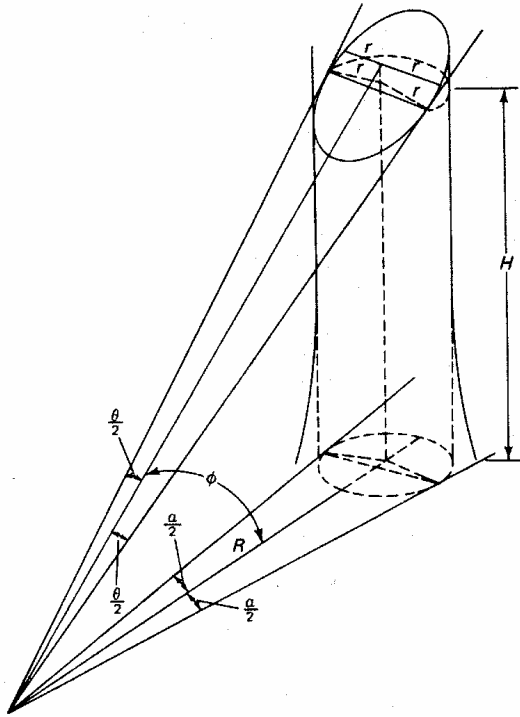


### 3.1 Relascopia

El **relascopio de espejos** de bandas es un **dendrómetro** que permite medir diámetros - bajo ciertos supuestos básicos - a alturas superiores del fuste utilizando algunos principios trigonométrico un su construcción.

#### Principios trigonométricos de construcción



Considere la figura lateral donde se intenta medir el diámetro superior  $d=2r$ , a partir de una distancia horizontal  $R$  que separa al observador del árbol.

Dado que  $R$  se encuentra a una altura  $H$  sobre el nivel del observador y que no es posible medir directamente, se aplica el siguiente principio:

Existe un ángulo  $\theta$  que el observador puede medir en la proyección del diámetro superior sobre el punto de observación con algún instrumento.

Además este diámetro superior puede ser trasladado al plano de lectura horizontal con un ángulo  $\alpha$ .

Si consideramos las relaciones de la figura, se tiene que:  $d = 2r = 2R \sin \frac{\alpha}{2}$

Dado que:  $\sin \frac{\alpha}{2} = \tan \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}$

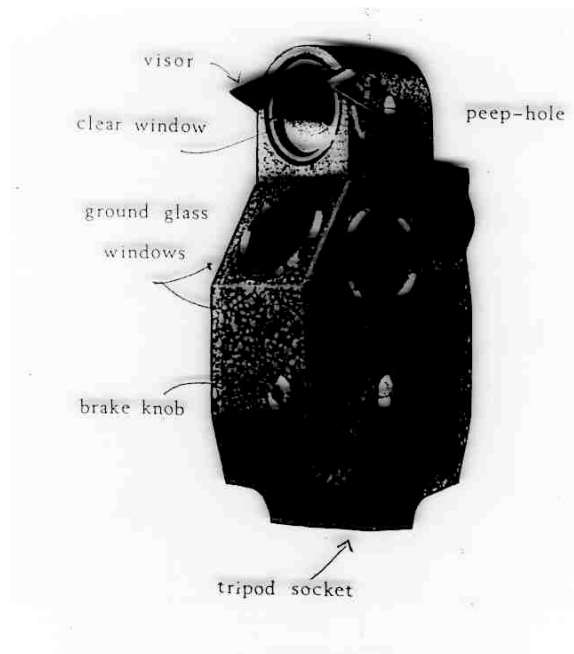
Entonces,  $d = 2R \cdot \tan \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}$

Además,  $\tan \frac{\alpha}{2}$  puede expresarse en términos de  $\phi$  y  $\theta/2$  dado que:  $\tan \frac{\alpha}{2} = \sec \phi \tan \frac{\theta}{2}$

y entonces:  $d = 2R \cdot \sec \phi \tan \frac{\theta}{2} \cos \frac{\alpha}{2}$

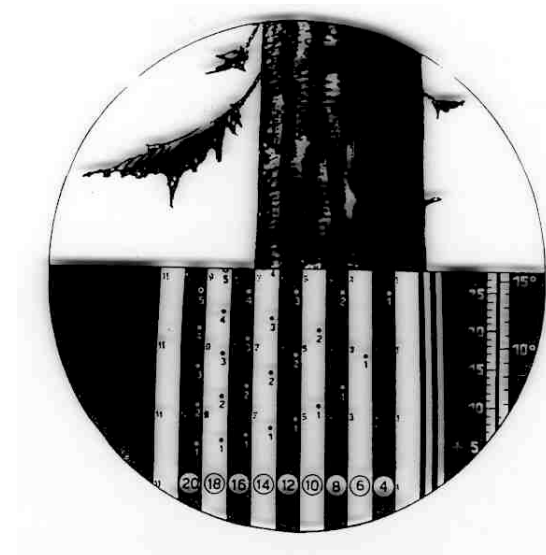
Si se considera que  $\cos \alpha \cong \cos \theta$ , entonces para realizar la estimación se requiere sólo tener una medida del ángulo de inclinación  $\phi$  y del ángulo de observación  $\theta$ .

El relascopio de espejos como se indica en la figura siguiente consiste en una caja metálica que en su interior contiene bandas de observación.



Como se observa en la figura lateral, externamente tiene un orificio de observación, cuya entrada de luz se controla con el visor. Está provisto de ventanas laterales para el ingreso de luz hacia el interior del instrumento y permitir realizar las lecturas. También posee un botón de “freno”, que permite la estabilización de las lecturas cuando se inclina el instrumento en un ángulo  $\phi$ . El instrumento posee un contrapeso interno y tiende a encontrar su posición vertical. También aloja en su base un hilo hembra que permite su fijación a un trípode para poder trabajar con mayor comodidad en terreno. La forma externa de los distintos tipos de relascopios es la misma sin embargo existen instrumentos para unidades métricas decimales y unidades inglesas. Además existe un instrumento de escala ancha y otro de escala angosta. En este caso sólo nos referiremos al de escala ancha, que es más cómodo y adecuado a todo tipo de bosques.

El instrumento está diseñado para medir al ángulo de inclinación  $\phi$  y el ángulo de observación del objeto  $\theta$ . Para ilustrar las mediciones se indica a continuación una observación de medida fustal a una altura superior.

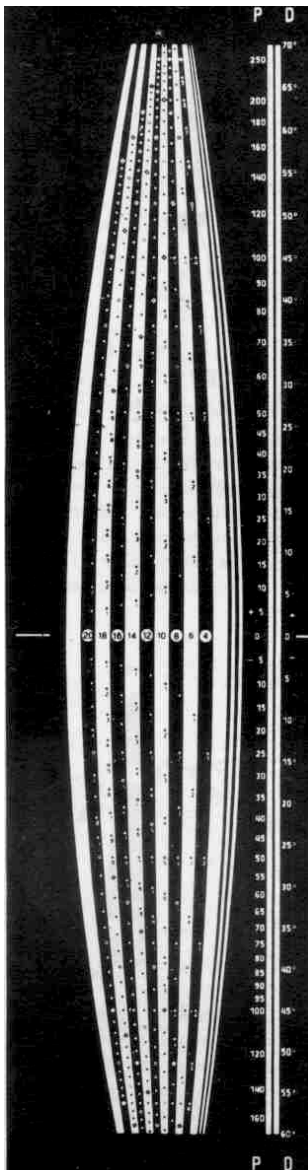


La ventana de observación tiene dos hemisferios: el superior que está libre y permite observar el objeto de medida. El hemisferio inferior está constituido por un conjunto de “bandas” blancas y negras alternadamente. Las bandas “anchas” se ubican a la izquierda de la zona de lectura, en tanto las bandas “angostas” se ubican en el extremo derecho de la primera banda ancha de color blanco. Al lado derecho existen dos bandas de lectura de inclinación vertical. La interior izquierda corresponde al ángulo de inclinación que presenta el objeto en porcentaje sobre el nivel del observador y la externa expresa la misma medida en grados. Los dos hemisferios están separados por la llamada “línea de lectura u observación” exactamente en la mitad de la ventana de observación.

La lectura del ángulo de inclinación  $\phi$  se mide directamente en la banda vertical del lado derecho. La lectura del ángulo de observación del objeto  $\theta$ , se realiza mediante el conteo de las llamadas unidades relascópicas. En el caso que se ilustra corresponde a una cierta graduación en que el número de bandas anchas expresa el equivalente en grados de observación.

Cada banda ancha corresponde a un determinado ángulo, y la su suma de los correspondientes al objeto de medición equivale en la fórmula a  $\sec \phi * \tan \theta/2 * \cos \theta/2$ .

Para realizar la medición del ángulo  $\theta$ , es necesario ubicar simultáneamente la visión tangente del diámetro superior izquierdo en la separación de dos bandas anchas y la visión tangente del mismo fuste en el lado derecho entre las bandas angostas. Dado que por construcción 1 banda ancha = 4 bandas angostas, entonces se puede “contar” la cantidad de bandas anchas equivalentes como  $N^\circ$  bandas anchas +  $N^\circ$  de bandas angostas/4 . Nótese que la precisión instrumental es  $\frac{1}{4}$  de banda ancha. Es razonable pensar que un lector habituado puede “interpolar” una lectura de banda angosta en 1/10.



En la ilustración se observa que el diámetro proyecta una lectura de 7 bandas anchas + 1,6 bandas angostas (0,4 bandas anchas) total 7,4 unidades relascópicas o bandas anchas. También puede observarse que la lectura de inclinación está en 28% sobre el nivel del observador. La dificultad mayor para un principiante consiste en acostumbrarse a “extrapolar” la lectura de inclinación ya que todas las medidas sobre la línea de lectura se ocultan, por lo tanto la lectura siempre será una extrapolación. En los ángulos muy agudos ésta medida se hace cada vez más estrecha y dificultosa, como se indica en la figura que se muestra a continuación.

Si se observa con detalle la imagen, se observará que las bandas tienen una forma de “huso”. Ello se debe a la corrección del ángulo incorporada en el instrumento. Se recordará que el diámetro  $d=f(\phi)$ . En particular la corrección vertical la efectúa el término  $\sec \phi$ . Cuando  $\phi=0^\circ$  entonces  $\sec \phi=1$ , por lo tanto la corrección de  $\theta$  en ese ángulo (el de observación) es 1. Ello se ve reflejado en que en la línea de observación no existe corrección alguna que hacer y por tanto el ángulo no tiene correcciones verticales. Por otro lado cuando  $\phi$  varía, el instrumento incorpora directamente su corrección por la inclinación del ángulo  $\phi$ , lo cual equivale a decir que un mismo diámetro disminuye su proyección visión de acuerdo al ángulo de proyección  $\phi$ . El instrumento tiene una serie de supuestos que deben ser considerados para la estimación de diámetros:

- Supone que el árbol es un cuerpo perfectamente cilíndrico
- Supone que el árbol siempre se encuentra en posición vertical y a una misma distancia de medición horizontal
- Supone que la relación  $\cos \alpha \cong \cos \theta$

Cuando se violan los supuestos esenciales de la construcción del instrumento o se cometen errores en la medición se pueden generar grandes errores.

Las condiciones óptimas de medición tienen que ver con:

- la correcta selección del ángulo de visión del árbol, idealmente debe observarse todo el fuste desde un mismo punto de observación,
- ese punto de observación no debe alterarse ya que generará variación en los ángulos de medición,
- la distancia a la cual debe realizarse la medición tiene que ser idealmente similar a la longitud total de medida del fuste, dado que mediciones muy próximas al árbol generarán grandes errores de medición por efecto de la imprecisión que se generará en la medición del ángulo de inclinación, y sus dificultades naturales para realizar las medidas de diámetro. También medidas muy cercanas violan el supuesto de construcción del instrumento dado que  $\cos \alpha \neq \cos \theta$ . Cuando se elige por el contrario una distancia muy grande se pierde precisión en la observación del diámetro, aún cuando se gana precisión en la determinación del ángulo de inclinación. Por esta razón idealmente debe elegirse un ángulo de observación cercano a 45° (100 % de pendiente o distancia de lectura igual a la altura total del árbol)

Las fórmulas que en la práctica se utilizan son:

$$d = 2 * R * UR \text{ y,}$$
$$h = 0.01 * (\text{psup \%} - \text{pinf \%}) * R$$

donde:  $d$  = es el diámetro a una altura de interés \* psup %, (cm)  
 $R$  = distancia de medición (m),  
 $UR$  = unidades relascópicas (Nº bandas anchas)  
 $h$  = longitud del fuste medido entre psup % y pinf % (m),  
psup % = porcentaje de medición en un punto de lectura superior y,  
pinf %, = porcentaje de medición en un punto de lectura inferior.

Los procedimientos operativos que deben seguirse para utilizar las medidas de diámetro superior son simples:

- elegir un buen punto de observación,
- medir la distancia hasta el árbol,
- ubicar el objeto de medida en la línea de lectura,
- soltar el freno hasta que las bandas no tengan oscilaciones,
- girar el instrumento horizontalmente hasta que se puedan contar las bandas de la manera antes indicada y,
- aplicar la fórmula.

Para realizar medidas de altura a diámetros superiores (adicionalmente a las anteriores):

- girar el instrumento verticalmente hasta que se puedan medir el porcentaje de inclinación en que se encuentra la línea de lectura respecto de la línea horizontal y,
- aplicar la fórmula.