



Curso de iniciación a la astronomía 3ª parte  
Telescopios. Tipos y características.

Nociones previas

La luz y los instrumentos.

Newton y los rayos de luz.

Por un momento dejamos de lado las ondas y manejamos la luz como rayos de partículas que se propagan rectilíneamente.



Óptica Geométrica y paraxial.

Vamos a manejar haces de rayos que inciden en el sistema óptico y que deberán generar la imagen.



Fig.1. Haz divergente

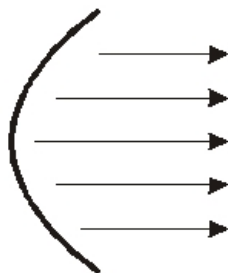


Fig.2 Haz paralelo

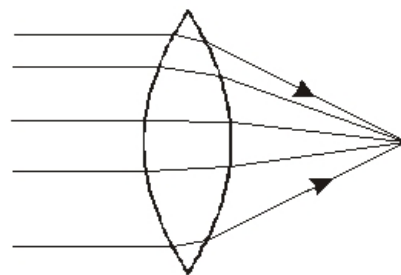


Fig.3. Haz convergente

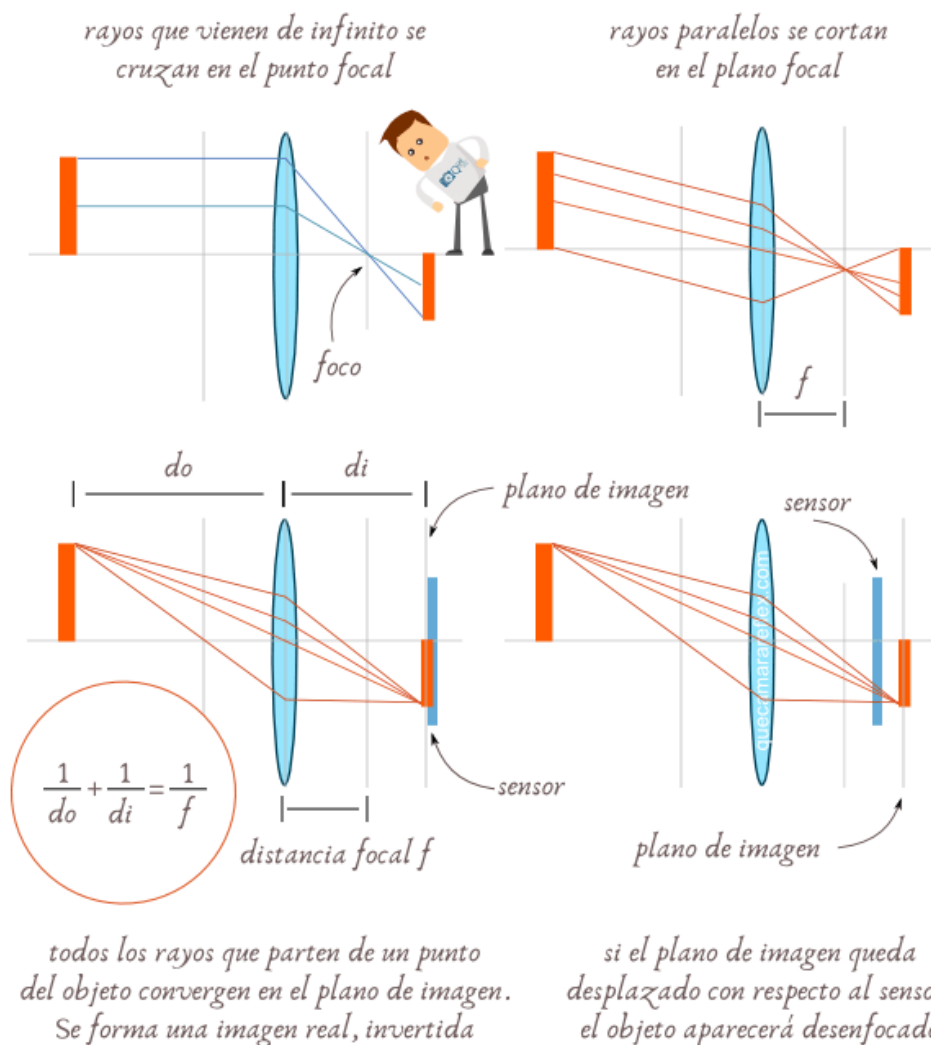
Apertura. Distancia focal Aumentos y relación focal.

Cuanto mayor sea el tamaño del tubo más cantidad de rayos entran y por tanto, mayor será la cantidad de luz captada.

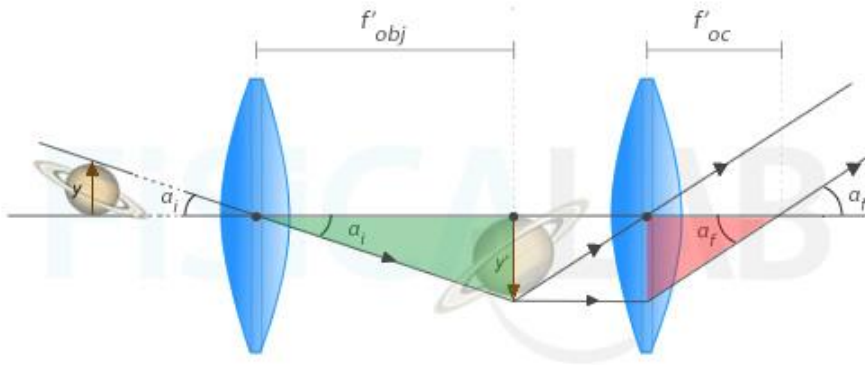
Necesitamos que todos estos rayos coincidan en un mismo punto y que aquellos que proceden del mismo plano, acaben en un mismo plano para lograr una imagen nítida.

Todos los rayos que llegan paralelos a una lente pasan por un punto de un plano que llamamos plano focal y convergen en un plano que llamamos plano imagen y, en particular, los que vienen paralelos al eje del sistema pasan por el foco y convergen además en el eje. Así se forma la imagen en el plano imagen, que en la mayoría de los casos y a efectos prácticos, coincide con el plano focal. Llamaremos distancia focal a la distancia que existe desde el centro del sistema y el foco. Como digo, a efectos prácticos, coincide con la distancia a la que se forma la imagen.

Así, en general hablaremos de la distancia focal de una lente, sea el ocular, el tubo del telescopio... aunque se compongan de un grupo de lentes.



El telescopio consta del tubo principal y un ocular. Cada uno tiene su propia distancia focal y conjuntamente nos dan el número de aumentos.



En este caso el número de aumentos es el cociente de ambas focales:  $A = f_{obj}/f_{oc}$

Observando el dibujo anterior es fácil ver que cuanto menor sea la focal mayor será la imagen final. Entonces ¿puedo disminuir la focal del ocular indefinidamente para obtener más aumentos?

Concepto de aumento: Aumentar los aumentos equivale a disminuir proporcionalmente la distancia de observación.

No es recomendable aumentar artificialmente la potencia del telescopio. Demasiados aumentos degradan la imagen y no nos ofrecen más detalle. El cálculo del número máximo de aumentos se puede obtener fácilmente mediante la "cuenta":

Aumento Máximo = Diámetro x 2.4 si es un refractor un refractor, según su calidad varía de

Aumento Máximo = Diámetro x 2.7 o Aumento Máximo = Diámetro x 4 .

Por ejemplo, un reflector de 200mm tendría Aumento Máximo =  $200 \times 2.4 = 480x$

Juntando estos conceptos con la definición de distancia focal del telescopio, tendríamos que este telescopio (con distancia focal de 1000mm) podría equipar oculares, como máximo de

$480 = 1000/f_{oc}$ , es decir, un ocular de distancia focal  $f_{oc} = 1000/480 = 2.08\text{mm}$  forzando ya la capacidad del telescopio.

Queda un último parámetro más a la hora de calificar un telescopio. Nos referimos a la capacidad de captar la luz, especialmente en los casos de objetos débiles. Como hemos visto, cuanto mayor sea el diámetro del tubo más luz capta, pero hay que tener en cuenta que, si la distancia focal es mayor, las imágenes serán mayores y necesitarán más luz. Esto introduce el concepto de relación focal del telescopio y que es, en cierto modo al concepto de apertura del diafragma de una cámara fotográfica. Que la calculamos con otra sencilla cuenta:

$$\text{Relación focal} = \text{Distancia focal del telescopio} / \text{Diámetro}$$

Cuanto más pequeño sea este número más luminoso será el telescopio. Esto es especialmente importante tanto a la hora de observar como cuando hacemos astrofotografía.

Con todo ello, podremos pasar a elegir el telescopio.

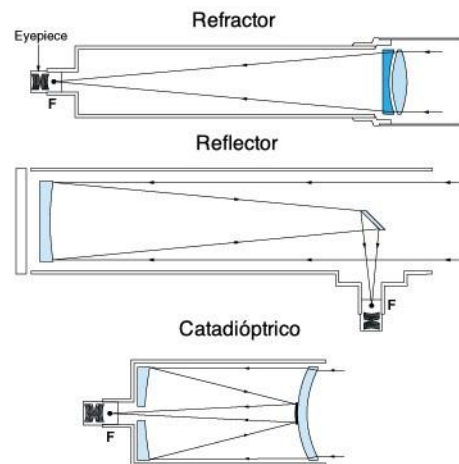
## Tipos de Telescopios:

Según el tipo de construcción tenemos tres tipos de telescopios con la construcción que se muestra en la figura.

**Los refractores**, formados por lentes, también llamados tipo Galileano.

**Los reflectores o Newtonianos**, Con dos espejos

**Los catadióptricos**, llamados también **Cassegrain** con las dos variantes Smith o Maksutov, mixtos con espejos y lentes

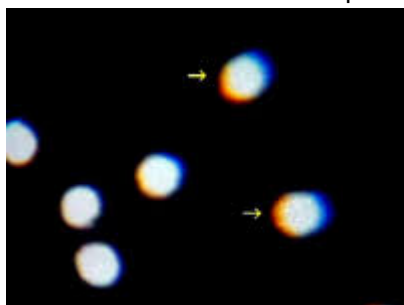


Los newtonianos consisten en un espejo primario que refleja el haz luminoso hacia otro espejo que lo desvía hacia el ocular en un ángulo de  $90^\circ$ , ofreciendo una gran apertura y una buena distancia focal a un precio razonable. Tienen además el problema de la



colimación, necesaria para conseguir buenas imágenes, que hay que hacer antes de cada sesión.

Los refractores únicamente llevan lentes, lo cual les da mayor calidad y contraste de imagen que los reflectores. Sin embargo, el precio de las lentes superior al de los espejos los hace más caros. Conseguir la misma apertura y focal que con un reflector equivalente es considerablemente más caro y pesado. Por otra parte, los telescopios basados en lentes están afectados del problema de la aberración cromática. Para evitar esta, es



imprescindible el uso de telescopios Apocromáticos. Algunos, llamados acromáticos, presumen de eliminar falsamente este problema. Por desgracia esto supone de nuevo un incremento del precio

Los Catadióptricos permiten la mayor distancia focal de los tres tipos. El Maksutov, por su parte, con la lente correctora, ofrece muy buena calidad de imagen y no necesita ser

colimado. Es más caro que los anteriores, pero son la opción ideal para la observación planetaria o la fotografía de objetos pequeños.

## ¿Cuál elegir?



La imagen anterior muestra, con el mismo número de aumentos el tamaño aparente de la galaxia M33 y el planeta Júpiter. La diferencia es grande, lo mismo que la diferencia de luminosidad entre la luna y una nebulosa típica. Por tanto se hace evidentemente que un telescopio no es idóneo para todo. Tendremos que decidir que queremos observar y elegir un compromiso entre toda la oferta.

Tenemos que pensar si nos limitaremos a observar o si queremos hacer astrofotografía. Para observar el seguimiento no es tan rígido y podremos usar un abanico de oculares que permitan obtener distintos aumentos. Las exigencias para fotografía son, sin embargo, mucho más estrictas.

También tendremos que considerar que un telescopio más pesado necesita una montura más cara y pesada.

En consecuencia, por ejemplo, un telescopio de 600mm de  $f$  con apertura de 80 mm puede ser una excelente opción para observar y fotografiar muchas nebulosas e incluso detalles de la luna, aunque no será útil para algunas galaxias o si pretendemos observar detalles de los planetas del sistema solar.

Un reflector de 150/800 o incluso mejor 200/1000 nos permitirá fotografiar bastantes galaxias y algunas nebulosas y observar bastantes objetos del cielo jugando con los oculares, aunque la fotografía de las nebulosas más grandes y conocidas se complica por exceso de potencia.

Un Cassegrain será ideal para el sistema solar y los objetos mas pequeños del cielo, pero ineficaz si se trata de objetos grandes,

## Más sobre Oculares

En un sistema óptico, la luz de un objeto que se encuentra en la llamada distancia objeto se reúne de nuevo en un punto de un plano situado a una distancia que llamamos, como no podría ser de otra manera, distancia imagen formando una imagen del objeto. Este plano, cuando el objeto está suficientemente lejos como para dar una aproximación aceptable, coincide con el plano focal del sistema.

Cuando observamos un objeto a través de un sistema óptico, el plano imagen (o focal para objetos lejanos) se sitúa en la retina. El sistema óptico es la córnea. La córnea hace que los rayos paralelos que vienen del objeto formen la imagen en la retina.

Si no tuviésemos córnea y observáramos a través de un telescopio que tuviese su plano focal en la retina, la imagen se formaría en ella y no sería necesario un ocular. El caso, evidentemente no es ese y, como el ojo está preparado para convertir rayos luminosos lejanos -y por tanto paralelos- en imagen, tenemos que instalar en nuestro telescopio algún elemento que convierta los rayos convergentes de las lentes del este en rayos paralelos que incidan en el ojo. Es la primera labor del ocular.

Un segundo, e igualmente importante, efecto del ocular es el aumento de la imagen final. Hay que recordar que nos mantenemos en los límites de la óptica paraxial y con objetos situados lejos de la lente (o espejo) principal que nos permite hacer una serie de aproximaciones razonables. Sin entrar en los desarrollos trigonométricos, el aumento o potencia del sistema se obtiene dividiendo la distancia focal del telescopio entre la distancia focal del ocular.

Esto es especialmente interesante ya que nos permite obtener distintos aumentos simplemente cambiando el ocular; Cuanto más corta sea la distancia focal de este, mayor será el aumento del sistema completo. Un telescopio de 1000 mm de distancia focal tendrá 50 aumentos con un ocular de 20 mm de distancia focal y 330 aproximadamente con un ocular de 3mm. Eso nos lleva a la siguiente pregunta:

Aumentos del telescopio y oculares

Campo de visión

Otro parámetro importante a la hora de elegir el ocular es el campo de visión. Se refiere al ancho (grados del ángulo) de visión que tenemos al observar. No es lo mismo mirar a través de un pequeño agujero que obtener un amplio panorama. Depende del diseño y del fabricante, siendo más caros los oculares de mayor campo de visión.

Otros parámetros a tener en cuenta.

Por si no tuviéramos suficiente a la hora de elegir el ocular perfecto, tenemos que considerar parámetros como el "eye relief" que es la distancia adecuada a la que debemos situar el ojo para observar adecuadamente (especialmente importante si



usamos gafas) o la pupila de salida que es el diámetro del haz de luz que sale del ocular; inútil el tamaño que excede de la pupila de nuestro ojo e ineficaz el que no llega al mismo.

Tipos de oculares.

Diseñar un ocular entraña complicaciones y normalmente los fabricantes parten de diseños existentes a los que se aplican ajustes o modificaciones.

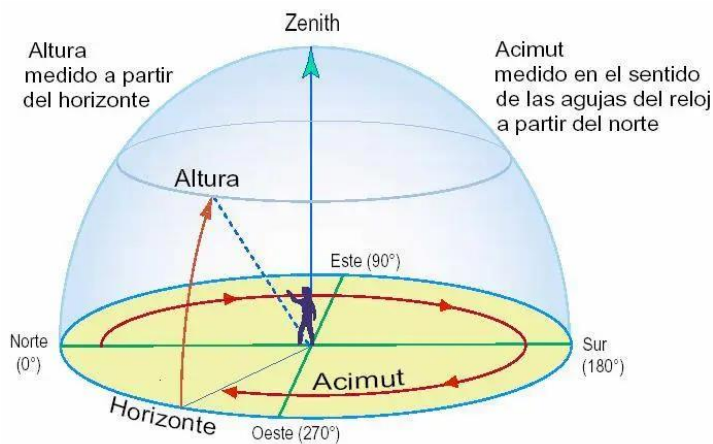
De los diversos tipos de oculares algunos de los más frecuentes son los Kellner, Huygens, Plössl o Super Plössl

## Las monturas

Sistemas de coordenadas celestes.

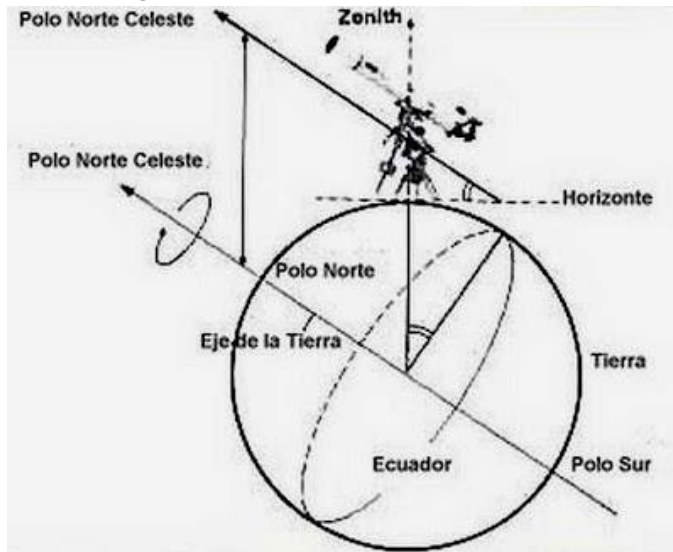
Hay que tener en cuenta que el cielo se mueve continuamente respecto a la tierra y si deseamos mantener el objeto en el ocular tendremos que disponer de una sistema que permita el seguimiento.

Íntimamente ligado al problema de elegir telescopio tenemos la cuestión de elegir la montura. Es importante distinguir los dos tipos más habituales de coordenadas en el cielo. Las azimutales y las ecuatoriales ya que estas son las dos clases de monturas que encontraremos.



Las coordenadas alta-azimutales no son las idóneas en astronomía, pero, sin embargo, son las más simples y fáciles de comprender. Este sistema de coordenadas fija un objeto basándose simplemente en la elevación sobre el horizonte y el ángulo desviado desde la dirección del polo norte.

Sin embargo, este sistema no coincide con el movimiento natural del cielo. Si queremos reflejar ese es necesario usar una referencia ecuatorial.



La tierra da un giro completo cada día. Nosotros, lo vemos como si el cielo girara  $360^\circ$  alrededor del polo norte, por tanto, si orientáramos nuestro telescopio paralelo al eje de la tierra, apuntando al norte como se ve en la figura, el cielo giraría alrededor de nuestro tubo facilitando así el seguimiento y en particular la fotografía. Esto supone lo que en astronomía llamamos “una

correcta puesta en estación” del equipo.

De acuerdo con estos dos tipos de coordenadas, existen dos tipos de monturas llamadas, lógicamente monturas ecuatoriales y monturas azimutales (y las monturas tipo Dobson, que son una variación de las azimutales)

### Monturas

Compuesta por el trípode y el cabezal (o montura propiamente dicha). Su misión es dar estabilidad al equipo y facilitar el seguimiento de los objetos. Sin ella sería imposible mantener el tubo fijo permitiendo la observación. Hay que tener en cuenta que el campo de visión de un telescopio a menudo abarca menos de un grado del cielo (es decir, menos de lo que supone el tamaño del pulgar al extender el brazo). Si nuestro instrumento tiembla será imposible la observación. Por otra parte, si queremos una observación prolongada y tenemos en cuenta que el cielo se mueve, es necesario que la montura nos permita hacer un seguimiento de tal movimiento.

### Monturas ecuatoriales



#### Montura ecuatorial motorizada Skywatcher

Este tipo de montura es la más adecuada para las fotografías, si bien su poco intuitivo movimiento, a veces -hasta que nos acostumbramos- resulta un poco confuso.

Muchas monturas modernas están motorizadas con lo cual tras una correcta “puesta en estación” pueden seguir automáticamente el movimiento del cielo manteniendo durante horas el objeto de nuestra observación en el campo del ocular.

Adicionalmente pueden llevar un pequeño ordenador con una base de datos de objetos celestes que facilitan la búsqueda de estos.

#### Montura Azimutales (o altazimutales)



#### Montura azimutal

Las monturas azimutales designan un punto por sus dos coordenadas de azimut y altura. Son equivalentes a las coordenadas terrestres. Son, precisamente por ello, ideales para la observación terrestre pero su movimiento no coincide con el de los astros y no es especialmente útil para su uso en astronomía. Sin embargo, la facilidad de uso, su peso más ligero, precio y simplicidad las pueden hacer atractivas en alguna -escasa- ocasión.

#### Monturas Dobson



Al igual que la anterior se desplaza a través de los ejes de altura y azimut. Ideada por el astrónomo John Dobson, su principio era conseguir una montura simple, barata y de fácil funcionamiento. Tan simple es que a menudo se reduce a unas cuantas tablas de madera que puede montar el propio aficionado.

Telescopio equipado con una montura Dobson. A menudo se denomina la unidad como Telescopio Dobson

Es por tanto barata -comparada con las otras- y su funcionamiento, al igual que con las altazimutales es sencillo. Su simplicidad además le

permite, a diferencia de las anteriores, ser utilizada con telescopios voluminosos que con otras monturas resultarían -especialmente- caros.

## Colimación de un telescopio

Aunque en teoría todos los telescopios deben ser colimados, en la práctica son los reflectores (newtonianos) los que más lo necesitan. En astronomía, colimar un telescopio consiste en alinear sus elementos para conseguir que la trayectoria adecuada de los rayos de luz produzca una buena y no distorsionada imagen.

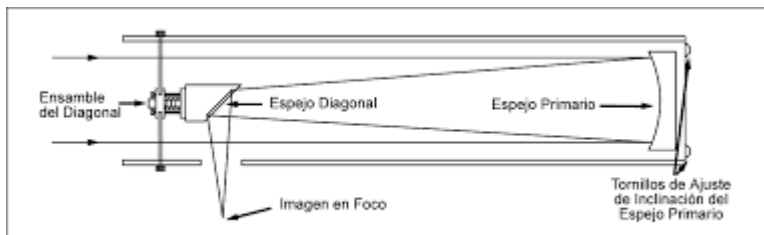


Fig. 4: El Telescopio Newtoniano Reflector.

Actualmente es una operación sencilla, utilizando un colimador laser que envía un haz de luz que, moviendo los espejos primario y secundario mediante unos

tornillos, nos permite conseguir que este haz lleve la dirección deseada.

## Seguimiento y autoguiado

Ya hemos comentado que uno de los principales problemas a los que nos enfrentamos en una observación del cielo es el movimiento aparente del mismo. Desde nuestro punto de vista, el cielo da una vuelta completa cada día y un telescopio estático no podría mantener el objeto en el ángulo de visión más que por un pequeño intervalo de tiempo.



Además, como se ve en la imagen no es el mismo desplazamiento en cada punto. Aunque el ángulo sea el mismo, no ocurre así con el arco y, por tanto, el problema será mayor cuanto más nos alejemos del centro, en nuestro caso el polo norte celeste que se encuentra muy próximo a la estrella Polar. Del mismo modo el desplazamiento se acentúa con la distancia focal del telescopio.

Para hacernos una idea, con un telescopio 200/1000 apuntando al sur, no podríamos hacer una fotografía de más de 15 seg sin que se apreciara el desplazamiento y poco más de 20 según nos acercamos al norte.

Este problema podemos resolverlo inicialmente con un desplazamiento de forma manual siguiendo el objeto, por ejemplo, con el buscador o el propio telescopio. Sin embargo, este sistema, además de engorroso, es completamente inviable en fotografía.

Hoy día los podemos utilizar un telescopio motorizado, que después de una correcta puesta en estación va siguiendo el movimiento del cielo manteniendo los objetos centrados.



Sin embargo, cuando necesitamos una gran precisión y que la posición se mantenga estable durante un lapso mayor, por ejemplo 3, 5 o más minutos, el seguimiento de la montura no es suficiente. En estos casos tenemos que recurrir al autoguiado. El autoguiado consiste en utilizar un ordenador o sistema equivalente conectado al telescopio que, tomando una estrella como referencia corrige inmediatamente cualquier desplazamiento que se pueda producir, manteniendo tal estrella fija.

En esta imagen se puede ver un momento del programa phd2 (uno de los utilizados para autoguiado) en el que se muestra la estrella guía, así como los desplazamientos que ha tenido que ordenar al telescopio.

