

CATEDRA: FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTAL

TEMAS

- 1) Objetivo de la Topografía.- Relaciones con otras ciencias: a) Geodesia: Formas de la Tierra.- Geoide y Elipsoide de referencia.- Esfera de radio medio y plano tangente a la esfera.- Coordenadas geográficas.- Redes geodésicas – b) Cartografía; Gauss-Krüger y U.T.M. c) Fotogrametría.
- 2) Sistemas de coordenadas usados en Topografía.- Nociones sobre coordenadas.
- 3) Unidades de medida lineales y superficiales.- Unidades agrarias.- Unidades angulares.- Sistemas sexagesimal, centesimal, horario y radian.-Escala.

1. OBJETIVO DE LA TOPOGRAFIA

La Topografía, del griego topos (lugar) y grafos (descripción) es la Ciencia o Técnica que estudia los instrumentos, métodos y procedimientos para determinar las posiciones relativas o absolutas de puntos sobre una parte limitada de la superficie terrestre con sus formas y detalles tanto naturales como artificiales, y su representación gráfica o analítica a una escala determinada. Se divide en dos grandes campos:

PLANIMETRÍA: estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal la posición de los puntos más importantes del terreno y construir de esta manera una figura similar al mismo.

ALTIMETRÍA: tiene por objeto determinar la cota o altura de los diferentes puntos con respecto a un plano de referencia horizontal, sea arbitrario o el nivel medio del mar. Con ella se consigue representar el relieve del terreno.

La Topografía se limita a representar zonas de pequeña extensión en las que la superficie terrestre puede considerarse como una esfera de radio medio, $R = 6370 \text{ Km.}$ y las dimensiones a relevar (superficie topográfica) pueden considerarse como planas. Para grandes extensiones, no se puede prescindir de la curvatura terrestre, y se recurre entonces a la Geodesia y la Cartografía.

La Topografía realiza sus actividades principales en el campo y en el gabinete. En el campo se efectúan los levantamientos topográficos o sea, las mediciones y recopilaciones de datos suficientes para dibujar en el plano una figura semejante al terreno que se desea representar, donde las dimensiones reales de los diversos objetos (camino, senderos, edificios, cursos de agua, relieves, etc.) se reproducen con signos convencionales, reduciendo su tamaño según un factor de reducción que toma el nombre de escala.

1.1 Relaciones de la Topografía con otras ciencias: Geodesia, Cartografía y Fotogrametría

Como se expresó anteriormente, la Topografía realiza sus trabajos en porciones relativamente pequeñas de la superficie terrestre considerándola como plana (superficie topográfica); cuando es necesario medir sobre extensiones de terreno mas grandes como ciudades, provincias, países, continentes o la tierra misma es imposible prescindir de la curvatura terrestre, por lo que se recurre a la Geodesia que utiliza otros procedimientos e instrumental de medida.

GEODESIA: tiene por objeto el estudio de la forma y dimensiones de la tierra, considerando su verdadera característica o sea que es curva. Para conseguirlo se eligen en la superficie objeto de estudio, puntos convenientemente distribuidos denominados geodésicos, de cuya posición se deduce la forma de un territorio o de todo el Globo y que a su vez sirven de apoyo para las mediciones topográficas.

Para situar estos puntos hace uso de superficies de referencia reales y arbitrarias.

1.2. Formas de la Tierra: Geoide y Elipsoide de Referencia

Geoide: Si se prolongase por debajo de los continentes el nivel medio de los mares en calma se obtiene esta superficie equipotencial, de forma irregular que representa la forma física real de la Tierra que es compleja debido a la distribución desigual de masas continentales, densidad de la corteza y achatamiento de los polos. Es la superficie de referencia para la Altimetría, con respecto a ella se determina la altura o cota (h) de los puntos de interés, pero no es representable por ninguna función matemática, ni desarrollable sobre un plano.

Elipsoide de referencia: es una superficie matemática arbitraria, ligeramente achatado por los polos que aproxima al geoide y permite referir los puntos geodésicos medidos por distintos métodos e instrumental. Esta superficie tiene parámetros conocidos y determinables: semieje mayor (a) y menor (b) y achatamiento (f).

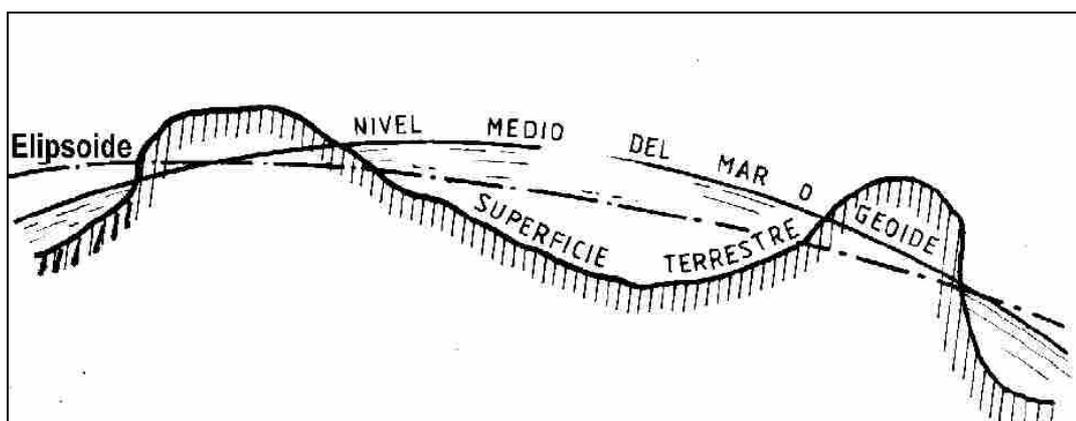


Figura 1: Superficies de Referencia

Desde el punto de vista de la Geodesia, sobre el elipsoide se define un sistema de coordenadas para establecer la posición de un punto sobre la superficie terrestre, y esta queda determinada por la intersección de un meridiano y un paralelo, constituyendo las coordenadas geográficas **Latitud y Longitud del punto P** (φ, λ).

Esfera: como el valor del achatamiento es pequeño, en Topografía se puede representar la superficie terrestre a través de una esfera de radio medio, $R = 6370$ Km; aproximación suficiente para la mayoría de los cálculos topográficos.

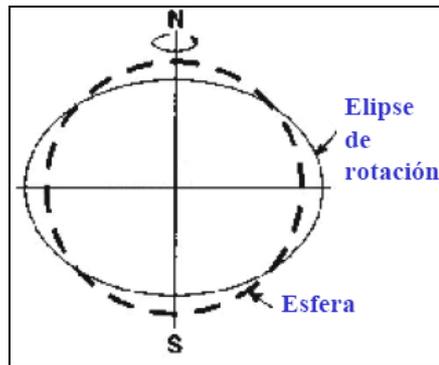


Figura 2: Aproximación entre elipse y esfera para representar la superficie topográfica

Elementos geográficos en la superficie aproximada: tomando como superficie aproximada la esfera, se define:

- Meridiano: Es la intersección de cualquier plano, que contenga al eje de rotación o de revolución de la tierra, con el elipsoide de referencia. El meridiano origen es el de Greenwich.
- Paralelo: intersección de cualquier plano perpendicular al eje de revolución de la tierra con el elipsoide. Según esto obtenemos las coordenadas geográficas longitud y latitud.
- Meridiana geográfica: intersección del meridiano geográfico con el plano meridiano del lugar. La meridiana es una línea sobre un plano.

1.3 Coordenadas Geográficas

Con los dos planos fundamentales, la posición de un punto P queda definida por la intersección de sus meridianos y paralelos en un sistema de referencia constituido por el plano del Ecuador y por el meridiano de Greenwich, que determinan sus coordenadas geográficas o geodésicas: Latitud (φ) y Longitud (λ).

Latitud (φ): es el ángulo medido en el meridiano del punto P entre el punto y el Ecuador. Ángulo formado por el ecuador y la normal al elipsoide en el punto dado.

Longitud (λ): es el ángulo medido en el Ecuador entre dos meridianos, el meridiano de Greenwich y el meridiano del punto P, se mide entre 0 y 180 al Este o al Oeste de Greenwich, correspondiendo a la longitud positiva o negativa respectivamente. Ángulo formado por el plano meridiano origen y el plano meridiano que contiene a un punto.

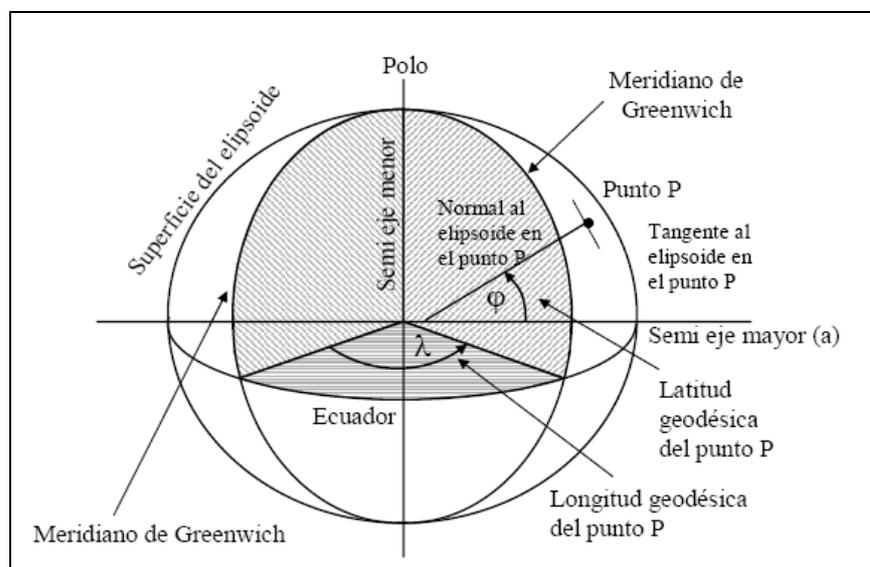


Figura 3: Elementos geográficos y coordenadas geodésicas

1.4 Redes Geodésicas

Los trabajos geodésicos tienen por objeto determinar la forma y dimensiones de un territorio con el máximo de precisión haciendo uso de distintos métodos de medición. Estando situados los puntos geodésicos sobre la superficie terrestre habrán de tener cierta altura sobre el elipsoide de referencia, la Geodesia calcula las coordenadas referentes a su proyección sobre dicha superficie, obteniéndose además, como dato complementario la altura sobre el nivel del mar.

Se llega al resultado por medio de las llamadas triangulaciones, uniendo entre sí los puntos geodésicos por medio de visuales que vengán a formar sobre el elipsoide una malla de triángulos que cubran todo el territorio, razón por la cual a los puntos geodésicos, en este caso, se les da el nombre de vértices geodésicos y se materializan mediante hitos o mojones.

En el caso de nuestro país el organismo encargado de hacerlo fue el IGM que midió redes o triangulaciones sucesivas, apoyadas unas en otras, denominadas de primero, segundo, tercer orden y cuarto orden que formando cadenas de triángulos cubrieron todo el territorio.

1.5 Relaciones con la Cartografía y Fotogrametría

CARTOGRAFÍA: Es la ciencia que trata de la representación de la Tierra sobre un mapa, es decir, al ser la Tierra esférica se vale de sistemas de transformación que permiten representar en un sistema bidimensional X,Y, (el plano), parte del territorio que es tridimensional (x, y, z) o (φ, λ, h). Pero además de representar los contornos de las cosas, las superficies y los ángulos se ocupa, también de representar la información que aparece sobre el mapa, según se considere qué es relevante y que no. Esto, normalmente, depende de lo que se quiera representar en el mapa y de la escala. Los sistemas de transformación que utiliza la cartografía se denominan Proyecciones.

Proyecciones Cartográficas: parten de la premisa que a cada punto de la superficie terrestre le corresponde uno en la carta o plano (correspondencia biunívoca), haciendo uso de ecuaciones de transformación. Puede definirse como una red de paralelos y meridianos sobre la cual puede ser dibujado un mapa. Existen 3 tipos de proyecciones: planas, cónicas y cilíndricas, según donde exista el punto de contacto (o tangencia) entre el elipsoide y la proyección. Cada una de ellas ha dado lugar a muchas otras basadas en cálculos matemáticos.

Nuestro país adoptó como proyección cartográfica la denominada Gauss Krüger, una adecuación de otra más general denominada UTM (Mercator Transversa Universal), que permite conservar la forma de los objetos terrestres y los ángulos, pero no conserva las distancias entre puntos.

FOTOGRAMETRÍA: es la ciencia que permite obtener información relevante de la superficie terrestre a través de su imagen obtenida por distintos tipos de sensores (cámaras fotogramétricas) y sobre distintos soportes (papel o digital) para su registro, medida, análisis y representación. Es un método de levantamiento “indirecto”, con el cual se puede determinar la geometría (coordenadas tridimensionales XYZ, largo, ancho, superficies, forma, tamaño, posición, orientación, altura o profundidad, perfiles, volúmenes), como también producir una representación precisa (gráfica, fotográfica, virtual) de todos los objetos de interés.

Sus conceptos básicos, instrumental, métodos y modos de ejecutar los relevamientos hacen que tenga una autonomía suficiente como para separarla de la Topografía clásica, a pesar que ambas convergen al mismo resultado final (representar una parte de la superficie terrestre).

Permite generar cartografía de extensas zonas para que pueda ser empleada en Sistemas de Información Geográfica (SIG), producción de mapas topográficos, temáticos, catastrales o levantamientos con curvas de nivel.

2. SISTEMAS DE COORDENADAS USADOS EN TOPOGRAFÍA

La Topografía tiene por objeto medir extensiones en tierra, tomando los datos necesarios para poder representar sobre un plano y a una escala adecuada, formas y dimensiones del terreno, midiendo distancias, ángulos, direcciones, coordenadas, elevaciones, áreas y volúmenes. La representación se hace utilizando el método de proyección acotada, que consiste en representar los puntos característicos del terreno por medio de su proyección ortogonal sobre un plano horizontal, y por un número o cota que se escribe al lado de cada punto para indicar la distancia a que se encuentra del plano de proyección. Las medidas que se obtienen en Topografía son de dos tipos:

Angulares: son los ángulos horizontales o acimutales y los ángulos verticales o cenitales. Los instrumentos apropiados para medirlos son el Teodolito y la Estación Total.

- **Ángulos horizontales:** se miden sobre el plano horizontal. Se necesita un norte de referencia; si es el norte geográfico (o verdadero) se miden acimutes, si es el norte magnético se miden rumbos y si es un norte arbitrario se miden orientaciones. También son horizontales los ángulos de deflexión (Figura 4).
- **Ángulos verticales:** Se miden sobre el plano vertical, el punto que se encuentra en la vertical sobre nosotros es el Cenit y el punto que se encuentra en la vertical bajo nosotros es el Nadir (contrario al Cenit). Los ángulos verticales son la distancia cenital (si el cero del limbo se encuentra en el cenit) y ángulo de altura o vertical propiamente dicho (si el cero del limbo se encuentra en el horizonte). (Figura 5).

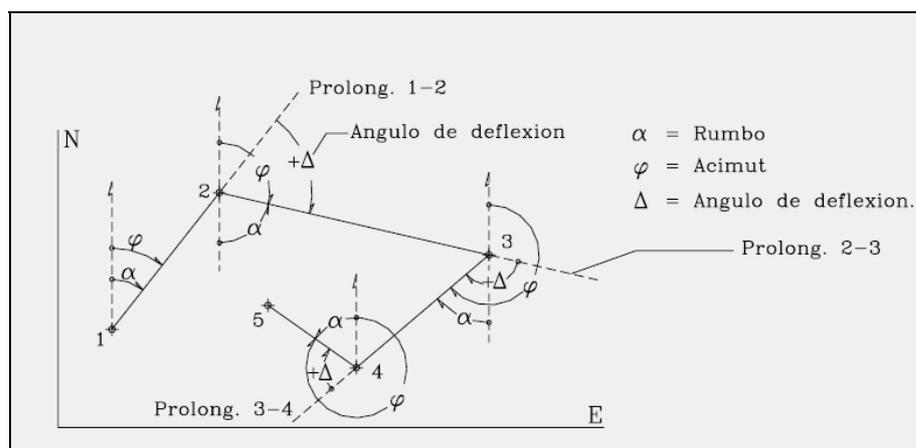


Figura 4: Ángulos Horizontales

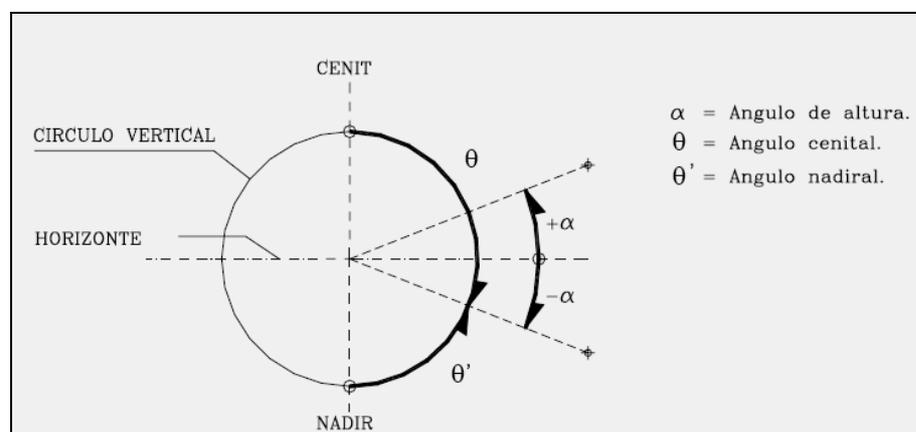


Figura 5: Ángulos Verticales

Lineales: son las distancias que se pueden medir tanto directa como indirectamente. En los trabajos de campo más habituales se miden indirectamente mediante distanciometría electrónica o métodos estadimétricos (la mira de nivelación). Para su medición directa se utiliza la cinta de agrimensurador o de fibra de vidrio.

Medir una longitud consiste en determinar, por comparación, el número de veces que una unidad patrón es contenida en dicha longitud. **Una cinta métrica** es la reproducción de un número determinado de veces (3, 5, 30, 50, 100) de la unidad patrón.

Caso Particular. Nivelación: es el proceso de medición de elevaciones sean estas alturas o cotas de puntos sobre la superficie de la tierra. Es la distancia vertical medida desde el plano horizontal de referencia que será arbitrario en el caso de determinar cotas o el nivel medio del mar (NMM) en caso de determinar alturas, hasta el punto considerado. La distancia vertical debe ser medida a lo largo de una línea vertical definida como la línea que sigue la dirección de la gravedad o dirección de la plomada, por eso la superficie de referencia que se toma para establecerla, es el Geoide (Figura 6).

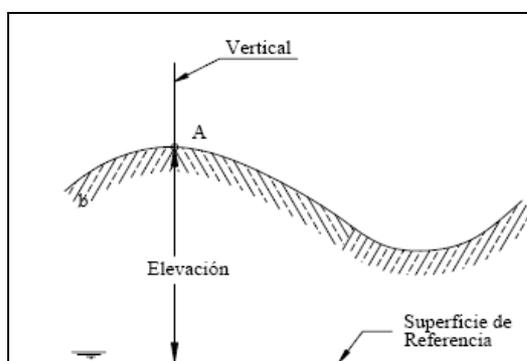


Figura 6: Elevación: altura o cota de un punto dependiendo del plano Hz. de comparación.

Otras medidas que se obtienen de aplicar métodos topográficos de relevamiento son las medidas agrarias o de superficie y medidas de volumen o capacidad.

3. UNIDADES DE MEDIDA

Se denomina medir una magnitud, al resultado de compararlas con otras de su misma especie, que se toma por unidad. Las magnitudes que se miden en Topografía son lineales, superficiales, angulares y volumétricas. En nuestro país, se utiliza el Sistema Métrico Decimal.

3.1 Unidad de Superficie: es de uso frecuente en Topografía, expresar el valor de las superficies en unidades de medida agraria, siendo sus equivalencias:

$$1 \text{ Centiárea} = 1 \text{ Ca} = 1 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ Área} = 1 \text{ A} = 100 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ Hectárea} = 1 \text{ Ha} = 10.000 \text{ m}^2$$

3.2 Unidades Angulares: Se sabe por geometría, que la medida de un ángulo es la del arco trazado desde el vértice, como centro, subtendido por los lados, y por consiguiente se tomará como unidad de ángulo el trazado en el centro de la circunferencia que subtienda el arco de un grado. El ángulo unidad se considera igualmente dividido en 60' (minutos) y cada minuto en 60'' (segundos).

a) Graduación Sexagesimal: En la graduación sexagesimal se supone la circunferencia dividida en 360 partes iguales denominadas grados, distribuidos en cuatro cuadrantes de 90 grados, cada

grado se considera dividido en 60 minutos y cada minuto a su vez, en 60 segundos. Las fracciones de segundo se expresan en forma decimal. Ejemplo: $48^{\circ} 36' 52,3''$.

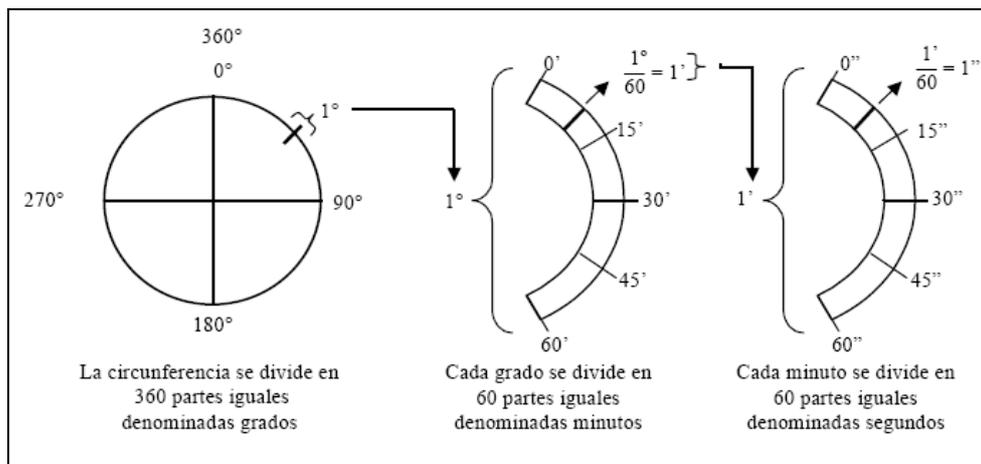


Figura 7: Graduación sexagesimal

b) **Graduación centesimal:** En la graduación centesimal se considera dividida la circunferencia en 400 grados distribuidos en cuatro cuadrantes de 100 grados, cada grado comprende 100 minutos y cada minuto 100 segundos. La notación de esta graduación se presenta de la siguiente forma: $18,2563$, que se leen de así: 18 grados, 25 minutos, 63 segundos.

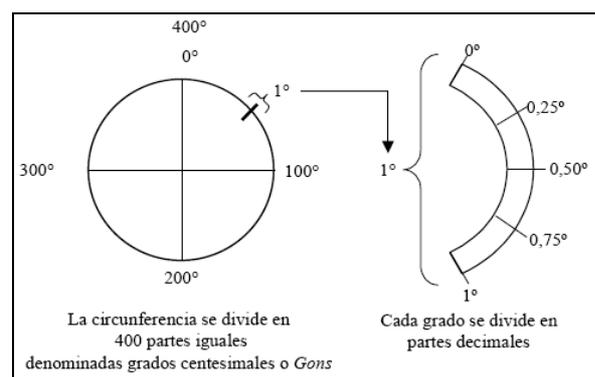


Figura 8: Graduación centesimal

c) **Graduación Natural:** Este sistema de medición angular utiliza como unidad el Radián (R) y es el ángulo para el que cualquier arco de circunferencia que tracemos sobre él será igual al radio. Un giro completo tiene 2π radianes.

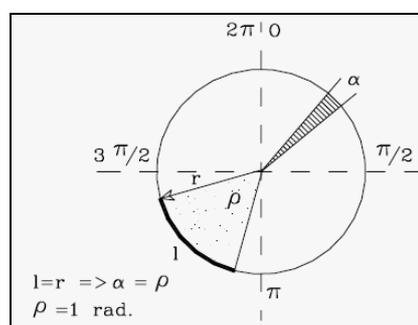


Figura 9: Graduación natural

3.3 Relaciones entre los sistemas

1) **Sexagesimal – Natural:** sabiendo que la longitud de la circunferencia es $C = 2\pi R$ se obtiene:

$$2 \pi R = 360^\circ \text{ entonces } 1 R = \frac{360}{2 \pi} = \frac{180}{\pi} = 57^\circ$$

$1^\circ = 2 \pi R = 1R = \frac{1}{360^\circ} = \frac{1}{57} = \frac{1}{60} ; \quad 1' = 1R = \frac{1}{3438} = \frac{1}{3500}$ $1'' = 1R = \frac{1}{206265} = \frac{1}{200000}$

2) Sexagesimal – Centesimal:

$90^\circ = 100 g \text{ entonces } \alpha^\circ = \frac{\alpha g}{9} \text{ o bien: } 10 \alpha^\circ = \alpha g$ $100 g = 90^\circ \text{ entonces } \frac{\alpha g}{10} = \alpha^\circ \text{ o bien: } 9 \alpha g = 10 \alpha^\circ$
--

Resumiendo:

$\frac{\alpha^\circ}{360} = \frac{\alpha^g}{400} = \frac{\alpha^A}{2\pi}$

3.4 Escala

La escala puede ser definida como el factor de reducción que nos da la relación existente entre la medida real en el terreno y la misma medida representada en el plano. La relación de semejanza entre la representación y la realidad está dada por:

$E = \frac{1}{D} \quad \text{donde} \quad D = \frac{\text{Medida en el terreno}}{\text{Medida en el plano}}$
--

Las distancias que se representan a escala en el mapa no son las geométricas sino las reducidas.

Escala numérica: Se escribe como el cociente de la distancia entre dos puntos en el mapa, dividida por la distancia reducida entre los puntos correspondientes de la superficie terrestre. El número que expresa el cociente, suele tener como numerador la unidad y el denominador ser múltiplo de 10, 100, 1000. Por ejemplo un mapa a escala 1/1000, quiere decir que 1 milímetro en el mapa equivale a 1 metro en el terreno.

Escala gráfica: En los mapas se suele incluir una escala gráfica, en la cual sobre una recta se marcan longitudes, una distancia en el plano llevada sobre esa escala gráfica nos dará la distancia real. De aquí surgen las relaciones que nos permiten pasar, de una magnitud tomada en el terreno a su correspondiente en el plano y viceversa.

La ventaja es que al hacer reducciones o ampliaciones la escala también las sufre, de modo que la escala gráfica siempre representa la relación correcta entre el dibujo y el terreno.

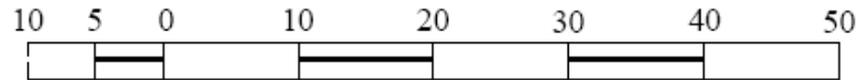


Figura 10: Escala gráfica

Límite de percepción visual: El ojo tiene un límite a partir del cual dos puntos que están separados se ven juntos. Por lo tanto, es la mínima distancia a la que el ojo es capaz de ver dos puntos separados. El límite visual es de 0,2 mm, por lo que si se observan dos puntos separados menos de ese valor se verá un solo punto.

Límite de apreciación gráfica: Es el límite de percepción visual multiplicado por el denominador de la escala. Valores a partir del cual magnitudes menores no se van a ver representadas en el mapa.

Ejemplo:	1:25000	$25000 \times 0,2 = 5000\text{mm} = 5\text{m}$
	1:1000	$1000 \times 0,2 = 200\text{mm} = 20\text{cm} = 0,2\text{m}$
	1:200	$200 \times 0,2 = 0,04\text{m} = 4\text{ cm.}$

Cátedra Fundamentos de Instrumental