

## TRABAJO PRÁCTICO N° 1: Orientación planos y líneas en el espacio

Nombre y Apellido:

Fecha:

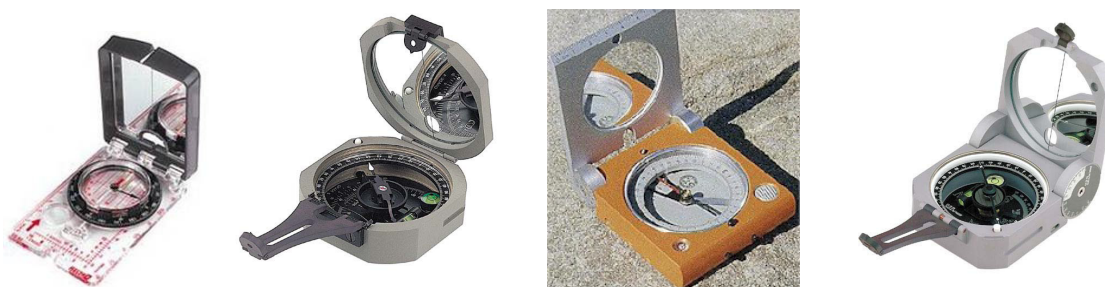
### OBJETIVOS:

- Familiarizar al alumno con la terminología adecuada que hacen a la asignatura.
- Definir los conceptos principales de rumbo y buzamiento. Comprender distintas formas de mensurar el rumbo y buzamiento de un plano.
- Ejercitación del manejo de la Brújula en gabinete y trabajo de campo.

### Introducción:

Cualquier estructura geológica puede ser referenciada respecto al Norte (geográfico o magnético) y a un plano horizontal imaginario o líneas de inmersión. Mediante un plano se pueden representar las siguientes estructuras geológicas: un estrato, una discordancia, una falla, un dique, etc. Mediante una línea: un eje de pliegue, una lineación mineral, etc.

La brújula geológica, o brújula con clinómetro, es indispensable para poder referenciar las estructuras geológicas durante el trabajo de campo. Existen diferentes tipos de brújulas geológicas, algunas de ellas pueden ser referidas como: tipo básica o de estudio, con clinómetro, sin nivel horizontal ni vertical (Fig. 1.1a); tipo Brunton con clinómetro, con nivel vertical y horizontal (Fig. 1.1b y e), tipo Freiburger o estructural, con graduación angular en la bisagra de la tapa, permitiendo medir dirección de buzamiento y buzamiento en un solo paso (Fig. 1.1c), o de características combinadas tipo Brunton estructural (Fig. 1.1d), etc. La aplicación principal de todas ellas medir las características de una estructura geológica (planos o líneas) para poder localizarla en el espacio.



**Figura 1.1.** Diferentes tipos de brújulas geológicas: **a.** Tipo básica o de estudio; **b.** Tipo Brunton; **c.** Tipo Freiburger o estructural; **d.** Tipo combinada o Brunton estructural.

### Determinación de rumbo y buzamiento. Definiciones y notaciones (Fig. 1.2).

A continuación se darán algunas definiciones importantes cuyo conocimiento será indispensable para resolver adecuadamente cada uno de los problemas planteados en las clases prácticas.

**Orientación:** es el término que describe la disposición de un plano o una línea estructural en el espacio, por lo general relacionado con coordenadas geográficas y con la horizontal. Son componentes de la orientación de un plano buzante el **rumbo** y el **buzamiento**.

**Rumbo ( $R_b$ ):** es el ángulo medido en un plano horizontal, entre una dirección de coordenadas específica, por lo general el norte real o geográfico, y una línea cualquiera, que en caso de un plano buzante (estrato, falla, etc) surge de la intersección del mismo con un plano horizontal. Se

puede expresar en valores azimutales, de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ , o bien por cuadrantes, de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  hacia el este y el oeste respecto al norte.

**Buzamiento ( $B_z$ ):** es el ángulo, medido en un plano vertical formado por una línea horizontal y un plano inclinado. Está dado por la **inclinación** de la línea de máxima pendiente de un plano inclinado. El buzamiento verdadero se mide perpendicularmente al rumbo del plano y varía entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$  (Figura 1.2)

**Buzamiento aparente ( $B_zA$ ):** es la inclinación de un plano, medida en una dirección cualquiera, no perpendicular al rumbo del plano. El buzamiento aparente, será siempre menor que el buzamiento verdadero.

**Dirección de buzamiento ( $DB_z$ ):** es el rumbo de la línea de máxima pendiente de un plano inclinado. Es una dirección siempre **perpendicular al rumbo** del plano.

**Inclinación o sentido de inmersión de una línea o plinge (pg):** similar a  $DB_z$ , ángulo que forma con respecto al Norte el plano vertical que contiene la línea de interés (ejes de pliegues, lineaciones minerales, superficies metamórficas, estrías, etc.). Para la correcta orientación de las líneas en el espacio debe definirse su dirección de buzamiento. La notación del sentido de la inmersión suele darse de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  con el ángulo de inmersión o buzamiento de la línea, siendo el ángulo vertical que forma la línea con un plano horizontal. El valor de inmersión de una línea varía entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ .

**Pitch o Rake:** es el ángulo agudo entre una lineación cualquiera (por ej. clastos o minerales isoorientados, estrías, lineaciones de estiramiento mineral, lineaciones de intersección, etc.) y el rumbo del plano que la contiene, medido sobre el mismo plano. Para la correcta orientación de las líneas en el espacio debe definirse su dirección de buzamiento. La notación del sentido de la inmersión suele darse de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  con el ángulo de inmersión o buzamiento de la línea, siendo el ángulo vertical que forma la línea con un plano horizontal. El valor de inmersión de una línea varía entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ .

**Declinación Magnética:** Se le llama declinación magnética al ángulo que forman el Norte magnético y el Norte geográfico. La dirección del Norte magnético varía en función del lugar y de la fecha de determinación, entre 0 y 5 grados. Cada año la declinación disminuye dentro de los 0.09 y 0.12 grados según el lugar. Este ángulo debería ser corregido previo al inicio de una campaña

**NOTA:** Los términos rumbo y buzamiento serán empleados preferentemente para planos (por ej.: planos de estratificación, de esquistosidad, de foliación, diaclasas, fallas, etc.). Los términos dirección e inclinación para líneas estructurales (por ej.: ejes de pliegues, líneas de intersección de dos planos, lineación de minerales, etc.).

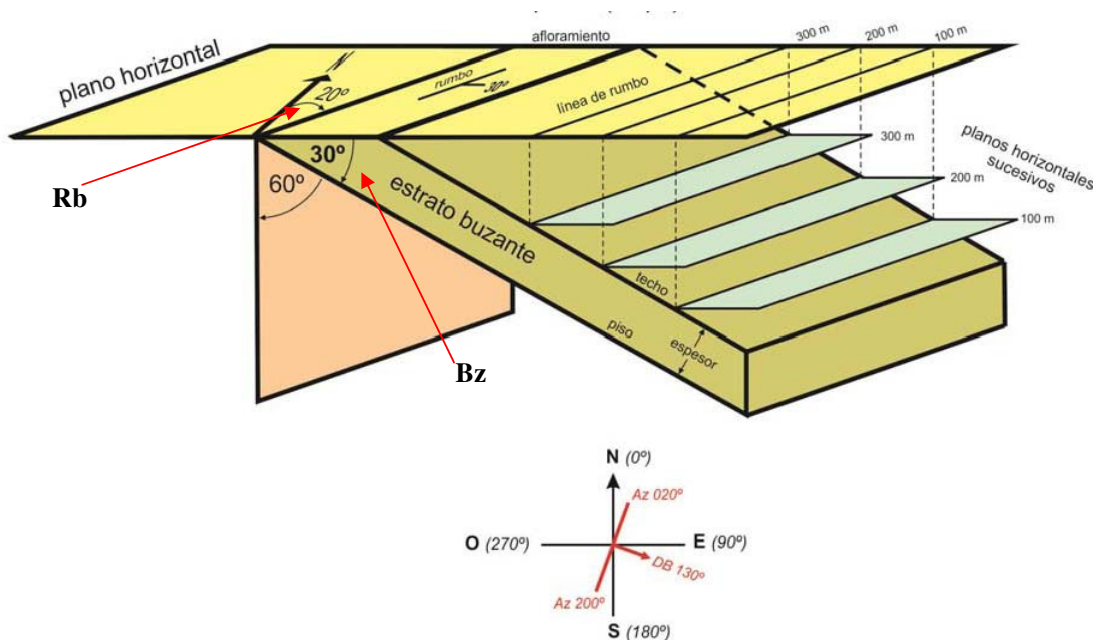


Figura 1.2. Esquema de las relaciones angulares en un estrato.

### Importancia de las mediciones

Durante el trabajo de campo el geólogo toma contacto directo con los problemas, y para resolverlos debe definir la actitud de la estructura que le permita representarla en planos, bloques diagramas o perfiles. Por tal motivo se define un plano con la medición de “rumbo” y “buzamiento”; los cuales dan la posición del mismo respecto al norte.

Cuando se está realizando el mapeo de un área, el primer enfoque se orienta hacia el reconocimiento de la estructura. Para tal fin se utilizan los afloramientos, en donde es posible determinar la litología, rasgos estructurales como fallas, diaclasas y lineaciones o estructuras planares, etc. Cada uno de estos parámetros deben ser tomados en cuenta en la definición de la estructura, por ello las mediciones que definen la actitud de los rasgos deben ser tomados con la máxima precisión posible. Las variaciones o errores aceptables de medición deberían tener un error igual o menor a  $\pm 2^\circ$ .

### Medición de estructuras con brújula

La mayoría de las brújulas geológicas pueden ser ajustadas para corregir la diferencia angular (declinación) entre el norte magnético y el norte geográfico. Estas correcciones deben ser realizadas en base a los mapas topográficos de la zona a estudiar antes de comenzar con el mapeo y escritas en el cuaderno de campo. Esta corrección debería ser controlada periódicamente durante la campaña.

La mayoría de los geólogos tienden a describir la actitud de las estructuras planares con rumbo (Rb) y buzamiento (Bz), ej.  $220^\circ/45^\circ$ SE. En este caso se deben determinar tres datos en cada locación: rumbo, buzamiento y dirección de buzamiento general, por lo que fácilmente se pueden cometer errores al omitir u olvidar principalmente el último de ellos, resultando en datos ambiguos.

Una forma de evitar este problema es trabajar con la determinación de la dirección de

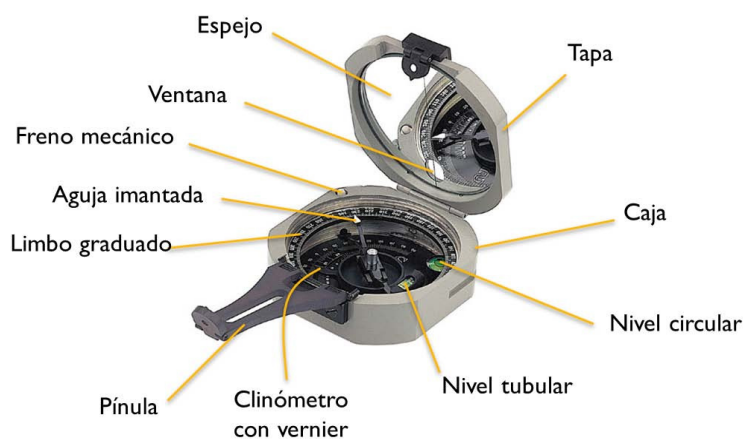
buzamiento (Dbz) aplicable tanto a estructuras planares como lineares, ya que en este caso solo se deben anotar dos datos: el ángulo horizontal respecto al norte de la proyección en la horizontal de la línea de máxima pendiente y el ángulo vertical de buzamiento. Otro método alternativo a la dirección de buzamiento corresponde a la mensura de estructuras por medio del denominado método de la mano derecha.

Existen diferentes técnicas para medir la orientación de planos estructurales con la utilización de brújulas geológicas. Los mismos varían en función del tipo de brújula, la forma de colocar la brújula sobre el plano y en la lectura y notación de la medida. Antes de comenzar las mediciones es recomendable conocer cual es la orientación del afloramiento a analizar, conocer hacia donde está el norte, para poder evaluar con criterio el resultado de las mediciones que se obtendrán. Una vez conocidas las diferentes técnicas y notaciones, resulta recomendable elegir la que resulte conveniente en cada caso y no mezclar técnicas para evitar errores.

### **Metodología para el empleo de la brújula (Fig. 1.3).**

1. Los grados de rumbo y dirección se deben leer sobre el limbo graduado exterior. Existen brújulas de limbo completo (0-360°) y de cuatro cuadrantes (cada uno de 0-90°). Para cada una de ellas es conveniente seleccionar la notación más práctica.
2. Para medir una dirección o rumbo, se debe horizontalizar la brújula (nivel de burbuja circular) y orientarla de manera que la pínula (o la arista lateral del cuerpo de la brújula y tapa) se encuentre en paralelismo con la dirección a medir.
3. Cuando la aguja se halla en reposo, apunta en una dirección constante para cada localidad. La lectura puede realizarse en uno u otro de los extremos de la aguja si se está midiendo el rumbo de una estructura planar. Si lo que se mide es la dirección de buzamiento de un plano o la dirección de inclinación de una línea, debe tenerse en claro cual es el extremo de la aguja que apunta al norte magnético y tomar la brújula de manera correcta.
4. Los valores angulares obtenidos deben ser referidos al N o S geográfico, nunca al E u O. Es de uso generalizado referir las mediciones al norte geográfico.
5. El rumbo tomado con la brújula, es el "rumbo magnético". Para obtener el valor correcto (referido a las coordenadas geográficas), deberemos corregir las mediciones en función de la declinación magnética del lugar. El N magnético puede hallarse un número variable de grados al E o al O del norte geográfico o verdadero. Hay confeccionados mapas a nivel mundial con líneas que unen los puntos de igual declinación magnética (isógonas), distribuidas a ambos lados de la línea de declinación magnética 0 (línea agónica). Puesto que la declinación magnética sufre cambios continuamente, estos mapas se actualizan permanentemente. La declinación magnética puede leerse localmente de las cartas topográficas o geológicas, pero éstas deberían estar actualizadas. Actualmente se dispone de programas *on-line* que permiten calcular la declinación magnética en cualquier lugar del globo terráqueo, a partir de las coordenadas geográficas del lugar donde se realicen las mediciones. En las localidades situadas al E de la línea agónica la punta N de la aguja magnética apunta al O del N verdadero y se denomina *declinación oeste*. En este caso se debe *sumar* el valor de la declinación magnética al valor medido. Al O de la línea agónica, la aguja apunta al E del N geográfico y se denomina *declinación este*. Por lo tanto se deberá *restar* la declinación magnética al valor hallado. Con un procedimiento sencillito, la brújula puede ser ajustada de acuerdo a la declinación magnética de la localidad para no tener que efectuar luego la corrección de las mediciones obtenidas en campo. Por ejemplo, si tenemos una declinación magnética de 12° Este, esto implica que el norte real o verdadero se encuentra a 12° en sentido antihorario respecto del norte magnético. Utilizando el tornillo que acciona el limbo graduado, deberemos rotar dicho limbo desplazando el 0° del eje N-S de la brújula 12° en sentido horario.

6. Se debe tener precaución de no tomar mediciones cuando haya próximos elementos acerados (martillos, clavos, relojes, etc.), menas magnéticas, cables eléctricos, pues pueden afectar fuertemente las mediciones.
7. Para apreciar direcciones, las pínulas aumentan la precisión de los resultados. La pínula debe hallarse en posición vertical y el espejo inclinado de tal modo que pínula y objeto distante, aparezcan reflejados simultáneamente en él. Cuando el objeto visible a través de la hendidura de la pínula es cortado por la cruz de los hilos ortogonales del espejo, habiéndose horizontalizado la brújula con el nivel circular, se efectúa la lectura del ángulo que indica la dirección buscada.



**Figura 1.3.** Partes que conforman una brújula tipo Brunton.

8. Utilización del clinómetro y medida del ángulo de buzamiento:

El clinómetro (Fig. 1.4) se emplea para medir ángulos verticales de pendiente y buzamiento. Posee un nivel de burbuja cilíndrico o tubular (Fig. 3) que debe horizontalizarse manualmente para efectuar la medición. La lectura se realiza en una escala interna semicircular, graduada de 0° a 90°.

La brújula se coloca en posición vertical, de modo que su arista se apoya sobre el plano estructural a medir o se coloca en paralelismo si la medición es a distancia. Si se desea medir el buzamiento verdadero, la brújula debe orientarse en dirección normal al rumbo. Si la brújula fuera tipo Estructural, simplemente se apoya la tapa plana sobre la capa a medir y se horizontaliza la brújula con el nivel de burbuja circular. La lectura del valor angular indicado por la punta norte de la aguja sobre el limbo graduado exterior, dará la dirección de buzamiento verdadero mientras que un cilindro graduado en la parte lateral de la brújula dará el buzamiento. La dirección de buzamiento puede realizarse también con una brújula tipo Brunton, apoyando la arista trasera del cuerpo de la brújula.



**Figura 1.4.** Medición del ángulo de buzamiento con la brújula Brunton

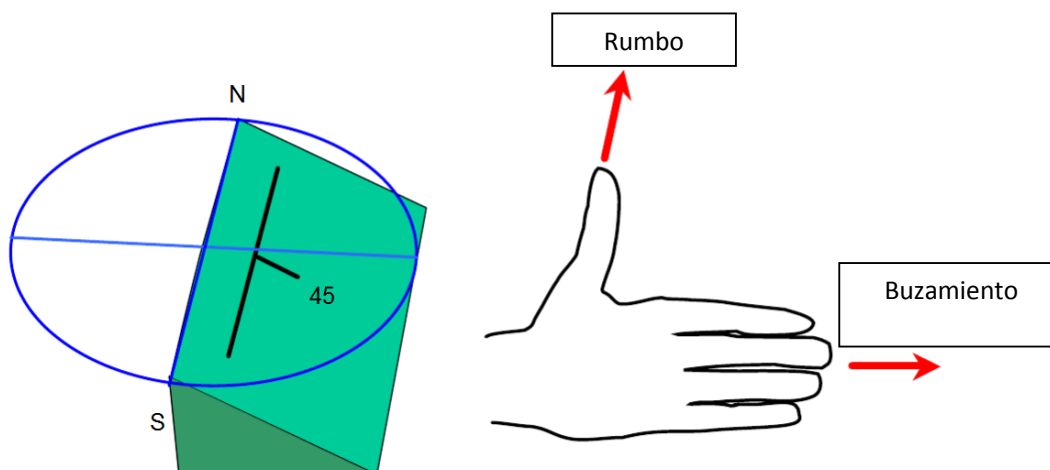
**Nota:** En casos en que no se dispongan de planos aflorantes, se puede utilizar el martillo o piqueta para exponer o limpiar una superficie o tres puntos de la misma. Resulta posible reconstruir o proyectar el plano de interés en base a estos tres puntos con la ayuda de una libreta o cuaderno de campo.

**- Por Regla de la Mano Derecha.**

Actualmente este método se ha empezado a utilizar más, debido a que unifica las mediciones utilizadas por otros profesionales como geofísicos, sismólogos, etc. Al igual que la dirección de buzamiento, este sistema carece de letras (puntos cardinales).

El método consiste en apoyar la palma de la mano derecha sobre el plano a medir de modo tal que el pulgar indica el rumbo de la estructura y los dedos el buzamiento (Fig. 1.5). De esta manera, al tomar la brújula debemos hacer coincidir el pulgar con la pínula que indicarán el rumbo (0-360°) y siempre el buzamiento estará a 90° del rumbo (el canto izquierdo de la brújula es el que asienta sobre la superficie), por lo que eliminamos las letras de los puntos cardinales.

Ej. Un estrato con rumbo N-S inclinando al E se anotará con 0°, mientras que un estrato con igual rumbo, pero inclinación al oeste, se anotará con 180°



**Fig. 1.5.** Esquema de medición por regla de la mano derecha.

### Medición de dirección de buzamiento

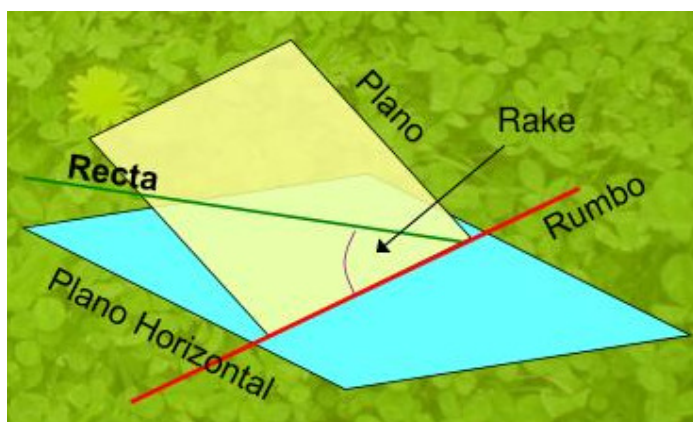
En este caso se debe apoyar todo el dorso de la tapa de la brújula o el canto debajo de la misma en el plano de interés o la superficie auxiliar, dejando la base o caja de la brújula en posición horizontal (Fig. 1.5), moviendo la brújula hasta centrar el nivel circular, y leer con la aguja norte en forma azimutal. Para medir el buzamiento, en el caso de las brújulas de tipo estructural es posible leerlo directamente de la graduación en la bisagra. En el caso de las otras brújulas se debe medir el ángulo vertical con el clinómetro en la dirección obtenida. Continuando con el mismo plano del ejemplo anterior:  $45^\circ/60^\circ\text{SE}$ , la Dbz sería:  $135^\circ/60$



**Figura 1.5.** Obtención de dirección de buzamiento. A. En un plano inclinado. B. En un plano extraplomado.

### Medición del Rake

Esta metodología resulta aplicable para medir estrías y otro tipo de lineaciones estructurales. Para el caso de estrías la medida consta de actitud del plano, inclinación de la línea dentro del plano y si es posible la cinemática (ej. DN: dextral normal; SI: sinistral inversa, etc.): Rb/BZ R CM –  $300^\circ/46^\circ\text{SO } 57^\circ\text{SE ID}$ ). Para medir el rake, una vez obtenida la actitud del plano, se coloca la espalda de la brújula paralela al plano y el costado largo de la brújula paralelo a la estría, con la burbuja del clinómetro hacia arriba y equilibrada en el centro. Si existen hombros rectos u otros indicios determinar las componentes.



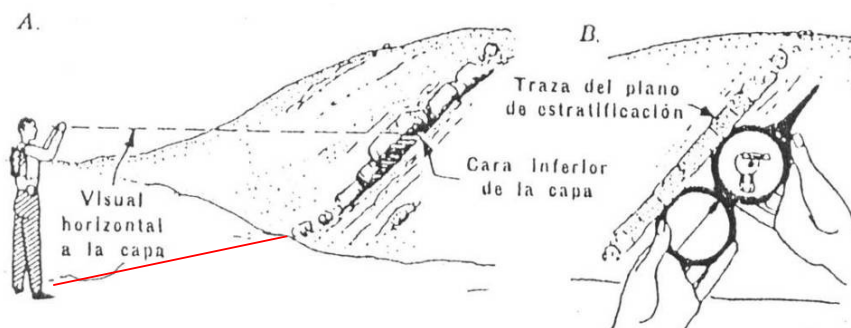
**Figura 1.6.** Obtención del rake.

### Medición de rumbo y buzamiento a distancia

Existen ocasiones en donde no es posible aproximarse a los afloramientos para realizar mediciones directas, o en casos en donde los afloramientos no presentan planos convenientes para efectuar mediciones (como conglomerados con estratificación grosera, pelitas, etc.). En estas situaciones y sobre todo en estructuras de buzamientos moderados a altos, es posible efectuar la medición de rumbo y buzamiento a través de vistas con la brújula.

En este método es necesario alinear la línea de vista paralela al rumbo del plano de interés a ser medido. Resulta más confiable realizarlo a una distancia de 3 o 4 metros del afloramiento (Fig. 1.7A). Colocar la base de la brújula en posición horizontal a la altura de los ojos y el espejo de la tapa apuntando al observador, inclinándola lo suficiente como para poder efectuar la lectura del limbo graduado. Extender la pínula Norte y doblar la punta para poder establecer una visual hacia el plano de interés a través de la ventana oval. Entonces el observador se mueve hacia la derecha o izquierda hasta colocarse en una posición en la que el plano se vea como una línea, habiendo centrado el nivel circular se efectúa la lectura en el limbo graduado con la aguja norte, obteniendo el rumbo, ej.:  $150^\circ$ .

Para obtener el buzamiento, se debe realizar una visual en donde se paraleliza el costado de la brújula con la perpendicular al rumbo obtenido anteriormente o la línea de máxima pendiente, se centra en nivel tubular y se efectúa la lectura de la inclinación con el clinómetro (Fig. 1.7B), ej  $60^\circ$ SE. Obteniendo una medida de  $150^\circ/60^\circ$ SE



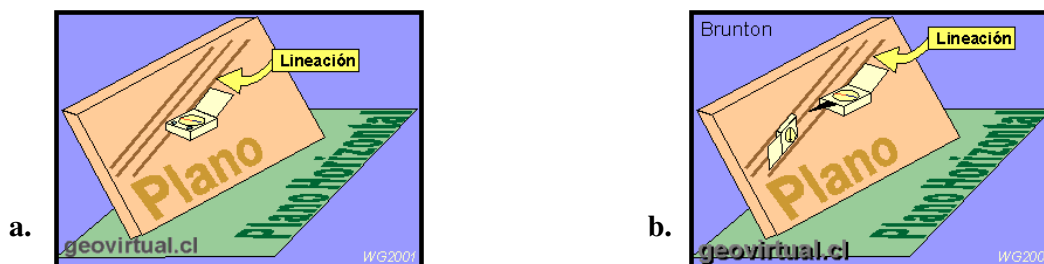
**Figura 1.7.** Obtención de rumbo y buzamiento a distancia. A. Determinación de la línea de rumbo. B. Determinación del buzamiento. **Nota:** La línea roja corresponde a línea de rumbo.

### Medición de plunge

Esta medida se utiliza principalmente para estructuras lineares, como ejes de pliegues, lineaciones minerales, estrías, clivajes, superficies metamórficas, crenulaciones, etc. Para efectuarla se necesita el apoyo de un cuaderno de campo.

Colocar el borde del cuaderno a lo largo de la estructura lineal a medir, manteniéndolo en forma vertical. Medir en forma azimutal la dirección de plunge de la estructura lineal en base al cuaderno (Fig. 1.8a), ej:  $60^\circ$ .

Utilizando el clinómetro, colocar el borde de la brújula a lo largo de la estructura lineal (Fig. 1.8b) y leer la escala para determinar el plunge de la estructura lineal, ej  $20^\circ$ . Siendo el plunge de la estructura lineal:  $60^\circ/20^\circ$

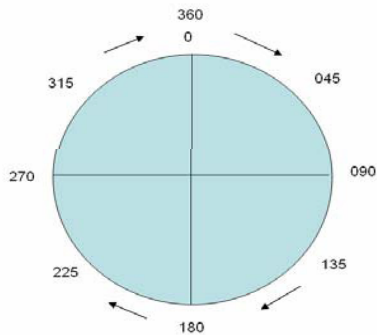


**Figura 1.8.** Obtención del plunge de una estructura lineal. A. Determinación de la dirección de inmersión o buzamiento. B. Determinación del ángulo de inmersión o buzamiento. creo que es mejor poner el ejemplo en un pliegue. esto se puede confundir con el rake

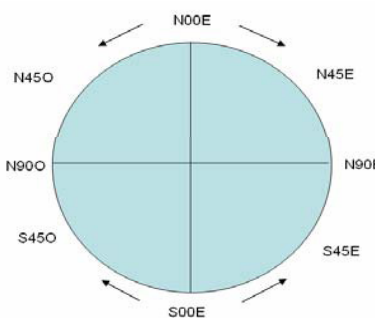


**Tipos de lectura o notación**

Existen dos tipos principales de notación: Azimutal y por Cuadrantes o Rúmbica



**Azimut:** se mide de 0° a 360° en sentido horario.



**Rumbo:** se mide de 0° a 90° por cuadrantes hacia el este o el oeste.

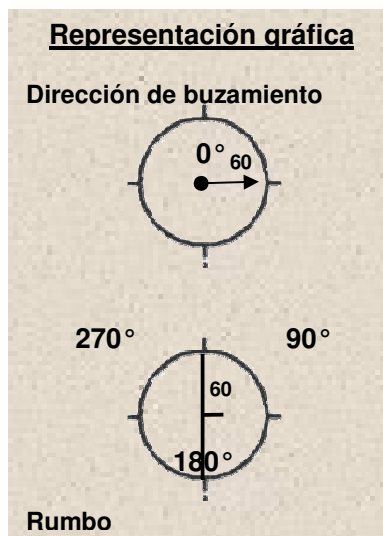
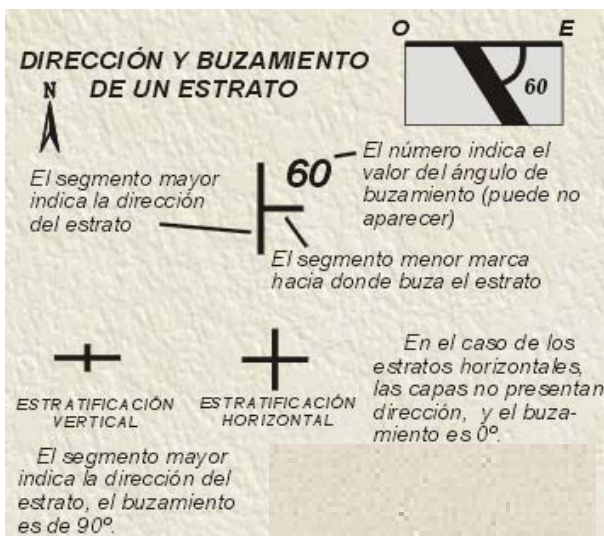
**Notación de rumbo y buzamiento:** De esta forma la medición de rumbo y buzamiento de un plano se puede expresar de las siguientes maneras:

**Por Azimut:** 310° / 65° SO      **Por Cuadrante:** N 50° O / 65° SO

**Notación dirección de buzamiento:** La dirección de buzamiento también puede ser expresada en ambos formatos, aunque la más utilizada es la azimutal. Este tipo de mediciones carece de puntos cardinales. Las notaciones para un mismo plano en los dos casos serían:

- **Por Azimut:** 220° / 65°
- **Por Cuadrante:** la medición de DBZ por cuadrantes no tiene sentido porque justamente la idea es ahorrarse indicar los cuadrantes.

**Simbología**



**Ejercicio:** Utilizando la planilla adjunta, mida con las brújulas (use todos los modelos disponibles) la orientación del plano buzante que se encuentra en el aula y escriba el mismo en todas las posibles notaciones correctas. Mida y anote correctamente el rake de la lineación dibujada en dicho plano. El plano deberá moverlo de manera tal que tome una cantidad de datos que le permita obtener la suficiente experiencia para luego trabajar en el campo.