

LA BRÚJULA

Para tomar los datos tectónicos de planos geológicos en terreno se usan la brújula. Existen dos tipos de brújulas para tomar las medidas: La brújula del tipo Brunton (generalmente para mediciones con el rumbo) y la brújula tipo Freiburger (generalmente para mediciones con la dirección de inclinación). La brújula "Geo-Brunton" es una combinación de las dos tipos anteriormente mencionado.

1.- LA BRÚJULA EN GENERAL

Una brújula mide la dirección del campo magnético terrestre. La aguja se orienta de acuerdo de la orientación del campo magnético del sector donde se ubica. Eso significa en términos teóricos que el aparato "brújula" se compone de dos sistemas principales independientes: Una agua y el "cuerpo" - la cáscara con la escala etc. Interesante es que (sí pensamos bien) la aguja es la parte fija en una brújula. La aguja siempre marca Norte-Sur (sin contar movimientos de arreglo) la parte móvil "suelta" en una brújula es el cuerpo, la cáscara.



En la foto: A= Escala azimutal contrarreloj

La escala de las brújulas normalmente es **azimutal**, es decir, entre 0° hasta 360° o entre 0g hasta 400g. La escala azimutal tiene que ser orientada en el sentido contrarreloj - eso implique que este (E) y oeste (W) se ve cambiado. La escala del sentido contrarreloj permite una lectura directa, azimutal. Es decir el valor donde apunta la aguja es el valor final.

La aguja de la brújula necesita generalmente un **contrapeso**: El campo magnético tiene una componente vertical de acuerdo a la distancia hacia los polos. Entonces en latitudes entre 15° hasta 90° del hemisferio norte y sur la aguja muestra una fuerte inclinación hacia arriba y choca con el vidrio de protección de la brújula. Para que la aguja se ubique horizontal se usa un

contrapeso. Durante viajes del hemisferio norte a sur y viceversa hay que cambiar el peso de un lado al otro.

En algunas partes del mundo hay que aplicar una permanente **corrección azimutal** a causa de la distancia entre polo magnético y polo geográfico (los polos magnéticos se ubican bastante lejos del eje rotacional de la tierra). Este corrección se puede hacer directamente en la brújula - girando la rosa (escala azimutal) de acuerdo del error (recomendado). El valor normalmente sale en las cartas topográficas correspondientes. Pero también se puede corregir los valores después - en el programa computacional.

Las brújulas profesionales generalmente tienen un **botón para liberar o fijar la aguja**. Una aguja fijada es un poco más protegido y no se suelta de su eje durante fuertes movimientos. (En la foto "D")

Existen una serie de niveles: **Nivel esférico** para orientar la brújula perfectamente horizontal y niveles tubulares que se usan en conjunto del clinómetro (véase abajo). Véase en la foto arriba "E".

Adicionalmente las brújulas para usos geológicos o geotécnicos tienen un sistema para medir ángulos verticales (buzamiento, manteo): El más conocido es el **clinómetro** (en la foto "C"). Pero también existe un sistema con una escala lateral en interacción de la tapa de la brújula.

Actualmente se puede elegir entre dos tipos principales de brújulas: a) "**Tipo Brunton**" y b) "**Tipo Freiburger**". La empresa Brunton ofrece además una brújula que es el conjunto de ambos métodos el "**Geo-Brunton**".

2.- BRÚJULA DEL TIPO BRUNTON

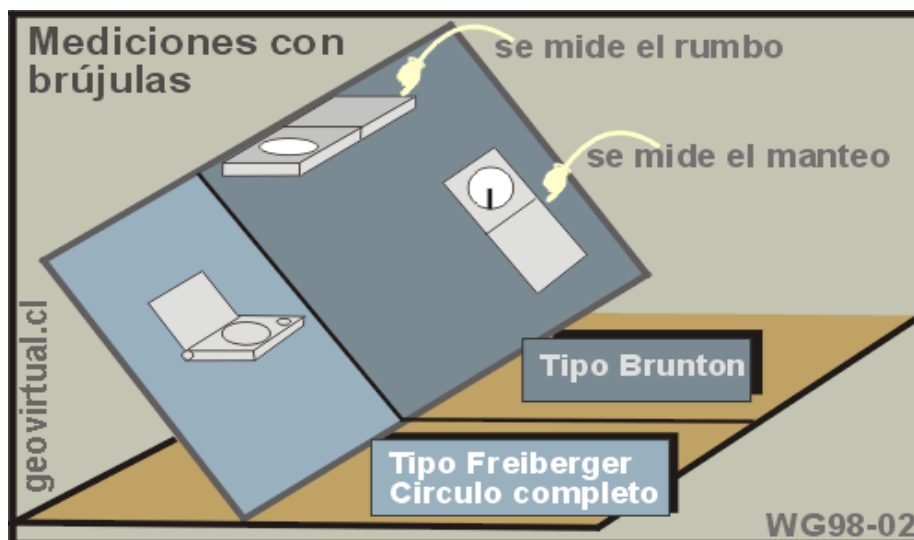
La brújula "Brunton" se usa generalmente para mediciones del rumbo y manteo. Es decir mediciones del tipo "**medio círculo**" y del "**tipo americano**". También mediciones del concepto "círculo completo" son posibles. La brújula "Brunton" existe en la versión azimutal (de 0 hasta 360°) y en la versión de cuadrantes (cada cuadrante tiene un rango entre 0-90°) el "*rumbero*".



La brújula Brunton tiene un clinómetro, un botón para fijar/liberar la aguja. La escala es azimutal / contrarreloj. Adentro de la escala, un poco escondido, se nota la escala del clinómetro y las niveles.

a) Brunton para tipo americano

1. La brújula está en orientación del rumbo, junto a las rocas
2. La burbuja del nivel esférico tiene que estar en el centro
3. La aguja tiene que estar libre
4. Se toma el valor del rumbo N.....E o N.....W
5. Se pone la brújula perpendicular al rumbo
6. Se usa el clinómetro
7. La burbuja del nivel tubular tiene que estar en el centro
8. Se toma la lectura del clinómetro como manto
9. Se estima la dirección de inclinación en letras (N, NW, E, SE, S, SW, W, NW)



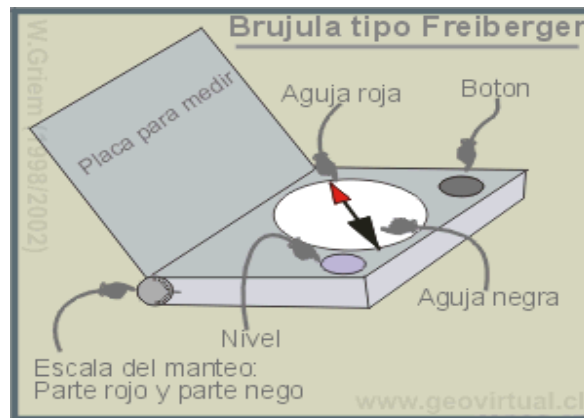
b) Brunton como círculo completo

1. Se usa el espejo como placa para medir
2. El espejo tiene que estar junto con la roca
3. La burbuja del nivel esférico tiene que estar en el centro
4. La aguja está libre
5. Se fija la aguja
6. Se estima la dirección de inclinación del plano
7. Se elige la aguja más cerca de la estimación como valor de la dirección de inclinación
8. Se toma este valor: dirección de inclinación
9. Se mide con el clinómetro el manto: Nivel Tubular tiene que estar en el centro
10. Se toma la lectura del clinómetro como manto.

3.- BRÚJULA DEL TIPO FREIBERGER

Para mediciones de círculo completo (dirección de inclinación/ manto). Con la brújula Freiburger se puede medir en una vez la dirección de inclinación y el manto. Pero también se puede tomar excepcionalmente datos del tipo americano (Rumbo, Manto, dirección).

Con la brújula Freiburger se mide más rápido y más fácil. Los datos del tipo círculo completo son más rápidos y fáciles de manejar.



La brújula "Freiburger": **A** = botón para liberar / fijar la aguja, **B**= Escala del manto o buzamiento (rojo y negro); **C**= Nivel esférico; **D** = placa para medir.



En la Foto: Escala del manto: **A** = placa para medir; **B** = línea de lectura; **C**= sector rojo

a) Freiberger para Círculo Completo:

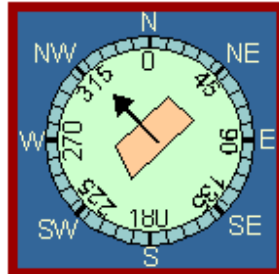
1. Placa para medir tiene que estar junto con la roca
2. Nivel esférico tiene que estar en el centro.
3. Aguja está libre
4. Se fija la aguja
5. Se verifica la escala del manteo: rojo=aguja roja o negro: aguja negra
6. Se toma la lectura de la aguja (negra o roja; véase 5.) = valor de la dirección de inclinación
7. Se toma la lectura de la escala del manteo: Valor del manteo.

4.- LOS DATOS TECTÓNICOS

Tipos de Notaciones: Existen lamentablemente varias maneras para definir un plano geológico. En la misma manera no hay un concepto único en las notaciones. Importante es el uso correcto de un tipo de notaciones, sin mezclar con los demás. Se prefiere notaciones simples para no complicar el traspaso a la computadora.

Existen tres tipos de notaciones de datos tectónicos:

a) Círculo completo: dirección de inclinación/manteo (**ejemplo 320/65**)

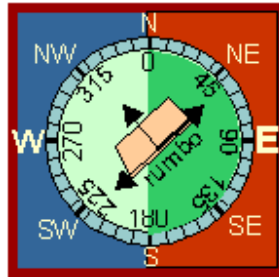


El tipo de notación más fácil y más eficiente. Sólo dos números permiten la descripción y definición de cualquier plano. El primer número (ejemplo: 320/...) es la dirección de inclinación (dip direction), el valor azimutal en grados ($^{\circ}$) hacia donde el plano se inclina. Un plano con inclinación hacia al norte entonces tiene 0° hacia al este corresponde a 90° ; hacia al sur 180° ; hacia oeste= 270° . Entonces el primer número (la dirección de inclinación) puede llegar hasta 360° .

El manteo siempre es el ángulo pequeño entre la horizontal y el plano geológico. Nunca puede ser superior de 90° .

Este tipo de notación es fácil y rápido por tener solo dos números. Es muy recomendable usar este tipo de notación. No hay tantos errores a gracias de una definición fácil y única.

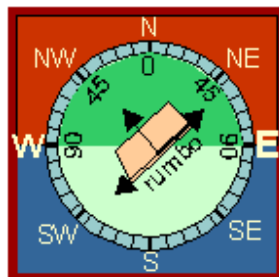
b) Medio círculo: Rumbo/manteo dir. (ej. 50/65NW)



Este tipo de medición hoy casi no se usa, pero existe todavía: El primer número (ejemplo 50) es el rumbo en una forma azimutal, podría ser un número entre 0° hasta 180° . Siempre hay un rumbo en este segmento. El segundo número es el manteo. Las letras al fin definen la dirección de inclinación. Eso es necesario porque el rumbo es bidireccional y siempre resultan dos posibilidades hacia donde se inclina el plano.

Este sistema de notación era bastante fácil y seguro. Especialmente con la brújula Brunton. También con la brújula Freiburger funcionó bastante bien. Lamentablemente en los últimos años se quedó un poco en el olvido.

c) Tipo americano: N rumbo E/W; manteo dir. (ej. N50E;65NW)

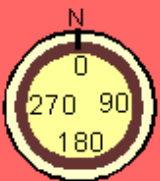

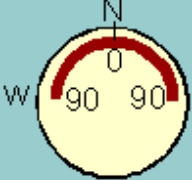
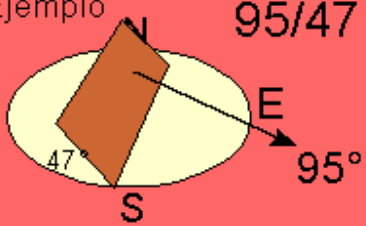
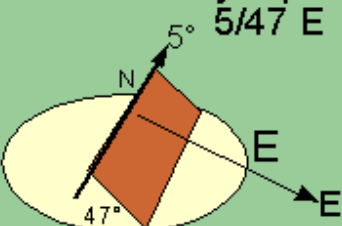
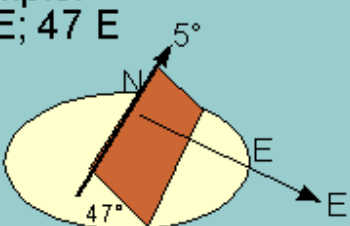


El tipo de notación más usado en Chile es el tipo americano. N significa el inicio (punto cero) del dato (para planos geológicos siempre se puede usar N; para lineaciones también se necesita "S"). El primer número (ejemplo: 50) significa el rumbo a partir del N. Hay dos posibilidades hacia E como este o hacia W como oeste. El rumbo en este tipo de notación nunca es mayor de 90° . Entonces en el ejemplo tenemos 50° hacia el este. Después del ";" viene el manteo como se conoce, y como último la dirección de inclinación en letras. El problema de esta notación es la gran cantidad de letras y números para definir el plano. Además en el cuadrante N...W se cuenta contra-reloj, en el cuadrante N...E en el sentido del reloj, eso también complica un poco esta norma. El uso de este tipo de notación siempre necesita atención y sería mejor verificar los datos tomados o traspasados (especialmente en las horas de la tarde...).

Los tres tipos de notaciones tectónicas definen matemáticamente la orientación un plano geológico. Para definir un plano se usan una línea fija, que marca la orientación en el plano: La primera posibilidad es el rumbo, la otra es la dirección de inclinación.

El Rumbo es **la** línea horizontal de un plano y marca hacia dos direcciones opuestas. Planos horizontales entonces no tienen un rumbo (o mejor una cantidad infinita de rumbos).

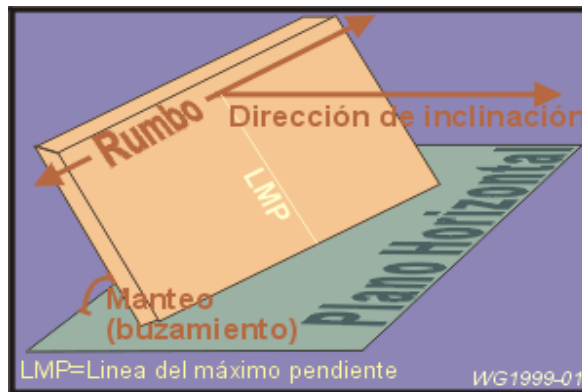
(Definición original: El rumbo es la línea o lineación que resulta por la intersección del plano de interés con un plano horizontal o vertical)

Circulo Completo	Medio circulo	Tipo americano
 <p>dir / mt dir= dirección de inclinación (puede ser 0-360°) mt= manto (puede ser 0-90°)</p>	 <p>rb / mt di rb= rumbo (puede ser 0-180°) mt= manto (puede ser 0 - 90°) di= dirección de inclinación en letras</p>	 <p>N rb E; mt di N rb W; mt di rb: rumbo entre 0-90° mt: manto entre 0-90° di: dirección de inclinación en letras</p>
<p>Ejemplo</p>  <p>95/47</p>	<p>Ejemplo:</p>  <p>5/47 E</p>	<p>Ejemplo:</p>  <p>N 05 E; 47 E</p>
<p>Brújula tipo Freiburger Geo-Brunton Brújula Brunton</p>	<p>Brújula Brunton (azimutal) Geo-Brunton Brújula Freiburger</p>	<p>Brújula Brunton Geo-Brunton Brújula Freiburger</p>

5.- CONCEPTOS DE RUMBO / MANTEO / DIRECCIÓN DE INCLINACIÓN

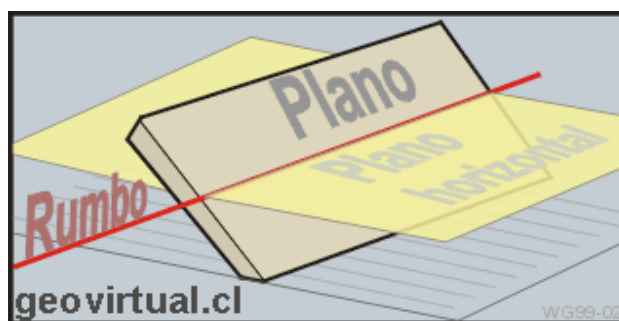
Para describir la orientación de un plano geológico matemáticamente se necesitan dos (o tres) propiedades:

- a) Dirección de inclinación
- b) Rumbo
- c) Manteo (o buzamiento)



Para definir la orientación de un plano se necesita la dirección de inclinación y el manteo; o el rumbo, manteo y la dirección de inclinación. La dirección de inclinación (*ingl. Dip Direction*) marca hacia donde se inclina el plano, o la proyección horizontal de la línea del máximo pendiente.

El rumbo es la línea horizontal de un plano (véase abajo). El manteo o buzamiento (*ingl. dip*) mide el ángulo entre el plano y el plano horizontal.



El rumbo se puede definir como línea que resulta por la intersección del plano geológico por un plano horizontal.

Se puede imaginarse una superficie de agua (que es siempre horizontal), se hunde el plano hasta la mitad, la línea hasta donde se mojó el plano será el rumbo.

6.- BRUNTON PARA TIPO AMERICANO

Es la manera común del uso de la brújula Brunton, los datos tienen el formato: "N 54 E; 78NW" por ejemplo.

1. La brújula está en orientación del rumbo, junto a las rocas.



2. La burbuja del nivel esférico tiene que estar en el centro.

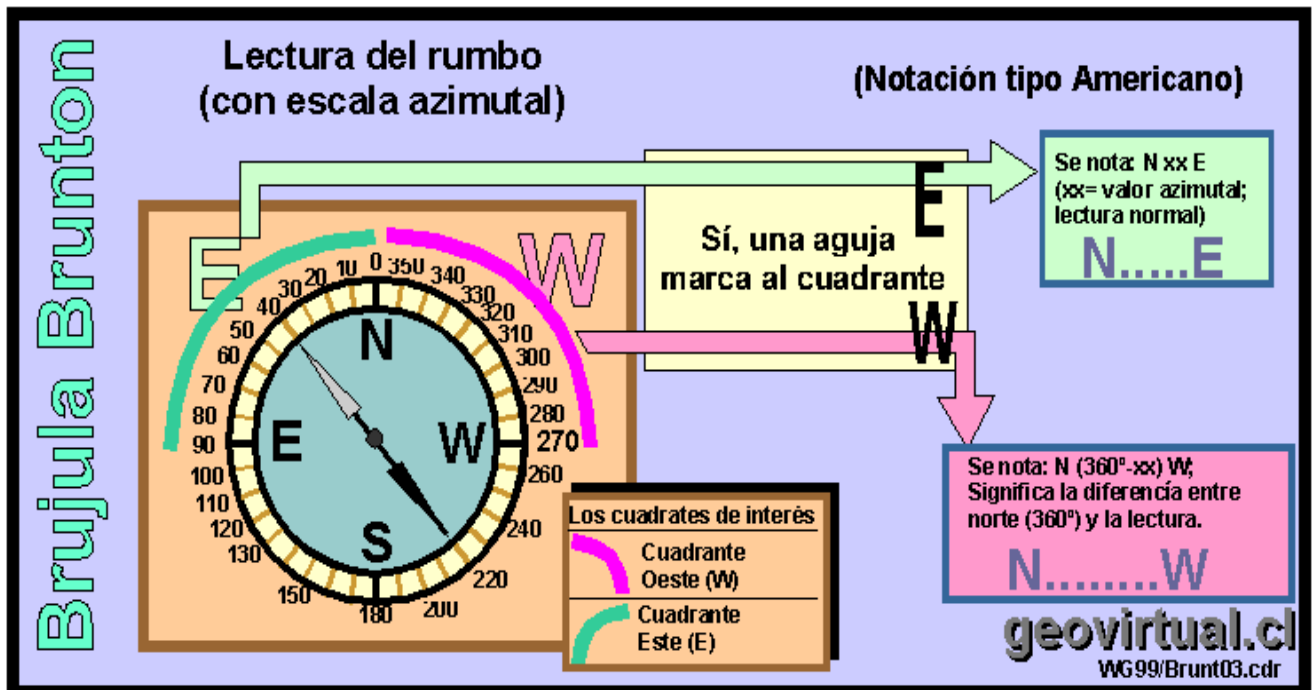
3. La aguja tiene que estar libre.

4. Se toma el valor del rumbo N.....E o N.....W.

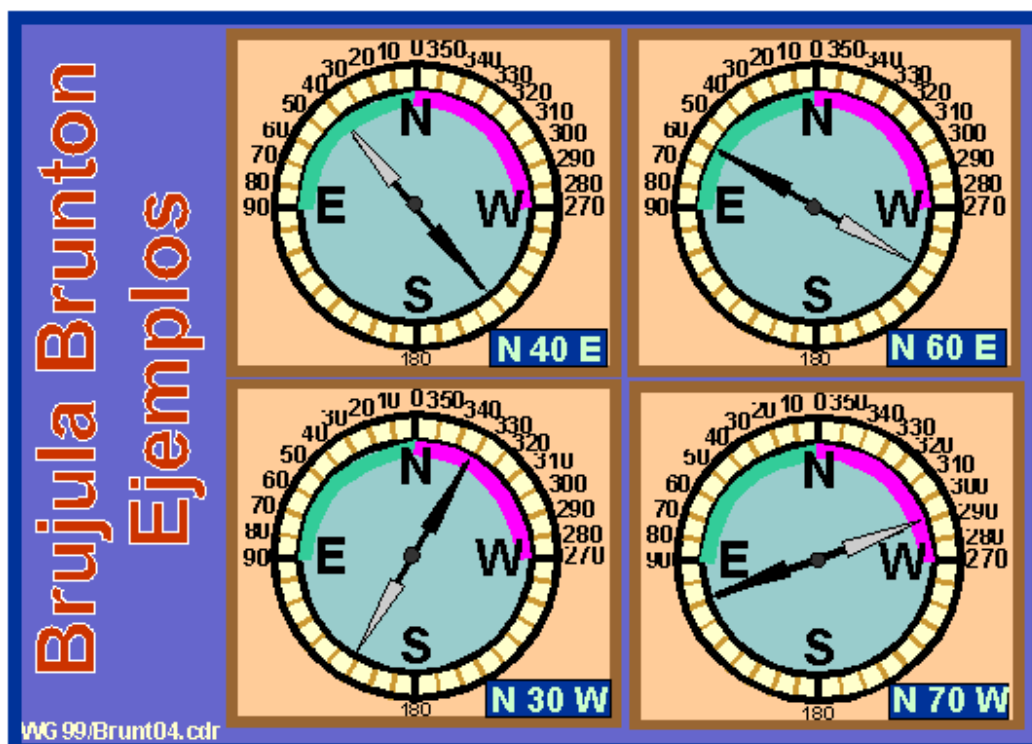
Para tomar el valor del rumbo se usan solo los cuadrantes I (entre 0 hasta 90°) o el cuadrante IV (entre 270° hasta 360°). Significa la aguja que marca entre 0-90° o entre 270-360° es la aguja de la lectura. Puede ser la aguja negra o la aguja blanca. Existen dos posibilidades:

Caso 1: Una de las agujas marca entre 0-90° azimutal (cuadrante I): Automáticamente se toma **N [valor] E**. En este caso siempre sale una "E".

Caso 2: Una de las agujas marca entre 270°-360° azimutal (cuadrante IV): Tenemos que usar la distancia entre norte y la aguja o como fórmula: **N [360°-valor] W**. En este caso siempre sale una "W".



Algunos ejemplos de la notación del tipo americano con la brújula del tipo Brunton:



5. Se pone la brújula perpendicular al rumbo.



6. Se usa el clinómetro.

El clinómetro se ubica generalmente en el interior de la escala azimutal de la brújula. Se compone de una escala 90 - 0 - 90 y una línea de lectura. Al otro lado de la brújula se encuentra una manilla para mover el clinómetro.



En la foto se muestra el clinómetro con la escala correspondiente: el valor en la foto será alrededor de 33°.

7. La burbuja del nivel tubular tiene que estar en el centro.

8. Se toma la lectura del clinómetro como manto.

La lectura del clinómetro se toma en la escala del clinómetro - véase la foto arriba dentro del círculo rojo, debajo de la escala azimutal. Este valor (en la foto 33°), nunca es mayor de 90° - es el manto:

Entonces: N....E; Manto

9. Se estima la dirección de inclinación en letras (N, NW, E, SE, S, SW, W, NW).

Al último se estima con ayuda de la brújula la dirección de inclinación del plano medido. Pero se usa solo letras como N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) para indicar la dirección de inclinación:



Finalmente: N....E; Manteo, Dirección

7.- USO DE LA BRÚJULA BRUNTON EN MEDICIONES DE CÍRCULO COMPLETO

Brújula tipo Brunton mediciones del círculo completo (ejemplo: 220/65):

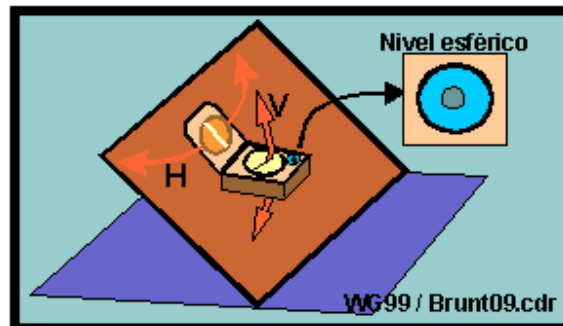
Este método no es lo común, pero permite conseguir valores del tipo círculo completo con la brújula Brunton. Los valores de la notación "círculo completo (ejemplo: 220/65)" son mucho más cómodo y más fácil para procesar. Además este tipo de notación disminuye considerablemente posibles errores de transcripción.

- 1. Se usa el espejo como placa para medir.**



2. El espejo tiene que ser junto con la roca.

3. La burbuja del nivel esférico tiene que estar en el centro.



4. La aguja debe estar libre.

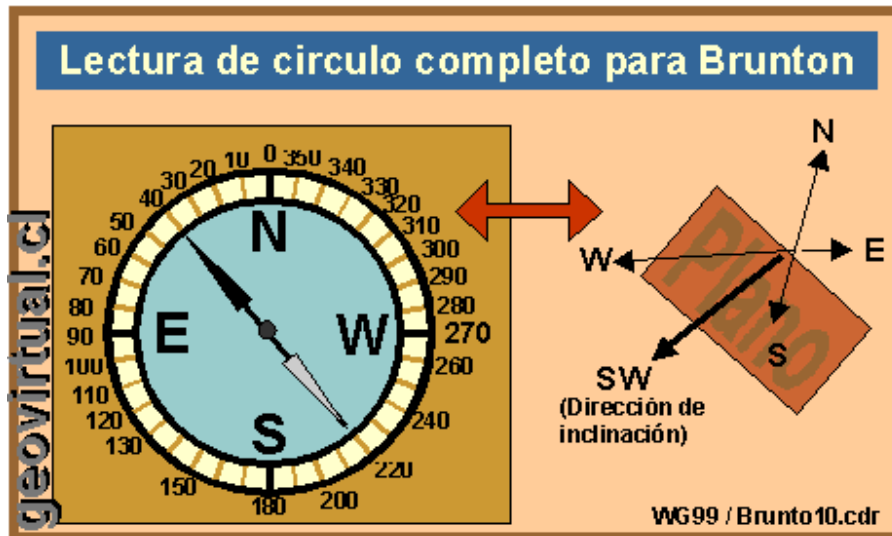
5. Se fija la aguja.

6. Se estima la dirección de inclinación del plano.



7. Se elige la aguja más cerca de la estimación como valor de la dirección de inclinación.

Por ejemplo: Se estima una dirección de inclinación del plano alrededor de SW (entre 270° hasta 180°). La aguja blanca de la brújula Brunton marca hacia 220° , la aguja negra hacia 40° . La estimación indica que la aguja blanca con 220° es la aguja correcta.



Entonces se nota: **220** /

8. Se toma este valor: dirección de inclinación.

9. Se mide con el clinómetro el manteo: Nivel tubular tiene que estar en el centro.



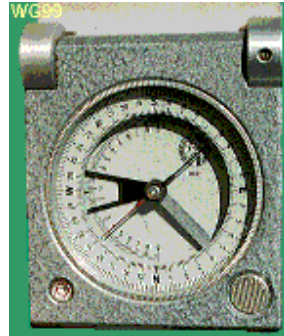
10. Se toma la lectura del clinómetro como manteo.

Entonces: 220 / **65**

El valor completo será entonces: 220/65

8.- USO DE LA BRÚJULA FREIBERGER EN MEDICIONES DE CÍRCULO COMPLETO

El uso del sistema "circulo completo" con la brújula "Freiberger" llega a datos del tipo "298/45" por ejemplo. El método "Freiberger con "circulo completo" es el más fácil, más rápido y el más seguro. Los datos se componen de solo dos cifras y no hay posibilidades de confundirse. El método además tiene la ventaja que no hay que pensar, solamente hay que tomar los datos.



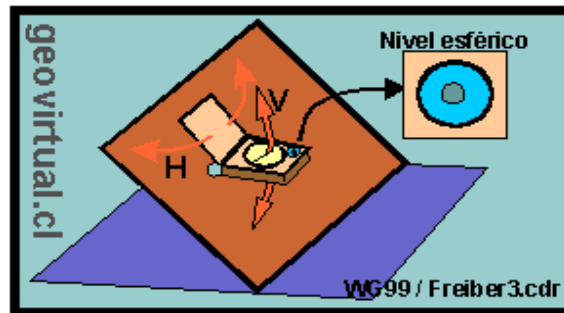
La brújula del tipo "Freiberger" mide en una acción la dirección de inclinación y el manto. Tiene una escala azimutal (contrarreloj), un botón para fijar la aguja y una escala del manto con escala roja y negra. Las mediciones de este tipo de brújula son de alta confiabilidad y esta brújula es fácil para usar.

1. Placa para medir tiene que estar junto con la roca.



2. Nivel esférico tiene que estar en el centro.

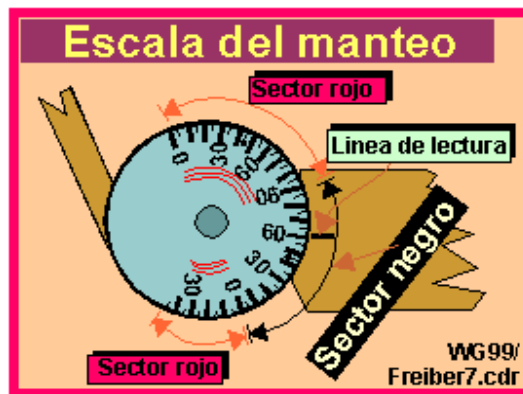
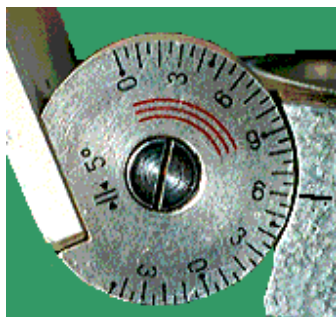
Se mueve la brújula vertical (v) o horizontal (h) hasta la burbuja del nivel esférico está en el centro.



3. Aguja está libre.

4. Se fija la aguja.

5. Se verifica la escala del manteo: rojo=aguja roja o negro: aguja negra.



nota: Esta brújula (izquierda) no muestra una marca roja en la parte inferior de la escala: Debería tener las mismas tres líneas rojas como tiene en la parte superior.

6. Se toma la lectura de la aguja (negra o roja; véase 5.) = valor de la dirección de inclinación

Este valor está entre 0° y 360° : entonces por ejemplo: **287 /**

7. Se toma la lectura de la escala del manteo: Valor del manteo.

El valor del manteo puede ser entre 0° hasta 90° : Entonces por ejemplo: **287 / 82**

9.- LA BRÚJULA "GEO – BRUNTON"

Esta brújula es una combinación del "[Brunton Tradicional](#)" y del [Freiberger](#). Entonces se puede usar con el [tipo americano](#) (N 45 E; 65NW por ejemplo) y con la notación del [círculo completo](#) (315/65 por ejemplo). Ahora no es necesario para comprarse dos brújulas - el "Geo-Brunton" une todas ventajas en un equipo.



Tipo americano con el "Geo-Brunton":

Funciona igual que un Brunton Tradicional - no hay diferencias - claro que se usa el clinómetro y no la escala del manteo.

Tipo Freiburger:

El geo-Brunton tiene todos los implementos para funcionar como un [Freiberger](#). La única diferencia es la escala de manteo se divide en un sector negro y sector plateado (silver).



La escala del manteo de la nueva brújula "Geo-Brunton".

La línea amarilla marca el sector que debería ser marcada "silver".

La regla es: Sí la línea de lectura (adentro del círculo rojo en la foto arriba) marca en el área negra se usa la aguja "N". Sí la escala del manteo apunta en el sector plateado, en inglés "silver" se usa la aguja "S".

Un pequeño error: Entre el manteo "0" debajo del círculo rojo en la figura y 40° abajo debería pertenecer al sector "silver".