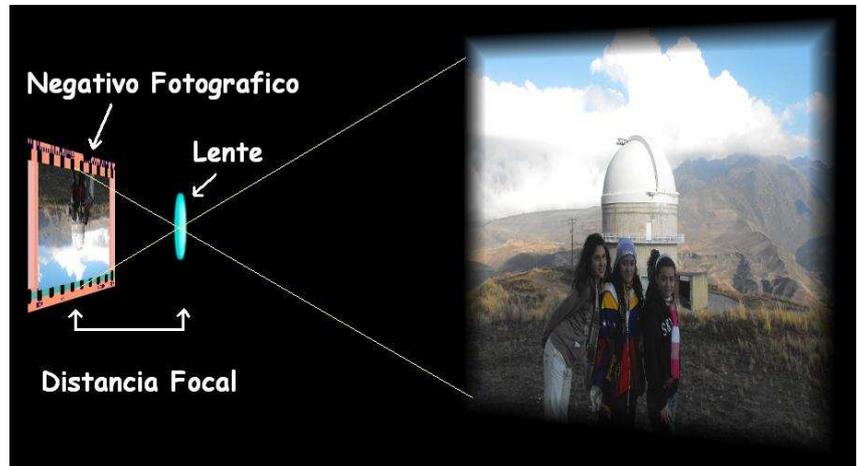
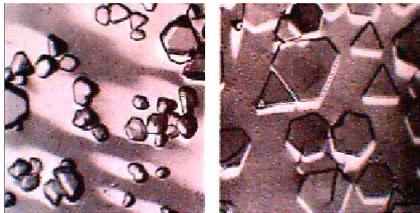


## Introducción a la Astrofotografía

Oliver Christopher López, [olichris26@gmail.com](mailto:olichris26@gmail.com)  
Complejo Astronómico Andrés Bello [www.olichris.jimdo.com](http://www.olichris.jimdo.com)

En una fotografía el lente de la cámara forma la imagen del objeto en el **negativo fotográfico**, que es el rollo que se coloca dentro de la cámara, si no hay mucha iluminación se usa un flash para iluminar la escena. Dentro de la cámara hay una cortinilla llamada **Obturador**, que se abre y cierra rápidamente dejando



pasar esta imagen formada por el lente una corta fracción de tiempo en el cual queda grabada en el negativo fotográfico, esto se debe a que la película fotográfica es una lámina de plástico-celulosa cubierta por una delgada capa de bromuro de plata, la cual es una solución compuesta por iones de plata (átomos de plata cargados positivamente), la energía necesaria para igualar las cargas entre protones y neutrones la proporciona la **luz** que llega del lente formando la imagen, de este modo las zonas del bromuro de plata del negativo que reciben luz, se ennegrecen porque se oxidan, y según el grado de iluminación ocasiona diversos niveles de oxidación formándose los diferentes tonos de grises, las partes que no reciben luz, se disuelven con los químicos del revelado. Así una vez revelado el rollo y pasado el negativo a positivo en papel fotográfico, lo que recibió más luz y se ennegreció mas por la oxidación pasa a blanco y viceversa. En la imagen superior izquierda granos microscópicos de Bromuro de plata sensible a la luz, en dos emulsiones fotográficas distintas vista al microscopio. Por otro lado, la distancia que existe entre el lente y el punto donde se forma la imagen se llama **Distancia Focal**, a mayor distancia focal, mayor aumento de la imagen.



Para la fotografía astronómica se utiliza una cámara **Reflex**, de las usadas por los periodistas, a ellas se le puede intercambiar el lente, o sea, son de objetivo intercambiable, en nuestro caso no necesitamos el lente de la cámara, porque el lente va a ser el propio objetivo del telescopio. Según el objetivo con el que el telescopio enfoca la imagen hay tres tipos: los que usan un lente **Refractores**, los que usan un espejo **Reflectores**, y los que tienen ambas, una placa correctora de vidrio y también un espejo, como las cámaras **Shmit** y **Maksutov**.



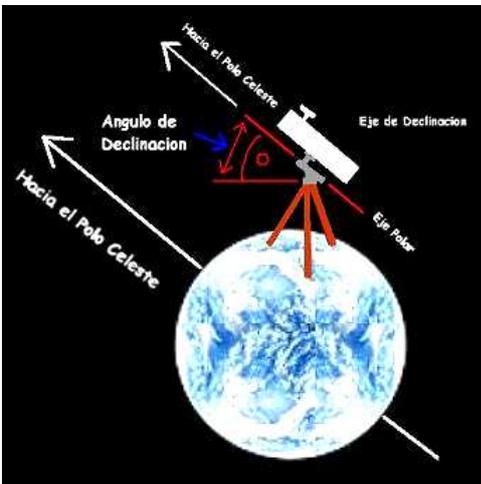
Para usar el espejo del telescopio como lente de la cámara se necesita un adaptador para sujetar la cámara al tubo del porta-oculares, dependiendo de la marca de la cámara, su sistema puede ser de bayoneta (llamado también ballesta) o de rosca, en mi caso era bayoneta, el otro lado del adaptador debe tener una rosca que encaje con la rosca del porta-oculares del telescopio, como no encontré un adaptador así, ya que había que importarlo, decidí mandarlo a hacer en aluminio en una tornería, luego compre un adaptador **Olympus** rosca-bayoneta para ensamblar el adaptador a la bayoneta de la cámara, quedando los dos adaptadores fijos en un solo adaptador.



Como dije, el obturador de la cámara deja pasar un instante de luz hacia el negativo cuando se hace el disparo, pero en el caso de las fotografías astronómicas los objetos son sumamente débiles, y para que esa débil luz pueda quedar grabada en el negativo, el obturador no se puede abrir y cerrar rápidamente, sino que tiene que quedar abierto un tiempo prolongado de varios minutos o incluso horas, dependiendo de lo débil del objeto, a este lapso de tiempo se llama **Tiempo de Exposición**. Sin embargo en un tiempo de exposición prolongado la imagen se movería sobre el negativo y se arruinaría la foto, el movimiento de la imagen sobre el negativo es mayor a medida que los lentes tienen distancias focales más largas por lo que se menciona de que a mayor distancia focal mayor aumento en la imagen.



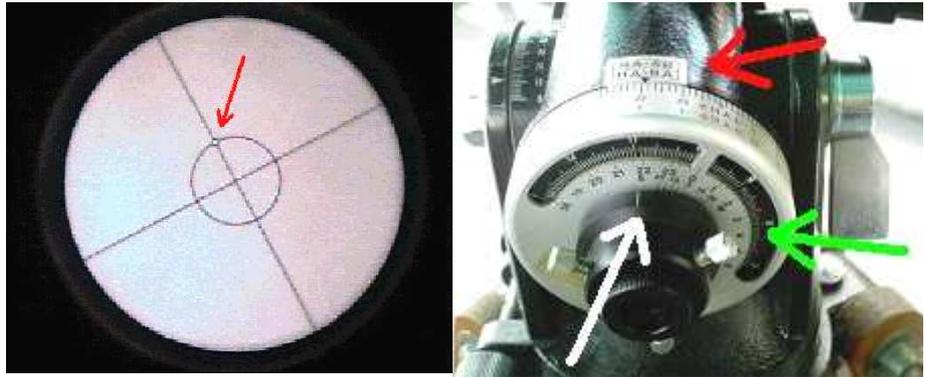
El lente de una cámara réflex comúnmente tiene 50 mm de distancia focal, pero los telescopios tienen distancias focales muchísimo más largas, en mi caso 750 mm (15 veces más larga), y 15 cm de diámetro (es decir recoge 625 veces más luz de lo que entra por nuestro ojo), con el he fotografiado estrellas de magnitud 14, (las magnitudes son la escala de brillo con que se miden las estrellas) el ojo puede distinguir hasta la magnitud 6, que son las estrellas más débiles que podemos ver a simple vista, una estrella de magnitud 3 es 2.5 veces menos brillante que una de magnitud 2, y así sucesivamente. Una estrella de magnitud 14, es 3814 veces más débil que las que el ojo puede ver a simple vista. Ahora bien, una persona puede enfocar una imagen en un telescopio, hasta que esta se ve nítida, pero si otra persona lo enfoca, puede que lo haga diferente, porque todos los ojos no enfocan igual, las cámaras tienen diversos sistemas de enfoque, en el caso de la **Olympus OM2**, esta tiene un enfoque telemétrico que usa un círculo cortado a la mitad. Cuando las dos imágenes de las dos mitades coinciden, la cámara está perfectamente enfocada.



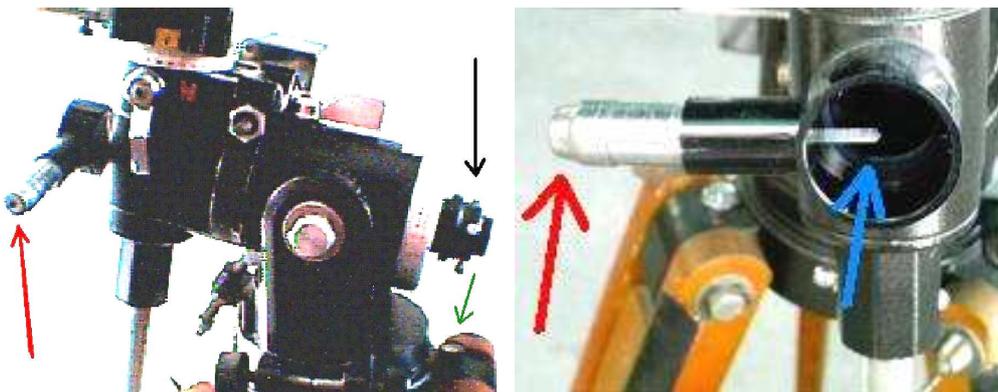
Cuando observamos objetos celestes a través de un telescopio vemos que la imagen se va moviendo, esto es el movimiento de rotación de la tierra que da la impresión de que se desplaza el objeto, para corregir este movimiento mientras dura el tiempo de exposición de la foto, el telescopio descansa sobre una montura que debe ser de tipo ecuatorial, esta se alinea paralela al eje de rotación de la tierra y se hace girar a razón de 1 vuelta cada 24 horas, pero en sentido contrario. Para que el eje de la tierra y el de la montura del telescopio queden paralelos, la montura se ajusta a la latitud de la zona donde estamos, la latitud por ejemplo de **Guarenas** (donde comencé estas fotografías) es:  $10^{\circ} 28'$  latitud norte. De este modo el movimiento se corrige y la imagen queda congelada mientras transcurre el tiempo de exposición. En las monturas ecuatoriales el eje de declinación está marcado en grados para ajustar la latitud del lugar de observación (imagen abajo izquierda), las mejores monturas tienen un pequeño telescopio **Axis Finder** (imagen central), que va metido en un agujero dentro de la montura (imagen derecha), con este se centra la estrella polar para terminar de ajustar la montura con el eje de rotación de la tierra.



Pero la estrella polar no esta exactamente en el polo norte, esta a casi 1° del polo celeste, y según la época del año y la hora va cambiando de posición alrededor del polo, por esto el Axis Finder tiene un retículo (hilos en forma de cruz) con un circulito (flecha roja) donde debe entrar la estrella polar, esto se hace una vez se ha ajustado la marca del Axis Finder (flecha blanca), en 0 del disco de



Ascensión Recta, el cual se ha ajustado según la fecha y la hora del momento de tomar la imagen, los discos graduados para este fin (flechas roja y verde) también nos sirve para ubicar un objeto con sus coordenadas celestes. Una vez ajustado esto te asomas y mueves las patas hasta que la estrella polar entre en su lugar. Por supuesto para que tengan efecto esta alineación, la montura tiene que estar nivelada con el nivel de la burbuja que traen algunas monturas (imagen inferior flecha verde). Si alineas el telescopio muy de noche no ves el retículo del Axis Finder porque no se distingue del cielo oscuro, por esto necesitas un sistema que ilumine el retículo en la oscuridad, esto se hace con un iluminador que usa una fibra óptica (flecha azul), a este adapté un led que alimento con la corriente a través del plus (flecha roja), yo uso la corriente del sistema de iluminación del ocular de guiáje que construí que mas adelante explicare.



Aparte de tener la montura un motor de seguimiento, es necesario que este motor tenga la posibilidad de variar la velocidad, ya que no siempre la velocidad es constante, además, dependiendo de la altura en el horizonte del objeto fotografiado, la refracción atmosférica terrestre hace que el objeto parezca moverse con diferentes

velocidades mientras va cambiando de altura en el cielo a medida que pasa la noche, cosa que no se percibe fácilmente, esto se hace con un controlador de frecuencia variable, (imágenes abajo).

Tiene 3 botones, si no se toca nada, el motor mueve la montura a razón de 1 vuelta cada 24 horas. El primer botón: duplica la velocidad de seguimiento, el botón de abajo: detiene el movimiento, por si el seguimiento se adelanta del objeto fotografiado, el tercer botón: aumenta la velocidad 8 x, para alcanzar de nuevo el objeto, si por el contrario se atrasara el seguimiento. El



swiche de arriba: prende y apaga el motor, y el swiche de abajo: invierte el sentido del seguimiento, lo que se ve atrás señalado con la flecha blanca, son las baterías recargables que usaba, hasta que le modifique la alimentación de corriente para que usara un transformador. Por otro lado, cuando se esta tomando la foto, el telescopio principal esta ocupado con la cámara con su obturador abierto mientras dura la exposición, este cierra el paso de la imagen al visor de la cámara y la luz solo llega a la película, por eso se necesita otro telescopio montado arriba del principal y paralelo a este (**telescopio guía o de seguimiento**), y se alinean ambos de manera que, lo que esta en el centro del campo de uno, lo esta también del otro, de

este modo se puede saber como se mueve la imagen y en que proporción, para corregir el movimiento. Para esto el telescopio guía debe estar dotado de un altísimo aumento, lo recomendable es que tenga una distancia focal mayor al telescopio principal para que pueda distinguirse el más mínimo movimiento en la imagen.



El telescopio de la imagen es el telescopio principal Celestron 6 pulgadas f5 (f5 es la relación entre la distancia focal y el diámetro del espejo, es decir la distancia focal es 5 veces el diámetro del espejo), el telescopio que uso para guiáje es otro reflector, pero de 3 pulgadas f 6,5. También se necesita un pequeño telescopio que se ve montado sobre el telescopio principal, este es un Buscador o Colimador, ya que con el alto aumento que tienen los instrumentos es difícil ubicarse en el cielo si no se dispone de un pequeño telescopio de bajo aumento y gran campo, este tiene un retículo en forma de cruz, y se alinea de manera que cuando una estrella esta en el centro de la cruz también quede en el centro del campo de los dos telescopios mas grandes.

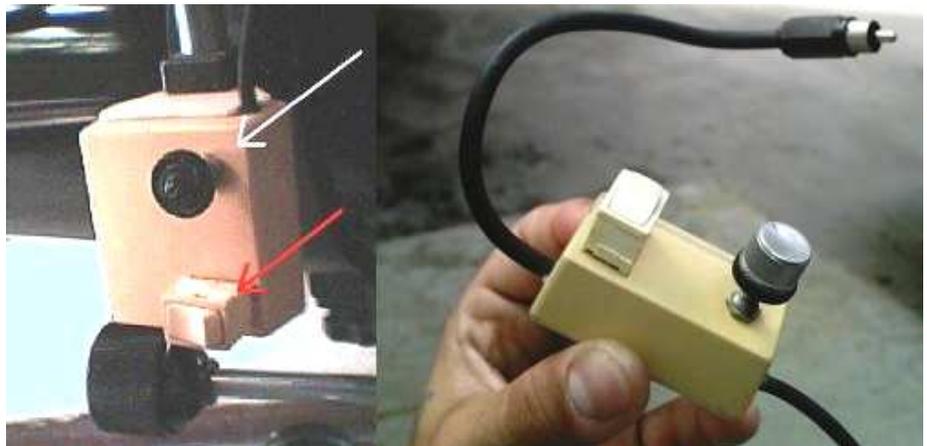
Ahora bien, necesitamos un punto de referencia para corregir el movimiento de rotación en el telescopio guía, usamos una estrella que este dentro del campo que estamos fotografiando, pero también necesitamos un patrón de referencia puesto sobre

la estrella, esto lo conseguimos con un **Ocular Reticulado**, el dispone de unos hilos en forma de cruz que se ven junto con la imagen (igual que el buscador) y nos sirven como mira, es un accesorio bastante costoso, en el año 2001 costaba 400.000 bolívares, pero aunque es algo complicado se puede construir, yo me tarde dos semanas en contruir uno.

Para esto use el casquillo de un viejo ocular que me habían regalado, los hilos eran unas fibras 10 veces mas delgadas que un cabello, de un sweater de mi hermana, las tuve que montar con un microscopio provisional que construí con dos oculares del telescopio para esta tarea, en la imagen derecha se ve el ocular y el reflejo de uno de los hilos (flecha), el cual monte doble, el tornillo (flecha) es un tornillo de los que usaban los cassetes de música, lo use para sostener un anillo de plástico que oculta el sistema de iluminación de los hilos, ya que deben brillar en la oscuridad porque del mismo modo que nos paso con el retículo del **Axis Finder**, los hilos en medio de la noche no se ven por estar el fondo del cielo oscuro, entonces se necesita un sistema que los ilumine y los haga fosforescentes en la oscuridad, además debe ser variable ya que las estrellas brillantes necesitan hilos brillantes para que su brillo no nos encandile frente al bajo brillo de los hilos, y viceversa, por esto debemos igualar el brillo de los hilos al de la estrella guía, es por este sistema de iluminación que me tarde dos semanas en construirlo, ya que use dos **Leds**, y estos debian iluminar solo los hilos y no se pueden ver desde el ocular, ni tampoco pueden producir ni el mas mínimo reflejo en la imagen del telescopio guía. También construí un espejo diagonal para que cualquiera que fuera la orientación del objeto que se fotografía no haya incomodidad en ver



la imagen en el ocular reticulado montado en el telescopio guía, este accesorio lo construí  $1\frac{1}{4}$  pulgada de entrada y salida, pero después para tener la posibilidad de tener un barlow en cada telescopio, compre otro barlow de  $0,965$  pulgada para el telescopio guía y modifique el espejo diagonal a  $0,965$  pulgada de entrada y  $1\frac{1}{4}$  de salida, de este modo si coloco el espejo diagonal después del barlow, triplico la distancia focal del telescopio guía a **1500 mm**. A la derecha el

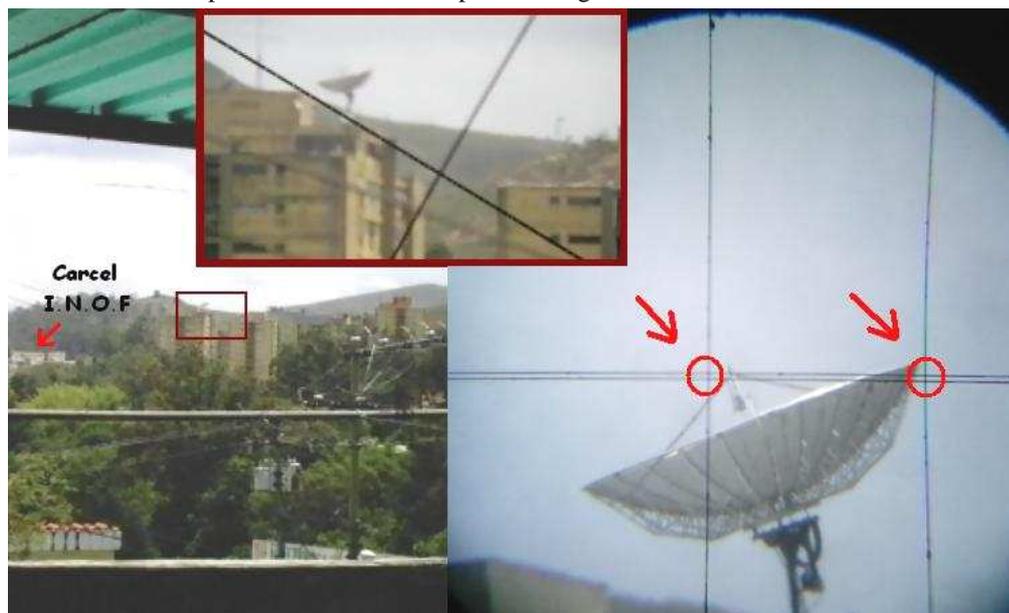


sistema de control de iluminación del ocular reticulado, la cajita que use para el sistema es la de la conexión del cable de los teléfonos caseros, con un swiche de encendido (flecha roja) y un potenciómetro para regular la intensidad de la luz de los hilos (flecha blanca), usaba inicialmente una pila recargable AA, pero años después me compre una computadora y modifique el sistema para que tomara corriente del puerto **USB** a través de un conector múltiple que construí, con este sistema también ilumino el retículo de Axis Finder para cuando estoy alineando el telescopio con la estrella polar.

El ocular de guiáje se monta en el espejo diagonal y este en el telescopio guía, a la derecha, la cámara Olympus, el telescopio guía, el telescopio y



el ocular reticulado montado, también se ve un cable que sale de la cámara fotográfica, este es el cable disparador, con se abre y se cierra el obturador sin tocar la cámara por medio de una guaya interna, lo mantenemos abierto usando un tornillo que sujeta la guaya y lo cerramos cuando se afloja el tornillo, pero en el momento que se abre el obturador y cuando lo cerramos el telescopio vibra mínimamente por unos segundos a causa del movimiento del obturador, por esto tengo que

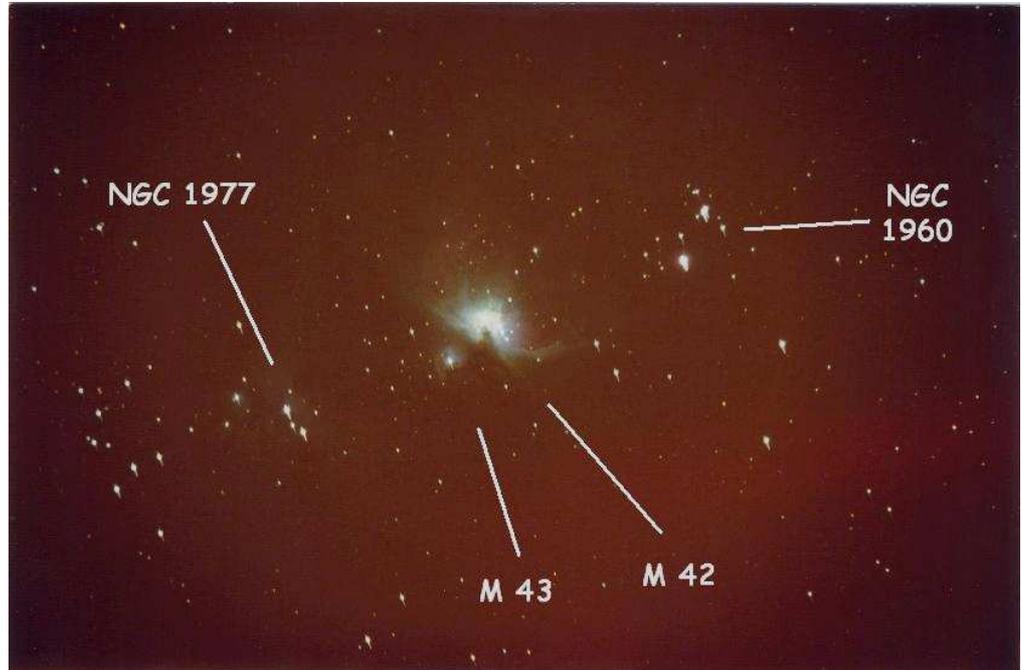


colocar una cartulina negra delante del telescopio antes de abrir el obturador, y cuando se termina la vibración quito la cartulina y comienza la exposición de la imagen, antes de cerrar el obturador también se tapa el telescopio con la cartulina (a esto se le llama el truco del sombrero, se dice que antiguamente se hacia con un sombrero negro).

En esta imagen se ve el aspecto de los hilos del retículo cuando nos asomamos al ocular de

seguimiento, el ejemplo lo hice con una antena de unos edificios en los Teques, aquí se ven los hilos simples y el hilo doble, donde se cruzan los hilos dobles con los simples (círculos con flechas rojas), es donde pongo la estrella que voy a tomar de referencia para guiar la foto, se puede girar el ocular para usar estrellas que estén mas en los bordes.

La foto derecha es la nebulosa de Orión M 42, a 1500 de años luz de distancia, eso nos tardaríamos en llegar a ella si pudiéramos viajar a la velocidad de la luz, esta fue mi primera astrofotografía, la tome el 5 de Enero de 2003, con 28 min de exposición pero tuve errores en el seguimiento de no mas de ocho segundos y se ve como se ven movidas las estrellas dejando unos trazos muy notorios en las estrellas mas brillantes, esto nos da una idea de lo delicado de el seguimiento.



En esta época me tomaba tres viajes subir a la platabanda todo el equipo, en la imagen yo con el instrumento, la cámara Olympus OM2 montada, y el telescopio guía, en el ultimo viaje era esto lo que subía. Tome gran cantidad de imágenes con este equipo que fue con el que comencé el trabajo de guaje y todo lo referente a fotografía con película, en su mayoría fotografié objetos de cielo profundo, se llama así a los objetos que no están dentro del sistema solar como los planetas y el sol, estos objetos son: galaxias, nebulosas, y cúmulos estelares y globulares.

Una vez entendido el proceso para astrofotografía vamos a ver como trabajar en el ámbito de la astronomía digital, donde usaremos los mismos métodos de seguimiento del cielo pero registraremos nuestras imágenes con sensores digitales, la mejor manera para incursionar en la fotografía digital es usando una webcam, estas cámaras usadas para videoconferencias son muy baratas, de fácil manejo y nos permiten ganar experiencia rápidamente, con la ventaja de que si trabajamos con planetas no necesitamos un seguimiento tan preciso, el siguiente es el primero de una serie de seis trabajos acerca de astrofotografía planetaria con webcam [Introducción a la Astrofotografía con Webcam I](#). de aquí se sigue a una serie de trabajos de astrofotografía CCD y fotometría y astrometría, todos ellos se pueden descargar de la pagina de la Sociedad Venezolana de Aficionados a la Astronomía [www.sovafa.com](http://www.sovafa.com).