

Instrumentos Ópticos: Ojo, Binoculares y Telescopios

Ernesto Nicola

Curso de Iniciación a la Astronomía 2022, 1er trimestre

Palma de Mallorca, 2022-01-13



Contenido de la charla

1 Ojo Humano

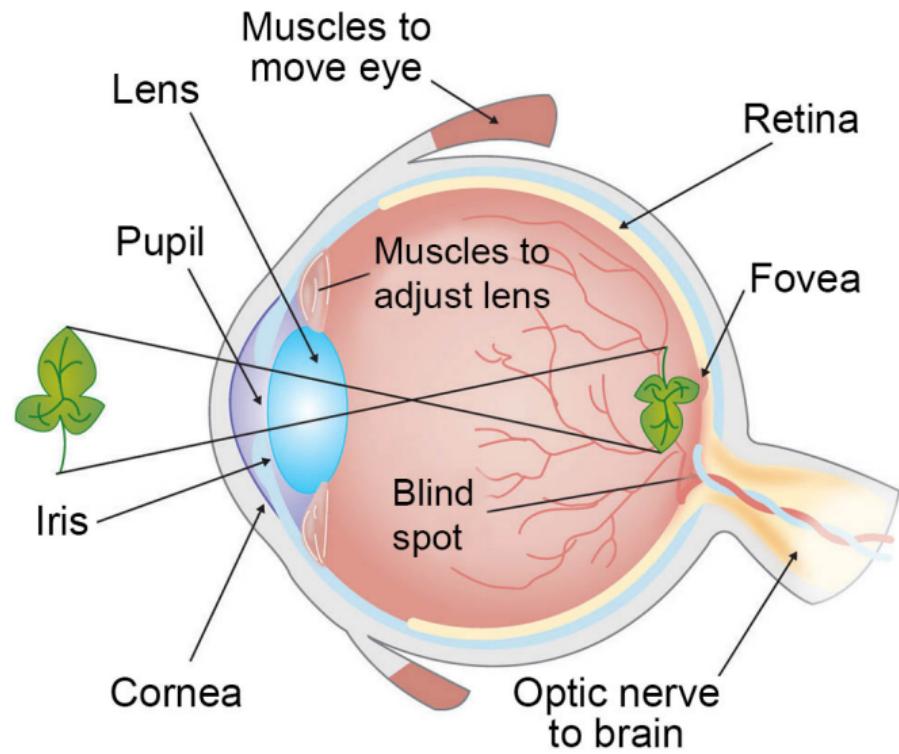
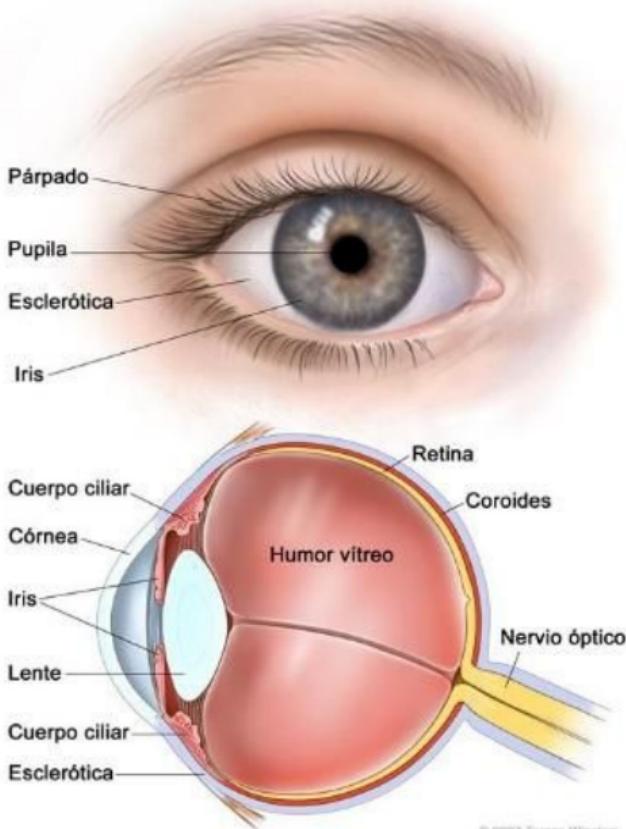
2 Instrumentos Ópticos

- Generalidades
- Binoculares
 - Anatomía de los Binoculares
 - Tipos de Binoculares
 - Binoculares y sus Parámetros
- Telescopios
 - Parámetros del Telescopio
 - Tipos de Telescopios

3 Mounturas

1. El Ojo Humano

El Ojo Humano



La Pupila: control de la cantidad de luz

Se contrae por efecto de los músculos circulares del iris. (Parasimpático)



Luz intensa

Pupila

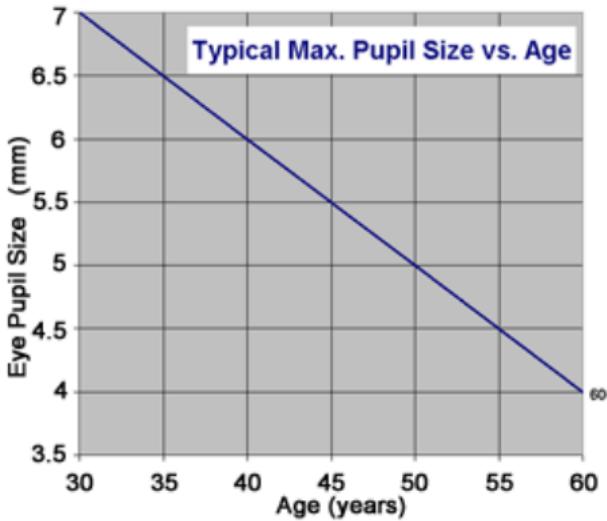


Luz normal

Se dilata por efecto de los músculos radiales del iris. (Simpático)

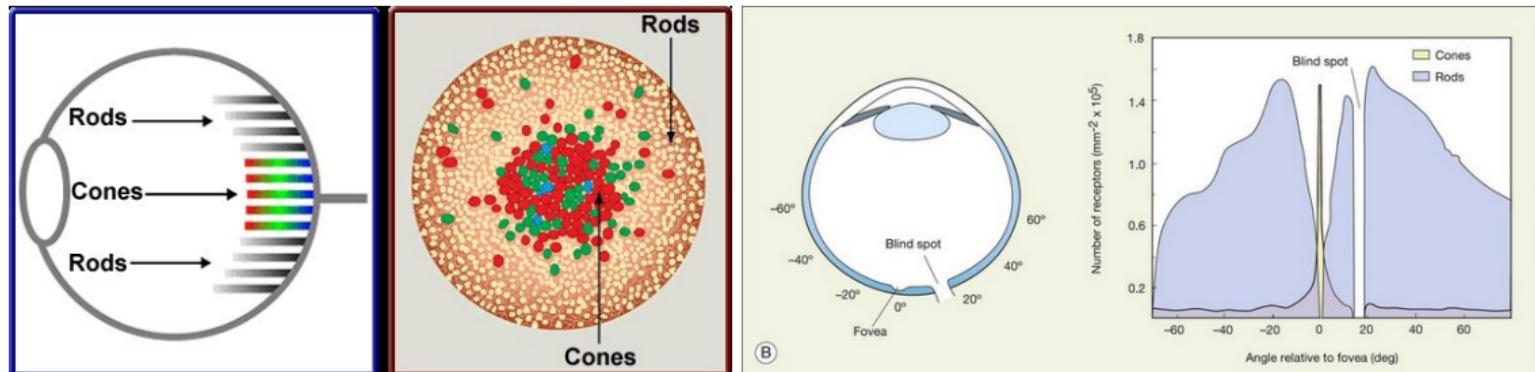


Luz tenue



- El tamaño de la pupila controla la cantidad de luz que la retina puede captar
- El ojo adapta el tamaño de la pupila al nivel de iluminación en pocos segundos
- En la oscuridad la pupila se dilata hasta alcanzar un máximo
- El tamaño máximo de la pupila depende de la edad:
 - aproximadamente 7 mm para gente joven
 - menos de 4 mm para mayores de 60 años

Fotoreceptores en la Retina: Conos y Bastones



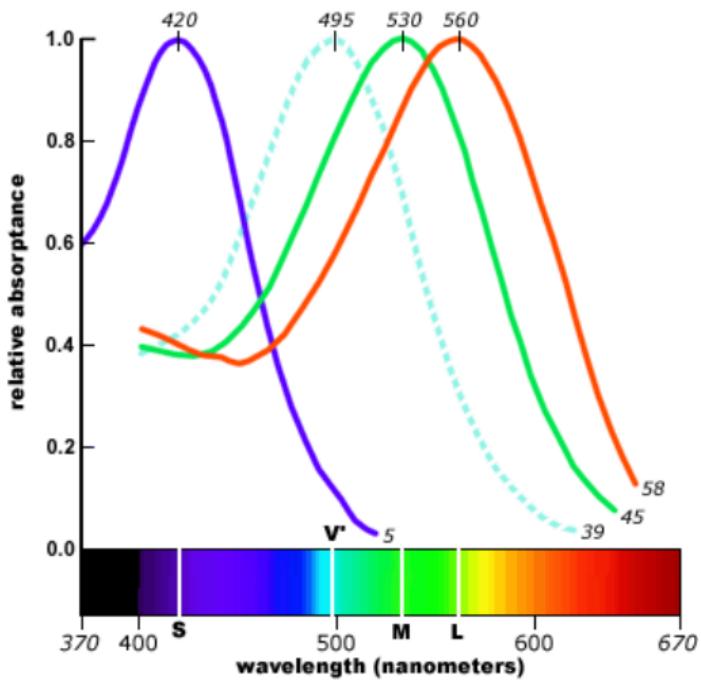
● Conos:

- Fotoreceptores para luz diurna
- Distinguen el color (hay 3 tipos distintos de conos)
- Están concentrados en la parte central de la retina llamada **fóvea** (su tamaño angular es de menos de un grado)
- Responsables de la visión con máxima resolución cuando hay buena iluminación

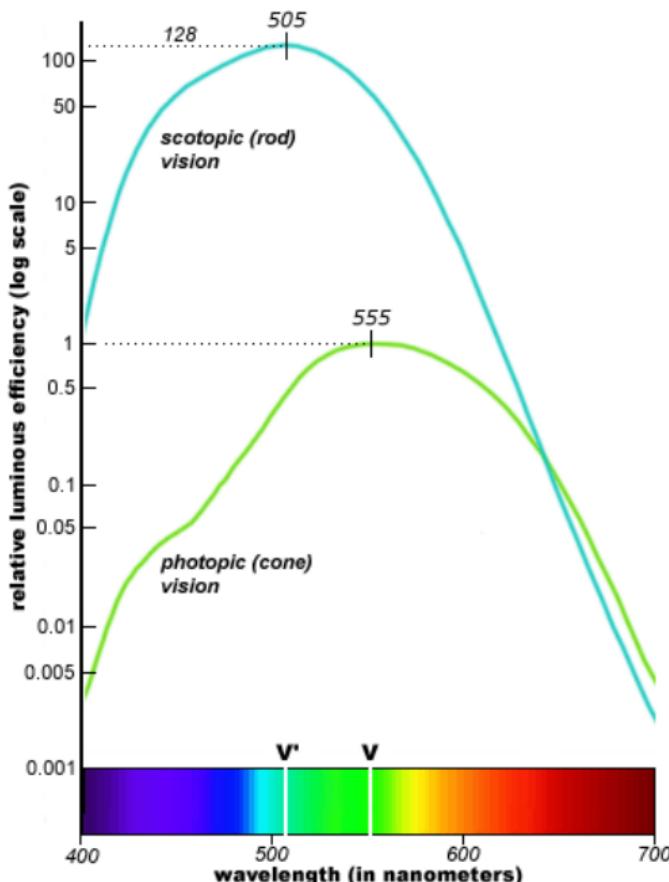
● Bastones:

- Fotorreceptores para luz nocturna
- Son muy sensibles a la luz (unos pocos fotones son suficientes)
- No distinguen el color (visión en "blanco y negro")
- Están distribuidos por toda la retina excepto en el área central (la fóvea) y en el punto ciego (la zona de la retina de donde surge el nervio óptico)

Sensibilidad de los Fotoreceptores en la Retina



- Sensores en la retina: 3 conos + 1 bastones
- ¡La visión nocturna es mucho más sensible!
- ¡La visión nocturna es en "blanco y negro"!



¡Usa óptimamente tus ojos!

Dos factores contribuyen a que el ojo humano vea de manera óptima en la oscuridad:

- ➊ Pupila totalmente dilatada (tarda unos pocos segundos)
- ➋ Adaptación de la sensibilidad de la retina
 - Proceso químico que se produce en la retina en condiciones de muy poca iluminación
 - La adaptación mejora enormemente la sensibilidad de la retina.
 - Activación de los bastones puede llegar a tardar hasta 30 minutos ya que está basado en la producción de una proteína
 - Cualquier incremento de luz (incluso si es efímero) es suficiente como para retornar el proceso al punto inicial en pocos segundos.

¡Usa óptimamente tus ojos!

Técnica de la visión advertida:

- Técnica para lograr una visión óptima en la oscuridad
- Consiste en usar la periferia de la retina para distinguir objetos tenués
- Centrar la mirada en un sitio desplazado del área de interés



2. Instrumentos Ópticos

2. Instrumentos Ópticos

Generalidades sobre los Instrumentos Ópticos

¿Por qué son necesarios los instrumentos ópticos?

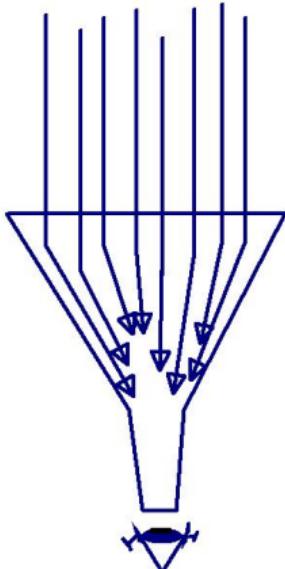
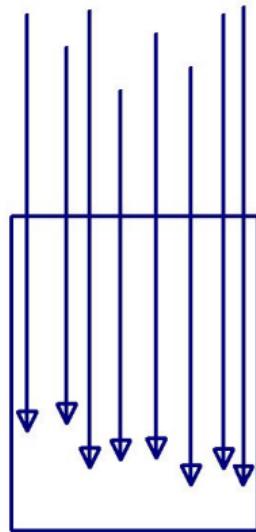


Fuente: Wikipedia

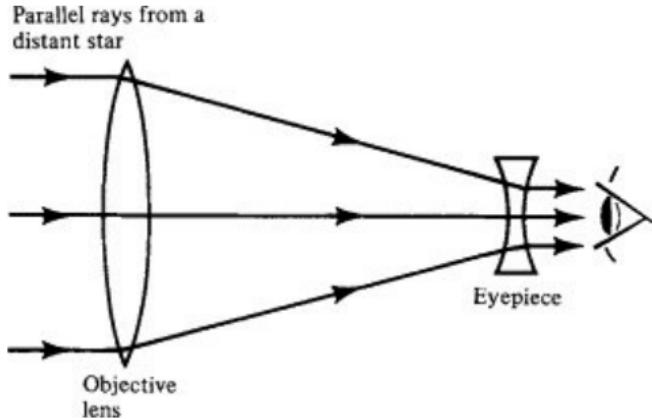
- El área de la superficie que capta los fotones es el parámetro más importante en observación astronómica
- La apertura del instrumento determina la cantidad de fotones por segundo que somos capaces de detectar
- La apertura del ojo humano está limitada a un máximo de 7 mm (pupila máximamente dilatada)

¿Por qué son necesarios los instrumentos ópticos?

- Un instrumento óptico permite captar más fotones que a simple vista ya que actúan como un "embudos de luz"
- El "embudo de luz" tiene dos funciones: recolectar fotones y concentrarlos



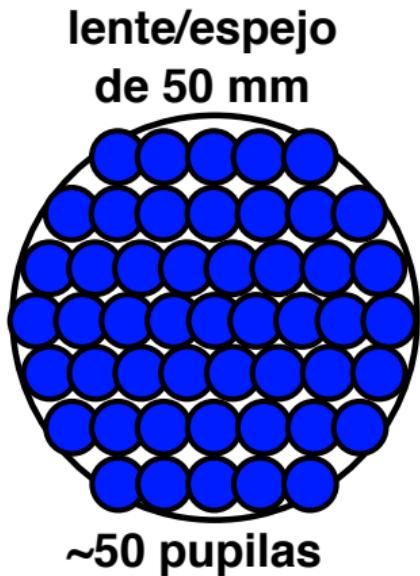
Recolección de Fotones ("embudo de luz")



Concentración de Fotones

Capacidad de recolectar de Fotones de distintos Instrumentos

pupila
7 mm

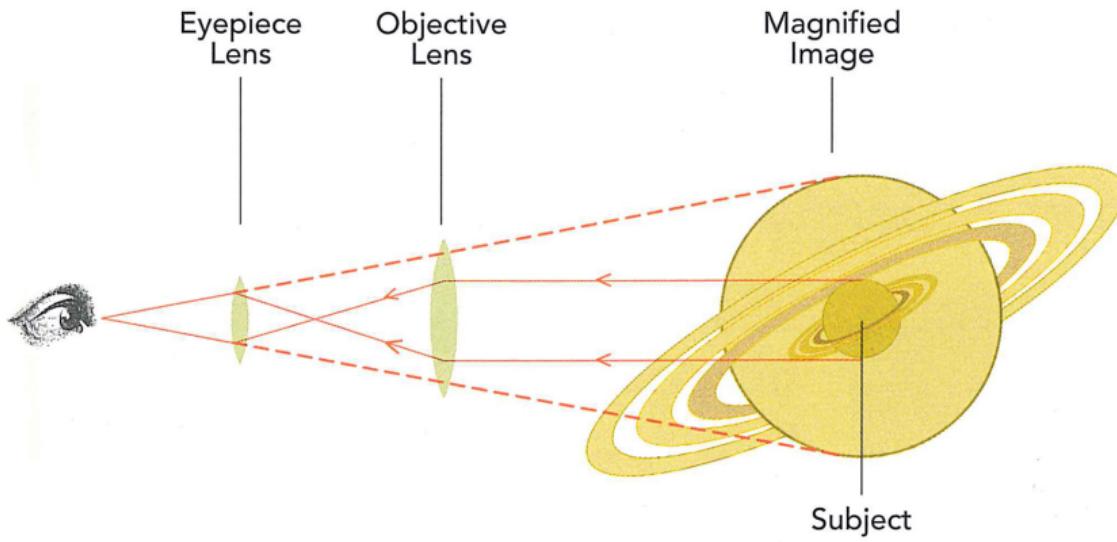


lente/espejo
de 70 mm

~100 pupilas

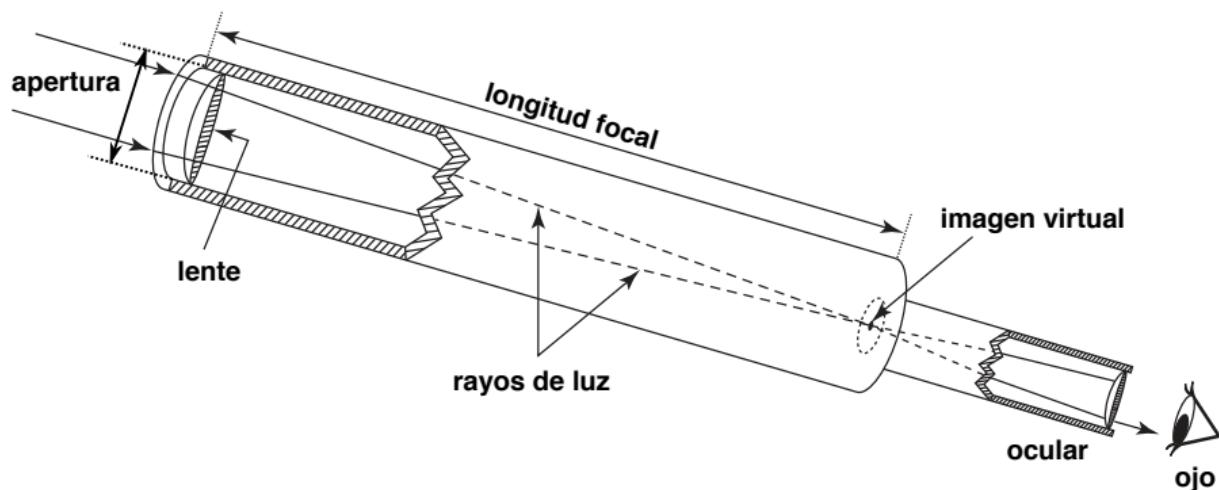
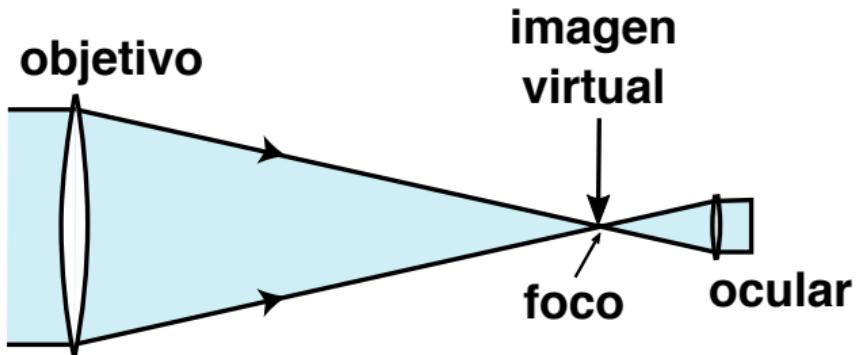
Los Instrumentos Ópticos y la Magnificación

- Un efecto secundario de la "concentración" de los fotones en el instrumento óptico es que la imagen se agranda (magnifica)



- El "embudo de luz" nos permite ver objetos en el cielo poco brillantes que a simple vista no son detectables.

Imagen Virtual formada por el Telescopio/Binocular



Resolución y Apertura

Jupiter (angular diameter 30-50 arcsec)

1000mm telescope



204mm telescope



24mm telescope



Fuente: Huygens Optics

- Otro efecto de la apertura de un instrumento óptico es que a mayor apertura mayor es la resolución máxima que puede alcanzar el instrumento (i.e. con una gran apertura se puede lograr una imagen más nítida).

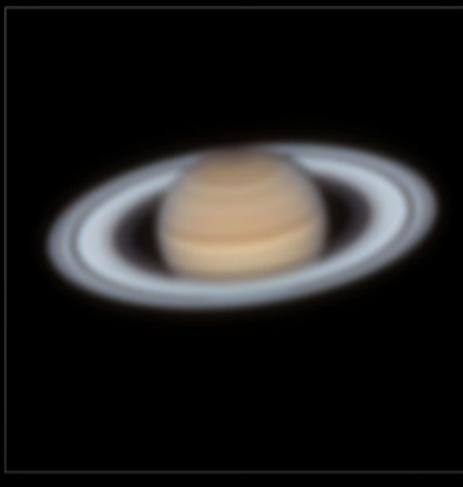
Resolución y Apertura

Saturn (angular diameter 14-20 arcsec)

1000mm telescope



204mm telescope



24mm telescope



Fuente: Huygens Optics

- Otro efecto de la apertura de un instrumento óptico es que a mayor apertura mayor es la resolución máxima que puede alcanzar el instrumento (i.e. con una gran apertura se puede lograr una imagen más nítida).

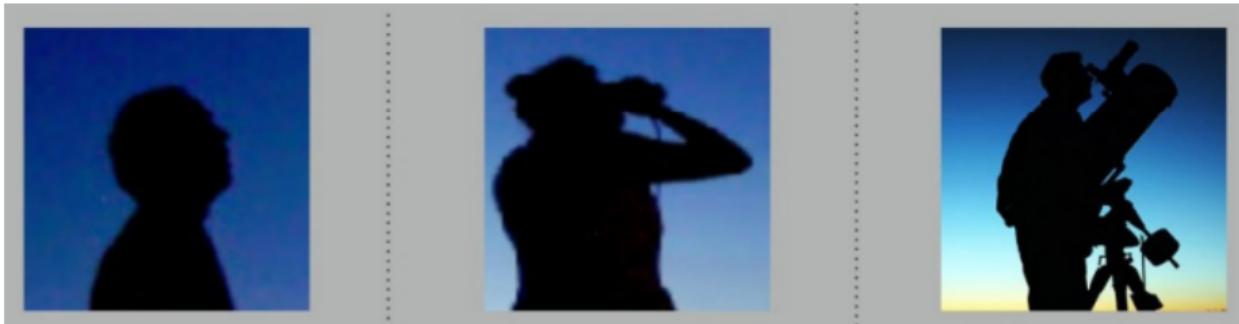
2. Instrumentos Ópticos

Binoculares

¿Por qué debería observar el cielo con binoculares?

- Maneras de observar el cielo

- 1 La manera más simple es a **simple vista**
- 2 La segunda manera más fácil es con **binoculares**
- 3 Más avanzado es el uso de **telescopios o astrofotografía**



- Con binoculares:

- Vemos el cielo como si lo estuviésemos mirando a simple vista, ¡pero con mayor magnificación!
- Podemos ver más cosas que a simple vista ya que al magnificar los objetos pequeños los hacemos visibles.
- Los binoculares no son caros. A menudo, o bien ya tenemos un binocular en casa, o tenemos un familiar o amigo que tiene uno que no usa.

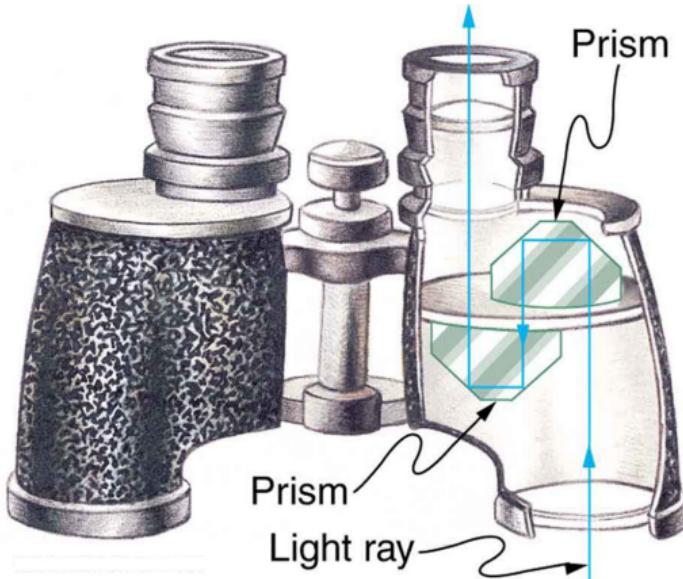
¿Por qué debería observar el cielo con binoculares?

- Observar el cielo con binoculares es intuitivo:
 - no invierten la imagen
 - no restringen demasiado el campo de visión
- Observar el cielo con dos ojos es mas natural que con uno solo. Además que dos ojos ven mas que uno! A iguales condiciones, con dos ojos se ven objetos mas tenues y también se ve mas detalle que con un solo ojo.
- Observar el cielo con binoculares no es inferior a mirar el cielo con telescopio.
- Hay objetos del cielo para los cuales su visión óptima se logra con binoculares (eg: las Pléyades, algunos cometas grandes, la galaxia de Andrómeda, detalles de la Vía Láctea, Orión,etc.). Equivalente a lo que pasa con la vía láctea que se observa mejor a simple vista

Anatomía de los Binoculares: Exterior



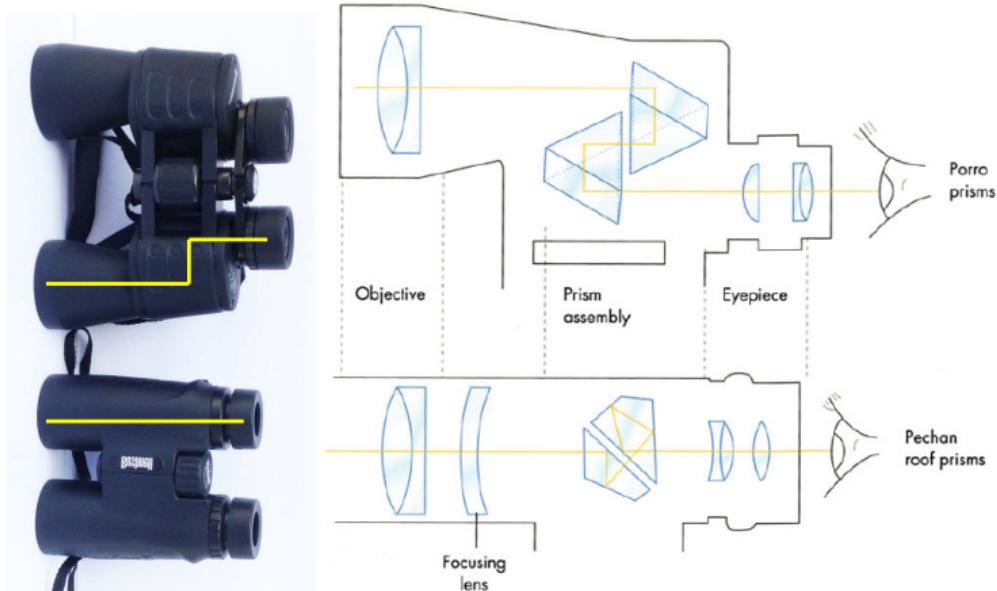
Anatomía de los Binoculares: Interior



¡El interior de un binocular puede ser simple o muy complejo!

Tipos de binoculares: Porro vs. "Tejado"

La diferencia entre Porro y Tejado es el tipo de prismas que usan para "enderezar" la imagen.



Beneficios e inconvenientes

- Prisma tipo Porro: más voluminosos y pesados; más simples
- Prisma tipo Tejado: más compactos y más livianos; más complicados de fabricar.

Binoculares: Los Parámetros más importantes

¿Qué significan los 2 números separados por "x"? : **Magnificación x Apertura** (en mm)



- **Magnificación:** nos informa de cuento "agranda" la imagen el binocular; es una indicación de los **aumentos** del binocular
- **Apertura:** diámetro del objetivo ("lente de entrada") en milímetros

Binoculares: Magnificación



naked eye



4x magnification



6x magnification



8x magnification



10x magnification



20x magnification

- Por convención se suele indicar como Nx donde N es el factor de magnificación (por ejemplo 8x o 10x)
- Una magnificación de Nx significa que un objeto lejano se verá igual que si estuviésemos N veces mas cerca y lo observásemos a simple vista.
- Algunas magnificaciones usuales:
 - En principio la magnificación puede ser cualquiera, sin embargo a partir de 10x (o 12x para personas muy jóvenes) suele ser casi imposible observar sin temblores.
 - 10x se considera el máximo que se puede usar sin trípode. Esta suele ser la magnificación recomendada para uso astronómico
 - 8x suele ser recomendada como la magnificación mas polivalente. Normalmente los binoculares para ornitología suelen tener esta magnificación.
 - 7x se suele recomendar para uso marino

Binoculares: Apertura



- La apertura del binocular puede variar enormemente (desde 20mm hasta 70mm)
- El diámetro del objetivo (la apertura) determina el tamaño y peso del binocular.
- Los binoculares con más de 50mm de apertura suelen ser demasiado pesados y se recomienda usarlos con trípode.

Binoculares: Pupila de Salida

- La **pupila de salida** de un binocular es el diámetro del haz de luz que se ve en el ocular

Exit Pupil

$$\frac{25\text{mm}}{8x} = 3.125\text{mm}$$



$$\frac{42\text{mm}}{8x} = 5.25\text{mm}$$

$$\frac{42\text{mm}}{10x} = 4.2\text{mm}$$

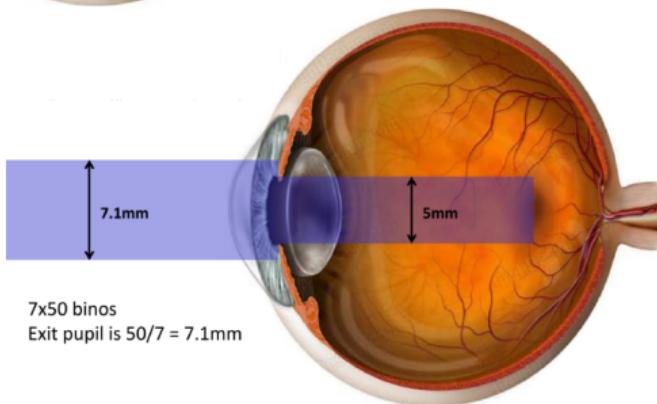
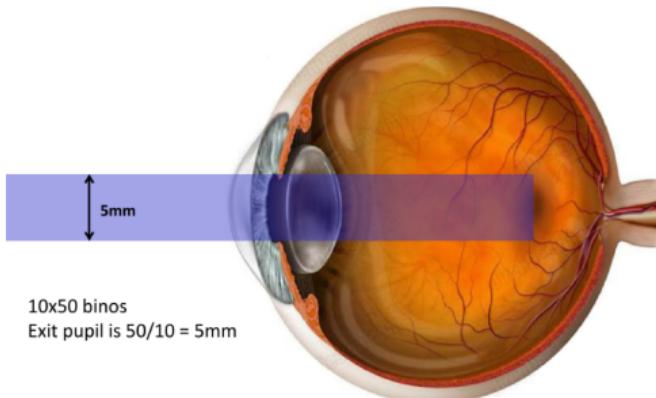
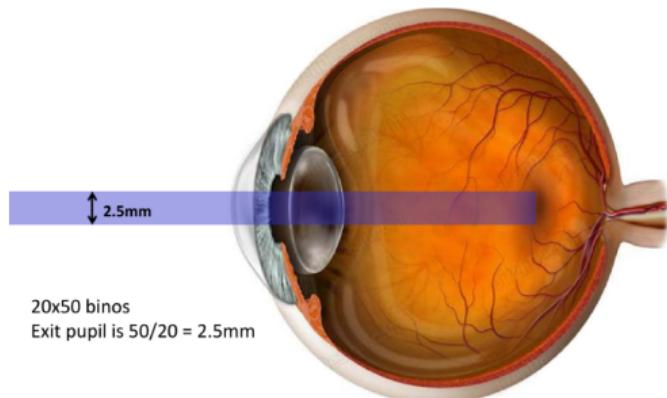


Binoculares: Pupila de Salida



- Magnificación (abreviado por **M**), Apertura (**A**) y Pupila de Salida (**EP**);
 - Los tres factores son interdependientes.
 - Dados dos, el tercero es determinado por: $EP[mm] = A[mm]/M$

Binoculares: Pupila de Salida y su relevancia para la Astronomía

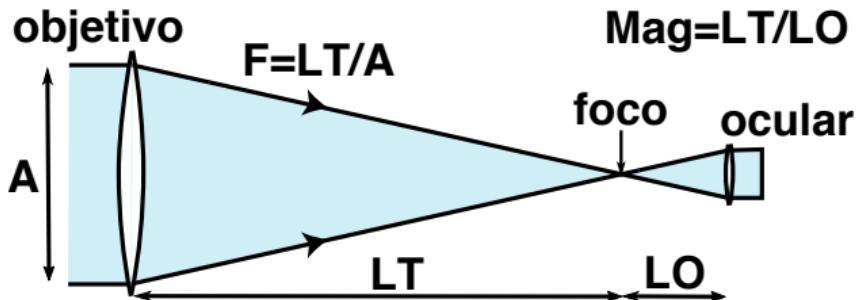


- Para astronomía lo ideal es que la pupila de salida coincida con la pupila maximamente dilatada en la oscuridad (que depende de la edad de la persona!)

2. Instrumentos Ópticos

Telescopios

Parámetros del Telescopio, el Ocular y del Sistema Óptico



● Telescopio

- Parámetros más relevantes de los Telescopios ("Tubo")
 - **Apertura A:** determina la capacidad para ver objetos poco luminosos y el poder de resolución (*resolving power*) (varía entre 25 mm para binoculares a 500 mm para los telescopios de amateur más grandes)
 - **Longitud focal LT** (típicamente entre 400 mm y 2000 mm)
 - **Relación focal F** = LT/A (llamado "número F" o *focal ratio*) (típicamente de f/5 a f/15)

● Ocular

- Parámetro más relevante de los Oculares
 - **Longitud focal LO** (típicamente entre 3 mm y 40 mm)
- Otros parámetros
 - **Campo aparente** (ángulo del cielo visible en el ocular; puede variar entre 40° y 100°)

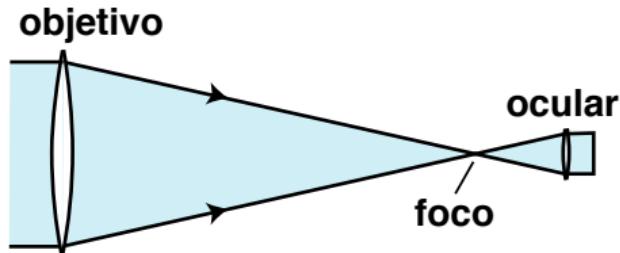
● Telescopio + Ocular

- **Magnificación Mag** = LT/LO
- **Pupila de Salida EP[mm]** = $A[mm]/Mag$ o $EP[mm] = LO[mm]/F$

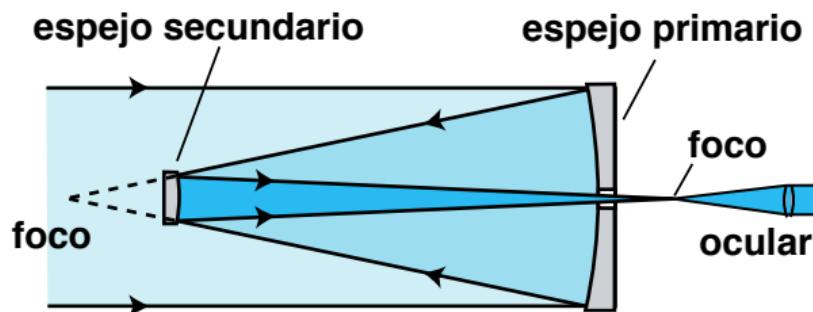
Tipos de Telescopios: Refractores vs Reflectores

Un telescopio puede ser construido con una lente o un espejo (el telescopio propiamente dicho) y una segunda lente (el ocular)

- ① Telescopio refractor: construido con lentes (que refractan la luz)
- ② Telescopio reflector: construido con espejos (que reflejan la luz)



Telescopio Refractor



Telescopio Reflector

Tipos de Telescopios:

Refractores vs. Reflectores vs. Compuestos (Catadióptricos)



Refractor
(Tipo Acromático)



Reflector
(Tipo Newton)

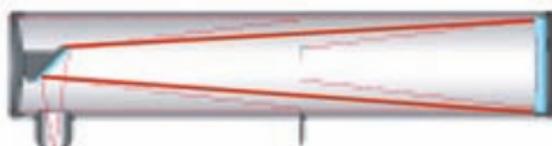


Compuesto o Catadióptrico
(Tipo Schmidt-Cassegrain)

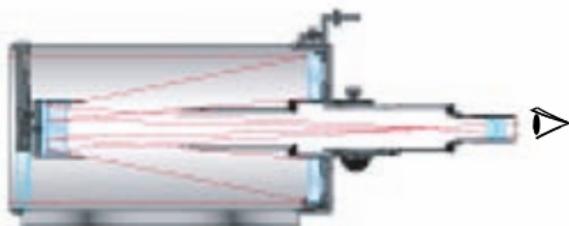
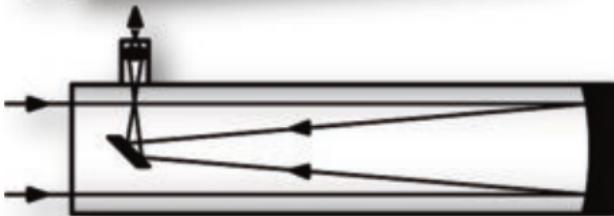
Tipos de Telescopios: Refractores vs. Reflectores vs. Compuestos (Catadióptricos)



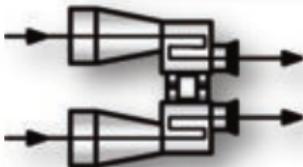
Refractor



Newtonian telescope

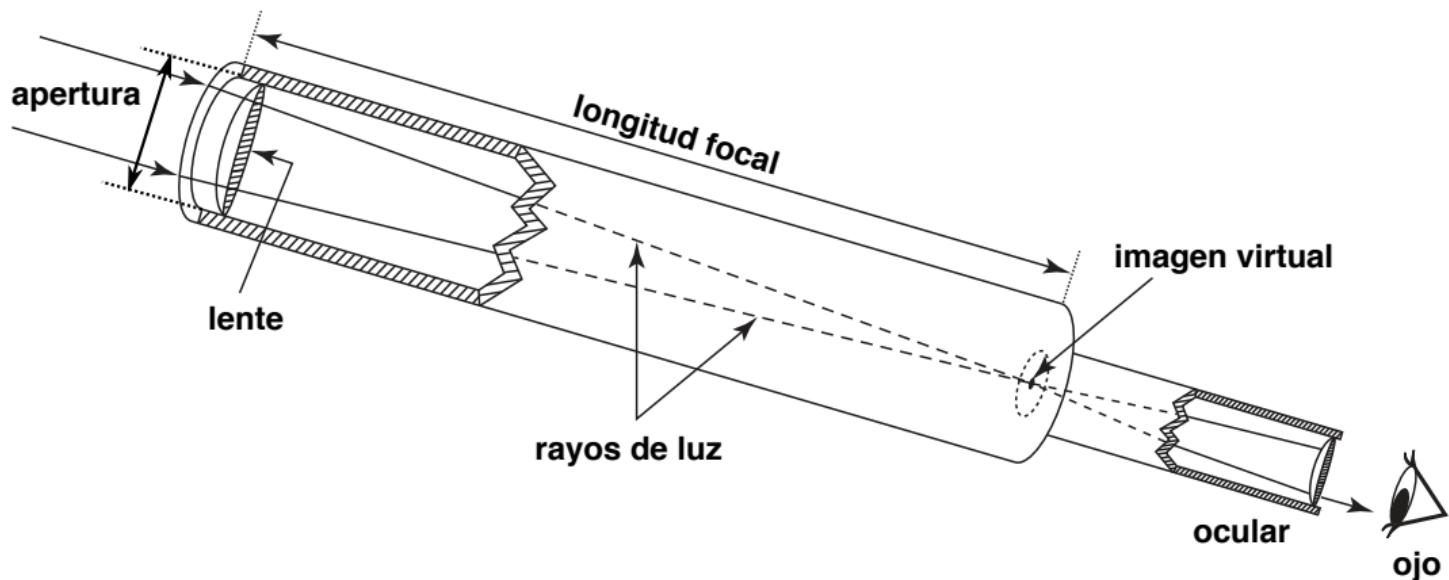


Schmidt-Cassegrain telescope



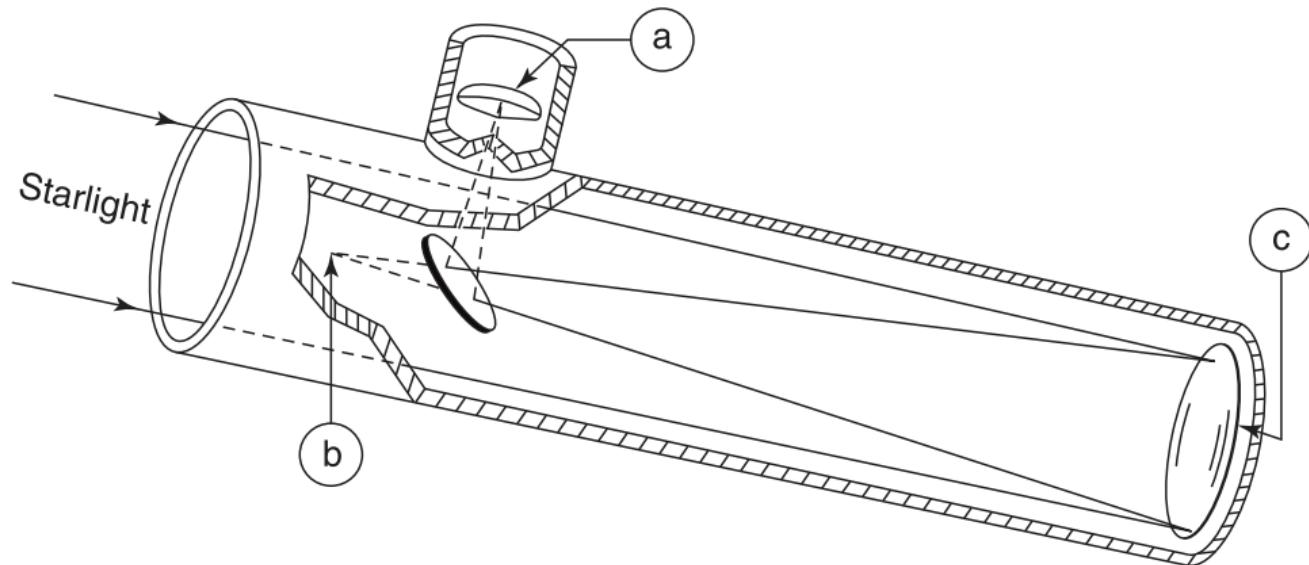
Tipos de Telescopios: Refractores

telescopio refractor + ocular:



Tipos de Telescopios: Reflectores

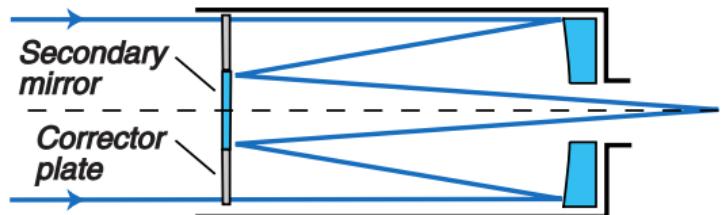
telescopio reflector + ocular:



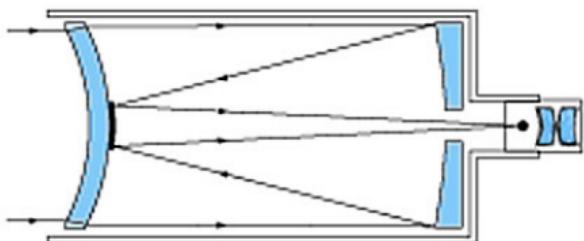
Ejemplo: Reflector tipo Newton

Tipos de Telescopios: Catadióptricos (compuestos)

Schmidt-Cassegrain:

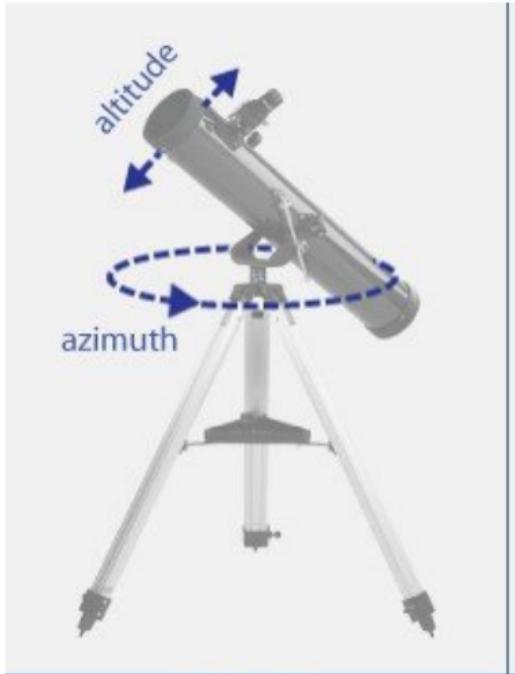


Maksutov-Cassegrain:

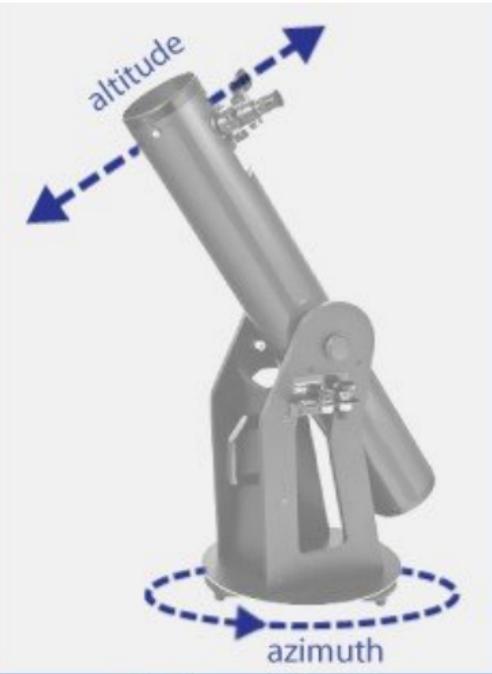


3. Mounturas

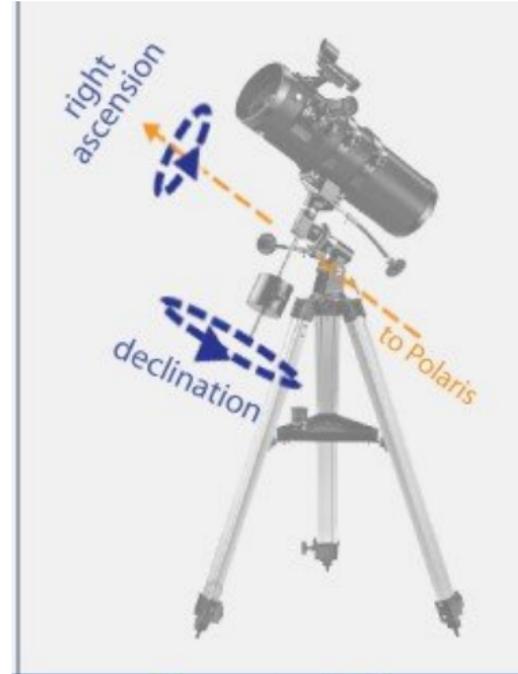
Monturas: Equatorial vs. Alt-Azimutal



Alt-Az



Dobsonian

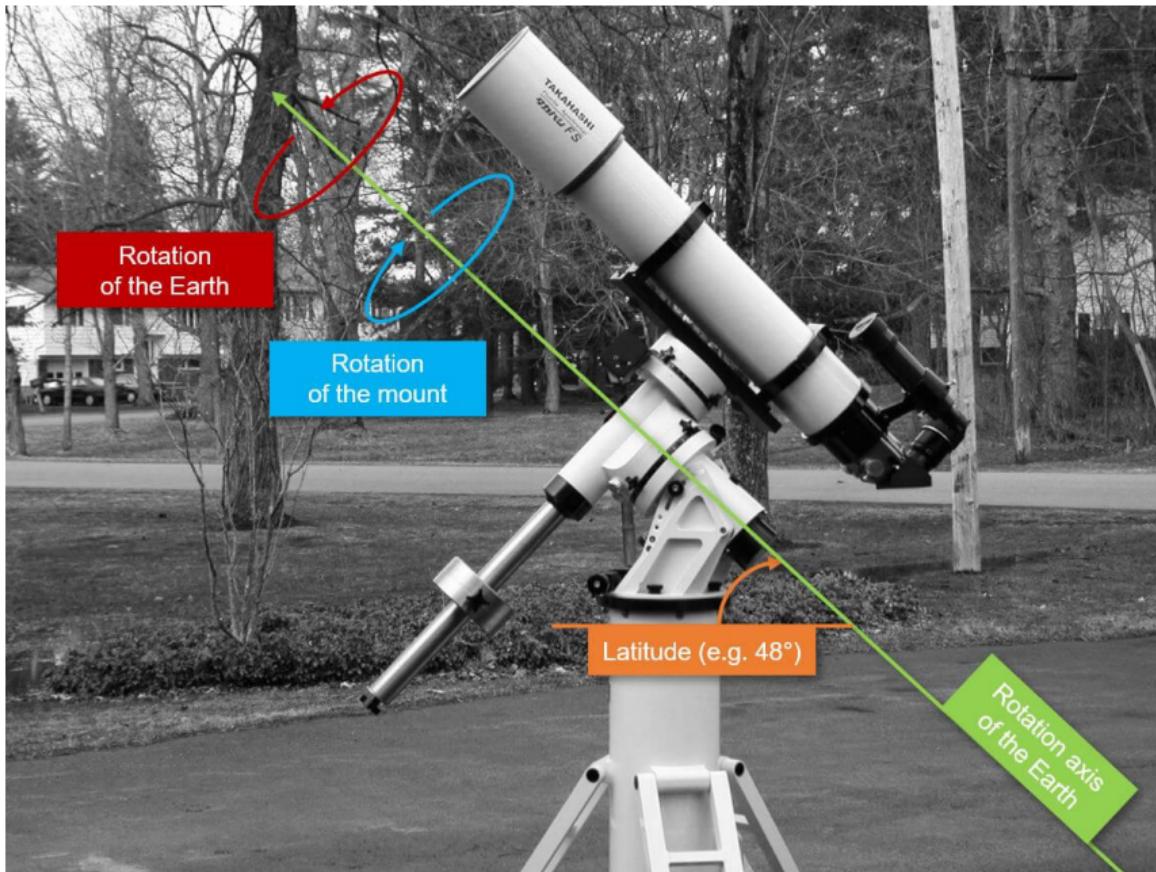


Equatorial

Monturas Alt-Azimutal (Alt-Az estándar y tipo "Dobson")

Montura Equatorial

Monturas: Funcionamiento de una Montura Equatorial



Monturas: Equatorial vs. Alt-Azimutal



Ejemplos: Montura Alt-Azimutal (izquierda) vs. Montura Equatorial (derecha)

Monturas: Equatorial vs. Alt-Azimutal



(a)



(b)

Ejemplos de monturas de telescopios profesionales: (a) Equatorial vs. (b) Alt-Azimutal