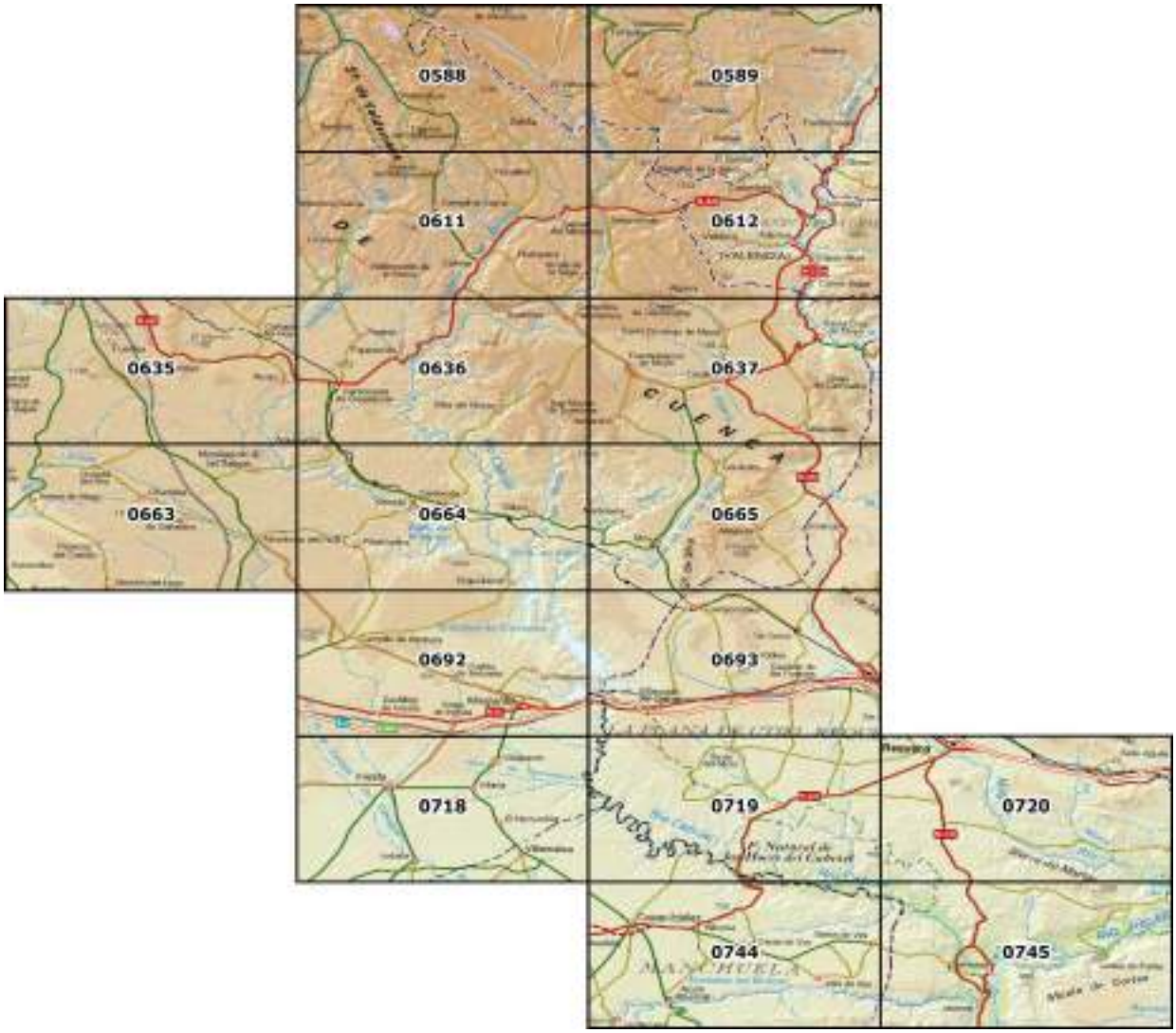


Cartografía y Orientación

Parque Natural Hoces del Cabriel

Parque de Todos y para Todos

NOTA DEL AUTOR

Este documento es propiedad de su autor y esta sujeto a las condiciones de uso establecidas por el mismo.

Esta permitida la reproducción total o parcial de su contenido para aplicaciones docentes, culturales y didácticas siempre y cuando estas no persigan ánimo de lucro ni beneficio económico particular alguno. Queda prohibida la modificación no autorizada de este manual sin el consentimiento expreso de su autor.

Las copias del documento deben incluir esta nota del autor con el fin de mantener la integridad de sus condiciones de libre uso.

El autor no se hace responsable de modo alguno de cualquier contingencia, fatalidad o eventualidad fruto de la aplicación o interpretación de los contenidos que se vierten en este manual.

NOTAS

INDICE

INTRODUCCIÓN **9**

1. CARTOGRAFÍA ELEMENTAL 10
2. ORIENTACIÓN ELEMENTAL 10
3. SITUACIONES DE ORIENTACION ELEMENTAL 11
4. CAUSAS DE DESORIENTACIONES Y PÉRDIDAS ELEMENTAL 12
5. LA BRÚJULA ELEMENTAL 13
6. SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL ELEMENTAL 14
7. PLANIFICACIÓN DE ITINERARIOS ELEMENTAL 15
8. LA DIFICULTAD ELEMENTAL 16

TEMA 1 ..... **22**

FORMA Y DIMENSIONES DE LA TIERRA **22**

1. FORMA DE LA TIERRA ELEMENTAL 23
2. EJE POLAR Y LOS POLOS ELEMENTAL 24
3. EJE ECUATORIAL, PLANO ECUATORIAL Y ECUADOR ELEMENTAL 24
4. PLANOS PARALELOS, PARALELOS ELEMENTAL 25
5. LATITUD DE UN PUNTO ELEMENTAL 26
6. PLANOS MERIDIANOS Y MERIDIANOS ELEMENTAL 26
7. MERIDIANO DE REFERENCIA ELEMENTAL 26
8. LONGITUD DE UN PUNTO ELEMENTAL 27
9. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE UN PUNTO ELEMENTAL 28
10. ANTIPODAS ELEMENTAL 29
11. MEDIDA DE LOS ÁNGULOS ELEMENTAL 30
12. CONVERSIÓN DEL MERIDIANO DE REFERENCIA ELEMENTAL 31
13. DIMENSIONES DE LA TIERRA ELEMENTAL 32
14. ELIPSOIDES DE REFERENCIA ELEMENTAL 34

PROYECCIÓN U.T.M. ELIPSOIDE HAYFORD. **35**

15. EXCENTRICIDAD INTERMEDIO 35
16. EL RELIEVE TERRESTRE ELEMENTAL 36
17. CONCEPTO DE MAPA ELEMENTAL 37
18. DISTANCIA ENTRE DOS PUNTOS DE LA TIERRA AVANZADO 38
19. CASOS PARTICULARES DE LA DISTANCIA ENTRE PUNTOS AVANZADO 41

TEMA 2 ..... **44**

PROYECCIONES **44**

1. PROYECCIONES ELEMENTAL 45
2. PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS ELEMENTAL 46
3. PROYECCIÓN CILÍNDRICA ELEMENTAL 47
4. PROYECCIÓN U.T.M. (UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR) ELEMENTAL 48
5. HUSOS ELEMENTAL 50
6. GEOMETRIA DEL HUSO INTERMEDIO 51
7. CÁLCULO DE LA ZONA UTM AVANZADO 52
8. PROYECCIÓN POLAR ELEMENTAL 54

TEMA 3 ..... **55**

MAPAS **55**

1. CONCEPTO DE MAPA Y SUS TIPOS ELEMENTAL 56
2. MAPAS TOPOGRÁFICOS ELEMENTAL 57
3. INFORMACIÓN QUE DAN LOS MAPAS TOPOGRÁFICOS ELEMENTAL 58
4. SÍMBOLOS CONVENCIONALES E INFORMACIÓN MARGINAL ELEMENTAL 58
5. NÚCLEOS DE POBLACIÓN Y CONSTRUCCIONES AISLADAS ELEMENTAL 59
6. CARRETERAS Y CAMINOS ELEMENTAL 60
7. FERROCARRILES ELEMENTAL 62

8. HIDROGRAFÍA ELEMENTAL 62
9. LÍMITES ADMINISTRATIVOS Y DATOS ESTADÍSTICOS ELEMENTAL 65
10. TOPONIMÍA ELEMENTAL 67
11. VEGETACIÓN ELEMENTAL 68
12. SISTEMAS DE COORDENADAS ELEMENTAL 69
13. SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICO ELEMENTAL 69
14. SISTEMA DE COORDENADAS U.T.M. ELEMENTAL 70
15. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS U.T.M ELEMENTAL 72
16. CUADRADOS DE CIEN KILÓMETROS ELEMENTAL 73
17. VÉRTICES GEODÉSICOS ELEMENTAL 75
18. DATUM ELEMENTAL 77
19. NOMENCLATURA DE LAS HOJAS DEL S.G.E. ELEMENTAL 79
20. NOMENCLATURA ANTIGUA O CORRELATIVA DE LAS HOJAS ELEMENTAL 81
21. RELIEVE ELEMENTAL 81
20. MAPAS DE CORDALES ELEMENTAL 84

TEMA 4 86

ESCALAS 86

1. ESCALA ELEMENTAL 87
2. ESCALA EN LOS MAPAS ELEMENTAL 88
3. ESCALA GRÁFICA ELEMENTAL 90
4. CALCULO DE DISTANCIAS EN EL PLANO Y EL TERRENO ELEMENTAL 91
5. ESCALA Y SUPERFICIES ELEMENTAL 92

TEMA 5 94

CURVAS DE NIVEL 94

1. SISTEMA DE CURVAS DE NIVEL ELEMENTAL 95
2. CURVAS DE NIVEL ELEMENTAL 97
3. EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL ELEMENTAL 98
4. COTA DE UN PUNTO ELEMENTAL 99
5. CALCULO DE LA COTA DE UN PUNTO POR INTERPOLACIÓN ELEMENTAL 101
6. CURVAS DE DEPRESIÓN ELEMENTAL 101
7. CURVAS DE NIVEL AUXILIARES ELEMENTAL 102
8. TINTAS HIPSOMÉTRICAS ELEMENTAL 102
9. SOMBREADO ELEMENTAL 103
10. PROFUNDIDAD DE LAS COSTAS (ISÓBATAS) ELEMENTAL 105
11. PROMINENCIA TOPOGRÁFICA ELEMENTAL 105
12. RELEVANCIA INTERMEDIO 109

TEMA 6 112

FORMAS DEL TERRENO 112

1. FORMAS SIMPLES ELEMENTAL 113
2. SALIENTES Y DIVISORIAS DE AGUAS ELEMENTAL 113
3. ENTRANTES Y VAGUADAS ELEMENTAL 114
4. FORMAS COMPUESTAS ELEMENTAL 114
5. MONTES Y COLINAS ELEMENTAL 114
6. COLLADOS Y PUERTOS ELEMENTAL 116
7. HOYAS Y DEPRESIONES ELEMENTAL 118
8. BARRANCOS Y DESFILADEROS ELEMENTAL 119
9. CRESTAS Y CORDALES ELEMENTAL 120
10. RELIEVE GLACIAR ELEMENTAL 120
11. RELIEVE KÁRSTICO ELEMENTAL 121

TEMA 7 123

DISTANCIAS Y PENDIENTES 123

1. DISTANCIA ELEMENTAL 124
2. DISTANCIA REAL O TOPOGRÁFICA ELEMENTAL 124
3. DISTANCIA NATURAL O GEOMÉTRICA ELEMENTAL 124

4. DISTANCIA HORIZONTAL O REDUCIDA Elemental 124
5. DIFERENCIA DE NIVEL O DESNIVEL Elemental 125
6. ITINERARIOS Y DISTANCIAS Elemental 125
7. DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA REDUCIDA Elemental 126
8. DETERMINACIÓN DEL DESNIVEL Elemental 127
9. DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA GEOMÉTRICA Elemental 127
10. APROXIMACIÓN A LA DISTANCIA GEOMÉTRICA MEDIANTE LA DISTANCIA REDUCIDA Elemental 128
11. ESTIMACIÓN DE LA DISTANCIA REAL Y DESNIVEL DE UN ITINERARIO Elemental 129
12. TIEMPO NECESARIO PARA EFECTUAR UN ITINERARIO Elemental 130
13. PENDIENTE Elemental 131
14. CÁLCULO DE LA PENDIENTE Elemental 132
15. ÁNGULO DE PENDIENTE Elemental 134
16. CÁLCULO GRÁFICO DE PENDIENTES Elemental 135
17. PENDIENTE Y DIFICULTAD Elemental 136
18. RELACIONES TRIGONOMÉTRICAS ENTRE DISTANCIAS Intermedio 136
19. CÁLCULO NUMÉRICO DE LA PENDIENTE Intermedio 137
20. CÁLCULO DE LA PENDIENTE PORCENTUAL Intermedio 138
21. CÁLCULO DEL ÁNGULO DE PENDIENTE Intermedio 138
22. DISTANCIAS Y COORDENADAS U.T.M Intermedio 139
23. DISTANCIA ENTRE DOS PUNTOS Intermedio 139
24. ESTUDIO MATEMATICO DE LA DISTANCIA REAL Avanzado 139

TEMA 8 146

PERFILES 146

1. PERFILES Elemental 147
2. PERFIL NORMAL O NATURAL, REALZADO Y REBAJADO Elemental 148
3. CONSTRUCCIÓN DE UN PERFIL Elemental 149
4. METODO GRÁFICO Elemental 150

TEMA 9 152

ANGULOS EN EL TERRENO Y EN EL PLANO 152

1. DIRECCIONES CARDINALES Elemental 153
2. AZIMUTH o AZIMUT Elemental 155
3. POLOS GEOGRÁFICOS Elemental 156
4. POLOS MAGNÉTICOS Elemental 156
5. MERIDIANA MAGNÉTICA Elemental 159
6. RUMBO Elemental 159
7. DECLINACIÓN MAGNÉTICA Elemental 160
8. VARIACION ANUAL DE LA DECLINACIÓN MAGNÉTICA Elemental 161
9. CONVERGENCIA DE CUADRÍCULA Y NORTE LAMBERT Elemental 161
10. ORIENTACION Elemental 163
11. BRÚJULA Elemental 164
12. ALTÍMETRO Elemental 167
13. RELACIÓN DE LA PRESION ATMOSFERICA CON LA ALTITUD Avanzado 168
14. CÁLCULO DE DIRECCIONES Y COORDENADAS U.T.M. Intermedio 169
15. ORIENTACIÓN DEL MAPA Elemental 170
16. NAVEGACIÓN BÁSICA: DETERMINACIÓN DE RUMBOS Elemental 171
17. DETERMINACIÓN DE UN PUNTO VISIBLE Elemental 171
18. DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN ACTUAL Elemental 172

TEMA 10 173

ORIENTACIÓN 173

1. MOVIMIENTOS DE LA TIERRA Elemental 174
2. GEOMETRÍA DE LA ORBITA TERRESTRE Intermedio 175
3. ESTACIONES Elemental 176
4. EQUINOCIOS Y SOLSTICIOS Elemental 177
5. LA HORA Elemental 179
6. HORARIO SOLAR Elemental 180

7. ORTO Y OCASO. DURACIÓN DEL DIA AVANZADO 180
8. MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL (EN EQUINOCIOS) ELEMENTAL 181
9. MÉTODOS DE LA SOMBRA ELEMENTAL 182
10. MÉTODO DEL RELOJ ELEMENTAL 184
11. MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL A LO LARGO DEL AÑO ELEMENTAL 185
12. ORIENTACIÓN NOCTURNA ELEMENTAL 185
13. CONSTELACIONES CIRCUMPOLARES ELEMENTAL 186
14. LA OSA MAYOR ELEMENTAL 188
15. CASIOPEA ELEMENTAL 188
16. LA OSA MENOR Y ESTRELLA POLAR ELEMENTAL 188
17. OTRAS CONSTELACIONES CIRCUMPOLARES ELEMENTAL 189
18. LA LUNA Y LAS FASES LUNARES ELEMENTAL 189
19. ORIENTACIÓN POR LA LUNA ELEMENTAL 191
20. ORIENTACIÓN POR INDICIOS ELEMENTAL 192
21. MÉTODOS DE ORIENTACIÓN POR INDICIOS ELEMENTAL 193
22. ITINERARIOS BALIZADOS ELEMENTAL 194
23. ITINERARIOS NO BALIZADOS ELEMENTAL 196

TEMA 11 197

G.P.S. 197

1. G.P.S. (GLOBAL POSITION SYSTEM) ELEMENTAL 198
2. PRECISIÓN DE LOS RECEPTORES G.P.S. ELEMENTAL 199
3. CONSTELACIÓN DE SATÉLITES ELEMENTAL 200
4. CÓDIGOS EMITIDOS POR LOS SATÉLITES ELEMENTAL 200
5. G.P.S. DIFERENCIAL (D.G.P.S.) ELEMENTAL 201
6. SISTEMAS DE ARGUMENTACIÓN BASADOS EN SATÉLITES (S.B.A.S) ELEMENTAL 202
7. EL RECEPTOR G.P.S. ELEMENTAL 204
8. DATUMS Y G.P.S ELEMENTAL 205
9. NAVEGACIÓN CON G.P.S.: CONCEPTO DE WAYPOINT ELEMENTAL 206
10. CONCEPTO DE RUTA ELEMENTAL 207
11. CONCEPTO DE TRACK ELEMENTAL 208
12. G.P.S. Y MEDICIÓN DE LA ALTITUD INTERMEDIO 208
13. RASTREO DE SATÉLITES ELEMENTAL 210
14. PRECISIÓN PARA NAVEGAR ELEMENTAL 211
15. CONFIGURACIÓN DEL G.P.S. ELEMENTAL 212
16. PROCESADOR DE TRAYECTORIA ELEMENTAL 215
17. NAVEGADOR ELEMENTAL 215
18. FIJAR WAYPOINTS Y DIRIGIRSE A ELLOS ELEMENTAL 216
19. MAPA ELEMENTAL 219
20. MANEJO DE TRACKS ELEMENTAL 216

INTRODUCCIÓN

1. CARTOGRAFÍA Elemental

La cartografía es una fuente de información geográfica que nos permite tener un conocimiento más o menos exacto de una porción de la superficie terrestre. El resultado final de los estudios cartográficos se materializa en una representación sobre el papel que denominamos **mapa** o **plano**.

Ante todo la cartografía impone el uso de determinados sistemas orientados a describir una zona desde dos puntos de vista:

- **Cualitativo:** Que accidentes y detalles posee el terreno, su ubicación y su geometría.
- **Cuantitativo:** Las dimensiones métricas de los accidentes.

Para identificar estos dos conceptos podemos pensar, por ejemplo, en una montaña. La descripción cualitativa nos da la posición de la montaña y su forma, la descripción cuantitativa nos da su altitud o distribución de altitudes; en el caso de un río, la descripción cualitativa es su trazado, mientras que la cuantitativa es la medida de ese trazado.

Al principio los planos se centraron más en la descripción cualitativa del terreno, o sea, un mapa podía consistir en una mera expresión de las localidades, ríos y montes de una zona que se situaban de forma más o menos precisa sobre el papel. Posteriormente los mapas evolucionaron hacia la información cuantitativa, pudiendo ser útiles para la determinación de distancias, pendientes del terreno o rumbos.

En cualquier caso hay que dejar claro que un plano es una representación y, como tal, se compone de un conjunto de símbolos y sistemas que permiten obtener información útil de un terreno.

2. ORIENTACIÓN Elemental

La utilidad de un mapa es clara. Podemos situarnos y seguir un itinerario por una zona que incluso podemos llegar a desconocer por no haber estado antes físicamente en ella.

Todo itinerario se compone de un punto de salida y uno de llegada (que pueden ser idénticos), y un conjunto de puntos intermedios por los cuales debemos pasar. El problema consiste en conocer nuestra posición en todo momento con objeto de poder avanzar hacia el punto siguiente. Pensemos, por ejemplo, en el recorrido que efectúa una persona para ir de su casa al trabajo. Conocemos el origen y el punto de destino, pero son posibles varios itinerarios, algunos de los cuales serán más cortos, aunque pueden resultar más complejos, y otros más sencillos podrían resultar más largos. En cualquier caso si un turista de otra ciudad pretendiese realizar el recorrido sin ayuda externa necesitará un mapa para examinar todo el itinerario y los puntos intermedios por los cuales debe pasar, los cuales le servirán de referencia. El recorrido se reduce, entonces, a discurrir por ciertas calles hasta llegar al destino.

En un terreno no urbano, no se puede llevar a cabo este sistema por no existir calles, aunque puede haber sendas o caminos. Pero en el caso último de no existir estos, tendremos que andar de punto a punto, de referencia a referencia, siguiendo segmentos más o menos rectilíneos (como las calles) hasta el destino final. Se hace necesario pues disponer de medios que nos permitan evaluar en que dirección caminamos. Estos medios nos los proporcionan los métodos de orientación.

Los medios de orientación se basan en ciertos fenómenos naturales como el movimiento aparente del sol sobre el firmamento, la posición de las estrellas o el magnetismo terrestre (que ha dado origen a las brújulas). Todos ellos proporcionan alguna dirección geográfica con más o menos exactitud, por ejemplo, el Norte. Conocida la dirección Norte queda determinada cualquier otra dirección.

Importante es tener en cuenta que de poco sirven los métodos de orientación si no se dispone de mapa. ¿ De qué sirve conocer dónde está el Sur, sino se a dónde me lleva esa dirección ?

3. SITUACIONES DE ORIENTACION Elemental

En primer lugar cabe precisar diversos tipos de situaciones en las que puede verse inmersa una persona que se desplaza sobre un terreno:

- Cuando un sujeto conoce su posición se dice que esta **localizado**. Este sujeto todavía no tiene porque estar en disponibilidad de poder dirigirse a cualquier lugar que se le indique ya que no tiene porque conocer todos los caminos que desde ese mismo lugar partan.
- Cuando un sujeto, conozca su posición exacta o no, sabe determinar la dirección de su marcha, se dice que se encuentra **orientado**.
- Cuando un sujeto se halla localizado y orientado hacia su destino entonces decimos que se halla **absolutamente orientado**.
- Cuando un sujeto conoce más o menos su posición pero no sabe con exactitud la dirección de su marcha, decimos que está **desorientado**. Si dispusiese de algún medio para conocer su dirección de marcha en todo momento pasaría a ser un sujeto **orientado**, aunque no sepa exactamente su localización.
- Finalmente, si un sujeto no sabe dónde está ni a donde se dirige, decimos que se halla **Perdido** o **Extraviado**. Esta es la situación más grave y peligrosa, y la que hay que tratar de evitar a toda costa.

Para ser un sujeto orientado bastará con disponer de alguna técnica o mecanismo que permita conocer la dirección de marcha (la brújula, el sol). Evidentemente que no todos estos recursos son igualmente precisos, por lo que puede haber sujetos mejor orientados que otros en función de los medios que utilizan para obtener la dirección de su marcha.

Los métodos como el Sol y las Estrellas no se hallan siempre disponibles (niebla , horario), y los métodos basados en indicios naturales pueden no resultar muy fiables o precisos. Por ello una persona que base su orientación

en estas herramientas nunca podrá asegurar que este bien orientado. Sí, en cambio todo aquel que lleve consigo una brújula. Por tanto, estar orientado será tan fácil como llevar una brújula consigo.

Sin embargo, y como se ha dicho, estar orientado no significa que se este localizado, pues de poco sirve conocer nuestra dirección de marcha sino sabemos a dónde nos dirigimos. Localizarse conlleva a disponer de un buen conocimiento del terreno que pisamos o de un mapa detallado.

Se deduce que la combinación del mapa con la brújula nos puede llevar al estado deseable de Absolutamente orientado.

4. CAUSAS DE DESORIENTACIONES Y PÉRDIDAS Elemental

Son varias las causas que pueden llevar al montañero o excursionista a la desorientación o pérdida, y resulta interesante reflexionar sobre las mismas. Fundamentalmente son:

- La falta de visibilidad: Motivada por la frondosidad de la vegetación (bosques tupidos, laderas cubiertas por matorral alto, etc.), por la niebla, la ventisca o la oscuridad de la noche.
- La falta de atención: No coger correctamente un cruce de caminos, no tomar para el regreso el mismo camino que el empleado en la ida, perder la señalización del itinerario (marcas de pintura, hitos), etc.
- Causas técnicas: No poder superar un obstáculo y verse obligado a rodearlo teniendo que cambiar de direcciones, desviarse hacia un lado u otro para evitar la vegetación, un barranco o un río, desviarse de forma natural hacia un lado u otro (un diestro suele desviarse hacia la derecha,…), etc.

Esto puede ocurrir en todo tipo de personas, en las menos entrenadas y en las conocedoras de la zona. También hay que señalar que las pérdidas y desorientaciones suelen suceder en ciertos parajes clave: bosques frondosos, zonas llanas cubiertas por la niebla, nudos de cordales montañosos, cruces de caminos o sendas, etc.

Como importante factor de riesgo no hay que dejar de citar la niebla que, en ocasiones, cubre muy rápidamente áreas montañosas. Este fenómeno es, sin lugar a dudas, el que más pérdidas provoca.

La reacción del sujeto que se ha perdido puede ser muy variable pero, en general, predominará la sensación de angustia, que se incrementa ante la presión de tener que llegar a un sitio determinado antes de una hora dada o antes del anochecer.

5. LA BRÚJULA Elemental

La brújula es, como es sabido, una simple aguja imantada que puede oscilar libremente permitiendo determinar la dirección de los Polos Magnéticos Terrestres. En este punto es preciso anticipar que la brújula no señala la dirección a seguir para alcanzar el verdadero Polo Norte Geográfico, sino otro punto, no necesariamente próximo, denominado Polo Norte Magnético, que es el Polo Norte del gigantesco Imán que constituye la tierra. En la actualidad el Polo Norte Magnético dista a unos 2.000 Km. del Norte Geográfico.

Ante este diferencia entre polos geográficos y magnéticos existe una corrección denominada declinación magnética y que es de vital aplicación para apuntar al “verdadero” Norte, especialmente en puntos de la tierra cercanos a los casquetes polares.

El objetivo final de una brújula no es señalar nuestra posición, sino el de indicar nuestra dirección de marcha. Es un dispositivo orientador pero no localizador. La destreza del usuario que maneja la brújula en combinación con un mapa detallado permiten situarnos con más o menos precisión en el terreno. La precisión alcanzada dependerá de muchos factores entre los que hay que incluir la observación y pericia de la persona, pero también:

- Vegetación: Los parajes muy frondosos dificultan considerablemente la tarea de orientarse en la naturaleza y, como se he indicado, es origen de numerosas pérdidas.
- Relieve: Un terreno con pocos puntos de referencia destacados no facilita la localización. Asimismo, un terreno sumamente complejo en accidentes puede plantear grandes dificultades al intentar encontrar nuestra ubicación exacta.

A lo que hay que aunar los efectos que producen una meteorología desfavorable:

- Niebla: La falta de visibilidad dificulta enormemente la búsqueda de nuestra localización, y, como se ha dicho, es la fuente de la mayor parte de las pérdidas.
- Lluvia y Nieve: Pueden disminuir considerablemente la visibilidad. Además dificultan la marcha o pueden convertirla en peligrosa especialmente en parajes delicados: Pasos en Aristas, Brechas, Canales, Viras.
- Viento: El viento fuerte puede dificultar considerablemente el manejo del mapa.

Cabe volver a recalcar que la brújula de poco sirve sin el mapa.

6. SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL Elemental

Los sistemas de posicionamiento global o G.P.S. puestos en funcionamiento en los albores del siglo XXI permiten establecer con bastante precisión nuestra posición en cualquier lugar de la tierra usando para ello la señal suministrada por un conjunto de satélites que orbitan entorno a la tierra.

Hay que observar que el G.P.S. da posiciones y no direcciones (como una brújula). Pero esta claro que dos posiciones dan lugar a una dirección. Por ello la información que suministran los dispositivos G.P.S. es muy superior a la que puede proporcionar una brújula, ya que proporcionan la Localización y Orientación. No obstante el usuario del G.P.S. encontrará de gran utilidad el conocimiento de la brújula y tal vez se decida a llevar una consigo por si su receptor se quedase sin baterías o sin cobertura…

Entre las virtudes de los receptores G.P.S. podemos citar:

- Proporcionan las coordenadas de nuestra posición actual con una precisión que puede ser desde algunos metros hasta el metro. Las coordenadas se proporcionan en sistemas y datums elegidos por el usuario: Coordenadas Geográficas, Coordenadas U.T.M. datum WGS84, Coordenadas U.T.M. datum ED50, etc. También proporcionan la altitud.
- Funcionan correctamente de día y de noche, con independencia del estado meteorológico.
- Permiten conocer la dirección de la marcha (como una brújula).
- Permiten representar gráficamente el itinerario seguido, situar puntos de paso para nuestro recorrido con anticipación (establecer way-points). Permiten desarrollar recorridos previamente programados y guardar las rutas efectuadas.
- Los modernos receptores G.P.S. se conectan por cable a un PC y permiten el intercambio de datos entre el ordenador y el dispositivo. Existe un buen número de programas informáticos que permiten cargas mapas, rutas y way-points en la memoria del G.P.S. Puede programarse un recorrido en casa (off-line) y desarrollarlo luego en terreno real (on-line).

A todo esto habría que unir su sencilla utilización, ya que aunque una brújula es un mecanismo mucho más elemental, su manejo para el usuario final requiere más práctica y experiencia.

Entre los inconvenientes mencionar:

- El elevado precio de estos dispositivos frente a la tradicional brújula. Los aparatos más modestos parecen

costar entorno a los 150 € o incluso menos, pero existen otros más completos con precios más elevados, que superan ampliamente los 300 €.

- Necesitan energía eléctrica a través de baterías y su autonomía es limitada. Muchos aparatos funcionan con un par de pilas LR6 (AA) de 1'5 V. Las pilas alcalinas pueden permitir una autonomía de 24 horas de funcionamiento interrumpido o más. La mayor duración la proporcionan las pilas recargables (con capacidades entre 1.500 y 2.500 mA·h). En cualquier caso será recomendable llevar siempre pilas de recambio, especialmente en actividades de varios días de duración. También es conveniente no abusar de la iluminación de la pantalla, pues consume mucha batería.
- Para su correcto funcionamiento se necesita disponer de una visión más o menos clara del cielo. Este punto es particularmente crítico en el momento de arrancar el aparato, cuando inicia el rastreo de satélites por vez primera. La cobertura también puede ser limitada en bosques frondosos, barrancos y canales angostas, etc.

En cualquier caso el empleo del G.P.S. no debería en ningún caso evitar el llevar el mapa de la zona.

7. PLANIFICACIÓN DE ITINERARIOS Elemental

Una correcta planificación del itinerario antes de su ejecución es una actividad que no muchos realizan y que, sin embargo, permite llevar la mayor parte de los itinerarios más complejos a buen puerto. En ocasiones se requiere más tiempo para planificar un recorrido que para llevarlo a cabo.

La planificación debería recoger y determinar los siguientes aspectos:

- Objetivos: Lugares, parajes, cumbres, collados, barrancos, poblaciones, etc., por los que se desea pasar. En terminología G.P.S. cada uno de estos puntos es un way-point.
- Puntos de Partida y Llegada: Determinar los posibles puntos de partida para el itinerario y de finalización. En muchos recorridos se deseará empezar el itinerario y terminarlo en el mismo lugar.
- Distancia y Desnivel del recorrido: En base a los puntos de inicio y llegada y los objetivos.
- Dificultad del Recorrido: La dificultad del recorrido comprende tres aspectos:
    - Dificultad Técnica: Valora la dificultad para atravesar ciertos parajes delicados en los que hay que trepar o escalar. Se valora según la escala de la UIAA (Unión Internacional de Asociaciones de Alpinismo).
    - Complejidad: Valora la calidad de los accesos (Es fácil discurrir por pistas o caminos forestales pero resulta más

complejo hacerlos por sendas difusas, campo a través, sin sendero por terrenos kárstificados, etc.).

- o Vegetación: Valora las dificultades de los accesos en base a los obstáculos que interpone la propia vegetación cuando se transita fuera de sendero.

- Temporada: Estación del año más idónea parta acometer el recorrido. Por ejemplo, ciertas cumbres o pasos pueden resultar sumamente complejos en época invernal y requerir técnica muy especializada como la escalada en hielo.
- Horario: Tiempo previsto para desarrollar la actividad. Habrá que tener en cuenta el tiempo de luz diurna disponible para la jornada en que se desea efectuar el recorrido.
- Material: Incluirá la vestimenta adecuada (botas de treking, botas de plástico, pies de gato, polainas, cazadora polar, goretext® , etc.) y el material técnico (arnés, cuerda, “ocho”, clavijas, friends, esquís, etc.).
- Otras Consideraciones: Existencia de fuentes, refugios, etc., durante el recorrido.

Para obtener esta información habrá que estudiar:

- Mapas detallados de la zona.
- Bibliografía existente.
- Páginas Web.

8. LA DIFICULTAD Elemental

Si bien, como se ha indicado, la dificultad de una ruta puede radicar en otros factores como la vegetación, su mayor o menor evidencia, etc., es la dificultad técnica que puede presentar algunos de sus parajes el factor que desde un inicio ha dado lugar a la idea de intentar expresar o medir dicha dificultad. Surgen entonces diferentes escalas para expresar la dificultad-

Los sistemas de graduación para expresar la dificultad de un ascenso se empezaron a desarrollar a principios del s.XX. en Gran Bretaña y Alemania. Willo Wenzenbach, en 1.925, desarrolló un sistema que emplea números romanos y una subclasificación subjetiva que comparaba diversas rutas en los Alpes. La escala de Wenzenbash fue el origen del sistema que empleado por la UIAA (Unión Internacional de Asociaciones de Alpinismo).

La escala UIAA comprendía inicialmente seis grados de dificultad designados mediante un número romano: I, II, III, IV, V y VI. Cada grado se divide a su vez en tres subniveles que se expresan añadiendo al número romano los signos – y +. Por ejemplo, para el nivel II tendríamos los subniveles: II-, II y II+, para el nivel IV, tendríamos IV-,IV y IV+. Excepción es el primer grado, donde sólo se establecen los subniveles I y I+.

Los grados UIAA no tienen en cuenta la mayor o menor exposición de un paso, sino que valora la dificultad del movimiento para superarlo en base a la

verticalidad, cantidad y calidad de los puntos de apoyo para los pies y manos (presas). Cada grado posee además una denominación y un símbolo:

- Grado I, Fácil (F) : Trepada sencilla. Numerosos puntos de apoyo, presas abundantes y buenas. Algunas de estas trepadas pueden desarrollarse por terrenos caóticos que exigen muchos rodeos, trepes y destrepes. También pueden desarrollarse sobre aristas aéreas pero que no contemplan pasos muy verticales pero que pueden resultar vertiginosos. No se suele precisar cuerda ni material de escalada alguno aunque en invierno la nieve o el hielo puede llegar a comprometer seriamente algunos de estos parajes. El montañero novel o con aprensión al vacío puede encontrar dificultades en este nivel.
- Grado II, Poco Difícil (P.D.) : Terreno de trepada donde empiezan a escasear los puntos de apoyo y las presas. Se desarrolla sobre parajes con cierta verticalidad y se hace necesario disponer de tres puntos de apoyo en todo momento. Normalmente se supera sin cuerda aunque los montañeros más noveles pueden requerirla especialmente en el descenso. No es raro que se instalen rappeles para evitar el destrepe de los pasos más complicados dentro del segundo grado (II+).
- Grado III, Algo Difícil (A.D.) : Terrenos ya bastante verticales que requieren conocer las técnicas de escalada. El uso de la cuerda se hace recomendable o necesario tanto para proteger el ascenso como para facilitar el descenso (rappel, destrepe asegurado). En muchas ocasiones la cordada puede avanzar al unísono (ensamble). A veces no se usa cuerda en pasos cortos y protegidos (poco expuestos) de este grado de dificultad, pero constituye, en general, el grado en el que se comienza a hacer uso intensivo de la cuerda y del material de escalada.

  Dentro de este grado se incluyen multitud de canales que desembocan en cumbres, brechas o aristas, aristas muy aéreas, descensos a brechas u horcadas, laderas o vertientes muy vertiginosas.
- Grado IV, Difícil (D.) : Escaladas sobre paredes verticales que se desarrollan de acuerdo con las técnicas de escalada convencionales. Empiezan a aparecen los pasos “duros” ya que las presas comienzan a escasear al igual que los puntos de apoyo. Es un nivel adecuado para la iniciación en las escuelas de escalada donde los pasos se encuentran muy bien protegidos (generalmente). En este grado ya resulta necesario que la cordada avance miembro a miembro, existiendo un primero de cuerda (el más cualificado de la cordada) que se encarga del equipamiento y protección de la ruta. Por tanto la cordada no puede avanzar al unísono por encordamiento simple (ensamble). Se incluyen en este grado aristas abruptas y vertiginosas erizadas por gendarmes que es necesario vencer o contornear, paredes verticales, chimeneas estrechas donde se puede avanzar mediante la técnica de oposición (progresión con la espalda en una pared y las piernas haciendo presión contra la otra), fisuras

que requieren la técnica de la bavaresa (en oposición de pies y manos contra la fisura), diedros, viras estrechas y aéreas, etc.

- Grado V, Muy Difícil (M.D.): Se desarrolla sobre terrenos muy verticales e incluso debiendo vencer pequeños parajes ligeramente desplomados como panzas rocosas. Las presas son muy escasas y, en ocasiones, no permiten hacer uso de todos los dedos de la mano para asirlas. También escasean los puntos de apoyo, resultando difícil encontrar punto donde el pie descansa en toda su superficie. También se desarrollan pasos sobre placas tumbadas pero carentes de presas donde se hace preciso hacer uso de la técnica de adherencia. Algunos pasos comienzan a presentar dificultades considerables y pueden requerir de una importante fuerza física, por lo que muchos montañeros los vencen haciendo uso de apoyos artificiales (colgando estribos o agarrándose a los propios seguros). Aparece este grado de dificultad en paredes francamente verticales y sobre itinerarios que mantienen mucha continuidad en la escalada.
- Grado VI, Extremadamente Difícil (E.D.) : Los pasos presentan una dificultad muy importante de tal manera que habitualmente es muy común hacer uso de medios artificiales para vencerlos (salvo en escuelas de escalada y rocodromos). Requieren un entrenamiento habitual y su superación requiere cierta fuerza física que puede llegar a ser considerable. Se desarrolla sobre muros verticales y desplomes donde a penas existen presas y puntos de apoyo. Resulta difícil encontrar puntos donde se mantienen tres apoyos al mismo tiempo.

Posteriormente se añadió a estos grados el nivel cero:

- Grado 0, Sin Dificultad (S.D.) o Muy Fácil (M.F.) : Itinerarios donde no se hace necesario apoyar las manos para vencer los pasos, o si se hace uso de ellas es de manera muy ocasional y en terrenos poco verticales y sin exposición alguna.

Y también otros grados más de dificultad extrema, hasta llegar al XI.

- Grado VII, Extraordinariamente Difícil (EX.) : Pasos que se desarrollan mediante complicados movimientos sobre paredes básicamente lisas y grandes desplomes, vencidos tradicionalmente mediante técnicas artificiales. Se necesita un entrenamiento continuo y sistemático, normalmente reservado a escaladores deportivos. Los pasos suelen incluir lanzarse sobre presas, elevar talones por encima de la cabeza o vencer desplomes a fuerza de bíceps. Normalmente se da en vías de escalada deportiva, no formado parte de las rutas clásicas de alpinismo.
- Grado VIII, Abominablemente difícil (ABO.) : Reservado a escaladores deportivos de elite. Normal en finales de competiciones de escalada deportiva. Es muy difícil realizar la

ascensión por primera vez y sin conocimiento previo de la misma (a vista), pudiendo requerir muchos intentos.

La graduación de una ruta de acuerdo con esta escala se realiza en función de la catalogación de los pasos. Al final se da una valoración media (normalmente inferior al paso más difícil o clave de la vía) y que se expresa como la abreviatura del grado (F, P.D., A.D., etc.) acompañada si cabe de los calificativos inf. (Inferior) o sup. (Superior).

Por ejemplo, una vía que se desarrolla con pasos de II y un paso aislado de III, puede catalogarse como P.D.sup., Poco Difícil Superior. Una vía con dos largos de IV, un largo de III+ con un paso de V, y un largo más de III, podría catalogarse como D.inf. Es importante ver que la graduación global de la vía no expresa, normalmente, la máxima dificultad de la misma.

Una variante de la escala UIAA es la escala Francesa que se usa actualmente ampliamente especialmente en escalada deportiva. Posee nueve grados de dificultad que se expresan con número 1-9 acompañado (salvo en el primer grado) por una letra minúscula a, b ó c que expresan un subnivel de dificultad (como el + y el – en la escala UIAA). Los grados de escala superiores, a partir del sexto, comprenden además niveles de dificultad intermedios que se expresan mediante el signo +:

- Escala Fácil: 1.
- Escala Poco Difícil: 2a, 2b, 2c.
- Escalada Algo Difícil: 3a, 3b y 3c.
- Escalada Difícil: 4a, 4b, 4c.
- Escalada Muy Difícil: 5a, 5b y 5c.
- Escalada Extremadamente Difícil: 6a, 6a+,6b,6b+,6c y 6c+.
- Escalada Extraordinariamente Difícil: 7a, 7a+,7b,7b+,7c,7c+.
- Escalada Abominablemente Difícil: 8a,8a+,8b,8b+,8c,8c+.
- Límite de la Escala Actual: 9a,9a+,9b.

La escala francesa y la UIAA no coinciden exactamente en grado (si lo hacen más o menos en los cuatro grados inferiores). La relación entre ambas se muestra en la siguiente tabla:

Escala Francesa	Escala UIAA
1	I
2	II
3	III
4a	IV
4b	V-
4c	V
5a	V+/VI-
5b	VI
5c	VI+
6a	VII-
6a+	VII
6b	VII+
6b+	VII+
6c	VIII-
6c+	VIII-
7a	VIII
7a+	VIII+
7b	VIII+/IX-
7b+	IX-
7c	IX
7c+	IX/IX+
8a	IX+
8a+	X-
8b	X-/X
8b+	X
8c	X+
8c+	XI-
9a	XI
9a+	XI+

En 1.937 se introdujo a los Estados Unidos una versión modificada del sistema Welzenbach que se llamó Sistema Sierra Club:

- Clase 1: Caminata
- Clase 2: Algunas rocas, posible uso de manos
- Clase 3: Se recomienda llevar una cuerda para algunos pasos.
- Clase 4: Escalada simple y a veces expuesta. Frecuente uso de cuerda. Una caída puede ser fatal.
- Clase 5: Escalada en roca declarada, donde cuerda, arnés, protecciones naturales o artificiales, técnicas para que el puntero no se caiga, etc.

Para describir mejor las rutas de escalada en roca en Tahquitz Rock, California, en 1.950 se introdujo un decimal a la Clase 5, creándose el Yosemite Decimal System (Y.D.S), que es la principal escala usada en Estados Unidos, por looq ue también nos referiremos a él como Escala Americana. Inicialmente sería una escala de 5.0 a 5.9, sin embargo, para 1.960 ya era innegable que los

escaladores podían exceder este nivel de dificultad y se abandonó el protocolo estrictamente decimal para ir a una escala abierta, creándose el nivel 5.10.

En 1.990, ya se conocían rutas de 5.14. Los grados 5.10 a 5.14 se subdividen en a, b, c y d y a veces se pueden emplear los signos + o - para ser aún más precisos. La escala Americana o Y.D.S solamente gradúa un largo determinado, por lo que en una ruta de varios largos de cuerda, se emplea el mayor grado.

Las escaladas fáciles (I) según la UIAA poseen el grado 5.2. o 5.3 Americano. Algunas equivalencias son:

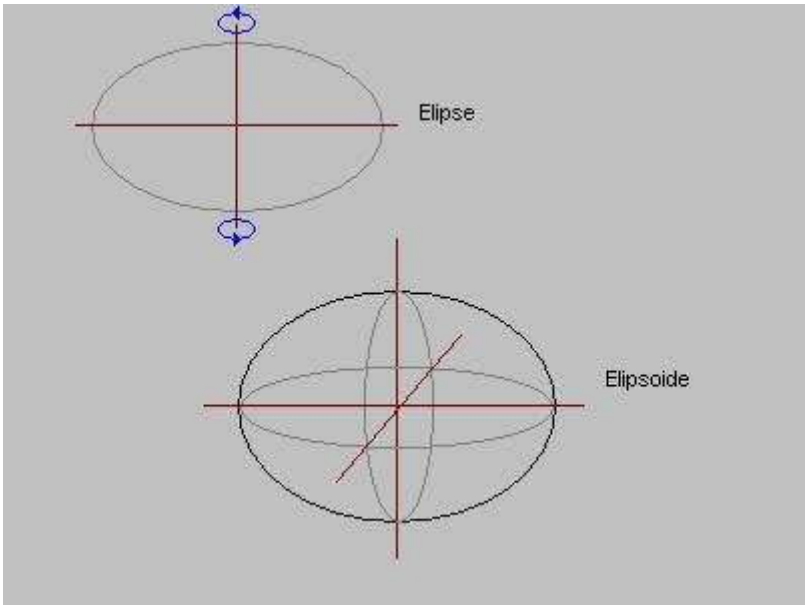
Escala Americana	Escala UIAA
5.2/5.3	I
5.3/5.4	II
5.4/5.5	III
5.5/5.6	IV
5.6/5.7	V-
5.7/5.8	V
5.8/5.9	V+/VI-
5.9/5.10a	VI
5.10a/5.10b	VI+
5.10b/5.10c	VII-
5.10c/5.10d	VII
5.11d/5.11a	VII+
5.11a/5.11b	VII+
5.11b/5.11c	VIII-
5.11c/5.11d	VIII-
5.11d/5.12a	VIII
5.12a/5.12.b	VIII+

TEMA 1

FORMA Y DIMENSIONES DE LA TIERRA

1. FORMA DE LA TIERRA Elemental

En la escuela nos lo enseñaron : La tierra posee la forma de una esfera achatada por los polos. Se aprecian en ella dos deformaciones principales: Un achatamiento polar y un abultamiento ecuatorial. A causa de tales deformaciones su geometría es la correspondiente a otro cuerpo geométrico denominado elipsoide.



Una elipse se obtiene por deformación de la circunferencia. A diferencia de ésta, la elipse posee sus dos ejes de de longitud diferente. Si hacemos girar esta figura entorno a uno de sus ejes se obtiene una superficie de revolución, el **elipsoide**. Si piensa en el aspecto de un balón de rugby o de un melón, entonces estará visualizando elipsoides.

Isaac Newton, en 1.687, enuncia que la forma de equilibrio de una masa fluida homogénea sometida a las leyes de gravitación universal que gira alrededor de un eje (llamado polar) es un elipsoide de revolución aplastado por los polos.

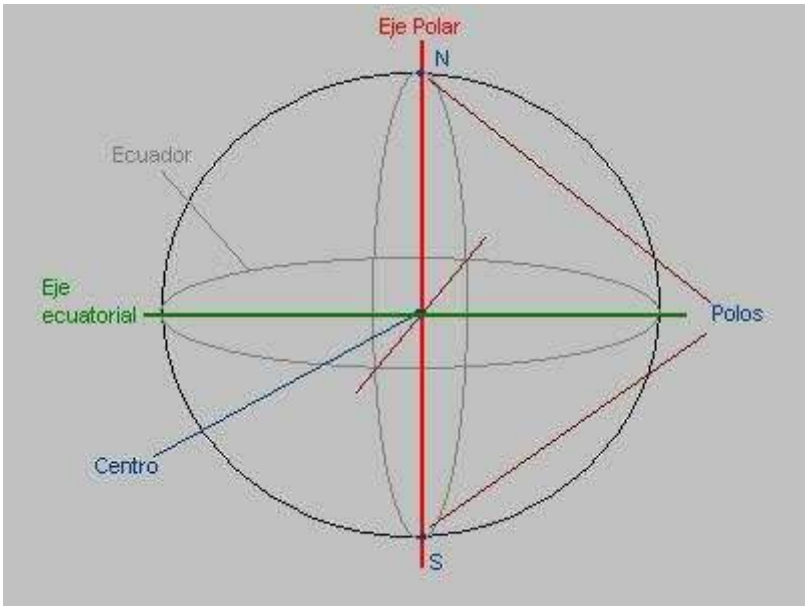
Sin embargo, si se tienen en cuenta otras pequeñas deficiencias, la forma de la tierra queda representada mediante un cuerpo ideal conocido con el nombre de **geoide**.

El geoide es la superficie de equilibrio materializada por los mares en calma y que se prolonga de manera imaginaria por debajo de los continentes. En cualquier punto del geoide su superficie es perpendicular a la fuerza de la gravedad.

Ante todo hay que indicar que la deformación ecuatorial de la tierra es muy pequeña, por lo que con muchos fines prácticos no se comete un error importante si se asimila su forma a la de una esfera perfecta cuyo radio aproximado es, como veremos más adelante, de 6.371 Km.

2. EJE POLAR Y LOS POLOS Elemental

La tierra posee, entre otros, dos movimientos fundamentales. EL primero es el de traslación en una órbita alrededor del sol, con un período de 365,25 días por vuelta. El segundo es la rotación entorno a un eje imaginario que atraviesa a la tierra por su propio centro, con una cadencia de 24 horas por vuelta.



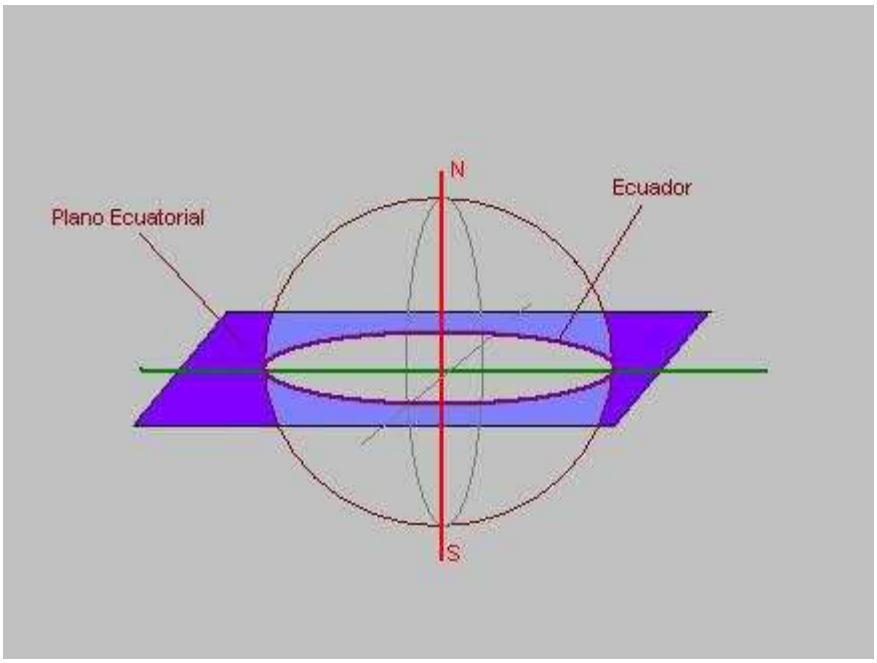
Al eje imaginario entorno al cual se produce la rotación terrestre se le denomina **eje polar**. El eje polar pasa, como se ha dicho, por el centro del planeta y corta a la superficie terrestre en dos puntos que se conocen con el nombre de polos. Para distinguir un polo de otro se les ha dado el nombre de Polo Norte (N.) y Polo Sur (S.). Convencionalmente se representa la tierra de modo que su Polo Norte queda arriba y el polo Sur, abajo.

El eje polar se puede definir, también, como la línea imaginaria que une los dos polos terrestres.

3. EJE ECUATORIAL, PLANO ECUATORIAL Y ECUADOR Elemental

Además del eje polar cabe considerar otro que pasando por el mismo centro terrestre es perpendicular al anterior. Se trata del eje ecuatorial. La intersección de los ejes polar y ecuatorial se produce en el centro del planeta.

Se llama plano ecuatorial a un plano que contiene al eje ecuatorial y es perpendicular al eje polar de tal modo que divide a la tierra en dos partes iguales denominadas hemisferios. El hemisferio que contiene al polo Norte se llama Hemisferio Norte o Boreal, y el que contiene al Polo Sur se le llama Hemisferio Sur o Austral.



La intersección del plano ecuatorial sobre la superficie terrestre genera un círculo que recibe el nombre de **ecuador**. El Hemisferio Norte se extiende desde el ecuador hasta el polo Norte, y el hemisferio Sur lo hace desde el ecuador hasta el polo Sur.

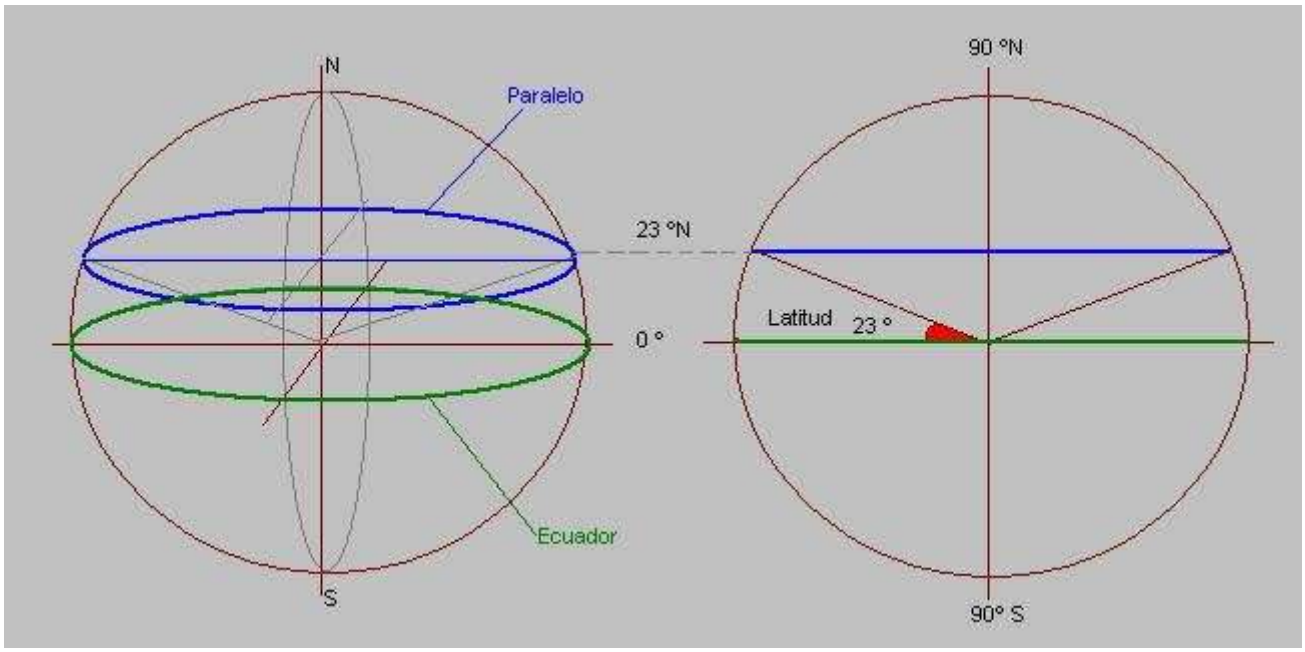
4. PLANOS PARALELOS, PARALELOS Elemental

La tierra puede ser cortada por cualquier plano que sea paralelo al plano ecuatorial. Todo plano de este tipo recibe, por ello, el nombre de plano paralelo. La intersección de un plano ecuatorial sobre la superficie terrestre origina un círculo (más propiamente una elipse) que recibe el nombre de **paralelo**.

El ecuador es el paralelo de mayor longitud. A medida que nos acercamos a los polos, los paralelos son elipses cada vez más pequeños.

Para denominar los paralelos se usa una magnitud angular llamada latitud. La latitud expresa el ángulo del arco que forma el paralelo con el eje ecuatorial.

Al ecuador le corresponde un ángulo de 0 grados. A medida que nos aproximamos al polo Norte, el ángulo aumenta hasta valer 90º en el polo Norte. Lo mismo ocurre cuando nos aproximamos al polo Sur desde el ecuador. Para diferenciar los paralelos de cada hemisferio deberemos añadir una N (Norte) o S (Sur) al valor angular del paralelo.



5. LATITUD DE UN PUNTO Elemental

Es la latitud del paralelo que pasa por él. Por ejemplo, si por un punto de la tierra pasa el paralelo 43 ºN decimos que la latitud de ese punto es : 43 ºN. Los puntos del hemisferio Norte tienen latitudes Norte y, por tanto, acabadas en N. Los puntos del hemisferio Sur tienen latitudes Sur y, por tanto, acabadas en S.

6. PLANOS MERIDIANOS Y MERIDIANOS Elemental

A cualquier plano que contiene al eje polar y que corta a la tierra se le llama plano meridiano. Existen infinitos planos meridianos, todos ellos perpendiculares al plano ecuatorial.

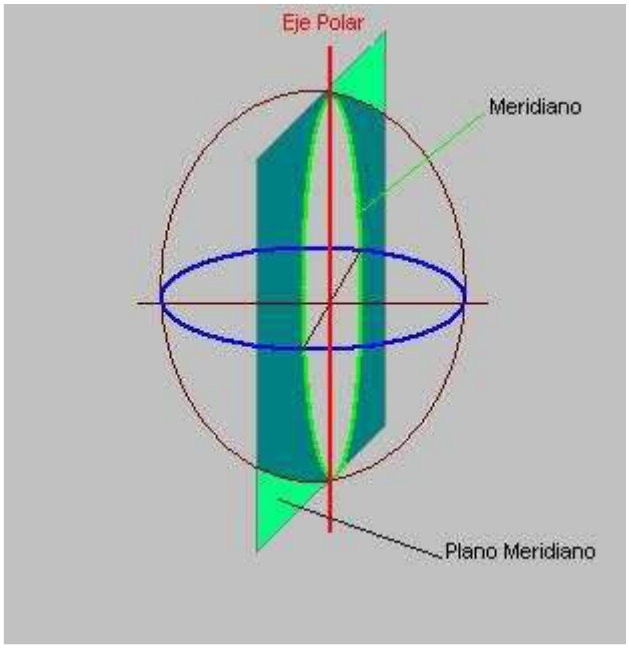
La intersección de un plano meridiano sobre la superficie terrestre origina un círculo (o mejor elipse) que recibe el nombre de meridiano. Todos los meridianos pasan por los polos Norte y Sur terrestres, y tienen la misma longitud.

7. MERIDIANO DE REFERENCIA Elemental

Para numerar los paralelos se usaba el ecuador como referencia. Este era el paralelo cero. Para hacer lo mismo con los meridianos necesitamos elegir uno de ellos como referencia.

Cada nación a tendido a definir su propio meridiano de referencia, normalmente el que pasa por alguna ciudad relevante o por la capital del país. De este modo en España existe el meridiano de Madrid, que es el que pasa por esta ciudad. Sin embargo, hoy por hoy la utilización de estos meridianos de referencia esta en desuso porque se ha elegido un meridiano de referencia realmente internacional aplicable a todo el globo.

El meridiano de referencia que ha tomado la comunidad internacional es el que pasa por la ciudad inglesa de Greenwich, donde existe un importante observatorio astronómico. A este meridiano se le da el valor 0º.

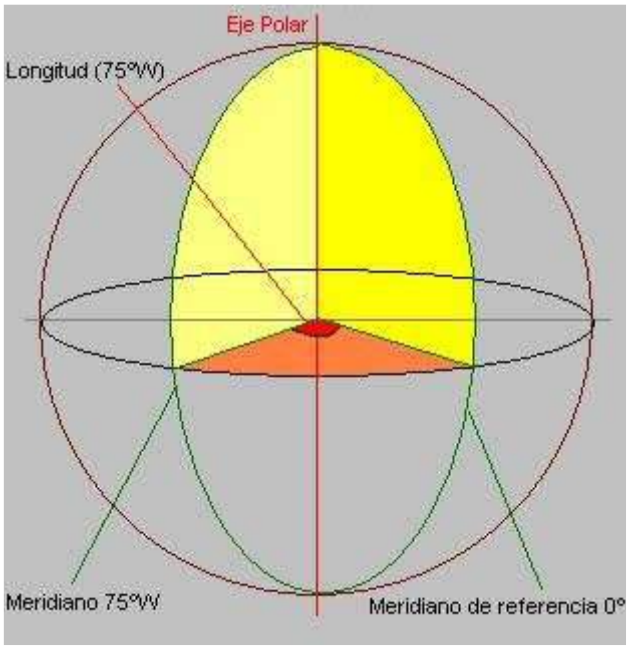


Los meridianos se designan entonces mediante el ángulo que forman con el meridiano de Greenwich. A este ángulo se le llama longitud. Para los meridianos situados a la derecha del de Greenwich se establece que su longitud es Este (E), y para los meridianos situados a la izquierda del de Greenwich se establece que su longitud es Oeste (W).

La longitud se expresa en un valor angular de 0º a 180º. El valor 0º es el meridiano de Greenwich y el valor 180º, a la parte de este meridiano situada en el otro lado de la tierra, lo que se llama el antimeridiano.

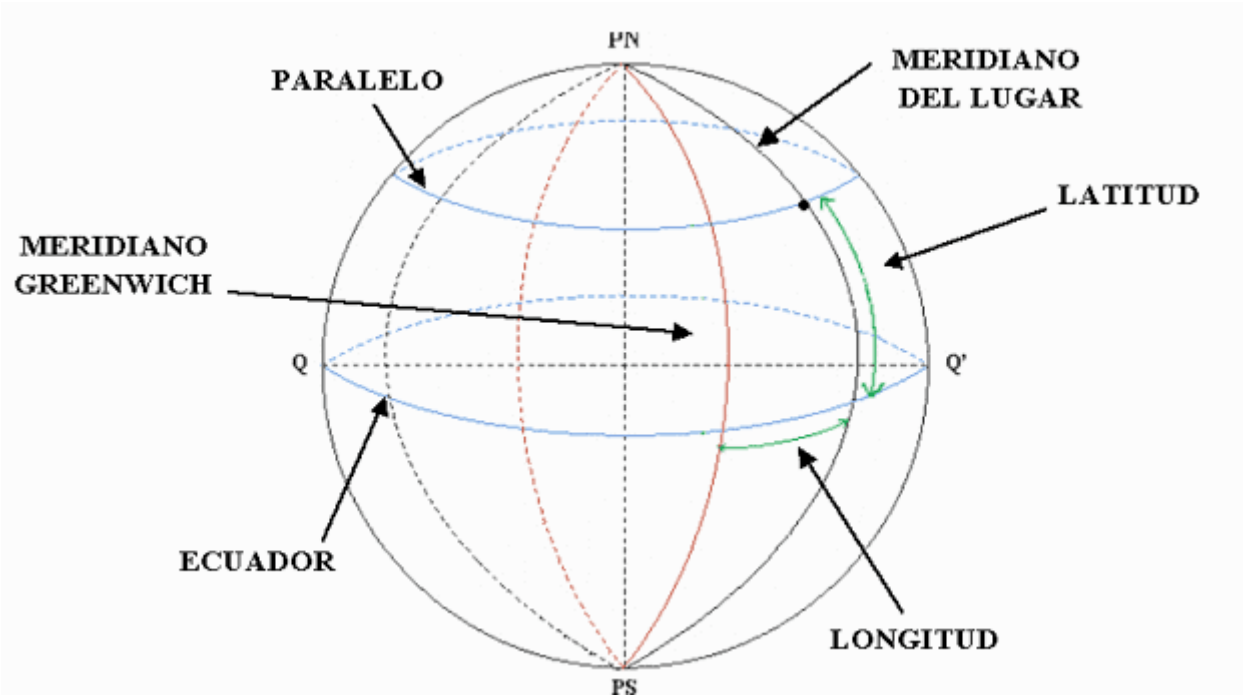
8. LONGITUD DE UN PUNTO Elemental

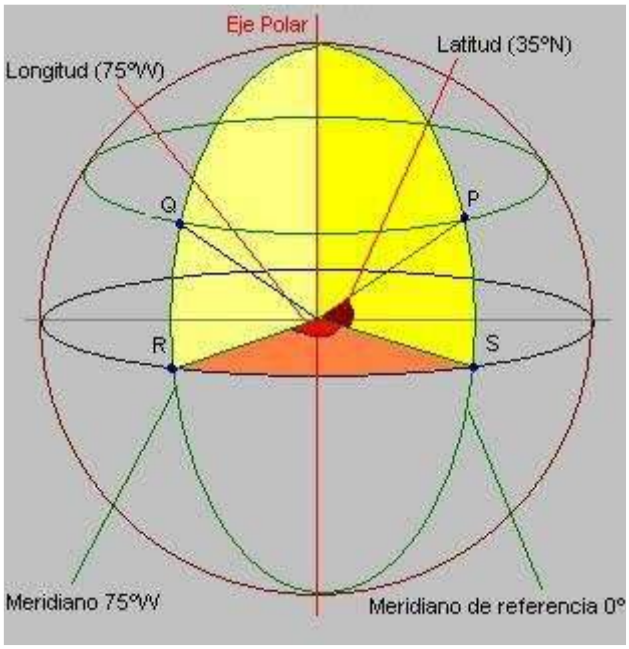
La **longitud** de un punto es la correspondiente al meridiano que pasa por él. Si por un punto pasa el meridiano 15º E, entonces está será la longitud para ese punto.



9. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE UN PUNTO Elemental

Por cada punto de la superficie terrestre tiene paso un único paralelo y un único meridiano. Esto significa que podemos usar la latitud de ese paralelo y la longitud de ese meridiano con objeto de definir la posición de ese punto en la tierra de forma inequívoca. Estos dos valores, latitud y longitud reciben el nombre conjunto de **coordenadas geográficas** de un punto.





El Punto S tiene por coordenadas geográficas:

0 ºN , 0 ºE

El punto P se halla sobre el meridiano de referencia (como el punto S) pero a mayor latitud:

35 ºN , 0 ºE

El punto R se halla sobre el ecuador (como el punto S) pero a 75ºal Oeste del mismo:

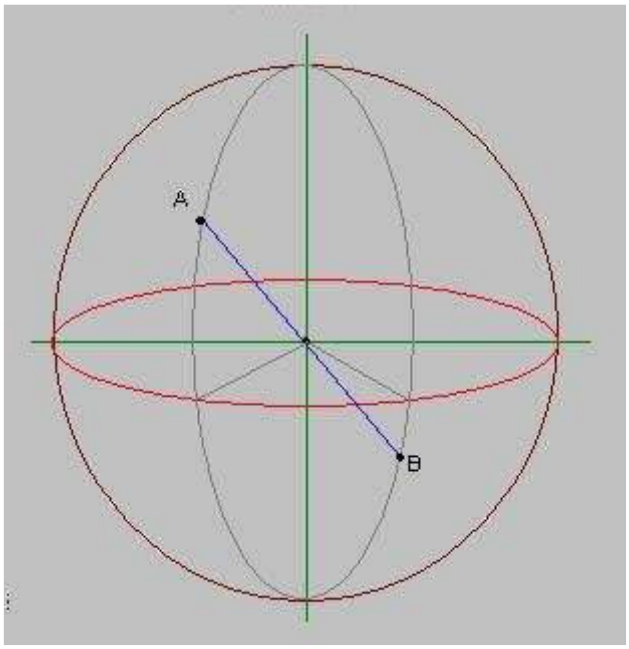
0 ºN , 75 ºW

Finalmente el punto Q se halla a la misma longitud que el punto R y a la misma latitud que el punto P. Sus coordenadas geográficas serán:

35 ºN , 75 ºW

10. ANTIPODAS Elemental

Es posible que tengamos la noción de **antípodas** como aquél lugar opuesto en la tierra al que nos encontramos. La idea es esa, pero concretémosla con el siguiente ejemplo.



Supongamos que el punto A posee por coordenadas geográficas:

35 ºN , 75 ºW

Si prolongamos la recta que une este punto con el centro del planeta se obtiene que esta recta corta nuevamente a la superficie terrestre en el punto B. Este punto es el antípoda del punto A. Sus coordenadas geográficas son:

35 ºS, 105 ºE

La latitud del antípoda se obtiene cambiando la N por la S. Para la longitud se suma 180º, resultado 75+180=255ºW, lo que equivale a 360-255=105 ºE.

11. MEDIDA DE LOS ÁNGULOS Elemental

En Cartografía los ángulos se miden ordinariamente en grados (que se representan como º) . Cada grado se divide a su vez en 60 minutos (representados con el signo), y cada minuto se divide en 60 segundos (que se representan como). De este modo un ángulo medido con precisión tendría el siguiente aspecto:

42º 43' 56"

que se leerá como 42 grados, 43 minutos y 56 segundos.

Por ejemplo, las coordenadas geográficas de los puntos extremos en la península ibérica son:

Lugar	Latitud	Longitud
Estaca de Vares (N)	43º 47' 29" N	7º 41' 20" W
Cabo de Creus (E)	42º 19' 12" N	3º 19' 21" E
Punta de Tarifa (S)	35º 59' 58" N	5º 36' 36" W
Cabo de la Nave-Fisterra (W)	42º 55' 21" N	9º 17' 59" W

A veces se obtiene un valor angular expresado en grados y se plantea el problema de convertirlo a la forma habitual sexagesimal: grados – minutos – segundos. El procedimiento para efectuar esta conversión es muy simple como puede comprobarse en el ejemplo siguiente.

Ej: Convertir el ángulo expresado en grados 43’8072 º en el valor correspondiente en grados – minutos – segundos.

Grados = 43 º
Minutos = (43’8072 – 43) x 60 = 0’8072 x 60 = 48’432 ‘
Segundos = (48’432 – 48) x 60 = 0’432 x 60 = 25’92 ‘’

Esto es : 43º48’ 25’92’’ o con una aproximación al segundo: 43º48’ 26’’.

12. CONVERSIÓN DEL MERIDIANO DE REFERENCIA Elemental

Si bien, hoy en día, los mapas vienen referidos al meridiano de Greenwich adoptado internacionalmente, existen algunos más antiguos que vienen referidos al meridiano del país de origen. En el caso de España era frecuente el uso del meridiano de Madrid.

La conversión de una longitud referida a un meridiano en una longitud con respecto a otro meridiano de referencia es una operación muy sencilla. Veremos el caso particular de la conversión de una longitud con respecto a un meridiano al meridiano de Greenwich por ser el caso más importante.

Llamaremos λ a la longitud de un punto P medida respecto del meridiano de referencia X y λ_o a la longitud del meridiano X con respecto al de Greenwich. Entonces la longitud del punto P con respecto a Greenwich será λ':

$$\lambda' = \lambda + \lambda_o$$

Si una longitud es Este se considerará con el signo positivo y si es Oeste con el signo negativo. La regla que se utiliza es sumar a 3º41el valor de la longitud referida a Madrid si esta es Oeste (W) o restarla si la longitud referida a Madrid es Este. Si el resultado es un número negativo (como en el tercer caso), intercambiar las cantidades y poner al resultado final longitud Este (por ser negativa).

Ej: El Observatorio Astronómico de Madrid se ha usado en España como origen de longitudes. Sus coordenadas geográficas son: 40º 24' 30'' N y 3º 41' 16'' W respecto al meridiano de Greenwich.

Entonces λ_o = - 3º 41' 16''.

Un punto con longitud λ = 2º 38' 17'' E respecto al meridiano de Madrid se corresponde con una longitud respecto a Greenwich:

$$\lambda' = \lambda - \lambda_o = 2º38' 17'' + (- 3º41' 16'') = 2º38' 17'' - 3º41' 16''$$

La operación de restar ángulos puede efectuarse del modo siguiente:

```
        -1'
   3º  41'  16''
 - 2º 38'  17''
 ---------------
 - 1º 02'  59''
```

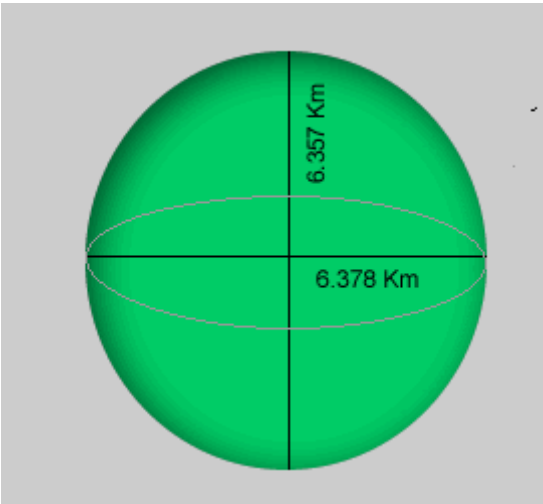
Por tanto:

λ' = 1º02' 59'' W de Greenwich

13. DIMENSIONES DE LA TIERRA Elemental

Conocemos la forma de la tierra y sus elementos, pero no hemos hablado todavía de sus dimensiones.

Nuestro planeta se aproxima a una gigantesca esfera de 6.371.228 metros de radio. Por tanto, más de 6.300 Kilómetros nos separan del centro del planeta. Sin embargo, sabemos que la tierra no es esférica sino un elipsoide. La distancia del ecuador al centro del planeta es de 6.378.137 m, mientras que la misma distancia a cualquiera de los dos polos resulta ser de 6.356.752 m. Restando estos dos valores resulta que el eje ecuatorial es 21.385 metros más largo que el eje polar.



Si bien la diferencia entre los radios ecuatorial y polar es de más de 21 Km, esta magnitud es pequeña en comparación con ellos. La relación de achatamiento define esta característica:

Relación de achatamiento = 6.378.137/21.385 = 297

que evidencia la similitud con la esfera (cuya relación de achatamiento sería nula al ser los dos radios iguales).

En realidad el radio norpolar terrestre resulta ser 44 metros más largo que el radio surpolar. La misma asimetría se presenta sobre el ecuador, donde la mayor distancia al centro terrestre se da a 15ºW de longitud, en una magnitud 139 m mayor que el radio ecuatorial más corto. Esto hace que la forma real de la piedra se asimile en realidad a una pera que es la forma más parecida al geoide.

Cuando necesitamos considerar a la tierra como una esfera podemos tomar su radio como aquel que corresponde a una esfera con el mismo volumen que la tierra. Dicho valor es :

R = 6.371.221 m

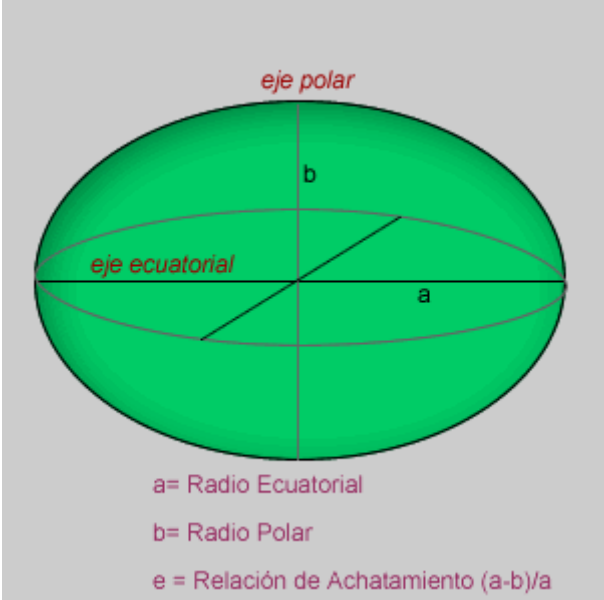
La circunferencia completa terrestre posee poco más de 40.000 Kms. Esta es la distancia que deberemos recorrer para dar una vuelta completa al mundo por la ruta más corta.

Como curiosidad, añadir que una buena parte de la tierra (unas tres cuartas partes de forma aproximada y en un 70,58 % más exactamente) se encuentra ocupada por los océanos. Por tanto, la tierra firme es tan sólo una porción de la misma.

14. ELIPSOIDES DE REFERENCIA Elemental

La irregularidad, aunque ligera, de la tierra hace que no sea tan sencillo aplicarle una forma geométrica regular, es decir, que quede perfectamente definida desde el punto de vista matemático. Por ello, en Cartografía se ha intentado asimilar el geoide al cuerpo de revolución regular que más se le asemeje, el elipsoide de referencia.

Como se ha visto, un elipsoide se obtiene al hacer girar una elipse sobre uno cualquiera de sus dos ejes. En función del eje de rotación elegido se obtendrá un tipo de elipsoide u otro.



Para caracterizar un elipsoide se requieren tres parámetros:

a = Radio Ecuatorial. Distancia del centro a cualquier punto del ecuador.
b = Radio Polar. Distancia del centro a cualquiera de los Polos.

A veces, también denominados semiejes ecuatorial y polar, y, además:

f = Relación de achatamiento.

La relación de achatamiento está en función de los dos radios del elipsoide y, expresa, como lo que se asemeja a una esfera perfecta (cuya relación de achatamiento es 0 por ser a=b).

Los diferentes países han elegido diferentes elipsoides de referencia. Aquí se muestran algunos de ellos:

Elipsoide	a	F
Airy 1830	6.377.563,396	299,3249646
Bessel 1841	6.377.397,155	299,1528128
Clarke 1866	6.378.206,4	294,9786982
Clarke 1880	6.378.249,145	293,465
Everest 1830	6.377.276,345	300,8017
Fischer 1960 (Mercury)	6.378.166	298,3
Fischer 1968	6.378.150	298,3
G R S 1967	6.378.160	298,247167427
G R S 1975	6.378.140	298,257
G R S 1980	6.378.137	298,257222101
Hough 1956	6.378.270	297,0
Hayford o Internacional	6.378.388	297,0
Krassovsky 1940	6.378.245	298,3
South American 1969	6.378.160	298,25
WGS 60	6.378.165	298,3
WGS 66	6.378.145	298,25
WGS 72	6.378.135	298,26
WGS 84	6.378.137	298,257223563

Algunos mapas señalan el Elipsoide que se ha elegido para el cartografiado de los mismos. En el caso de las hojas del S.G.E. se puede leer debajo de la escala gráfica la leyenda:

Proyección U.T.M. Elipsoide Hayford.

El elipsoide Hayford o Internacional es el que se ha escogido para desarrollar la cartografía actual en España y en otros países.

15. EXCENTRICIDAD Intermedio

Un parámetro que mide la desviación de una elipse de la circunferencia es la **excentricidad** e. Se define por la expresión matemática (donde aparece el cuadrado de la excentricidad e^2):

$$e = \sqrt{(a^2 - b^2)/a}$$

Este valor se encuentra entre 0 y 1. En el caso de una circunferencia, al ser a=b, entonces la excentricidad es e=0. Cuanto más se aleja una elipse de la circunferencia perfecta mayor es la excentricidad.

Para un elipsoide de revolución como el descrito con radio polar a y radio ecuatorial b se describe la excentricidad en los mismos términos.

La excentricidad así definida se denomina, a veces, primera excentricidad del elipsoide pues es posible definir una segunda excentricidad de forma parecida pero con referencia al radio polar b:

$$e' = \sqrt{(a^2 - b^2)/b}$$

Ej: Sea un elipsoide en el que se tiene que:

a = 6.399.593.6259 m

b = 6.356 752.3141 m

Su primera excentricidad es:

e = 0’00669438002290

y la segunda excentricidad:

e’ = 0’00673949677548

La relación de achatamiento es:

f = 0’00335281068118

La excentricidad es usada con gran profusión en cálculos geodésicos.

16. EL RELIEVE TERRESTRE Elemental

Si nos quedamos con la porción de tierra que no permanece sumergida bajo las aguas de los océanos, nos encontramos con una superficie sumamente irregular. Hay extensas llanuras, grandes barrancos y altivas montañas que permanecen todo el año cubiertas por un manto de nieve. En definitiva la tierra presenta diferencias de nivel entre unos puntos y otros. El conjunto de estos desniveles es lo que se conoce con el nombre de relieve. El origen del relieve terrestre es la combinación de dos tipos de fuerzas o fenómenos geológicos:

- **Fuerzas Internas o Endógenas** : Donde podemos destacar los procesos de formación de montañas (Orogenia) o el Vulcanismo, como resultado de fuerzas procedentes del interior terrestre .
- **Fuerzas Externas o Exógenas** : Cuyo origen yace en fenómenos externos a la tierra. La erosión producida por los ríos o los glaciares son ejemplos de tales efectos.

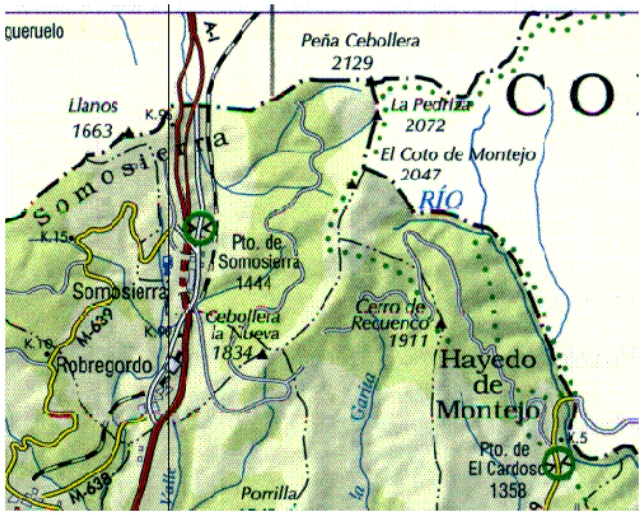
Para ver la diversidad del relieve de la tierra podemos estudiar los siguientes datos curiosos:

Tipo de Accidente	Nombre
ontaña más elevada	Everest (8.849 m)
Cordillera montañosa más larga	Los Andes (7.600 Km)
eseta más grande	eseta del Tibet (1.850.000 Km2)
Desierto más grande	Sahara (9.269.000 Km2)
Cañón más grande	Colorado (446 Km y 1.600 m de Profundidad)
Valle más profundo	Yarlung (5.075 m)
Río más largo	Amazonas (6.750 Km)
Lago interior más grande	ar Caspio (371.800 Km2)

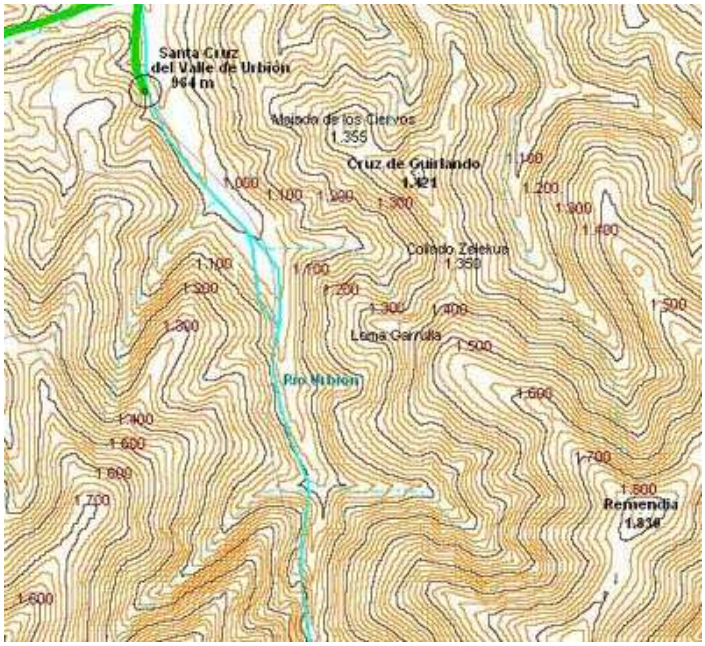
- El Gran Cañón del río Colorado y el Monument Valley (E.E.U.U) -

17. CONCEPTO DE MAPA Elemental

Como se ha dicho la representación de toda o de una parte de la superficie terrestre sobre una superficie plana recibe el nombre de mapa. Evidentemente esta representación no es fiel en cuanto a sus proporciones, sino que se realiza a un tamaño más reducido para hacerla manejable. Este problema se estudiará en un capítulo posterior y recibe el nombre de escala. El segundo problema al obtener la representación es intentar plasmar el relieve sobre algo que es plano. Esto se realiza mediante sistemas de representación tales como las curvas de nivel, cuyo estudio se emprenderá en otro capítulo. Sin embargo, no todos los mapas persiguen la misma finalidad por lo que no todos contienen la misma información. Si nos interesa conocer como ir en coche de una ciudad a otra haremos uso de un mapa de carreteras. Este no proporciona demasiada información (o ninguna) sobre el relieve, por ejemplo, pero detalla toda la red de autopistas y carreteras de diferente índole de una región o país.

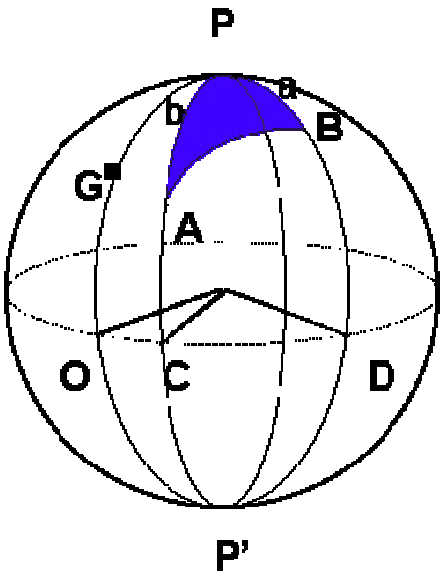


Otros mapas puede que se interesen en la vegetación de una zona o en la constitución geológica de la misma, etc. Para nuestros fines, explorar y conocer una montaña, haremos uso de los llamadas mapas topográficos, a menudo llamados también catastrales. Estos proporcionan una cantidad importante de información entre la que destaca la referente al relieve.



18. DISTANCIA ENTRE DOS PUNTOS DE LA TIERRA Avanzado

Si tenemos dos puntos de la tierra A y B cuya posición exacta conocemos por sus coordenadas geográficas, cabe preguntarse por cual es el valor de la distancia que los separa. La resolución a este problema lo proporciona la trigonometría esférica.



Consideremos el triángulo esférico de vértices A, B y el polo Norte P. Los lados de este triángulo esférico son:

AB = p = distancia entre A y B

AP = b = 90º- latitud del punto A

BP = a = 90º- latitud del punto B

Mientras que el ángulo P del triángulo esférico, es decir el formado por los lados a y b vale:

P = Angulo OD – Angulo OC = longitud punto B – longitud punto A

Con este análisis y aplicando la primera fórmula de Bessel de la trigonometría esférica (Teorema del Coseno):

$$\cos p = \cos a \cdot \cos b + \operatorname{sen} a \cdot \operatorname{sen} b \cdot \cos P$$

La latitud de un punto se suele expresar habitualmente por la letra griega φ, mientras que para la longitud se reserva la letra griega λ. Usando esta simbología la expresión anterior se escribe:

$$\cos p = \cos (90- \varphi_a) \cdot \cos (90- \varphi_b) + \operatorname{sen} (90- \varphi_a) \cdot \operatorname{sen} (90- \varphi_b) \cdot \cos (\lambda_a - \lambda_b)$$

El valor complementario de la latitud 90 – φ suele recibir el nombre de colatitud.

Como quiera que:

$$\cos (90- \varphi_a) = \sin \varphi_a$$

$$\cos (90- \varphi_b) = \sin \varphi_b$$

luego:

$$\cos p = \sin \varphi_a \cdot \sin \varphi_b + \cos \varphi_a \cdot \cos \varphi_b \cdot \cos (\lambda_a - \lambda_b)$$

Considerando a la tierra como una esfera de radio ecuatorial a, la distancia d en función del lado p (en grados):

$$d = p \cdot 2 \cdot \pi \cdot a \ / \ 360$$

$$p = d \cdot 360 / (2 \cdot \pi \cdot a)$$

de modo que con el valor a = 6378’1 Km:

$$p = d / 111'3 = d / k$$

llamando k=111’3, que expresa la distancia en kilómetros entre dos paralelos separados por un grado de latitud.

Sustituyendo en la expresión anterior:

$$\cos (d / k) = \sin \varphi_a \cdot \sin \varphi_b + \cos \varphi_a \cdot \cos \varphi_b \cdot \cos (\lambda_a - \lambda_b)$$

y despejado la distancia:

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \sin \varphi_a \cdot \sin \varphi_b + \cos \varphi_a \cdot \cos \varphi_b \cdot \cos (\lambda_a - \lambda_b) \}$$

es la fórmula final para determinar la distancia entre dos puntos de la tierra.

Para expresar matemáticamente las latitudes y longitudes se establecen las siguientes convenciones:

- Las latitudes son positivas en el hemisferio Norte y negativas en el hemisferio Sur.
- Las longitudes son positivas al E. de Greenwich y negativas al Oeste del referido meridiano.

Ej: Calcular la distancia entre Tel Aviv (Israel), cuyas coordenadas geográficas son 32º 05’ N y 34º 48’ E, y Nairobi (Kenia) de coordenadas geográficas 1º17’ S y 36º49’ E.

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \sin 32º05' \cdot \sin -1º17' + \cos 32º05' \cdot \cos -1º17' \cdot \cos (34º48' – 36º49') \}$$

y esto da:

$$d = 112'3 \cdot \text{arcos } 0'8346433351 = 112'3 \cdot 33'42128194 = 3753'2 \text{ Km}$$

19. CASOS PARTICULARES DE LA DISTANCIA ENTRE PUNTOS Avanzado

Podemos pasar a estudiar algunos casos particulares de la distancia entre puntos.

caso 1º : Distancia de un paralelo al ecuador

Sea un paralelo de latitud φ_a. La distancia que lo separa del ecuador se obtiene de la fórmula general:

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \sin \varphi_a \cdot \sin \varphi_b + \cos \varphi_a \cdot \cos \varphi_b \cdot \cos (\lambda_a - \lambda_b) \}$$

haciendo $\varphi_b = 0$ º y $\lambda_a = \lambda_b$:

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \sin \varphi_a \cdot \sin 0 + \cos \varphi_a \cdot \cos 0 \cdot \cos 0 \}$$

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \cos \varphi_a \}$$

$$d = k \cdot \varphi_a$$

Se observa que la distancia del paralelo de latitud 1º al ecuador es:

$$d = k \cdot 1 = k = 112'3 \text{ Km}$$

caso 2º : Distancia entre paralelos

Sean dos paralelos de latitudes φ_a y φ_b. La distancia entre ellos se deduce de la fórmula general:

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \sin \varphi_a \cdot \sin \varphi_b + \cos \varphi_a \cdot \cos \varphi_b \cdot \cos (\lambda_a - \lambda_b) \}$$

haciendo $\lambda_a = \lambda_b$. Luego:

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \sin \varphi_a \cdot \sin \varphi_b + \cos \varphi_a \cdot \cos \varphi_b \cdot \cos 0 \}$$

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \sin \varphi_a \cdot \sin \varphi_b + \cos \varphi_a \cdot \cos \varphi_b \}$$

El término entre paréntesis es igual al coseno de la diferencia de ángulos:

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \cos (\varphi_a - \varphi_b) \}$$

de modo que, simplemente:

$$d = k \cdot (\varphi_a - \varphi_b)$$

La distancia entre dos paralelos se mantiene constante a lo largo de la superpie terrestre y sólo depende de la diferencia de latitudes. La distancia entre dos paralelos separados por un grado de latitud es:

$$d = k \cdot 1 = k = 112'3 \text{ Km}$$

Ej: Calcular la distancia que separa los paralelos de latitudes 10ºN y 20ºS.

$$d = k \cdot (\varphi_a - \varphi_b) = 112'3 \cdot (10 – (-20)) = 112'3 \cdot 30 = 3369 \text{ Km}$$

caso 3º : Distancia de un punto a los polos

La distancia de un punto no depende de la longitud del mismo, únicamente de su latitud. La distancia al polo Norte se obtiene con facilidad haciendo $\varphi_a = 90$ en el caso anterior:

$$d = k \cdot (90 - \varphi)$$

al polo Sur será:

$$d = k \cdot (90 + \varphi)$$

caso 4º : Distancia de un punto al meridiano de Referencia

La distancia de un punto al meridiano de referencia dependerá de la latitud del punto y se obtiene de:

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \sin \varphi_a \cdot \sin \varphi_b + \cos \varphi_a \cdot \cos \varphi_b \cdot \cos (\lambda_a - \lambda_b) \}$$

haciendo $\varphi_a = \varphi_b$ y $\lambda_b = 0$:

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \sin \varphi \cdot \sin \varphi + \cos \varphi \cdot \cos \varphi \cdot \cos (\lambda_a - 0) \}$$

llamado simplemente φ y λ a la latitud y longitud del punto. Operando:

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi \cdot \cos \lambda \}$$

como $\sin^2 \varphi = 1 - \cos^2 \varphi$, entonces:

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ 1 - \cos^2 \varphi + \cos^2 \varphi \cdot \cos \lambda \}$$

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \cos^2 \varphi \cdot (\cos \lambda - 1) + 1 \}$$

Cuando la distancia entre el punto y el meridiano de referencia se realiza sobre el ecuador se obtiene la máxima distancia, pues en tal caso $\varphi=0$ y:

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \cos^2 0 \cdot (\cos \lambda - 1) + 1 \}$$

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \cos \lambda \} = k \cdot \lambda$$

caso 5º : Distancia entre puntos situados en el mismo paralelo

Se obtiene este resultado de la fórmula general:

$$d = k \cdot \text{arcos} \{ \sin \varphi_a \cdot \sin \varphi_b + \cos \varphi_a \cdot \cos \varphi_b \cdot \cos (\lambda_a - \lambda_b) \}$$

haciendo $\varphi_a = \varphi_b$ (llamado simplemente φ a esta latitud):

$$d = k \cdot \arccos \{ \sin \varphi \cdot \sin \varphi + \cos \varphi \cdot \cos \varphi \cdot \cos (\lambda_a - \lambda_b) \}$$

$$d = k \cdot \arccos \{ \sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi \cdot \cos (\lambda_a - \lambda_b) \}$$

como $\sin^2 \varphi = 1 - \cos^2 \varphi$, entonces:

$$d = k \cdot \arccos \{ 1 - \cos^2 \varphi + \cos^2 \varphi \cdot \cos (\lambda_a - \lambda_b) \}$$

$$d = k \cdot \arccos \{ \cos^2 \varphi \cdot [\cos (\lambda_a - \lambda_b) - 1] + 1 \}$$

TEMA 2

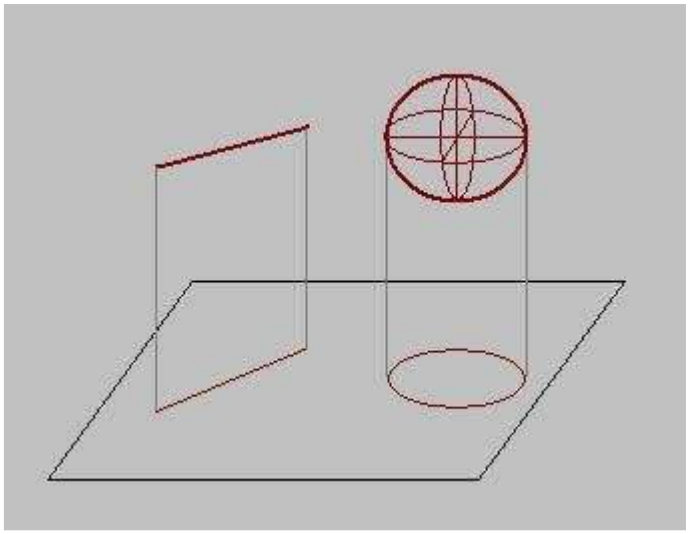
PROYECCIONES

1. PROYECCIONES Elemental

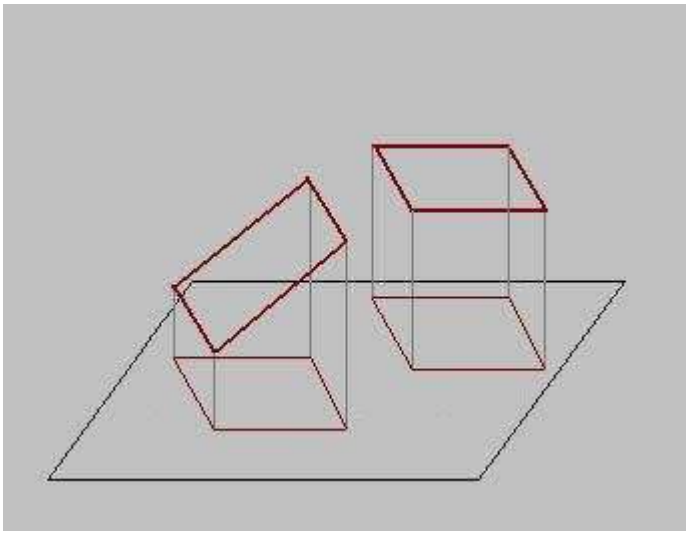
El concepto de **proyección** es bastante intuitivo si imaginamos la sombra de una farola sobre una calle. En la figura podemos ver como se proyecta un segmento rectilíneo y una esfera sobre una superficie plana.

La proyección de un segmento sobre un plano se obtiene llevando los extremos del mismo a aquél. De forma análoga se obtiene la proyección de cuerpos geométricos más complejos como una esfera.

La proyección permite representar mediante dos dimensiones un objeto que, en realidad, es tridimensional. Sin embargo, la información sobre una de las tres dimensiones se pierde en el proceso.



Obsérvese, por ejemplo, como la proyección de un segmento con diferentes inclinaciones con respecto al plano da lugar al mismo resultado. Por tanto, la proyección del segmento no permite conocer la "verticalidad" del mismo. Se ha perdido esta información salvo que se indique de alguna manera, bien sea de forma numérica (20º, 50º , etc.), bien ideando algún sistema gráfico que nos permita reconocer las diferentes inclinaciones.



En la figura se observa como se proyectan dos planos distintos. Uno de ellos está horizontal, es paralelo al plano de proyección. El otro plano es inclinado. Sin embargo, ambos planos dan lugar a la misma proyección.

Este ejemplo muestra la información que se pierde al proyectar objetos sobre una superficie plana. En este caso la altura del plano inclinado se ha perdido. La pérdida de información al proyectar debe ser compensada con algún sistema que permita recuperarla. Por ejemplo, al intentar proyectar los accidentes del terreno sobre un plano, nos podemos hacer una idea de la dimensión de estos (ancho y largo), pero no podemos saber si el accidente es muy alto o muy profundo. La cartografía ha ideado métodos para proporcionar esta información como son las curvas de nivel que se verán en otro capítulo.

2. PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS Elemental

La tierra puede ser representada a escala mediante una bola donde podemos pintar con todo el detalle que podamos los continentes y sus países. No hemos descubierto nada nuevo, hemos hecho la típica "bola del mundo".

Sin embargo, a nadie se le ocurre llevar este artilugio en el coche para ir de Madrid a Paris, por ejemplo. En efecto, la representación es demasiado pequeña. Se podría hacer una bola del mundo mucho más grande (por ejemplo, de 5 metros de diámetro) pero aún así no tendría todo el detalle que necesitamos y, sobretodo, no nos cabría en el coche.

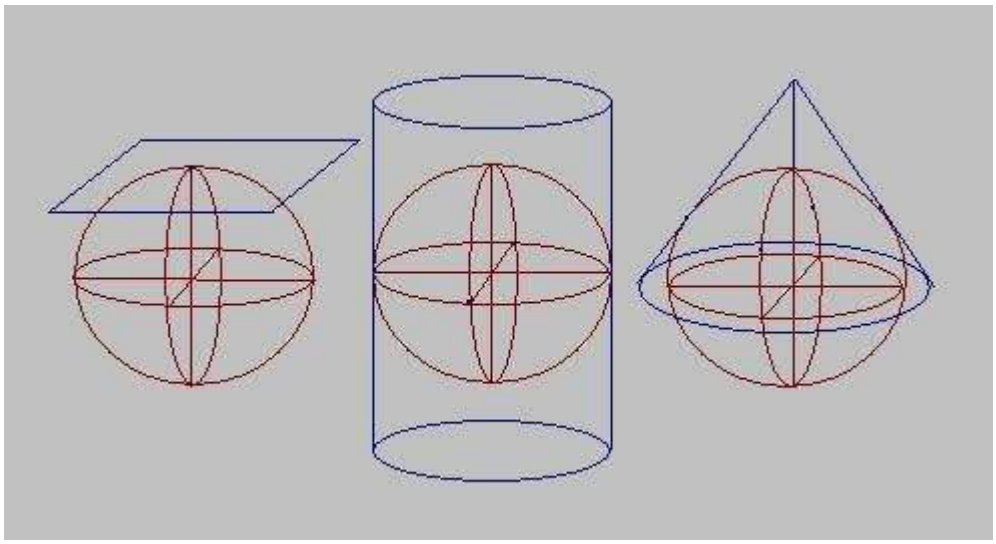
Llegamos a la conclusión que lo que necesitamos es una representación de la superficie terrestre sobre un papel, esto es lo que llamamos un mapa, pero nos encontramos con un problema. La tierra es un elipsoide y el papel es plano. ¿ Cómo podemos proyectar la tierra sobre un plano ?

Para resolver este problema, los cartógrafos han ideado varios sistemas de proyección que podemos clasificarlos en tres tipos fundamentales:

- **Proyecciones Planas o gnomónicas**: Se obtienen colocando un plano tangente a la tierra en un punto y proyectando los puntos de está sobre aquél. Es la más antigua (600 a.d.c) conocida.

- **Proyecciones cilíndricas**: Se obtienen al rodear la superficie terrestre mediante un cilindro a modo de canuto, proyectando cada punto de la tierra sobre é

- **Proyecciones cónicas**: Se obtiene al rodear la superficie terrestre mediante un cono a modo de cucurucho de modo que el eje del cono pasa por el centro de la tierra.

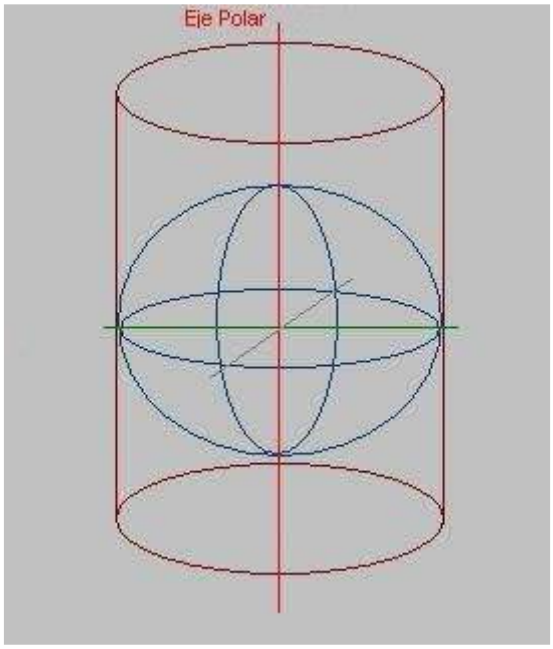


- Proyecciones : Plana, Cilíndrica y Cónica -

3. PROYECCIÓN CILÍNDRICA Elemental

La proyección cilíndrica representa la superficie terrestre mediante un cilindro que inscribe a la superficie terrestre. Si el eje de este cilindro se hace coincidir con el eje polar se obtiene una representación fidedigna del ecuador que es el punto de tangencia de la esfera y el cilindro. Sin embargo, a medida que nos alejamos del ecuador va apareciendo una deformación que se hace muy notable en las inmediaciones de los polos. Por ello no puede ser utilizado para latitudes elevadas (proximidad de los casquetes polares).

Este sistema es el típico usado por muchos "mapamundis". La deformación se pone de manifiesto al fijarse en que Groenlandia, por ejemplo, posee un tamaño descomunal en comparación con el continente europeo, cuando en realidad no es así. A medida que nos alejamos del ecuador hacia los polos, el tamaño de los continentes se alarga en dirección ecuatorial.



4. PROYECCIÓN U.T.M. (Universal Transverse Mercator) Elemental

La proyección U.T.M. es un tipo particular de proyección cilíndrica muy utilizada. Posee las siguientes características:

- Es una proyección cilíndrica: Se obtiene proyectando el globo terráqueo sobre una superficie cilíndrica.

- Es una proyección transversa: El cilindro es tangente a la superficie terrestre según un meridiano. El eje del cilindro coincide, pues, con el eje ecuatorial.

- Es una proyección conforme: Mantiene el valor de los ángulos. Si se mide un ángulo sobre la proyección coincide con la medida sobre el elipsoide terrestre.

Las ventajas de esta proyección son las siguientes:

- Los paralelos y los meridianos aparecen representados mediante líneas rectas formando una cuadrícula. El sistema de coordenadas pasa de ser esférico a ser rectangular. Resulta sencillo señalar puntos y trazar rumbos entre ellos.

- Las distancias se miden fácilmente. A distancias pequeñas la línea que une dos puntos es una recta (Esto que parece obvio no lo es tanto. Si pones los dedos entre dos puntos de una bola del mundo verás que la distancia más corta entre ellos es una línea curva trazada sobre la superficie terrestre).

- Para áreas pequeñas se conserva la forma de los accidentes geográficos sin deformación significativa.

- Los rumbos y las direcciones se marcan con facilidad .

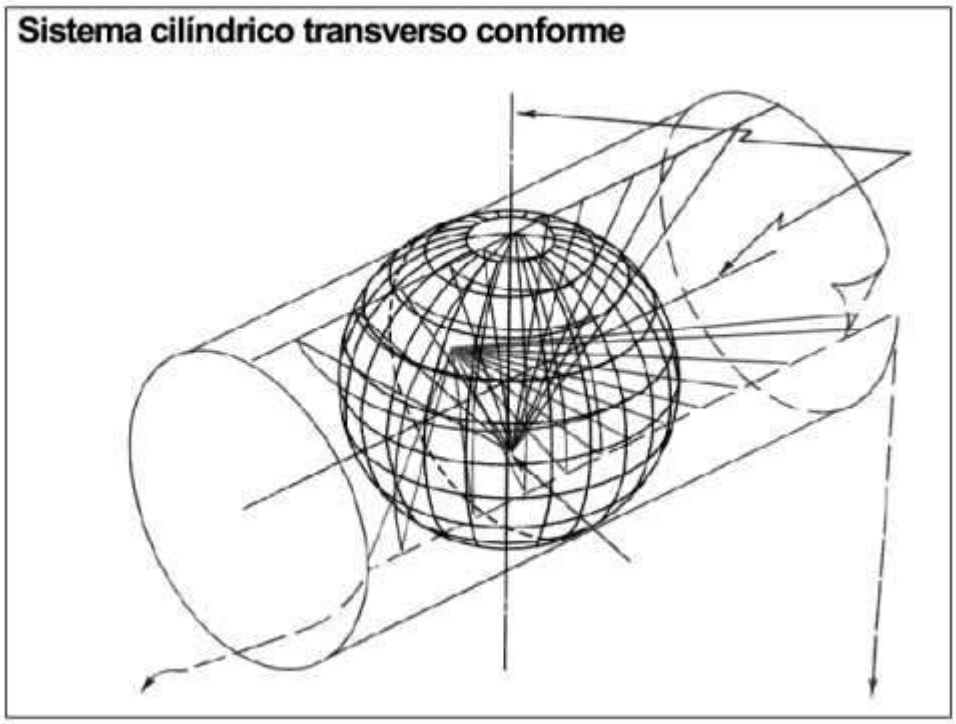
Como principales inconvenientes señalar que:

- No existe una uniformidad en la escala de distancias. Las distancias se agrandan a medida que nos separamos del punto de tangencia esfera-cilindro en la dirección perpendicular al cilindro.

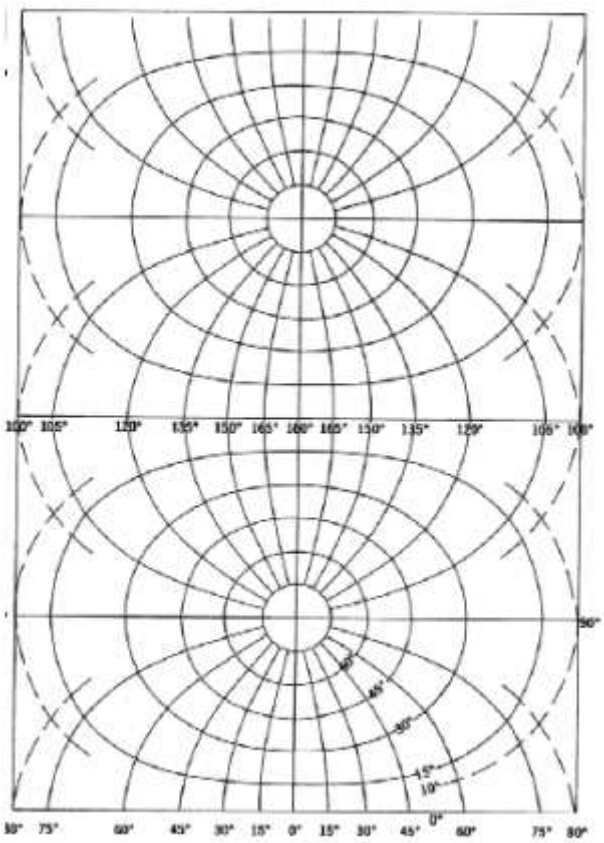
- En latitudes elevadas, alejándonos del punto de tangencia, la deformación es cada vez más importante.

- No se guarda proporción entre las superficies a diferentes latitudes.

- No se pueden representar las zonas polares.



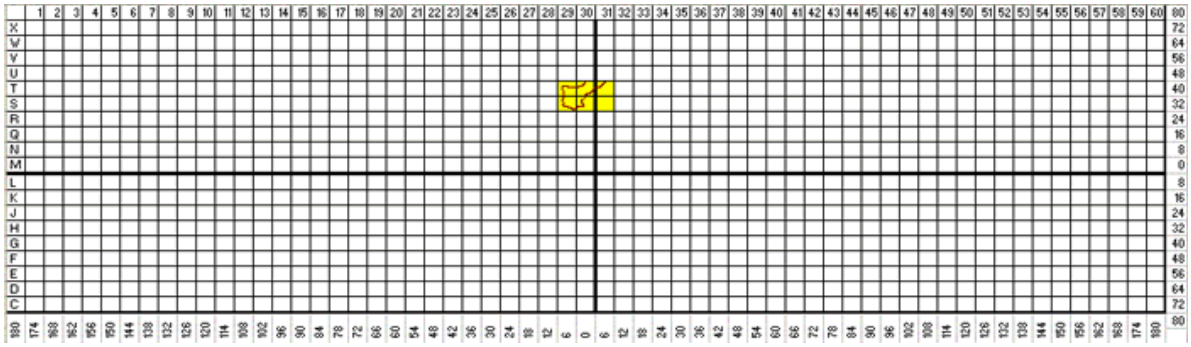
Las siguiente figura muestra el resultado de la proyección U.T.M. sobre el meridiano de Greenwich (En la parte superior el hemisferio correspondiente al antimeridiano 180º y en la parte inferior el hemisferio correspondiente al propio meridiano 0º):



Estudiándolo un poco podemos ver como aumenta la deformación a medida que nos alejamos del meridiano (centro de la imagen), y como dejan de mantenerse las distancias.

5. HUSOS Elemental

Para resolver el problema de la deformación de la proyección U.T.M. a medida que nos alejamos del meridiano de tangencia lo que se ha hecho es subdividir la superficie terrestre en 60 husos o zonas iguales de 6 grados de longitud. Con ello resultan 60 proyecciones iguales, pero cada una con su respectivo meridiano central. Cada Huso debe imaginarse como un gajo de una naranja.



Los Husos se numeran del 1 al 60 comenzando desde el antimeridiano de Greenwich (180 º) hacia el Este. De este modo el Huso comprendido entre 180º W y 174º W es el primero. El huso comprendido entre 6º W y 0º E es el 30. En este huso queda el cuadrante Nororiental de la península.

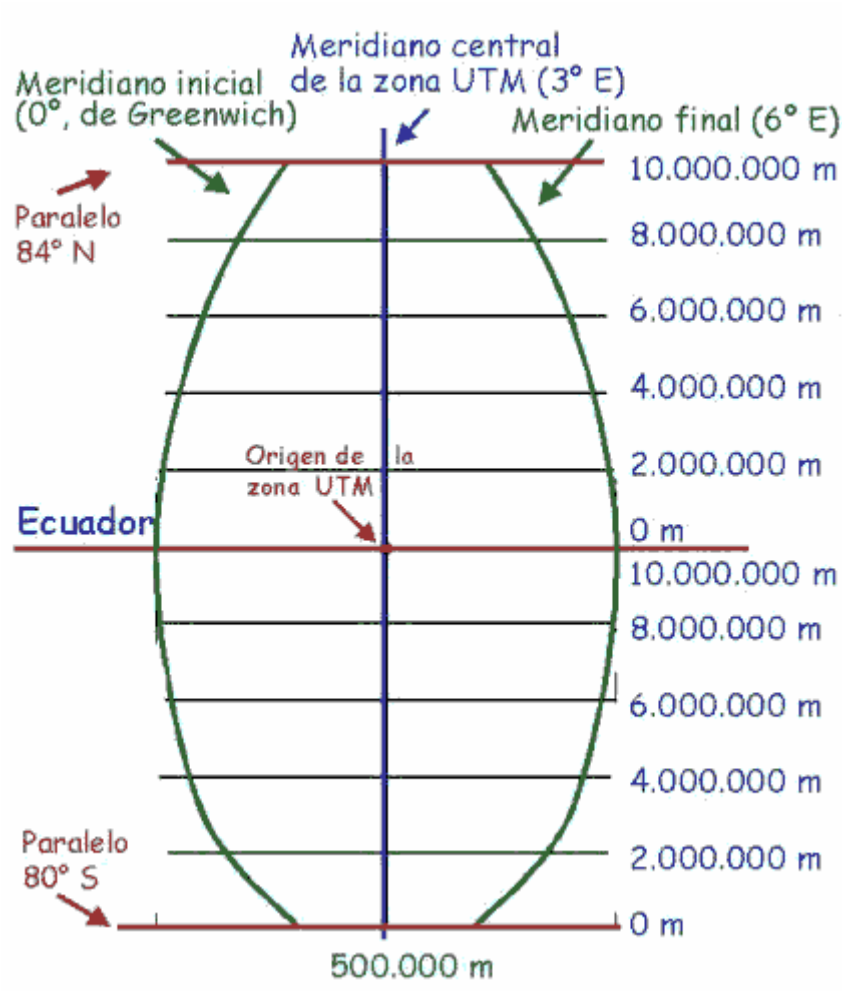
A su vez dentro de cada huso se establece un división en zonas. Cada zona posee 8º de Latitud y 6º de Longitud, y se designa con el número de su huso y una letra mayúscula. El resultado final es una cuadrícula como la que se muestra en la figura: La **cuadrícula U.T.M** (**C.U.T.M**).

Para denominar las zonas se usa, como se ha dicho una letra mayúscula. Para ello se ha seguido la dirección de Sur a Norte y se ha empezado por la letra C siguiéndose el alfabeto suprimiéndose las vocales y las letras que pueden confundirse con un número (la B, la O) y la letra P. Las zonas entre la M y la X corresponden al hemisferio Norte, y al hemisferio Sur las restantes. Como excepción, la zona X, posee 12º de latitud y se extiende desde los 72º N hasta los 84º N.

En la figura se observa que la península ibérica queda dentro de 6 zonas: 29T,30T, 31T, 29S, 30S y 31S.

6. GEOMETRIA DEL HUSO Intermedio

Consideremos, a modo de ejemplo, el Huso 31, que se extiende desde los 0º a los 6º E. Este huso como, cualquier otro, posee un meridiano denominado central que lo divide en dos partes exactamente iguales. Su longitud será de 3º E. Este meridiano central es el que se utiliza en la proyección U.T.M. del huso.



La proyección U.T.M., por las razones ya mencionadas, no recogen latitudes superiores a los 84º N y a los 80º S. La primera zona, de letra X, aparece entre los 84º N y los 72º N de latitud, y la última, con la letra C, entre los 72º S y los 80º S.

En la figura se ilustra el resultado de proyectar el huso 31 según su meridiano central (3º E). Como se ve este lo divide en dos partes iguales. Esto permite establecer dos ejes cartesianos X e Y sobre el huso, de tal manera que el eje X es el ecuador y el eje Y el meridiano central. Estos ejes cartesianos permiten, pues, determinar puntos sobre el Huso haciendo uso de dos coordenadas rectangulares X e Y, que se denominan **coordenadas U.T.M**.

El origen del sistema de coordenadas U.T.M se encuentra en la intersección del Ecuador con el meridiano central del Huso. Cada Huso, pues, posee su propio origen de coordenadas.

La idea de las coordenadas U.T.M. es que sus dos valores X e Y siempre sean positivos. Por ello no se han elegido las coordenadas X=0 e Y=0 para el origen.

La distancia del paralelo 84ºN al ecuador se puede calcular según lo visto en el tema anterior:

$$d = k \cdot \varphi = 112'3 \cdot 84 = 9433'2 \text{ Km}$$

Por ello si se define el valor Y=0 para el ecuador podemos obtener valores de coordenadas Y inferiores a 10.000 Km en el hemisferio Norte. El valor de la coordenada Y irá creciendo en el hemisferio Norte a medida nos alejamos del ecuador. Para el hemisferio Sur se ha optado por dar un valor de Y=10.000 Km al ecuador que disminuye a medida que nos alejamos del mismo.

Para la coordenada X del meridiano central se ha elegido el valor X=500 Km. La máxima separación del mismo es de 3º, lo que corresponde a una distancia de:

$$d = k \cdot \Delta\lambda = 112'3 \cdot 3 = 336'9 \text{ Km}$$

lo que nos asegura coordenadas siempre positivas, pues X oscilaría entre 500-336'9 = 163'1 y 500+336'9 = 836'9 Km.

7. CÁLCULO DE LA ZONA UTM Avanzado

Dado un punto de la superficie terrestre de latitud y longitud conocidas resulta importante determinar la zona U.T.M. a la que pertenece y cual es su meridiano central, valor que denominaremos λ_O.

Si llamamos λ a la longitud del punto, la cantidad:

$$\text{Huso} = \text{Ent} \left((\lambda + 180) / 6 + 1 \right)$$

Nos da, a priori, el número de huso, donde Ent(x) es la función que devuelve la parte entera de un número x.

En efecto, para λ= 0ºse tiene que:

$$Huso = Ent\ (\ (0 + 180\ )\ /\ 6 + 1\ ) = Ent\ (\ 180\ /\ 6 + 1) = Ent\ (\ 30 + 1\ ) = 31$$

Para λ= -6ºse tiene que:

$$Huso = Ent\ (\ (-6 + 180\ )\ /\ 6 + 1\ ) = Ent\ (\ 174\ /\ 6 + 1) = Ent\ (\ 29 + 1\ ) = 30$$

Para λ= 174ºse tiene que:

$$Huso = Ent\ (\ (\ 174 + 180\ )\ /\ 6 + 1\ ) = Ent\ (\ 354\ /\ 6 + 1) = Ent\ (\ 59 + 1\ ) = 60$$

Para λ= 180ºse tendría que:

$$Huso = Ent\ (\ (\ 180 + 180\ )\ /\ 6 + 1\ ) = Ent\ (\ 360\ /\ 6 + 1) = Ent\ (\ 60 + 1\ ) = 61$$

Cuando en realidad es 60. Para corregir este defecto:

$$Huso = Ent\ (\ (\lambda + 180\ )\ /\ 6 + 1\ ) - Ent\ (\ (\lambda + 180\ )\ /\ 360\ )$$

Es la expresión final para la determinación del Huso al que pertenece un punto de longitud conocida.

Sin embargo, existen dos excepciones a tener presentes en latitudes elevadas:

- Si $56 <= \varphi < 64$ y $3 <= \lambda < 12$, el Huso es el 32.
- Si $72 <= \varphi < 84$ y

  $0 <= \lambda < 9$, el Huso es el 31.
  $9 <= \lambda < 21$, el Huso es el 33.
  $21 <= \lambda < 33$, el Huso es el 35.
  $33 <= \lambda < 42$, el Huso es el 37.

El valor del meridiano central del huso será:

$$\lambda_O = (\ Huso - 1\ ) \cdot 6 - 180 + 3$$

o sea:

$$\lambda_O = (\ Huso - 1\ ) \cdot 6 - 177$$

Para calcular la zona UTM bastará con fijarse en el valor de la latitud φ del punto y asociar la letra correspondiente.

Ej: Obtener la zona UTM correspondiente al punto de coordenadas geográficas 31ºN y 121ºE.

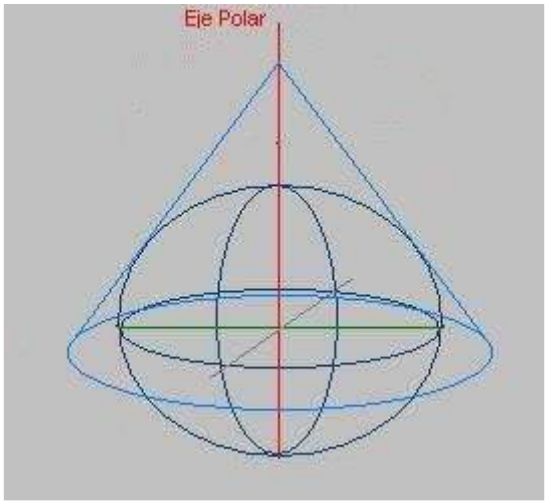
El huso es:

Huso = Ent ((λ + 180) / 6 +1) – Ent ((λ + 180) / 360)
Huso = Ent ((121 + 180) / 6 +1) – Ent ((121 + 180) / 360) = 51

y la zona para la latitud de 31ºN es la R. Luego la designación de la zona UTM para este punto es 51R.

8. PROYECCIÓN POLAR Elemental

Para representar las regiones polares se hace uso de un tipo de proyección cónica en la que el eje del cono se hace coincidir con el eje polar terrestre. Este tipo de proyección se denomina proyección polar.



En la figura se observa la manera de obtener la proyección polar.

La deformación aumenta a medida que nos alejamos del eje del cono y, por tanto, de los polos, pero permite representar adecuadamente la región entre los 80ºy los 90ºde latitud ya sea Norte o Sur.

El sistema de proyección polar usado comúnmente es el llamado U.P.S. (Universal Polar Stereographic) o proyección estereográfica polar universal.

TEMA 3

MAPAS

1. CONCEPTO DE MAPA Y SUS TIPOS Elemental

Se llama **mapa** a toda representación de la superficie terrestre o de una parte de ella en una superficie plana.

Las características principales de un mapa son:

- Un mapa es una representación reducida (a escala) del territorio.
- Un mapa es una representación resumida del territorio. No aparece en él todos los detalles, sólo los que se han considerado importantes o de interés.
- Un mapa es una representación esquemática. Se usan signos convencionales para indicar los detalles.

Existen diferentes tipos de mapas según su uso. Podemos citar algunos ejemplos:

- **Mapas de Carreteras** : Útiles para desplazarse de un lugar a otro en automóvil o en bicicleta a través de la red de carreteras de una región o país. Señalan las carreteras por su importancia, los puertos de montaña (puntos altos en la carreteras), las localidades por donde pasan, puntos de interés paisajístico (llamados vistas panorámicas), en ocasiones la posición de las gasolineras, etc. Además suelen incluir alguna información geográfica bastante general como los límites provinciales, sierras y macizos montañosos importantes con alguna cumbre destacable, ríos importantes, así como algunas construcciones y parajes destacables de interés eminentemente turístico. Tienes un ejemplo aquí.
- **Mapas topográficos** : Útiles para desplazarse por cualquier terreno con suficiente grado de detalle, especialmente en las zonas montañosas. Además de la información que suministran los mapas de carreteras su principal característica es la de representa el relieve de una región. Tienes un ejemplo aquí.
- **Mapas Técnicos específicos** : Mapas detallados que representa alguna característica particular de la zona como puede ser su vegetación (mapas de vegetación) o su constitución geológica (mapas geológicos).
- **Mapas o Cartas Naúticas**: Útiles para la navegación marítima. Señalan las profundidades, el relieve de las costas, las islas, los rumbos de navegación y de entrada a los puertos, etc.

2. MAPAS TOPOGRÁFICOS Elemental

Para el excursionista y montañero, los mapas topográficos serán los de mayor utilidad, ya que le ayudarán a planificar con antelación sus itinerarios para luego poderlos llevar a la práctica sobre el terreno.

Los mapas topográficos típicos son los editados por el Servicio Geográfico del Ejército (S.G.E.) que cubren toda la superficie del territorio español tanto insular como peninsular. En este manual nos referiremos fundamentalmente a ellos.

Señalaremos que el S.G.E. edita sus mapas a varias escalas constituyendo series:

Serie	Escala
V	1:25.000
L	1:50.000
C	1:100.000
2C	1:200.000
4C	1:400.000
8C	1:800.000

Observar que el origen de esta nomenclatura yace en los números romanos.

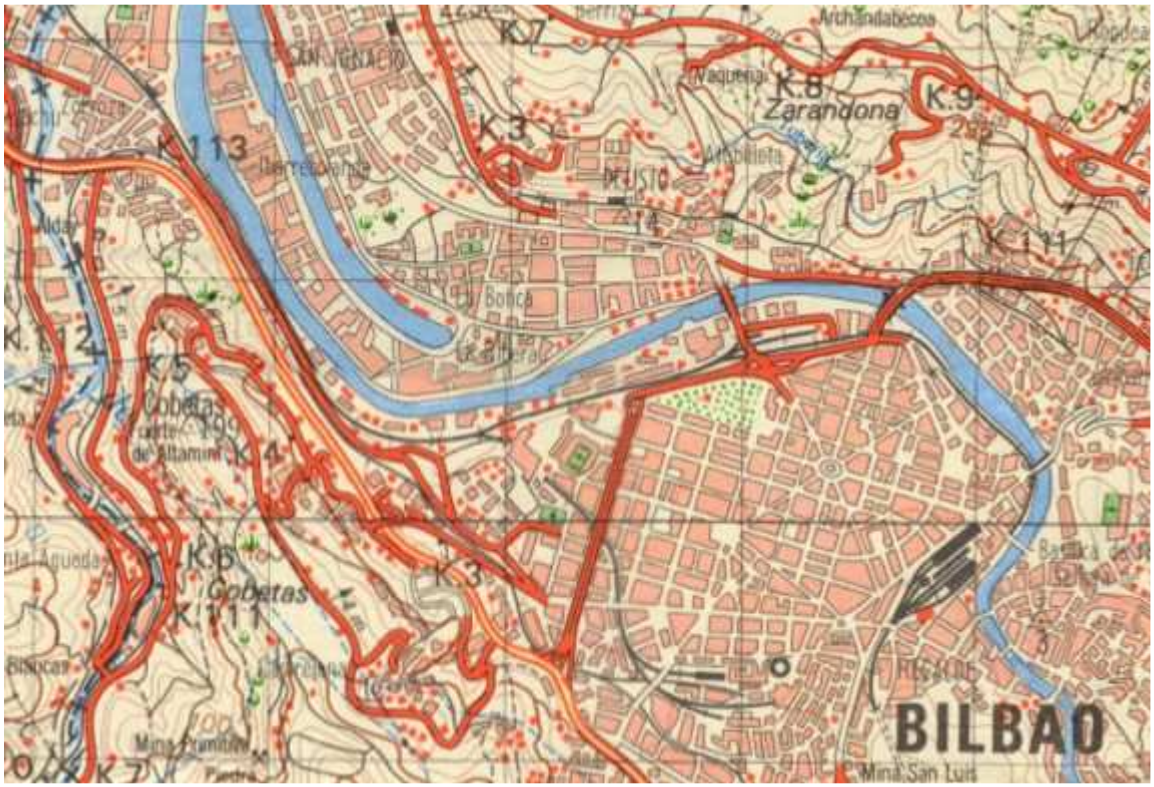
Nosotros necesitaremos los de la denominada serie L (escala E=1:50.000). Esta escala puede ser suficiente pero si necesitamos más detalle nos tendremos que ir a la serie V (escala E=1:25.000).

Cada mapa del S.G.E. recibe el nombre de hoja. Una hoja de la serie L cubre un territorio aproximado de unos 28 Km. en dirección E-W por unos 18 Km. en dirección N-S. Para completar todo el territorio nacional se han necesitado 1.130 de estas hojas.

A su vez cada hoja de la serie L se divide en 4 hojas de la serie V. Por ello, una hoja de la serie V cubre un territorio aproximado de 14 x 9 Km, solamente.

Además de estos mapas, existen editoriales especializadas en cartografía de zonas montañosas de la península como es el caso de la Editorial-Alpina. Los mapas de esta editorial cubren todos los Pirineos, Picos de Europa, Sistema Central (Sierra de Guadarrama, Gredos, La Pedriza), Sierra Nevada, Sierra de Cazorla, Cabo de Gata, entre otros lugares. La escala oscilan entre 1:25.000 y 1:50.000, siendo muy frecuentes 1:25.000 y 1:40.000.

Otra fuente de cartografía es la publicada por las diputaciones y gobiernos autónomos.



3. INFORMACIÓN QUE DAN LOS MAPAS TOPOGRÁFICOS Elemental

Si nos fijamos verdaderamente en un mapa topográfico podemos ver la gran cantidad información que puede proporcionar este. Podemos agrupar toda esta información en varios grupos:

- Núcleos de población y Construcciones Aisladas.
- Vías de Comunicación: Carreteras, Caminos y Ferrocarriles.
- Hidrografía: Costas, Lagos, Ríos, Arroyos, etc.
- Límites Administrativos.
- Toponímia.
- Vegetación.
- Coordenadas.

4. SÍMBOLOS CONVENCIONALES E INFORMACIÓN MARGINAL Elemental

Para representar los diferentes elementos sobre el mapa se usa una representación simplificada de estos que recibe el nombre de **símbolo convencional**. Estos signos son más o menos los mismos en todos los mapas aunque puede haber variaciones. Normalmente se intenta que su interpretación sea simple con un golpe de vista.

Para informar al lector de los símbolos convencionales que se han usado en un mapa se hace un esquema de los mismos en un margen del mismo. Se trata de la información marginal o leyenda. El análisis de un mapa debe empezar siempre por aquí, ya que de otro modo no sabremos que información proporciona el plano.

A continuación iremos viendo por partes muchos de los símbolos convencionales que se usan en los mapas topográficos.

5. NÚCLEOS DE POBLACIÓN Y CONSTRUCCIONES AISLADAS Elemental

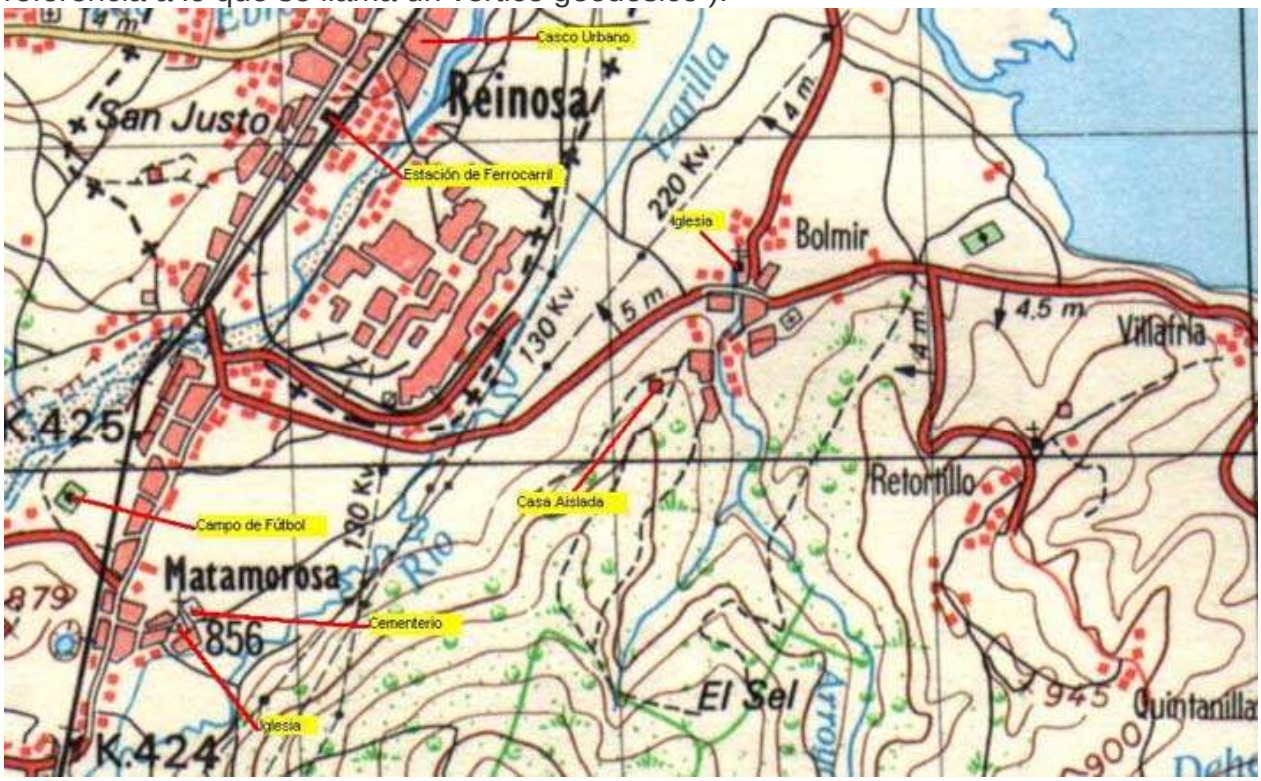
En un mapa topográfico no faltará la indicación de los núcleos de población como ciudades, pueblos o pequeñas aldeas, así como construcciones que, a menudo, suelen aparecer aisladas, es decir más o menos desligadas de los núcleos de población, como es el caso de los caseríos aislados, cortijos, cabañas, refugios, ermitas, castillos o faros marítimos. Algunas de estas construcciones particulares si que suelen situarse lindantes o incluidas dentro de la población como es el caso de muchos iglesias, cementerios, monumentos, escuelas o campos de fútbol que, en cualquier caso, también suelen aparecer representados mediante símbolos fácilmente identificables.

Las localidades con mayor número de habitantes suelen ser representadas mediante un vago esquema callejero denominado casco urbano. Los pueblos más pequeños se indican mediante un conjunto de edificaciones aisladas, entre las que suelen destacar algunas particulares como la iglesia o el cementerio.

En la figura se muestran algunos de los símbolos convencionales más relevantes empleados para la representación de núcleos de población y construcciones aisladas en los mapas topográficos.

Para algunas poblaciones se indica mediante unas cifras la altitud sobre el nivel a la que se sitúa. Para establecer esta altitud se suele tomar algún edificio de referencia relevante, normalmente la iglesia. En este caso particular se

representa la iglesia en el interior de un triángulo (Este triángulo hace referencia a lo que se llama un vértice geodésico).



Obviamente junto a la población se indica su nombre. Este se rotula con una tipografía en relación con el número de habitantes que posee, ya que esto define en menor o mayor medida su importancia.

6. CARRETERAS Y CAMINOS Elemental

Las carreteras y los caminos permiten comunicar los núcleos de población. En otros casos permiten dar acceso a determinados lugares como fincas, la presa de un embalse, un refugio forestal en el bosque o la cumbre de una montaña.

En cuanto a las carreteras cabe decir que pueden ser de diversa importancia lo que permite clasificarlas en distintas categorías: Autopistas, Autovías, Carreteras Nacionales, Carreteras Comarcales, Carreteras Locales y Caminos Vecinales. Sobre estas carreteras pueden aparecer ciertos elementos constructivos como los puentes o las gasolineras, que también se suelen señalizar.

Para señalar los caminos se suele usar una línea fina continua y una línea fina discontinua. En el primer caso se suele hace referencia a un camino carretil como una parcelaria, una pista de grava o incluso revestida de hormigón. La línea discontinua evidencia, en principio, un camino forestal en peores condiciones que el anterior. Suelen ser caminos usados para las labores de explotación del bosque. En muchas ocasiones estos caminos se cierran y acaban convertidos en estrechas sendas que invadidas por la vegetación tienden a desaparecer de no ser usadas por montañeros y cazadores.

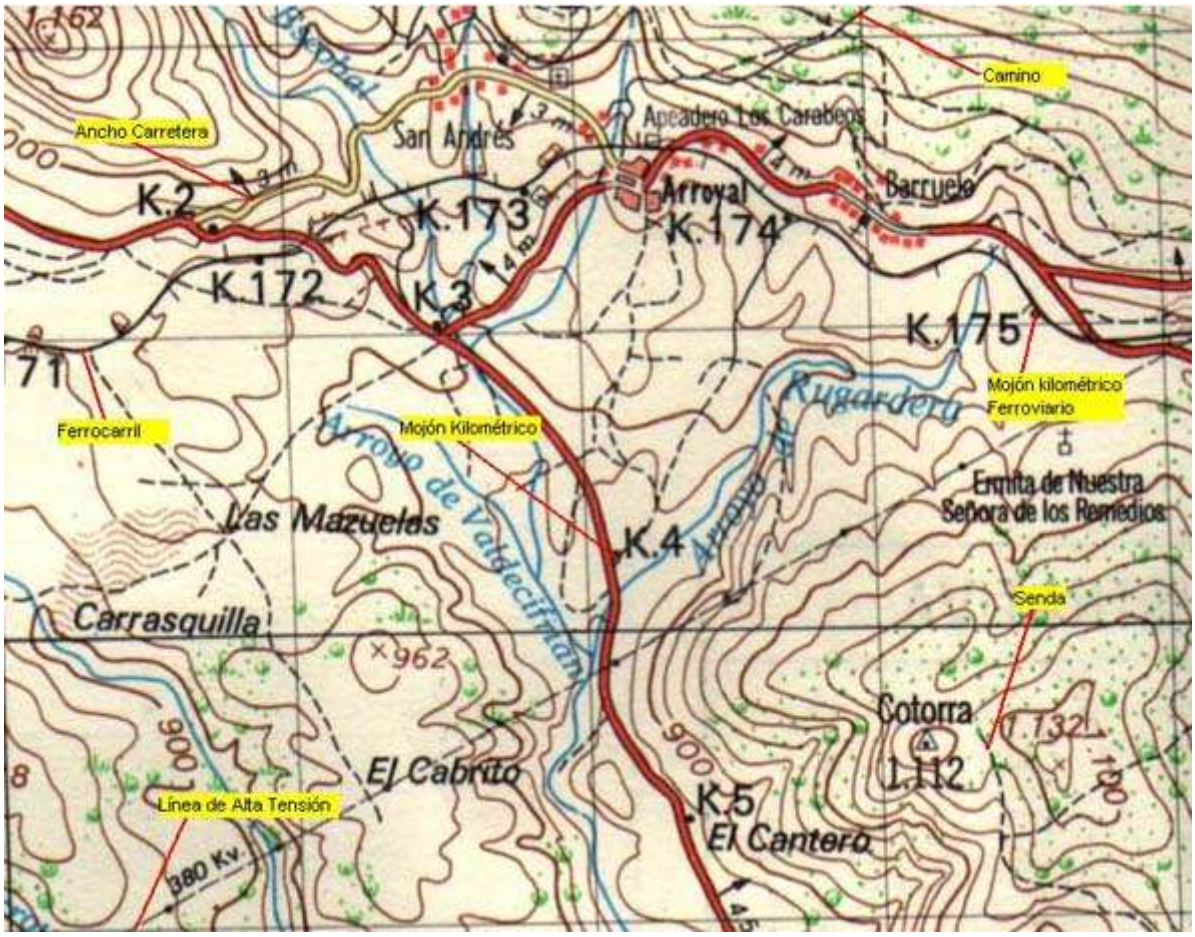
La apertura de nuevas pistas forestales en las montañas es, por desgracia, una realidad. Por ello, no podemos esperar que todas ellas se plasmen en un plano no actualizado. Además estas nuevas pistas, que suelen tener mejores trazados, sustituyen a otras antiguas, en peor estado, que quedan en desuso. Esto significa que la red de caminos en una montaña sometida a una explotación forestal puede ser bastante extensa y muy confusa para el caminante que la recorre, que no podrá encontrar en el mapa la salida a su particular laberinto.

En la figura se muestran los símbolos convencionales más usados para la representación de carreteras y caminos.

También se muestran los símbolos utilizados para señalar los distintos elementos que pueden encontrarse en una carretera como los mojones kilométricos, los puentes y las gasolineras.

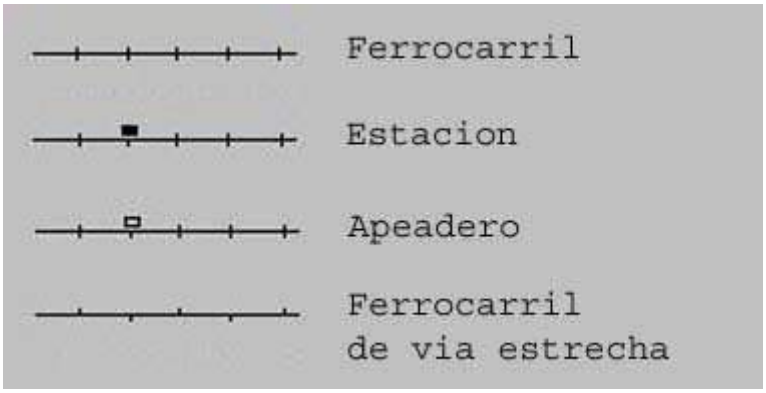
La categoría de la carretera se establece mediante un símbolo en cuyo interior figura la denominación numérica de la vía. También es interesante fijarse en la anchura del carril.

Como puede comprobarse la información acerca de las carreteras que contiene un mapa topográfico es superior a la de un mapa de carreteras convencional. Toda la información es útil para marchas tanto cicloturísticas como en montaña. Por ejemplo, gracias a los mojones kilométricos podremos localizar una senda que partiendo de la carretera se interna en la montaña.



7. FERROCARRILES Elemental

Como en el caso de las carreteras, el mapa topográfico puede indicar de una forma muy precisa el trazado de un ferrocarril con sus diversos elementos como son las estaciones y apeaderos o los túneles. También aparecen los mojones que marcan los kilómetros de la vía.



8. HIDROGRAFÍA Elemental

El mapa topográfico contiene información importante sobre la hidrografía de la zona. Bajo este aspecto cabe señalar que en el mapa se reflejan los cursos de

aguas superficiales de carácter natural como los ríos y los arroyos, así como los de carácter artificial como son los canales o las acequias.

Por muchos arroyos la circulación de agua y, sobre todo, su caudal depende de condiciones estaciónales. Esto significa que en época estival podremos no encontrar un arroyo donde el mapa parece señalarlo. Tal vez la vaguada dejada por el torrente o una rambla seca sean los únicos testigos de este paso de agua con carácter intermitente a lo largo del año. Convencionalmente, un curso de agua marcado con un trazo discontinuo pone en evidencia este tipo de arroyos.

Junto con los ríos y arroyos, el mapa suele señalar otros elementos constructivos secundarios. Entre ellos cabe destacar las fuentes, manantiales y pozos, que son importantes en nuestras expediciones a la montaña por indicar eventuales puntos de aprovisionamiento de agua. También se suelen indicar los depósitos de agua utilizados para el suministro a los pueblos y ciudades. Otro elemento constructivo de interés sobre los ríos son los puentes. Si el río es algo ancho puede plantear un serio problema su cruce de no localizar alguno de estos puentes.

Las láminas de agua también se reflejan sobre el mapa. Las podemos dividir en dos grupos: Masas de agua naturales y masas de agua artificiales.

Dentro del primer grupo encontramos los lagos, las lagunas, ibones (Nombre dado en Pirineos a las lagunas glaciares, y que En Cataluña se denominan Estanys). En las regiones montañosas más elevadas se hallan ligadas al relieve glaciar, ocupando valles semicirculares rodeados de cumbres y que se conocen con el nombre de circos. Existen también lagunas en terrenos de meseta y esteparios cuyo origen puede ser fluvial, tectónico o endorreico. Las charcas son masas lacustres de tipo natural mucho más modestas.

En las masas de agua artificiales hay que destacar los embalses. Mucho más pequeñas son las balsas que se suelen usar con fines, generalmente, agrícolas.

En los embalses aparecerá indicada la posición de su presa mediante una línea negra, además, de la altitud sobre el nivel de mar a la que se sitúa la lámina de agua estando el embalse en su nivel medio. También aparecen las eventuales instalaciones para la generación de energía eléctrica con que pueda contar.

Los ríos y arroyos con flujos de agua continuos aparecen como una línea continua. Los arroyos ocasionales o de escaso caudal se representan con un trazo discontinúo. Si el río es más ancho el trazo con el que se representa también suele serlo.

En la siguiente figura se observan algunos de los signos convencionales hidrográficos.

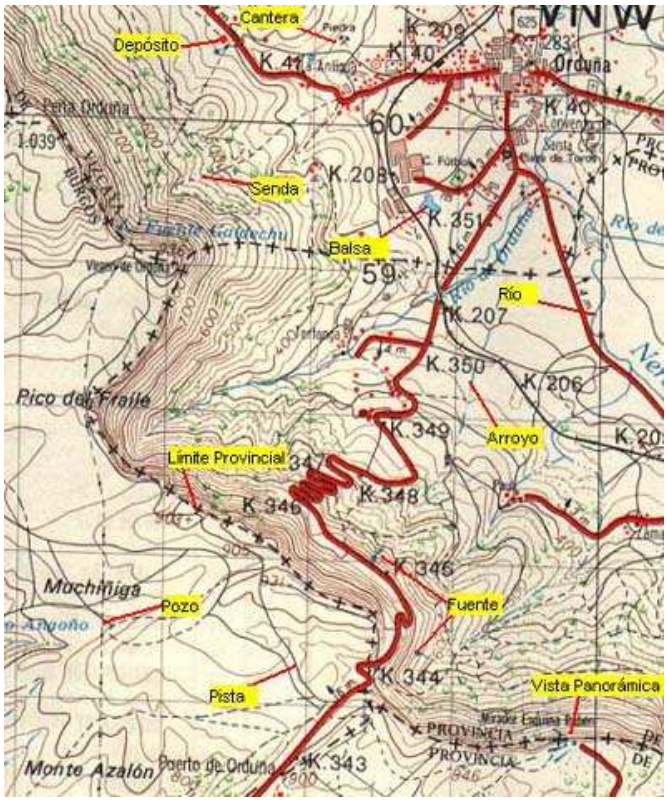
Dentro de los elementos hidrográficos también cabría mencionar los relativos a las costas. El mapa debe reflejar perfectamente el litoral donde aparecerán cabos, ensenadas, calas, playas, acantilados, marismas, así como las construcciones humanas relacionadas al mismo como son los faros. Para la navegación marítima se dispone de cartas específicos que proporcionan una información bien distinta a la de los mapas terrestres como profundidades, naturaleza de los fondos, islotes, escollos, enfiladas o líneas de entrada a los puertos.

9. LÍMITES ADMINISTRATIVOS Y DATOS ESTADÍSTICOS Elemental

Los diferentes tipos de límites administrativos aparecen representados con trazos formados por líneas y cruces. De mayor a menor entidad estos límites son : Fronteras internacionales (+++++++++++), Límites provinciales (-+-+-+-+-+-+-+) y Límites municipales (--+--+--+--+--+).

En la figura se muestran los trazos usados para marcar los diferentes tipos de límites administrativos.

Normalmente en el enclave físico de estos límites podremos encontrar alguna señal característica como mojones de piedra y alambradas, que nos indicarán de manera irrefutable que nos situamos sobre uno de estos límites. Lo cierto es que asociar un límite municipal con una alambrada del tipo ganadera es de lo más común.



Como complemento a esta información, las hojas editados por el S.G.E. suelen tener un cuadro denominado División Administrativa donde figura un esquema territorial de los municipios que se reparten el espacio de la hoja.

- División Administrativa -

Junto con el cuadro de la división administrativa aparece otro cuadro que nos proporciona el censo de población (según el año indicado) para las provincias, municipios y capitales de municipio que poseen territorio en el mapa.

DATOS ESTADÍSTICOS Y ADMINISTRATIVOS		
ENTIDAD	**NOMBRE**	**HABITANTES**
P.	**ÁLAVA**	204.323
M.	**AMURRIO**	7.048
M.	**CUARTANGO**	503
C.M.	Zuazo de Cuartango	117
M.	**VITORIA**	136.873
P.	**BURGOS**	358.075
M.	**BERBERANA**	128
C.M.	Berberana	115
Datos estadísticos están tomados del censo de 1.970		
P.	Provincia	

C.P.	Capital de Provincia
C.P.J	Cabeza de Partido Judicial
M.	Municipio
C.M.	Capital de Municipio

- Censo Estadístico -

10. TOPONIMÍA Elemental

Los núcleos de población, los montes, los valles o los ríos, tienen un nombre propio conocido como topónimo. Cuando estos nombres se aplican a extensiones grandes o accidentes relevantes podemos hablar de un macrotopónimo. Por ejemplo: Miranda de Ebro, Sierra de Aralar o Sistema Ibérico son nombres de este tipo dados a una ciudad, a una sierra o a una cordillera montañosa extensa. Además existe lo que podemos llamar una microtoponímia o toponímia menor que se aplica a parajes o lugares de mucha menor entidad. Tal es el caso de un caserío aislado, una cima en una sierra, un arroyo, un paraje, un barranco o una finca. En general, al lugar donde se aplica un topónimo menor se le suele llamar término. Así se habla " ...en el término del arroyo del Robledal..." o "...en el término del barranco del Espino...", por poner un par de ejemplos.

Los mapas topográficos muestran tanto topónimos muy generales como algunos términos correspondientes a la toponimia menor.

En los mapas del S.G.E., la macrotoponimía es bastante acertada salvo algunas ortografías que no se corresponden en ocasiones con la lengua original de procedencia del término (Así podremos encontrar con nombres en Catalan, en Euskera o en Gallego con una ortografía correspondiente a la lengua castellana pero diferente a la que dictan las normas de estos idiomas, por ejemplo). En el caso de la toponimia menor hay que decir que resulta mucho menos fiable, ya no sólo ortográficamente sino en su propia veracidad. Es decir, encontraremos muchos términos incorrectos, otros mal ubicados, etc, pero en cualquier caso son a tener en cuenta.

La experiencia me dice que las denominaciones de barrancos, arroyos y ríos menores suelen ser las más acertadas. También de corrales o caseríos. Esto se debe a que son fácilmente localizables. Lo mismo cabe decir para cumbres principales. En el caso de parajes o cumbres secundarias la mayor dificultad para su localización hace que los topónimos que se le aplica tengan mayor incertidumbre.

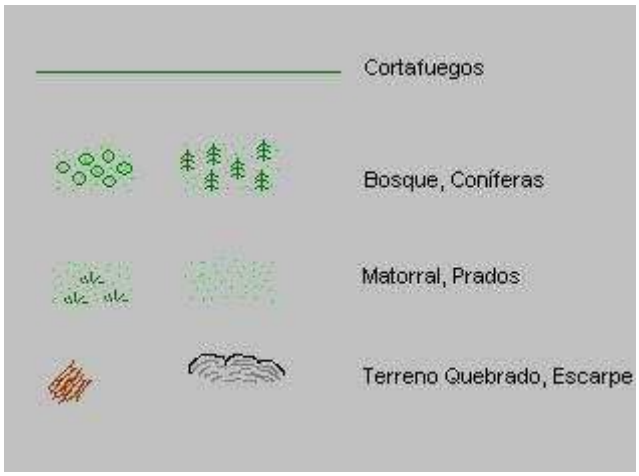
En el caso de los nombres de núcleos de población hay que indicar que se sigue la convención de rotular con letras de mayor tamaño las localidades con mayor número de habitantes. Algunos mapas muestran esta correspondencia entre tipografía y habitantes.

11. VEGETACIÓN Elemental

Existen mapas específicos que describen de forma precisa la vegetación de una zona. Los mapas topográficos sólo pretenden mostrar, en el mejor de los casos, el uso general del suelo (agrícola, forestal, urbano, etc) o, simplemente, una ligera idea de la situación de las principales masas forestales. Para ello se emplean símbolos gráficos de color verde con la forma de un árbol característico. Una conífera podría representar una repoblación de pinos, un árbol más redondeado puede representar un bosquete de encinas o una masa de frondosas como un hayedo, un símbolo de matorral salpicado de puntos verdes puede ser vegetación de monte bajo, puntos verdes dispersos podrían hacer referencia a pastizales, praderas o brañas. En cualquier caso habrá que examinar la información marginal del propio plano para poder interpretar correctamente estos signos, pero puede resultar muy útil hacer uso de la bibliografía existente sobre la zona (de no disponer de mapas de vegetación) para conocer de forma más precisa los tipos de masas forestales que encontraremos.

A muchos les puede resultar una mera curiosidad ecológica la información sobre la vegetación, pero lo cierto es que quien ha andado frecuentemente por la montaña sabe que no es lo mismo desplazarse por un limpio hayedo que por una ladera bien tapizada por espeso matorral. Y es que la vegetación es la que, a menudo, impone su ley e impide que muchas montañas o collados sean accesibles por todas sus vertientes. La vegetación que se instala de forma natural sobre las vertientes septentrionales y meridionales de una montaña suele ser en muchos casos bastante distinta, y puede ser fundamental para llevar a cabo una travesía con éxito por la montaña. Pongamos el ejemplo que en el Norte peninsular los bosques que sufren una mayor influencia atlántica, sobre las vertientes septentrionales, suelen ser más fáciles de recorrer que los bosques y laderas de influencia más mediterránea, instalados sobre las vertientes meridionales, con más sotobosque.

Finalmente indicar que en tono, también, verde se suelen representar los cortafuegos, feas cicatrices sobre las montañas pero que, a menudo, pueden constituir una vía rápida (a veces la única) para desplazarse de un lugar a otro en una montaña.



12. SISTEMAS DE COORDENADAS Elemental

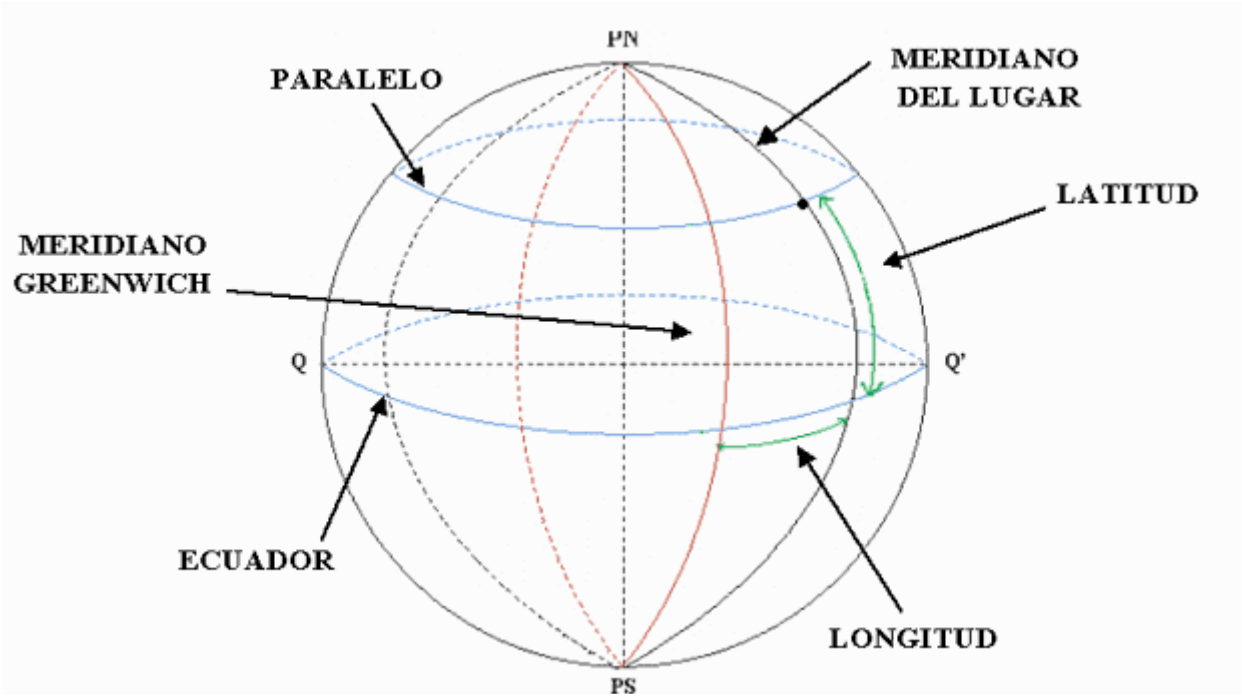
Para señalar un punto exacto del mapa se debe usar algún sistema que permita referenciar puntos. Es en este punto donde hacen su aparición los **sistemas de coordenadas**.

Existen diversos sistemas de coordenadas pero los más utilizados son dos:

- Sistema de coordenadas geográficas.
- Sistema de coordenadas rectangulares U.T.M.

13. SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICO Elemental

El sistema de coordenadas geográfico ya ha sido examinado anteriormente.



Recordaremos que cada punto de la superficie terrestre se representa mediante dos magnitudes angulares denominadas latitud y longitud. La primera expresa la separación en grados, minutos y segundos del paralelo que pasa por ese punto y el ecuador. La segunda expresa la separación angular entre el meridiano que pasa por ese punto y el meridiano tomado como referencia.

En cualquier caso todo mapa debería señalar el meridiano que se toma como referencia ya que podría ser distinto al de Greenwich. Esto ocurre en mapas de ciertos países que todavía siguen referenciando los meridianos con respecto al que pasa por la capital del mismo. En mapas antiguos de España se pueden encontrar las referencias al meridiano de Madrid.

En las hojas del S.G.E. aparece la leyenda:

Longitudes referidas al meridiano de Greenwich

lo que no dará lugar a equívocos.

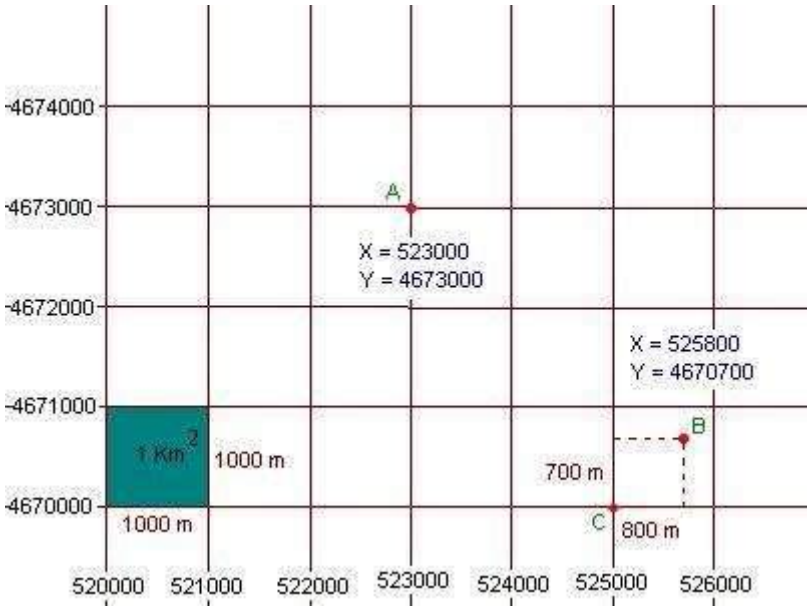
Comentar que algunos mapas poseen una cuadrícula donde se representa los paralelos y meridianos con cierto intervalo.

En las hojas del S.G.E. de la serie L (E=1:50.000) se muestra en cada esquina del plano sus coordenadas geográficas. Luego se coloca una fina marca cada 5'ya sea de latitud o de longitud, pero no se marca cuadrícula alguna que facilite el uso de este sistema de coordenadas. Sin embargo, en las hojas de la serie V (E=1:25.000) no se dibuja tampoco cuadrícula alguna pero se marca cuatro reglas en cada uno de los bordes del mapa que permiten medir con cierta precisión las coordenadas geográficas de cualquier punto del mismo. Las reglas poseen una señal cada 10 segundos.

14. SISTEMA DE COORDENADAS U.T.M. Elemental

Al coger un mapa topográfico como una hoja del S.G.E. de la serie L (E=1:50.000), podemos observar que todo el se encuentra dividido en regiones cuadrangulares de igual extensión formando una cuadrícula que recibe el nombre de Cuadrícula U.T.M (C.U.T.M). Cada cuadrado posee un área de 1 Km cuadrado (1 Km x 1 Km). Esta cuadrícula es, en realidad, un detalle de la cuadrícula que se vio al estudiar el capítulo de las proyecciones.

Para hacer referencia a cada punto de la cuadrícula U.T.M. (Universal Transverse Mercator) se usan dos valores llamados coordenadas. Existe una coordenada X que expresa un valor en metros o en kilómetros sobre la horizontal, mientras que la coordenada Y hace lo propio sobre la vertical del plano.



En la figura se representa un segmento de cuadrícula UTM. Cada cuadrado representa una extensión de 1 Km. x 1 Km. Las coordenada X representa una distancia sobre la horizontal y va tomando los valores en metros : 520.000, 521.000, 522.000, etc., a intervalos de 1.000 m = 1 Km. La coordenada Y representa una distancia sobre la vertical y va tomando los valores en metros 4.670.000, 4.671.000, 4.672.000, etc., a intervalos de 1.000 m = 1 Km.

La posición del punto A se expresa mediante las coordenadas X e Y de su intersección sobre la cuadrícula : X = 523.000, Y = 4.673.000. Este es el caso más sencillo pero no es el más frecuente.

Lo más común es encontrarnos un punto como el B, que no se sitúa en ningún vértice de la cuadrícula. En tal caso nos fijaremos primeramente en el punto C de coordenadas X=525.000 e Y = 4.670.000, en un vértice de la cuadrícula. Ahora debemos medir la distancia horizontal y vertical del punto B al punto C. Si para la distancia horizontal se obtienen 800 m, la coordenada X será 525.000+800=525.800. Si para la distancia vertical se obtienen 700 m, la coordenada Y será 4.670.000+700=4.670.700.

La coordenada X aumenta hacia el Este (hacia la derecha) y la coordenada Y lo hace hacia el Norte (hacia arrriba).

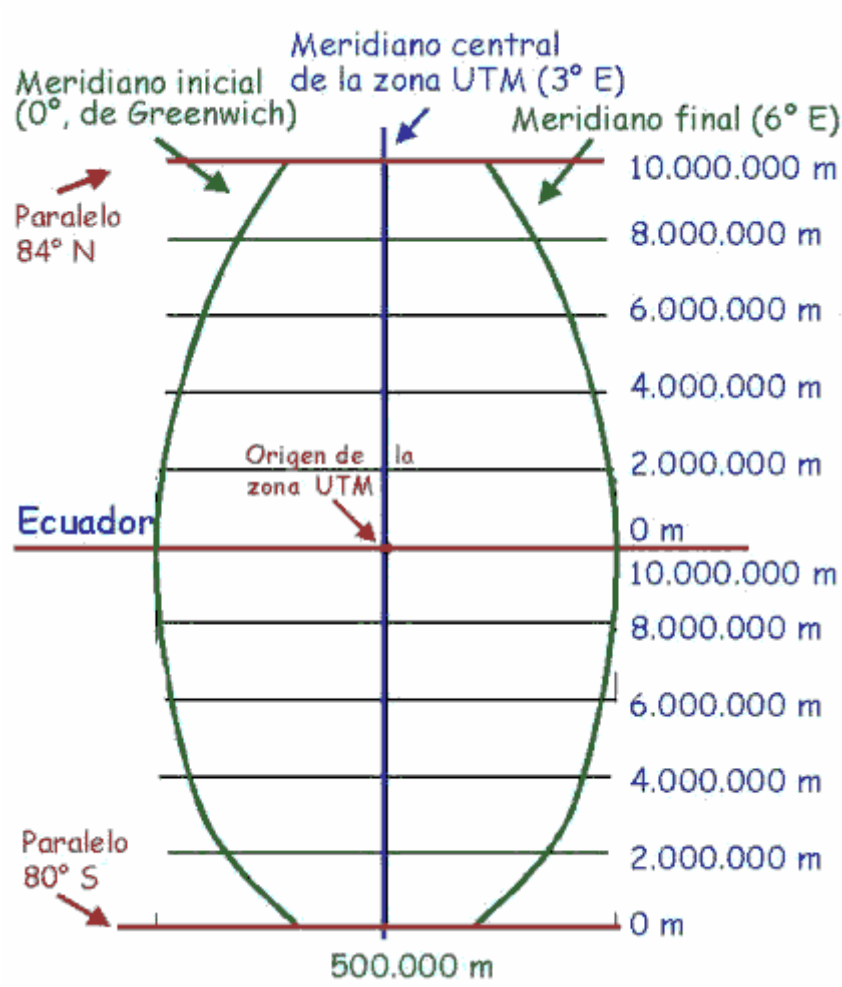
Además de las coordenadas X e Y existe un tercer valor llamado coordenada Z. La coordenada Z para un punto expresa su cota o altitud con respecto al nivel del mar expresada en metros.

Si el punto A se halla a 872 m sobre el nivel del mar, entonces Z=872.

Por tanto, de acuerdo con el sistema de coordenadas U.T.M. cada punto del terreno viene definido por un trío de números, que son las coordenadas X, Y y Z.

15. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS U.T.M Elemental

Aunque ya fue estudiada la geometría del huso en el sistema U.T.M., repasamos en este apartado este concepto para llegar a la descripción del sistema de coordenadas.



Como se estudió, un huso U.T.M. tiene es la porción de superficie terrestre comprendida entre dos meridianos separados por 6º de longitud y los paralelos 84ºN y 80ºS. En el centro del huso se encuentra el meridiano central.

El origen para las coordenadas U.T.M. es la intersección del ecuador con el meridiano central. A esta intersección se le da el valor de coordenadas U.T.M.:

X=500.000 metros y Y=0

Mientras que en el hemisferio Sur es:

X=500.000 metros y Y=10.000.000 metros

Las coordenadas U.T.M. se expresan en unidades de longitud: metros, kilómetros, millas.

La coordenada X disminuye a medida que nos alejamos del meridiano central hacia la izquierda y aumenta al alejarse hacia la derecha. En el hemisferio Norte la coordenada Y aumenta al alejarse del ecuador, pero en el hemisferio Sur resulta ser al revés.

La justificación de estos valores, a priori un poco extraños para el origen de coordenadas U.T.M., es evitar los valores negativos y, también, repetidos en las inmediaciones del ecuador.

Los límites del huso quedan pues a 3º al Este y al Oeste del meridiano central, lo que viene a equivaler en el ecuador a unos 334.000 metros aproximadamente. Por ello, el valor de la coordenada X oscila entre 500.000-334.000= 166.000 y 500.000+334.000= 834.000 metros. Se deduce que bastan seis dígitos para situar un punto con una precisión de un metro.

Por otro lado, sabemos que un cuadrante de meridiano terrestre mide unos 10.000.000 metros. Como los meridianos en la proyección U.T.M. no llegan a los polos, el valor de la coordenada y nunca será superior a 10.000.000 metros. A 84º N de latitud nos encontramos a unos 9.400.000 metros del ecuador. Se deduce que bastan siete dígitos para situar un punto con una precisión de un metro.

Pero para expresar la posición de un punto en coordenadas U.T.M. no es suficiente con indicar las coordenadas X e Y, pues habrá que indicar el huso correspondiente. La notación que se una habitualmente para expresar coordenadas U.T.M. consisten en designar la zona U.T.M. y, a continuación, indicar las coordenadas X e Y.

Ej: Las coordenadas U.T.M. del monte Moncayo (2.316 m) en España son:

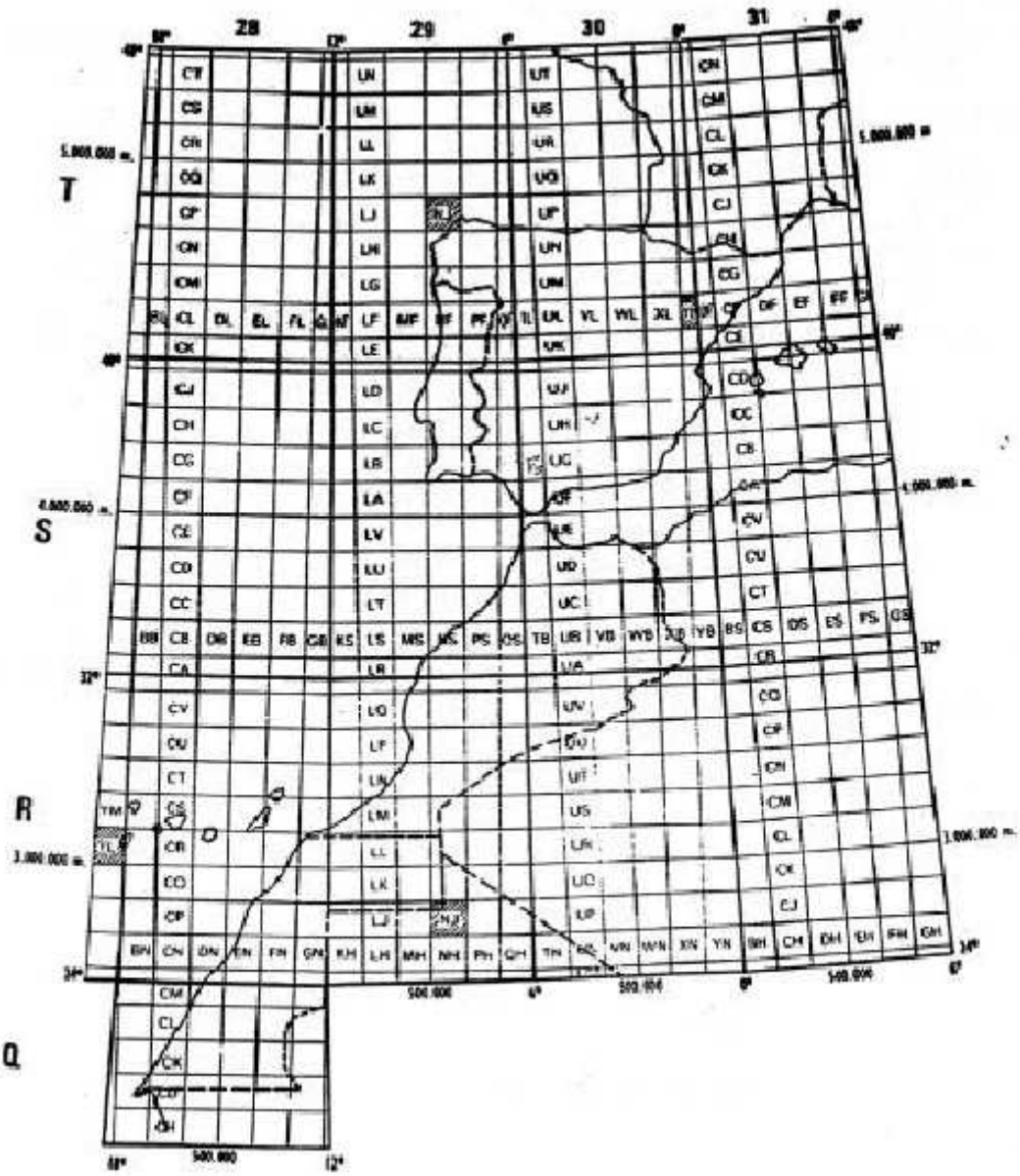
30T 596503 4627070

Ya que se halla en la zona 30T. Esta posición así indicada designa el punto con una precisión de un metro dentro de la superficie terrestre. No hay dos puntos en el mundo con las misma designación, aunque si con los mismos valores X e Y aunque en otros husos (zonas).

16. CUADRADOS DE CIEN KILÓMETROS Elemental

Cada zona U.T.M. expresada por un número de huso (1-60) y una letra de zona (C-X) se descompone a su vez en regiones rectangulares de 100 Km de lado, o sea con una superficie de 100 Km. x 100 Km. = 10.000 Km^2.

Cada cuadrado de 100 Km. de lado se designa mediante una pareja de letras mayúsculas (con excepción de las letras I y O). Esto da lugar a una cuadrícula hectokilométrica, que en el caso de la península ibérica tiene el aspecto siguiente.



La primera letra de la designación de los cuadrados de 100 Km. expresa la posición a lo largo de un meridiano en el huso. La segunda letra expresa la posición del cuadrado a lo largo de un paralelo.

De este modo la designación 30T UN permite identificar un cuadrado de 100 Km. de lado en la superficie terrestre. La letra U expresa la posición del cuadrado en la dirección E-W y la letra N en la posición N-S. El siguiente cuadrado de 100 Km. a la derecha del UN será el VN, mientras que el anterior será el TN. El cuadrado de 100 Km. al Norte del UN será el UP, mientras que el que se halla al Sur será en UM.

En la siguiente figura se observa la designación de cuadrados de 100 Km. contiguos en la zona 30T para poder comprobar como se ha realizado la denominación entorno al cuadrado 30T UN.

SQ	TQ	UQ	VQ	WQ
SP	TP	UP	VP	WP
SL	TL	UN	VL	WL
SM	TM	UM	VM	WM
SL	TL	UL	VL	WL

Los mapas catastrales editados por el S.G.E. poseen bien indicados los cuadrados de 100 Km. y además suele figurar el procedimiento que a continuación se describe para fijar puntos con una precisión de 100 metros.

Para designar un punto con una precisión de 100 metros lo primero es conocer el cuadrado de 100 km. en el que se encuentra el mismo. Ej: 30T UN. A continuación determinamos sus coordenadas U.T.M. con la ayuda de la cuadrícula que proporciona el propio mapa y con una precisión de 100 metros (al milímetro). Ej:

Gándara X= 3**872**00 Y= 47**927**98

Ahora nos quedaremos con las cifras señaladas en rojo, y con ello el punto se designa como:

30TUN862927

Las cifras que se han descartado no importan pues superan los 100 Km. Por ello, no hay dos puntos en el mismo cuadrado de 100 kilómetros con idéntica designación.

17. VÉRTICES GEODÉSICOS Elemental

En los mapas del S.G.E. se incluye un cuadro denominado vértices que posee varios puntos calculados con suma precisión. Estos puntos de llaman vértices geodésicos, y son puntos usados para la creación de los mapas (para situar los elementos del terreno con respecto a estos usando un sistema llamado triangulación geodésica). Los vértices geodésicos suelen situarse en puntos notables del terreno, generalmente cumbres de montañas, y se representan en el plano con un triángulo en cuyo interior hay un punto. Junto a este triángulo figura el nombre del mismo (nombre de la cumbre o lugar donde se sitúa) y su altitud sobre el nivel del mar (coordenada Z). En el lugar físico donde existe un

vértice geodésico el S.G.E. ha colocado una señal característica constituida por un cilindro de hormigón levantado sobre una base rectangular más amplia.

Todo vértice geodésico se caracteriza por su posición, dada por las coordenadas U.T.M., X, Y y Z. Además todo vértice posee un orden (O.) que expresa su importancia en las mediciones geodésicas. Los más importantes son los de primer orden, que hay pocos y bastante distanciados unos de otros formando los nodos de una red extensa de triángulos. En España esta red fue diseñada y observada entre 1.858 y 1.915. Para ello se comenzó trazando el lado de uno de estos triángulos y que constituye la llamada base de la red. Como base se eligió la de Madridejos (Toledo) establecida entre dos vértices geodésicos: Bolos y Carbonera. La longitud de esta base se midió en 1.858 con un resultado de 14.662,887 metros. A partir de esta base se generó todos los demás triángulos, cuyos vértices fueron señalizados convenientemente.

La red de vértices de segundo orden son algo más abundantes. Su posición se conoce con menos precisión. Luego están los vértices de tercer orden. Podemos encontrar muchos en una única hoja, y son más imprecisos que los anteriores. Finalmente tenemos los vértices de cuarto orden y los vértices topográficos. Los primeros son complementarios a la red de vértices de tercer orden. Los segundos se sitúan sobre edificios como iglesias.

VÉRTICES

Nombre	O.	X	Y	Z
Abaurrea Alta	Top.	646.508	4.751.850	1.046
Abaurrea Baja	Top.	645.613	4.752.692	871
Aria	Top.	641.597	4.757.229	858
Baigura	2	643.624	4.748.218	1.477
Berrendi	3	645.724	4.757.260	1.354
Corona	3	636.902	4.754.031	1.387
Erro	Top.	626.460	4.755.130	688
Oroz-Betelu	Top.	638.600	4.750.820	615
Tiratún	3	627.594	4.760.970	1.217
Zubiri	Top.	622.139	4.754.331	528

18. DATUM Elemental

Se llama Datum al conjunto de parámetros utilizados para definir la posición del elipsoide de referencia con respecto a la superficie real de la tierra, con respecto al geoide.

El Datum no es un único valor sino un conjunto de ellos:

- Hay que establecer un elipsoide de referencia.
- Hay que establecer un punto en el que dicho elipsoide sea tangente al geoide. Este punto se denomina **punto fundamental**.

Como elipsoide de referencia podemos usar cualquiera de los ya vistos como el Hayford o Internacional, o el WGS84.

El siguiente paso es seleccionar el punto astronómico fundamental o punto fundamental, en el cual el elipsoide y el geoide son tangentes, o sea, se tocan. En este punto, pues, las coordenadas geográficas (latitud y longitud) determinadas en la tierra coincidirán con las coordenadas geográficas definidas en el elipsoide. En este punto también coincidirán las verticales a la tierra y al elipsoide.

El detalle es importante. No es suficiente con definir un elipsoide como forma aproximada de la tierra. Hay que situar el elipsoide con respecto a la tierra, y esta operación se realiza definiendo un punto en el que ambos se tocan. De este modo se consigue que en ese punto las coordenadas de un punto de la tierra, que ahora podemos denominar astronómicas por su forma de determinación, coincidan con las coordenadas en el elipsoide, que podemos denominar geodésicas.

El Datum está formado pues por la combinación de Elipsoide y Punto fundamental. Desde el punto de vista matemático intervienen aquí siete magnitudes o parámetros:

- Ejes ecuatorial y polar del elipsoide (a y b), o uno de ellos y el achatamiento (a y f).

- Coordenadas del centro del elipsoide con respecto al centro de masas de la tierra (x, y, z).

- Ángulos de giro (ε y η) para hacer coincidir el eje polar del elipsoide con el de la tierra.

El concepto de Datum y sus elementos es el que aquí se ha dado. Sin embargo es frecuente al hablar identificar una parte por el todo y eso es lo que ocurre en este caso. A veces se identifica el Datum exclusivamente con el punto fundamental, pero en realidad hay que considerar también el elipsoide de referencia.

Uno de los Datums más usados es el Europeo de 1.950, llamado más brevemente ED50 (European Datum 1950). En este datum:

- El elipsoide de referencia elegido es el Internacional o de Hayford.
- El punto fundamental es la torre de Helmert situada en las inmediaciones del observatorio astronómico de PostDam, muy cerca de Berlín (Alemania).

A veces se dice, coloquialmente, que el Datum ED50 toma el elipsoide internacional o de Hayford con Datum en Postdam. Las coordenadas astronómicas y geodésicas sólo coinciden pues en el datum, en la torre Helmert de Postdam.

Actualmente es el Datum WGS84 (World Geodetic System 1984) el más utilizado:

- El elipsoide de referencia es el WGS84. Sus características son:

  $a = 6378137$ m
  $f = 298.257223563$

- Se introduce la velocidad angular de rotación terrestre y la constante gravitacional de la tierra:

  $\omega = 7292115 \times 10^{-11}$ rad/s
  $G = 3986005 \times 10^{-8}$ m^3/s^2.

En las hojas del S.G.E. suele aparecer la leyenda:

Proyección U.T.M. Elipsoide Hayford.
Altitudes referidas al nivel medio del mar en Alicante…
Longitudes referidas al meridiano de Greenwich. Datum Europeo.

Lo que nos indica que los mapas se confeccionaron en base al datum Europeo (ED50), o sea elipsoide Hayford con datum en Postdam.

La cartografía del S.G.E. está referida, pues, al Datum Europeo ED50, si bien los mapas modernos usan ya el WGS84. Este último datum es, también, el usado por los aparatos receptores G.P.S (Global Position System). Las coordenadas U.T.M. y geodésicas en un sistema y otro difieren (aunque no demasiado) por lo que resulta importante el conocimiento del datum empleado en la confección del mapa.

La conversión de coordenadas entre ED50 y WGS84 es un tema complejo aunque hay programas informáticos que realizan esta operación. Las diferencias que se pueden obtener entre los dos datums pueden llegar a ser de 200 metros en las coordenadas X e Y.

19. NOMENCLATURA DE LAS HOJAS DEL S.G.E. Elemental

Como ya se indicó las hojas editadas por el Servicio Geográfico del Ejército se presentan en varias escalas que constituyen varias series denominadas por un número romano acompañada, en ocasiones, por un dígito numérico.

Serie	Escala
V	1:25.000
L	1:50.000
C	1:100.000
2C	1:200.000
4C	1:400.000
8C	1:800.000

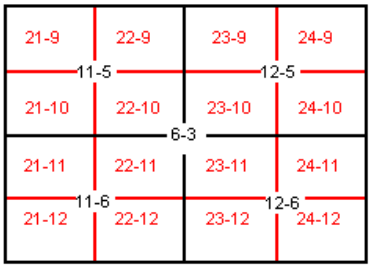
Para cubrir la península ibérica sólo son necesarios 9 hojas o mapas de la serie 8C, que se nombran mediante un número de fila y columna. La primera hoja es la 1-1 y se enclava en Galicia. El siguiente a la derecha es el 2-1, mientras que el inmediato inferior es el 1-2. El último mapa, el 3-3 se usa para las islas Canarias.

En la serie 4C se usa una nomenclatura similar para las hojas. Cada hoja posee una designación del tipo: columna-fila, empezando por la 1-1 en el extremo N.W. de Galicia. La siguiente a la derecha es la 2-1, y al inmediatamente inferior es la 1-2. La última hoja peninsular es la 4-6, mientras que las hojas 5-5, 6-5 y 6-6 se usan para Canarias.

Observemos que la hoja 1-1 de la serie 8C contiene 4 hojas de la escala inmediatamente superior, serie 4C. Estas hojas son las 1-1,2-1,1-2 y 2-2. La hoja 2-1 de la serie 8C contiene a las hojas 3-1,4-1,3-2 y 4-2.

Para las siguientes series el funcionamiento de designación de las hojas es similar sólo que el número de zonas resultantes es mucho mayor. Por ejemplo, para la serie 2C encontramos hojas con números desde la 1-1 hasta la 5-12, en territorio peninsular. Para la serie L encontramos un total de 1.130 hojas.

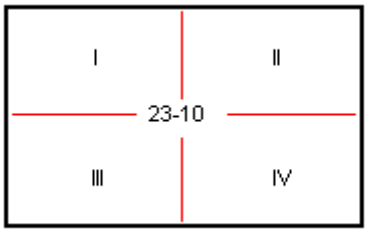
En la figura se muestra un esquema de división de hojas. Se ilustra la hoja 6-3 perteneciente a la serie 2C (E=1:200.000). Esta comprende las hojas 11-5,12-5,11-6 y 12-6 de la serie C (E=1:100.000). A su vez cada hoja de la serie C contiene a cuatro hojas de la serie L. Por ejemplo, la hoja 11-5 de la serie C contiene a las hojas 21-9,22-9,21-10 y 22-10 de la serie L (E=1:50.000).



Para cada hoja del S.G.E. se muestra en algún lugar del mismo el esquema anterior, que nos permite conocer cuales son las hojas que siguen a una dada.

Por ejemplo, si nuestra hoja de la serie L (E=1:50.000) es la 23-10, sabemos que a su derecha se halla la hoja 24-10 de la misma serie y a la izquierda la hoja 22-10. Sabemos también que si queremos la hoja de la serie C (E=1:100.000) que contenga nuestra zona deberemos adquirir la de numeración 12-5 en esa serie.

A su vez cada hoja de la serie L se divide en cuatro hojas más detalladas de la serie V. Para nombrar estas hojas se usan, simplemente números romanos. Por ejemplo, la hoja 23-10 de la serie L (E=1:50.000) se divide en cuatro hojas de la serir V (E=1:25.000) denominadas 23-10(I),23-10(II),23-10(III) y 23-10(IV).



20. NOMENCLATURA ANTIGUA O CORRELATIVA DE LAS HOJAS Elemental

Todavía está en uso la nomenclatura antigua de las hojas que siguen, simplemente un orden correlativo de Oeste a Este y de Norte a Sur. Además cada hoja lleva un título que normalmente corresponde al municipio o población más importante presente en la hoja.

De acuerdo con esta nomenclatura la hoja número 1 es la de Cariño (Galicia) que se corresponde a la numeración 6-2. Avanzando hacia el Este resultan las hojas número 2, 3, etc.

Por ejemplo, la hoja 23-10 a la que nos hemos referido antes lleva el título de Logroño y una numeración antigua de 204. La siguiente hoja a la derecha será el número inmediato, el 205 (24-10) cuyo título es, en este caso, es Lodosa. La hoja inmediatamente inferior a la de Logroño es la 242 (23-11) que lleva el título de Munilla.

21. RELIEVE Elemental

Finalmente, el mapa topográfico proporciona información sobre los accidentes que posee el terreno, que es lo que se conoce con el nombre de relieve.

Para la representación del relieve podrían usarse símbolos convencionales. Por ejemplo, un triángulo podría ser una montaña y un círculo una depresión. Sin embargo, esto no útil es un mapa topográfico, ya que nada nos dice de como es exactamente el accidente. Necesitamos conocer la magnitud de la montaña, que laderas son las más abruptas, que barrancos o crestas descienden exactamente de la misma, por ejemplo.

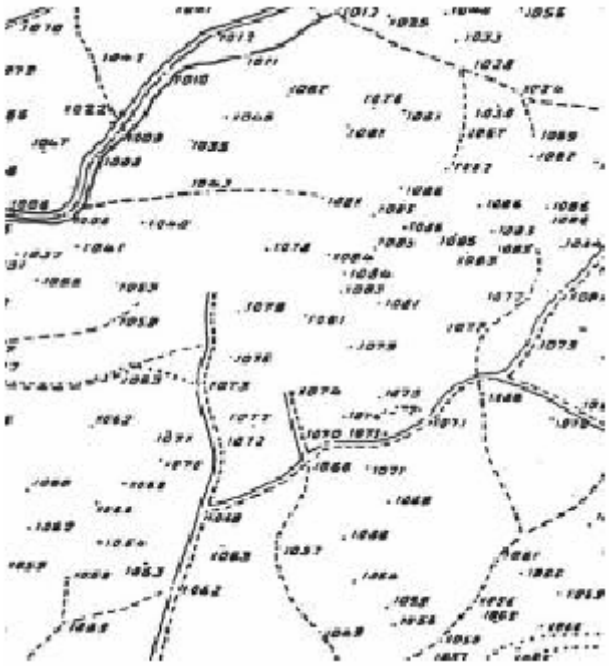
En los primeros mapas la representación del relieve se realizaba mediante dibujos que daban una vaga idea descriptiva de los accidentes del territorio. Des este sistema de representación se pasó al basado en normales y que tuvo una amplia aceptación en el siglo XIX. El sistema de normales daba una idea puramente cualitativa del relieve porque no mostraba la verdadera magnitud del mismo.

Sin embargo, supone una primera aproximación al intento de conocer la topografía de una zona.

Hoy en día este sistema sigue usándose para representar sobre el mapa ciertos accidentes como depresiones, hoyas, dolinas y cráteres:

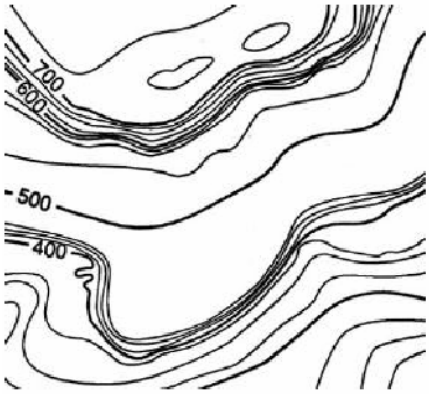
así como escarpes, paredes rocosas o terrenos quebrados.

Posteriormente en un intento de expresar el terreno de una manera más cuantitativa aparecen los mapas con puntos acotados, o sea, con una dispersión de puntos de altitud conocida.



que, sin embargo, pierde el carácter descriptivo del relieve del sistema de normales.

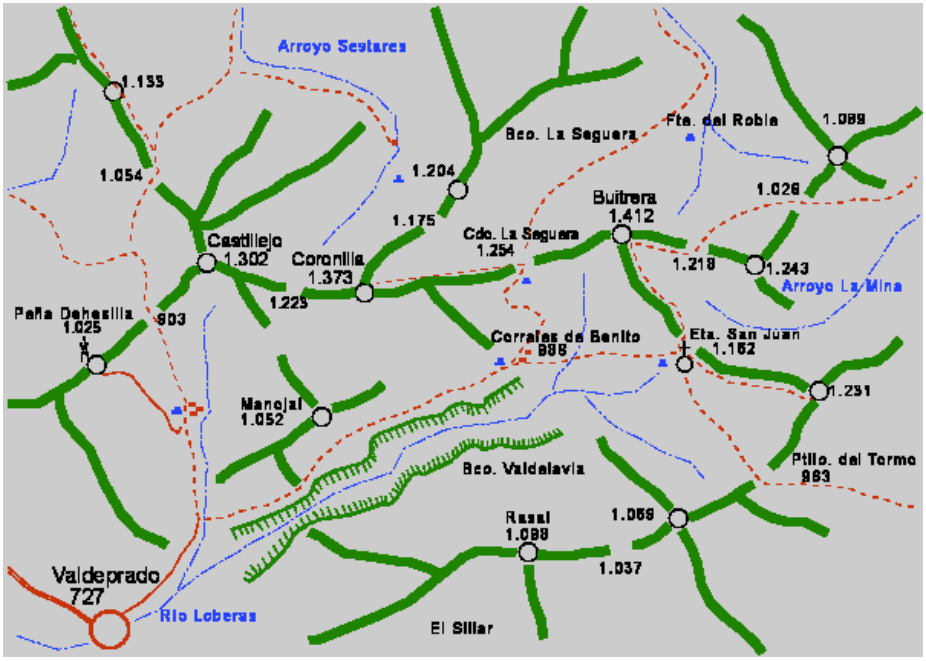
El objetivo de obtener información descriptiva y cuantitativa del terreno dio lugar al sistema de curvas de nivel utilizado en la actualidad y que será examinado en los próximos capítulos.



20. MAPAS DE CORDALES Elemental

Los mapas de cordales son una alternativa al empleo de los mapas topográficos. Aunque, en ningún caso, contienen tanta información como estos últimos, cartografían sierras y macizos que poseen interés para el montañero y excursionista, por lo que la información que revelan se encuentra adecuada a las necesidades de estos colectivos.

En los mapas de cordales el relieve, representado por las curvas de nivel, es sustituido por unas líneas gruesas (en el ejemplo en color verde) que reciben el nombre de cordales. Las líneas de cordal enlazan entre sí las cumbres de un macizo montañoso. Estas cimas se suelen representar mediante un círculo. A su lado se suele indicar la cota de todas ellas. La separación entre dos cumbres próximas es un puerto o collado y se suele representar mediante una discontinuidad en la línea de cordal. También se suele indicar la cota de estos collados, de modo que se conoce el desnivel que separa una cumbre de la siguiente en el cordal.



La información del relieve queda pues muy simplificada pero la interpretación del plano es sencilla, rápida y, en la mayoría de los casos, suficiente. Algunos accidentes particularmente escabrosos como las paredes rocosas de algunas vertientes de las montañas o de los desfiladeros se indican mediante un cordal provisto de un conjunto de rayas a lo largo de un cordal (Véase en el mapa de cordales de arriba el Bco. Valdelavia por donde discurre el río Loberas).

El mapa de cordales se completa con un buen número de símbolos convencionales para indicar las carreteras, pistas, caminos, pueblos, casas aisladas (corales, refugios, ermitas, antenas, etc.), arroyos, fuentes, etc. Estos signos suelen explicarse convenientemente en el propio plano a modo de información marginal.

Una colección clásica de mapas de cordales es la edición de mapas del Baracaldés Javier Malo Iziar. Contiene mapas sobre los más importantes macizos Vascos, pero también Montes de Burgos, Cantabria, Pirineos, Sistema Ibérico o Picos de Europa.

TEMA 4

ESCALAS

1. ESCALA Elemental

Para explicar exactamente a alguien como es nuestra casa podríamos tomar el lápiz y el papel e intentar dibujarla. A nadie se le ocurriría seguramente dibujarla tal y como es, con todas sus medidas exactas, ya que ello requeriría de mucho tiempo y papel. En su lugar, lo que probablemente haremos es una representación más pequeña aunque intentando mantener las "proporciones" largo-ancho para cada habitación.

Otra característica que seguramente daremos a nuestro plano es que ofrecerá una "vista en planta", es decir, como si un observador sobrevolase la casa desprovista de su techo o tejado. Nuestro plano tendrá dos dimensiones cuando la casa real posee tres. Hemos eliminado la información correspondiente a la altura porque es la que memos información nos da sobre la casa si suponemos que es suficiente para que quepa una persona erguida y todas las habitaciones son, más o menos, igual de altas (o sea cabe esperar que sea como cualquier casa estándar).

En un plano donde se representa un terreno la información de la dimensión altitud es sumamente importante y posee más relevancia (por ser más variada) que la de una casa. El problema de representar en un plano la superficie tridimensional terrestre queda para el próximo capítulo. Ahora nos quedaremos con el problema previo: reducir el tamaño de la representación contra el modelo real.

Para trasladar un terreno a un plano deberemos fijar una proporción definida denominada **Escala**. La escala es la relación que existe entre una dimensión medida sobre el plano y la misma dimensión medida sobre el terreno real. La escala se representa por la letra E y viene dada por:

E = plano / terreno

Normalmente la escala se representa mediante una fracción de este tipo y se suele indicar en los mapas con la notación:

E = plano : terreno

Es muy importante que las dimensiones en el plano y el terreno se expresen en la misma unidad de longitud al definir la escala (centímetros, pulgadas, metros, etc.).

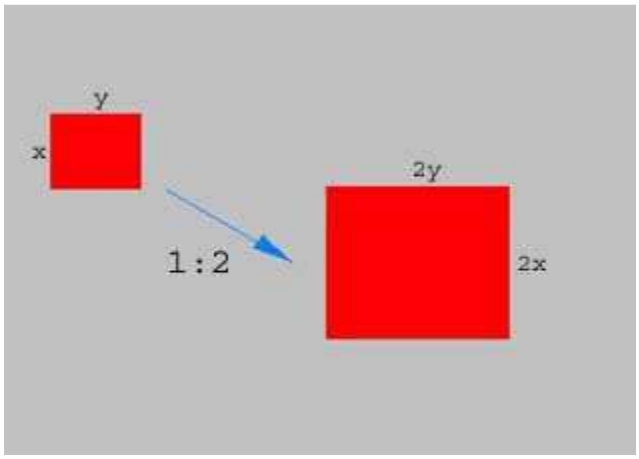
Por ejemplo, si decidimos que una pared que mida 5 metros en nuestra casa la vamos a dibujar en nuestro plano como una línea de 10 centímetros, la relación de escala que habremos escogido es:

E=10 cm plano/ 500 cm terreno = 1 / 50 = 0,02

La forma normal de representar esta escala es mediante la notación:

E=1:50

que nos indica que un objeto de una unidad de longitud en el plano, mide en el terreno 50 unidades de esa longitud. Por ejemplo, 1 cm en el plano equivale a 50 cm=0,50 m en el terreno.



En la figura podemos ver el efecto de una escala 1:2 sobre un objeto rectangular.

Si el objeto mide 50 cm. de alto en la realidad, en la representación a escala medirá 50 cm/2=25 cm. Si el objeto mide 60 cm de largo, en la representación a escala 1:2 medirá 60 cm/2=30 cm.

2. ESCALA EN LOS MAPAS Elemental

La escala usada en un mapa depende de su uso, de donde se deriva la exactitud que necesitaremos para determinar las dimensiones en el mismo.

Por ejemplo, en un Atlas de Europa es fácil encontrar escalas del orden de:

E=1:1.000.000

donde:

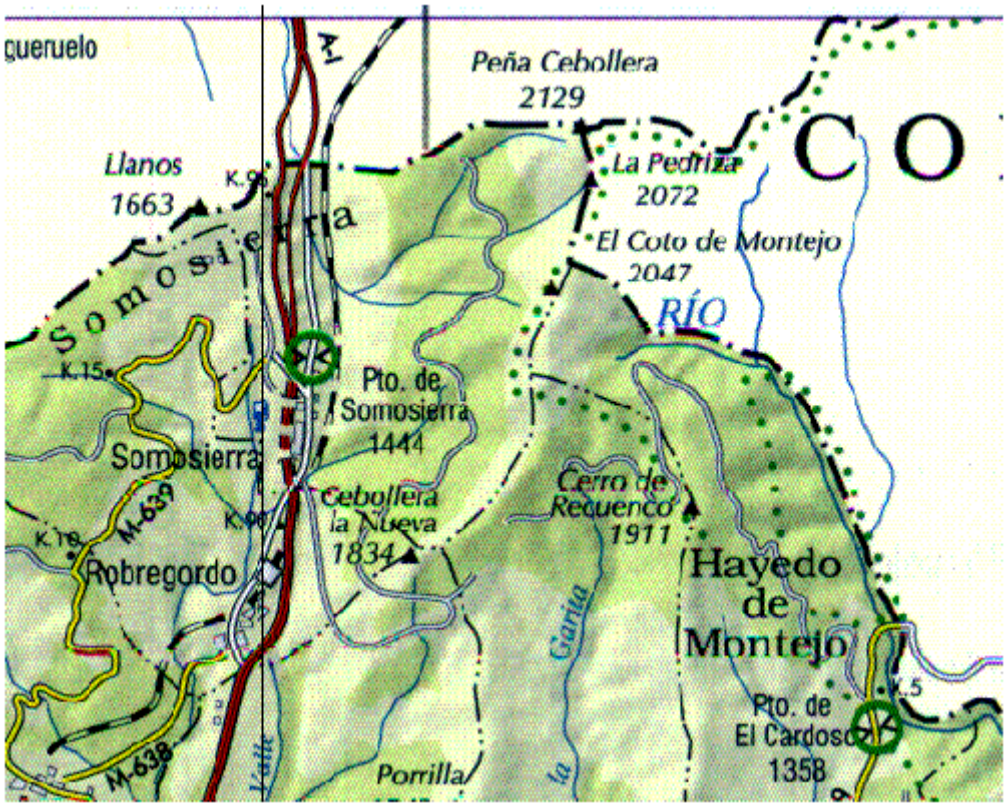
1 cm plano = 1.000.000 cm = 10.000 m = 10 Km de terreno

Para un mapa de carreteras de la Península, dividido en varias hojas, se usan escalas del orden de:

E=1:350.000

donde:

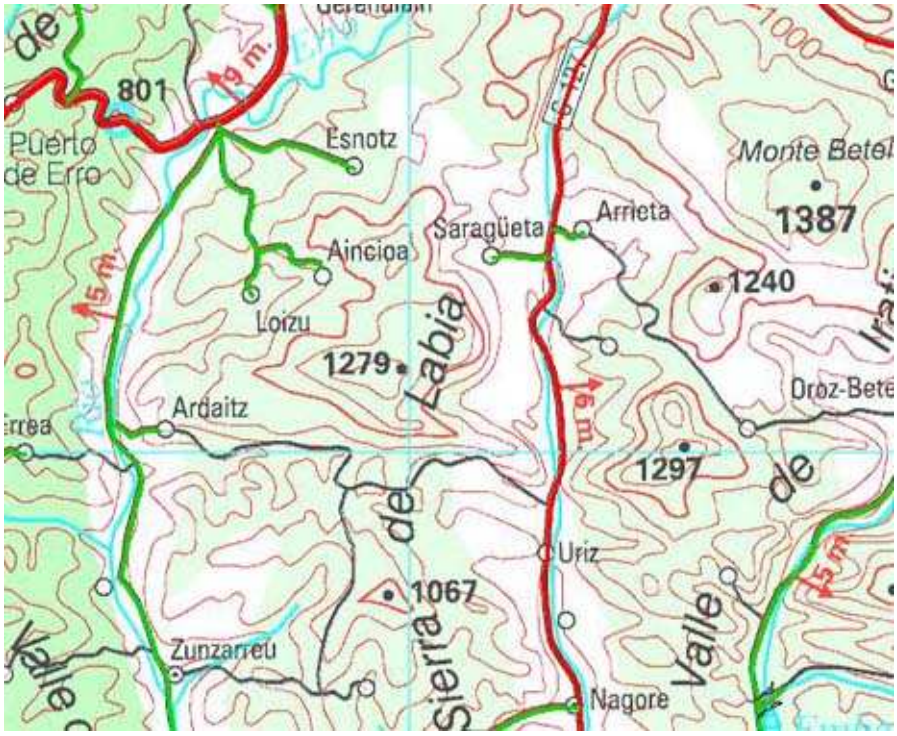
1 cm de plano = 350.000 cm = 3.500 m = 3,5 Km de terreno



- Mapa de Carreteras -

Un mapa provincial detallado usaría una escala de 1:200.000 o 1:100.000, por ejemplo, según el tamaño de la provincia o del tamaño que se desee para el mapa:

1 cm del plano = 100.000 cm = 1.000 m = 1 Km de terreno



- Mapa Provincial -

Los mapas topográficos del ejercito más usados (serie L) poseen una escala

E= 1:50.000:

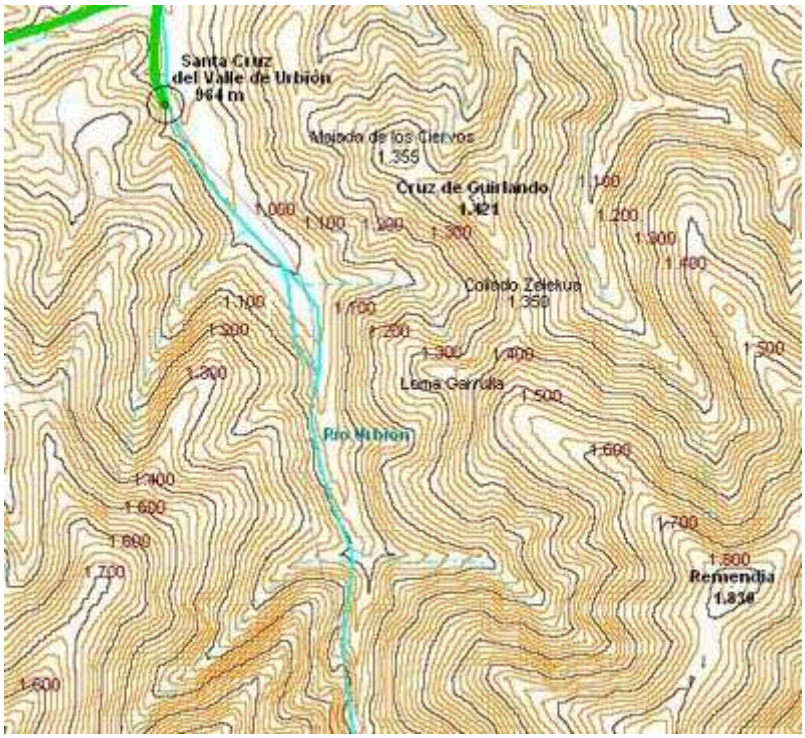
1 cm de plano = 500 m de terreno

Todavía hay mapas más precisos con escalas como:

E=1:25.000

1 cm de plano = 250 m de terreno

o incluso mayores, como los usados por los ayuntamientos para sus obras civiles, 1:10.000, 1:5.000, 1:1.000. Para fines montañeros usaremos mapas de escala E=1:50.000. Estos serán suficientes en la mayor parte de los casos, pero también se puede recurrir a otros de mayor escala (como 1:25.000).



- Mapa topográfico E=1:50.000 -

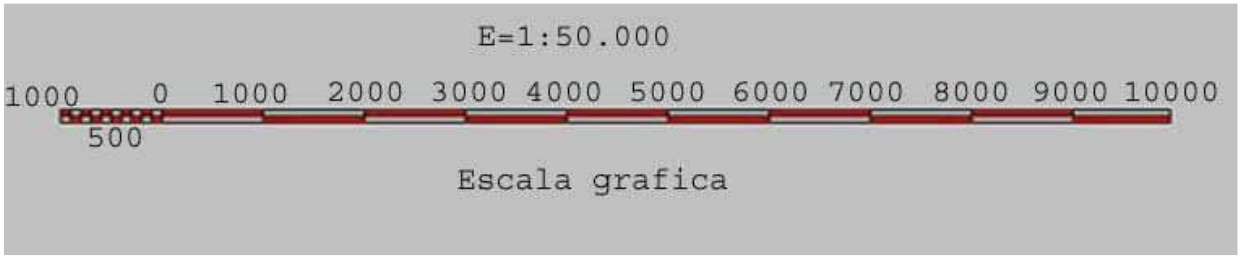
3. ESCALA GRÁFICA Elemental

Todo mapa debe indicar la escala a la que ha sido levantado. La escala suele aparecer indicada en forma de proporción numérica E=plano:terreno. Además muchos mapas poseen una representación gráfica de dicha escala que recibe el nombre de **Escala gráfica**.

El uso de la escala gráfica es bastante simple. Basta con tomar una distancia en el mapa con ayuda de un compás (en el mejor de los casos) o con un hilo,

por ejemplo, y llevarla a la escala gráfica para conocer la distancia real en el terreno. La escala gráfica suele disponer de una porción a la izquierda que permite medir aún con más precisión. Esta porción suele llamarse escala ampliada.

En la figura se observa la escala gráfica de un plano 1:50.000 (1 cm = 500 m). Si un mapa no posee esta escala se puede construir manualmente con mucha facilidad con la ayuda de una regla. Para ello, y en el caso de la Escala 1:50.000, marcaremos una línea horizontal cada 2 cm (lo que equivale a 1.000 metros).



4. CALCULO DE DISTANCIAS EN EL PLANO Y EL TERRENO Elemental

Existen dos problemas básicos que involucran escalas. El primero es el más común y es determinar a partir de una distancia del mapa, su valor sobre el terreno. El segundo, es el contrario, determinar la distancia sobre el plano que corresponde a una distancia dada sobre el terreno.

Supondremos que la escala del plano viene dada por una relación del tipo:

E=1:e

Caso 1º: Determinar una distancia en el terreno

Si medimos la distancia entre dos puntos del mapa A y B en el plano y deseamos conocer el valor de esta distancia sobre el terreno haremos el cálculo:

E = 1 / e = Plano / Terreno

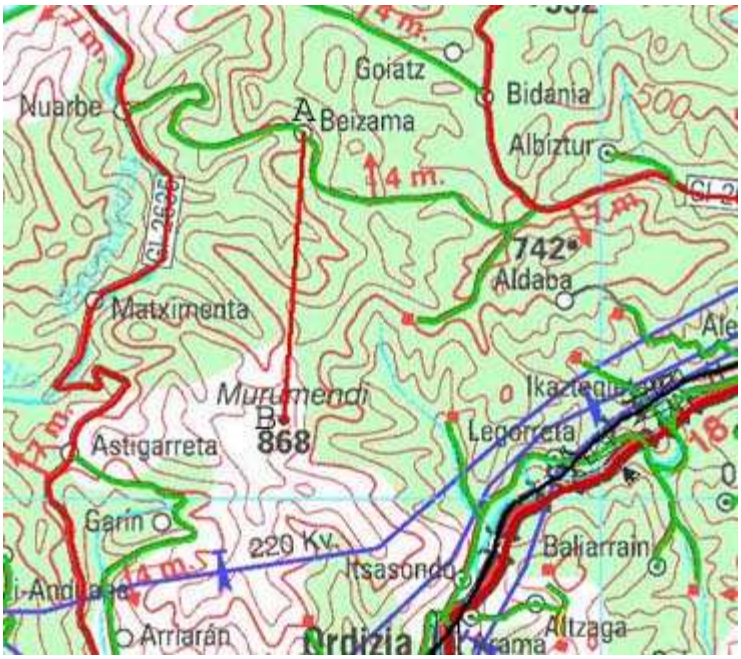
Luego:

Terreno = Plano x e

Supongamos que para el ejemplo de la figura se ha medido sobre el plano, de escala 1:50.0000, la distancia entre los puntos A y B con ayuda de una regla, resultando:

Plano = AB = 3 cm

La distancia AB sobre el terreno será:



Terreno = 9,3 x 50.000 = 465.000 cm = 4.650 m = 4,65 Km

Caso 2º: Determinar una distancia en el plano

Si tenemos una distancia mediada en el Terreno y queremos llevar dicha distancia sobre el plano, haremos el cálculo:

E = 1 / e = Plano / Terreno

Luego:

Plano = Terreno / e

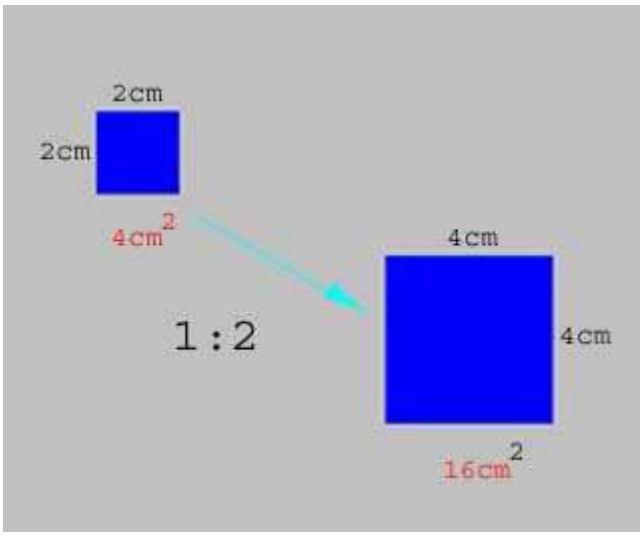
Por ejemplo, para representar una línea de alta tensión recta de 10 Km. de longitud en un plano de escala 1:50.000, se usará un trazo de longitud:

Plano = 1.000.000 cm / 50.000 = 20 cm

5. ESCALA Y SUPERFICIES Elemental

A la hora de considerar la medida de áreas sobre el terreno y sobre el plano deberemos tener en cuenta que son las dos dimensiones (ancho y largo) de un objeto las que están sometidas a la reducción de escala.

Suponga una hoja de papel. Si se duplican sus dos dimensiones el tamaño final de la hoja de papel no equivale a dos, sino al de cuatro folios iniciales.



El Objeto cuadrado de la figura mide 4 cm de lado, por lo que su área es 4 x 4 = 16 cm2.

Al representar este objeto a escala 1:2, reducimos su lado a la mitad, por lo que el área pasa a ser 2 x 2 = 4 cm2.

Observamos que el efecto de una escala 1:2 reduce las dimensiones del cuadrado en una relación 1/2, mientras que su área queda reducida en una relación 1/4.

TEMA 5

CURVAS DE NIVEL

1. SISTEMA DE CURVAS DE NIVEL Elemental

El concepto de escala nos ha permitido trabajar con representaciones considerablemente más pequeñas que el terreno que se intenta representar. Esto de por sí ya es un avance muy importante, pero la superficie terrestre no es plana sino que presenta un relieve complejo y accidentado. Para la representación de estos accidentes una opción sería la construcción de una maqueta a escala del terreno a estudiar. Obviamente si se opta por esta alternativa, la interpretación del terreno es sumamente simple, y se reduce a conocer la escala del modelo. Sin embargo, este sistema no resulta demasiado "portátil" y, seguramente, tampoco demasiado preciso.

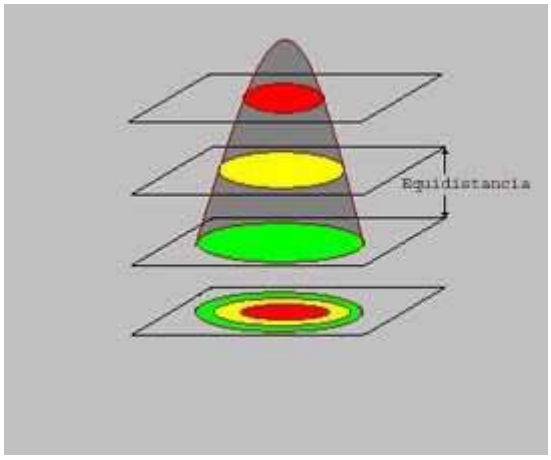
Otra alternativa es superponer un croquis aproximado o un dibujo del relieve sobre el mapa que indique las zonas montañosas y las llanuras. Este recurso era empleado en los primeros planos y si bien puede dar lugar a documentos ciertamente bonitos, carece de toda exactitud, y por tanto, de utilidad real.

Estamos interesados en algún sistema que permita representar el relieve terrestre sobre una superficie plana como es la del mapa. Pues bien, este sistema se denomina curvas de nivel.

El sistema de representación de curvas de nivel consiste en cortar la superficie del terreno mediante un conjunto de planos paralelos entre sí, separados una cierta distancia unos de otros. Cada plano corta al terreno formando una figura (plana) que recibe el nombre de **Curva de nivel** o **isohipsa**. La proyección de todas estas curvas de nivel sobre un plano común (el mapa) da lugar a la representación buscada.

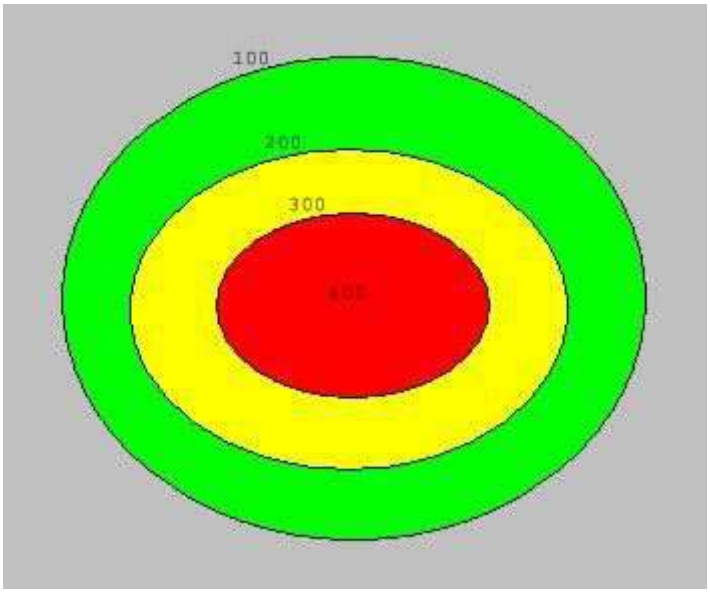
En la figura se ve la construcción para representar mediante curvas de nivel una montaña.

La montaña es cortada mediante planos paralelos separados una cierta distancia que se llama equidistancia entre curvas de nivel.



Las intersecciones de los planos con la superficie de la montaña determinan un conjunto de secciones que son proyectadas sobre el plano inferior, que representa al mapa.

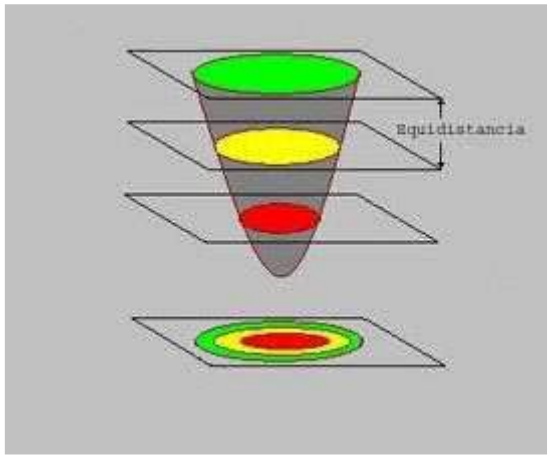
El resultado final que observaremos sobre el mapa es algo como esto:



Al observar la figura nos puede quedar la duda sobre que secciones están por encima de las otras. Es decir, ¿ Está realmente la sección roja por encima de la amarilla y de la verde ?

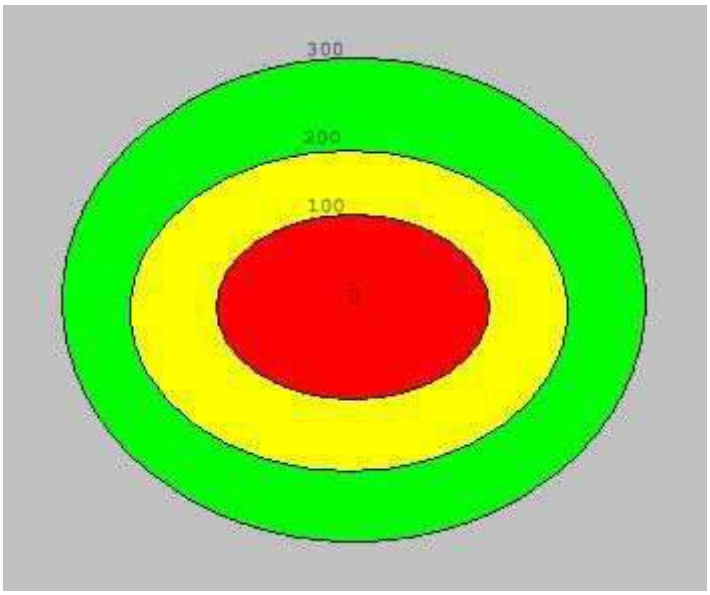
El problema anterior se resuelve fácilmente si para cada sección indicamos su altura con respecto a un plano de referencia, y como tal plano se toma el nivel del mar. De este modo la sección verde se ha obtenido cortado la montaña mediante un plano paralelo al nivel del mar y una altura (o nivel) de 100 metros con respecto a aquél, la sección amarilla se ha obtenido mediante intersección con un plano a 200 metros sobre el nivel del mar (s.n.m.), y la sección roja con un plano a 300 m. s.n.m. Para cada curva de nivel indicaremos esa altitud y le denominaremos cota.

La equidistancia entre curvas de nivel se puede deducir ahora con facilidad para el ejemplo dado : 100 metros.



En esta figura se ve como se efectúa la construcción de curvas de nivel de una depresión, que es el caso opuesto al monte.

Puede observarse que el procedimiento a seguir es exactamente el mismo y que se obtiene la misma representación.



Sin embargo, la acotación de las curvas de nivel no dejan lugar a dudas.

Podemos observar que las curvas de mayor cota encierran a las curvas de cota menor, señal inequívoca de una depresión en el terreno. En un monte ocurre justo lo contrario, las curvas de nivel de menor cota encierran a las de cota mayor.

2. CURVAS DE NIVEL Elemental

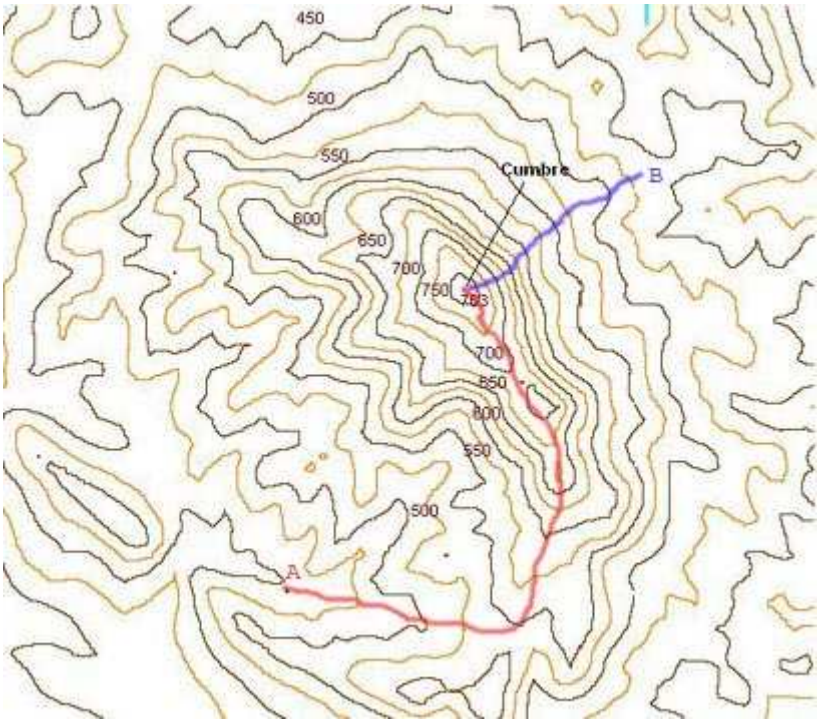
Las curvas de nivel, según se ha visto, son las secciones obtenidas al cortar el terreno mediante una serie de planos imaginarios paralelos separados a una distancia determinada unos de otros.

Las curvas de nivel verifican las siguientes leyes:

- Las curvas de nivel nunca se cortan ni se cruzan.
- Las curvas de nivel se acumulan en las laderas más abruptas y están más espaciadas en las laderas más suaves.
- La línea de máxima pendiente entre dos curvas de nivel es aquella que las une mediante la distancia más corta.

En la figura tenemos dos itinerarios para alcanzar una cumbre desde dos puntos A y B. Desde el punto A el itinerario (rojo) es más largo que desde le punto B (recorrido azúl). Sin embargo, el itinerario azúl es mucho más duro ya

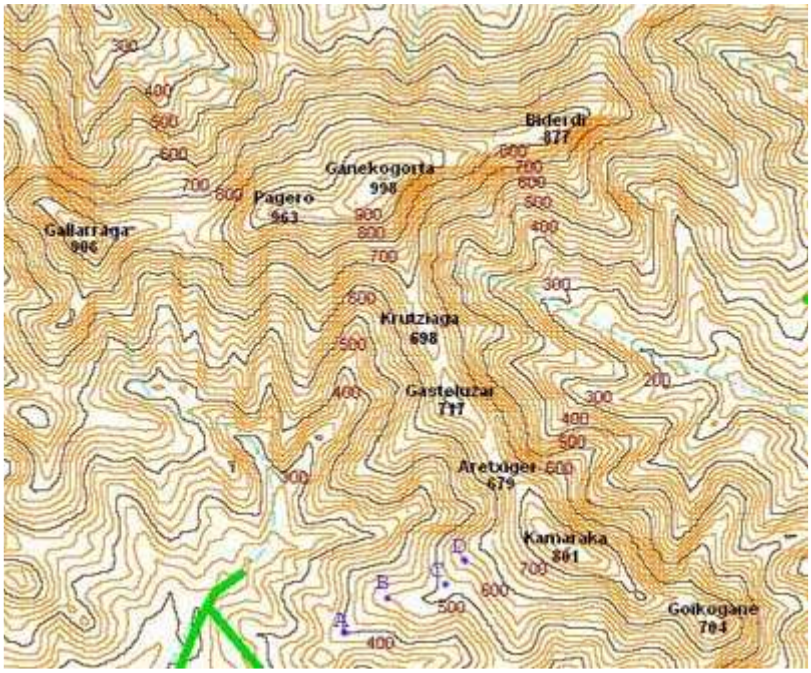
que las curvas de nivel se hallan más apretadas o, si se prefiere, el camino atraviesa las curvas de nivel en menos espacio.



3. EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL

Elemental

La distancia entre los diversos planos imaginarios que cortan el terreno es siempre la misma para un mapa dado y se llama equidistancia entre curvas de nivel.



En el plano anterior la equidistancia entre curvas de nivel es de 25 metros. Obsérvese que se usan dos colores para poder contar mejor las curvas de nivel. Así las líneas más oscuras aparecen cada 50 metros, y entre dos de ellas consecutivas aparece una línea más clara. En cualquier caso entre dos curvas de nivel tendremos una diferencia de altitud de 25 metros. A las líneas más oscuras se les suele llamar curvas de nivel maestras.

En el plano de la figura anterior tenemos un mapa con equidistancia entre curvas de nivel de 20 metros. Las curvas maestras aparecen en tono oscuro cada 100 metros. Entre dos curvas maestras consecutivas tenemos otras cuatro curvas de nivel en tono más claro. Entre dos curvas cualesquiera existe una diferencia de nivel (cota) de 20 metros (equidistancia entre curvas de nivel).

Las altitudes o cotas que expresan las curvas de nivel se expresan con respecto a un plano de referencia o nivel de referencia, el nivel del mar. Más concretamente, en España, el nivel de referencia para la determinación de altitudes se define como : El nivel medio del mar en Alicante.

En zonas muy regulares suelen aparecer curvas de nivel auxiliares que se distinguen por tener un trazo discontinuo y aparecer entre dos curvas de nivel consecutivas. En planos de equidistancia 20 m estas curvas de nivel se sitúan a 10 metros por encima y por debajo de las otras dos citadas. De este modo se consigue una mayor apreciación de la topografía en zonas llanas.

4. COTA DE UN PUNTO Elemental

Cada punto de un mapa se sitúa a una altitud definida que se viene a denominar **Cota**. La cota de un punto es la longitud vertical que lo separa del plano de comparación (nivel medio del mar en Alicante).

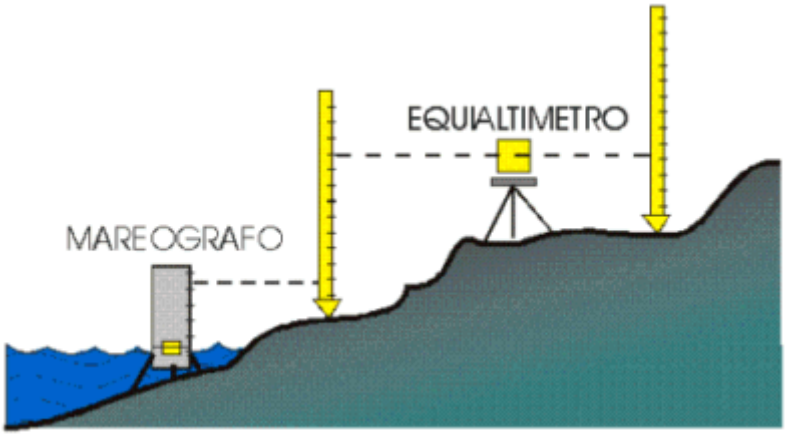
En vista al plano anterior podemos ver que la cota del punto A es 400 metros pues se sitúa sobre la curva maestra de 400 metros. La cota del punto B es 480 metros, pues se halla a cuatro curvas de nivel por encima de la curva maestra de 400 metros (400 + 4 x 20 = 480 m). También se puede determinar su cota observando que está en la curva de nivel anterior a la curva maestra de 500 metros (500 - 20 = 480 m). El punto C se encuentra entre las curvas de nivel 500 y 520 metros. Su cota estará pues comprendida entre estos dos valores pero no lo podemos saber con certeza. En tales caso se puede tomar como valor aproximado el valor medio, 510 metros. Finalmente la cota del punto D es 560 metros (500 + 3 x 20 = 560 m).

El plano de referencia para la medida de altitudes es, en España, el nivel medio del mar en Alicante. A este plano se le da la cota 0 m.

Señalar que las medidas de nivelación indican que el mar Cantábrico se halla más alto que el Mediterráneo, tal vez por la mayor evaporación a la que se ve sometido este último. No obstante, la diferencia de nivel entre Alicante y Santander, por ejemplo, se estima del orden de 30 a 50 cm.

La referencia establecida para la medición de altitudes (cotas) constituye, en sí, otro ejemplo de datum (El datum vertical). Cada país tiene definido su propio datum vertical, su propia referencia. Si éste tiene costa se elige algún lugar de la misma, como es en España, Alicante. Los países que no tienen costa transfieren el datum a algún lugar de otro país próximo. Este es el caso de Suiza, por ejemplo, que refiere las altitudes al nivel del mar en Marsella.

La determinación del nivel medio del mar se realiza de forma continúa en las estaciones mareográficas. Los mareógrafos son instrumentos que permiten determinar el nivel del mar en cualquier momento con respecto a tierra firme.



El hecho de existir datums distintos para cada país origina ciertas diferencias en la medición de cotas.

Uno de los casos más destacados por su magnitud es la diferencia de 2’31 metros que hay entre las altitudes medidas en Bélgica y Holanda. En este caso la discrepancia es debida a que en Bélgica la referencia es el nivel medio más bajo en las mareas de primavera, mientras que en Holanda se toma el más alto.

Un monte cuya cumbre esta en el punto A posee por cota la distancia vertical que separa al punto del plano de referencia. En este caso concreto la cota de A representará la altitud de la montaña.

5. CALCULO DE LA COTA DE UN PUNTO POR INTERPOLACIÓN Elemental

En algunos casos puede que necesitamos determinar con más exactitud la cota de un punto comprendido entre dos curvas de nivel. Para ello emplearemos un método de interpolación.

Observando la figura inferior, necesitamos determinar la cota del punto P. No cabe duda que estará comprendida entre 500 y 600 metros, ya que se halla entre las curvas de nivel con esas cotas.

La equidistancia entre curvas de nivel, es en este caso 100 metros, y le llamamos eq. Ahora mediremos sobre el plano las distancias AP y AB con ayuda de una regla, para finalmente aplicar la siguiente fórmula:

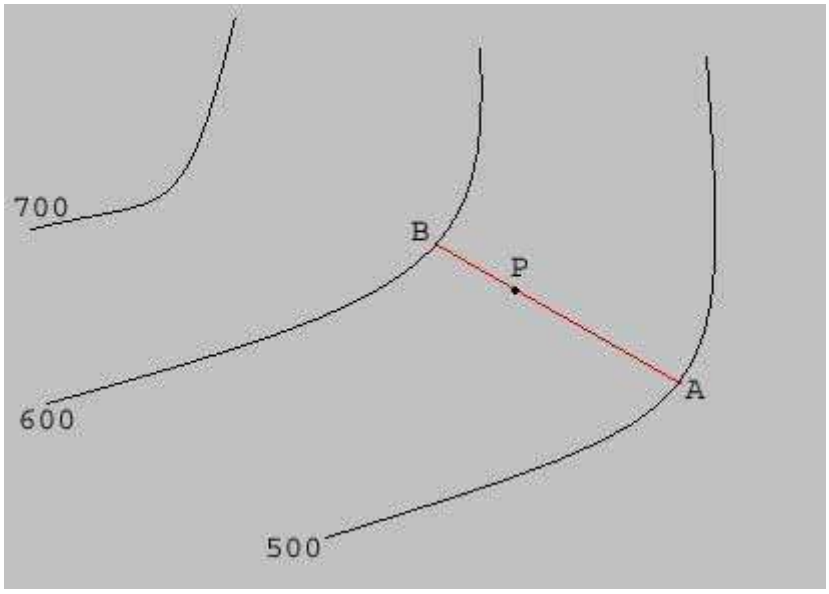
cota de P = cota de A + (eq x AP / AB)

Por ejemplo si:

AB = 24 mm

AP = 18 mm

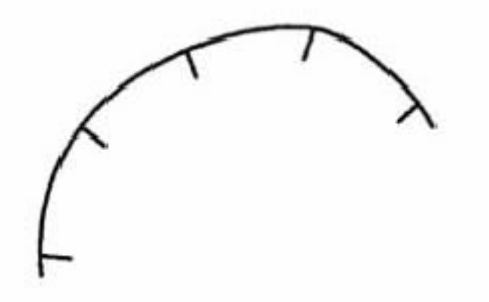
Cota de P = 500 + (100 x 18 / 24) = 500 + 75 = 575 m



6. CURVAS DE DEPRESIÓN Elemental

En ciertos accidentes como hoyas de paredes muy verticales, simas, dolinas o torcas (depresiones embudiformes típicas de las regiones kársticas), cráteres, etc., el sistema de representación de curvas de nivel puede llevar a confusiones. Por ello, se establecen, en ocasiones, las denominadas **curvas de depresión**, que son curvas de nivel pero que incorporan pequeños trazos perpendiculares.

Las curvas de depresión son útiles pues permiten detectar visualmente la presencia de hondonadas importantes o de paredes más o menos verticales.



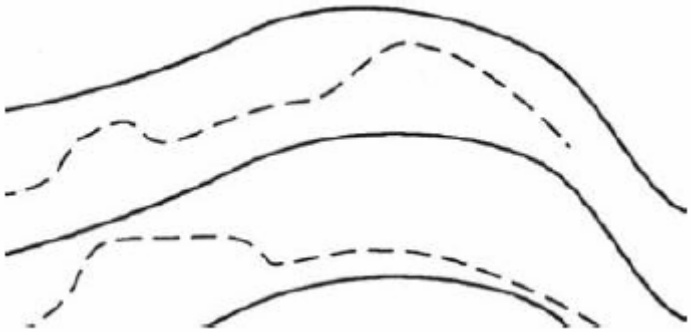
7. CURVAS DE NIVEL AUXILIARES Elemental

En las regiones muy planas encontramos las curvas de nivel sumamente distanciadas por lo que a penas tendremos información relativa a la topografía del terreno.

Supongamos, por ejemplo, un plano con una equidistancia entre curvas de nivel de 25 metros. Cualquier accidente que sea de menor altura sobre el terreno que 25 m quedará sin representar. Pero bastará un franja rocosa vertical de, por ejemplo, 4 metros, para que nos resulte infranqueable.

Estas dos situaciones nos empujan a aumentar el número de curvas de nivel en ciertas zonas de los mapas añadiendo curvas de nivel de menor equidistancia y que se dibujan entre dos curvas de nivel consecutivas. Reciben, estas curvas, el nombre de **curvas de nivel auxiliares**.

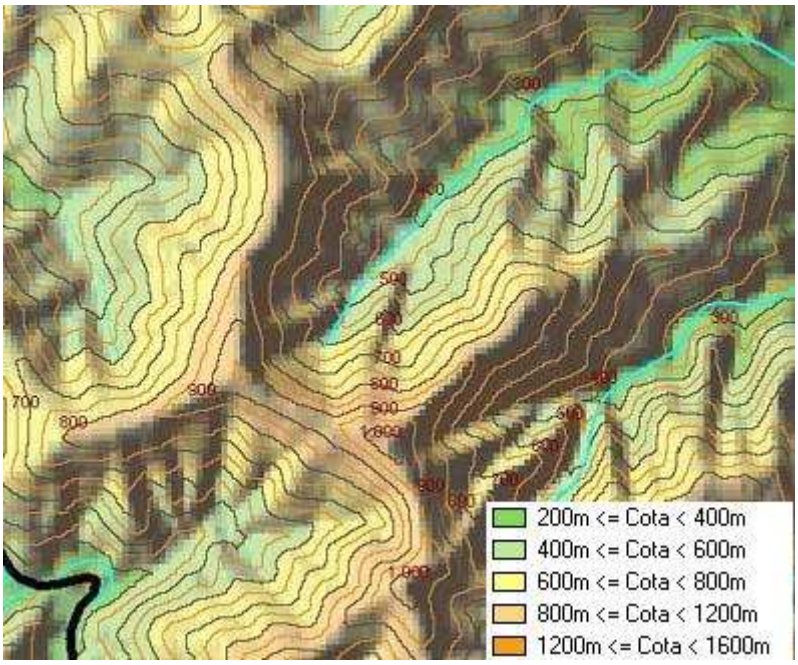
Las curvas de nivel auxiliares se suelen representar mediante trazos discontinuos. En los mapas de equidistancia entre curvas de nivel de 20 m, aparecen entre curvas de nivel consecutivas con una equidistancia de 10 m. Por tanto, si entre las curvas de nivel de 340 y 360 metros de cota se nos muestra una curva discontinua, sabremos que es una curva de nivel auxiliar de 350 metros.



8. TINTAS HIPSOMÉTRICAS Elemental

Un método muy común de representar el relieve en muchos mapas es mediante el método llamado tintas hipsométricas. Este método consiste en dar un color determinado a todos los puntos de un mapa que se sitúan entre dos

cotas dadas. Por ejemplo, se puede dar un color verde claro a todos los puntos del mapa con cota comprendida entre 100 y 300 m, verde más oscuro a los puntos con cotas entre 300 y 500 m, amarillo a los puntos con cotas entre 500 y 700 m, etc. Normalmente se usan las tintas hipsométricas como un complemento a las curvas de nivel.



En la figura se observa un mapa que usa tintas hipsométricas como complemento a las curvas de nivel (equidistancia de 50 metros) para representar el relieve. En el cuadro anexo se representan los colores usados para cada intervalo de altitudes.

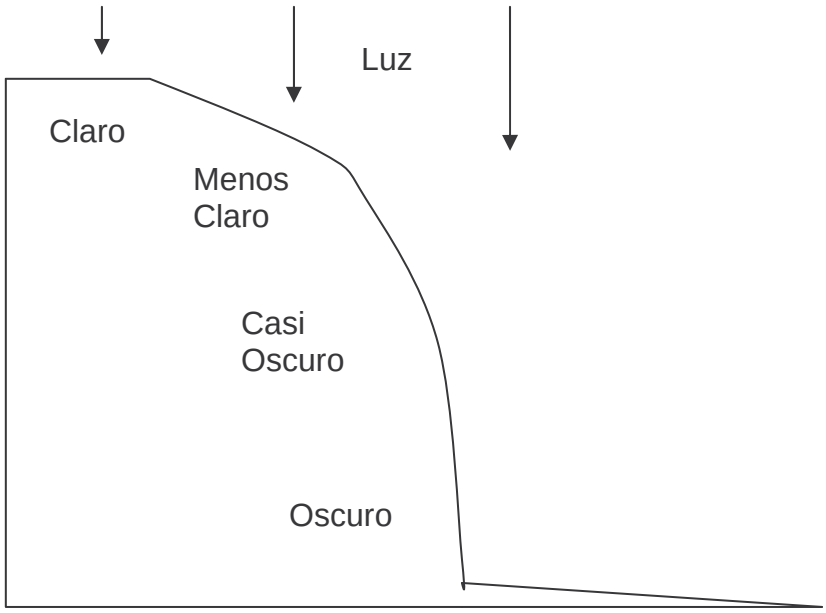
9. SOMBREADO Elemental

Otro complemento que se usa para la representación del terreno es el **sombreado**. Consiste en crear unos efectos de sombra e iluminación similar al que originaría un "sol artificial" situado a cierta altitud sobre el relieve.

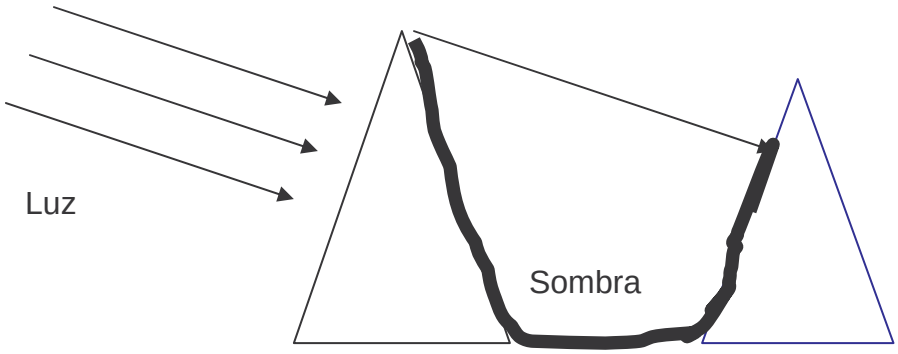
El sombreado no es una herramienta “cuantitativa” de representación del relieve aunque ayuda en gran medida a su comprensión como superficie tridimensional.

Hay dos sistemas básicos de sombreado:

- **Sombreado de Pendiente**: Se basa en la cantidad de luz que reciben las superficies en función de su pendiente cuando son iluminadas con un foco de luz situado en la vertical (cenit). Las superficies planas se muestran más claras, pero a medida que ganan inclinación se hacen más oscuras.



- **Sombreado Oblicuo:** Es el que se forma cuando un objeto es iluminado mediante un foco de luz situado de forma oblicua con respecto al objeto.



El sombreado oblicuo es el más utilizado por ser su interpretación más sencilla. Para utilizarlo hay que empezar por definir la posición del foco de luz imaginario o sol artificial. De forma estándar se suele situar en el ángulo superior izquierdo del mapa (al N.W.) y a una elevación virtual de 45º sobre el horizonte (plano del papel).! Por cierto que el Sol nunca alcanza tal posición en el cielo !

No obstante también se han realizado cartografías con sombreados que sitúan el foco luminoso en otros lugares, como el Sur. Asimismo, en terrenos más planos resulta más adecuado situar la fuente de luz más baja en el horizonte (plano del papel), por ejemplo, a 30 o 20º en lugar de a 45º. También hay planos que hacen combinación entre los dos tipos de sombreados (usando tonos distintos para cada uno de ellos) con objeto de intentar aproximarnos aún más a la realidad del terreno.

Normalmente en los mejores mapas se combina el sombreado con las tintas hipsométricas como herramientas accesorias para la comprensión del relieve.

10. PROFUNDIDAD DE LAS COSTAS (ISÓBATAS) Elemental

Los mapas que tienen alguna porción de costa suministran también la profundidad de las mismas. Para ello se unen los puntos de la misma profundidad formando unas curvas análogas a las curvas de nivel pero que ahora reciben el nombre de **isóbatas**. Como complemento a estas líneas se suelen pintar con tintas en diferentes tonos de azul (de claro a oscuro) las regiones comprendidas entre dos isóbatas consecutivas.

Estas representaciones pueden ser realmente útiles para la navegación marítima. Sin embargo, los navegantes preferirán, sin lugar a dudas, mapas específicos para tal fin, y a tal efecto existen las llamadas cartas de navegación.

11. PROMINENCIA TOPOGRÁFICA Elemental

La altitud de una montaña se define como la cota correspondiente a su punto más elevado. Se mide en metros aunque en los países de habla inglesa se expresa en pies (1 pie = 0’3044 metros).

Aunque no lo parezca la altitud de una montaña no resulta ser el dato más adecuado al intentar evaluar la importancia de una montaña. Conocido es que el Everest es la montaña más elevada de la tierra con sus 8.850 metros de cota, y también es conocido que el Himalaya y el Karakorum reúnen a las cimas más elevadas de la tierra. Pero, ¿ Son estas montañas las más importantes, las más representativas de la tierra ? ¿ Pueden representar, en cambio, la orografía del continente Asiático ?

La respuesta es negativa en ambos casos. El Everest es una montaña muy conocida por ser la más elevada, sin embargo hay cimas como el Lhotse (8.511 m), que ocupa el cuarto lugar entre las cumbres más elevadas de nuestro planeta, que no resultan tan sobradamente conocidas. En este caso el Lhotse es una cima muy próxima al Everest. Pero aún y todo existen montañas muy conocidas y que se sitúan en otros continentes: Aconcagua (6.962 m), Mont Blanc (4.810 m), Kilimanjaro (5.895 m).

Refiriéndonos a regiones menos extensas ocurre el mismo problema. Por ejemplo, el macizo del Kangchenjunga en el Himalaya (la tercera cumbre más elevada del planeta) alinea cuatro cumbres de más de ocho mil metros: Kangchenjunga (8.586 m), Kangchenjunga Oeste o Yolung Yang (8.505 m), Kangchenjunga II o Sur (8.494 m) y Kangchenjunga Central (8.482 m). Sin embargo, estas cuatro cimas se agrupan entorno a la más elevada formando un conjunto con poco desnivel entre unas y otras. Por ello, resultan más destacables otras montañas verdaderamente principales aunque de altitud inferior como el Makalu (8.463 m) .

- Macizo del Kangchenjunga en el Himalaya -

Por ello, las tres cimas secundarias del Kangchenjunga por encima de los 8.000 metros no suelen figurar en el listado oficial de “Ocho miles Principales”.

La distinción entre cumbres principales y secundarias se puede efectuar en términos de prominencia.

Se llama **prominencia** de un pico X al desnivel mínimo que le separa de cualquiera montaña que sea más alta que aquél. También se conoce este concepto con el nombre de **Factor Primario** de la montaña.

Dicho de otro modo, la prominencia del monte X es la mínima altitud que es necesario perder para dirigirse desde su cumbre a la de cualquier montaña que sea mayor que ella.

Si llamamos H a la altitud de una montaña y h a la cota del punto más elevado que une la montaña con otra que tenga mayor altitud que aquella, la prominencia p viene dada por:

$$p = H - h$$

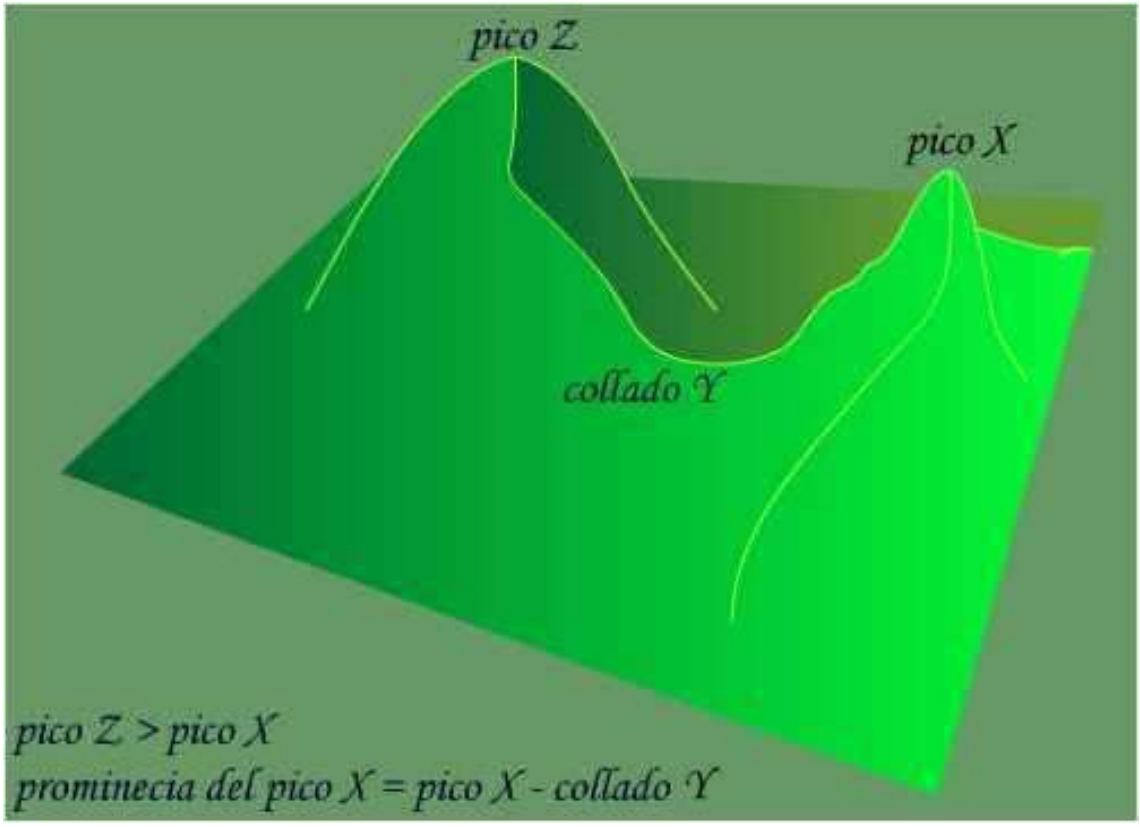
El problema de calcular la prominencia de la montaña es más complejo de lo que podría parecer pues la dificultad estriba en conocer el punto de mayor altitud entre la montaña y cualquiera que sea más alta.

Existe una manera muy gráfica de comprender el concepto de prominencia.

Sea el monte X cuya prominencia se desea conocer, y cuya altitud es H. Lo que hacemos entonces es inundar (de forma imaginaria por supuesto) todo el planeta con agua hasta la cota X. En ese momento por encima del agua sobresaldrán como islas todas las montañas que son más altas que el monte X, o sea, que su altitud es mayor que H.

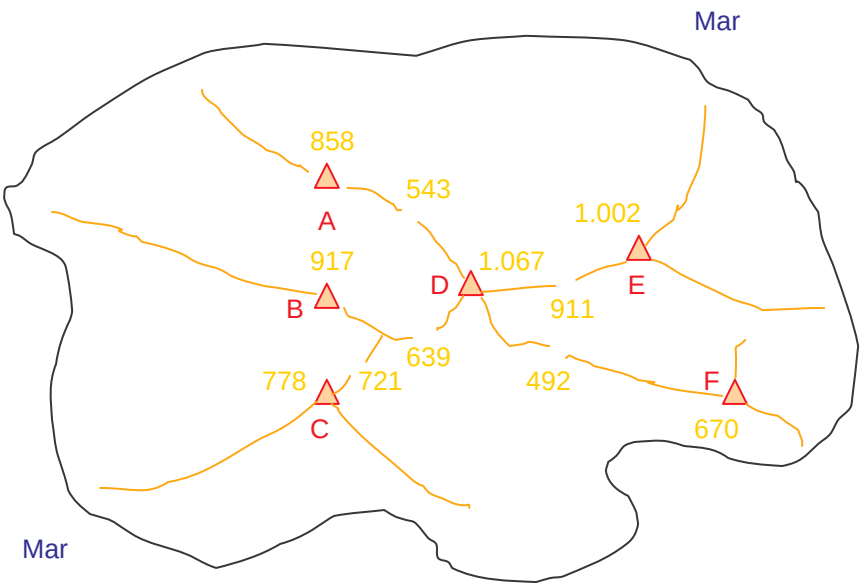
A continuación empezamos a quitar agua con lo que el nivel de las aguas descenderá progresivamente. En un momento dado observaremos que la montaña X queda unida mediante un trozo de tierra a otra montaña Z que resultará ser más elevada que X. El nivel del agua en ese momento es h, y la prominencia del monte X resultará ser:

$$p = H - h$$



La altitud h es la máxima altitud o collado Y más bajo entre los picos X y Z. La diferencia de nivel entre la altitud del pico X y el collado Y da la prominencia. Obsérvese que la prominencia no depende del pico Z que se elija.

Por ejemplo, para clarificar el concepto vamos a considerar una isla en la que existen seis picos y vamos a ver sus prominencias:



El monte D es el más elevado de la isla. Para subir a un monte mayor habría que descender al nivel del mar obligatoriamente. Por ello h=0 y la prominencia es igual a la propia altitud de la montaña (p=H). Por ello:

$$p_D = 1.067 \text{ m}$$

Para obtener la prominencia del pico E tomamos el collado que lo une al pico más elevado (D), cuya cota es h = 911 m. Por ello:

$$p_D = 1.002 - 911 = 91 \text{ m}$$

Para el picos A, B y F se procede de modo similar observando las cotas de los collados que nos separan de monte más elevado A:

$$P_A = 858 - 543 = 315 \text{ m}$$

$$P_B = 917 - 639 = 278 \text{ m}$$

$$P_F = 670 - 492 = 178 \text{ m}$$

Para el punto C la prominencia se mide con respecto al collado de cota h=721 m, pues se pasa por él al dirigirnos al monte más elevado B (917 m):

$$P_C = 778 - 721 = 57 \text{ m}$$

Los montes más prominentes son los que más destacan sobre el entorno que les rodea y los que se encuentran mejor diferenciados con independencia de su altitud.

En la siguiente lista se muestra la prominencia o factor primario de algunas de las cumbres de la tierra.

Monte	Altitud (m.)	Prominencia (m.)	Comentario
Everest	8.850	8.850	La más alta del mundo
Aconcagua	6.692	6.692	La más alta de Sur-América
Mc Kinley o Denali	6.168	6.144	La más alta de Norte-América
Kilimanjaro	5.895	5.879	La más alta de África
Cristóbal Colón	5.500	5.500	Colombia. A sólo 50 Km. del mar
Elbruz	5.642	4.767	La más alta de Europa
Mont Blanc	4.810	4.703	La más alta de los Alpes
Fuji	3.776	3.776	La más alta de Japón
Toubkal	4.165	3.740	La más alta del Norte de África
Teide	3.718	3.718	La más alta de España
Ararat	5.165	3.572	Montaña Bíblica. La más alta de Turquía.

En el caso de las montañas más elevadas de cada continente su prominencia y su altitud son iguales o aproximadamente iguales. Hay que observar como una montaña más elevada como es el Ararat (5.165 m) en Turquía resulta menos prominente que otra notablemente más baja como el Teide (3.718 m), que al ser el punto más alto de una isla (Islas Canarias), posee una altitud y prominencia idénticas.

12. RELEVANCIA Intermedio

Supongamos que estamos interesados en obtener las montañas más representativas de cierto territorio más o menos extenso y que denominaremos S (puede ser una sierra o macizo montañoso, una provincia, región, país, etc). Para ello vamos a desarrollar el concepto que denomino **Relevancia** y que viene a clasificar en una escala de 0 a 100 las montañas más importantes de la región S considerada.

En un primer intento podríamos tomar las montañas más elevadas del territorio S. En el mismo habrá una montaña que es más alta que todas las demás y cuya altitud denominaremos h_{max}. A la altitud mínima del territorio S le llamaremos, h_{min} . Con objeto de obtener una ordenación de los montes en una escala de 0 a 1, definimos la **Dominancia Altimétrica** de un monte de altitud h como D* :

$$D^* = \frac{h - h\min}{h\max - h\min}$$

Ej: Sea en un territorio S donde la montaña más elevada es Z y su altitud es h_{max} = 2000 m, mientras que la altitud mínima es h_{min} = 500 m. La dominancia de cualquier pico X de altitud h vendrá dada por:

$$D^* = \frac{h - 500}{2000 - 500} = \frac{h - 500}{1500}$$

De este modo al monte Z (que es el más elevado), h=2000 m, y le corresponde D*=1. Para un monte de altitud h=1000 m, D*=0'6667.

Sin embargo, después de haber estudiado la cuestión de la prominencia sabemos que los montes de mayor dominancia altimétrica, pese a ser los más elevados no son los más relevantes.

Por ello, definimos la **Dominancia Prominencial** como una manera de clasificar en una escala de 0-1 los montes de acuerdo a su prominencia. Si llamamos P* a la prominencia prominencial podríamos expresar de forma análoga:

$$P^* = \frac{p - p\min}{p\max - p\min}$$

Donde p_{max} es la prominencia máxima para el territorio, es decir, la prominencia del monte más prominente, y p_{min} es la prominencial mínima que sería la correspondiente a una superficie plana perfectamente horizontal para la que $p_{min} = 0$, por lo que:

$$P^* = \frac{p}{p\max}$$

Expresión que da la dominancia prominencial de cada montaña de prominencia igual a p del territorio.

Buscamos los montes que siendo lo más altos posibles, posean la máxima prominencia, lo que equivale a decir que el producto de sus dominancias tenga el valor mayor: D*·P*, que siempre será un valor menor o igual que la unidad:

$$D^* \cdot P^* <= 1$$

Con objeto de obtener valores más elevados efectuamos la raíz cuadrada, pues:

$$\text{Si } u<=1\text{, entonces } \sqrt{u} >= u$$

Por lo que la relevancia de un monte de altitud h y prominencia p en un territorio S d altitud máxima h_{max} , altitud mínima h_{min} y prominencia máxima p_{max} es:

$$R=\sqrt{D^* \cdot P^*} = \sqrt{\frac{h - h\min}{h\max - h\min} \cdot \frac{p}{p\max}}$$

Fórmula que propongo para obtener los montes más relevantes de una región. Hay que subrayar que la relevancia de un monte depende de la región elegida, no es un valor absoluto como la altitud o su prominencia.

TEMA 6

FORMAS DEL TERRENO

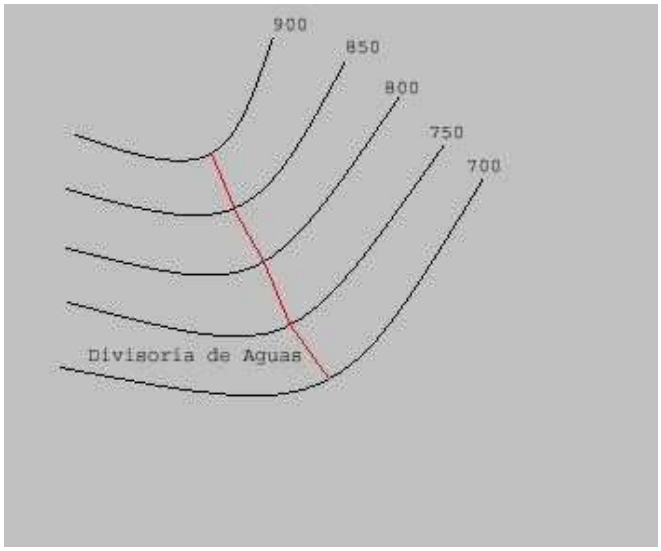
1. FORMAS SIMPLES Elemental

Toda la información sobre el relieve que ofrece un mapa reside en el sistema de representación que llamamos curvas de nivel, por lo que resulta imprescindible familiarizarse con el mismo con objeto de poder interpretar correctamente los diferentes accidentes del terreno.

Existen unas formas del terreno que se consideran elementales y que, por ello, reciben la denominación de formas simples: Los Salientes y Los Entrantes. La verdad es que estas formaciones rara vez aparecen en su estado más simple, pero su combinación da lugar a otras formas más complejas que si que aparecen con profusión en los mapas. También hay que indicar que un saliente es la forma opuesta a un entrante. Aún y todo cabría a añadir una forma aún más elemental que estas cuatro que es la Llanura o Meseta, cuya idea sería la superficie de una mesa. La ausencia de relieve que expresa una Llanura no tiene representación en el sistema de curvas de nivel (pues todo el terreno se coloca a un único y mismo nivel).

2. SALIENTES Y DIVISORIAS DE AGUAS Elemental

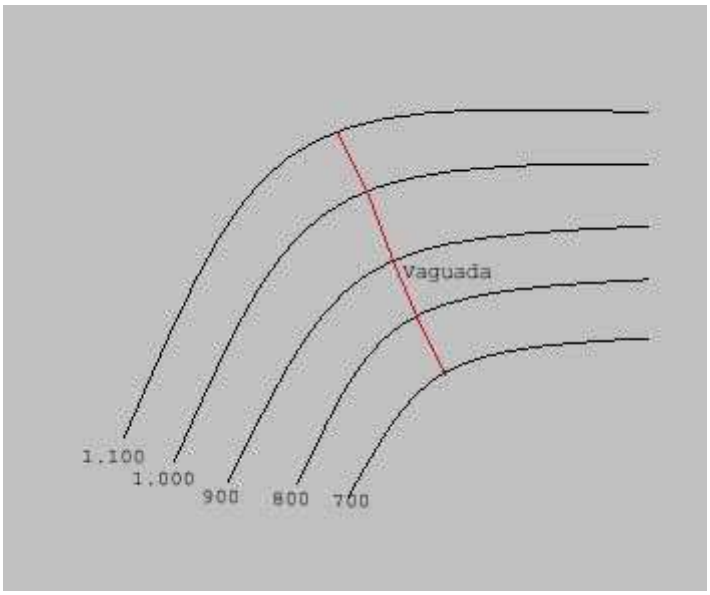
Los salientes son formas simples del terreno que presenta convexidad parta el observador. Se caracterizan porque las curvas de menor cota envuelven a las de cota mayor.



Todo saliente posee dos laderas o vertientes separadas por una línea imaginaria denominada **divisoria de aguas** o **interfluvio**. Esta línea es la de máxima pendiente, y separa el agua de lluvia que cae sobre el saliente guiándola por una vertiente o por la otra. El arroyo que desciende por una de los dos vertientes no puede pasar a la otra, no puede cruzar la divisoria de aguas.

3. ENTRANTES Y VAGUADAS Elemental

Son formas simples del terreno que presentan concavidad para el observador. Se caracterizan porque las curvas del nivel de mayor cota envuelven a las de cota menor.



Como en el caso de un saliente, el entrante posee dos superficies o vertientes separadas por una línea imaginaría que se denomina **vaguada** o **thalweg**.

La vaguada queda determinada por una línea que corta a todas las líneas de nivel siguiendo la máxima pendiente. Este camino es aprovechado por el agua de lluvia que reciben las montañas, por lo que en la práctica suele estar ocupada por algún río o arroyo ya sea de caudal intermitente o no.

4. FORMAS COMPUESTAS Elemental

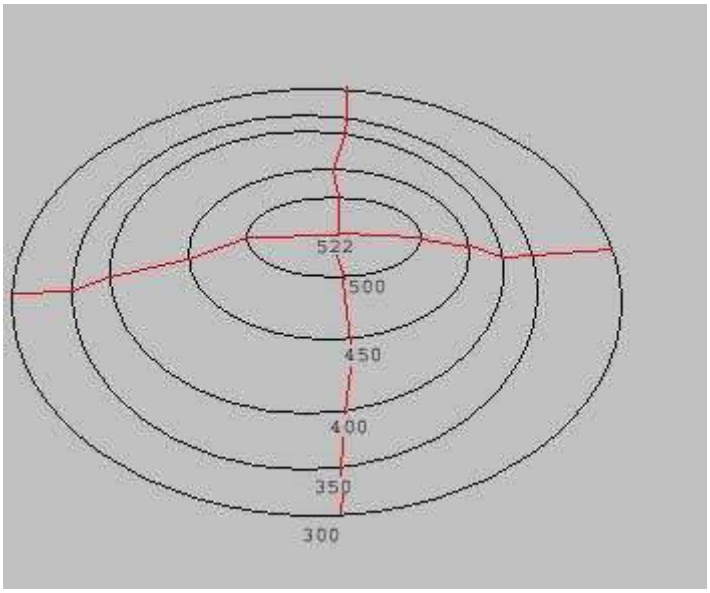
La unión de dos o más formas simples origina una forma compuesta. Las formaciones de este tipo más importantes son los Montes, que se originan al combinarse dos salientes, y las Depresiones u Hoyas, que se originan al unirse dos entrantes. Un monte es justamente la forma opuesta a una hoya. Para diferenciarlos deberemos observar la secuencia de las acotaciones de las curvas de nivel.

5. MONTES Y COLINAS Elemental

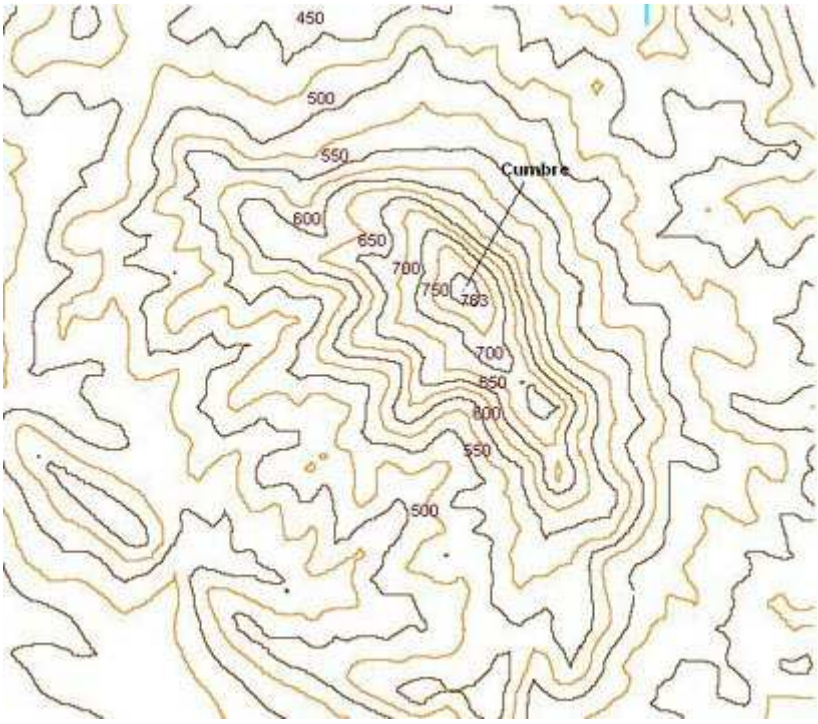
Un monte es una prominencia en el terreno formada por combinación de dos salientes. Existen diversas denominaciones para este accidente dependiendo en muchos casos de su magnitud o en su apariencia (que puede ser más o menos afilada, aplanada, alargada, etc): Monte o montaña, colina, cerro, cabezo, pico, punta, etc.

Un monte se distingue porque las curvas de nivel de mayor cota quedan envueltas por las curvas de nivel de cota menor. Cuanto más apretadas

aparecen las curvas de nivel sobre una vertiente, mayor será la inclinación de la misma, por lo que cabe deducir que se trata de un terreno más abrupto que en aquellas laderas donde las curvas de nivel se encuentran más distanciadas.



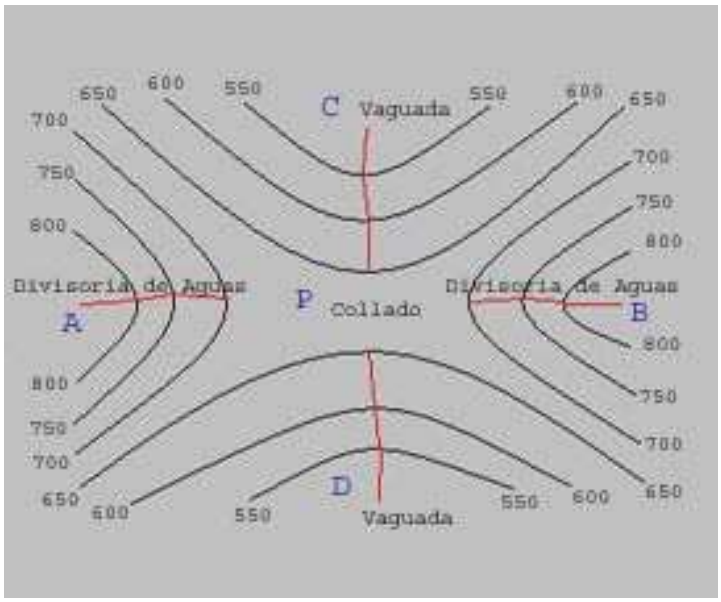
En la figura de muestra un monte y se observa que está formado por la unión de dos salientes más o menos semiesféricos. Como resultado se originan cuatro líneas divisorias de aguas que diferencian cuatro vertientes.



El punto más elevado del monte se llama cumbre o cima. Los mapas suelen dar la altitud o cota de las cumbres (en este caso es de 522 metros).

6. COLLADOS Y PUERTOS Elemental

Si en lugar de unir dos salientes como en el caso anterior, lo hacemos por sus vértices se obtiene la forma compuesta que se ve en la figura.



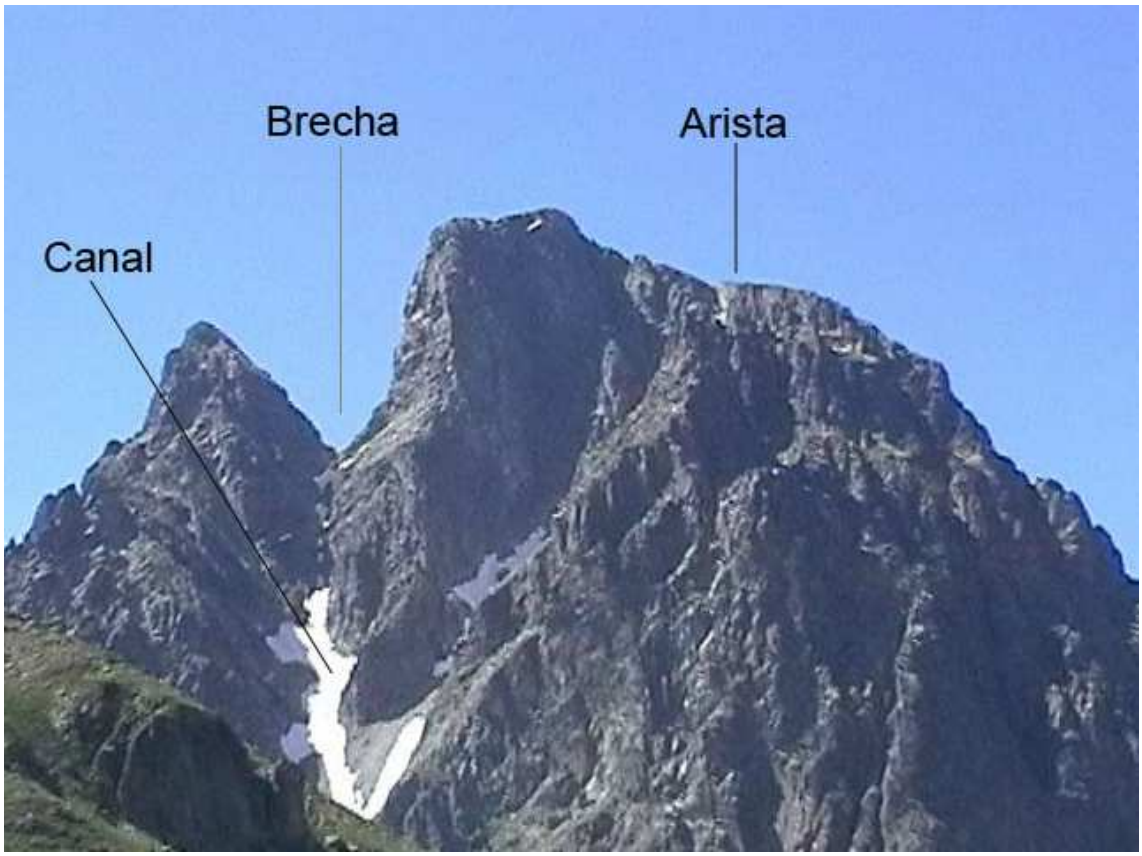
Dos entrantes A y B se han unido por sus vértices originando dos nuevos salientes, C y D, son sus correspondientes vaguadas. La zona de unión de los dos salientes es P, y se denomina **Puerto**, **portillo** o **collado**.

Un puerto o collado es el punto más bajo entre dos cumbres consecutivas. Estos lugares son aprovechados para pasar por ellos caminos y carreteras con objeto de atravesar las cordilleras montañosas. Este hecho es el que usamos

vulgarmente para relacionar un puerto con un alto en una carretera de montaña.

Un collado delimitado por paredes más o menos verticales sobre una cresta o arista rocosa recibe el nombre de **brecha**.

Las marcadas líneas que dan a parar a algunas brechas se denominan **Canales** o **Corredores**, y por ellas suelen discurrir itinerarios de alta montaña como paso estratégico para alcanzar las cumbres más abruptas.



Las canales se suelen hallar definidas por espolones rocosos más o menos continuos. En su seno podemos encontrar pendientes cubiertas por derrubios (piedras sueltas) llamadas **Pedreras**, **Pedrizas** o **Canchales**, o por empinadas laderas herbosas. En invierno su ascenso puede requerir equipamiento de alta montaña, en particular Piolet y Crampones pues se forma con facilidad hielo sobre ellas. Al ser lugares que reciben poco el sol, la nieve acumulada puede persistir durante el verano, formado **neveros**.

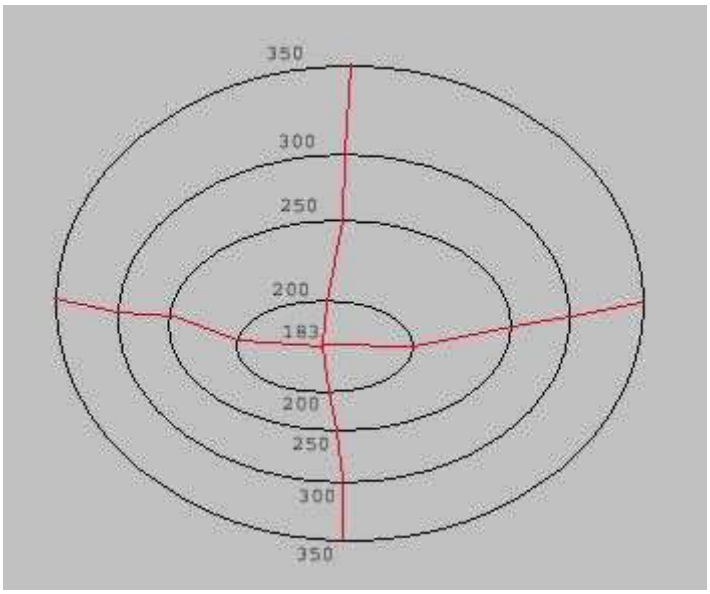
A veces las canales se estrangulan de forma significativa en varios puntos de la misma, especialmente en la salida a la arista cimera. Estas estrangulaciones se suelen conocer con el nombre de **chimeneas**, que pueden ser más o menos verticales por lo que superarlas pueden llegar a requerir técnicas y equipo de escalada.

7. HOYAS Y DEPRESIONES Elemental

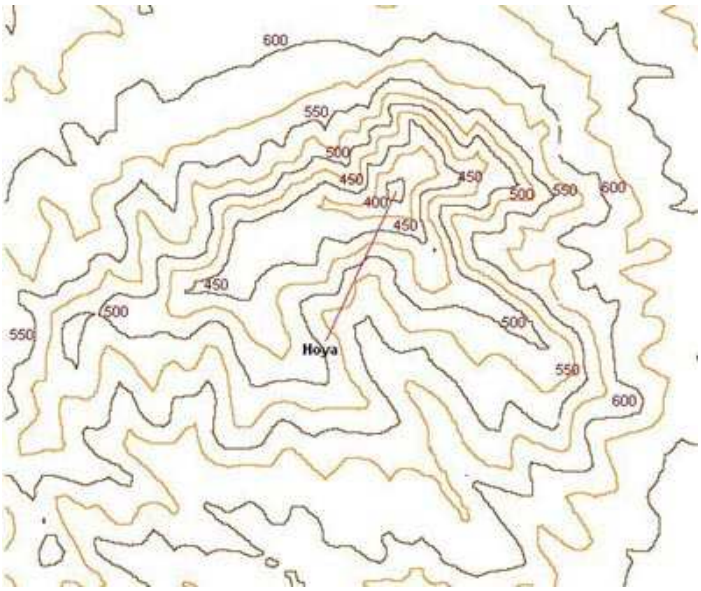
La unión de dos entrantes da lugar a una forma del terreno compuesta denominada **hoya** o **depresión**. La imagen que debemos tener en la cabeza para interpretar esta formación es la de un "embudo" o una "copa de champán".

Una hoya se distingue porque las curvas de nivel de mayor cota envuelven a las de cota menor. Esto diferencia este accidente del terreno de un monte. Para que la interpretación sea correcta necesitaremos fijarnos en la secuencia de acotación de las curvas de nivel.

En la figura se observa la formación de una hoya por unión de dos entrantes más o menos semiesféricos. El resultado final es una depresión con cuatro vaguadas. Si una hoya captura un curso de agua recibe el nombre de **sumidero**. El agua acaba por introducirse en el interior terrestre pasando a circular de forma subterránea.



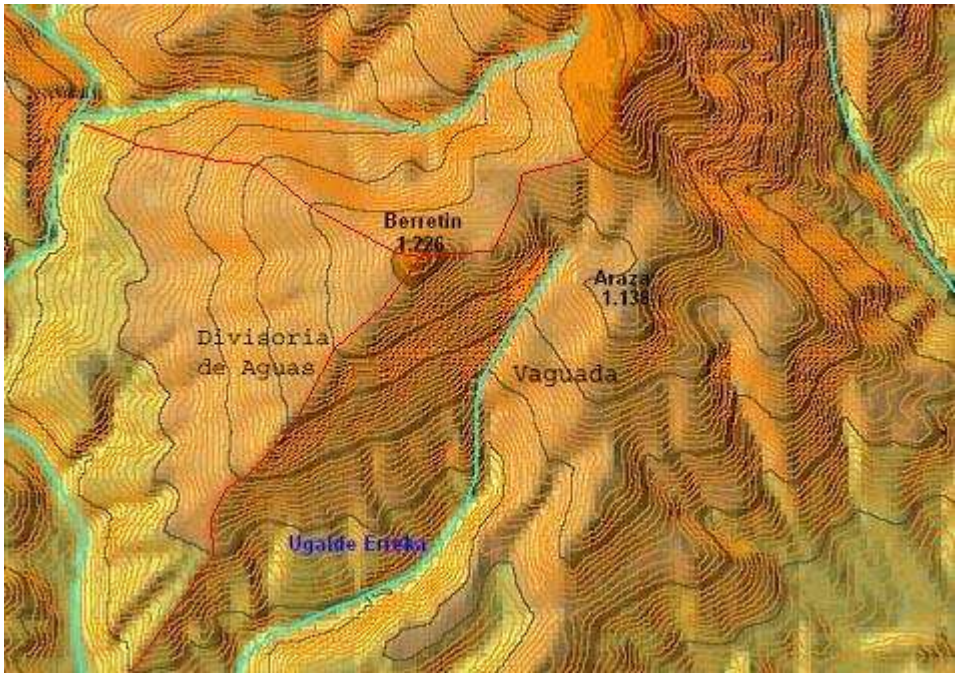
En los terrenos calizos se suelen formar hoyas más o menos grandes por hundimiento del terreno que ha sido erosionado por el agua de lluvia. Reciben el nombre de **Torcas** o **Dolinas** este tipo de accidentes. Algunas dolinas son más bien redondeadas pero otras pueden ser mucho más abruptas y estar delimitadas por paredes verticales. Cuando una dolina atrapa un curso de agua recibe el nombre de sumidero, y cuando su fondo presenta una caída vertical recibe la denominación de **Sima**.



8. BARRANCOS Y DESFILADEROS Elemental

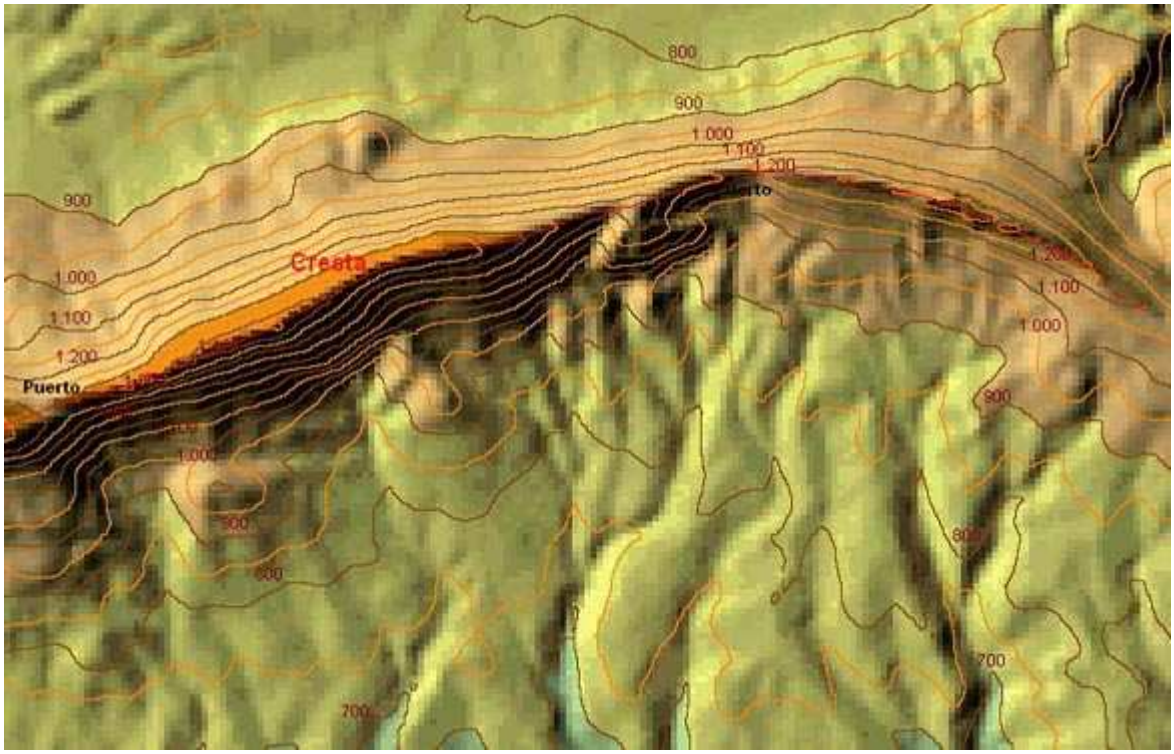
Los cursos de agua originan barrancos sobre la superficie terrestre. Estos no son otra cosa que entrantes por cuya vaguada circula una corriente de agua como un arroyo o un río. Cuando estos barrancos se estrechan de manera importante, el accidente de suele denominar **desfiladero**, **cañón** u **hoz**. En ellos el curso de agua circula encajonado entre paredes más o menos verticales.

En el mapa se presentan varios cursos de agua entorno al monte Berretin (1.226 m). Se han marcado las líneas divisorias de aguas más destacables. Cada arroyo discurre por el fondo de un barranco siguiendo el camino de su vaguada.



9. CRESTAS Y CORDALES Elemental

La línea imaginaría que une las cumbres consecutivas de una sierra o cordillera se denomina **cresta** o **cordal**. Los puntos más bajos entre las cumbres de la cresta son los puertos o collados.



Cuando una cresta es especialmente aguda y abrupta recibe el nombre de **arista**. Las cumbres de una arista suelen ser igualmente abruptas recibiendo el nombre de agujas, gendarmes o pitones, según, muchas veces, la propia apariencia que presentan ante el observador. Los collados que dejan entre sí estas cimas suelen ser estrechos y abruptos, y muchas veces se denominan brechas.

10. RELIEVE GLACIAR Elemental

En las montañas más elevadas los valles han sido labrados por la acción de los glaciares que modelaron el relieve de las cordilleras montañosas durante el cuaternario.

Los valles glaciares, poseen una marcada forma de "U", mientras que los debidos a la erosión fluvial marcan una forma de "V". En un glaciar el movimiento del hielo erosiona el fondo sobre el que se asienta, lo estría y desgarra depositando los materiales no sólo en la base del mismo, sino también, en sus lados y frente a su lengua. Estos depósitos reciben el nombre de **Morrenas** (Se habla de la morrena frontal, morrenas laterales y de la morrena de fondo).

En la superficie del glaciar, como resultado de las tensiones se abren profundas grietas que constituyen auténticas trampas para los alpinistas que progresan por ella sin las medidas de seguridad oportunas. La separación entre la masa de hielo y los rebordes del valle suele ser, también, muy delicada al encontrarse una grieta también muy profunda denominada **Rimaya**.

El resultado final de la erosión glaciar es un valle de forma más o menos semicircular denominada **Circo**. Las cumbres que lo dominan suelen ser muy abruptas (Pirineos, Gredos, Alpes) aunque si la erosión ha sido importante las formas son mucho más suaves (Sistema Ibérico). Actualmente los sedimentos del glaciar pueden interponer cierta dificultad a desaguar sus cuencas, lo que ha dado lugar a la formación de Lagunas Glaciares que en el pirineo occidental reciben el nombre de **Ibones**.

11. RELIEVE KÁRSTICO Elemental

El relieve kárstico o karst es el formado por el agua de lluvia sobre los terrenos calizos. La roca caliza es abundante en muchos macizos montañosos. En el caso de la península ibérica encontramos grandes karst en el Pirineo Occidental y Cordillera Cantábrica.

La roca caliza está formada por Carbonato de Calcio ($Ca\ CO_3$) que no es soluble en agua. Sin embargo basta con que el agua de lluvia tenga en disolución cierta cantidad de Anhídrido Carbónico (CO_2) para que esta situación cambie, pues el Carbonato de Calcio se transforma en Bicarbonato de acuerdo con la reacción química:

$$Ca\ CO_3 + CO_2 + H_2O = Ca\ (HC\ O_3)_2$$

Que si que es soluble a agua. El resultado es que al agua rica en anhídrido carbónico atacará la roca caliza, tanto en la superficie como en el interior terrestre.

En el interior terrestre se forman **galerías** y **cuevas** que permiten el transporte del agua subterránea, de tal manera que podemos imaginar el interior de los macizos kársticos como gigantescos quesos de “Gruyere”. Como consecuencia de esto la superficie se hunde y se forman hoyas circulares o elípticas denominadas **torcas** o **dolinas**. Estas pueden tener diámetros desde un par de metros hasta centenares de ellos. El fondo de algunas dolinas puede romperse y las ponen en comunicación con galerías subterráneas. Se forman,

de este modo, simas. Algunas de ellas pueden llegar a capturar los escasos cursos de aguas que discurren por el karst. Se trata de **sumideros** que se encargan de sumir los arroyos en el interior terrestre. Evidentemente que el agua capturada por el macizo debe volver a brotar en algún sitio. Esto ocurre en **surgencias** y **manantiales** situados en la base del macizo montañoso.

Sobre la superficie del terreno se observan otras manifestaciones además de las dolinas, sumideros y simas, como es el caso de los **lapiaces**. Los lapiaces son extensiones más o menos grandes donde aflora la roca caliza en forma de irregulares bloques, a menudo afilados como cuchillos, horadados y fracturados. En Cantabria y Asturias se les conoce con el nombre de “Garmas”. El avance por este tipo de terrenos debería evitarse pero si esto no es posible la travesía por ellos es lenta, penosa e incluso peligrosa.

TEMA 7

DISTANCIAS Y PENDIENTES

1. DISTANCIA Elemental

La separación entre dos puntos del terreno recibe el nombre de distancia. Para expresarla se usan unidades de longitud: El centímetro (cm), El metro (m), el kilómetro (Km.), o en los países de habla inglesa: El pie (p), la yarda (y) y la milla (m).

La equivalencia entre las unidades inglesas y las del sistema métrico decimal son las siguientes:

1 milla = 1’602 Km. = 1.602 metros
1 yarda = 3 pies = 0’9091 metros = 90’91 cm.
1 pie = 12 pulgadas = 0’3034 metros = 30’34 cm.
1 pulgada = 2,54 cm. = 25,4 mm.

Las altitudes se suelen expresar en los países de habla inglesa en pies.

Sin embargo, como vamos a ver a continuación a la hora de considerar dos puntos A y B sobre el terreno y sobre el plano cabe hablar de diferentes tipos de distancias.

2. DISTANCIA REAL O TOPOGRÁFICA Elemental

La distancia real o topográfica es aquella que es preciso recorrer necesariamente para desplazarse entre dos puntos A y B a través del terreno.

3. DISTANCIA NATURAL O GEOMÉTRICA Elemental

Es la mínima distancia que existe entre dos puntos A y B, por tanto, la del segmento que los une directamente mediante una recta. Se cumple que:

Distancia geométrica <= Distancia Real

Se dice que una pendiente es uniforme si la distancia geométrica y la real coinciden.

4. DISTANCIA HORIZONTAL O REDUCIDA Elemental

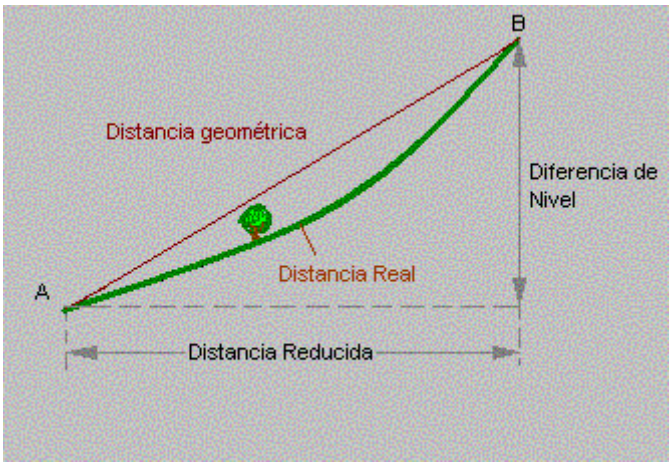
Es la proyección de la distancia geométrica sobre un plano perpendicular a dicha proyección. Se cumple que:

Distancia reducida <= Distancia geométrica

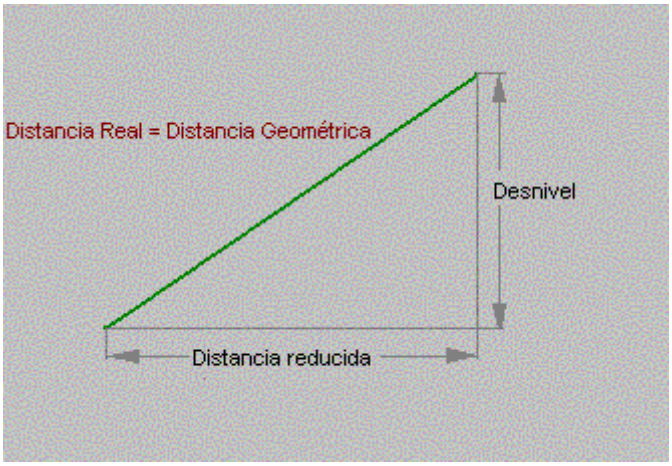
Para un plano sin inclinación (sin pendiente) la distancia reducida y geométrica coinciden.

En la figura se representan las diferentes distancias que pueden ser determinadas.

La mayor de ellas es la distancia real, seguida de la distancia geométrica y de la distancia reducida.



Un caso particular es el de Pendiente Uniforme. En este caso el desnivel aumenta de manera constante con la distancia.



La distancia real y la distancia geométrica son, en consecuencia, iguales.

5. DIFERENCIA DE NIVEL O DESNIVEL Elemental

La diferencia de nivel entre dos puntos es la distancia que los separa mediados sobre la vertical.

6. ITINERARIOS Y DISTANCIAS Elemental

Cuando realizamos un itinerario entre dos puntos nos suele interesar la distancia entre ambos. Mucha gente se quedará satisfecha si se le indica que el recorrido que va a efectuar es de 5, 8 ó 12 Km. Sin embargo cabe preguntarnos ahora, ¿ A qué distancia nos estamos refiriendo ?

Cuando medimos una distancia en el plano con ayuda de una regla estamos determinando la distancia reducida. Si el desnivel existente entre los puntos es muy pequeño, la distancia geométrica será aproximadamente igual a la

distancia reducida. Si el desnivel es muy importante, la distancia geométrica será claramente mayor.

La distancia real o topográfica no se puede determinar exactamente con el plano. Hay que medirla sobre el terreno. Si el terreno es más o menos uniforme y no hay desniveles apreciables, la distancia reducida medida se ajustará bien a la distancia real. Si el terreno posee grandes cambios de nivel durante el recorrido, la distancia reducida puede diferir bastante de la distancia real.

Resumiendo la distancia que medimos en el mapa (distancia reducida) siempre será inferior a la distancia real que tendremos que recorrer para unir dos puntos.

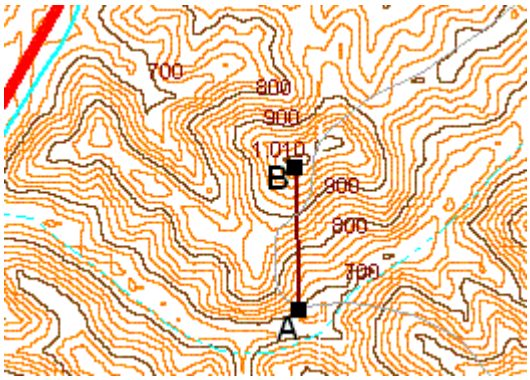
Otro hecho que hace que la distancia real de un itinerario sea mayor que la distancia reducida determinada por el plano es que será muy difícil que unamos los dos puntos mediante una recta perfecta. Muchas veces tenemos que describir largos zig-zag para remontar las vertientes más inclinadas o tendremos que realizar bordeos para evitar ciertos obstáculos como paredes rocosas o cerrados bosques.

Por otro lado, a veces se le presta poca atención al desnivel del itinerario cuando en realidad es la distancia más importante a considerar en un itinerario de montaña. Posteriormente se profundizará más en todo esto.

7. DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA REDUCIDA Elemental

La distancia reducida entre dos puntos se obtiene directamente de la medición efectuada sobre el plano.

Sean dos puntos A y B de un mapa topográfico de las siguientes características:



E=1:50.000

La equidistancia entre curvas de nivel es de 20 m.

La distancia AB en el plano se puede medir con regla, supongamos que es:

$$\text{Plano} = AB = 1{,}8 \text{ cm} = 0{,}018 \text{ m}$$

Por lo que la distancia sobre el terreno será:

Terreno = 0,018 x 50.000 = 900 m

8. DETERMINACIÓN DEL DESNIVEL Elemental

La observación de las curvas de nivel nos permite obtener el desnivel o diferencia de nivel entre dos puntos del mapa.

Para el ejemplo anterior, el punto A se halla a 700 m. y el punto B es la cumbre de un monte de 1.010 m. de altitud. El desnivel entre los dos puntos es:

Desnivel = 1.010 - 700 = 310 m

9. DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA GEOMÉTRICA Elemental

Se calcula fácilmente usando el teorema de Pitágoras. Si llamamos:

g = distancia geométrica

r = distancia reducida

h = desnivel

La distancia geométrica es:

$$g = \sqrt{r^2 + h^2}$$

Para el ejemplo anterior:

r = 900 m

h = 310 m

Por lo que la distancia geométrica será:

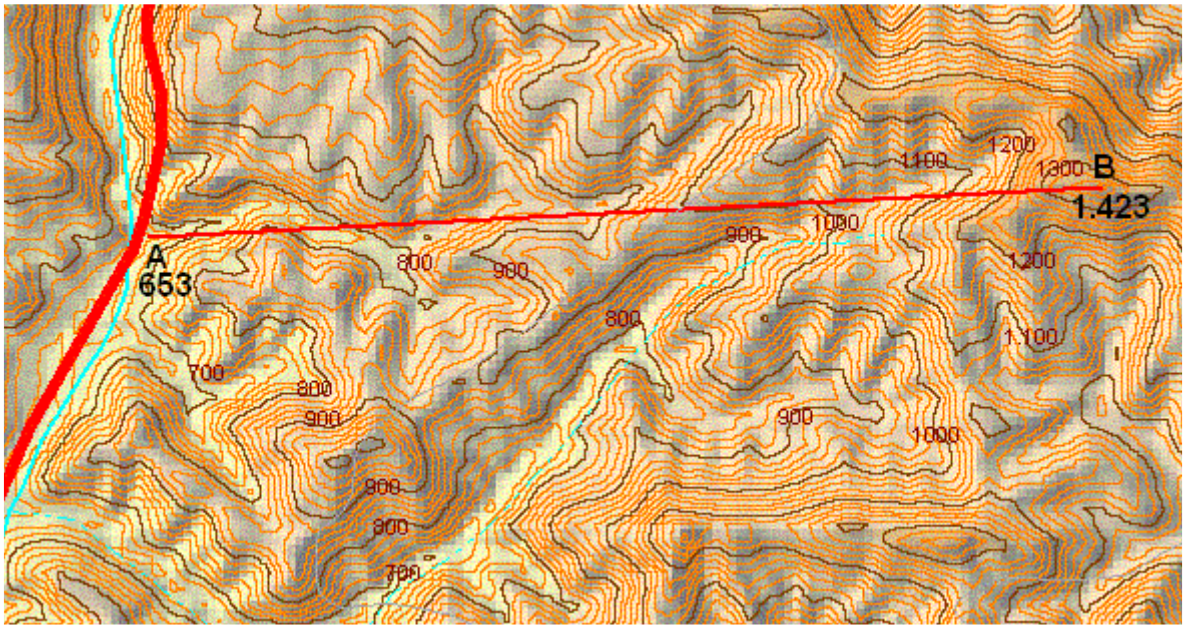
g = 952 m

Veamos un nuevo ejemplo.

Sean dos puntos A y B de un mapa topográfico de las siguientes características:

E=1:50.000

Equidistancia entre curvas de nivel = 20 m



Medimos en el mapa con la ayuda de una regla la distancia AB y resulta:

Plano = AB = 12 cm = 0'12 m

La distancia sobre el Terreno será:

Terreno = 0'12 x 50.000 = 6.000 m

El desnivel entre los puntos A y B será:

Desnivel = 1.423 - 653 = 770 m

Por tanto:

r = 6.000 m

h = 770

y la distancia geométrica será:

g = 6.049 m

10. APROXIMACIÓN A LA DISTANCIA GEOMÉTRICA MEDIANTE LA DISTANCIA REDUCIDA

Elemental

Sabemos la diferencia entre la distancia reducida (la proporcionada directamente al medir sobre el plano) y la distancia geométrica. Sin embargo, en un par de casos la medida de la distancia reducida es una buena aproximación de la distancia geométrica. Dicho de otro, la medida de la

distancia sobre el plano nos está dando con muy buena aproximación la distancia geométrica. Estas dos situaciones son las siguientes:

- El desnivel existente entre los dos puntos es muy pequeña o incluso nulo.

- El desnivel existente entre los dos puntos aunque importante resulta poco significativo en comparación con la distancia reducida.

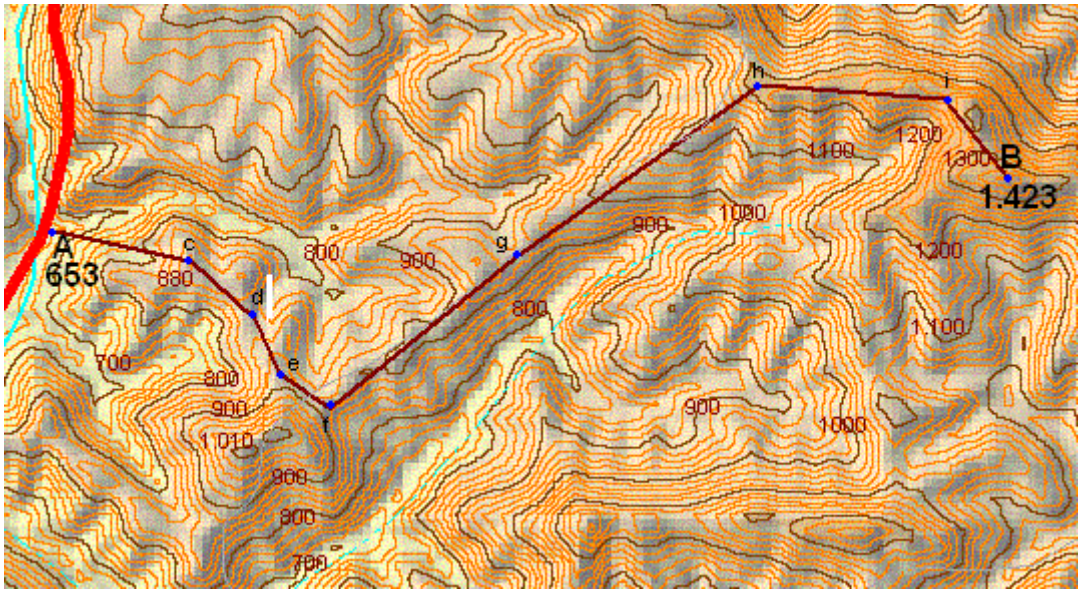
En el ejemplo anterior, obsérvese que pese al gran desnivel existente (casí 800 metros) la distancia reducida y la distancia geométrica son muy similares, apenas difieren en 50 metros. Esto se debe a que la distancia reducida (6.000 metros) es grande en comparación con el desnivel (770 m).

11. ESTIMACIÓN DE LA DISTANCIA REAL Y DESNIVEL DE UN ITINERARIO Elemental

La distancia real entre dos puntos no puede ser calculada a partir del mapa, pero se puede hacer una estimación de la misma.

La mejor manera de hacerlo es dividir el segmento AB en el mayor número posible de subintervalos y calcular la distancia geométrica para cada uno de ellos. Finalmente sumaremos todas las distancias geométricas calculadas para obtener una aproximación a la distancia real.

Vamos a considerar el itinerario entre A y B descrito en el siguiente mapa:



- E=1:50.000, equidistancia 20 m -

Se ha dividido en varios tramos. Para cada tramo hallaremos la distancia reducida y el desnivel, calcularemos la distancia geométrica y sumaremos los resultados. Este proceso se lleva a cabo en la siguiente tabla:

Tramo	Longitud (cm)	Altitud (m)	D. reducida (r)	Desnivel (h)	D. geométrica (g)
A-c	1'8	880	900	+227	928
c-d	1'0	850	500	-30	501
d-e	0,8	890	400	+40	402
e-f	0,8	890	400	0	400
f-g	3'0	930	1.500	+40	1.501
g-h	3'7	1.210	1.850	+290	1.873
h-i	2'4	1.270	1.200	+60	1.201
i-B	1'3	1.426	650	+156	668
				813	7.494

Haremos las siguientes observaciones:

- Se consideran positivos los desniveles que se acometen en ascenso y negativos los que se realizan en descenso. Por tanto para sumar el desnivel total del itinerario no se sumarán los descensos.

- También hay que señalar que para algunos puntos su altitud se ha tomado como el valor medio para las curvas de nivel que lo limitan. Por ejemplo, el punto d se halla por encima de la curva de nivel de 840 m y por debajo de la de 860 m. Por ello se ha tomado su cota como 850 m. De igual manera se ha procedido con los restantes puntos (e, f, g, h, i).

- Observar que en la mayoría de los casos nos podíamos haber ahorrado el cálculo de la distancia geométrica pues es prácticamente igual a la distancia reducida al ser el desnivel pequeño frente a esa distancia.

Resumiendo podemos decir que la distancia real del recorrido propuesto es:

Distancia real = 7.500 m

y su desnivel:

Desnivel = 813 m

12. TIEMPO NECESARIO PARA EFECTUAR UN ITINERARIO Elemental

Un hombre atravesaba la montaña en dirección a una aldea y se encontró con un pastor cuidado ovejas. El hombre le preguntó:- ¿ Podría decirme el tiempo que tardaré en llegar al pueblo ?. Pero el pastor permanecía a lo suyo y no le contestó. El hombre volvió a intentar la pregunta pero más alto pues pensaba que a lo mejor no se había percatado de su presencia. Sin embargo, tampoco obtuvo respuesta. Así que nuestro hombre prosiguió su camino pensando que sería sordomudo o algo así. Después de andar algunos metros, la contestación la sobrevino: - A ese paso tardarás no más de dos horas, le respondió el pastor.

La moraleja es clara : Dime lo rápido que avanzas y te diré el tiempo que invertirás en tu recorrido. Por ello, intentar calcular el tiempo necesario para cubrir un itinerario puede resultar baladí.

Sin embargo, vamos a atrevernos a pronosticar un tiempo que nos sirva de referencia al planear nuestras salidas. Para ello suponemos que:

- Las condiciones meteorológicas en las que se realiza el itinerario son las adecuadas.
- El terreno no impone dificultades importantes. No se avanza por una cerrada vegetación, no existen problemas para sortear ríos y no se debe recurrir a técnicas de escalada especializadas.

Con ello, sobre terreno llano calcularemos una hora por cada 6 Km. Para superar un desnivel de 400 m necesitaremos una hora más. Con ello, el tiempo de referencia para realizar el itinerario será:

tiempo = Distancia Real (Km) / 6 + Desnivel (m) / 400

Para el itinerario descrito en el ejemplo anterior, el tiempo necesario será:

tiempo = 75 / 6 + 813 / 400 = 12.5 + 2.03 = 3.28 horas

Observemos que 0.28 horas son 0.28x60 = 16.8 minutos, luego podemos decir que:

tiempo = 3 h 15 m

Quizás ahora entiendas la importancia de conocer el desnivel del itinerario para hacernos una idea del tiempo que necesitaremos para cubrirlo.

13. PENDIENTE Elemental

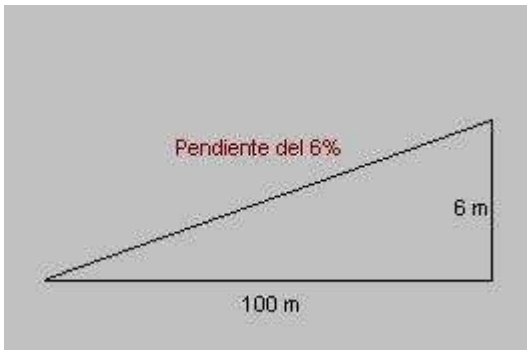
El concepto de pendiente nos es familiar ya que inmediatamente nos viene a la mente una cuesta. También hemos visto la indicación de las pendientes de las carreteras en una señal como la de la figura.

Las pendientes de las carreteras se expresan en porcentaje.

Todo plano desviado de la horizontal del suelo recibe el nombre general de pendiente.

Las pendientes se miden frecuentemente en porcentajes. Una pendiente de 1% es aquella que en una distancia de 100 m experimenta un desnivel de 1 m. El desnivel puede ser de subida o de bajada.

La figura representa una pendiente del 6 %. En 100 m de distancia reducida encontramos un desnivel de subida de 6 m.



14. CÁLCULO DE LA PENDIENTE Elemental

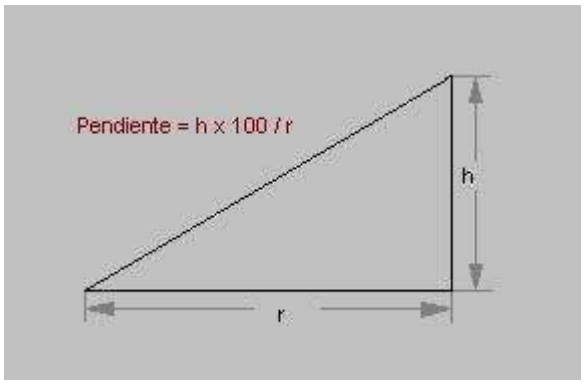
Si tenemos dos puntos A y B separados por una distancia reducida r y un desnivel h, la pendiente entre ambos en porcentaje es, simplemente:

$$\text{pendiente (\%)} = h \times 100 / r$$

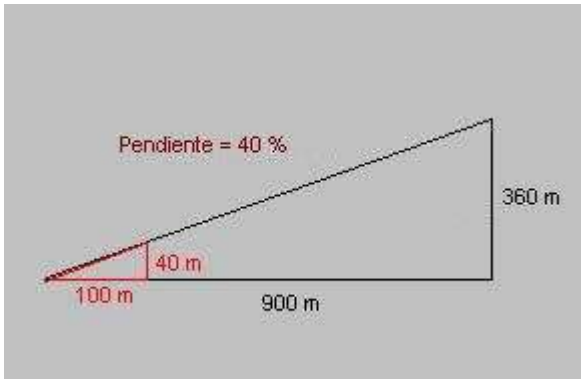
Las siguientes figuras muestran de forma gráfica el concepto de pendiente y la manera de calcularla:

h = desnivel (metros)

r = distancia reducida (metros)



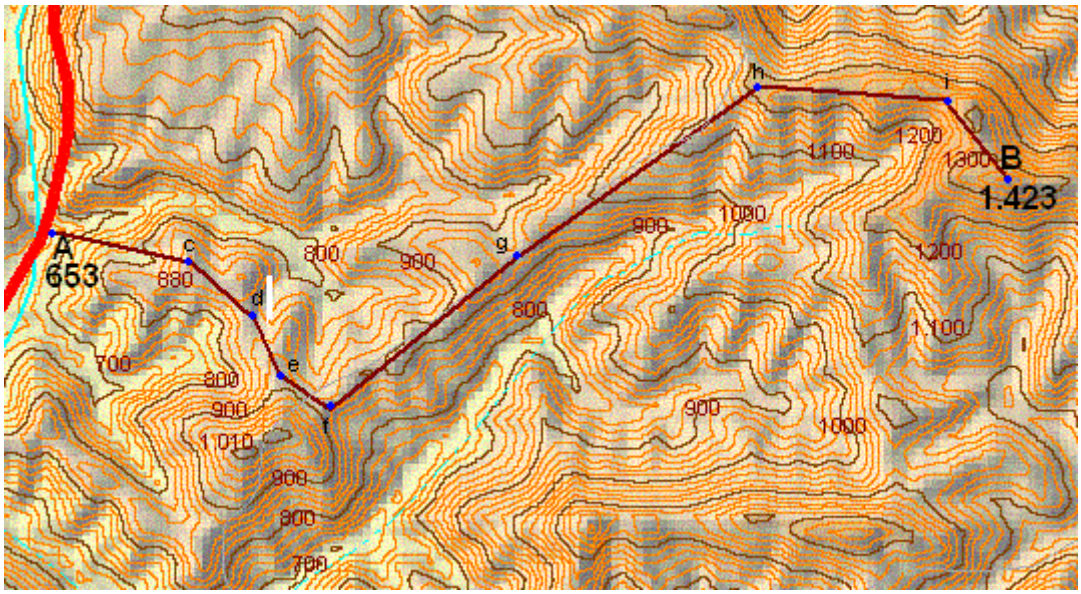
En la siguiente figura, la distancia reducida es r = 900 m. El desnivel es h = 360 m.



La pendiente vale, entonces:

$$p = 360 \times 100 / 900 = 40\ \%$$

Para el itinerario AB ya estudiado anteriormente, vamos a obtener la pendiente de cada uno de los tramos del mismo.



Para ello se parte de una tabla similar a la que hicimos para calcular la longitud del recorrido. La pendiente se obtiene con la fórmula p = h x 100 / r.

Tramo	Longitud (cm)	Altitud (m)	D. reducida (r)	Desnivel (h)	Pendiente (%)
A-c	1'8	880	900	+227	25
c-d	1'0	850	500	-30	- 6
d-e	0,8	890	400	+40	10
e-f	0,8	890	400	0	0
f-g	3'0	930	1.500	+40	3
g-h	3'7	1.210	1.850	+290	16
h-i	2'4	1.270	1.200	+60	5
i-B	1'3	1.426	650	+156	24

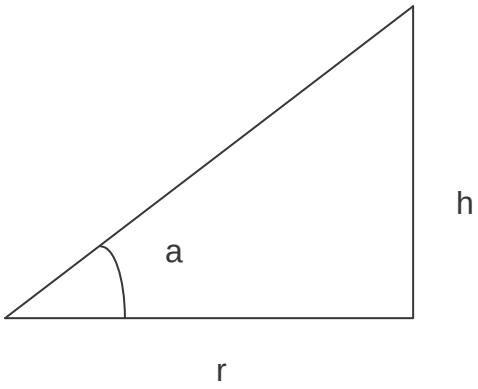
Se ha expresado una pendiente positiva como aquella que acometemos en sentido ascendente, y una pendiente negativa como aquella que se acomete en descenso.

Ahora podemos observar que los tramos más duros del itinerario son el tramo inicial A-a, y el tramo final i-B, con pendientes del orden al 25 %. También vemos que hay un tramo, el c-d que es descendente, y que el tramo e-f es llano (pendiente nula).

15. ÁNGULO DE PENDIENTE Elemental

A veces las pendientes se expresan mediante el valor del ángulo que determinan. Esta forma de expresión es muy frecuente en alpinismo para expresar la inclinación de las laderas cubiertas por la nieve.

En la figura se ve el ángulo a determinado por una pendiente.

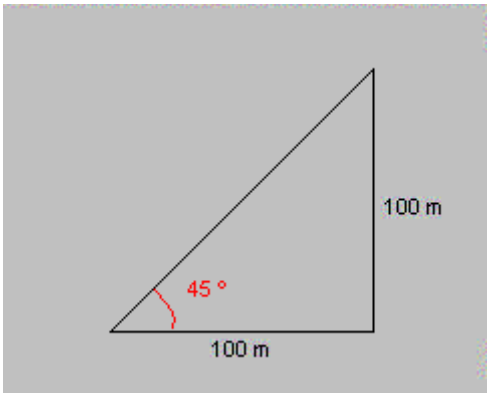


Evidentemente existe una relación entre la pendiente porcentual y el ángulo de pendiente, pero para ello hay que hacer uso de la trigonometría, como se verá más adelante.

Angulo (º)	Pendiente (%)
0	0
10	18
20	36
30	58
40	84
45	100
50	119
60	173
70	275
80	567
90	inf

Como puede verse una pendiente del 18% que es bastante fuerte en una carretera de montaña equivale 10º únicamente. Una pendiente del 100 % es aquella en la que al recorrer 100 metros de distancia reducida se acomete un

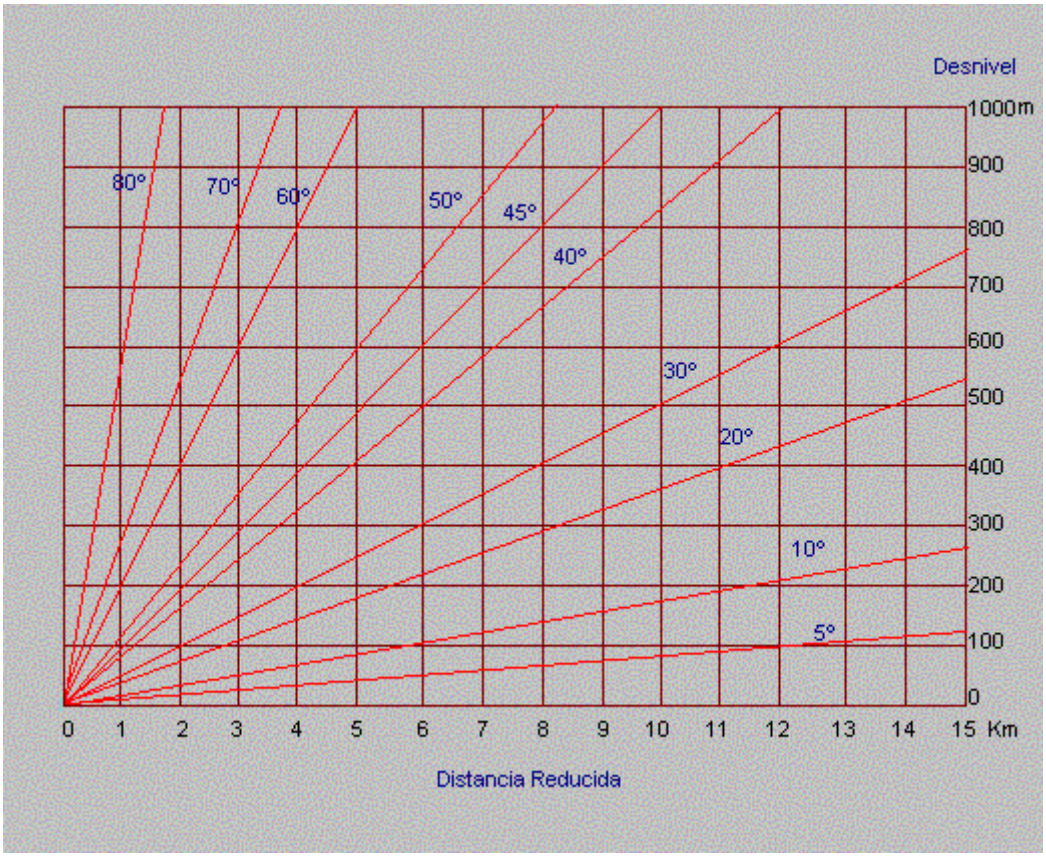
desnivel de otros 100 m. Esto se corresponde a un ángulo de 45º. Obsérvese que existen pendientes con porcentajes superiores al 100 (ángulos de pendientes superiores a 45 º).



A una pendiente del 100% le corresponde un ángulo de pendiente de 45º.

16. CÁLCULO GRÁFICO DE PENDIENTES Elemental

La pendiente puede ser calculada de forma gráfica mediante la construcción de la figura, lo que evita tener que efectuar todo cálculo.



Así, si medimos una distancia reducida de 8 Km. y un desnivel de 300 m, la gráfica nos da una pendiente ligeramente superior al 20%. Una manera de determinar con precisión los ángulos de pendiente es trazando una recta que pase por la distancia reducida y el desnivel medido sobre el mapa y con la

ayuda de un transportador de ángulos determinarlo. Para ver como se hace el cálculo exacto ir a temas avanzados.

17. PENDIENTE Y DIFICULTAD Elemental

Cuanto mayor sea la pendiente de un tramo en un recorrido mayor será el esfuerzo y dificultad para remontarlo. La siguiente tabla nos puede ayudar a interpretar los valores de pendientes que calculemos.

Pendiente (%)	Angulo (º)	Decripción
0	0	Terreno Llano
3'5	2	Leve inclinación.
5	3	áxima en vías férreas.
9	5	Pendientes grandes en carreteras generales
14	8	Pendiente fuerte en carreteras de montaña
21	12	Pendientes muy fuertes en carreteras de montaña
30	17	Cuestas fuertes en pistas forestales
50	27	Típica en senderos de montaña
70	35	Pendientes de montaña fuertes
100	45	Pendientes muy fuertes. Ocasionalmente se necesitaran las manos. Con nieve, equipo de alpinismo (piolet y crampones).
173	60	Requiere atención. Hay que trepar por terrenos rocosos. Puede requerir uso de cuerda. Con nieve se requerirá equipo de alpinismo.
373	75	Requiere técnicas de escalada.
inf	90	Pared vertical, sólo superable con técnicas de escalada de dificultad.

En Invierno con las laderas cubiertas de nieve y hielo el conocimiento de las pendientes por las que se desarrolla el recorrido resulta crucial en un itinerario de alta montaña. Las pendientes por encima de los 35º requieren, en general, un buen equipo (piolet y crampones). A pendientes de 45º y mayores es habitual progresar en "cordada". En pendientes de 60º y mayores es normal que sólo progrese uno de los componentes de la cordada a la vez.

18. RELACIONES TRIGONOMÉTRICAS ENTRE DISTANCIAS Intermedio

Si posee conocimientos básicos de trigonometría tal vez le interese conocer que relación existe entre las distancias ya explicadas y el ángulo de pendiente. En cualquier caso, para realizar las operaciones usaremos las funciones trigonométricas: seno (sen), coseno (cos) y tangente (tan), todas ellas muy fáciles de evaluar con la ayuda de una calculadora científica.

Denominaremos:

r = Distancia reducida

h = Desnivel

g = Distancia geométrica

El estudio de los triángulos que nos proporciona la trigonometría plana nos permite establecer las relaciones siguientes entre los lados y ángulo a de un triángulo rectángulo:

$$r = g \cdot \cos a$$

$$h = g \cdot \operatorname{sen} a$$

$$\operatorname{tg} a = h / r$$

Donde sen a es el seno del ángulo, cos a es el coseno del ángulo y tg a es la tangente. Estas cantidades se llaman relaciones trigonométricas de un ángulo dado.

En la siguiente tabla se resumen algunos de los valores de las relaciones trigonométricas para algunos ángulos:

Angulo a (º)	sen a	cos a	tg a
0	0'0000	1'0000	0'0000
5	0'0872	0'9962	0'0875
7	0'1219	0'9925	0'1228
10	0'1736	0'9848	0'1763
15	0'2588	0'9659	0'2679
20	0'3420	0'9397	0'3640
30	0'5000	0'8660	0'5774
40	0'6428	0'7660	0'8391
45	0'7071	0'7071	1'0000
50	0'7660	0'6428	1'1918
60	0'8660	0'5000	1'7321
70	0'9397	0'3420	2'7475
80	0'9848	0'1736	5'6713
90	1'0000	0'0000	Inf

La relación trigonométrica más importante que manejaremos es, sin duda, la tangente:

$$\operatorname{tg} a = h / r$$

19. CÁLCULO NUMÉRICO DE LA PENDIENTE Intermedio

Por ejemplo, si hemos determinado sobre el mapa una distancia reducida de r = 650 m y un desnivel de h = 375 m, la pendiente de este tramo será:

$$\operatorname{tg} a = h / r$$

$$\operatorname{tg} a = 375 / 650 = 0'577$$

El ángulo que se corresponde con esta tangente puede obtenerse de la tabla:

$$a = 30^{\circ}$$

20. CÁLCULO DE LA PENDIENTE PORCENTUAL Intermedio

Para calcular la pendiente porcentual correspondiente a un ángulo a dado hacemos uso de la expresión de la tangente:

$$tg\ a = h / r$$

poniendo como distancia reducida r = 100 m, el valor del desnivel h es la pendiente porcentual buscada:

$$tg\ a = h / 100$$

Multiplicando por 100 los dos miembros de la igualdad queda:

$$h = 100 \cdot tg\ a$$

Por ejemplo, para un ángulo de pendiente de a= 30º, la pendiente porcentual es:

$$h = 100 \cdot tg\ 30º = 100 \cdot 0'5774 = 57'74\ \%$$

Vemos que el cálculo es, en realidad muy sencillo pues basta multiplicar por 100,la tangente del ángulo de pendiente y que puede obtenerse de la tabla anterior o con una calculadora.

21. CÁLCULO DEL ÁNGULO DE PENDIENTE Intermedio

Veamos como podemos calcular el ángulo de pendiente si conocemos la pendiente porcentual. Para ello volvemos a la fórmula de la tangente:

$$tg\ a = h / r$$

y ponemos en h el ángulo de pendiente y r = 100 :

$$tg\ a = h / 100$$

Así, si tenemos una pendiente del 17% entonces:

$$tg\ a = 17 / 100 = 0'17$$

Y, por la tabla podemos ver que esta tangente se corresponde con un ángulo aproximado:

$$a = 10\ º$$

En resumen, vemos que este calculo se reduce a dividir la pendiente porcentual entre cien y ver a que ángulo le corresponde el valor de tangente así calculado.

22. DISTANCIAS Y COORDENADAS U.T.M Intermedio

El uso de coordenadas UTM permite calcular distancias mediante métodos matemáticos que, además, no resultan realmente complicados. Ello permite sustituir el uso de la regla por la calculadora.

Para la determinación de las coordenadas U.T.M podemos usar un dispositivo GPS (Global Position System). De este modo si anotamos los puntos por donde vamos pasando (o los memorizamos en el aparato constituyendo un Way-point de nuestra marcha), podremos calcular la distancia recorrida.

En cualquier caso, las coordenadas U.T.M. permiten usar los conocimientos de geometría analítica con objeto de resolver los problemas topográficos que se presenten.

23. DISTANCIA ENTRE DOS PUNTOS Intermedio

Cada punto en el que nos encontramos lo podemos caracterizar por tres coordenadas UTM (x,y,z). Dados, entonces, dos puntos A y B cuyas coordenadas U.T.M. respectivas son (x1,y1,z1) y (x2,y2,z2), la distancia entre ambos se determina con facilidad mediante el teorema de Pitágoras. La distancia reducida es:

$$r = \sqrt{(x2 - x1)^2 + (y2 - y1)^2}$$

la distancia geométrica es:

$$r = \sqrt{(x2 - x1)^2 + (y2 - y1)^2 + (z2 - z1)^2}$$

y el desnivel en metros entre los dos puntos es simplemente:

$$h = z2 - z1$$

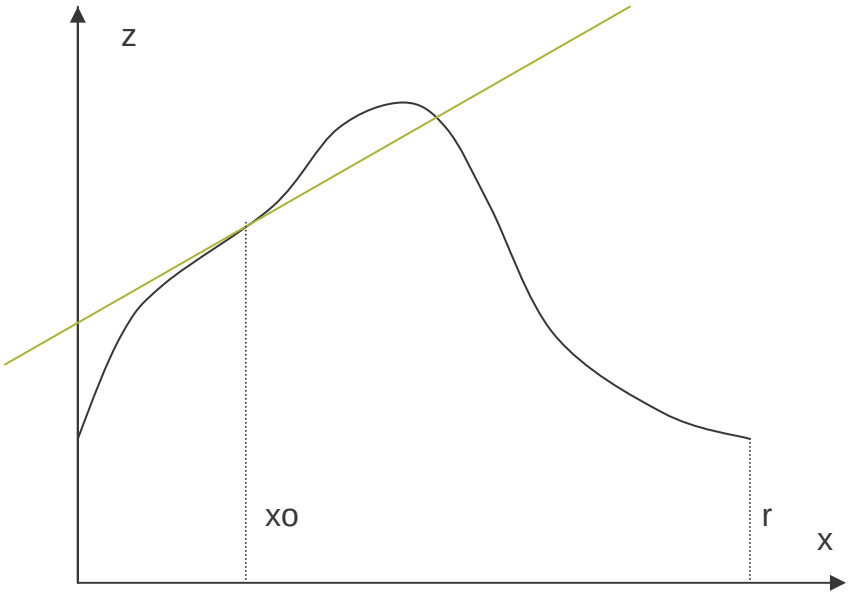
Deberemos tener la precaución de expresar todas las coordenadas en las mismas unidades, en general metros o kilómetros. Téngase en cuenta que, en general, la coordenada z que expresa la distancia del punto al plano de referencia para la medición de la altitud (cota), suele medirse en metros, mientras que las otras dos pueden venir dadas en metros o en kilómetros.

24. ESTUDIO MATEMATICO DE LA DISTANCIA REAL Avanzado

Como se ha visto la distancia real o topográfica no se puede determinar más que sobre el terreno si bien se puede obtener una aproximación, tal y como se ha visto, mediante la distancia geométrica medida en diferentes tramos a lo largo de un perfil.

En principio un perfil puede ser representado matemáticamente mediante una función que describe geométricamente un perfil:

z=z(x)



La pendiente en un punto del perfil x=xo viene dada por la derivada de la función en ese punto:

$$tg\alpha = \left(\frac{dz}{dx}\right)_{x=xo}$$

Para calcular la distancia real del perfil entre los puntos x=0 y x=r, siendo r la distancia reducida, hay que considerar un elemento diferencial de recorrido dl, que por el teorema de Pitágoras vale:

$$dl = \sqrt{dx^2 + dz^2}$$

O bien:

$$dl = \sqrt{1 + (dz/dx)^2} \cdot dx$$

Integrando esta expresión entre x=0 y x=r, se obtiene la distancia real o topográfica buscada d:

$$d = \int_o^r \sqrt{1 + (dz/dx)^2} \cdot dx$$

Siendo r la distancia reducida, que se puede medir exactamente sobre el mapa.

Sabemos que la distancia real d debe ser mayor o igual que la distancia geométrica g, que a su vez es mayor o igual que la reducida:

d >= g >= r

Podemos definir ahora un coeficiente β que multiplicado por la distancia reducida r nos de la distancia real:

$$d = \beta \cdot r$$

donde β>=1, por tanto. El problema de evaluar la distancia real o topográfica de un itinerario (perfil), consiste pues en evaluar la distancia reducida del mapa y multiplicarlo por el coeficiente β, que dependerá de la forma geométrica del perfil. Combinando las dos expresiones anteriores resultará la fórmula para calcular β:

$$\beta = \frac{1}{r} \cdot \int_{o}^{r} \sqrt{1 + (dz/dx)^2} \cdot dx$$

Caso 1º: Pendiente uniforme

Una pendiente uniforme se corresponde con una función lineal de la forma:

$$z = m \cdot x + ho$$

donde m= tg α es la pendiente de la recta y ho la altitud del punto inicial del itinerario (cuando x=0):

$$z = \text{tg}\ \alpha \cdot x + ho$$

Para calcular β:

$$dz/dx = \text{tg}\ \alpha$$

de modo que:

$$\beta = \frac{1}{r} \cdot \int_{o}^{r} \sqrt{1 + \text{tg}^2 \alpha} \cdot dx$$

Y queda:

$$\beta = \sqrt{1 + \text{tg}^2 \alpha}$$

Por lo que la distancia real se relaciona con la reducida por:

$$d = r \cdot \sqrt{1 + \text{tg}^2 \alpha}$$

Al ser la pendiente uniforme este mismo valor es la distancia geométrica. La pendiente es tg α = h/r, siendo h la altitud en el punto final x=r del recorrido. Por lo que, esta expresión queda:

$$d = \sqrt{\text{r}^2 + \text{h}^2}$$

Caso 2º : Pendiente Parabólica

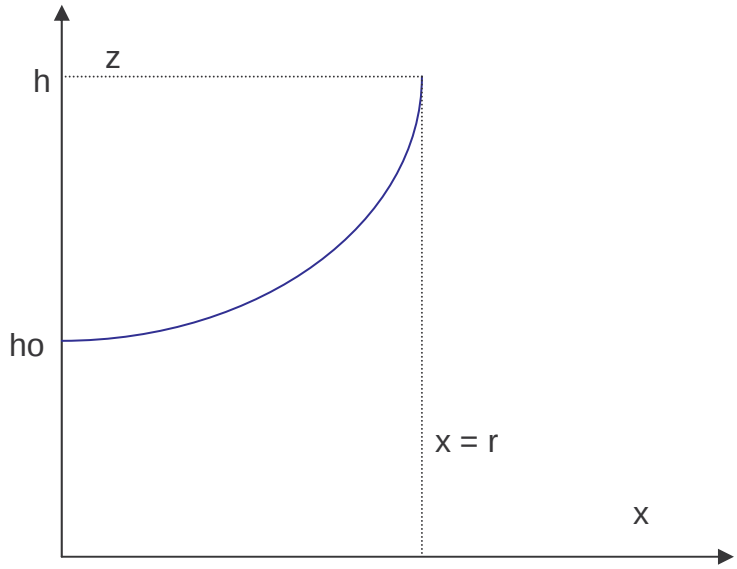
Una pendiente de este tipo responde a la ecuación:

$$z = k \cdot x^2 + ho$$

donde para z=r, siendo r la distancia reducida, la altitud toma el valor z=h. De este modo la constante k es:

$$h = k \cdot r^2 + ho$$

$$k = (h-ho) / r^2$$



La derivada es:

$$dz/dx = 2 \cdot k \cdot x$$

El cálculo de β consiste en evaluar la integral:

$$\beta = \frac{1}{r} \cdot \int_o^r \sqrt{1 + 4k^2 x^2} \cdot dx$$

que pese a su aparente simplicidad presenta ya cierto grado de complejidad.

$$\beta = \frac{1}{r} \cdot \left[\frac{1}{2} r \sqrt{1 + 4k^2 \cdot r^2} + \frac{1}{4k} \cdot arcsenh(2kr) \right]$$

Donde:

$$arcsenh\ x = \ln(x + \sqrt{x^2 + 1})$$

O sea:

$$\beta = \left[\frac{1}{2}\sqrt{1+4k^2 \cdot r^2} + \frac{1}{4kr} \cdot \ln(2kr + \sqrt{1+4k^2 r^2} \right]$$

Por ejemplo, sea el perfil parabólico:

ho= 1000 m
h = 1500 m
r = 2000 m

entonces:

k = (h - ho) / r^2 =(1500 – 1000) / 1000^2 = 0’000125

Con ello:

β = 1’04022

y la distancia real es:

d = β · r = 1’04022 · 2000 = 2080’45 m

Se puede comparar este valor con la distancia geométrica:

$$g = \sqrt{r^2 + (h - ho)^2} = 2061'55 \text{ m}$$

El error cometido al tomar la distancia geométrica como distancia real es inferior al 1 %.

Caso 3º : Pendiente Exponencial

En una pendiente exponencial la pendiente crece proporcionalmente con la altitud z. Por ello se cumple que:

dz/dx = k·z

De aquí se deduce que:

dz/z = k·dx

Por lo que integrando los dos miembros:

$$\int_{h0}^{z} \frac{dz}{z} = \int_{0}^{x} k \cdot dx$$

Y resulta que:

ln (z / ho) = k·x

tomando exponenciales a ambos lados de la igualdad:

$$z = ho \cdot e^{k \cdot x}$$

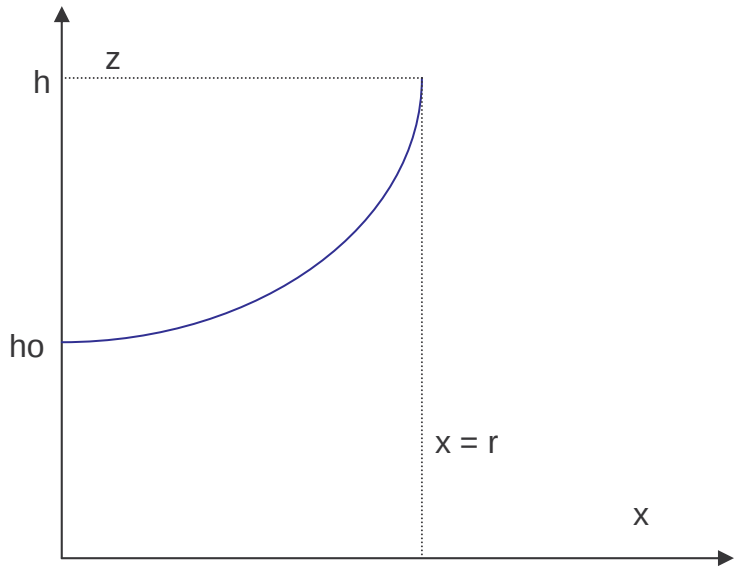
es la ecuación que define una pendiente exponencial.

La constante k puede relacionarse con la altura h para x=r:

$$h = ho \cdot e^{k \cdot r}$$

de modo que despejando k:

$$k = \frac{1}{r} \cdot \ln\left(\frac{h}{ho}\right)$$



La derivada, que da la pendiente del perfil en cada punto será:

$$dz/dx = ho \cdot k \cdot e^{k \cdot x}$$

Por lo que β será:

$$\beta = \frac{1}{r} \cdot \int_{o}^{r} \sqrt{1 + k^2 ho^2 e^{2kx}} \cdot dx$$

Cuya solución es:

$$\beta = \frac{1}{k \cdot r} \cdot (\sqrt{1 + e^{2kr} \cdot ho^2 \cdot k^2} - arctgh\,(\sqrt{1 + e^{2kr} \cdot ho^2 \cdot k^2})$$

Con:

$$arctgh\ x = \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{1+x}{1-x}\right)$$

Consideremos el mismo ejemplo del caso anterior pero como perfil exponencial:

ho= 1000 m
h = 1500 m
r = 2000 m

entonces:

$k = (1 / r) \cdot \ln(h/ho) = 2{,}02732 \cdot 10^{-4}$

Con ello:

$$\beta = 1'04522$$

y la distancia real es:

$$d = \beta \cdot r = 1'04522 \cdot 2000 = 2090'43 \text{ m}$$

La distancia geométrica se aproxima a este valor con un error inferior al 1’5 %.

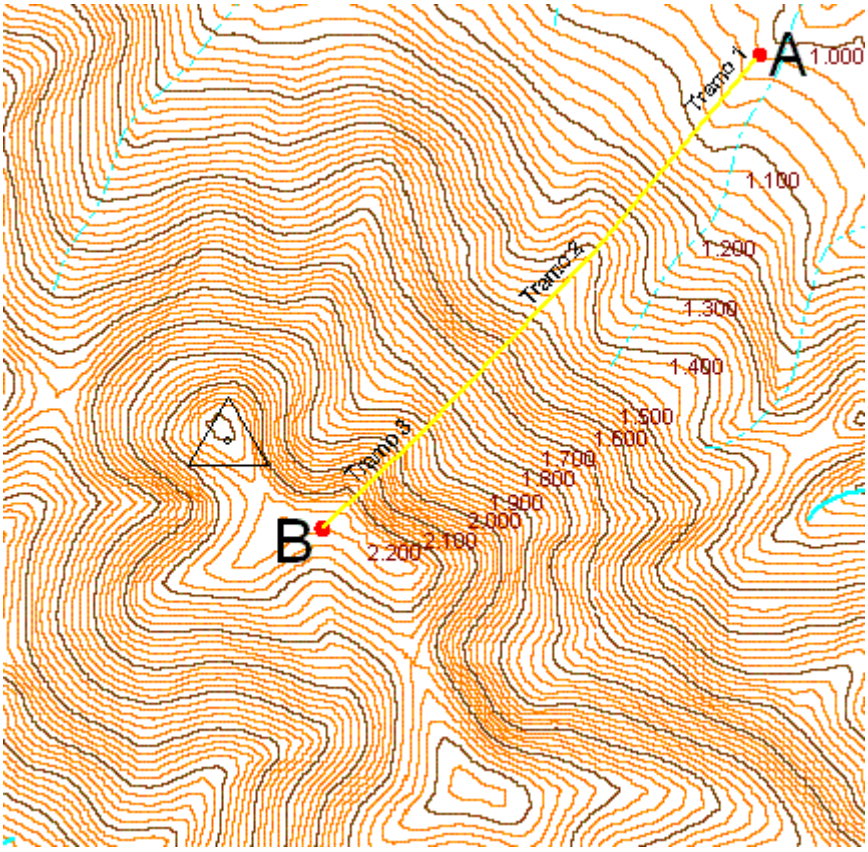
Tema 8

Perfiles

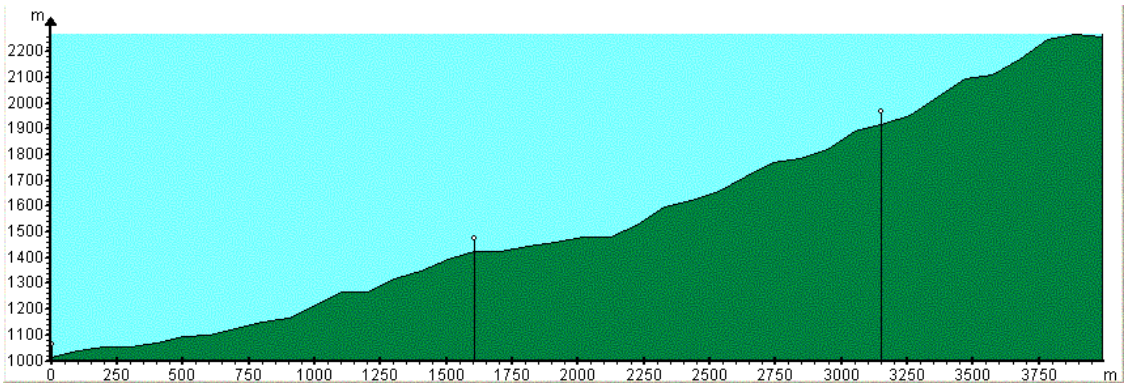
1. PERFILES Elemental

Se llama perfil de un terreno a la línea de intersección producida por su superficie al ser cortado por un plano vertical. En definitiva, el perfil se obtiene como si cortásemos el terreno con un cuchillo como si fuese un queso y observásemos la sección obtenida.

Consideremos el mapa de la figura:



Donde un itinerario AB se ha dividido en tres tramos. Si cortamos la superficie del terreno con un plano vertical según este itinerario (como su cortásemos el terreno con un cuchillo), la sección obtenida es el perfil que se muestra en la figura siguiente.



Como puede verse en el eje horizontal se representa la distancia reducida y en el eje vertical se representa el desnivel.

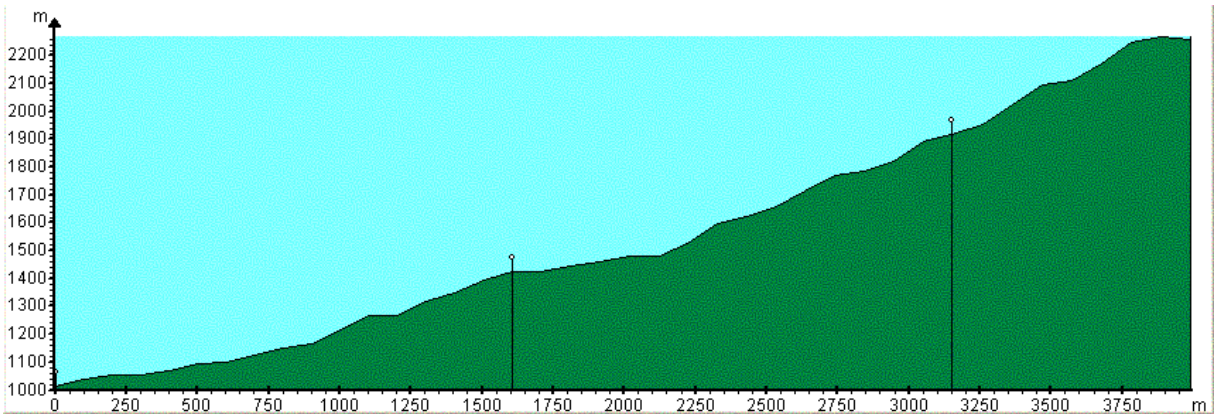
2. PERFIL NORMAL O NATURAL, REALZADO Y REBAJADO Elemental

En el ejemplo anterior se ha usado prácticamente la misma escala para las distancias y para los desniveles. Se dice entonces que se ha obtenido un perfile normal o natural. Es decir si 1.000 m de distancia se representan por un trazo de 8 cm. en el eje horizontal, también se usa un trazo de 8 cm. para representar un desnivel de 1.000 m sobre el eje vertical.

Según las escalas usadas se obtienen tres tipos de perfiles:

- Perfiles Normal o Natural : Con las dos escalas iguales.
- Perfil Realzado : Con la escala vertical mayor que la horizontal.
- Perfil Rebajado : Con la escala vertical menor que la vertical.

Normalmente para un itinerario suficientemente largo (varios Kilómetros),el desnivel que se vence es del orden de algunos centenares de metros. Por ello, lo más adecuado en este caso es emplear pefiles realzados. En la figura se muestra el mismo perfil realzado 1,6 veces. En este caso, si una distancia de 1.000 m se representa por un trazo de 8 cm. en la horizontal, un desnivel de 1.000 m se representa por un trazo de 8 x 16 = 128 cm en la vertical.



por tanto el realzado de un perfil se define como:

Relación de Realzado = Longitud de Desnivel / Longitud de Distancia

Para un perfil Natural o normal esta relación vale 1, para un perfil realzado es mayor que uno y para un perfil rebajado es menor que la unidad. Evidentemente realzar un perfil produce una deformación. Los accidentes montañosos no demasiado escarpados se pueden convertir en verdaderos picachos. Sin embargo, esta representación es la más útil pues permite detallar el relieve del recorrido en un itinerario suficientemente largo.

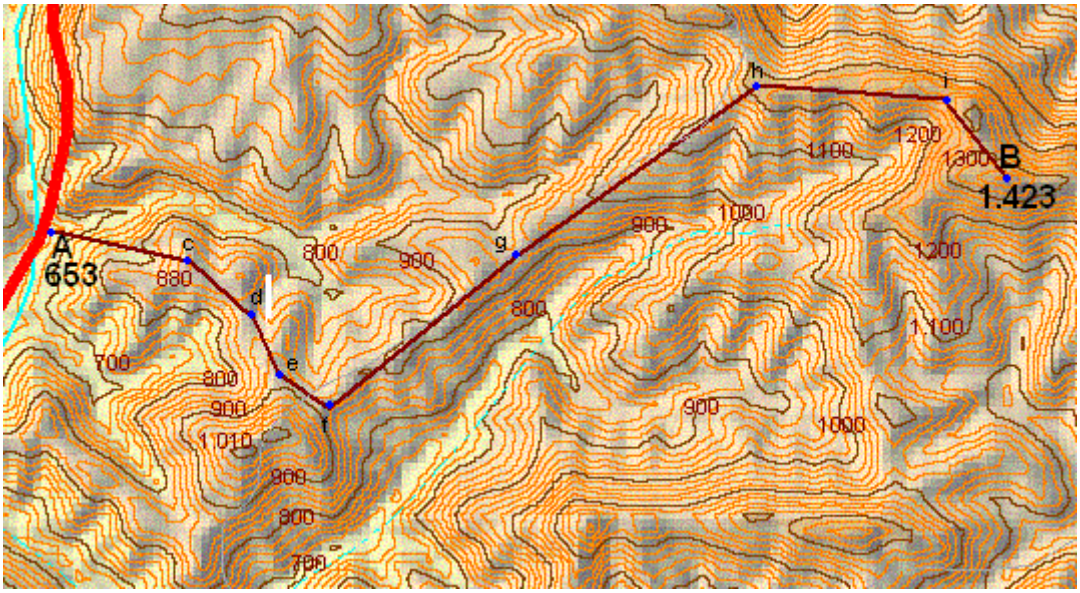
3. CONSTRUCCIÓN DE UN PERFIL Elemental

Los perfiles son muy útiles para conocer los detalles de un itinerario y de ahí su importancia. Existen básicamente dos métodos para construirlos:

- **Método Analítico**: Es el más exacto que el anterior ya que se efectúan mediciones con regla sobre el plano y se transforman en distancias sobre el terreno aplicando la escala del mapa.

- **Método Gráfico**: Se realiza la construcción sin hacer cálculos. Para ello hay que apoyar el canto de un papel sobre el mapa e ir marcando las curvas de nivel maestras que se atraviesan al hacer el itinerario. Estas señales sirven para construir el perfil.

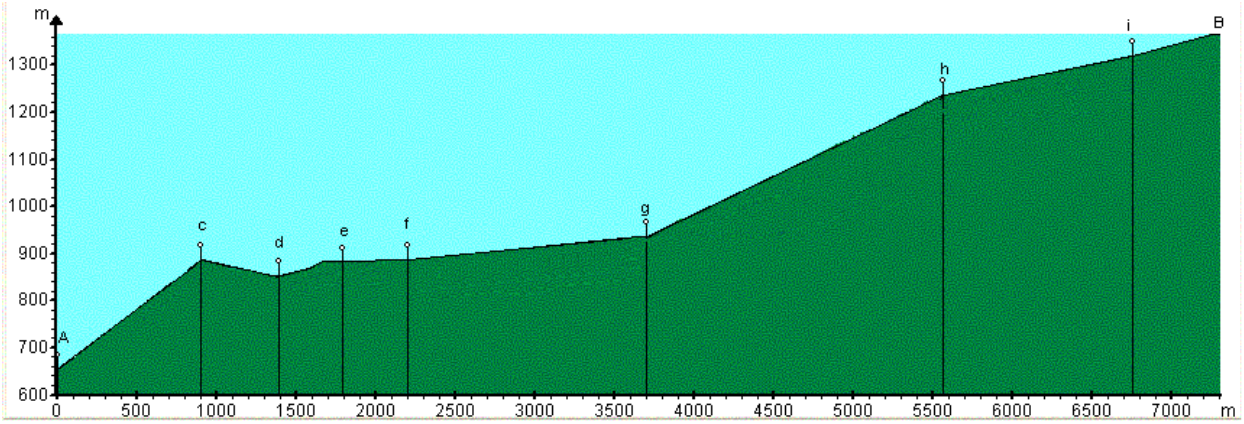
Veamos el método analítico. Consideremos el siguiente mapa, E = 1:50.000 y equidistancia = 20 m, y el itinerario AB del cual queremos obtener su perfil.



Con la ayuda de una regla milimetrada obtenemos del mapa la altitud o cota de cada punto y la distancia que le separa del punto anterior. Realizando este paso con cada de uno de los puntos se forma una tabla como la siguiente.

Punto	Longitud al punto anterior (cm)	Altitud (m)	Distancia al punto anterior	Distancia Total
A	0	653	0	0
c	1'8	880	900	900
d	1'0	850	500	1.400
e	0,8	890	400	1.800
f	0,8	890	400	2.200
g	3'0	930	1.500	3.700
h	3'7	1.210	1.850	5.550
i	2'4	1.270	1.200	6.750
B	1'3	1.426	650	7.400

Ahora sólo tenemos que representar los datos de la columna roja en el eje vertical frente a los datos de la columna verde en el eje horizontal. El resultado será un perfil como el que se muestra a continuación.

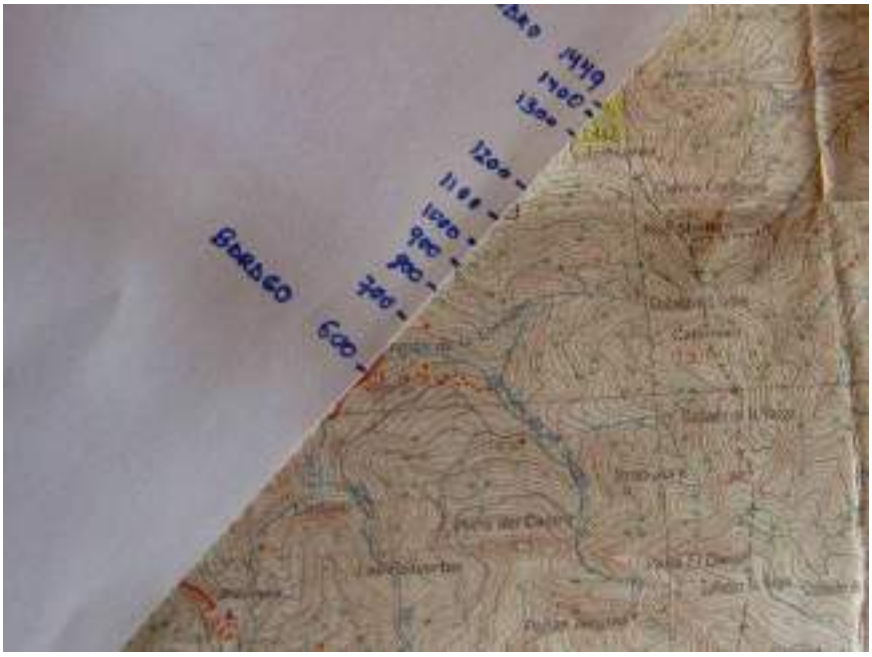


Se ha empleado una relación de realzado de 3, por lo que la escala vertical es tres veces superior a la escala horizontal.

4. METODO GRÁFICO Elemental

En este método no es imprescindible disponer de regla, aunque ayuda tener a mano una (aunque no este milimetrada) o cualquier objeto que nos facilite el trazado de líneas.

En Primer lugar apoyamos el canto de una hoja en blanco sobre el mapa siguiendo la línea del itinerario. Si el recorrido tiene cambios de dirección, tampoco es problema pues podremos ir girando el papel para ir acomodando el canto del folio a esos cambios de dirección.



En segundo lugar marcaremos las curvas de nivel maestras (en un mapa a Escala 1:50.000, cada 100 metros) cada vez que el borde de la hoja atraviese una de ellas y anotaremos al lado de esa marca la altitud.

A continuación trazaremos el perfil dibujando una rendija con líneas separadas entre sí aproximadamente 1 cm. Entre dos trazos consecutivos hay un salto de nivel de 100 m.

Ahora trazamos una línea entre cada marca y la línea perpendicular que se corresponde con la altitud que indica. De este modo se obtiene una sucesión de puntos que al ser unidos mediante una curva dibujada a mano alzada representa el perfil.

En un mapa a Escala E:1:50.000, un kilómetro de distancia requiere 2 cm. de mapa, por lo que podemos estimar la longitud del recorrido (o medirla exactamente con regla).

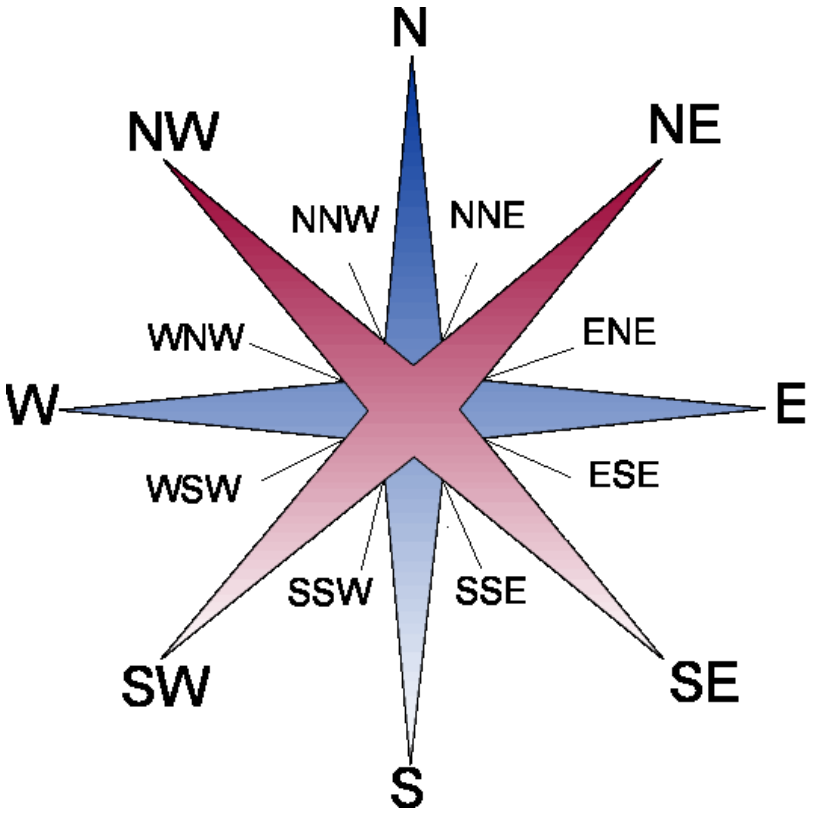
El perfil así construido se halla realzado se halla realzado unas cinco veces (dejando un cm. de separación entre los trazos paralelos).

TEMA 9

ANGULOS EN EL TERRENO Y EN EL PLANO

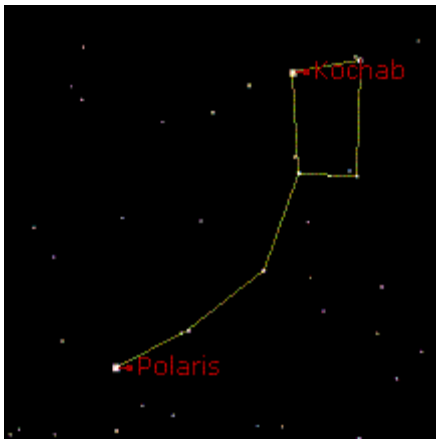
1. DIRECCIONES CARDINALES Elemental

La línea imaginaría que une el punto en el que nos encontramos con aquel al que nos dirigimos se denomina dirección.



Si nos situamos en un punto cualquiera de la tierra y deseamos dirigirnos a otro lugar cualquiera nos encontramos con la necesidad de tener que expresar la dirección de marcha, pero para ello es necesario fijar alguna referencia. Esta referencia podría ser una accidente notable como una montaña elevada, para aun así está no resultará visible mas que en una región bastante limitada del planeta.

Como sabemos la tierra gira entorno a un eje (el eje polar) que atraviesa dos posiciones extremas de la tierra llamadas polos. El eje polar se halla (actualmente) orientado hacia una estrella del firmamento, la estrella polar o polaris. Esta referencia es bastante más notable que cualquier accidente elegido en la superficie terrestre. La estrella polar nos muestra sobre el firmamento la dirección a seguir para llegar al polo Norte terrestre, y esta dirección recibe el nombre de Norte. El inconveniente de esta elección es que, la estrella polar no es visible desde el hemisferio Sur terrestre. En este hemisferio hay que usar la estrella denominada Cruz del Sur para determinar la dirección opuesta del eje polar, la llamada dirección Sur, que nos indica la ruta a seguir para llegar al polo Sur terrestre.



La estrella polar o polaris se sitúa en un extremo de la constelación de la Osa Mayor (Ursa minor).

Esta estrella marca la dirección del polo Norte de nuestro planeta. Su elevación angular sobre el horizonte nos permitirá conocer la latitud del punto de observación. En el Polo Norte se situará sobre nuestras cabezas. En el ecuador se colocará en la línea del horizonte, no siendo visible en el hemisferio austral.

Conocida una dirección, por ejemplo el Norte, podemos determinar cualquier dirección con respecto a áquel. La dirección opuesta al Norte es el Sur que da la dirección del polo Sur geográfico. Entre el Norte y el Sur, a la derecha, queda la dirección Este, y hacia la izquierda, el Oeste. Estas cuatro direcciones extremas se denominan puntos cardinales. Cada punto cardinal se suele representar con una letra mayúscula: Norte (N), Este (E), Sur (S) y Oeste (W ó O). Para la dirección Oeste resulta más conveniente representarla por la letra W (Del Inglés West = Oeste) ya que la letra O puede confundirse con un cero 0. Para recordar la posición de los puntos cardinales se puede utilizar el truco de escribir las letras N-O-S-E en sentido contrario al movimiento de un reloj.

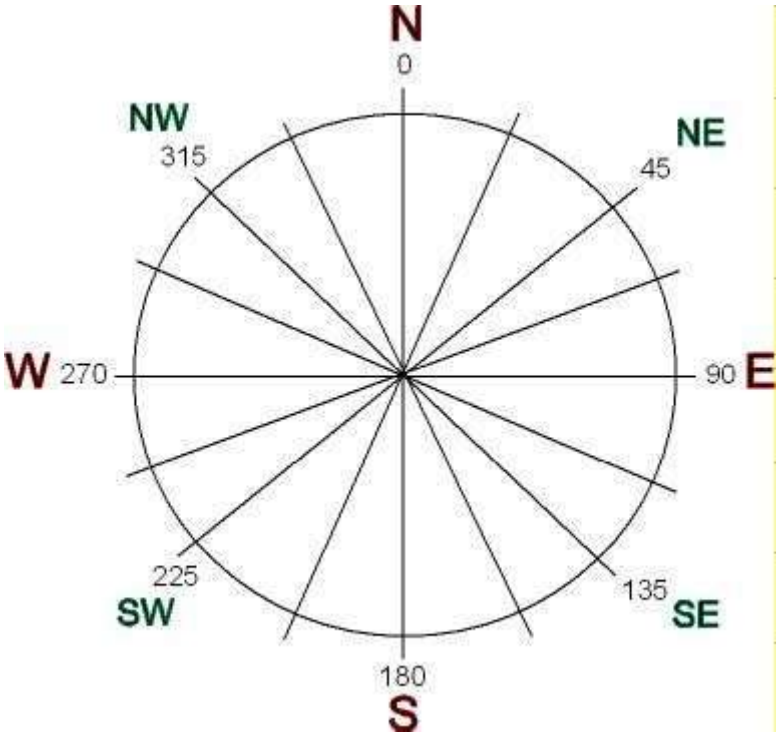
Pero todavía se pueden definir direcciones intermedias a los fundamentales. Entre el Norte y el Este queda la dirección Noreste o Nordeste (NE), entre el Norte y el Oeste queda la dirección Noroeste (NW), entre el Sur y el Este queda el Sureste o Surdeste (SE) y entre el Sur y el Oeste queda la dirección Suroeste (SW).

Pero todavía pueden definirse, si cabe, más posiciones intermedias. Entre el N y el NW queda la dirección NNW (Nor-Noroeste), entre el S y el SE queda el SSE (Sur-Sureste), entre el W y el SW queda el WSW (Oeste-Suroeste), etc.

La figura superior muestra todas las direcciones cardinales y recibe el nombre de rosa de los vientos.

2. AZIMUTH o AZIMUT Elemental

Podemos usar un ángulo para expresar con exactitud el valor de una dirección con respecto al Norte. Este ángulo recibe el nombre de Azimuth.



Una circunferencia describe 360 º. Para designar las direcciones se toma como referencia el Norte (Azimuth 0º). A partir del Norte los siguientes valores se obtienen girando como lo hacen las agujas de un reloj. A 90 º se obtiene la dirección Norte, a 180 º se obtiene la dirección Sur y a 270 º se obtiene la dirección Oeste.

Para expresar el azimuth de una dirección se indica su valor angular seguida de la letra N para remarcar que se esta midiendo con referencia a este punto cardinal. Por ejemplo, 45 º N (45 grados Norte) es al azimuth correspondiente a la dirección NE.

Dirección	Azimuth
N	0º N
NNE	22º 30' N
NE	45º N
ENE	67º 30' N
E	90º N
ESE	112º 30' N
SE	135º N
SSE	157º 30' N
S	180º N
SSW	202º 30' N
SW	235º N
WSW	257º 30' N
W	270º N
WNW	292º 30' N
NW	315º N
NNW	337º 30' N

3. POLOS GEOGRÁFICOS Elemental

Los polos geográficos son los puntos de la superficie atravesados por el eje de rotación terrestre. A partir de ahora será importante destacar este aspecto de "geográficos", pues como vamos a ver existen unos polos magnéticos, cuya posición es señalada por las brújulas, y que no coinciden exactamente con la de los polos geográficos.

En el año 1.909, Peary y Henson alcanzaron el polo Norte geográfico, por vez primera. Este se sitúa en uno de los territorios más fríos de la tierra: El Ártico. Hoy se sabe que el Ártico no es un continente (como lo es la Antártida, en el polo Sur), sino un oceano glaciar con una superficie helada o banquisa de 14.000.000 Km2 en invierno y de casí la mitad en verano.

El polo Sur geográfico se halla en el continente de la Antártida. Fue alcanzado por vez primera en diciembre del año 1.911 por el noruego Roald Amundsen. Poco después lo alcanzaría la expedición británica dirigida por Walter Scott.

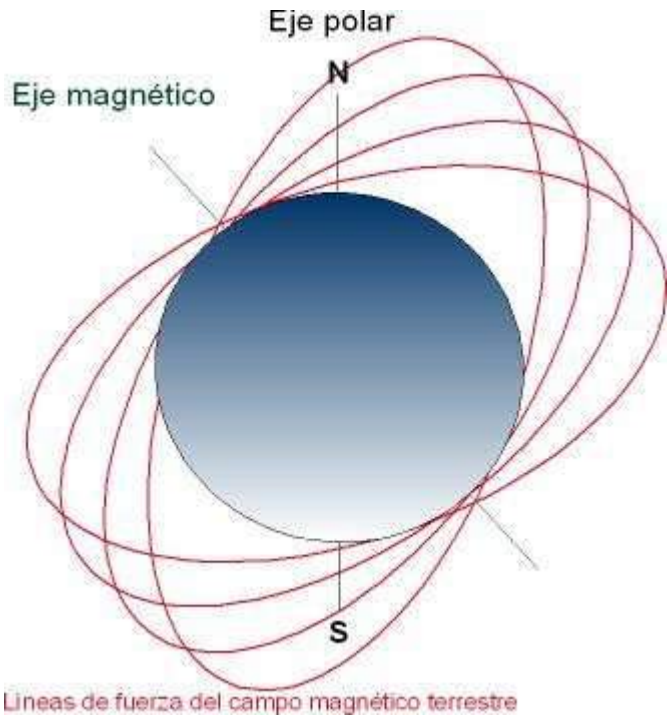
4. POLOS MAGNÉTICOS Elemental

La tierra se comporta como un gigantesco imán con dos polos de atracción, un polo Norte y un polo Sur. Sin embargo, estos puntos denominados Polos Magnéticos no se corresponden con los Polos Geográficos, o sea por los determinados por la intersección del eje de rotación terrestre o eje polar sobre la superficie terrestre. Debemos pues diferenciar entre polos megnéticos y polos geográficos.

Así como la posición del polo Norte puede ser determinada por observación de la estrella polar, la posición del polo Norte magnético puede ser determinado mediante una aguja imantada que pueda oscilar libremente. Esto no es otra cosa que el instrumento que denominamos brújula. Como el polo Norte magnético no coincide con el Norte geográfico nos encontramos con el problema que la brújula no señala el Norte geográfico, que es en lo que estamos interesados.

El Polo Norte magnético es el punto origen de las líneas de fuerza del campo magnético terrestre. Hacia el apuntará el polo Sur de una aguja magnetizada en cualquier punto de la tierra (Sí el polo Sur del imán pues son los polos opuestos los que se atraen). El Polo Sur magnético es el punto opuesto, donde las líneas de fuerza del campo magnético terrestre penetran en la superficie terrestre.

Pero además ocurre que la posición de los polos magnéticos no es fija. El punto donde todas las brújulas señalan fue descubierto por el británico por Jonh Ross en 1.831 en la isla del rey Guillermo (William King Island). Sin embargo, año a año se va desplazando por el Ártico. Esto ya fue comprado por Amundsen, que lo redescubre a 50 Km. al menos del lugar apuntado por Ross.



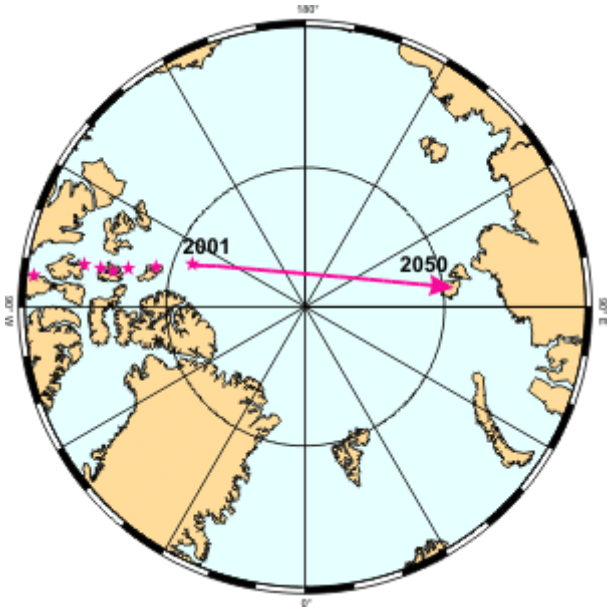
En la siguiente figura se observa el movimiento del polo Norte magnético desde su descubrimiento en el año 1.831. En la actualidad lo encontramos en el Norte del Cánada a 600 Km. de la villa más cercana: Resolute bay.

Durante el s. XX el polo Norte magnético ha seguido su marcha a una velocidad de 10 Km. por año en dirección Norte, pero en la actualidad este

movimiento se ha acelerado hasta los 40 Km/año, desplazándose hacia Siberia.

Otra observación actual es que el campo magnético terrestre parece ser más débil que en el pasado.

Si estos cambios pueden parecer importante, indicar que existe constancia clara que la polaridad del campo magnético se ha invertido en varias ocasiones durante la historia de la tierra. Es decir, el polo Norte magnético ha pasado a la posición ocupada por el polo Sur magnético y viceversa. Esto queda evidenciado por la orientación tomada por minerales magnéticos durante la solidificación del magma, fenómeno que ha dejado una señal "fósil" del antiguo campo magnético (paleomagnetismo). Las inversiones del campo magnético terrestre se han producido con irregularidad. El último fenómeno de este tipo ocurrió hace 780.000 años.

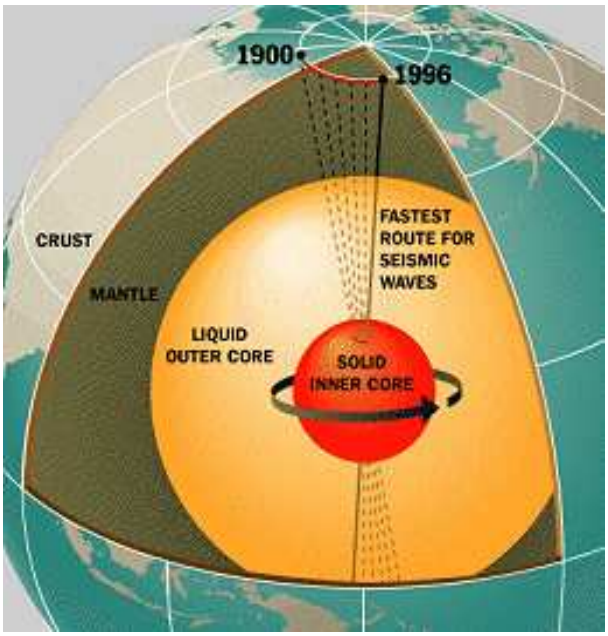


El origen del magnetismo terrestre radica el núcleo terrestre. Se trata de una masa que ocupa el 70% el volumen de la luna. Está constituido principalmente por hierro y su temperatura es similar a la superficie de nuestro Sol. Este núcleo sólido se halla inmerso en un núcleo que podemos denominar líquido (o al menos de naturaleza no sólida). Esto permite que el núcleo interno pueda rotar aunque lo hace muy lentamente (con una velocidad de giro del orden a 0,2º por año).

El movimiento de un fluido ferromagnético caliente origina el campo magnético que constatamos en la superficie, a través del denominado "efecto dinamo", que explica la magnetohidrodinámica.

El movimiento del núcleo externo es muy agitado, caótico y turbulento, lo que origina un campo magnético muy complejo. Por lo que no es de extrañar su variación a lo largo del tiempo, e incluso los cambios de polaridad.

Las consecuencias de todo esto son claras. La brújula no nos permite conocer la dirección del Norte geográfico de forma exacta. En un momento dado ni siquiera nos dará una aproximación razonable. En las proximidades de los polos ni siquiera resultará útil.



Sin embargo, con la situación actual del polo Norte magnético cerca del Geográfico, la brújula es útil para las latitudes en las que nos encontramos. Además conocemos con cierta exactitud la diferencia angular entre los dos polos. Por ello, resultará sencillo aplicar una corrección a la brújula con objeto de obtener el verdadero Norte, el Norte geográfico, que es el que nos debe preocupar, realmente.

5. MERIDIANA MAGNÉTICA Elemental

Sabemos que los círculos que discurren por la superficie terrestre uniendo los polos geográficos se denominan meridianos. Al meridiano que atraviesa por un lugar particular se le denomina meridiana geográfica del lugar.

De la misma manera, el círculo que discurre por la superficie terrestre uniendo los polos magnéticos se denomina meridiana magnética del lugar particular. Por tanto, la aguja de una brújula señala exactamente la dirección de la meridiana magnética que pasa por ese punto.

6. RUMBO Elemental

El ángulo que forma una dirección con el Norte magnético señalado por la aguja de una brújula recibe el nombre de rumbo. El rumbo se expresa de forma análoga al azimuth. Así, una rumbo de 30ºN indica que esa dirección forma un ángulo de 30 ºcon respecto al Norte magnético.

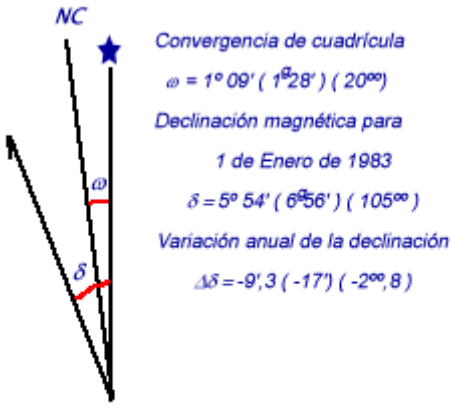
Por tanto, mientras el Azimuth es el ángulo que determina una dirección con el Norte geográfico, el Rumbo es es ángulo que forma esa dirección con respecto al Norte magnético.

7. DECLINACIÓN MAGNÉTICA Elemental

El ángulo existente en un punto de la tierra entre la dirección del Norte geográfico y la dirección del Norte magnético se conoce con el nombre de declinación magnética o declinación.

Desde un punto de vista más técnico, la declinación es el ángulo determinado en un punto del planeta por las meridianas geográfica y magnética.

La declinación magnética se representa mediante la letra griega delta minúscula δ. Esta medida suele venir especificada en los mapas para una fecha dada, y para el centro del mismo. Por ejemplo, en las hojas del I.G.N. suele venir en el anverso de la hoja un cuadro con el título "Datos para el Centro de la Hoja".



Datos deducidos del mapa geomagnético de 1980

Esta información nos proporciona el valor de la declinación magnética para el centro de la hoja y una fecha dada: valor δ, en varias unidades angulares (grados sexagesimales, grados cegesimales y milésimas militares). En la figura se observa que para el 1 de Enero de 1.983: δ=5º54'El esquema nos permite ver que la líneas del Norte magnético (meridiana magnética, terminada en flecha) se halla al Oeste de la línea del Norte geográfico (meridiana geográfica, terminada con la estrella polar).

Por ello cuando la brújula mide 0º N de rumbo, el azimuth correspondiente es de 5º54N. A su vez, los 0º N de azimuth (Norte geográfico) se encontrarán 5º54al Oeste, o sea:

360 º - 5º54= 354º06N

Resumiendo vemos que el Azimuth (A) y erl rumbo (R) se relacionan a través de la declinación magnética por la expresión sencilla:

$$A = R - \delta$$

Por tanto, al rumbo medido con la brújula le restaremos la declinación magnética para obtener el Azimuth, la dirección con respecto al Norte geográfico.

Por ejemplo, si se mide con la brújula una dirección (rumbo) de R = 60º N, la dirección con el Norte geográfico o Azimuth es, aproximadamente (redondeando la declinación magnética al valor δ=6º) :

$$A = 60º - 6º = 54º N$$

8. VARIACION ANUAL DE LA DECLINACIÓN MAGNÉTICA Elemental

Como se ha visto el Norte magnético no es fijo a lo largo del tiempo. Para corregir este efecto se usa la variación anual de la declinación magnética que proporcionan los mapas, representada por Δδ (delta mayúscula - delta minúscula). Lo que indica esta magnitud es lo que varía el ángulo de declinación en una año. Como actualmente, el Norte magnético se aproxima al geográfico, esta cantidad es negativa.

De acuerdo con el ejemplo de la figura Δδ=-9,3'aproximadamente Δδ=-9'Por tanto, para el 1 de Enero de 1.984, la declinación magnética valdrá:

$$\delta = 5º54' - 0º09' = 5º45'$$

Para el 1 de Enero de 2.004, tendremos que aplicar una corrección a la declinación de:

$$\Delta\delta = 9,3' \times (2004 - 1983) = 9,3' \times 21 = 195,3' = 3º15'$$

por lo que el valor de la declinación magnética para esta fecha será:

$$\delta = 5º54' - 3º15' = 2º39'$$

9. CONVERGENCIA DE CUADRÍCULA Y NORTE LAMBERT Elemental

Como sabemos los mapas se construyen proyectando parte de la superficie terrestre sobre el plano. Para esta operación se asemeja la tierra a un elipsoide y se proyectan los puntos sobre un plano. Al hacer esta operación, estamos proyectando los meridianos (que indican la dirección N-S geográfica) sobre el plano, y se observa entonces que se da una divergencia en los mismos. Es decir, los meridianos trazados en el mapa no coinciden exactamente con los meridianos reales (geográficos). En efecto, esta divergencia es consecuencia que la superficie que se representa no es estrictamente plana por muy pequeña que sea.

Evidentemente cuanto menor sea el área que se representa, menor será la divergencia entre los meridianos geográficos y los meridianos trazados en el mapa.

A la diferencia angular entre un meridiano geográfico y el meridiano dibujado en el plano, se denomina convergencia de cuadrícula, y se representa por la letra griega omega ω. A los meridianos trazados en el mapa se les suele llamar meridianos Lambert, y al punto imaginario donde convergen todos estos meridianos se le denomina Norte Lambert o Norte de Cuadrícula. En los mapas aparece designado como NL o NC.

En resumen, toda línea vertical trazada en un mapa no indica la dirección N-S geográfica, sino que representa la dirección N-S Lambert. Cuando hablamos del Norte en un mapa estamos hablando, en realidad, del Norte Lambert.

Por tanto, tenemos tres Nortes distintos:

- **Norte Geográfico**: Indicado por la estrella polar. En los mapas se indica con una estrella o NG.

- **Norte Magnético**: Indicado por la brújula. En los mapas se indica con una flecha o NM.

- **Norte Cuadrícula (Lambert)** : Indicado por el mapa. En los mapas se indica como NC o NL.

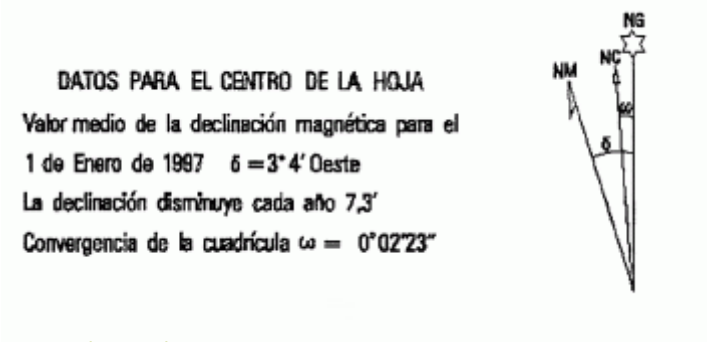
En España la proyección se efectúa con respecto al meridiano de Madrid. Por ello la convergencia de cuadrícula se hace cero en este meridiano (es el único en el que el meridiano geográfico y Lambert se hacen coincidir). A medida que nos separamos de este meridiano la convergencia de cuadrícula se hace más notable. Aún y todo este valor es del orden de algunos pocos grados. Por ello, al Oeste del Meridiano de Madrid, el Norte Lambert se halla al Oeste del geográfico, y al Este del meridiano de Madrid, el Norte Lambert se halla al Este del Norte geográfico.

La situación relativa de los tres Nortes se puede conocer con la siguiente regla nemotécnica:

" Al Oeste del Meridiano de Madrid siguen el orden de la palabra MA-LA-GA y al Este de ese meridiano el de la palabra MA-GA-LA"

El Norte más oriental es el magnético (MA) y luego viene el Norte Lambert (LA) o el Geográfico (GA) según la situación a la que nos encontremos. La siguiente figura muestra los datos para un mapa al Oeste del meridiano de Madrid (situación relativa de los Nortes: MA-LA-GA).

Dado que en la actualidad el Norte magnético se aproxima al geográfico cada vez más, esta regla nemotécnica perderá su validez, ya que podrá aparecer el Norte de Cuadrícula adelantado sobre el magnético. En cualquier caso, hay que recordar que, por ahora, la declinación magnética es siempre oriental (El polo Norte magnético se halla al Oeste del geográfico), y que la convergencia de cuadrícula estará al Oeste del geográfico, en lugares al Oeste del meridiano de Madrid, y al Este del geográfico en puntos situados al Este del meridiano de Madrid.



10. ORIENTACION

Elemental

Se llama orientación al ángulo que forma una dirección con el Norte de Cuadrícula o Norte Lambert. Por tanto, con el mapa no medimos el Azimuth (A), sino la orientación (O). Sin embargo, ambas magnitudes se relacionan fácilmente a través de la convergencia de cuadrícula ω:

$$A = O + \omega$$

El ángulo de convergencia ω se considera positivo al Este del meridiano de Madrid y negativo al Oeste de ese meridiano, por lo que en ocasiones habrá que sumar y en otras restar para obtener en Azimuth.

Por ejemplo, supongamos que para un plano que se representa una zona al Oeste del meridiano de Madrid tenemos que la convergencia de cuadrícula es ω=2º. Entonces, una orientación medida en el mapa de 36º N se corresponde con un Azimuth de:

$$A = O + \omega = 36\,^{o} - 2\,^{o} = 34\,^{o}N$$

El valor se convergencia se ha puesto negativo por ser un lugar al Oeste del meridiano de Madrid.

Sea ahora una zona al Este del meridiano de Madrid representada con un mapa de convergencia ω=1º. Si medimos una orientación de 193º N sobre el plano, el Azimuth es:

$$A = O + \omega = 193\,^{o} + 1\,^{o} = 194\,^{o}N$$

El valor de convergencia se ha puesto positivo por ser un lugar al Este del Meridiano de Madrid.

Para lugares situados sobre el meridiano de Madrid, la convergencia de cuadrícula es prácticamente cero, por lo que la orientación y el azimuth coincidirán.

El problema de ángulos más complejo se da cuando medimos cierto rumbo R con la brújula y lo deseamos llevar sobre el plano. Es decir, necesitamos calcular la orientación. Como A = O + ω, entonces, podemos calcular la orientación, conocido el Azimuth, así:

$$O = A - \omega$$

Para la convergencia le daremos el signo según el convenio antes citado. Como el Azimuth y el rumbo se relacionan por $A = R - \delta$, sustituyendo:

$$O = R - \delta - \omega$$

o si se prefiere:

$$O = R - (\delta + \omega)$$

Por ejemplo, si para un lugar al Oeste de Madrid se tiene que $\delta=4^o$ y $\omega=-2^o$ (ya se ha puesto el signo negativo), un rumbo de R= 314ºN se traduce en el plano a una orientación de:

$$O = 314^o - (4^o + (-2^o)) = 314^o - 2^o = 310^o$$

11. BRÚJULA Elemental

El instrumento más empleado en la orientación tradicional es la brújula. Como sabemos se trata de una aguja imantada que puede oscilar libremente y que nos indica el Norte geográfico. La aguja señala la dirección sobre un círculo graduado donde se indican los puntos cardinales y que se denomina limbo. Algunas brújulas carecen de aguja y en su lugar lo que se desplaza es el limbo, que flota sobre un fluido amortiguador.

Actualmente las más utilizadas son, seguramente, las construidas sobre una base de plástico transparente.

Al ser trasparentes se colocan sobre el mapa y permiten medir orientaciones con rapidez. Poseen una escala graduada. El limbo se ha sustituido por una

esfera graduada que se puede girar manualmente. También poseen una pequeña lupa incorporada para observar los detalles del plano. Su peso es muy reducido.

El mayor inconveniente que suelen tener estas brújulas es al intentar determinar rumbos sobre el terreno. Por ello existen modelos que facilitan esta operación.

Este modelo posee también base transparente y las prestaciones de la brújula anterior pero añade una tapa que facilita la observación y la medida de rumbos. En el anverso de la tapa hay un espejo que permite leer la brújula durante la observación con tan sólo apartar la mirada y sin desplazar la brújula. También posee un tornillo que permite fijar la declinación magnética de tal modo que permite introducir la corrección para medir directamente Azimuts.

Este modelo es una brújula lensática. A diferencia de las anteriores, esta es de limbo móvil. Destaca por su sistema para la medición de rumbos en el terreno. Para ello se alinea una muesca situada en la parte superior de la pequeña lupa con el cable tensado en el orificio de la tapa.

La lupa permite dirigir la mirada al limbo para ver la indicación sin necesidad de tener que desplazar el dispositivo.

El mayor problema de estas brújulas es que al no ser trasparentes, resulta más difícil llevar un rumbo medido sobre el plano.

Para la navegación se usan brújulas como la de la mostrada en la imagen superior. También se disponen en vehículos todo-terreno para las travesías por el desierto o por zonas selváticas.

El limbo es un casquete esférico móvil. Destacan porque cuentan con puntos de fijación.

Actualmente se dispone de brújulas digitales. Estas pueden ser de mano o pueden ser de pulsera como un reloj cualquiera.

Suelen contar con funciones complementarías como altímetro, barómetro, termómetro y predicción meteorológica. También suelen permitir guardar los valores medidos.

12. ALTÍMETRO Elemental

Otro dispositivo fundamental a considerar es el Altímetro, especialmente necesario en las travesías de montaña. Su objeto es determinar la altitud a la que nos encontramos con mayor o menor precisión.

Un altímetro no es otra cosa que un barómetro convenientemente graduado. Lo que hace es determinar la presión atmosférica mediante un tubo sensible (Bourdon) que trasmite un movimiento a una aguja.

La presión atmosférica se reduce a medida que aumenta la altitud, ya que cada vez hay menos aire. Si deseas conocer la relación que existe entre presión y altitud puedes pulsar aquí.

Para usar correctamente el altímetro previamente debe ser calibrado. Esta operación consiste simplemente en fijarle el valor que debe marcar en un punto cuya altitud sea bien conocida. Para ello podemos usar un mapa y determinar la altitud donde nos encontramos. Preferiblemente se hará está operación en vértices geodésicos (algunos de ellos son simplemente Iglesias o puntos destacados en poblaciones y que vienen consignados en los mapas). Las estaciones de tren también suelen disponer de algún sitio donde se indica la altitud exacta mediante señales del IGN.

En los altímetros analógicos la calibración se realiza desplazando manualmente la aguja o el limbo indicador hasta que se marque la altitud correcta. En los aparatos digitales se hace consignando el valor deacuerdo con las instrucciones específicas de este. Indicar que algunos relojes digitales disponen de medición altimétrica.

Es conveniente la calibración cada día, antes de la marcha, especialmente se han cambiado las condiciones meteorológicas. Durante el mal tiempo, la presión atmosférica desciende y la altitud "aparente" que señala el altímetro aumenta. Con buen tiempo, la presión atmosférica es alta y la altitud que marca el dispositivo viene a ser más baja que el valor normal. Para un mismo punto la

presión puede variar entorno a +/-20 mB (milbares) con respecto a su valor normal en función del estado meteorológico, lo que significa una diferencia de altitud del orden de +/-200 metros, aproximadamente.

13. RELACIÓN DE LA PRESION ATMOSFERICA CON LA ALTITUD Avanzado

La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve a la tierra, constituida fundamentalmente por dos gases: Oxígeno (21%) y Nitrógeno (79 %), que forman el aire.

Si se considera el aire como un gas ideal, cumple la ecuación:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T = (m/M) \cdot R \cdot T$$

luego la densidad del mismo es:

$$\rho = m/V = (P \cdot M) / (R \cdot T)$$

siendo M la masa molecular del aire (M = 0,02884 Kg/mol), R es la constante de los gases perfectos (8,3 J/mol), T la temperatura en grados Kelvin y P la presión en N/m2 (Pascales). A temperatura de 0ºC (T = 273,16 K) se tiene que:

$$\rho = 1{,}27 \cdot 10^{-5} \cdot P$$

Haciendo uso del teorema fundamental de la hidrostática en su expresión diferencial:

$$dP = - \rho \cdot g \cdot dz$$

siendo z la altitud. Luego sustituyendo aquí:

$$dP = -1{,}24 \cdot 10^{-5} \cdot g \cdot dz \cdot P$$

con g = 9,8 m/s2:

$$-dP/P = 1{,}24 \cdot 10^{-4} \cdot dz$$

Integrando para dos puntos:

$$-\int_{Po}^{P} \frac{dP}{P} = \int_{zo}^{z} 1{,}24 \cdot 10^{-4} \cdot dz$$

$$\ln (Po/P) = 1{,}24 \cdot 10\text{-}4 \cdot (z - z0)$$

$$z - z0 = 8064 \cdot \ln (Po/P)$$

En lugar de logaritmos naturales podemos usar logaritmos decimales, ln x = log x / log e , y obtener la ecuación de Laplace:

$$h = z - z0 = 18400 \cdot \log (Po/P)$$

Por ejemplo, si a una altitud de z0= 535 m la presión atmosférica es de Po=953 mB, entonces cuando el barómetro señale P=884 mB, nuestra altitud será:

$$z - 535 = 18400 \cdot \log (953/884)$$

$$z - 535 = 600$$

$$z = 1.135 \text{ m}$$

Se considera que la presión normal es Po=1013 mB al nivel del mar, z0 = 0 m. Esto nos permite ver como disminuye la presión con la altitud:

$$z - 0 = 18400 \cdot \log(1013/P)$$

Despejando de aquí la presión da:

$$P = 10(55303-z) / 18400$$

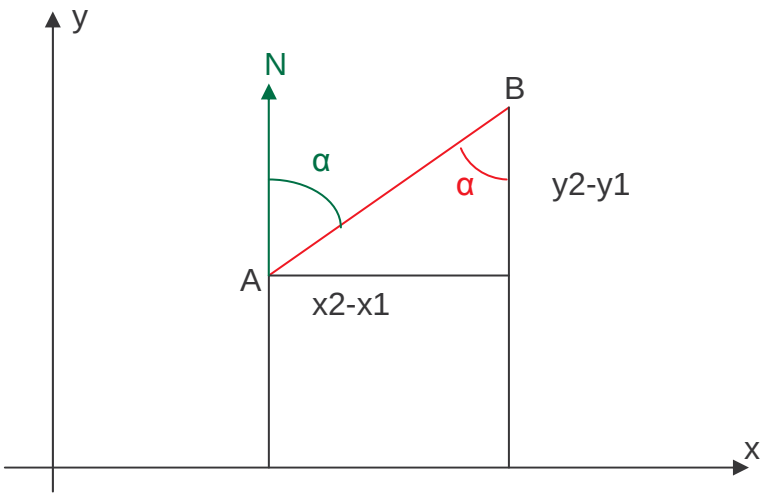
Por ejemplo, la presión normal a la altitud de z=500 m será:

$$P = 10(55303-500) / 18400= 102,9784 = 952 \text{ mB}$$

14. CÁLCULO DE DIRECCIONES Y COORDENADAS U.T.M. Intermedio

Mediante el uso de coordenadas U.T.M. se pueden calcular direcciones sin demasiada dificultad.

Sean dos puntos A y B cuyas coordenadas U.T.M. son (x_1, y_1) y (x_2, y_2), respectivamente. Se pretende calcular el azimuth que hay que tomar para llegar desde el punto A al punto B.



En la figura α es el ángulo que forma la línea AB con el Norte, es el Azimuth de la dirección AB:

$$tg\ \alpha = (x_2 - x_1) / (y_2 - y_1)$$

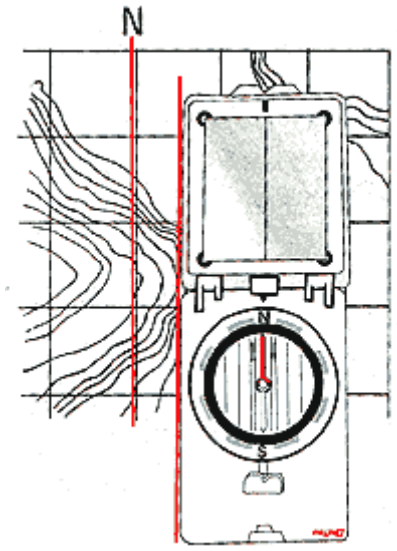
15. ORIENTACIÓN DEL MAPA Elemental

La primera operación a realizar con la brújula es proceder a la orientación correcta del mapa, es decir hay que hacer corresponder sus márgenes con los puntos cardinales.

Hay que recordar que los mapas se construyen de tal modo que la parte superior del mismo representa la dirección Norte, o de una forma más precisa: Cualquier línea vertical (meridiano) trazada en el mapa señala la dirección N-S. El Norte proporcionado por los mapas no es el Norte Geográfico sino el Norte Lambert, mientras que la brújula nos suministra el Norte Magnético.

Sino se considera la diferencia entre los tres Nortes (Geográfico, Magnético y Lambert), la orientación de un mapa es muy sencilla consiste en colocar la brújula sobre el plano y girarlo hasta que la aguja coincida con cualquier línea vertical del mapa. Para corregir el efecto de la declinación magnética no haremos coincidir las líneas N-S del mapa con los 0º de la brújula sino con el valor de la declinación.

Supongamos que en la actualidad la declinación magnética tiene un valor aproximado de δ=3º (Oeste). Esto significa que el Norte geográfico queda a 3º al Este (a la derecha) del señalado por la brújula. Si hacemos coincidir las líneas verticales del mapa (meridianos) con la dirección 360º-3º=357º N, entonces el mapa quedará perfectamente orientado con respecto al Norte Geográfico. Algunas brújulas permiten, como se ha visto, corregir de forma automática la declinación magnética.

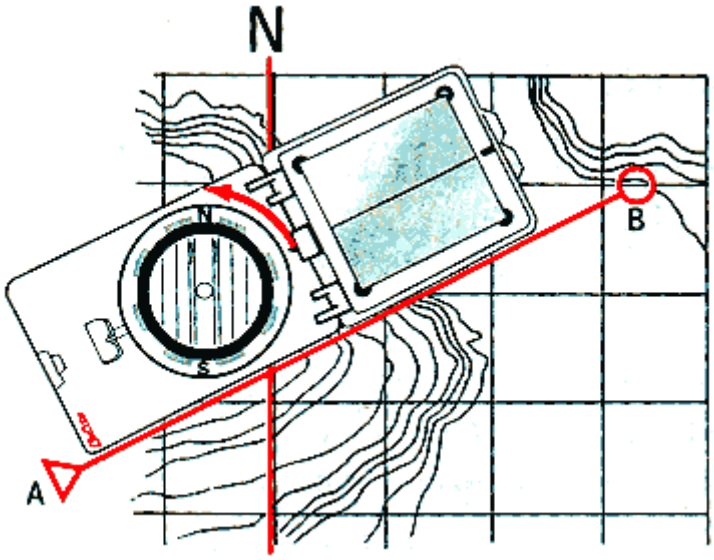


16. NAVEGACIÓN BÁSICA: DETERMINACIÓN DE RUMBOS Elemental

Deseamos desplazarnos desde el punto en el que nos encontramos a un punto de destino que observamos en el mapa. La primera operación consiste en determinar sobre el plano el rumbo que deberemos seguir.

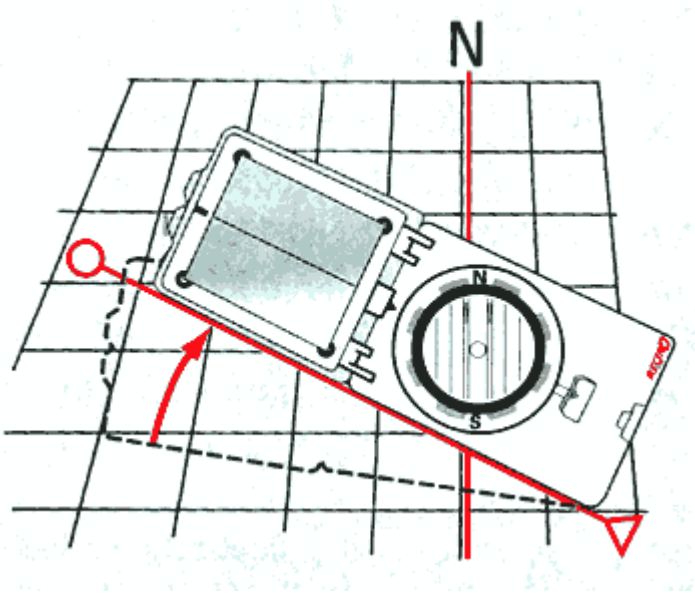
Se coloca la brújula sobre el mapa con un canto lateral sobre la recta que une la posición actual A y el punto de destino B. Girar el mapa hasta que las líneas N-S del mapa coincidan con la dirección de la aguja.

Levantar la brújula y apuntar, orientando la brújula hasta que la aguja que indica el N coincida con la marca de Norte; entonces en esta dirección seleccionar puntos destacados del terreno como referencia.



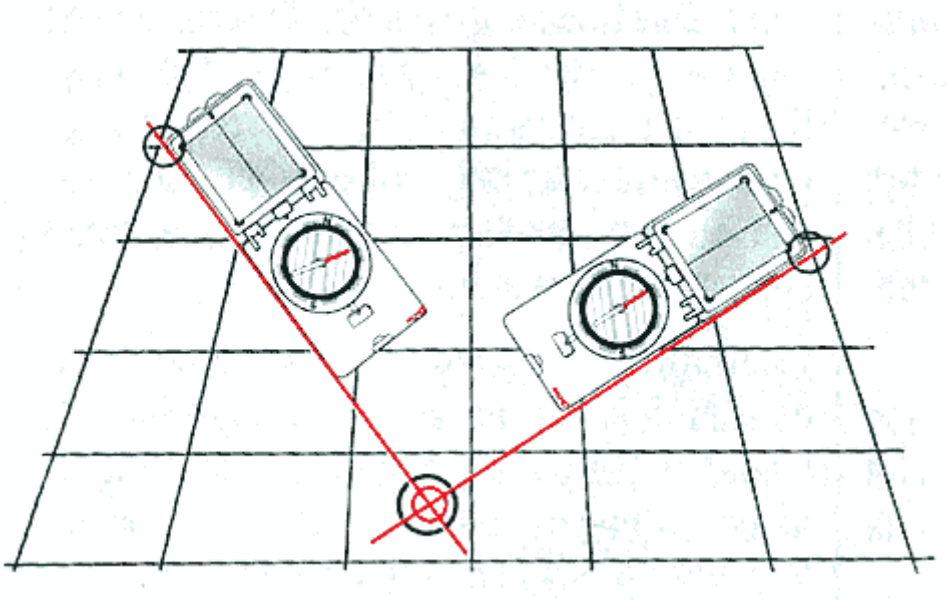
17. DETERMINACIÓN DE UN PUNTO VISIBLE Elemental

a. Apuntar con la brújula el punto a determinar y ajustar el ángulo de dirección girando la cápsula de la brújula (ubicar las marcaciones del Norte de la cápsula sobre el Norte de la aguja).
b. Marcar en el mapa la posición actual propia.
c. Colocar la brújula sobre el mapa, arrimar el canto anterior de la deslizadora al punto de la posición actual, girar la brújula alrededor del punto de la posición actual hasta que las líneas N-S de la cápsula estén paralelas a la red de cuadrícula N-S del mapa.
d. El punto a determinar se encuentra en la línea generada por el canto lateral de la brújula.



18. DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN ACTUAL Elemental

a. Apuntar con la brújula un punto conocido en el terreno y ajustar el ángulo de dirección.
b. Colocar la brújula sobre el mapa con el canto lateral en la marca del punto conocido y girarla hasta que las líneas N-S de la cápsula estén paralelas a la red de cuadrícula N-S del mapa.
c. Trazar en el mapa una recta paralela al canto lateral de la brújula en dirección de la parte anterior de la brújula, pasando por el punto conocido utilizado.
d. Elegir y apuntar un segundo punto y proceder nuevamente según operaciones a-c.
e. El punto de intersección de las dos rectas indica la posición propia buscada (la posición se determina con mayor exactitud si el ángulo de las dos rectas se aproxima a 90º).



TEMA 10

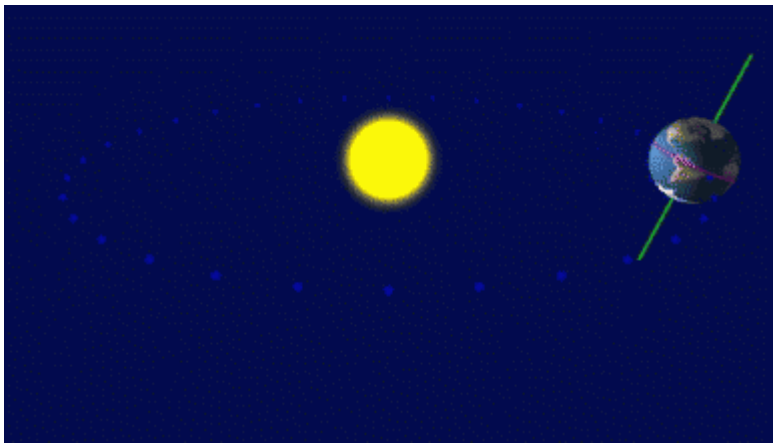
ORIENTACIÓN

1. MOVIMIENTOS DE LA TIERRA Elemental

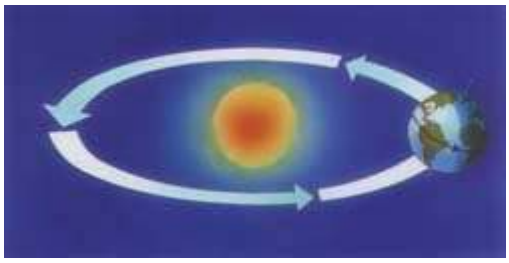
Aunque observemos que el Sol se mueve sobre el cielo ocultándose y poniéndose sobre el horizonte, a la humanidad le ha costado entender que en realidad lo que se mueve es la tierra entorno al luminoso astro. Hoy sabemos que el Sol es sólo una estrella entre las millones y millones que pueblan el universo, y ni mucho menos de las mayores. Además como sabemos la tierra tiene un movimiento de rotación entorno a un eje (el eje polar). Repasamos en este apartado los movimientos terrestres más relevantes, lo que nos va a permitir conocer cual es el movimiento "aparente" de nuestro sol sobre el cielo, además de comprender ciertos fenómenos interesantes como las estaciones y su periodicidad.

En realidad son muchos los movimientos de la tierra aunque los más importantes y conocidos son los de traslación y rotación. Veámoslos:

- **Traslación** : La tierra, el tercer planeta del sistema solar, gira entorno al Sol con una órbita elíptica a razón de 365,25 días por vuelta. Esta cantidad se llama año solar o año trópico . Los 0,25 días se computan cada 4 años (4 x 0,25 = 1), sumándose un día a los años que son múltiplos de cuatro (llamados años bisiestos). El año así computado se denomina año civil.
  La órbita terrestre es una elipse de poca excentricidad. Es decir, es, prácticamente, una circunferencia cuyo radio es de 149,6 millones de kilómetros.
  El plano de la órbita terrestre se denomina eclíptica.



La traslación terrestre fue defendida por Copérnico (1.531) y más adelante por Galileo Galilei, que proclama la rotación de todos los planetas entorno al Sol.



- **Rotación** : La tierra gira entorno a un eje que pasa por su centro (eje polar) con una frecuencia de 24 horas (1 día) por vuelta. Si observamos la tierra con el polo Norte arriba, la tierra gira en el sentido contrario a las agujas de un reloj.
  La rotación terrestre origina la existencia del día y de la noche. El eje polar se encuentra inclinado 23º con respecto a la línea perpendicular al plano de traslación terrestre (eclíptica). Por esta razón la duración del día y de la noche varia según la época del año y nuestra localización en el planeta.

- **Precesión** : La precesión de los equinoccios es un movimiento lento de la inclinación del eje de la Tierra con respecta a la eclíptica. Este movimiento completa una vuelta completa cada 25.790 años. Por ello el eje polar no siempre apuntará a la estrella polar. Dentro de unos 10.000 años lo hará hacia la estrella denominada Vega en la costelación de Lira.

- **Nutación** : La nutación es un bamboleo menor del eje de la Tierra con respecto a la eclíptica. Tiene un ciclo de 19 años en el que la inclinación varía entre 6 y 9 segundos. Tanto la precesión como la nutación son movimientos provocados por la influencia gravitatoria del Sol y la Luna. Son movimientos complementarios, mientras la precesión dibuja una elipse la nutación hace que ese dibujo sea ondulado.

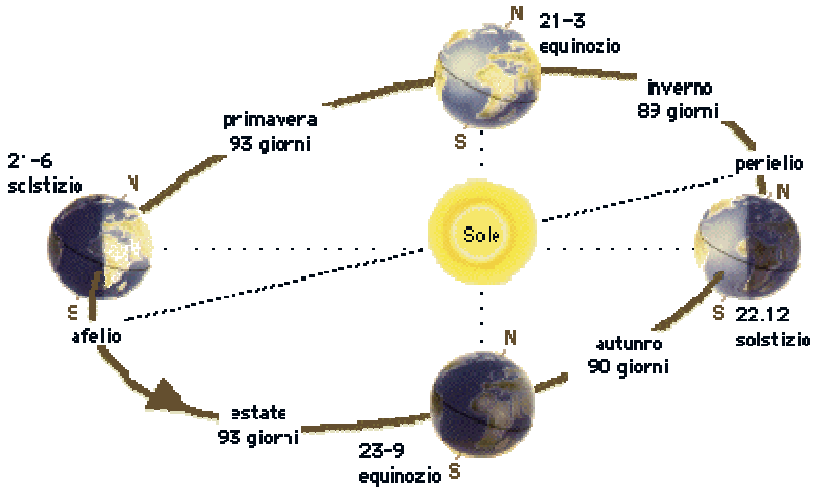
2. GEOMETRÍA DE LA ORBITA TERRESTRE Intermedio

La órbita de la Tierra no es perfectamente circular, sino una elipse de semiejes a y b, distintos pero muy similares. Para la órbita terrestre se tiene que a=149'61·106 Km y b=149'57·106 Km. El plano imaginario que contiene a esta elipse recibe el nombre de eclíptica.

Se define la excentricidad de una elipse por la relación:

$$\varepsilon = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} = 0.0167 \Rightarrow \frac{b}{a} = 0.99986$$

lo que significa que la órbita se desvía de la circularidad perfecta en menos del 2 por mil. Por ello se puede suponer en muchos cálculos astronómicos que la órbita es una circunferencia de 149,6 millones de kilómetros.



La mínima distancia entre la tierra y el Sol se llama perihelio y la mínima distancia es el afelio.

Es una curiosidad que el perihelio se produzca durante el invierno en el hemisferio norte. Por ello, aunque la tierra este en su posición más cercana al sol (perhelio) en invierno, esto no hace que suban las temperaturas del planeta. Las diferencias de temperaturas estacionales se deben a la inclinación del eje polar con respecto a la eclíptica.

El máximo acercamiento de la Tierra al Sol (perihelio) y el máximo alejamiento (afelio) se pueden calcular como:

$$perihelio = a \cdot (1 - \varepsilon)$$
$$afelio = a \cdot (1 + \varepsilon)$$
$$\text{variación} = perihelio - afelio = 2 \cdot \varepsilon \cdot a$$

Una buena estimación de la variación de distancia al Sol se puede obtener como 2 · 0,0167 · 149,6 = 5 millones de km.

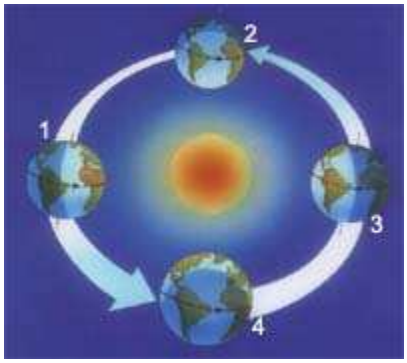
3. ESTACIONES Elemental

El eje imaginario de rotación de la Tierra no es perpendicular al plano de su órbita, a la eclíptica. El eje polar presenta una inclinación de 23º. Por eso, los rayos solares llegan a la superficie terrestre con distintas inclinaciones. Cuanto más inclinados inciden los rayos en un determinado lugar, más frío es el clima en esa región.

La sucesión de las 4 estaciones: otoño, invierno, primavera y verano, está relacionada con el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol y con la inclinación del eje terrestre. Esta inclinación determina la dirección con que

los rayos solares llegan a los distintos lugares de nuestro planeta. Nos podemos dar cuenta de esto al observar que en invierno el Sol alcanza poca altura sobre el horizonte, mientras que en verano está altura es mayor.

Cuando los rayos solares caen en forma oblicua sobre el hemisferio sur, el clima es frío y los días son más cortos: es invierno. En cambio, en el hemisferio norte que recibe más luz solar, los días son más cálidos y largos: es verano. Cuando es verano en el hemisferio sur, en el norte es invierno.



En la posición 1, la tierra está inclinada hacia el Sol en el hemisferio Norte, en el cual es verano. En ese mismo momento es invierno en el hemisferio Sur. En la posición 3 se invierte la situación y tenemos verano en el hemisferio Sur e invierno en el Norte.

1. El Polo Norte está inclinado hacia el Sol: es verano. Invierno en el hemisferio sur.
2. Otoño en el hemisferio sur.
3. El Polo Sur está inclinado hacia el Sol. Verano en el hemisferio sur.
4. Primavera en el hemisferio sur.

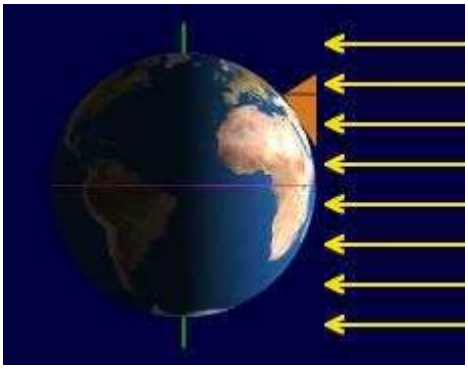
4. EQUINOCIOS Y SOLSTICIOS Elemental

Existen dos días al año en que los rayos solares inciden perpendicularmente en el ecuador. Estos días se llaman equinocios y se dan en las posiciones 2 y 4 de la figura anterior. El equinocio de primavera (posición 4) se presenta hacia el 21 de Marzo, y el equinocio de otoño (posición 2) hacia el 23 de Setiembre. Son en estas fechas donde se producen los respectivos cambios estacionales: verano-otoño, y primavera-verano.

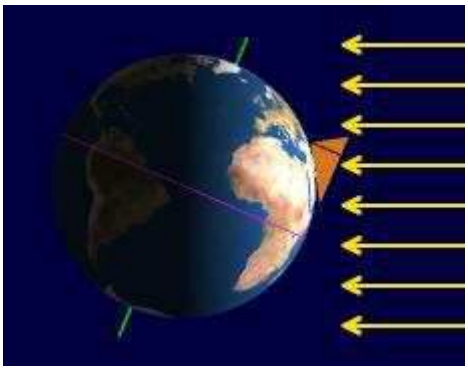
En los equinocios la línea divisoria entre el día y la noche sigue la dirección del eje polar. En consecuencia para esos días tenemos la misma duración para el día que para la noche (12 horas).

A medida que avanza el tiempo desde la fecha de los equinocios el Sol incide perpendicularmente en otras latitudes cada vez más alejadas del ecuador a ambos lados del mismo. Así, el 22 de Julio, los rayos solares inciden perpendicularmente en su posición más alta a 23º de latitud Norte. Esta posición se denomina solsticio de verano que marca el paso de la primavera al verano en el hemisferio Norte (y el paso de otoño a invierno en el hemisferio Sur). El 22 de diciembre los rayos solares inciden perpendicularmente a 23º de

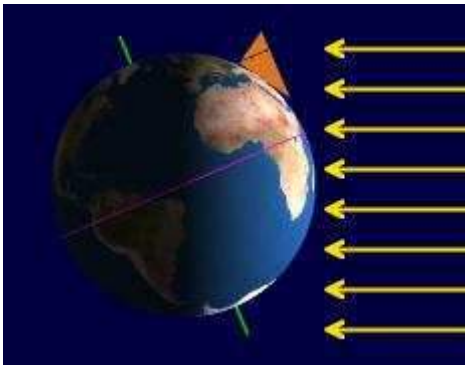
latitud Sur, posición denominada solsticio de invierno que marca el paso del otoño al invierno en el hemisferio Norte (y el paso de primavera a verano en el hemisferio Sur).



En los solsticios la línea de separación entre el día y la noche forma 23º con el eje polar, es decir, la máxima separación angular entre ellas.



En la figura se muestra el solsticio de verano en el hemisferio Norte. Los rayos solares inciden en él con la máxima perpendicularidad. El hemisferio Norte está más iluminado que el hemisferio Sur, y esta iluminación dura más tiempo. En consecuencia los días son más largos que las noches.



En esta otra figura se muestra el solsticio de invierno en el hemisferio Norte. Los rayos solares inciden en él con menor perpendicularidad. El hemisferio Norte está menos iluminado que el hemisferio Sur, y esta iluminación dura menos tiempo. En consecuencia las noches son más largas que los días.

Los paralelos 23º N y 23º S son importantes astronómicamente, y por ello tienen nombre propio: Trópicos. A 23º N se sitúa el denominado trópico de Cáncer y a 23º S el trópico de Capricornio.

5. LA HORA Elemental

Definir que es el tiempo es difícil pero sabemos que para medirlo se requiere estudiar algún tipo de movimiento: las oscilaciones de un péndulo, el movimiento aparente del Sol, etc.

Si optamos por elegir la rotación terrestre para medir el tiempo, podemos denominar día solar al tiempo invertido por la tierra en efectuar una vuelta completa. Si ahora dividimos ese día en veinticuatro porciones iguales se obtiene una hora (que a su vez se puede dividir en minutos y segundos). Por tanto, la tierra rota sus 360º en 24 horas a razón de 15º por hora.

Hecho este planteamiento, para establecer la hora de cada lugar del mundo se ha dividido la tierra en 24 husos horarios, y cada país toma la hora definida para alguno de estos husos (que se supone pasa por la capital u otra ciudad del país). La hora establecida para el meridiano de Greenwich se denomina hora G.M.T. (Greenwich Mean Time, Tiempo Medio en Greenwich) o, también, hora U.T.C. (Universal Coordinated Time, Tiempo Universal Coordinado).

En las islas Británicas la hora oficial es la G.M.T. En realidad esto sólo es así en Invierno, pues en Verano se practica un adelanto de una hora sobre el horario G.M.T. Por ello, en Invierno, en las islas Británicas rige el horario G.M.T. (entre Octubre y Abril) y G.M.T.+1 hora en Verano (entre Abril y Octubre).

Los países de Europa Occidental y Central establecen su horario en el huso siguiente al del meridiano de Greewich en dirección Este. Por ello, estos países poseen un horario oficial igual a G.M.T.+1 hora en horario de Invierno y de G.M.T.+ 2 horas en el horario de verano. Entre los países que rige este horario se encuentran España pese a su situación sobre el huso horario G.M.T. Excepción a esta regla son las Islas Canarias, donde rige el horario G.M.T. (como en las Islas británicas).

Entre las naciones Europeas que han optado por el horario G.M.T+1, caben citar: España, Francia, Holanda, Alemania, Dinamarca, Austria, Suiza, Italia, República Checa, Hungría y Polonia. En Grecia, Rumania y Ucrania, por ejemplo rige la hora G.M.T.+2 (en verano G.M.T.+3). La hora G.M.T. rige además de Reino Unido e Irlanda en: Portugal, Islandia (donde no existe cambio horario y se sigue siempre el horario G.M.T.).

En la actualidad los cambios de horario se están practicando el último domingo del mes de Octubre (Retraso de una hora) y el último domingo del mes de Marzo (Adelanto de una hora).

6. HORARIO SOLAR Elemental

El horario solar es el basado en el movimiento aparente del sol sobre el firmamento. En este sistema se define el mediodía como el momento en que el sol se halla en su punto más elevado sobre el horizonte. En ese momento se tiene la hora 0:00 p.m. (Post Meridian, pasado el meridiano) o 12:00. Antes de ese momento tenemos las horas a.m. (Antes del Meridiano) y después las horas p.m.

Para Nuestra situación en España el horario oficial difiere del llamado horario solar en la misma magnitud que el horario G.M.T. Por tanto, la relación entre los horarios oficial y solar es:

horario solar = horario oficial - X

Donde X es igual a 1 hora en el horario de Invierno (actualmente implantado entre Octubre y Abril), e igual a 2 horas en el horario de Verano (entre Abril y Octubre).

Por ejemplo, las 8:00 en horario oficial de verano se corresponde con las 6:00 en horario solar. La misma hora en invierno se corresponde con las 7:00 en horario solar.

7. ORTO Y OCASO. DURACIÓN DEL DIA Avanzado

Conocer este detalle resulta fundamental a la hora de planificar nuestras salidas a las montañas sino queremos que nos sorprenda la noche.

Se ha visto como en verano los días son más largos, debido a la mayor iluminación que experimenta el hemisferio Norte. En el solsticio de verano (22 de Junio) se da el día más largo del año con más de 15h 30m de duración frente a las apenas 8h 30m de duración de la noche. La situación se invierte en el solsticio de invierno (22 de diciembre) con apenas 8h 30m de luz diurna.

El orto y el ocaso se definen como el momento en que el sol se sitúa sobre el horizonte en un lugar dado del planeta. Sin embargo, antes del orto y después del ocaso se dispone de una mayor cantidad de luz que la nocturna en lo que se denomina crepúsculo. Este viene a durar una media hora. La luz crepuscular permitirá distinguir la forma de los objetos a distancias algo lejanas e incluso leer un plano.

Un cálculo aproximado para la hora de salida y puesta del sol (orto y ocaso) viene dado por esta ecuación:

$$\text{hora del orto} = [\arccos [\text{tg } \varphi \times \text{tg } 24 [\cos (30{,}54 (M - 1) + D + 9{,}5)]]] / 15$$

de donde: φ = latitud del lugar considerado (en grados y fracción de grados). M = mes del año para el que se hace la predicción (de 1 a 12). D = día del mes para el que se hace la predicción (1 a 31).

hora del ocaso = 24 - orto.

No se tiene en cuenta el índice de refracción de la atmósfera. Tampoco las latitudes superiores a los Círculos Polares (66 ° de latitud) donde el sol se eleva muy poco sobre el horizonte manteniendo, por ejemplo, largas noches en invierno mientras que a penas llega a ocultarse en verano.

8. MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL (EN EQUINOCIOS) Elemental

Aunque sabemos que el Sol permanece inmóvil frente a a la tierra, observamos que este se desplaza aparentemente sobre el cielo. El estudio de este movimiento nos permitirá orientarnos. En la siguiente fotografía podemos ver la curva que describe el sol durante el paso de un día.

Se suele decir que:

El Sol sale por el Este y se oculta por el Oeste

Bien. Esto sólo es cierto dos día al año, en los equinocios, pero suele ser una aproximación muy usada en orientación. Sin embargo, más exacta es está afirmación:

El Sol al mediodía se halla al *Sur*

El mediodía es aquel momento del día en el que el sol ocupa su posición más elevada sobre el horizonte. Depende, pues, del lugar de observación, pero se toma como hora aproximada de este acontecimiento las 12:00 hora solar.

Comenzaremos partiendo de estos hechos para estudiar el movimiento aparente del Sol en el Cielo.

Suponiendo que el Sol sale a las 6:00 hora solar por el Este y se oculta a las 18:00 por el Oeste, y que a las 12:00 lo tenemos al mediodía, las demás posiciones del sol en función de la hora solar quedan perfectamente determinadas.

Hora Solar	Posición del Sol
6:00	E
7:00	-
7:30	ESE
8:00	-
9:00	SE
10:00	-
10:30	SSE
11:00	-
12:00	S
13:00	-
13:30	SSW
14:00	-
15:00	SW
16:00	-
17:00	-
18:00	W

Conocido esto podemos mediante la observación del sol determinar una dirección cardinal.

Por ejemplo, el 24 de Marzo a las 11:00 de nuestro reloj, la posición del Sol será:

Hora Oficial = 11:00 => Hora Solar = 9:00 => SE

Será más fácil observar la sombra proyectada por un objeto vertical. En tal caso, la sombra marcará la dirección contraria : NW.

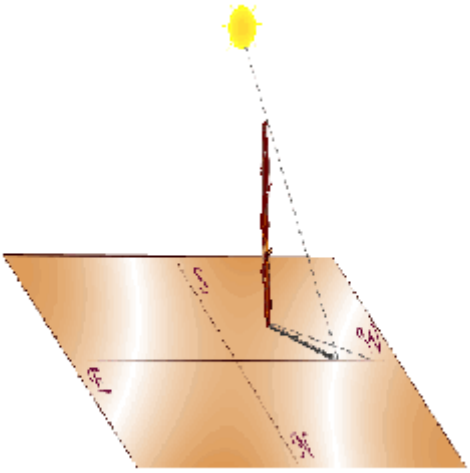
Conviene observar que a las 12:00 hora solar (mediodía solar) el sol se halla al Sur. Una sombra proyectada por un objeto vertical sobre el suelo (horizontal) señalará la dirección Norte. ! Ojo ! Pues el mediodía solar se alcanza a las 14:00 aproximadamente en horario de verano y a las 13:00 en el horario de invierno.

Los métodos de orientación se basan en estas consideraciones sobre el movimiento solar aparente.

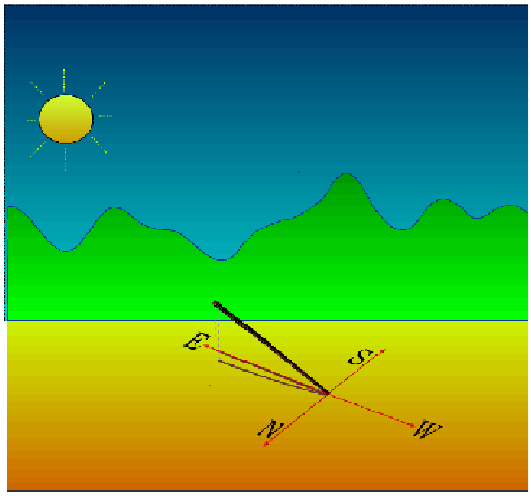
9. MÉTODOS DE LA SOMBRA Elemental

Estos métodos se basan en la apreciación de la sombra proyectada por los objetos, generalmente un palo, lo que "suele" ser fácil de conseguir en la montaña. Como el Sol posee un movimiento aparente de Este a Oeste, la Sombra que proyectan los objetos evolucionan de Oeste a Este.

El primer método consiste en observar la sombra de un palo sobre el suelo, colocando una marca (una piedra) en el extremo de la sombra en un momento dado. Después de 15 o 30 minutos la sombra se mueve a una nueva posición al este de la primera, donde colocamos otra marca. Haciendo una línea recta que una las dos marcas, de la primera a la segunda, la dirección indicada será hacia el este.



Una variante del mismo, que no requiere hacer una marca inicial, es clavar una vara en el suelo, apuntando directamente hacia el sol, de manera que su sombra se proyecte sobre si misma. Al poco tiempo, de 15 a 30 minutos, aparecerá la sombra de la vara, apuntando directamente hacia el este.

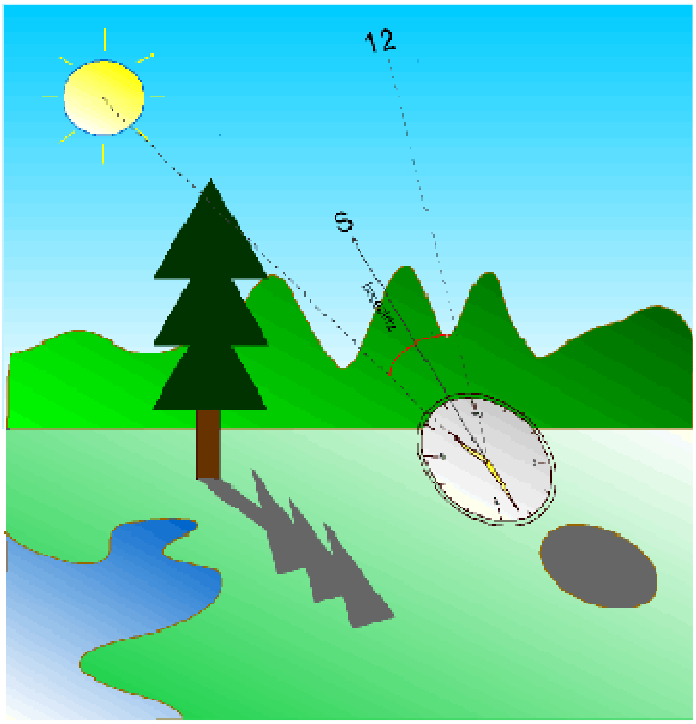


Los métodos anteriores permiten orientarse sin necesidad de conocer la hora. Si sabemos la hora podremos conocer la dirección señalada por la sombra de un palo tal y como se estudió en el apartado anterior.

10. MÉTODO DEL RELOJ Elemental

El reloj permite obtener la dirección N-S con rapidez y facilidad. Además puede aplicarse cuando el sol se halle parcialmente oculto por nubes siempre y cuando podamos determinar su posición en el cielo aunque no proyecte sombras.

Se ajusta el reloj a la hora solar y se apunta su manecilla horaria hacia el sol. Entonces se toma el ángulo que forma esta manecilla con las doce y se calcula su mitad (lo que se denomina bisectriz). La bisectriz señala hacia adelante la dirección Sur y hacia atrás la dirección Norte.



La explicación del método es la siguiente. El Sol sale por el Este a las 6:00 hora solar. A las 12:00 lo tenemos al Sur marcando el mediodía. En ese tiempo de seis horas el sol ha descrito sobre el cielo un ángulo de 90 º, mientras que las agujas del reloj han recorrido en ese mismo tiempo 180 º. Esto significa que la manecilla horaria del reloj va el doble de rápido que el sol. Si apuntamos la manecilla horaria de un reloj hacia el Sol, el ángulo que forma está con las doce será igual al doble del ángulo que separa al Sol de la posición Sur. Si se divide este ángulo entre dos (bisectriz del ángulos) se obtiene la dirección Sur.

¿ Qué ocurre si tenemos un reloj digital ? Para una pregunta tonta, una solución tonta. Toma la hora del reloj digital, conviértela en la hora solar y usando un dedo índice de una mano haz que sea la manecilla horaria y el índice de la otra mano, las doce del reloj. Apunta el primero de los dedos hacia el sol y determina la bisectriz del ángulo formado con el segundo. Dicha bisectriz marcará la dirección Sur.

Este último método usando los dedos no figura en los manuales de orientación pero es, sin lugar a dudas el más útil, pues permite reconocer los puntos cardinales sobre la marcha sin requerir de palos u otros artilugios. Ni siquiera se necesita que el sol proyecte sombras nítidas. Por otro lado se puede considerar suficientemente preciso en las inmediaciones del medodía (de 10:00 hasta las 18:00). Recordar, no obstante, que se basa en el movimiento aparente del sol en los equinocios.

11. MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL A LO LARGO DEL AÑO Elemental

Hasta ahora se ha visto como es el movimiento aparente del sol sólo dos días al año. En los equinocios de primavera y otoño. Se ha usado este movimiento como una aproximación para cualquier día del año. Ahora vamos a definir más exactamente como varía este movimiento según la época.

El 21 de Setiembre es el equinocio de Otoño. El Sol sale por el Este y se oculta por el Oeste. A partir de esta fecha la salida del Sol se desplaza día a día hacia el SE alcanzándose el punto extremo en el Solsticio de Invierno, el 22 de diciembre, momento en el que el sol se separa 23 º(la inclinación del eje polar) del Este. Por tanto, tal día el Sol surgirá en el horizonte por el ESE (90 º+23 º = 113 º N). Ese día el Sol se ocultará por el WSW (270 º - 23 º= 247 º N). Después de esta fecha el sol volverá a aproximarse día a día a la dirección Este en la salida y al Oeste en el ocaso. El 21 de marzo (equinocio de primavera), ya tenemos de nuevo al sol amaneciendo por el Este y ocultándose por el Oeste. A partir de este día la desviación continúa pero hacia el NE, de modo que en el solsticio de verano, el 22 de Junio, el sol sale por el ENE (90 º- 23 º= 67 º N) y se oculta por el WNW (270 º+ 23 º= 293 º N).

La siguiente tabla nos permite resumir lo dicho:

Fechas	Orto	Ocaso
1 nov - 15 feb	ESE	WSW
15 feb - 24 abr	E	W
24 abr - 20 ago	ENE	WNW
20 ago - 1 nov	E	W

La aproximación equinocial (El Sol sale por el Este y se oculta por el Oeste) se puede aplicar con suficiente aproximación del 15 de febrero al 24 de abril y del 20 de agosto al 1 de noviembre, por poner unas fechas.

12. ORIENTACIÓN NOCTURNA Elemental

Conocido es que las estrellas han servido para orientar a los marinos desde tiempos inmemorables. Para conseguir mejor precisión en sus mediciones se

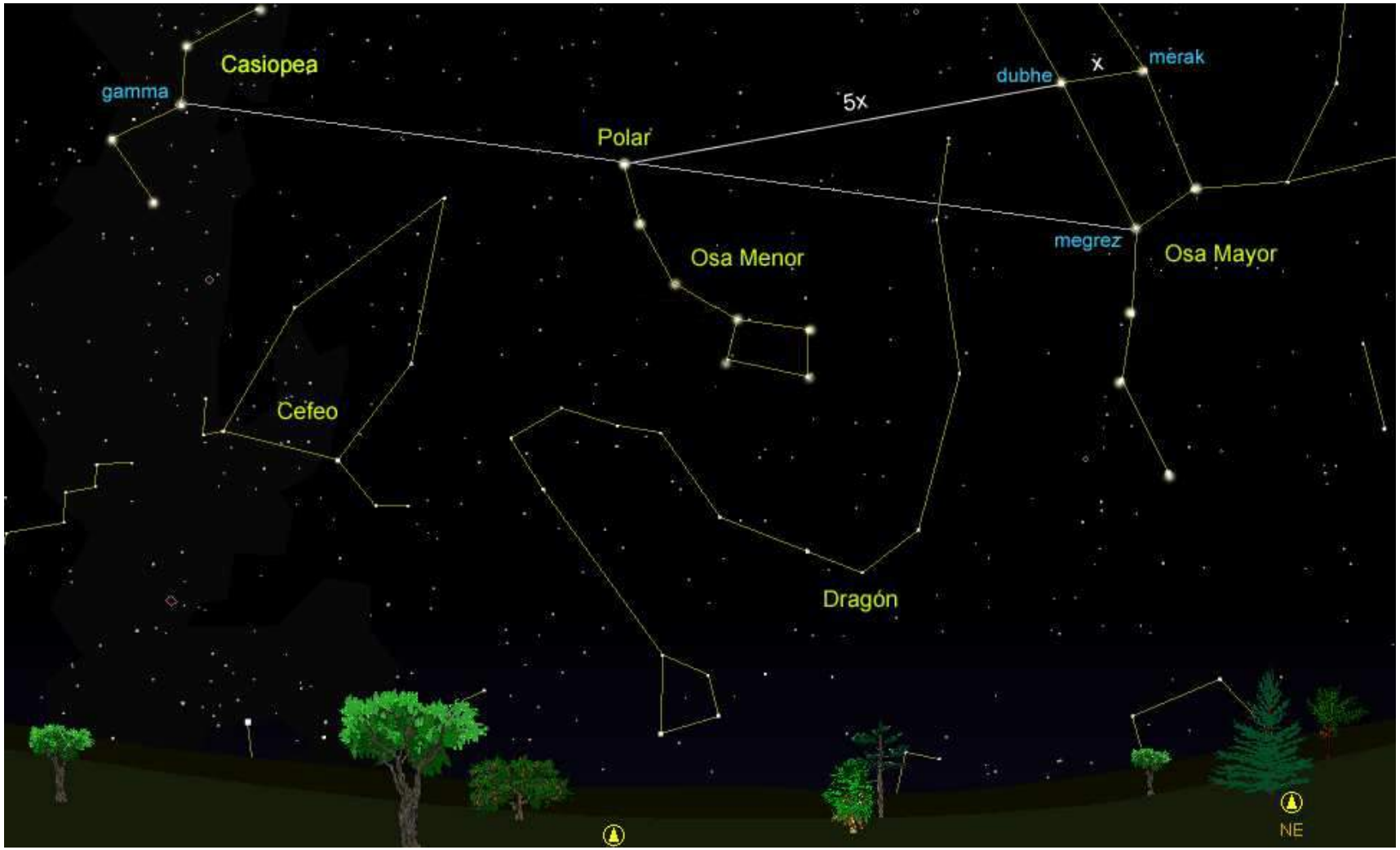
idearon instrumentos específicos como el sextante. En menor medida también podremos utilizar la luna para obtener los puntos cardinales.

En cada hemisferio terrestre no se observan exactamente las mismas estrellas. Por ejemplo, en el hemisferio Sur no es posible observar la famosa estrella polar ya que se sitúa por debajo de la línea del horizonte. En este tema se estudiará únicamente el firmamento boreal observado desde latitudes medias del hemisferio Norte.

13. CONSTELACIONES CIRCUMPOLARES Elemental

Las constelaciones son simplemente conjuntos de estrellas que fueron ya descritos por los griegos a las que les dieron nombres en general relacionados con su mitología. Hoy sabemos que estas estrellas de una constelación no se sitúan siquiera a la misma distancia de nosotros. Entre ellas existen distancias difícilmente imaginables. Por ejemplo, entre las dos estrellas (Dubhe y Merak) que forman el frente de la Osa Mayor o " El Carro" como se conoce también, existe una separación angular de 45 años-luz. Dubhe se encuentra a casi 124 años-luz de nosotros y Merak a unos 80 años-luz. Pese a estas grandes distancias nosotros las observamos próximas en el firmamento nocturno y forman parte de la misma constelación.

Hay gran número de constelaciones con nombres y mitología distintos. Entre ellas podemos recordar las constelaciones zodiacales: Aries, Cáncer, Tauro, Sagitario, etc. Sin embargo, para fines de orientación nocturna las que interesan son las denominadas constelaciones circumpolares, que así se denominan las que se sitúan en las inmediaciones del polo Norte


Casiopea
gamma
Polar
5x
dubhe
x
merak
megrez
Osa Menor
Osa Mayor
Cefeo
Dragón
NE

14. LA OSA MAYOR Elemental

La constelación circumpolar más conocida es la Osa Mayor o El Carro. Los griegos vieron en el cielo la figura de una Osa y de ahí su nombre. Sus siete estrellas más brillantes forman un cazo o un carro que ocupa buena parte del cielo (y de aquí su otro nombre). Las Estrellas que forman el frente del carro ya se han citado anteriormente: Dubhe y Merak. En el punto de entronque del cazo con su mango encontramos una estrella que se llama Megrez. Esta constelación, por sus dimensiones y brillo de sus estrellas es la más fácil de situar sobre el cielo nocturno. Por ello es importante aprender a buscarla ya que nos va a permitir situar otras constelaciones.

No está demás recordar que la tierra está sometida a una rotación sobre su eje polar. Por ello las estrellas se desplazan en el firmamento a lo largo de la noche. Esto significa que no siempre encontraremos nuestro "carro" en la misma posición relativa.

En la siguiente imagen puede observar el paisaje nocturno para una noche en las latitudes donde se sitúa la península, y reconocer las constelaciones circumpolares, entre las que destaca por su tamaño la osa mayor.

15. CASIOPEA Elemental

Es una constelación fácilmente visible. Aparece en el cielo como una gran "M", algo deformada. La estrella que se sitúa en el vértice agudo de la "M" se llama gamma casiopea.

16. LA OSA MENOR Y ESTRELLA POLAR Elemental

La Osa menor es una constelación que tiene casi la misma forma que la Osa Mayor aunque resulta ser mucho más pequeña. Por tanto es un carro o cazo en el firmamento pero de menores proporciones que la Osa Mayor. Otra característica es que el carro de la Osa Menor aparece girado con respecto al de la Osa Mayor. La estrella que se sitúa en el extremo del mango de la Osa Menor es la estrella Polar o Polaris. Esta es la estrella que marca exactamente el Norte geográfico.

Para localizarla hay dos métodos simples:

- Localizar la Osa Mayor, y en el frontal del carro sus dos estrellas: Dubhe y Merak. Estimar la distancia entre Dubhe y Merak (en la figura le llamamos x). Prolongar unas cinco veces esta distancia y se obtiene la posición de la estrella polar.

- Localizar la Osa Mayor, y en ella la estrella Megrez en la intersección del cazo con su asa. Localizar Casiopea, y en ella la estrella gamma, que es el vértice agudo de la "M". A mitad de distancia entre estas dos estrellas se sitúa la estrella polar.

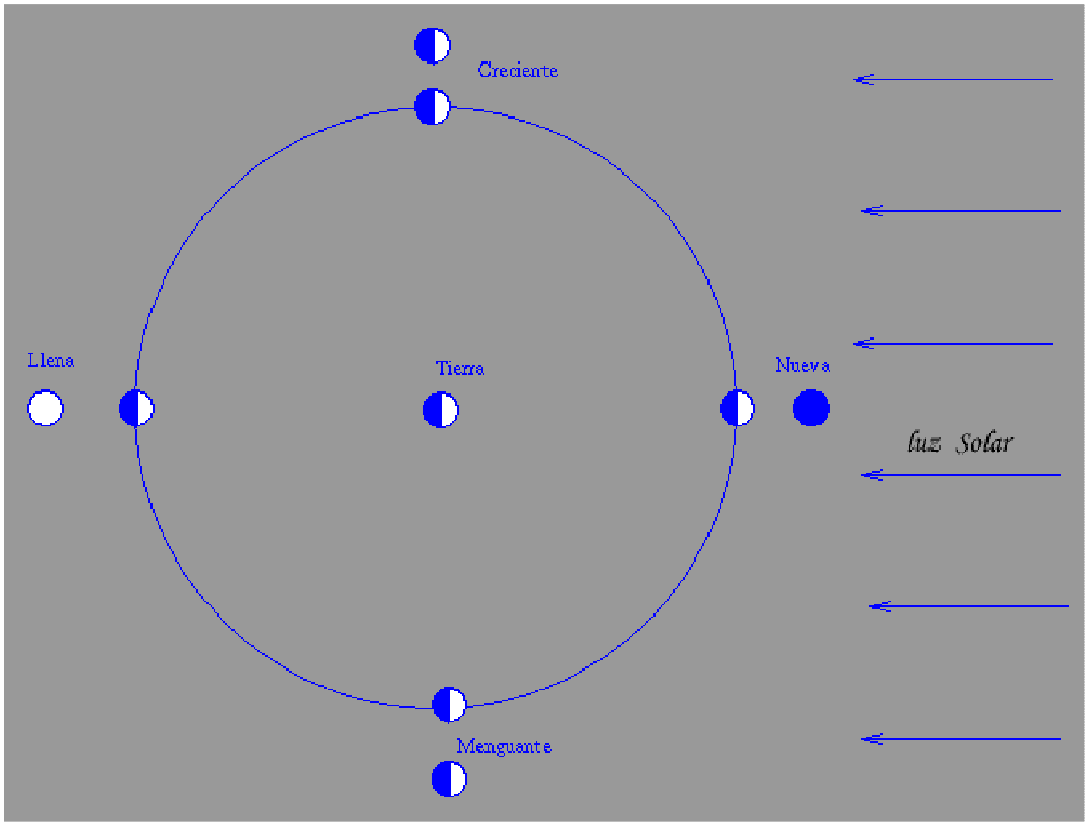
La estrella polar debe aparecer sobre el horizonte a una altura igual a la de nuestra latitud. En el Polo Norte la tendríamos sobre nuestra cabeza (en nuestro cénit), en el ecuador quedaría en la línea del horizonte. A una latitud media, entorno a 40-50º, se encontrará a mitad de distancia entre el horizonte y nuestro cénit. Encontrada la estrella polar ya sabemos la dirección Norte, por lo que conoceremos todas las demás.

17. OTRAS CONSTELACIONES CIRCUMPOLARES Elemental

Hay otras constelaciones circumpolares de interés. El dragón es una gran constelación que envuelve con su cola a la osa menor. En la figura puede verse que la cola se interpone entre la Osa Menor y la Osa Mayor. Cefeo es un gran pentágono entre Casiopea y el dragón. Muy cerca del vértice más agudo de este pentágono se encuentra la estrella polar.

18. LA LUNA Y LAS FASES LUNARES Elemental

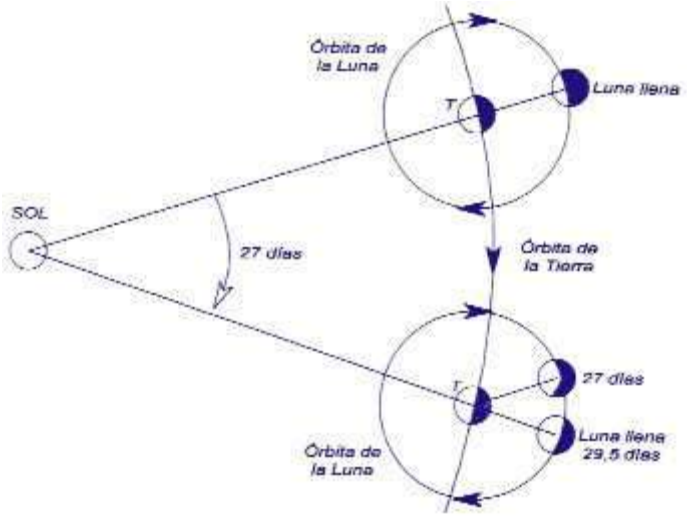
La luna es el único satélite con que cuenta la tierra. Gira en una órbita más o menos circular a unos 400.000 Km. de nuestro planeta completando una vuelta en un período aproximado de 27 días. Durante este tiempo, el sol ilumina diferentes secciones del satélite. Estas diferentes iluminaciones son lo que conocemos con el nombre de fases lunares. La siguiente figura explica el origen de las fases lunares (se ve la zona de la luna iluminada por el sol y como se ve la luna desde nuestro planeta).



De la misma figura se desprende que existen cuatro posiciones extremas de la luna en su órbita entorno a la tierra que dan lugar a cuatro fases lunares:

- Luna Llena : Se puede ver completamente todo el disco lunar.
- Cuarto Menguante: La luna ha ido perdiendo superficie iluminada y aparece con forma de letra "D" (se puede recordar por la palabra Decreciente).
- Luna Nueva: La cara visible de la luna no está iluminada.
- Cuarto Creciente: La luna ha ido ganando superficie iluminada y aparece con forma de letra "C" (se puede recordar por la palabra Creciente).

Con lo dicho hasta ahora cabría esperar que las fases lunares se repitiesen periódicamente cada 27 días, pues este es el tiempo invertido por la luna en completar un giro entorno a la tierra. Esto sería así si la tierra se mantuviese estática durante ese giro, pero sabemos, además, que ésta gira entorno al Sol. Por ello mientras la luna gira entorno a nuestro planeta, este se ha desplazado. Eso produce que para que desde la Tierra veamos a la Luna con una fase igual que antes, la Luna tiene que moverse en su órbita algo más, concretamente 2 días y medio. El período entre dos fases iguales es entonces de 29 días y medio, que es habitualmente lo que llamamos un mes lunar.



19. ORIENTACIÓN POR LA LUNA Elemental

Orientarse por la luna es más difícil que a través de las estrellas. En ocasiones el cielo puede estar los suficientemente cubierto como para no permitirnos observar el firmamento, y sin embargo, poder apreciar, aunque sólo sea en parte o de vez en cuando la luna. En tales casos será de utilidad conocer como podemos obtener alguna dirección cardinal.

La luna llena surge por el horizonte en dirección Este a las 18:00 (hora solar). A las 0:00 (medianoche) se encuentra al Sur. Finalmente a las 6:00 se oculta por el Oeste. En cuarto creciente la luna surge por el Sur a las 18:00, a medianoche (0:00) se encuentra al Oeste, y las 6:00 se oculta por el Norte. En cuarto menguante, surge por el Norte a las 18:00, se sitúa al Este a medianoche (0:00) y se oculta por el Sur a las 6:00. En luna nueva será difícilmente observable, pero decir que sale a las 18:00 por el Oeste, se sitúa al Norte a medianoche y se oculta por el Este a las 6:00.

Resumiendo, la luna se comporta de forma análoga al Sol en luna llena pero con horas de salida de salida y puesta, 18:00 (6:00 p.m) y 6:00 (6:00 a.m). En luna nueva se comporta justamente al revés. Entre estas dos posiciones extremas discurren todas las posiciones intermedias posibles a lo largo del mes lunar. De este modo se puede construir la siguiente tabla ofrece todas las posiciones (fijarse que en todo momento se usa la hora solar y no la oficial).

HORA SOLAR		CUARTO CREC.		LUNA LLENA		CUARTO ENG.		LUNA NUEVA
3:00	N	NO	O	SO	S	SE	E	NE
6:00	NE	N	NO	O	SO	S	SE	E
9:00	E	NE	N	NO	O	SO	S	SE
12:00	SE	E	NE	N	NO	O	SO	S
15:00	S	SE	E	NE	N	NO	O	SO
18:00	SO	S	SE	E	NE	N	NO	O
21:00	O	SO	S	SE	E	NE	N	NO
0:00	NO	O	SO	S	SE	E	NE	N

La tabla es la que proporciona los resultados más exactos que ciertos dichos populares más o menos curiosos como :

" Cuarto creciente, cuernos al Oriente".

20. ORIENTACIÓN POR INDICIOS Elemental

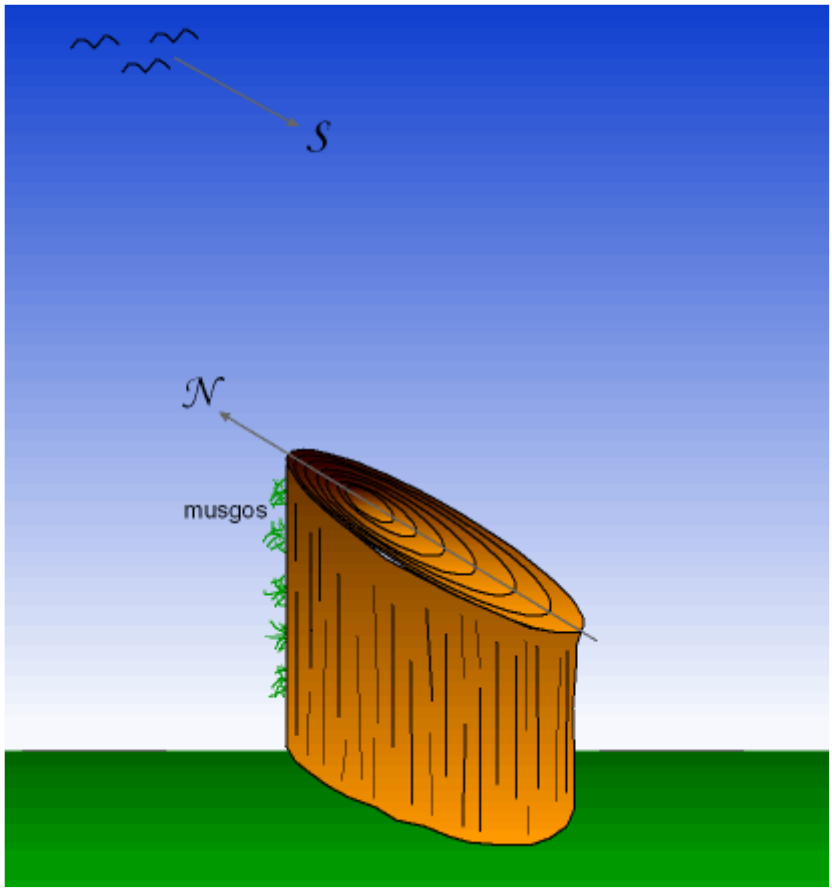
Una persona preparada no debe acudir a la montaña sin mapa ni brújula, pero también es cierto es que pueden surgir situaciones imprevisibles. A lo mejor nos hemos olvidado la brújula, se nos ha perdido o estropeado. En tales casos podremos recurrir a la orientación por el Sol o por las estrellas, pero nuevamente estamos condicionados por la meteorología. Si el cielo está cubierto o hay niebla no podremos emplear los métodos ya estudiados.

En esta situación tendremos un problema si llegamos a perdernos. Los métodos de orientación por indicios se utilizan en estas situaciones. Hay que indicar que su aplicación en situaciones reales es muy limitada, que en muchos casos no resultan muy fiables y que, en cualquier caso, no son exactos. Sin embargo, el valor pedagógico de estos métodos para los amantes de la naturaleza es indiscutible pues permite agudizar nuestro sentido de la observación sobre el entorno, sin duda alguna una de las cualidades más sobresalientes del buen "explorador".

Efectivamente, los métodos de orientación por indicios son el fruto de una observación de la naturaleza en busca de obtener una regularidad que permita poder predecir un fenómeno. Por tanto, este tipo de métodos son tan antiguos como la razón humana. Evidentemente, cabe preguntarse como se orientaban los primeros hombres, y la respuesta se halla en los indicios: Los árboles, el comportamiento de ciertos animales como las aves migratorias, etc.

21. MÉTODOS DE ORIENTACIÓN POR INDICIOS Elemental

Hay muchos y algunos son verdaderamente curiosos como podemos ver a continuación:



- El musgo y los líquenes de los árboles crecen en la parte de los árboles o en rocas orientadas hacia el Norte. Esta afirmación hay que cogerla con pinzas. Es cierto que los musgos buscarán aquellas zonas más húmedas, pero en general en los húmedos bosques atlánticos crece por cualquier sitio por doquier especialmente en las inmediaciones de cursos de agua y vaguadas.

- Un tocón de un árbol cortado muestra los anillos más apretados hacia el Norte y más separados hacia el Sur, al ser en esa zona donde recibe más sol. Evidentemente no vamos a encontrar tocones en todo nuestro itinerario, y mucho menos ! cortaremos árboles para comprobarlo ! Es de suponer que el grosor de la corteza de ciertos árboles como robles, encinas o pinos también se hace más gruesa en el lado más insolado (Sur). En cualquier caso no resulta fácil decidirse en la mayoría de los casos.

- La vegetación difiere en las vertientes de una montaña. Si se conoce la vegetación de la zona donde nos ubicamos puede ser un método de los más fiables. En la cordillera cantábrica, los Pirineos y zona occidental del Sistema Ibérico, en las vertientes Nortes encontraremos un bosque

más atlántico con robles en las partes bajas, hayedos en las partes más elevadas (hasta los 1.600 m de altitud). Las vertientes meridionales suelen estar cubiertas por especies más mediterráneas como los encinares, coscojares, sabinares etc. Conviene leerse los apartados de vegetación de las guías montañeras para saber que especies nos encontraremos en una zona y dónde.

- Las madrigueras de los hormigueros suelen tener su boca orientada hacia el Sur. Es una apreciación curiosa pero poco exacta y muy poco práctica. Además no siempre dispondremos de un conjunto de hormigueros a mano, que nos permitan contrastar las observaciones.

- En Otoño/Invierno las aves migran hacia el Sur, en Primavera/Verano lo hacen hacia el Norte. Interesante observación si podemos observar bandadas de aves, pero poco útil.

- Las iglesias y ermitas orientan sus ábsides hacia el Este. No es demasiado cierto (podría citar muchas iglesias e iglesias en los que no es así). En cualquier caso señalar además que el altar se solía orientar hacia Roma y que en algunas podríamos encontrar una veleta que nos muestre las direcciones o un reloj de sol en su fachada sur. En cualquier caso si nos encontramos una ermita en el monte y llevamos el mapa podremos localizarla (en algún lugar figurará la advocación del Santo/a bajo la que se erigió la ermita y en el mapa figurará tal nombre), pero además es muy probable que tenga caminos que conduzcan a las poblaciones vecinas.

22. ITINERARIOS BALIZADOS Elemental

Es común en recorridos de montaña, aunque hoy en día también en el pie de monte, encontrarnos con itinerarios balizados. Los senderos de gran recorrido o G.R. son itinerarios controlados (por federaciones de montaña) y perfectamente balizados mediante marcas de pintura roja y blanca, carteles de direcciones, paneles informativos, etc., que desarrollan un recorrido que tiene una duración de varias jornadas. Los senderos de pequeños recorrido o P.R. se balizan como los anteriores pero con pintura blanca y amarilla, pero su realización no supera la jornada. Estos recorridos suelen describirse en guías especializadas (topoguías). Conviene pues leerlas para sacar el máximo jugo a la travesía. El mapa y la brújula tampoco estarán nunca demás.

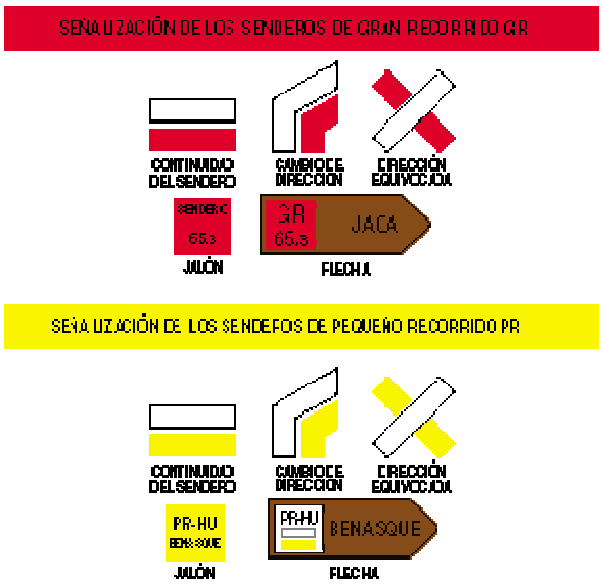
Muchos itinerarios de montaña también son señalizados mediante marcas de pintura. Estos suelen conducir a cumbres o parajes de interés. Sustituyendo a la pintura tenemos los plásticos anudados a las ramas de los árboles y sobre todo los hitos de piedras o cairns.

Los plásticos anudados a las ramas de los árboles son un método eficaz de señalizar las zonas boscosas a costa de un claro impacto visual sobre el entorno. Por ello no conviene abusar de ellos.

En alta montaña, los hitos constituyen un método eficiente para señalizar las ascensiones pues en este entorno es muy fácil encontrarlas en un entorno donde, por la altitud o lo abrupto del relieve, ya no existe arbolado. Los hitos son mantenidos por los propios montañeros que los construyen a medida que los derriba el viento o los cubre la nieve. Por desgracia son fáciles de perder con condiciones meteorológicas adversas como la niebla o la ventisca, además tampoco nos dicen de donde vienen y a donde van. Por otro lado no son marcas permanentes, son fácilmente destruibles y modificables. La reconstrucción de estas balizas sólo se hará por conocedores del itinerario y, normalmente, en sentido descendente. Debe evitarse la duplicación de las señales evitando ofrecer dos posibilidades al montañero.

Otro balizaje muy usado en zonas profusamente boscosas son las cintas de plásticos. A veces constituyen la única manera fiable de marcar un itinerario donde el matorral imposibilita cualquier otro método. Se trata, no obstante, de un procedimiento del que no hay que abusar por respeto con el entorno. En zonas donde el ganado o la fauna salvaje puede intentar acceder a estas señales, sería convenientemente que fuesen de tela, evitando así algún incidente en caso que la cinta sea ingerida.

En la figura podemos observar el tipo de señalización normalizada que se emplea en el balizamientos de los senderos. Siempre se usa una combinación de un color con el blanco. La señalización roja y blanca se reserva a los grandes recorridos o GR. La señalización amarilla y blanca se aplica a los pequeños recorridos o PR.



Dos trazos paralelos indican la continuidad del sendero. Dos marcas oblicuas indican un cambio de dirección en las inmediaciones. Un aspa indica una opción que no hay que tomar (dirección equivocada).

Además los senderos suelen llevar carteles indicadores de las direcciones que permiten seguirlo o acceder a otros puntos de interés (ya fuera del itinerario balizado).

23. ITINERARIOS NO BALIZADOS Elemental

Muchos itinerarios se desarrollan sin la ayuda de la señalización. En tal caso son recomendables algunas consideraciones:

- No te olvides llevar el mapa y la brújula. En todo momento haz un seguimiento del itinerario apoyado por estos elementos.

- Si hay muchos cruces de caminos y pistas y queremos regresar por el mismo lugar deja una marca característica pero fácilmente eliminable en los cruces confusos (alguna piedra, ramas, un pequeño hito). Elimínalo a la vuelta.

- En los cruces más confusos tomate algunos segundos para mirar hacia atrás y recordarlo. Ten en cuenta que será desde esa perspectiva como lo vas a encontrar a tu regreso.

Hoy en día con el auge de las cámaras digitales es posible obtener fotos rápidamente durante el recorrido. Puedes fotografiar los lugares más confusos, los cruces de caminos, etc, para luego consultar las fotos en el regreso.

TEMA 11

G.P.S.

1. G.P.S. (Global Position System) Elemental

G.P.S. son las siglas de Global Position System, un sistema desarrollado por el departamento de defensa de E.E.U.U. que permite obtener la posición en cualquier punto de la tierra (coordenadas) mediante el uso de un aparato receptor que recoge la señal suministrada por un conjunto de satélites que orbitan entorno a la tierra. El aparato receptor G.P.S. es lo que se suele conocer con el simple nombre de G.P.S.

El Sistema emplea un conjunto de satélites que orbitan sobre la superficie terrestre, y que recibe el nombre de **Constelación de satélites**. La constelación de satélites que usa el sistema G.P.S. consta de 24 satélites situados a 20.200 Km. de distancia de la superficie terrestre, y se denomina Navstar. El proyecto se puso en marcha 1.973 y se terminó de implementar en Marzo de 1.994 y es gestionado por el departamento de defensa de los E.E.U.U.

Existen otros sistemas de posicionamiento global, como GLONASS Global Orbiting Navigation Satellite System), desarrollado por el gobierno soviético, y el proyecto GNSS (Global Navigation Satellite System), que pretende la constitución de una propia constelación de satélites para uso civil.

El G.P.S. permite la navegación por cualquier de la tierra de una forma muy sencilla y con gran precisión por lo que su uso se ha popularizado rápidamente en todos los ámbitos, desde la geodesia, la ingeniería, la navegación marítima, el excursionismo o el alpinismo.

Para poder usar el sistema hay que adquirir un aparato receptor G.P.S. El dispositivo usa ondas de radiofrecuencia del orden de 1 GHz. para comunicarse con los satélites que en ese momento se encuentren en su esfera de visión, y le proporcionan la información necesaria para obtener la posición (coordenadas) en la superficie de la tierra. El sistema funciona de día y de noche, con independencia de las condiciones meteorológicas.

Para su correcto funcionamiento no se requiere, en la actualidad, de ningún tipo de antena, que opcionalmente pueden utilizar algunos aparatos con objeto

de mejorar la recepción de la señal. Sin embargo, si que se necesita disponer de una visión clara del cielo, por lo que no funcionará en el interior de edificios, cuevas, calles estrechas rodeadas de edificios más o menos altos, etc.

2. PRECISIÓN DE LOS RECEPTORES G.P.S. Elemental

Los aparatos G.P.S. pueden proporcionar posiciones con una precisión del orden de algunos metros. La precisión conseguida depende fundamentalmente a los siguientes factores:

- **Disponibilidad Selectiva (S.A.)**: Con objeto de impedir el uso militar de los receptores, el gobierno de los E.E.U.U. decidió controlar la precisión del sistema mediante un Programa de **Disponibilidad Selectiva** o **S.A.** (Selective Availability). Con ello la precisión de los receptores se reducía a unos 50 ó 100 metros, que podía aumentar en función de las políticas que adoptase el departamento de defensa de E.E.U.U. En la actualidad el programa S.A. esta desactivado y es improbable que vuelva a ponerse en marcha pues es posible suprimir la señal G.P.S. en áreas con conflicto bélico.

- **Número de Satélites sintonizados**: Del número de satélites que ha sintonizado el receptor para obtener la posición. Cada señal de un satélite se recibe en un canal diferente. Existen aparatos que disponen de 8 canales, que pueden sintonizar 8 satélites de forma simultánea, de 12 canales, etc. Cuantos más canales disponga el receptor mayor será la precisión que puede proporcionar. Sin embargo, es posible que el aparato no sintonice en un momento dado con todos los satélites, sino que lo haga con 3, 4 ó 6, por ejemplo, bien sea porque no los posee en su esfera de visión o porque no los capte con la intensidad de señal suficiente. Por ello, la precisión final de la medida viene dada por el número de satélites sintonizados y no con el número de canales de los que dispone el G.P.S.

- **Retraso Ionosférico:** Cuando una onda electromagnética se trasmite por las partículas cargadas de la ionosfera lo hace con una velocidad que se ve reducida al atravesar el vapor de agua de la troposfera, lo que provoca un retraso en las señales emitidas por los satélites. Esta calidad afectará a la precisión de la posición que proporciona el receptor G.P.S.

- **Señal Multi-camino:** Se produce por el rebote de las ondas electromagnéticas contra obstáculos como edificios o laderas montañosas, lo que da lugar a un retraso en la recepción de las señales emitidas por el satélite.

- **Errores de Almanaque:** Se producen por el desajuste horario entre los satélites y el receptor. Los satélites van provistos de relojes atómicos de la máxima precisión, pero no así los receptores.

- **Erores de Efemérides:** Debidos a la imprecisión de la situación orbital.

La calidad de la señal emitida por los satélites se denomina **SQ** (Signal Quality).

3. CONSTELACIÓN DE SATÉLITES Elemental

Como se ha dicho el sistema G.P.S. emplea 24 satélites que orbitan sobre la superficie terrestre a 20.200 km. de altitud, y que forman la constelación Navstar. Los satélites se ubican sobre seis órbitas prácticamente circulares (excentricidad de 0'03). En cada órbita se sitúan cuatro satélites con una separación de 90ºentre cada uno de ellos.

Cada satélite da diariamente dos vueltas a la tierra (órbita semisíncrona). Las órbitas se sitúan formando un ángulo de 55º con el ecuador terrestre, y los planos orbitales se hallan separados 60º.

Con estas características la constelación de satélites forma una verdadera red que, a modo de ovillo de lana, envuelve a la tierra. En cualquier punto de la tierra deben ser visibles (desde el punto de vista de sus señales), cinco satélites de forma simultánea, con lo que se asegura la cobertura en todo momento y lugar del globo.

4. CÓDIGOS EMITIDOS POR LOS SATÉLITES Elemental

Cada satélite de la constelación emite dos tipos de códigos:

- **Código Militar o Código PPS (Servicio de Posicionamiento Preciso)**: También llamado Código P (Precision). No es utilizable por los receptores civiles. Usa dos frecuencias, una de 1.575'42 Hz. y otra de 1.226'7 MHz., y proporciona la máxima precisión posible con fines exclusivamente militares.

- **Código Civil o Código SPS (Servicio de Posicionamiento Estándar):** También llamado C/A o código de adquisición ordinaria. Es la señal reservada a usos civiles. Usa una frecuencia de 1.575'42 MHz. Inicialmente este código llevaba implícito un error en el posicionamiento conocido con el nombre de Disponibilidad Selectiva o S.A, y que fue suprimido por el gobierno de los E.E.U.U. en el año 2.000.

Pese a la supresión de la S.A. el código P o PPS da más precesión que el código civil C/A, debido a que el primero utiliza dos frecuencias distintas, lo que permite compensar los errores debidos a las condiciones ionosféricas.

La señal que emite un satélite consiste en dos series de datos llamadas **Almanaque y Efemérides**. La información del Almanaque incluye la fecha y la hora (obtenida mediante relojes atómicos provistos en los satélites), mientras que las efemérides proporcionan la situación orbital del satélite.
De este modo los satélites transmiten su situación orbital y la hora exacta, lo que equivale a decir que nos proporciona su posición con respecto al punto donde nos encontramos.

Con un solo satélite no podremos conocer nuestra posición, pues viene dada por dos coordenadas: Latitud y Longitud (ó X y Y en coordenadas U.T.M.), que son las dos incógnitas a resolver.

Por ello necesitamos sintonizar con, al menos, tres satélites de la constelación. ¿ Por qué no son suficientes dos ? La señal de los satélites tarda cierto tiempo en llegar al receptor, y los satélites se hallan en movimiento orbital continúo. Por ello se hace necesario un tercer satélite que permita conocer este tiempo.

Es interesante comprobar que el tiempo necesario para que una señal llegue de un satélite al receptor G.P.S. es sumamente pequeño pero imprescindible. Siendo la velocidad de la luz c=300.000 Km/s, este tiempo es del orden de:

t = 20.200 Km / 300.000 Km/s = 0’067 s = 67 ms

El G.P.S. además puede proporcionar, además, la altitud del punto (coordenada Z). Para ello es necesario disponer de un satélite más. En resumen, se requieren cuatro satélites para la navegación tridimensional (que incluye la altitud) y sólo tres satélites para la navegación bidimensional (sin altitud) sobre la superficie terrestre.

Indicar que el sistema S.A. (Disponibilidad Selectiva) actuaba precisamente sobre el tiempo de recepción de la señal del satélite con objeto de introducir un pequeño error aleatorio en la posición.

5. G.P.S. DIFERENCIAL (D.G.P.S.) Elemental

Con objeto de mejorar la precisión de los dispositivos receptores de G.P.S. se ha ideado un sistema denominado G.P.S. Diferencial o D.G.P.S.
El sistema D.G.P.S. consiste en situar un sistema de radioemisores o radiobalizas en puntos fijos de la tierra cuya posición sea conocida con exactitud. Para poder usar el sistema D.G.P.S. hay que acoplar al aparato G.P.S. un receptor D.G.P.S. o receptor Rasant que capte estas señales de los radioemisores ubicados en tierra.

Para entender el sistema, supongamos un receptor G.P.S. situado en un punto cuya posición exacta es S y cuya posición dada por el aparato es S’. La señal S’ es la resultante de introducir en la posición exacta S un error ε:

$$S' = S + \varepsilon$$

Que puede ser de cualquier signo pero de pequeño orden.

Para la radiobaliza situada en tierra se conoce su posición exacta P, y se puede determinar su posición de acuerdo con un G.P.S. situado en el lugar, P’. La señal medida en la radiobaliza en el mismo instante esta sujeta al mismo error, si no se halla muy alejada del punto S. Entonces se cumple que:

$$P' = P + \varepsilon$$

Podemos obtener la posición exacta en el punto S, mediante la diferencia de las dos señales. Restando miembro a miembro las dos relaciones anteriores:

$$S' - P' = S - P$$

luego:

$$S = S' + (P - P')$$

Por lo que bastará en sumar a la señal medida por el receptor G.P.S, la señal diferencial (P - P') enviada por la radiobaliza situada en tierra, señal que es la diferencia entre su posición exacta y la determinada vía G.P.S.

El D.G.P.S. se está usando en navegación marítima utilizando una red mundial de radiofaros (radiobalizas Rasant). Sin embargo, su aplicación en tierra es limitado.

En la actualidad el G.P.S. diferencial va perdiendo interés con la eliminación de la Disponibilidad selectiva (S.A.) y el auge de los sistemas de argumentación basados en satélites.

6. SISTEMAS DE ARGUMENTACIÓN BASADOS EN SATÉLITES (S.B.A.S)

Elemental

Los sistemas de argumentación basados en satélites (S.B.A.S) permiten aumentar la precisión de los dispositivos G.P.S. mediante el uso de satélites adicionales geoestacionarios y múltiples estaciones de referencia. El sistema es más eficaz que el D.G.P.S., pues este sólo usa una estación de referencia y el receptor debe hallarse en las inmediaciones de la misma.

Las siglas W.A.A.S. son la abreviatura de Wide Area Argumentation system (Sistema de Argumentación de Área Extensa), y se trata del primer sistema de argumentación basado en satélites disponible. Se trata de un sistema que permite mejorar la precisión de los aparatos G.P.S. a 10 metros e incluso menos (entre 4 y 2 metros).

El sistema W.A.A.S se basa en 25 estaciones de referencia situadas en E.E.U.U con una distancia de unas 500 millas entre las mismas. Cada estación de referencia observa los satélites que le son visibles en un momento dado. Como se hallan en una posición fija y determinada, pueden calcular el error de posicionamiento para cada coordenada:

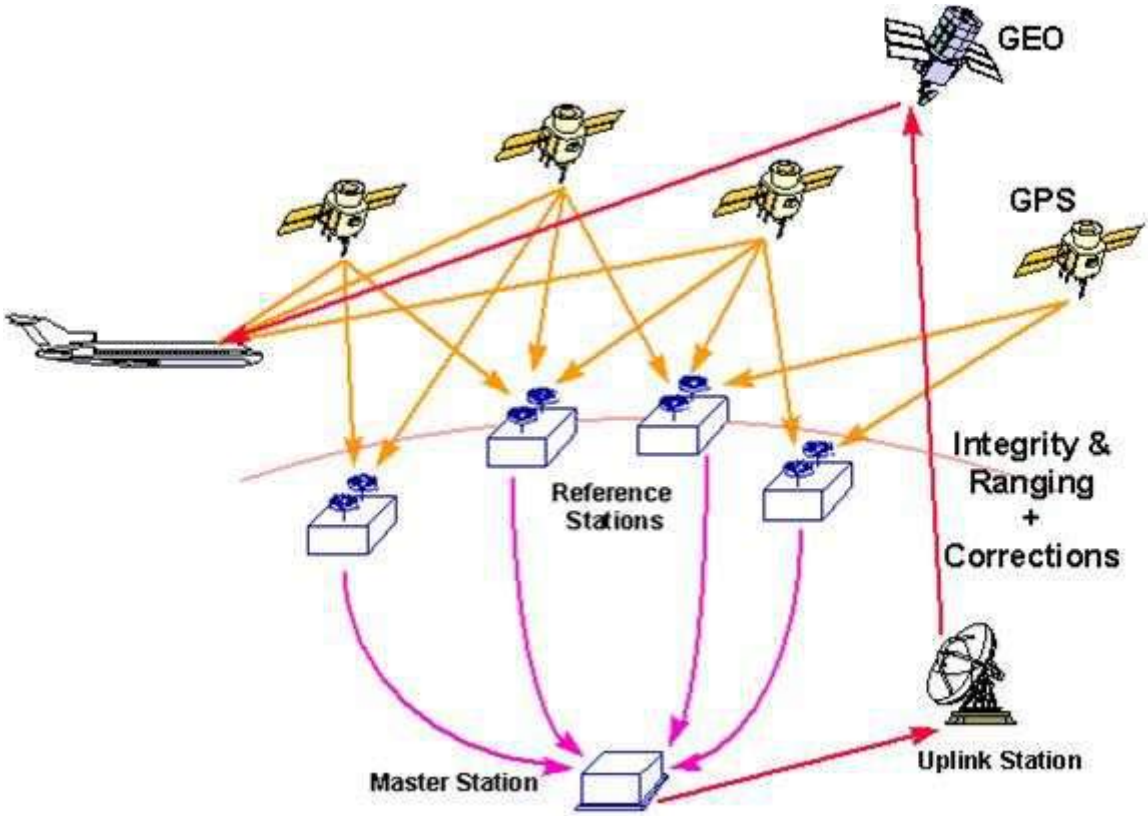
$$\varepsilon = P - P'$$

donde P es la posición exacta de la estación y P' la suministrada por los satélites. Las correcciones introducidas permiten compensar efectos como el error cometido por el paso de las ondas por la ionosfera, los errores en la hora de los satélites, etc

Los datos se transmiten desde cada estación de referencia a la central de W.A.A.S, también denominada central “master” o W.M.S, que los analiza y

obtiene un mapa de correcciones para los E.E.U.U. Finalmente la central W.A.A.S envía a un satélite geoestacionario (llamado satélite W.A.A.S) esta información al receptor G.P.S. que pueda sintonizar con el referido satélite. El satélite W.A.A.S. se diferencia de los de la constelación en que es geoestacionario, o sea, que no cambia su posición en el espacio, situándose siempre sobre el mismo punto de la tierra.

Los satélites W.A.A.S son como bases de datos que contienen la información relativa a todos los satélites y que pueden difundirla a los dispositivos receptores G.P.S. para mejorar su precisión.



Además del sistema W.A.A.S. estadounidense existen otros que proporcionan el mismo servicio y que son compatibles con aquél: EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) en Europa y MSAS en Japón. La compatibilidad implica que un receptor que es capaz de sintonizar con un satélite W.A.A.S en E.E.U.U. lo puede hacer con un satélite EGNOS en Europa y viceversa.

Para poder trabajar con el sistema W.A.A.S, el receptor G.P.S. debe estar preparado para ello. Hay que tener en cuenta que se dedican exclusivamente uno o dos canales del aparato para sintonizar con el satélite W.A.A.S, por lo que en un dispositivo de 12 canales, tan sólo 10 podrán ser utilizados para sintonizar con los satélites convencionales de la constelación. Esto no supone ninguna pérdida si se tiene en cuenta que rara vez podremos llegar a sintonizar con 10 satélites simultáneamente. Además los satélites W.A.A.S pueden servir

también como satélites convencionales pues envían también información de posición (código SPS).

7. EL RECEPTOR G.P.S. Elemental

Como se ha dicho para poder usar la tecnología G.P.S. hace falta disponer de un aparato receptor de G.P.S. Hoy en día se trata de aparatos muy ligeros de aspecto y dimensiones similares a los de un teléfono móvil. También existen dispositivos específicos para automóviles.

Estos aparatos suelen disponer en la actualidad de 12 canales por lo que podrían a llegar a sintonizar simultáneamente con doce satélites.

Indicar que no todos los modelos pueden trabajar en la actualidad con el sistema W.A.A.S.

A la hora de elegirlo deberemos fijarnos en las siguientes características:

- El número de canales (normalmente 12).
- Trabaja con el sistema W.A.A.S o No.
- Memoria Interna (Si tiene o no y su capacidad en Mb).
- Número de Waypoints que se pueden almacenar.
- Número de rutas que se pueden almacenar.

- Número de puntos de tracklog que se pueden almacenar.
- Peso.
- Pantalla: Tipo (LCD Niveles de Grises, Color, etc.), Dimensiones.
- Alimentación: Pilas y Duración.
- Resistencia a los golpes y al agua.

8. DATUMS Y G.P.S Elemental

El G.P.S. es un dispositivo que permite establecer las coordenadas bien sean geográficas, bien sean U.T.M. de una posición determinada de la tierra. La expresión de estas coordenadas es siempre relativa a cierto Datum, lo que significa que un mismo punto se expresa con valores de coordenadas distintos según el datum elegido.

Los receptores G.P.S. trabajan internamente con el Datum WGS84 si bien es posible configurar los equipos para que conviertan estos valores a otros Datums, como, por ejemplo, el European 1950 (ED50) que se ha usado en la elaboración de la cartografía Española. Hay que subrayar que al cambiar el datum de un G.P.S., lo que se está haciendo es efectuar una conversión al datum indicado pues el aparato sigue trabajando internamente con el datum WGS84.

Es, pues, muy importante recordar que el sistema G.P.S. siempre trabaja y transmite sus datos utilizando el Datum WGS84. El receptor puede estar luego preparado para efectuar conversiones a otros Datums usuales (ver especificaciones del aparato para conocer cuantos y que datums admite).

Si se desea comprobar las mediciones de coordenadas efectuadas con el G.P.S. con las dadas por un mapa habrá que configurar el receptor para que suministre los valores en el Datum adecuado. Esto es muy importante, ya que sino encontraremos desviaciones.

En el caso de usar cartografía Española, elaborada en base al datum ED50, debemos configurar en el receptor para que nos de las coordenadas referidas a dicho datum. Si se deja que el aparato muestre las coordenadas con el datum WGS84 observaremos desviaciones que pueden llegar a los 200 metros en las coordenadas X e Y (usando coordenadas U.T.M).

Existe otro hecho particularmente importante a tener en cuenta cuando un receptor G.P.S. se conecta a un PC. La transmisión de datos entre el G.P.S. y el PC se efectúa siempre utilizando el Datum WGS84, con absoluta independencia del datum elegido para representar las coordenadas en el receptor G.P.S.

Cuando se envían coordenadas desde un programa para PC como Oziexplorer a un G.P.S., hay que asegurarse de configurar el programa de modo que el datum de intercambio de datos con el G.P.S. sea el WGS84.

Cuando se envían coordenadas del G.P.S. al PC se harán según el Datum WGS84, por lo que el programa de PC debe considerar, igualmente, que recibirá coordenadas según el citado datum WGS84.

En la siguiente imagen del programa Oziexplorer se ve como el Datum elegido para el intercambio de información con el G.P.S. es el WGS84.

Por ejemplo, las coordenadas U.T.M. del monte Moncayo (2.316 m) en España son, según el datum ED50:

X=596511 Y=4627002

Pero respecto al datum WGS84 son:

X=596410 Y=4626796

existiendo una diferencia de 101 metros en la coordenada X y de 206 metros en la coordenada Y.

9. NAVEGACIÓN CON G.P.S.: CONCEPTO DE WAYPOINT Elemental

Con un receptor G.P.S. podemos conocer nuestra posición (coordenadas) en cualquier instante, de tal manera que podemos hacer un seguimiento completo de nuestro recorrido, que es lo que se conoce con el nombre de navegación G.P.S.

Durante nuestro recorrido podemos ir marcando aquellas posiciones o lugares que consideremos sean de nuestro interés. Estas posiciones se conocen con el nombre de **waypoints**.

Los aparatos G.P.S. son capaces de almacenar en su memoria estas posiciones o waypoints, en mayor o menor cantidad según la capacidad del propio aparato.

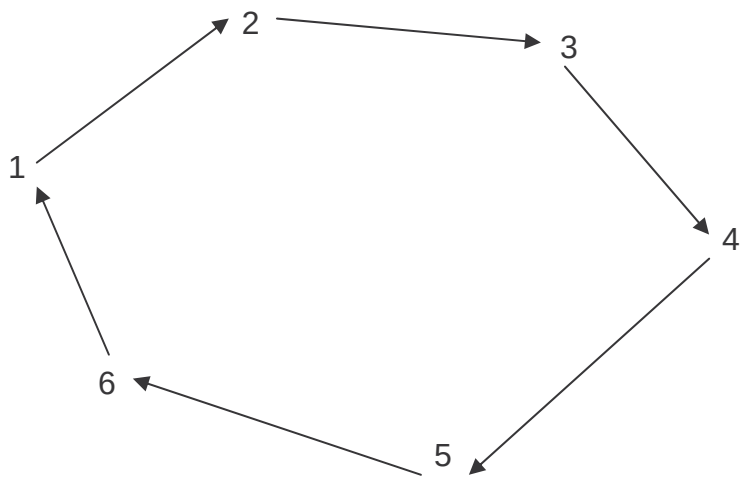
Cada Waypoint dispone de un conjunto de propiedades carácterísticas:

- **Posición**: Sin duda alguna la más importante, definida por una latitud y una longitud o por dos coordenadas U.T.M. X e Y. Como se ha dicho el valor de estas cordenadas dependerá del datum escogido.
- **Altitud**: La altitud a la que se encuentra el punto (Coordenada Z).
- **Identificación**: Nombre o Número que identifica al waypoint o posición.
- **Distancia de Proximidad**: Círculo imaginario que puede dibujarse alrededor de un Waypoint. La distancia de proximidad permite definir una zona o área determinada entorno a un waypoint.
- **Símbolo:** Cada Waypoint puede tener un símbolo o icono asociado en función de su naturaleza: Cumbre, Edificio, Puente, Collado, Gasolinera, etc.

Dado un Waypoint marcado en el receptor G.P.S. podemos dirigirnos a él con facilidad mediante la opción de navegación “Ir a” (Goto). El G.P.S. nos indicará la dirección a tomar para llegar al waypoint, la distancia que nos separa en todo momento del objetivo e incluso el tiempo estimado en alcanzarlo con la velocidad y dirección tomada.

10. CONCEPTO DE RUTA Elemental

Se define una ruta como un conjunto de Waypoints que se pretenden alcanzar de forma consecutiva. Una ruta es, pues, un itinerario que permite visitar un conjunto de Waypoints. La ruta puede ser entre dos puntos distintos o tener como inicio y final el mismo punto, en cuyo caso se habla de ruta circular o circuito.



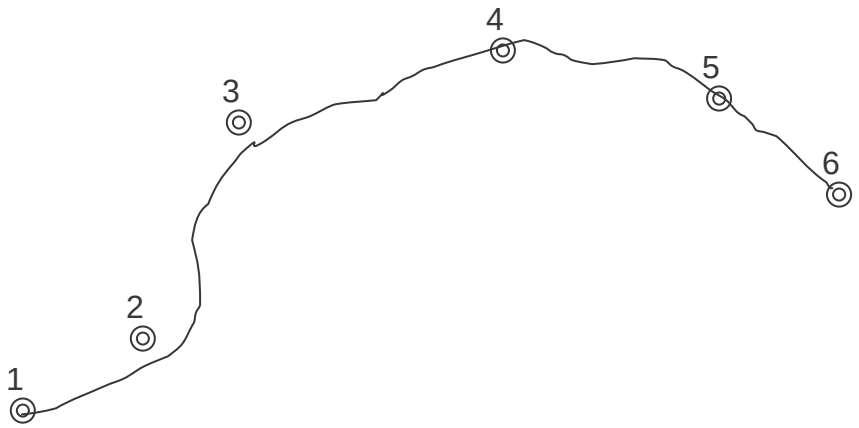
Los aparatos G.P.S. permiten formar rutas agrupando una lista de waypoints y permiten la navegación a través de la misma. En este caso la navegación va informando de la dirección a tomar para alcanzar cada waypoint de manera secuencial, de la distancia que nos separa de cada punto e incluso del tiempo

necesario para situarnos sobre él. Una vez alcanzado o sobrepasado cierto waypoint, la navegación nos orienta hacia el siguiente waypoint, etc.

11. CONCEPTO DE TRACK Elemental

Un track es un conjunto de puntos (posiciones) que se almacenan automáticamente en la memoria del G.P.S. a medida que nos vamos desplazando. Cada uno de estos puntos es una posición de coordenadas definidas pero no es un Waypoint sino un punto de Track o TrackPoint. A veces se habla de tracklog en lugar de track.

El track se representa sobre la pantalla del G.P.S. como un trazo de puntos que expresa el itinerario seguido.



Debido a limitaciones de memoria el track sólo puede almacenar un número limitado de puntos o TrackPoints.

El track puede ser guardado en el dispositivo como si fuese un archivo y con un nombre dado.

A diferencia de un WayPoint, un punto de Track posee un número de propiedades más limitadas:

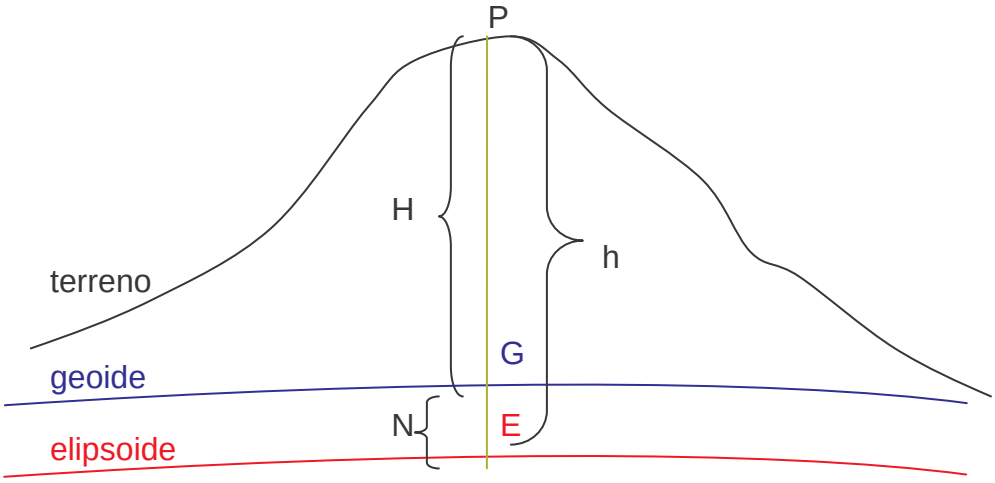
- **Posición**: Es la más importante, definida por una latitud y una longitud o por dos coordenadas U.T.M. Hay que señalar que los GPS siempre almacenan los puntos de Track en el formato Latitud-Longitud.
- **Altitud**: La altitud a la que se encuentra el punto (Coordenada Z).
- **Tiempo**: Fecha y Hora del momento en que se ha registrado el punto.

12. G.P.S. Y MEDICIÓN DE LA ALTITUD Intermedio

Además de las coordenadas geográficas (latitud y longitud) o U.T.M. X e Y, el G.P.S. puede suministrar la altitud del punto en el que nos encontramos. Para ello se necesita disponer de cuatro satélites visibles (navegación tridimensional).
Sea un punto P del terreno. Podemos definir dos altitudes:

- **Altitud elipsoidal:** Es la altitud del punto P con respecto a la superficie del elipsoide de referencia. La podemos representar por la letra h y es la determinada por los receptores G.P.S. En la figura es el segmento PE.
- **Altitud ortométrica:** Es la altitud del punto P con respecto a la superficie del geoide. Se representa por la letra H. En la figura es el segmento PG.

El segmento GE recibe el nombre de **altura del geoide** y se representa mediante la letra N.



Por tanto:

$$H = h - N$$

Cuando estaba en funcionamiento la Disponibilidad Selectiva (S.A.) la precisión para medir altitudes era muy reducida. Si ya en las medidas en las coordenadas X e Y se podían obtener errores del orden a 100 metros, en la medida de la altitud (coordenada Z) se obtienen errores aún mayores debido a la deficiente geometría de los satélites para la determinación de la altitud. Por ello el error cometido en la determinación de la altitud llegaba hasta los 150 metros.

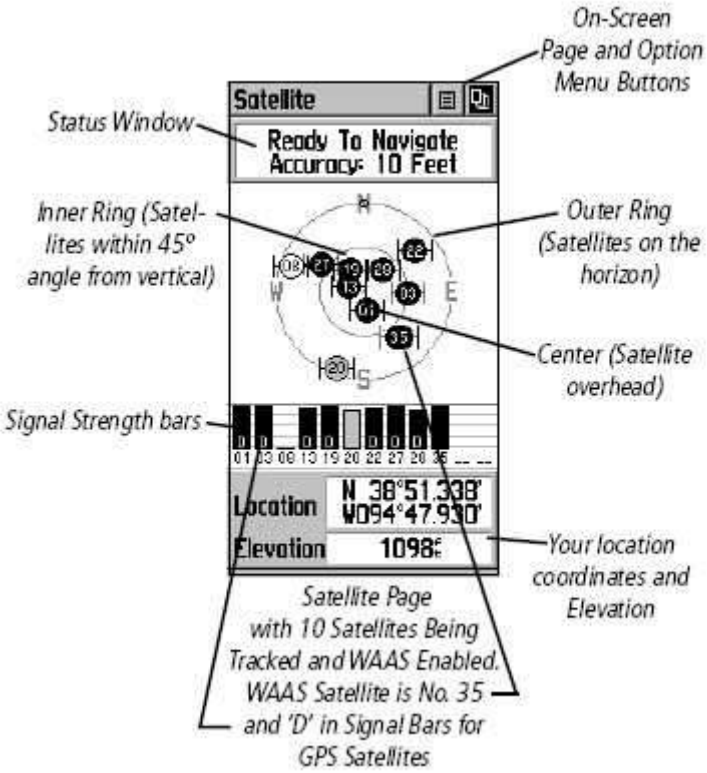
Con la supresión de la S.A. el error de los aparatos ha disminuido de forma considerable hasta llegar a ser incluso del orden de unos pocos metros en la determinación de las coordenadas X e Y, y no mucho mayor en la determinación de altitudes.

Por ello, hoy por hoy la medición de altitudes con G.P.S. puede proporcionar valores bastante buenos, comparables a los que proporcionan los mejores altímetros.

13. RASTREO DE SATÉLITES Elemental

En lo siguiente continuaremos el estudio más práctico del receptor G.P.S. usando, a modo de ejemplo. el modelo Garmin Etrex Legend®. Este equipo tendrá opciones que no estarán presentes en otros aparatos, y habrá aparatos que incorporan funciones que no posee el presente G.P.S. En cualquier caso cada dispositivo posee su propias instrucciones de manejo. La idea es comprender el funcionamiento general de estos aparatos y no su manejo exhaustivo, para lo cual podremos consultar el manual correspondiente.

Al encender cualquier dispositivo G.P.S. la primera operación que realiza es el rastreo de satélites, operación que consiste en encontrar su posición en el firmamento. Esta operación puede durar varios minutos dependiendo de la mayor o menor visibilidad que se disponga del cielo.



Cada satélite posee un número y se visualiza sobre dos círculos concéntricos que representan la bóveda celeste (la proyección plana de una semiesfera desde su centro geométrico). El círculo mayor es la línea del horizonte, el

círculo interior expresa la visual a 45º por encima del horizonte. El centro de ambos círculos es el punto que se sitúa sobre nuestras cabezas, el Cenit. Además se muestran las direcciones cardinales N-E-S-W para suministrar la orientación de los satélites.

Cuando un satélite es encontrado, se muestra una barra con su número correspondiente en la parrilla inferior. Esta barra indica la intensidad de la señal (más larga cuanto más fuerte es la señal).

Más abajo se muestra nuestra localización en forma de coordenadas (geográficas o U.T.M.) y nuestra elevación (altitud).

Disponer de visión clara del cielo es fundamental para el rastreo inicial de satélites que se realiza al conectar el aparato. Una vez se ha obtenido señal para la navegación podremos introducirnos en zonas fuertemente embarrancadas y boscosas de tal modo que podamos aspirar a mantener la cobertura proporcionada por el sistema de satélites. Cuando se transita por estas zonas resulta muy importante llevar el receptor en la mano y algo elevado con objeto de poder captar lo mejor posible las señales.

14. PRECISIÓN PARA NAVEGAR Elemental

La **Precisión para Navegar** se define como el error máximo admisible para la medición actual de la posición proporcionada por el GPS. Cuanto menor es la precisión para navegar con menor margen de error obtendremos nuestra posición.

En la actualidad los receptores GPS están proporcionando precisiones de 4 metros e incluso inferiores. Una buena señal con un aparato ordinario resulta buena por debajo de los 8-10 metros.

En el proceso de arranque y localización de los satélites la precisión va mejorando, en general, con el paso del tiempo, en la medida que el receptor va recopilando las posiciones de los satélites. Por esta razón, cuando aún se disponen de precisiones bajas, por ejemplo superiores a 25 metros, no se deberían anotar coordenadas o marcar WayPoints. Lo mismo pero en mayor grado cabe indicar para la Altitud. La determinación de este valor con exactitud requiere una buena precisión para Navegar (convenientemente inferior a 5-6 metros).

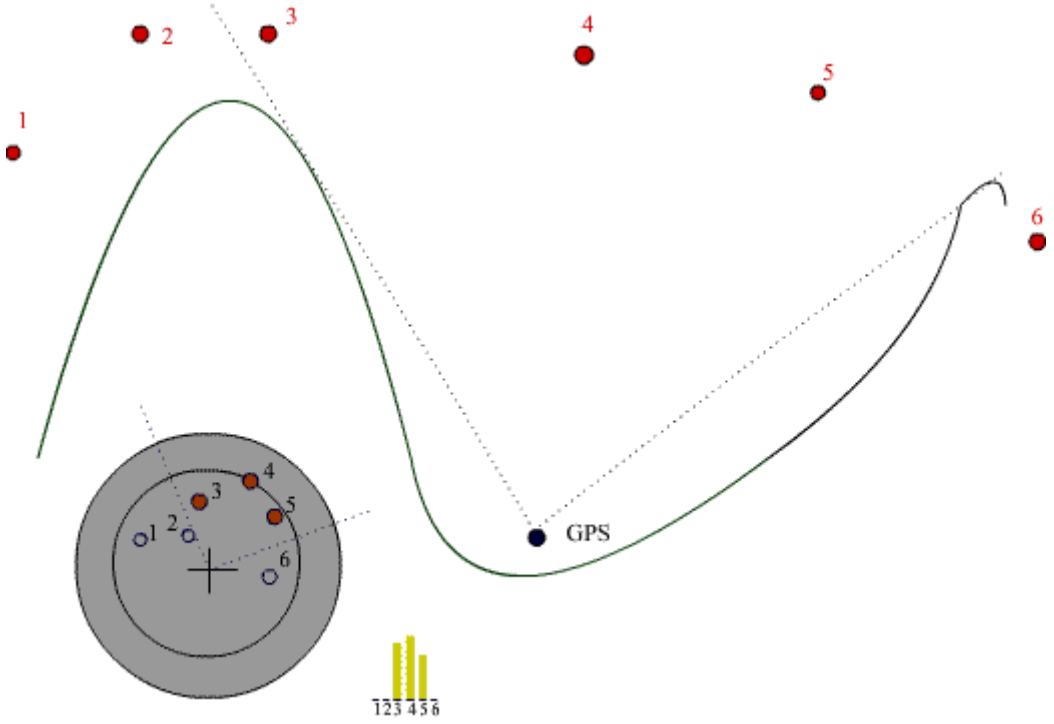
La precisión para Navegar depende de:

- **Visión del Cielo:** Es el factor más importante. En zonas boscosas o muy embarrancadas la superficie visible de cielo es muy limitada por lo que en muchos casos nos deberemos conformar con navegar con una precisión muy limitada. En muchas ocasiones no es posible la navegación tridimensional por lo que los valores de Altitud que suministra el aparato no podrán ser tenidos en cuenta. En estos casos si se desean obtener valores de la altitud es más apropiado el uso del

Altímetro (puede calibrarse con los valores obtenidos del GPS en un lugar de recepción adecuada).

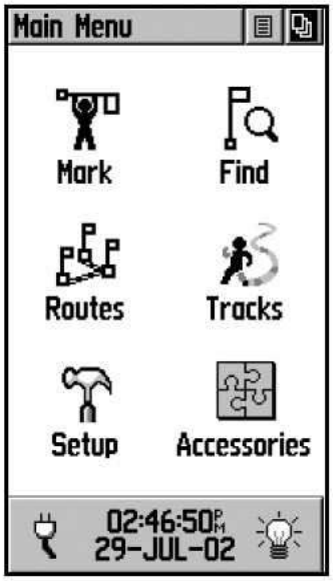
- **Altitud:** Los lugares elevados dan origen a una mejor recepción y se evita en mayor medida el efecto rebote.

- **Distribución de Satélites sintonizados:** Fijándonos en la pantalla de rastreo de satélites podemos ver como se distribuyen estos en el firmamento. Si caminamos al pie de una sierra elevada podremos comprobar como no es posible detectar satélites en ese flanco. Por ello la precisión para navegar será menor al encontrarnos con estas zonas que denomino **flancos ciegos**. La situación más adecuada de recepción se da cuando la distribución de satélites es uniforme en todo nuestro entorno y no existen estos flancos ciegos.

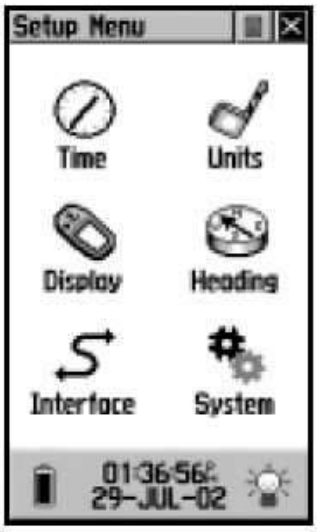


15. CONFIGURACIÓN DEL G.P.S. Elemental

La configuración del aparato G.P.S. puede realizarse desde alguna página dedicada a tal efecto. En el Garmin Etrex® la página principal es la que se muestra en la siguiente figura:



Desde donde podemos acceder al icono Setup (En Español, Ajustar), que nos permite configurar el receptor.



Aquí podemos modificar algunas opciones como la Hora (Time), la pantalla (Display) o las Unidades de trabajo (Units). Esta última opción le indica al G.P.S. como debe expresar los resultados que muestre por lo que resulta vital en el trabajo con el mismo.

Algunos aspectos que podemos modificar en esta pantalla son:

- **Formato de Posición:** Indica en que unidades se expresa la posición que suministra el G.P.S. Algunas posibilidades son:

  Hddd°mm.mmm' Coordenadas Geográficas en grados y minutos.
  Hddd°mm'ss.s' Coordenadas Geográficas en grados, minutos y segundos.
  UPS UTM Coordenadas U.T.M. (y U.P.S.).

- **Datos de Mapa (Datum):** Datum empleado en la expresión de las coordenadas. Algunas opciones son:

  European 1950 Datum European 1950 o ED50.
  WGS 84 Datum WGS84.

- **Distancia/Velocidad:** Unidades para la expresión de distancias y velocidades. Algunas opciones son:

  Métrico Sistema métrico decimal.

- **Altura:** Unidades para la expresión de la altitud. Opciones:

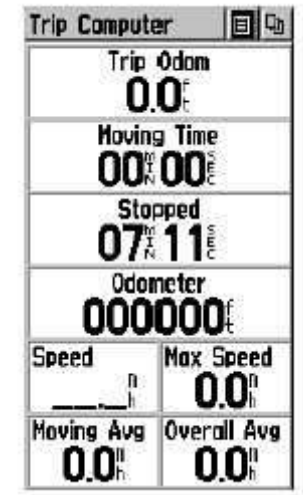
  Metros.
  Pies.

- **Velocidad vertical:** Unidades para la expresión de la velocidad vertical (velocidad de ascenso o descenso). Para el montañero la unidad más adecuada es el m/min.

- **Profundidad:** Unidades para la expresión de la profundidad.

16. PROCESADOR DE TRAYECTORIA Elemental

Es una ventana que suministra información detallada sobre nuestro trayecto.



Se pueden seleccionar que datos que se mostrarán en esta pantalla con absoluta libertad. Podemos hacer aquí una breve descripción de algunos de los parámetros más interesantes:

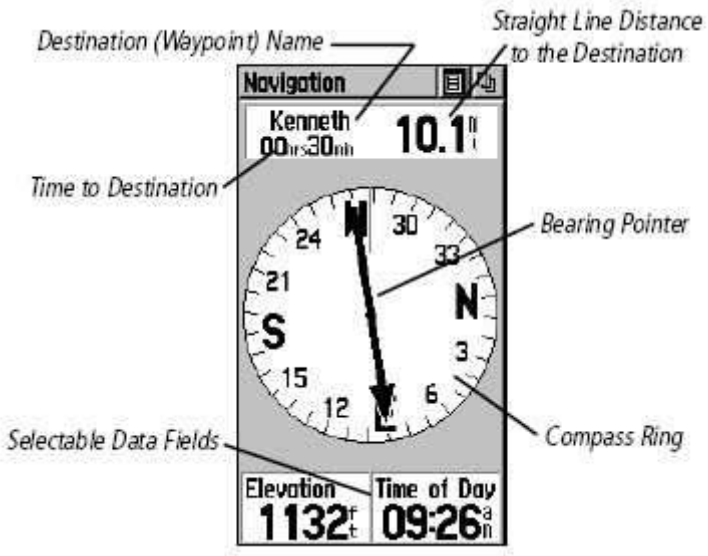
- **Altitud:** Altitud a la que nos encontramos.
- **Cuentakilómetros:** Distancia que llevamos recorrida en Km.
- **Dirección:** Dirección de Marcha, Azimut (N, N.E., S.W., etc.).
- **Rumbo:** Rumbo de Marcha (Ángulo formado con el Norte magnético).
- **Tiempo Movimiento:** Tiempo en movimiento.
- **Tiempo Detenido:** Tiempo parado.
- **Tiempo Total:** Tiempo total invertido en el trayecto.
- **Velocidad:** Velocidad de marcha.
- **Velocidad media:** Velocidad media de la marcha.

entre otros muchos.

17. NAVEGADOR Elemental

La pantalla de Navegación muestra, como si de una brújula se tratase, que dirección debemos tomar para llegar a nuestro objetivo, que distancia nos separa del mismo, y cuanto tiempo se invertirá en alcanzarlo.

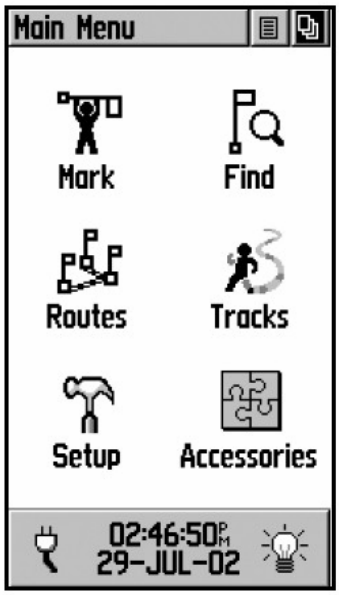
Este modo funciona cuando se fija un Waypoint como objetivo al cual encaminarse. También funciona al seguir una ruta prefijada o reproducir un track guardado. El tiempo calculado para llegar al destino se estima en función de la distancia que nos separa del mismo y de nuestra velocidad y dirección de marcha. Se actualiza a medida que nos aproximamos o alejamos del mismo.



18. FIJAR WAYPOINTS Y DIRIGIRSE A ELLOS Elemental

Como se ha dicho un Waypoint es un punto especifico que deseamos memorizar para poderlo incluir en un recorrido o para poder dirigirnos a él en cualquier momento. Existen tres maneras de fijar un Waypoint:

1. Situándonos físicamente en él y marcando la posición en el aparato. Para ello vamos a la página principal y pulsamos en el icono Mark (Hombrecillo colocando una bandera). Se accede más rápidamente a esta función efectuando una pulsación larga sobre el botón-stick del aparato.

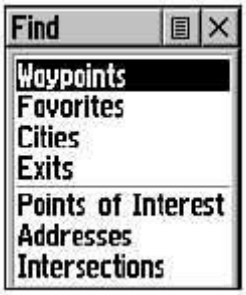


Entramos ahora en la pantalla de definición del Waypoint, donde opcionalmente podemos modificar algunas de las propiedades del Waypoint: Nombre, Símbolo con el que se representará en el mapa, las coordenadas de localización (U.T.M. o Geográficas según la configuración) o la altitud. Pulsando el botón OK queda memorizado el Waypoint. El botón Mapa nos permite memorizar el Waypoint y

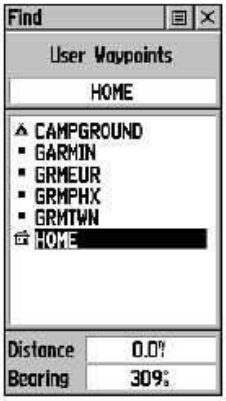
verlo sobre el mapa, mientras que el botón Goto (Ir) permite encaminarnos hacia un Waypoint ya guardado.

2. Introduciendo un Waypoint Manualmente. Se hace como en el caso anterior pero introduciendo las coordenadas de localización obtenidas de un mapa. Este método no precisa situarnos físicamente en el lugar.
3. Transfiriendo el Waypoint desde el ordenador al GPS usando el cable de conexión y una aplicación informática como MapSource de Garmin, OziExplorer, etc. Es muy cómoda y no se cometen errores en la determinación o introducción de las coordenadas pero requiere un mapa georreferenciado, una aplicación compatible con el modelo de G.P.S. y el cable de conexión.

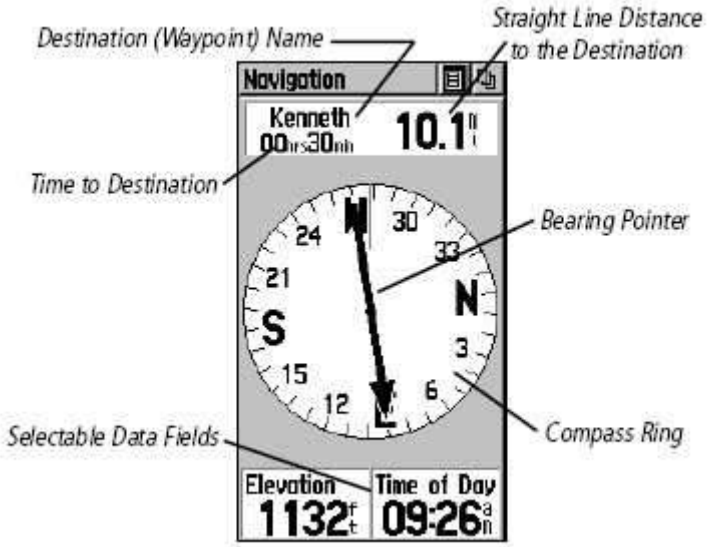
Una vez marcados los Waypoint podemos navegar a cualquiera de ellos de una forma muy sencilla pulsando en el botón Find del G.P.S. (situado en el lateral izquierdo del aparato). Se abre el menú de búsqueda:



Y hacemos click en la opción Waypoints, y se obtiene un nuevo menú donde aparecen todos los Waypoints ordenados alfabéticamente (colocando en primer lugar los que empiezan por caracteres numéricos). Para cada Waypoint aparece su símbolo y su nombre completo. Podemos desplazarnos arriba y abajo o introducir el nombre completo o parcial del Waypoint que estamos buscando. Una vez seleccionado su nombre aparecerá resaltado y en la parte inferior se indicará la distancia al mismo y el rumbo a tomar.



Haciendo Click en la selección se obtiene la pantalla del Waypoint vista anteriormente y hay que pulsar en el botón Goto (Ir) para iniciar la navegación.



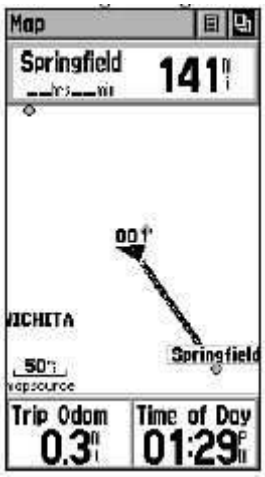
Para el seguimiento de la navegación podemos dirigirnos a la pantalla de Navegación donde una flecha nos indicará la dirección a tomar. En la parte superior de la ventana aparece el nombre del Waypoint, el tiempo estimado para alcanzarlo y la distancia que nos separa del mismo. La parte inferior es configurable, es decir, se pueden elegir los parámetros que se desean mostrar. Son interesantes: La Altitud, La dirección de Marcha y el Giro. El Giro indica la corrección que debemos aplicar a nuestra dirección de marcha para llegar al Waypoint. Se expresa mediante un ángulo al que le sucede la letra R (Right, derecha) o L (Left, izquierda) para indicar en que sentido debemos aplicar la corrección. Por ejemplo, un giro de 018º L indica que debemos girar 18º a nuestra izquierda para llegar al punto.

Una manera rápida de fijar Waypoints en los modelos Garmin es manteniendo presionado el botón-stick del aparato durante unos segundos. Se accede así a la pantalla de creación de un nuevo WayPoint.

19. MAPA Elemental

La ventana Mapa es una forma más visual de hacer seguimiento de la navegación. En El Mapa aparecen todos los Waypoints que hallamos memorizado.

Si estamos navegando hacia un Waypoint en la parte superior aparece su nombre, distancia y el tiempo estimado en alcanzarlo.



La parte inferior es configurable y puede mostrar parámetros como la Altitud, la dirección de Marcha, el Giro, la Hora actual, etc. Nuestra posición actual aparece como un objeto triangular orientado, mientras que la dirección a seguir aparece indicada por una línea recta que une esta posición con el Waypoint.

El mapa se puede visualizar en un conjunto amplio de escalas distintas por lo que es posible hacer Zoom sobre el mismo mediante los dos botones situados en el lateral del aparato. La escala se representa mediante un pequeño segmento en la esquina inferior izquierda de la pantalla.

El mapa además posee dos características muy importantes:

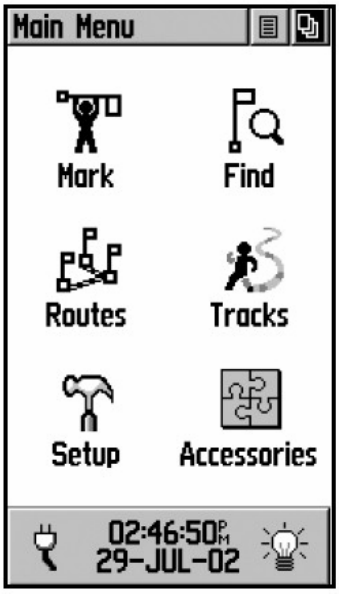
1. Es posible cargas mapas en el dispositivo con localidades, carreteras, caminos, callejeros de ciudades enteras, puntos de interés como Restaurantes, Hoteles, Monumentos, etc. Para los modelos Garmin existe, por ejemplo, el software MapSource Metroguide® .
2. El mapa va registrando nuestro camino en todo momento. Esta característica se denomina Track Log y permite, por ejemplo, volver al punto de partida del itinerario. Para seguir un trazo de un Track Log en el monte es incesante usar una escala en el mapa de 20-30 ó 50 metros.

Al hacer Zoom sobre el Mapa podemos observar que entorno al triángulo que muestra nuestra situación hay un círculo más o menos amplio. El círculo asegura que nuestra localización se halla en la región encerrada por el círculo. El radio del mismo dependerá de la calidad de la recepción.

20. MANEJO DE TRACKS Elemental

Cuando realizamos un itinerario con el GPS podemos proceder a memorizar todos los puntos por donde pasamos. El registro resultante se llama **Track** o **Tracklog**.

Para que el receptor GPS haga un seguimiento de este tipo vaya al menú principal y seleccione la opción **Tracks**.



Ponga la opción Track Log a **On**.

A partir de este momento en la pantalla de mapa podrá ver como al desplazarse de un lugar a otro va dejando un rastro, que no es otra cosa que el Tracklog.

La ventana anterior le permite guardar y cargar tracks almacenados en el aparato.

Asimismo, se le indica el tanto por ciento de memoria ocupada por los tracks y, en la parte inferior, el número de archivos libres para almacenar tracks. El número de estos que se pueden guardar en la memoria del GPS es limitado y depende del aparato.

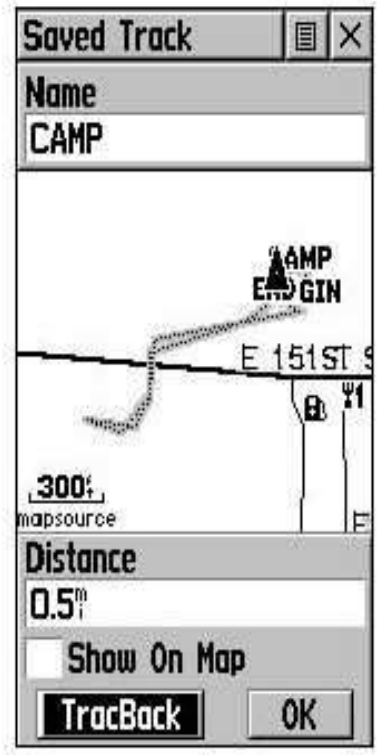
En la figura se observa que el aparato posee tres tracks guardados y que podría almacenar 7 más. El espacio de memoria ocupado por los tracks es del 2%.

El botón Save que aparece en la pantalla de Tracks le permite guardar el track actual para poder reproducirlo posteriormente, mientras que el botón Clear sirve para eliminar un track guardado.

21. REPRODUCIR TRACKS Elemental

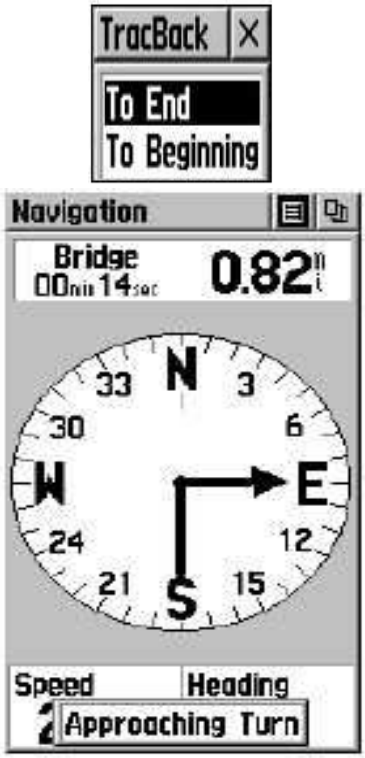
Podemos realizar un itinerario y guardarlo en forma de Track. Una segunda posibilidad es obtener el recorrido de Internet o de un amigo y cargarlo en el aparato a través de un programa como OziExplorer.

En cualquiera de los dos casos el Track debe encontrarse en la ventana de Tracks mostrada anteriormente.



Nos desplazamos con el botón-stick hasta el track que deseamos realizar y hacemos click en él. Se nos mostrará el nombre del Track, una representación en el mapa del mismo y la distancia que recorre.

Para reproducir el track pulsamos el botón **Tracback**. El siguiente paso es indicar si se quiere navegar hacia el final del recorrido o hacia el principio.



Desde este momento se puede seguir el itinerario (Track) desde la ventana del Navegador. Este nos irá informando de la distancia que queda al punto final del itinerario (que puede ser, en realidad, el inicio o el final del mismo como se ha visto), el tiempo aproximado para cubrirlo, etc. La flecha nos guiará en el itinerario e incluso nos avisará de la proximidad de un giro.