

“CUATRO SIGLOS DE ARTE Y CIENCIA”

Cuando pensamos en la astronomía, aún siendo esta una ciencia con múltiples campos, generalmente nos viene a la mente la imagen de su símbolo: EL TELESCOPIO. Desde su invención podemos afirmar que han pasado cuatro siglos en los que se ha conyugado *ARTE* y *CIENCIA*.

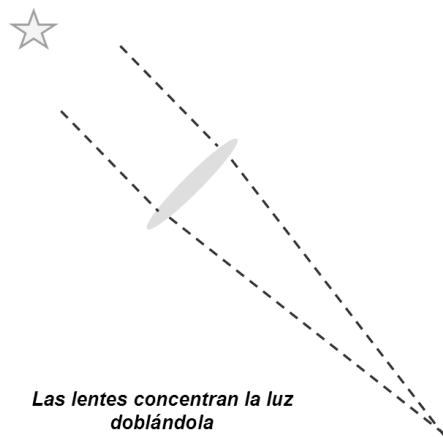
Todo aficionado a la astronomía ha pensado alguna vez en construirse su propio telescopio, pero casi nadie se atreve a realizar esta empresa. No le falta razón en estos tiempos donde podemos encontrar gran cantidad (y de calidad) de productos manufacturados a precios asequibles, pero hubo otros en los que no fue así y en parte, no deja de ser un precioso reto

1.- ¿QUÉ TIPO DE TELESCOPIO ES MÁS FÁCIL DE FABRICAR?:

Es la primera pregunta a la que debemos dar respuesta. Pero para poder darla es necesario disponer de una serie de conocimientos previos:

TIPOS DE TELESCOPIOS.- VENTAJAS E INCONVENIENTES:

1.- EL REFRACTOR ASTRONÓMICO: Es aquel cuyo OBJETIVO ES UNA LENTE que concentra los rayos luminosos en el plano focal, la imagen resultante es ampliada luego por otra lente (OCULAR). El objetivo es una lente compuesta por dos ó tres elementos (lentes acromáticas y apocromáticas respectivamente) para corregir en lo posible la ABERRACIÓN CROMÁTICA.



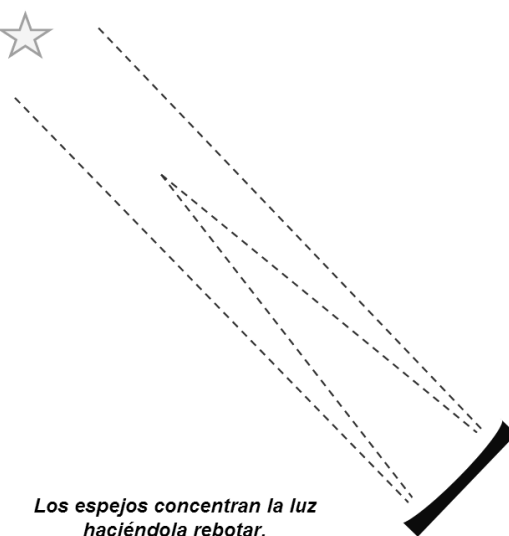
VENTAJAS.- Indicados para observación planetaria, de estrellas dobles, etc; es decir son aparatos muy detallistas sobre todo en las versiones de DISTANCIA FOCAL larga (distancia entre la lente y el FOCO, cuanto más larga es esta medida más largo es el telescopio). El diseño del soporte óptico es muy robusto, permitiendo un manejo y un transporte sin menoscabo de su alineación.

INCONVENIENTES.- El precio es elevado, exceptuando los instrumentos pequeños. Esta limitación en la ABERTURA (diámetro de la lente), se traduce en una disminución en la captación de luz que no permitirá ver objetos débiles que si son observables con otro tipo de telescopios. Si la lente no es de calidad puede producir un foco desdoblado cromáticamente que es molesto para la observación visual y descarta la astrofotografía.



EL REFLECTOR TIPO NEWTON.- Un espejo cóncavo, situado al final del tubo, recolecta y dirige los rayos de luz que nos llegan de los objetos a observar. El haz de luz reflejado por el espejo PRIMARIO es desviado hacia el ocular, situado en un lateral del tubo, por medio de un espejo DIAGONAL plano.

Este tipo de aparatos se pueden encontrar desde versiones de RELACIÓN FOCAL corta, por ejemplo f-5 (la distancia focal es cinco veces el diámetro del espejo primario), que son ideales para la observación de CIELO PROFUNDO al ser muy LUMINOSOS y tener un CAMPO DE VISIÓN muy amplio. También podemos encontrar telescopios de este tipo con focales largas (f-9 en adelante). Estos últimos son los más indicados para trabajos que precisan gran resolución, como es la observación planetaria y de binarias. Esto es debido a que se puede trabajar a mayores aumentos que con los de focal corta, además de poseer un espejo diagonal de menores dimensiones cuanto más larga es la distancia focal.

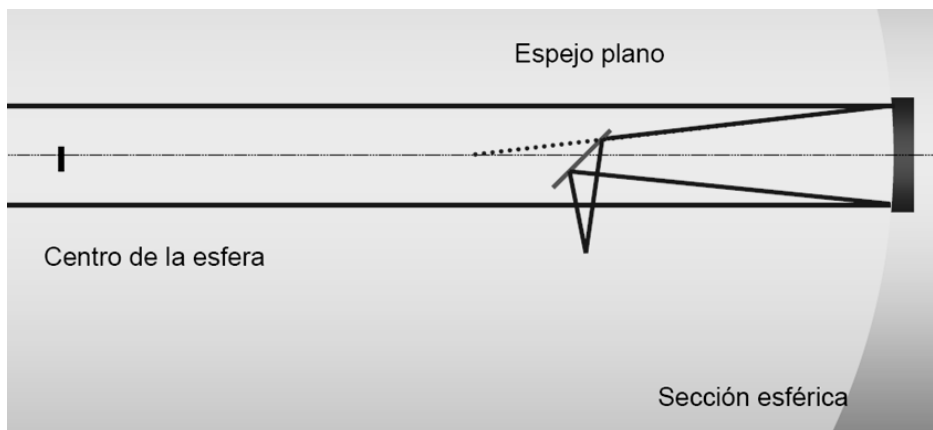


Los espejos concentran la luz haciéndola rebotar.

La luz, los espejos, la reflexión y el telescopio reflector.

VENTAJAS.- Podemos adquirir mayores aberturas a precios razonables, permiten la observación de objetos débiles, al trabajar con espejos no se produce la aberración cromática, esta última característica los hace ideales para la fotografía.

INCONVENIENTES.- La obstrucción del haz luminoso que produce el espejo diagonal causa una ligera pérdida en la calidad de imagen con respecto al refractor (esta pérdida es más acentuada cuanto la focal es más corta). Los de distancia focal corta pueden sufrir de **ABERRACIÓN ESFÉRICA** si el espejo no ha sido PARABOLIZADO. La alineación de la óptica principal es más susceptible de perderse, por lo que precisan de más "mimos"



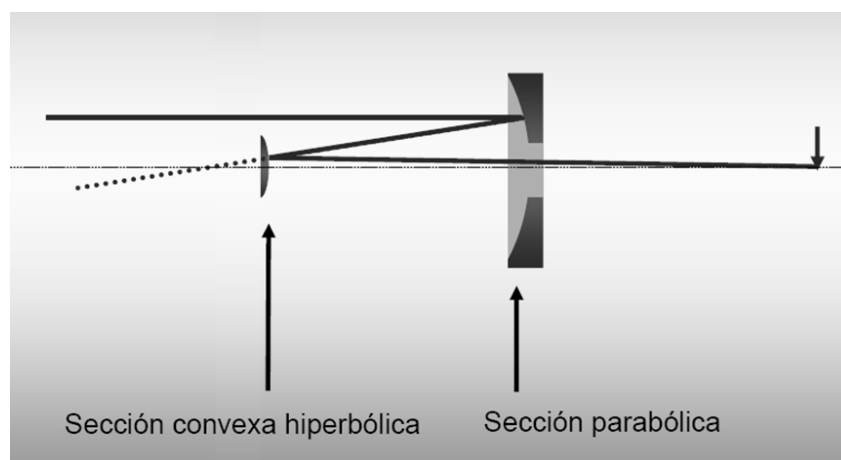
ESQUEMA DEL TELESCOPIO REFLECTOR NEWTON.

EL REFLECTOR CATADIÓCTRICO.- La luz recolectada por el primario pasa antes por una lente CORRECTORA (situada en la boca) , cuya forma es diferente según el tipo de lente (SCHMIDT-CASSEGRAIN o MAKSTOV), después es desviada y amplificada por un secundario convexo e hiperbólico. Este viaje de la luz de ida y vuelta permite obtener una focal larga con un tubo corto.



VENTAJAS.- Son muy compactos y por tanto muy transportables, aún con aberturas grandes. Estos telescopios, cuando son de gran calidad, producen imágenes muy buenas (la calidad va ligada al precio) y sirven tanto para observación planetaria como para cielo profundo. Son buenos para la astrofotografía y además producen las imágenes derechas con lo que sirven para observación terrestre.

INCONVENIENTES.- Son más caros que los reflectores Newton. Debido a que el secundario es mayor que en el reflector convencional, produce una obstrucción mayor que los hace perder resolución con respecto a los reflectores normales, además produce imágenes estelares peores que un buen refractor.



Esquema de un telescopio Cassegrain puro, sin lente correctora..

REFLECTOR DOBSON.- En realidad es un reflector Newton normal. Está construido de una forma muy sencilla, generalmente el tubo se fabrica de madera o PVC. La montura es ACIMUTAL construida de tablero, y sus movimientos se realizan sobre piezas de TEFLON.

VENTAJAS.-Estos aparatos se comercializan a precios BAJOS para aberturas sorprendentemente grandes, esta característica los hace ideales si nuestra afición primordial es la observación del cielo profundo.

INCONVENIENTES.- La montura no permite la astrofotografía. Se pueden motorizar para hacer seguimiento, pero esta solución sólo es factible para observación visual (el campo del ocular varia). Los Dobson, por lo general, tienen una focal muy corta, con lo cual su rendimiento es bajo para observaciones de objetos que precisan de gran resolución.”



TELESCOPIO DE TIPO DOBSON

CONCLUSIONES:

.- En el apartado óptico:

Para construir las lentes de un refractor, en primer lugar, necesitamos dos vidrios de diferente densidad y ópticamente puros. Los espejos primario y secundario de un reflector se pueden construir con cristal “normal”. Para corregir las aberraciones en el refractor debemos trabajar todas las caras (como mínimo cuatro) de nuestro doblete. En el de reflexión sólo trabajaremos una de las caras del vidrio. Sin duda alguna los reflectores de tipo NEWTON son los instrumentos que entrañan menor dificultad en cuanto a su apartado óptico. Los telescopios reflectores se diferencian en el tipo de secundario que llevan, por ejemplo en un diseño cassegrain es convexo e hiperbólico, en un *newton* es plano.

.- LAS MONTURAS:

La montura tiene como finalidad soportar el tubo óptico y dirigirlo a cualquier parte del cielo con precisión y firmeza.

Hay dos tipos de monturas: LAS ECUATORIALES y LAS ALTAZIMUTALES. Se basan, respectivamente en su sincronización con el *sistema de coordenadas celestes ecuatoriales* y *coordenadas horizontales* (ver curso de introducción a la astronomía).

Las monturas ecuatoriales fueron diseñadas para contrarrestar la rotación terrestre (astrofotografía). Son verdaderas piezas de relojería, con la dificultad que entraña su diseño y construcción. Pero este inconveniente se pasa por alto, ya que son capaces de mantener alineado un objeto celeste controlando, solamente uno, de sus ejes (el de ascensión recta, en amarillo).

Las segundas, son mucho más sencillas de diseñar y construir, además de tener un manejo mucho más lógico, pero esta última característica esconde un gran inconveniente, para mantener el objeto a estudiar alineado en todo momento, debemos controlar tres ejes o parámetros, pero en los tiempos de la informática esto ya no es un problema.



Izquierda.- Montura de horquilla Derecha.- Montura ecuatorial alemana

.- Pero... ¿QUÉ TELESCOPIO ES EL MÁS SENCILLO DE CONSTRUIR?

A nivel de aficionado y con las premisas de la sencillez y del placer de observar por observar, la empresa que debemos emprender es la construcción de un telescopio de TIPO DOBSON.

En la década de los años 70 del pasado siglo, el astrónomo aficionado JOHN DOBSON ideó este tipo de telescopio con la finalidad de aportar a otros aficionados *reflectores* de grandes aberturas, fáciles de construir con materiales contextualmente próximos, y por tanto, baratos.

¿CÓMO SE CONSTRUYE UN TELESCOPIO DOBSON?

Los apartados fundamentales son:

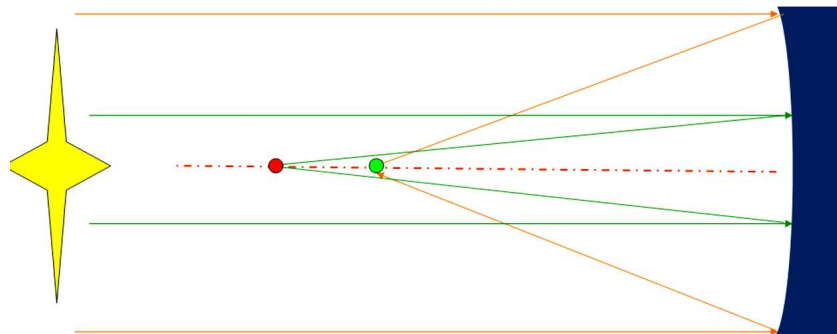
- Construcción de los elementos ópticos: Espejo primario o principal y el secundario o diagonal.
- Integración de los elementos en el tubo óptico.
- Construcción de una montura DOBSON.
- Puesta en servicio del telescopio.

.- CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS ÓPTICOS:

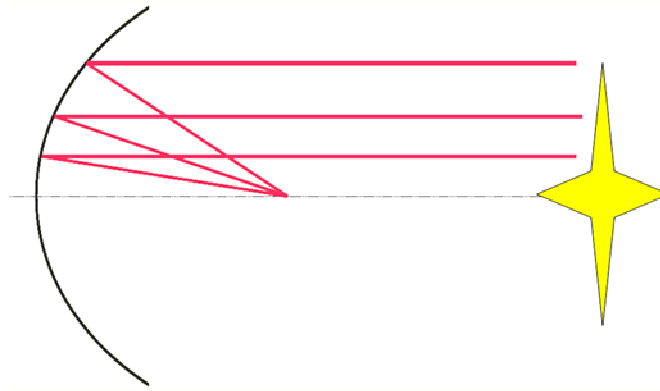
EL ESPEJO PRIMARIO O PRINCIPAL

.- **La forma del espejo primario:**

Un espejo esférico cóncavo da una buena imagen en su centro, pero cuando hablamos de objetos puntuales y que podemos considerar infinitamente alejados, como son las estrellas, las cosas cambian. Ya no es la esfera la forma óptica ideal. Solamente una parábola, y mejor dicho su figura de revolución o paraboloides es capaz de hacer converger en el foco todos los rayos de luz que llegan desde el infinito.



Comportamiento de un espejo cóncavo-esférico cuando la luz viene de un objeto en el infinito



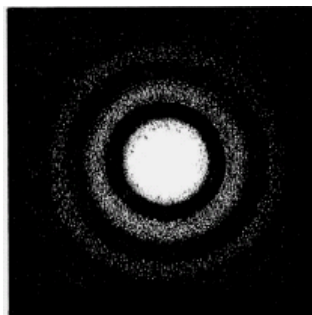
Comportamiento de un espejo cóncavo-parabólico, cuando la luz viene de un objeto en el infinito.

Los espejos de uso astronómico deben tallarse teniendo en cuenta este detalle, aunque en la realidad un espejo esférico es útil siempre que su relación focal o índice de luminosidad sea superior a 8. La relación focal (o simplemente “focal”) es la proporción entre los dos parámetros principales de un telescopio, es decir, la distancia focal y el diámetro del espejo. Por ejemplo, un telescopio de 150 mm. de abertura puede tener un espejo esférico si su distancia focal es mayor de 1200 mm..

La precisión que ha de alcanzar el trabajo que nos proponemos, roza la perfección. Al fin y al cabo vamos a construir “*la pared de un frontón que va a enviar todas las ondas de luz a un sólo lugar de reunión*”, el foco.

Este lugar de reunión no es un punto, sino una pequeña mancha, debido a la *naturaleza ondulatoria de la luz* (óptica física) que viene definida por la relación focal del futuro espejo. Cuanto más corta es la relación focal más pequeño es el lugar de reunión, y por tanto, el punto focal más brillante.

El radio de esta mancha fue definido por AIRY (radio mínimo= $1,22 \lambda \times \text{relación focal del espejo}$). Es por ello que un telescopio de corta relación focal (de 7 hacia abajo) es muy luminoso, ya que concentra toda la luz en una mancha más pequeña, pero..., también son más difíciles de construir.



Debido a la naturaleza ondulatoria de la luz, en el foco una estrella no es un punto, si no una “manchita”.

EL TALLADO DEL PRIMARIO

.-El lugar de trabajo:

El local debe ser “sufrido” (los abrasivos y otros productos que debemos utilizar pueden manchar y dañar el suelo), así mismo, debe estar bien iluminado y el ambiente fresco. En él dispondremos de un banco de trabajo circular (o un simple bidón de 200 litros) ya que durante el tallado y el pulido tendremos que girar en torno al mismo. Y es fundamental disponer de agua abundante para el lavado de los vidrios.



Banco de trabajo, con un espejo de 210 mm al principio de su tallado.

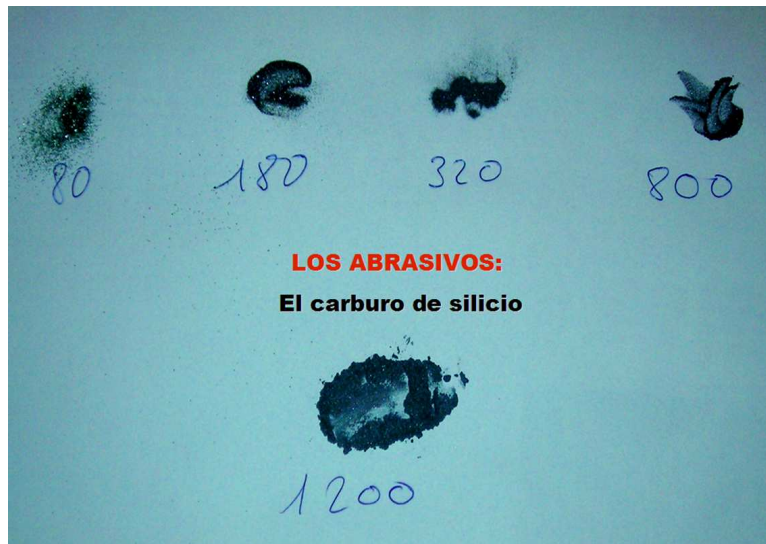
.- Materiales para el tallado:

- Dos vidrios de igual diámetro. El que va a ser nuestro futuro *espejo* debe tener un grosor de 1 cm por cada 6 cm de diámetro (personalmente no respeto esta proporción, utilizando vidrios flotados de 19 mm. de grosor para espejos de hasta 400 mm. de diámetro. El otro vidrio, desde ahora *herramienta*, puede ser de menor grosor (para el espejo de 400 utilizo herramientas de 15 mm. de grueso). En nuestro caso dos discos de vidrio flotado de 150 mm., uno de 10 mm. de grosor (espejo) y otro de 8 mm. de grosor (herramienta). Se pueden conseguir en cualquier cristalería.
- Abrasivos: Carburos de silicio de diferente granulometría (80 y 180 para el *tallado* y 320, 800 y 1200 para el *esmerilado*. Cantidades 500 gr. del primero y 100 gr. de los restantes.

- Recipientes para poder lavar los cristales, esponjas, papel de periódico y trapos.



Obleas de vidrio flotado de diferente diámetro y espesor antes de ser trabajadas, destinadas a ser las ópticas de un telescopio de 350 mm de abertura.



Carburos de silíceo de diferente granulometría.

.- La técnica del tallado:

El frotamiento de una superficie contra otra con la interposición de abrasivos (elemento más duro que los materiales a trabajar) y la ley de los promedios, son las dos premisas básicas para el tallado del primario, que se satisface con la ejecución de una serie de “pasos” (movimientos) en la que nos vale la media de todos ellos para ir dando la forma al vidrio.



Desbastado de un 300 mm.

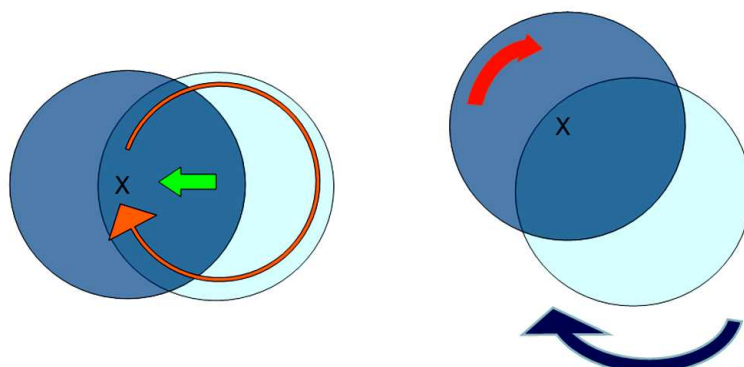
.-Comencemos a trabajar:

Situaremos la herramienta sobre el bidón o banco circular, acomodándola sobre unos periódicos ligeramente humedecidos (así no se moverá). Seguidamente vertemos un poco de carburo del 80 y de agua sobre ella, colocamos encima el otro disco de vidrio descentrándolo 2/3 de su diámetro y comenzamos una serie de movimientos con el fin de conseguir la concavidad del vidrio superior, la convexidad del inferior y la simetría de todo el conjunto. Este movimiento es la conjunción de varios. El primero es el giro del espejo sobre la

periferia de la herramienta a la vez que lo hacemos girar sobre si mismo (manteniendo su simetría), el tercero es el giro del operador entono al bidón para mantener la simetría de la herramienta. Cuanto más descentremos el espejo y mayor sea la presión sobre él, mayor será el desgaste de su centro y del borde de

Los “PASOS” para el tallado: LA LEY DE PROMEDIOS.

- 1. Descentrado del espejo sobre la herramienta.
- 2. Paso A: Recorrido del centro del espejo sobre la periferia de la herramienta.
- 3. Paso B: Giro parcial del espejo sobre su centro. Mantenemos su simetría.
- 4. Paso C: Giro parcial del operario en torno al banco de trabajo, como un satélite.

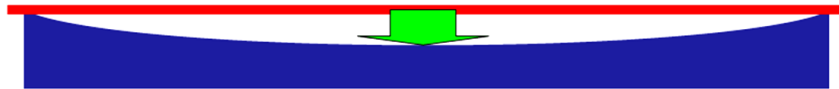


la herramienta. La presión de las aristas de los abrasivos van haciendo saltar lascas y conformando a nuestra voluntad los dos discos de vidrio. El desbastado de un vidrio de 150 mm. a f- 8 cuesta 1 hora.

.-Controlamos el tallado:

En primer lugar debemos calcular lo que denominamos *flecha del primario*, esto no es más que determinar la profundidad que vamos a practicar en el vidrio destinado a ser nuestro espejo. Viene determinada por una sencilla relación matemática:

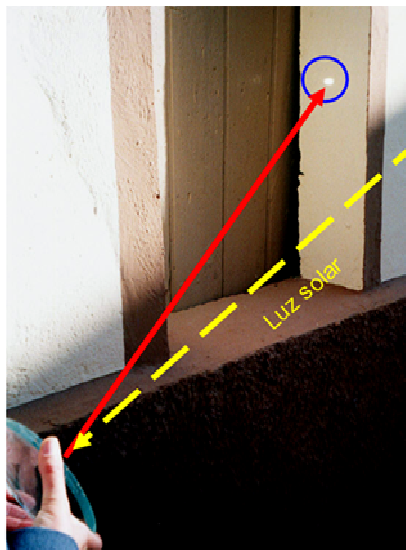
$$\text{Flecha} = \text{Radio del primario}(\text{al cuadrado}) / (4 \times \text{distancia focal})$$



La acción de los carburos crea una concavidad en el cristal. La flecha (en verde) es la profundidad que debemos alcanzar y depende de la distancia focal de la futura óptica.

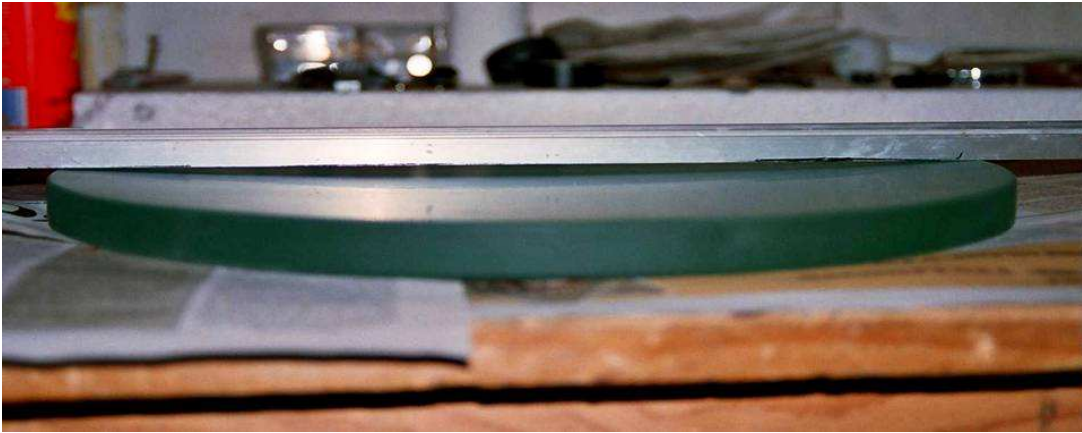
Por ejemplo: Para un telescopio de 200 mm. de diámetro y una distancia focal de 1200 mm. , a nuestro disco de vidrio le debemos quitar en su centro 2,08 mm.

Podemos controlar “la profundidad” o flecha por métodos directos (esferómetros, galgas, calibres, etc...) personalmente prefiero un test (indirecto), en el cual *la tensión superficial del agua* (mojando la cara óptica del espejo) y la ayuda de El Sol son imprescindibles. Haremos reflejar el contorno del sol en una pared, cuando apreciemos el Sol perfectamente contorneado mediremos la distancia desde el vidrio hasta esta imagen. Esta longitud es la distancia focal que tiene en este momento nuestro espejo.



Determinación de la distancia focal con la ayuda de la luz solar y de la superficie del espejo mojada.

.- Aspecto del trabajo realizado:



Final del desbastado: El futuro espejo muestra su concavidad.



Final del desbastado: La herramienta es convéxa.

.-El esmerilado:

Una vez conseguida la flecha requerida, nuestro vidrio cóncavo tiene un tacto rugoso debido a las grandes picaduras producidas por un grano de carburo grueso. Con *el esmerilado* (uso de carburos con granulometría progresivamente menor) conseguiremos “suavizar” la cara óptica.



Final del esmerilado de un espejo de 350 mm.

En el proceso de esmerilado procederemos de manera similar al tallado, pero los movimientos serán menos excéntricos, de forma que mantengamos la simetría tanto del espejo como de la herramienta.

Al final del esmerilado, tanto el espejo como su herramienta encajan entre si "íntimamente", si no es así, no podemos continuar. En el esmerilado de un vidrio de 150 mm. se puede invertir media hora.



EL PULIDO

En estos momentos nuestro espejo primario no es un espejo, si no un vidrio que tiene una superficie cóncava completamente satinada, no reflexiva. Ahora nos toca devolver la transparencia al vidrio de manera que la cara óptica satinada sea un verdadero espejo. Debemos realizar **el pulido** de esa superficie.

Hay que devolver la "transparencia" al vidrio.

