

Cálculo de Pendientes y Perfiles de Elevación con Mapas Topográficos

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: DMR y Modos Digitales

Etiquetas: Sin etiquetas

Cálculo de Pendientes y Perfiles de Elevación con Mapas Topográficos

Las curvas de nivel de un mapa topográfico contienen toda la información necesaria para calcular pendientes, estimar tiempos de marcha y evaluar la dificultad real de un itinerario. Sin embargo, leer un mapa plano y traducirlo mentalmente a un perfil tridimensional del terreno requiere técnica y práctica. Saber calcular pendientes sobre el mapa es una habilidad que separa a quien simplemente mira un mapa de quien realmente lo interpreta: permite predecir si una ladera es transitable con carga, estimar la velocidad de avance real y detectar zonas peligrosas como cortados o escarpes rocosos antes de encontrárselos sobre el terreno.

Lectura de curvas de nivel y equidistancias

Las curvas de nivel son líneas imaginarias que unen puntos de igual altitud sobre el nivel del mar. En los mapas topográficos del IGN, las curvas finas (normales) se dibujan cada cierta equidistancia y las curvas maestras (trazo más grueso, con cota numérica) aparecen cada 5 curvas normales.

Escala del mapa

Equidistancia curvas normales

Equidistancia curvas maestras

Ejemplo práctico

1:25.000 (MTN25)

10 metros

50 metros

Entre dos curvas maestras consecutivas (ej. 800 y 850 m) hay 4 curvas normales intermedias a 810, 820, 830 y 840 m

1:50.000 (MTN50)

20 metros

100 metros

Entre curvas maestras de 800 y 900 m hay 4 curvas normales a 820, 840, 860 y 880 m

1:100.000

40 metros

200 metros

Solo útil para planificación a gran escala, no para navegación de detalle

La separación entre curvas de nivel en el mapa revela directamente la pendiente del terreno: curvas muy juntas indican pendiente fuerte; curvas muy separadas, terreno llano. Cuando las curvas se tocan o fusionan, estamos ante un cortado vertical o un escarpe rocoso.

Cálculo de pendiente: fórmula y método práctico

La pendiente se define como la relación entre el desnivel (distancia vertical) y la distancia horizontal. Se expresa como porcentaje o como ángulo en grados.

Fórmula: Pendiente (%) = (Desnivel / Distancia horizontal) × 100. Para convertir a grados: Ángulo = arctangente (Desnivel / Distancia horizontal).

Pendiente (%)

Ángulo (°)

Interpretación para marcha a pie

0-5%

0-3°

Terreno llano o casi llano. Velocidad normal de marcha: 4-5 km/h con carga de 15 kg

5-15%

3-8.5°

Pendiente suave. Carreteras y pistas forestales. Velocidad: 3-4 km/h

15-30%

8.5-17°

Pendiente moderada. Senderos de montaña. Velocidad: 2-3 km/h. Desgaste notable

30-45%

17-24°

Pendiente fuerte. Se requiere zigzaguear. Velocidad: 1-2 km/h. Riesgo de resbalones

45-60%

24-31°

Pendiente muy fuerte. Necesario usar las manos ocasionalmente. Difícil con carga pesada

60-100%

31-45°

Terreno escarpado. Requiere técnica de montaña. No apto para grupos no entrenados

>100%

>45°

Pared rocosa. Requiere equipo de escalada. Intransitable sin material técnico

Método práctico sobre el mapa: mida con una regla la distancia en el mapa entre dos curvas de nivel

consecutivas. Convierta esa distancia a metros reales usando la escala. El desnivel es la equidistancia del mapa. Ejemplo en MTN25: si dos curvas de nivel (equidistancia 10 m) están separadas 2 mm en el mapa, la distancia real es $2 \text{ mm} \times 25.000 = 50 \text{ m}$. La pendiente es $10/50 \times 100 = 20\%$. Esto corresponde a una pendiente moderada transitable con carga.

Distancia real vs. distancia en el mapa: La distancia medida sobre el mapa es siempre la distancia horizontal (proyección en planta). La distancia real sobre el terreno es la hipotenusa del triángulo formado por la horizontal y el desnivel. Para pendientes inferiores al 20%, la diferencia es inferior al 2% y puede ignorarse. Para pendientes del 50%, la distancia real es un 12% mayor que la horizontal. Para pendientes del 100% (45°), la distancia real es un 41% mayor. Tenga esto en cuenta al calcular tiempos de marcha en terreno montañoso.

Construcción de perfiles de elevación manuales

Un perfil de elevación es una sección transversal del terreno a lo largo de una línea recta o un itinerario. Permite visualizar la forma del terreno, detectar obstáculos verticales y calcular el esfuerzo total de una ruta. Para construirlo manualmente a partir de un mapa topográfico se necesitan: el mapa, una regla, papel milimetrado y un lápiz.

Paso 1: Trazar la línea de corte: Coloque el borde de una tira de papel (o regla) sobre el mapa siguiendo la ruta deseada. Si la ruta no es recta, trabaje por tramos rectos que se unirán después. Marque con un punto y una anotación cada intersección con una curva de nivel, indicando la altitud.

Paso 2: Preparar los ejes: En papel milimetrado, dibuje el eje horizontal (distancia) a la misma escala del mapa y el eje vertical (altitud). Exagere la escala vertical entre 2x y 5x respecto a la horizontal para que el perfil sea legible. En MTN25, una exageración de 2,5x funciona bien: 1 mm en horizontal = 25 m reales, 1 mm en vertical = 10 m reales.

Paso 3: Trasladar los puntos: Transfiera la tira de papel marcada al eje horizontal del perfil. Para cada marca, suba verticalmente hasta la altitud correspondiente y coloque un punto. Una los puntos con línea suave. El perfil resultante muestra el relieve real del terreno a lo largo de la ruta.

Paso 4: Calcular desnivel acumulado: Sume todos los tramos de subida para obtener el desnivel positivo acumulado y todos los de bajada para el negativo. La fórmula de Naismith para tiempo de marcha es: $\text{Tiempo (horas)} = \text{Distancia (km)} / 4 + \text{Desnivel positivo (m)} / 600$. Con carga de 20 kg, reduzca la velocidad un 15-20%. Con 30 kg, un 30-40%.

Detección de terreno peligroso en el mapa

Ciertos patrones de curvas de nivel alertan sobre peligros específicos que conviene identificar durante la planificación, antes de pisar el terreno.

Cortados y escarpes: Curvas de nivel que se fusionan o se superponen indican una pared vertical o subvertical. En el MTN25 del IGN, estos elementos se refuerzan con la simbología de roca (pequeños triángulos negros apuntando hacia abajo por la pendiente). Un grupo de 5 curvas fusionadas en MTN25

equivale a un cortado de al menos 50 metros.

Barrancos y cárcavas: Curvas de nivel muy juntas en forma de V apuntando aguas arriba. Cuanto más cerrada sea la V, más profundo y estrecho es el barranco. Los barrancos son obstáculos serios para la navegación terrestre: pueden requerir grandes rodeos para encontrar un paso transitable.

Collados y pasos: Un collado aparece como una forma de reloj de arena en las curvas de nivel: es el punto más bajo de una cresta entre dos elevaciones. Los collados son puntos estratégicos para cruzar cordilleras y suelen coincidir con senderos y caminos históricos.

Laderas de solana vs. umbría: Las laderas orientadas al sur (solana) en el hemisferio norte reciben más insolación: tienen menos vegetación densa, se secan antes tras la lluvia, pero son más calurosas en verano. Las orientadas al norte (umbría) retienen más humedad y vegetación, con suelo potencialmente más resbaladizo. En invierno, la umbría puede tener hielo o nieve cuando la solana está seca. La orientación se deduce de la dirección en que descienden las curvas de nivel y la posición del norte magnético.

Zonas de avalancha: En terreno invernal, las laderas entre 28° y 45° de pendiente (54-100%) con orientación norte o noreste son las más propensas a avalanchas. En el mapa, estas zonas aparecen como laderas uniformes y empinadas por encima del límite del bosque (generalmente sobre los 1800-2200 m en los Pirineos, 2200-2600 m en Sierra Nevada). Evítelas en condiciones de nieve reciente o durante ciclos de calor-frío.

⚠ **Advertencia:** Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.