcado toda la información obtenida específica, ubicada precisa, y adecuadamente a la obra a proyectar. El plano topográfico, es un eslabón de importancia, pues todos tendrán que apoyarse en este. Debe abarcar toda la zona donde estará emplazada la obra, y algunos detalles de zonas periféricas de interés.

Entre las informaciones específica, no faltará las características geológicas, tipos de suelos, arenoso, aluvional, etc; roca disgregada o firme, indicando la necesidad de explosivos para removerlos; se debe hacer el estudio de los suelos para analizar sus características en profundidad; y su valor portante. De igual manera también en superficie, se debe indicar la vegetación existente, su densidad, variedades, características, arbustos, árboles, naturales o plantados, necesidad de conservar especies autóctonas o su erradicación, etc. a fin de poder evaluar el costo de la limpieza del terreno. Así mismo será de gran importancia las obras existentes tales como líneas eléctricas, de baja, media o alta tensión; líneas telefónicas, gasoductos, canales, etc. Como también los alambrados y limites de parcelas de propiedades privadas o públicas que se deberán solicitar las promulgaciones de las leyes pertinentes para su expropiación.

En todo levantamiento debemos definir previamente algunas variables que dependen de cada caso particular; pero en general con la finalidad de limitar el área a relevar, se puede considerar dos casos:

- a)- Se tiene un camino existente y el objetivo es mejorar la circulación y la seguridad en el tránsito, elevando la velocidad directriz del mismo dando la posibilidad de aumentar el flujo de vehículos; que geométricamente será realizar un ensanche de calzada, eliminando curvas innecesarias y /o aumentando el radio de otras, renovando la carpeta de rodamiento con peraltes adecuados, y barandas en lugares peligrosos.
- b)- Queremos realizar una vía uniendo dos puntos "A" y "B" por una zona donde no existe vinculación alguna. Es decir "Trazado Nuevo".

En el caso "a" determinaremos el eje del camino actual y este será nuestro "Eje de Levantamiento"; en cada curva definiremos la intersección de la línea de llegada con la de salida, este será el vértice correspondiente, que numeraremos en forma correlativa, (V_1 ; V_2 ; V_N); de esta forma tendremos una poligonal abierta de tantos vértices como curvas tenga el tramo del camino.

A partir del inicio del tramo en estudio, que denominaremos " V_0 " de progresiva 0,00, cada vértice tendrá una progresiva distinta, que será igual a la distancia desde el origen. Los vértices serán amojonados debidamente, realizando un balizamiento para una rápida y segura búsqueda; y en caso de ser necesaria su reposición, se podrá realizar en forma precisa.

Esta poligonal abierta constituye el Eje de Levantamiento de los perfiles, se denomina también "Línea de Bandera". Para este tipo de levantamiento esta poligonal, será nuestra **Estructura Topográfica**. Estará debidamente georreferenciada y desde ella se realizarán todas las medidas, tanto levantamientos o replanteos de obras; por lo que se deberá conservar sus vértices en perfectas condiciones.

Por otro lado, deberemos ubicar y monumentar puntos fijos de nivelación (**PF**), protegidos del movimiento de obra, garantizando su estabilidad. Los PF estarán con una separación no mayor de 500 metros uno de otro; y no será imprescindible la intervisibilidad. A estos se les proveerá de cotas absoluta, con nivelación geométrica.

Los detalles que se quieran documentar serán relevados a través de perfiles Transversales, perpendiculares al eje de levantamiento, con su correspondiente progresiva, se medirán las distancias al mismo, considerando positivas las que resulten hacia la derecha, del eje de levantamiento y de signo contrario a la izquierda.

Estas operaciones conformarían el Levantamiento Topográfico para Estudio y Proyecto, que darían lugar a una planimetría general, a escala 1:1.000, con detalles a escala 1:100. Además un plano con perfiles longitudinales ($H=1:1.000$; $V=1:100$) y transversales (1:100); como es usual en las obras de desarrollo longitudinal

Estos perfiles tendrán también la misión de calcular los volúmenes de suelo de las excavaciones o rellenos que se ejecuten, comparándolos con los que se levanten después de realizadas las obras, por tal razón estarán a distancias no mayor de 50 metros uno del otro, para asegurar los cálculos mencionados, generalmente se suele intercalar otros PT (perfiles transversales) a menor distancia si las variaciones topográficas lo requieran, o exista un cambio de tarea. (excavación a terraplén o viceversa), o cambie las características del suelo, afectándose a distinto ítem. Con respecto al ancho, deberán cubrir toda la zona de camino.

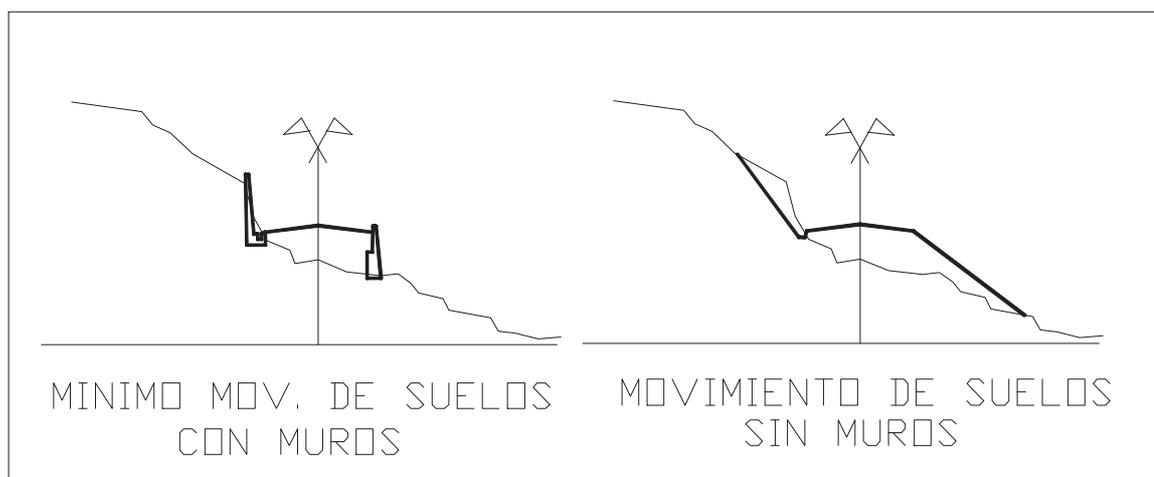
Para el levantamiento de los PT. utilizaremos un nivel, mira vertical centimetrada, cinta métrica y una escuadra óptica para lograr la perpendicularidad de estos con el Eje de Levantamiento. Con esta forma de trabajar tenemos precisión, pero tiene la dificultad de estar limitada por la longitud de las miras y el campo visual del nivel. Por esta razón las ET (estaciones totales) se están utilizando en estos levantamientos agilizando las tareas de campo, aunque en gabinete se debe hacer un poco más de cálculos, lo que se soluciona con una “roto-traslación” de las coordenadas que nos provee la ET. Y a partir de estas, el dibujo se puede hacer automáticamente con programas de computación.

En el caso “b”, Al no tener ninguna vinculación entre los puntos A y B se deberá replantear una variante posible en el terreno, en base a las informaciones que nos provea una cartografía confiable o un levantamiento expeditivo previo, una recorrida por la zona, por parte del proyectista, será de mucha importancia, para definir la “línea de bandera” en el terreno; colocándose los vértices de las curvas y paralelamente los PF de nivelación, en zona protegida del movimiento de suelos.

A continuación se realiza el levantamiento de los perfiles, longitudinales y transversales, igual que en el caso anterior.

Del estudio de los perfiles así obtenidos; en ambos casos, podremos observar la necesidad de cambiar o mover algún vértice de la línea de bandera, definida previamente. De ser los desplazamientos muy significativos, deberán hacerse nuevamente el levantamiento en las zonas afectadas.

Otra forma. Con una línea de bandera provisoria, se realiza solamente el levantamiento del Perfil Longitudinal y con una rasante, también provisoria, se analizan los movimientos de suelos, utilizando la “cota roja” (cota terreno - cota rasante) con un perfil transversal tipo. De esta manera es posible trabajar con la rasante de forma de compensar los volúmenes de excavación con los de relleno (en forma lateral y longitudinal). De ser necesario se ajusta la posición de los vértices de la poligonal de levantamiento (Eje del Camino) calculando las curvas horizontales, se replantean y se realiza el levantamiento de los P.T. (Perfiles Transversales) definitivos.



4)- MODELACIÓN DIGITAL DEL TERRENO.

Cuando queremos especificar diferencias entre los distintos tipos de levantamientos, se suele decir que para las obras de desarrollo superficial trabajamos de una manera y para las obras de desarrollo longitudinal usamos técnicas distintas. En los párrafos anteriores se desarrolló un método clásico para estas últimas obras.

Entre los métodos clásicos, también figura el levantamiento taquimétrico, que para una obra de desarrollo superficial es de utilidad. Pero tiene la particularidad de que es un levantamiento expeditivo con poca precisión.

Utilizando una estación total, la “taquimetría” adquiere importancia, tanto en posicionamiento como en altimetría. Se requiere adjuntar una computadora para el procesamiento (más de 2.000 puntos por km) con un programa topográfico (EDS “Engineering Data System” de Eagle Point; o “Cartomap” de Aneba, Barcelona; o “SDR -Map” de Sokkia; etc) específicos para el diseño de obras de ingeniería.

Estos programas admiten distintos formatos en los datos de cada punto, se incluyen un número de orden, coordenadas (X, Y, Z) y Código; que en las ET., se cargan simultáneamente con la medición y grabado del punto.

Además de graficar con las coordenadas introducidas automáticamente desde la ET a la PC, los programas interpretan condicionamientos en grupos de puntos que se definen como líneas de fronteras, líneas de quiebres o rotura del terreno, límites de propiedades, eje de camino, etc.; y pueden graficar curvas de nivel. De esta manera se logra un “**Modelo Digital del Terreno**”.

Lo expresado anteriormente en forma tan sencilla es de fundamental importancia. Recordemos que la topografía realiza levantamientos de puntos particulares, es decir: tenemos una geometría de puntos; con esta al obtener una modelación digital pasamos a una geometría de superficie sobre la cual el proyectista puede diseñar la obra y obtener perfiles longitudinales, transversales, calcular volúmenes, etc.

Cuando poseemos un plano con curvas de nivel, el Eje de Camino, deberá seguir una determinada curva y tendrá que pasar gradualmente a la siguiente, con una pendiente determinada previamente; en subida o bajada, según el caso. Es decir, por ejemplo, si proyectamos un camino con una pendiente máxima de 5% ; cada 10 m de avance en progresiva deberá subir o bajar como máximo 0.50m. La línea sinuosa que resulta, el proyectista deberá suavizarla, con tramos rectos, y curvas circulares con transición como corresponda a la velocidad directriz estipulada, originándose excavaciones y rellenos a fin de obtener la pendiente deseada.

Muchos ríos cordilleranos tienen una pendiente suave (0.3 a 2%). Este detalle ha posibilitado la construcción de caminos a media ladera, siguiendo la quebrada que el río construyó; protegido de las crecientes o aumento de caudal del mismo. En otros casos, se deberá hacer un trazado por una ladera, que, conservando la pendiente máxima adoptada, hasta encontrar un accidente topográfico importante, que hace que tengamos de volvernos sobre la misma ladera produciendo un zigzag. Son los casos denominados proyectos en “caracol”.

APOYO TOPOGRÁFICO

Para utilizar una Modelación Digital del Terreno, se requiere fundar la **Red de Apoyo** fuera de la obra a fin de darle estabilidad y permanencia a sus vértices; también se logra una mejor visibilidad de la zona a relevar. Al tener los vértices de la Red de esta manera definidos, nos sirven, además como PF de nivelación. Esta, como siempre debe hacerse el transporte de cotas absolutas

(Z), con nivelación geométrica, y las coordenadas planas (x, y) con la ET, utilizando un sistema georreferenciado, en general (N, E, Z).

Al trabajar con ET, con la finalidad de estar en tolerancia nuestro levantamiento y replanteos de obra gruesa; será necesario que las visuales no sobrepasen los 130 m de distancia; por lo tanto los vértices de la Red de Apoyo, deberán ser intervisibles y a una distancia entre ellos, no mayor de 200 m.

La línea de Bandera, no será imprescindible, no obstante se tendrá una probable ubicación, con el objeto de que la faja a relevar la tenga en su línea central, para garantizar su movilidad; la que será algo más ancha, que la zona de camino.

La técnica del levantamiento será relevar las líneas de quiebres del terreno, ya sean divisorias de agua, colectoras, líneas superiores e inferiores de las barrancas, etc. Se tendrá en cuenta que estas líneas de quiebres no deben cruzarse planimétricamente, una con otras. Es conveniente utilizar los códigos de los puntos, o el orden de levantamiento, para que cada línea de quiebre, quede perfectamente definida. Si entre dos líneas de quiebres existe una superficie de terreno amplia, y/o está muy ondulada, tendremos que relevar puntos, sin necesidad de estar alineados, denominados puntos nubes.

Además se deberá codificar los puntos del levantamiento, con las características del suelo: roca firme, roca disgregada, roca sedimentaria, suelo terroso, suelo arenoso, etc.; para esto se deberá consultar el pliego que define las excavaciones no clasificadas, clasificadas, con uso de explosivos etc. Todo esto con la finalidad de computar los volúmenes de los distintos tipos de excavaciones, en la fase de Proyecto o cuando los levantamientos se utilicen para certificaciones de obras realizadas.

Con el modelo “**digital del terreno**” descrito, el proyectista tendrá todos los elementos necesarios para elaborar el proyecto.

Deberá elegir un recorrido que generará un eje de camino, con una rasante adecuada, con el objeto de compensar los movimientos de suelos en sentido lateral y longitudinal, respetando las pendientes máximas de acuerdo a la velocidad directriz.

El estudio del futuro camino nos generará un modelo “**digital de obra**”. La determinación de los volúmenes de suelos a mover se podrá obtener de diversas maneras. Los programas al elaborar el proyecto nos permitirán dibujar perfiles longitudinales y transversales con la secuencia a elección. De esta manera se podrá realizar el cálculo con la forma tradicional del promedio de las áreas por la distancia. También sin generar perfiles, se puede obtener los volúmenes de suelo que existe entre cada uno de los modelos (terreno – obra).

Así mismo desde la modelación digital del terreno con la obra a realizar, tendremos todos los elementos (coordenadas) necesarios para el replanteo.

