

# Guía de Observación Solar de AAVSO

Versión 1.1 – Febrero 2018



## **AAVSO**

49 Bay State Road  
Cambridge, MA 02138  
Teléfono: +1 617 354-0484  
e-mail: [aavso@aavso.org](mailto:aavso@aavso.org)

Copyright 2017 AAVSO  
ISBN 978-1-939538-37-6

## Tabla de contenidos

<b>Secciones:</b>		<i>página</i>
1.	Introducción y objetivo	2
2.	Nota precautoria	3
3.	Métodos para observar el Sol	4
4.	Equipamiento	6
5.	Observación, registros y notas	12
6.	Reportando las observaciones	15
7.	Clasificación de las manchas solares	17
8.	Recursos	18
 <b>Apéndices:</b>		
A	Condiciones de seeing	19
B	Sistema de clasificación de Zurich	22
C	Sistema de clasificación de McIntosh	24
D	Orientación y cómo encontrar el ecuador del Sol	25

## 1. Introducción y objetivo

El Sol es nuestra estrella variable más cercana y es extremadamente interesante de observar en muchos aspectos. La principal actividad de la Sección Solar de la AAVSO es monitorear las manchas solares, para lo cual se computan los Números Relativos de Manchas Solares Americanos (RA). Este programa comenzó en 1944 cuando el Comité Solar se formó por primera vez en respuesta a la dificultad de obtener conteos formales de manchas solares desde Suiza durante la Segunda Guerra Mundial. El Programa de Manchas Solares Relativas Americano de la AAVSO produce un índice de manchas solares independiente para el uso de investigadores solares de todo el mundo.

El propósito del programa es mantener una base de datos duradera y consistente de observaciones solares visuales de la actividad de manchas. Mantener la continuidad con los registros antiguos requiere utilizar filtros de luz blanca y estimas visuales.

La intención de esta guía es enseñar al lector cómo realizar observaciones diarias de manchas solares. El principal objetivo es incentivar y mantener a un grupo de observadores solares apropiadamente entrenados para así asegurar la consistencia de la base de datos a largo plazo. Otro objetivo es alentar prácticas seguras.

### **Agradecimientos**

#### *Autores principales:*

Frank Dempsey

Raffaello Braga

#### *Colaboradores:*

Rodney Howe, Líder de la Sección Solar

Dra. Kristine Larsen

Dr. B. Ralph Chou (*recomendaciones acerca de la observación solar segura*)

Tom Fleming (*información incluida en los apéndices*)

#### *Traducción al español:*

Sebastián Otero

## 2. Nota precautoria - POR FAVOR LEER

Observar el Sol, especialmente con un telescopio, es una actividad peligrosa que demanda ajustarse estrictamente a protocolos de seguridad. El Sol es único entre los objetos que estudian los observadores de la AAVSO por lo brillante que es. La regla más importante para observar el Sol es hacerlo con cuidado. No importa si tenemos que repetirlo mil veces: si tienes alguna duda con respecto a algunas de las siguientes recomendaciones de equipamiento y seguridad, por favor pide asistencia antes de llevar a cabo cualquier observación solar.

***La consecuencia de mirar directamente la imagen del Sol a través de un telescopio sin filtro, por más brevemente que sea, es la potencial pérdida de visión en el ojo.***

El método más seguro para observar la fotosfera solar con telescopio es mediante la técnica de proyección de la imagen sin filtro, utilizando un refractor (se describe en la Sección 3).

**Nunca mires directamente al Sol sin la protección que ofrece un filtro diseñado específicamente con ese propósito.**

El elevado riesgo de mirar al Sol por un telescopio se puede reducir a niveles aceptables colocando un filtro solar apropiado frente a la apertura del telescopio (como se describe en la Sección 3). Ese filtro evita que la mayor parte de la radiación ultravioleta, visible e infrarroja entre al telescopio. Los filtros solares deben estar perfectamente sujetos al frente de los telescopios.

Si planeas observar al Sol directamente, coloca un filtro que tape por completo el objetivo de tu telescopio o, si has reducido la apertura normal con un diafragma, coloca el filtro sobre la apertura efectiva (el “agujero”). Actualmente hay muchos materiales en el mercado, tales como el mylar recubierto de aluminio, compuestos de vidrio y níquel y películas especiales diseñadas para uso solar que funcionan bien para este fin. Una cuña de Herschel se debe usar siguiendo las recomendaciones del fabricante. No uses dispositivos antiguos como algún “filtro solar” que ya venga acoplado al ocular.

Recuerda que el calor del Sol también representa un peligro para tu equipo, en particular para los buscadores y oculares que contienen elementos pegados con cemento. Si tu idea es observar por proyección, enfoca mucho más allá de donde enfocarías si fueses a observar directamente y luego reenfoca lentamente sobre la superficie en la que proyectes la imagen. Puede que prefieras usar oculares antiguos como los Ramsden y Huygens en vez de diseños modernos con múltiples elementos porque los primeros generalmente no emplean adhesivos en su construcción. Finalmente, coloca una tapa sobre tu buscador o directamente quítalo si vas a dedicar ese telescopio sólo a observación solar.

### 3. Métodos para observar el Sol

Dos formas de observar la superficie solar con telescopio son: mediante visión directa a través del telescopio con un filtro adecuado (construido especialmente con este propósito) que cubra el frente del telescopio, y por proyección de la imagen sin filtro sobre una pantalla. Otros métodos de observación solar, que no se aplican a las estimas visuales de la sección solar de AAVSO incluyen imágenes de CCD y cámara web en la posición del ocular de un telescopio apuntando directamente y telescopios solares monocromáticos especializados como los telescopios de H-alfa.

Para visión directa, hace falta que un filtro de luz blanca cubra la apertura del telescopio. El filtro debe proteger al ojo de la intensa radiación ultravioleta, visible e infrarroja y proteger al telescopio del calor. El filtro atenúa la luz que entra y permite que sólo una pequeña fracción pase por el telescopio. Los nuevos filtros solares cumplirán con el nuevo estándar ISO 12312-2: 2015 *Protección de ojos y rostro — Anteojos de sol y relacionados — Parte 2: Filtros para la observación directa del Sol*.

La observación solar directamente a través de un filtro solar de apertura es el método más común de ver el Sol. Las ventajas que tiene por sobre el método de proyección incluyen la posibilidad de resolver detalles finos, la eliminación del calor en el telescopio y la habilidad de evaluar las condiciones atmosféricas (el seeing).

**Precaución:** siempre recuerda que el filtro tiene que estar firmemente sujetado al frente del telescopio para que no se suelte accidentalmente mientras el telescopio está apuntado al Sol. Además hay que examinar que el filtro no tenga fallas antes de cada sesión de observación (como se explica en la Sección 4).



*El filtro solar encaja a la perfección sobre la apertura.*

Para observar por proyección, hay dos métodos: por proyección del ocular a través del telescopio sin filtro sobre una pantalla protegida y mediante el uso de un proyector solar. La proyección evita el riesgo de mirar directamente al Sol a través de un telescopio y tiene la ventaja de permitir que muchos observadores vean el Sol simultáneamente.



*Proyección del ocular a través de un refractor usando una pirámide de Hossfield.*

**Precaución:** Utilizar un telescopio para proyección sin un filtro requiere tener mucho cuidado de que la imagen proyectada nunca sea apuntada a los ojos tuyos o de cualquiera que pudiese interponerse en el camino. Mantén las manos y cualquier otra parte del cuerpo fuera del haz de luz en todo momento, ya que podría causar quemaduras.

Generalmente, una imagen de 150 mm. de diámetro es la mejor opción para tener un balance entre el brillo y la resolución (ya que una imagen demasiado grande puede verse débil y con bajo contraste, mientras que una demasiado pequeña podría hacer que fuese demasiado difícil distinguir pequeñas manchas con claridad).

Una fórmula útil para calcular la distancia (en mm.) entre el ocular y la pantalla de proyección que se necesita para obtener una imagen de 150 mm. es:

$$\text{Distancia} = f(16050/F + 1)$$

donde  $f$  es la distancia focal del ocular y  $F$  es la distancia focal del telescopio en mm.

*(Fuente: "Observing the Solar System: the modern astronomer's guide" de G. North)*

Ten en cuenta que como el diámetro aparente del Sol varía durante el año (debido a la forma elíptica de la órbita de la Tierra) la distancia calculada es sólo aproximada y se deben hacer ajustes para llevar la imagen solar al diámetro apropiado.

## 4. Equipamiento

### *¿Qué tipo de telescopio?*

Puede que ya tengas un telescopio refractor, reflector o con espejo y lentes combinadas (ej.: Schmidt-Cassegrain o Maksutov). Todos ellos sirven para mirar el Sol directamente con un filtro de apertura. En realidad, los refractores son un poquito mejores y dan imágenes más puntuales y de mayor contraste que los reflectores, que tienen pequeños efectos de difracción causados por las obstrucciones que hay en el camino de la luz, pero se puede usar cualquier telescopio equipado con un filtro solar adecuado para comenzar a hacer observaciones de manchas solares.

Para proyección solar, los refractores son los mejores debido a que las obstrucciones que debe atravesar la luz son mínimas y por permitir el montaje mecánico de una pantalla de proyección. Los reflectores newtonianos no se recomiendan para proyección. Los reflectores generalmente son más grandes que la mayoría de los refractores que se usan para observación solar y concentran mucho más calor en el plano focal, lo cual implica un riesgo mayor de dañar el telescopio que si se usan pequeños refractores. Hay varios filtros solares buenos disponibles para el frente de los reflectores y se deben usar para observar al Sol directamente en lugar de por proyección. Los Schmidt-Cassegrain y otros telescopios compuestos no deberían usarse porque los tubos cerrados pueden calentarse con el riesgo de dañar la unión de cemento que contiene al espejo secundario y su soporte sobre la placa correctora. Además, las pantallas deflectoras internas o toques pueden dañarse. Los oculares con elementos que tengan cemento también pueden ser afectados por el calor que pasa a través del ocular. También evita usar un ocular con reticulado, ya que podría derretirse con la intensa imagen enfocada del Sol.

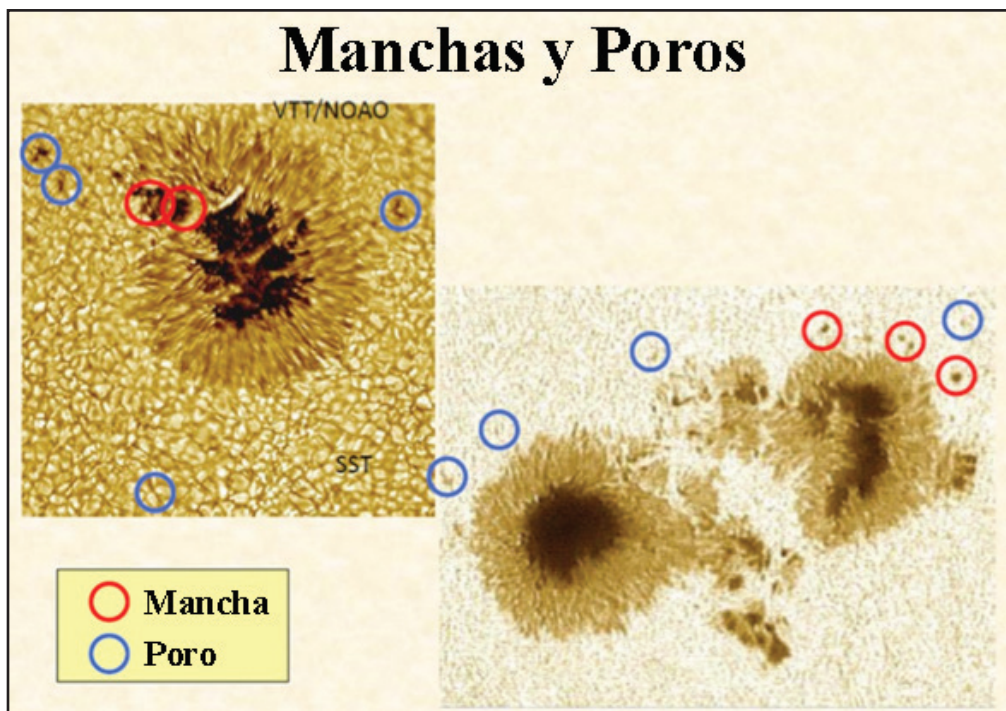
### *¿Qué apertura?*

No necesitas una gran apertura. Aperturas de entre 50 y 80 mm. son suficientes. Es interesante notar que el telescopio que usaron Rudolf Wolf y sus sucesores para el conteo diario de manchas solares durante muchos años era un refractor de 80 mm. Las aperturas más grandes que alrededor de 100-125 mm. generalmente están limitadas por los efectos de la turbulencia atmosférica. Si logras condiciones de seeing del orden del segundo de arco (o mejores) en tu sitio de observación durante el día, entonces una apertura de 125 mm. o mayor podría justificarse para ver el Sol con una resolución del segundo de arco. Aperturas menores a 125 mm. tienen una resolución restringida a más de un segundo de arco por una limitación teórica, pero la mayoría de los observadores probablemente tengan condiciones de seeing peores que eso durante el día. Cualquier telescopio que un astrónomo aficionado ya tenga probablemente funcione bien. Los observadores de la Sección Solar de AAVSO que contribuyen con conteos de manchas utilizan aperturas que van de alrededor de 40 mm. a 200 mm.

Si compras un refractor para observar por proyección o a través de cuña de Herschel, debes asegurarte de que el instrumento no tenga partes plásticas cerca del foco del objetivo, ya que eso es común en algunos refractores baratos que se venden en tiendas grandes. Generalmente, los refractores acromáticos de 100 mm. tienen ópticas decentes sin partes plásticas, mientras que los apocromáticos de tamaños más pequeños están hechos incluso mejor y también son buenos para observación solar. Para proyección, una apertura mayor a 80-100 mm. puede permitir que pase una cantidad de calor excesiva a través del plano focal del telescopio y hacer que la imagen se vea borrosa.

### *¿Cuánto aumento?*

El aumento que se use para contar las manchas solares es importante pero las condiciones de seeing pueden limitar el máximo aumento utilizable, si las condiciones son muy estables se puede recurrir a grandes aumentos. Ampliar demasiado la imagen en el telescopio puede causar que los observadores cuenten poros de corta duración (que no deberían contarse) en vez de manchas más grandes. Los poros son marcas intergranulares azarosas que aparecen como manchas muy pequeñas sin una penumbra y que cambian rápidamente (con una vida generalmente menor a una hora y gobernadas por la dinámica de la granulación) y puede que marquen posiciones de manchas solares que se están por formar. El observador debe familiarizarse con los poros para evitar confundirlos con manchas solares.



*Ilustración de manchas (“sunspots”) y poros (“pores”). (Imagen, cortesía de Frédéric Clette.)*



Los poros tienen una apariencia borrosa, bajo contraste, no tienen una forma definida y no son realmente negros, mientras que una verdadera mancha solar tiene un contorno marcado, alto contraste y un núcleo oscuro. Si el aumento es demasiado bajo, puede ser difícil percibir estas características. La ilustración de abajo muestra un ejemplo de manchas y poros. Cuanto mayor el aumento, más claramente se resuelven los poros y las manchas con buenas condiciones de seeing, pero existe el riesgo de contar un poro como una mancha. Por otro lado, se necesitan aumentos medios a altos para diferenciarlos claramente.

Una buena táctica es barrer el disco con diferentes aumentos. Usa aumentos bajos (40x-50x) y medios (60x-70x) para ver el disco completo e identificar los grupos más grandes y sus estructuras. Si las condiciones de seeing lo permiten, utiliza aumentos mayores (80x-90x) que te ayuden a identificar pequeños grupos y a lograr un conteo preciso de las manchas al mismo tiempo que te permitan identificar y excluir los poros.

Como guía, el poder de resolución que nos permite ver todos los detalles en la imagen telescópica es igual a la mitad de la apertura en mm., pero en la práctica hace falta algo más, digamos 1,5 veces ese valor o 60x para una apertura de 80 mm., la cual es típica para el conteo de manchas solares. Si damos por sentado que la menor mancha que se puede resolver tiene un tamaño aparente de 3 segundos de arco, entonces el conteo no se ve influenciado significativamente por la apertura, ya que un refractor de 80 mm. ya es capaz de resolver 1,5 segundos de arco, que es menos que el valor del seeing promedio (típicamente alrededor de 2 segundos de arco).

### ***¿Cómo se calcula el aumento?***

El aumento se calcula dividiendo la distancia focal del objetivo por la distancia focal del ocular o, en forma de ecuación

$$\text{Aumento} = (\text{distancia focal del objetivo}) / (\text{distancia focal del ocular}).$$

Por ejemplo, con un telescopio de 1000 mm. de distancia focal y un ocular de 20 mm. de distancia focal, el aumento será  $(1000 \text{ mm.}) / (20 \text{ mm.}) = 50$ .

O, usando la apertura del objetivo y su relación focal, el aumento se calcula como

$$\text{Aumento} = [(\text{apertura}) \times (\text{relación focal})] / (\text{distancia focal del ocular}).$$

Por ejemplo, usando un telescopio con una apertura de 80 mm., relación focal f/8 y un ocular con una distancia focal de 10 mm., el aumento será  $[(80 \text{ mm.}) \times 8] / (10 \text{ mm.}) = 64$ .

Una calculadora online muy útil puede encontrarse en: <http://www.skyandtelescope.com/observing/skyandtelescope-coms-scope-calculator/>

### *¿Qué filtro?*

Los filtros solares se fabrican como capas metálicas sobre vidrio o sustrato de mylar. Los filtros de uso masivo generalmente los fabrican Baader Planetarium (AstroSolar Safety Film) o Thousand Oaks Optical. Antes Roger Tuthill Co. también construía filtros solares confiables llamados Solar Skreen y algunos de ellos pueden estar aún en uso. La prioridad cuando se usa un filtro es asegurar un ajuste apropiado y seguro sobre la apertura del telescopio antes de cada uso. Se puede encontrar información útil acerca de cómo elegir un filtro solar en el sitio web: <http://oneminuteastronomer.com/999/choose-solar-filter/>.

**Precaución:** ¡Nunca uses filtros solares que se inserten en el ocular! Estos se distribuían con telescopios básicos de tiendas hace muchos años y todavía puede que haya algunos. Son peligrosos porque pueden agrietarse con la intensa luz solar enfocada. Deberían romperse y descartarse para evitar que los use algún futuro usuario desprevenido.

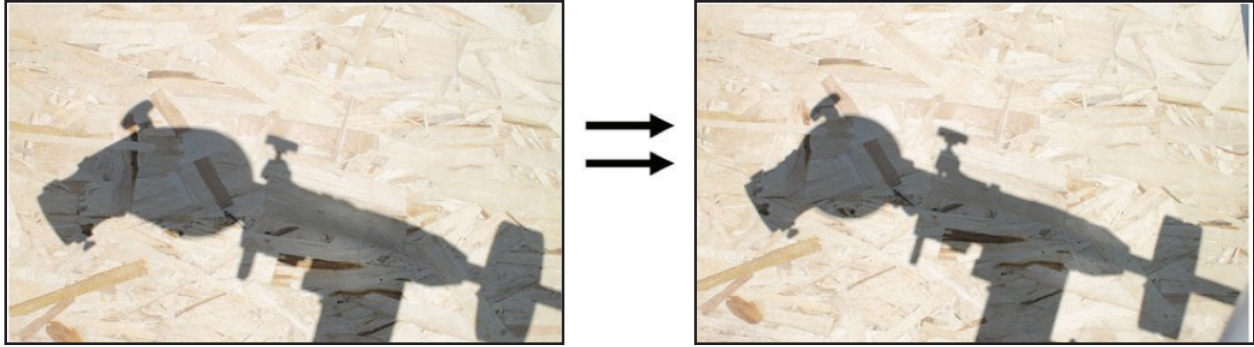
**Precaución:** Asegúrate de apuntar el telescopio hacia otro lado antes de remover el protector de polvo y poner el filtro solar. Hay que examinar el filtro solar a ver si tiene defectos antes de acoplarlo al telescopio. Esto debe hacerse antes de cada sesión de observación. Se recomienda un proceso de tres pasos:

1. Revisa visualmente el filtro para ver si tiene alguna grieta o rotura en la capa reflectora.
2. Sostén el filtro en dirección al Sol y mira rápidamente a través de él con tus ojos. Asegúrate de que el filtro siempre esté entre tus ojos y el Sol. Si se puede ver luz del Sol sin filtrar a través de él por algún agujerito, por más pequeño que sea, no hay que usar el filtro. Algunos de esos agujeritos se pueden arreglar. Hay algunos consejos de mantenimiento en el sitio Thousand Oaks (<http://www.thousandoaksoptical.com/tech.html>).
3. Una vez que el filtro está acoplado y el telescopio está apuntando al Sol (ver debajo), mira a través del diagonal antes de introducir el ocular. Potenciales defectos en el filtro se verán como manchas brillantes en esa imagen desenfocada.

**Precaución:** Cubre o retira el buscador cuando el telescopio esté apuntado al Sol, tanto por visión directa como por proyección.

### *¿Cómo alineo el telescopio con el Sol?*

Alinear el telescopio con el Sol se puede hacer de forma bastante fácil minimizando la sombra del telescopio en el piso o sobre una superficie plana como una pared o simplemente tu mano. Comienza apuntando el telescopio hacia la zona del Sol (con el filtro colocado sobre la apertura si es que usas uno) y muévelo de a poco hasta que la sombra quede lo más chica posible; si utilizas el método de proyección, la imagen tiene que aparecer en la pantalla una vez que se alcanza la alineación adecuada.



*Alineación del telescopio con el Sol minimizando la sombra.*

Si usas un filtro solar, mira a través del tubo del ocular (con el filtro acoplado con seguridad sobre la apertura) sin colocar el mismo y haz un ajuste fino hasta que la posición de la imagen desenfocada y con filtro del Sol esté cerca del centro del tubo del ocular. Entonces la imagen del Sol debería estar en alguna parte del campo de visión de un ocular de baja potencia.

A algunos observadores también les resulta muy útil un buscador de proyección estenopeica (ej.: Tele Vue Sol-Searcher).

### ***¿Qué tipo de montura telescópica se requiere?***

Sirve cualquier montura que asegure el telescopio firmemente por unos momentos. Las monturas pueden ser altazimutales, trípodes de cámaras o monturas ecuatoriales con o sin seguimiento. Las monturas sin seguimiento se pueden ajustar para que el Sol derive a través del campo de visión y luego ir moviéndolas suavemente todo el tiempo. Esto se hace más difícil con muchos aumentos, pero con práctica se vuelve bastante fácil. Las monturas sin seguimiento son adecuadas para los principiantes, pero las que tienen seguimiento hacen más fácil la tarea, particularmente cuando se usan muchos aumentos y se hace mucho más fácil asignar los grupos de manchas a los hemisferios norte o sur. Velocidades específicas de seguimiento solar disponibles en algunos discos controlados por computadora son una opción pero no son indispensables durante los pocos minutos que dura la observación diaria.

### ***El Sunspotter***

Creado por Learning Technologies, Inc., este telescopio Kepleriano plegable provee una forma segura y conveniente de ver el Sol. Al usar una serie de espejos, el aparato proyecta una imagen solar brillante de 85 mm. de diámetro sobre una pantalla a través de una lente objetivo de 62 mm. de diámetro (reducida a 57 mm.). El aumento es 56x. El Sunspotter es fácil y rápido de alinear con el Sol y consta de dos secciones. Un ensamblaje triangular que contiene los ejes de los componentes ópticos para ajustar la altura dentro de una horquilla con forma de arco que ajusta en azimut (apoyada sobre una superficie horizontal plana). Tras apuntar la horquilla hacia el azimut del Sol, el ensamblaje triangular puede ajustarse hacia arriba o hacia abajo en el rango del arco

de la horquilla hasta que el eje óptico apunte al Sol. Una aguja o gnomon al frente permite una alineación aproximada y luego se procede al ajuste fino moviendo el telescopio hasta que la luz del Sol que pasa por dos pequeños agujeros (a cada lado del objetivo) se alinea como puntos dentro de dos círculos tipo “tiro al blanco” situados a cada lado del primer espejo. Para más información acerca del uso y la aplicación del Sunspotter, lean la referencia de Larsen (2013). El Sunspotter es un buen instrumento de observación de manchas solares para principiantes pero los telescopios ofrecen más opciones, por ejemplo, diferentes aumentos y observaciones más detalladas.



*Telescopio Sunspotter*

*(Crédito de la imagen: <https://www.scientifconline.com/product/sunspotter>)*

## 5. Observación, registros y notas

El proceso consiste en contar el número de manchas y de grupos de manchas solares y registrarlos junto con la fecha, la hora y las condiciones atmosféricas (seeing).

Primero, se debe enfatizar la relevancia de los grupos o cúmulos de manchas solares al observador que se prepara para contar manchas. El número de grupos es mucho más importante que el número de manchas y se les da un factor de significancia de 10 en el Número de Wolf (W) que se usa en el cálculo de Números Relativos de Manchas Solares Americanos (RA). Los grupos están relacionados de forma más estrecha al área del Sol cubierta por regiones activas. A diferencia de la importancia de los grupos, las manchas solares pequeñas o los poros que son chiquitos y sólo visibles con muchos aumentos no se deben contar. El número de Wolf para cada observación diaria se calcula del número individual de manchas (s) y del número de grupos (g), como:

$$W = 10g + s$$

Por lo tanto estimar correctamente el número de grupos es mucho más importante que contar cada pequeña mancha.

La orientación del ecuador del Sol se debe determinar antes de la observación para que así el observador pueda asignar los grupos correctamente al hemisferio sur o norte. Esto no es esencial y el reporte mensual se puede enviar sin asignar las manchas observadas a ningún hemisferio, pero los observadores más experimentados ya saben que los grupos de manchas suelen tener una orientación E-O y que tienen manchas que los preceden y los siguen. Los observadores nuevos pueden cometer errores al contar los grupos. En el Apéndice D hay detalles acerca de cómo darse cuenta de la orientación del Sol.

Comienza la observación barriendo el disco con diferentes aumentos. Utiliza aumentos bajos (40x–50x) y medios (60x–70x) para ver el disco completo e identificar los grupos mayores y sus estructuras. Si las condiciones de seeing lo permiten, usa un aumento mayor (80x–90x) que te ayude a identificar grupos pequeños y lograr un conteo preciso. Barre ambos limbos con cuidado. A menudo contienen manchas que son difíciles de detectar a primera vista. Asegúrate de contar todos los grupos y manchas que veas. Realiza varias pasadas contando grupos y manchas para aprovechar repentinas mejorías en las condiciones atmosféricas. Chequea con cuidado cada fábula para ver si contiene pequeñas manchas.

Haz tu mejor estima del número de grupos, incluso cuando la decisión de qué manchas hay en un grupo pueda ser bastante arbitraria algunos días. Un par de estrategias que ayudan a decidir el número de grupos es usar recursos de Internet para seguir el progreso de los mismos y observar todos los días para estar familiarizado con ellos. Cuando recién estás empezando, puedes

consultar imágenes para comprobar si estás teniendo el cuidado suficiente para detectar manchas pequeñas. Los recursos de Internet son una buena forma de monitorear las manchas solares y la evolución de los grupos ya que la mayoría de los satélites y observatorios solares observan el Sol constantemente y en muchas longitudes de onda, pero no deben usarse para influenciar tu observación o para cambiar tus estimas visuales, ya que el propósito del programa es mantener un conjunto de conteos de manchas solares a largo plazo realizado por observadores visuales entrenados. Algunos sitios web con imágenes actualizadas de la fotosfera solar son: <https://sohowww.nascom.nasa.gov/sunspots/>, <https://sdo.gsfc.nasa.gov/> y <http://solarham.net>.

Vale la pena que el observador entienda y reconozca la rotación del Sol y el movimiento aparente de las manchas. Una primera aproximación es que las manchas solares que se mueven a través del disco solar marcan su rotación y puedes ver grupos activos reaparecer en la misma posición después de un período de rotación solar de alrededor de 27 días. Para ser más exactos, el ritmo de rotación del Sol resulta ser más rápido en el ecuador (cerca de 24,5 días) y más lento en latitudes más altas (más de 30 días en las regiones polares). La diferencia en el ritmo de rotación se nota, pero se suele citar un período aproximado de 27 días, el cual es el período a 26 grados norte o sur del ecuador solar, una latitud que habitualmente muestra mucha actividad y manchas. El ritmo de rotación varía con la latitud porque el Sol es un plasma gaseoso. Después de observar un ciclo solar completo, puedes darte cuenta que las manchas tienden a desarrollarse en latitudes medias en los primeros años del ciclo solar y luego aparecen en una banda de latitud que se ensancha y se mueve gradualmente hacia el ecuador a medida que el ciclo solar progresa. Esto da como resultado el llamado diagrama Mariposa (<https://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml>). Los observadores solares suelen descubrir que la física y astronomía solares son completamente fascinantes y que el Sol es una estrella variable espectacular. El sitio web de la NASA (ver la sección Recursos) es una entre varias buenas fuentes de información adicional acerca de la rotación del Sol y de otros factores que pueden afectar al observador solar.

Entender los sistemas de clasificación Zurich y McIntosh (ver los apéndices) puede ayudar a entender y reconocer mejor la evolución de los grupos de manchas.

### ***Estimar las condiciones de seeing***

“Condiciones de seeing” es una forma de describir el grado de inestabilidad en la imagen causado por la turbulencia y las variaciones en la densidad del aire en la atmósfera de la Tierra. Buenas condiciones de seeing dan como resultado imágenes bien nítidas mientras que condiciones pobres o regulares dan imágenes borrosas del Sol. Es necesario registrar la condición atmosférica y reportarla con cada observación, por lo cual necesitas estimar las condiciones de seeing como excelentes, buenas, regulares o pobres. Por supuesto, deberías hacer lo posible por observar bajo condiciones de seeing excelentes, pero puede que ello no ocurra a menudo. Como la observación

solar sería más precisa bajo condiciones de seeing excelentes, los factores que afectan el seeing merecen una explicación más amplia que puede encontrarse en el Apéndice A de esta guía.

### ***Cuándo observar***

Observar a la misma hora todos los días sería lo ideal, especialmente cuando las condiciones de seeing son buenas o excelentes. Observar cuando el Sol está alto en el cielo minimiza la absorción y la distorsión causadas por la atmósfera terrestre, pero el calor del piso y de edificios cercanos puede hacer que las condiciones de seeing se degraden. Muchos observadores encuentran que las mejores condiciones se dan en la mañana, después de la salida del Sol y antes de que el seeing se degrade. Para más información, ver el Apéndice A.

## 6. Reportando las observaciones

Utiliza el software de AAVSO SunEntry para subir tus observaciones a la AAVSO. Después de ingresar tu código de observador y tu contraseña (una vez ya registrado como observador solar), el software de reporte requiere la fecha, la hora, las condiciones de seeing y el número de grupos y de manchas. La captura de pantalla de abajo ilustra la sección de ingreso de datos. A modo de opción, cuenta y reporta el número de grupos del norte y del sur. Eso requiere determinar la orientación del Sol y de su ecuador. Hay algo de información al respecto en el Apéndice D. (Nota: para registrarse como observador solar de AAVSO, sigue las instrucciones del sitio web: <https://www.aavso.org/sun-entry>.)

The screenshot shows the SunEntry software interface. At the top, the title bar reads "SunEntry - Data Entry Program for Sunspots - Version 2.0 (last update: 2 September 2016)". The menu bar includes "SunEntry", "File", "Header", "View data", and "Help".

Below the menu bar, there are two status indicators: "Observer: DEMF" and "Observation count: 3".

The main data entry area is divided into two sections:

- Date/Time (UT):** Includes fields for Year (2017), Month (Feb), Day, Hour, and Minute.
- Solar Data:** Includes a dropdown menu for "Seeing", and input fields for "Groups", "Spots", and "Wolf". A "Remarks" field is also present.

An "Add" button is located to the right of the Solar Data fields.

Below the data entry fields is a "Report" section containing a table with the following data:

Day	See	UT	g	s	W	ng	sg	ns	ss	cg	cs	Obs.	Remarks
01	G	1515	2	4	24							DEMF	high thin cloud
16	G	1745	0	0	0							DEMF	
26	G	1500	1	1	11							DEMF	turbulent limb otherwise good seeing

At the bottom of the window, there are five buttons: "Upload to database", "Save to text file", "Remove selected row(s)", "Clear all", and "Quit".



Cuando prepares un reporte de manchas solares para enviar a la AAVSO, asegúrate de que has calculado correctamente el número de Wolf ( $10g + s$ ). El número que calculaste debe coincidir con el valor calculado por SunEntry, que automáticamente chequea la aritmética y este control es un nivel de control de calidad. Como siempre, chequea cuidadosamente tus observaciones antes de enviarlas y no reportes observaciones cuestionables. La columna de Comentarios (Remarks) puede incluir comentarios tales como “observado a través de nubes altas”, “brumoso”, “bruma y turbulencia” o “turbulencia en el limbo”.

Envía tus reportes a tiempo. Ten presente que, para que tus resultados se incluyan en el Boletín Solar de un determinado mes, el líder de la Sección Solar debe recibir tu reporte antes del 10 del mes que sigue al mes en que se realizaron la observaciones. Si lo deseas, Puedes enviar tus observaciones día por día a medida que las vas haciendo, en vez de enviarlas en un solo reporte a fin de mes.

## 7. Clasificación de las manchas solares

Se han desarrollado varios esquemas de clasificación de manchas y grupos para clasificar los estadios de desarrollo y evolución de las manchas solares. El sistema de clasificación de manchas de Zurich se usó por muchos años para las observaciones visuales hasta que las comunicaciones y las operaciones de naves espaciales llevaron a requerir una mejor capacidad de predecir fulguraciones solares. Patrick McIntosh diseñó una revisión del sistema de Zurich que incluía la penumbra de la mancha más grande de un grupo y la distribución de las manchas en los grupos. Este sistema más detallado proveía la información necesaria para predecir fulguraciones. El Solar Astronomy Handbook de Beck et. al. (ver Recursos) describe más sistemas de clasificación y hay más información disponible en el sitio web: <https://www.aavso.org/sites/default/files/SemSunspotsClassV3s.pdf>. Aunque no son un requisito para los observadores de manchas solares de AAVSO, los esquemas de clasificación de Zurich y McIntosh pueden ayudar al observador a entender la posición de una mancha en su ciclo vital. Se los explica en los Apéndices B y C.

La AAVSO ha utilizado el sistema de clasificación de Zurich desde 1924 y ya que el principal propósito del conteo de manchas solares de la Sección Solar de la AAVSO es mantener el registro consistente a largo plazo del número de manchas, los observadores solares principiantes deberían comenzar con el sistema de Zurich y familiarizarse con él antes de estudiar otros sistemas de clasificación. Mientras que algunos astrónomos aficionados usan la clasificación de McIntosh, los observadores de AAVSO necesitan seguir la clasificación de Zurich para lograr una continuidad a largo plazo. Puede encontrarse más información acerca del valor histórico a largo plazo de las observaciones de manchas solares de la AAVSO en el link <https://www.aavso.org/dances-wolfsshort-history-sunspot-indices> y en las referencias al final de ese artículo.

## 8. Recursos

### Libros y artículos:

*Guidelines for the Observation of White Light Solar Phenomena (A Handbook of the Association of Lunar and Planetary Observers Solar Section)*, editado por Jenkins, J., 2010 (también disponible online en [http://www.alpo-astronomy.org/solarblog/wp-content/uploads/wl\\_2010.pdf](http://www.alpo-astronomy.org/solarblog/wp-content/uploads/wl_2010.pdf)).

*How to Observe the Sun Safely (2da. edición)*, Macdonald, L., Springer-Verlag New York, 2012, ISBN: 978-1-4614-3824-3.

*Monitoring Solar Activity Trends With a Simple Sunspotter*, Larsen, K., 2013 JAAVSO Vol. 41

*Observer's Handbook of the RASC 2017*, Royal Astronomical Society of Canada, Webcom Inc., 2016.

*Observing the Solar System: the modern astronomer's guide*, North, G., Cambridge University Press, 2012. ISBN: 978-0521897518.

*Observing the Sun*, Taylor, P., Cambridge University Press, 1991. ISBN: 978-0-52105-636-6.

*Solar Astronomy Handbook*, Beck, Hilbrecht, Reinsch y Volker, Willmann-Bell Inc., 1995. ISBN: 978-0-94339-647-7.

*Solar Sketching: A Comprehensive Guide to Drawing the Sun*, Rix, E., Hay, K., Russell, S. y Handy, R., Springer Publishing, 2015. ISBN: 978-1-49392-900-9

*The Sun and How to Observe It*, Jenkins, J., Springer Publishing, 2009. ISBN: 978-0-38709-497-7.

### Sitios web:

Sitio de ciencia solar de la NASA:

<https://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml>

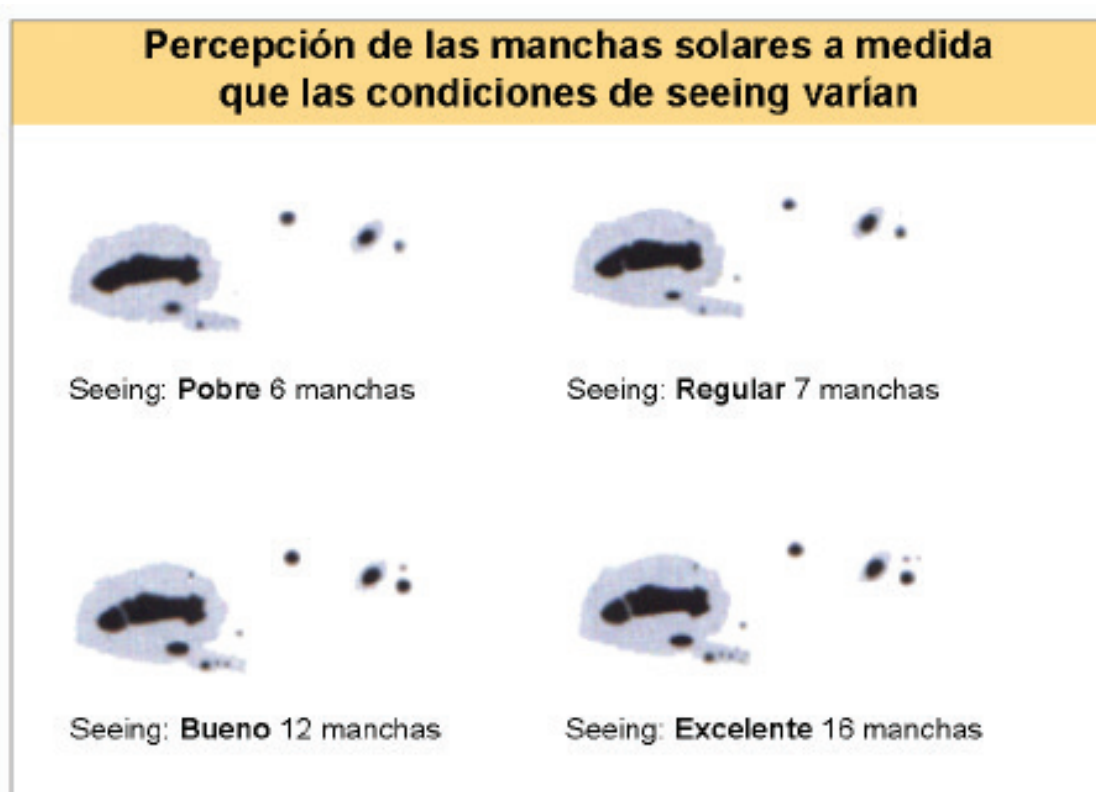
## Apéndice A – Condiciones de seeing

(Nota: lo que sigue fue extraído de <https://www.aavso.org/atmospheric-seeing-conditions-solar-observing>)

### Condiciones atmosféricas de seeing - Contribución de Tom Fleming (FLET)

Los reportes y observaciones enviadas a la AAVSO usan los siguientes grados de turbulencia atmosférica (seeing): Pobre, Regular, Bueno y Excelente.

El dibujo de abajo muestra el mismo grupo de manchas de acuerdo a cómo aparecerían bajo estas cuatro condiciones. Por supuesto que una imagen fija en una página impresa no puede representar con precisión la ondulante turbulencia de la atmósfera cuando las condiciones ameritan una calificación de “Pobre”. Por ello, las imágenes de seeing Pobre y Regular representan una imagen promediada de varios segundos.



La imagen de seeing Pobre muestra tres manchas solares dentro de la gran área penumbral. Hay tres manchas más a la derecha. Hay vestigios de algunas más pero la turbulencia hará que estas no se puedan verificar. A medida que las condiciones mejoren a “Regular”, se revela otra mancha a la derecha de la gran área penumbral. Bajo “Buenas” condiciones aparecen varias manchas más pequeñas —cuatro en la gran área penumbral—. La mancha más grande se ha resuelto en dos ya que hay un corte completo (cualquier puente entre esa discontinuidad y la mancha haría que se cuente como una sola en vez de dos) y por último hay otra cerca de la mancha más pequeña con la penumbra. Finalmente, bajo condiciones “Excelentes” se revela todo.

En general, las condiciones de seeing Pobres y Excelentes son menos frecuentes y las condiciones Regulares y Buenas son las que conforman la mayoría de tu experiencia en observación solar. Observar las ondulaciones en el limbo solar sirve como un termómetro para juzgar la calidad del seeing. Si no tienes experiencia, puedes preguntarte cómo reconocerás si las condiciones de seeing son Excelentes. La experiencia es similar a mirar una moneda a través de 1 metro de agua en una pileta. Puedes verla pero las ondulaciones evitan que distingas si es la cara o el dorso. Seeing Excelente es como salir a la superficie. No solo verás la cara de la moneda sino que podrás leer su fecha y ver los reflejos de sus rayas. El detalle en las regiones penumbrales de las manchas grandes, por ejemplo, será sorprendente. Una mancha solar que se ve como una sola mancha extendida bajo condiciones promedio, puede mostrarse como tres o más manchas individuales bajo condiciones excelentes, etc.

En la siguiente sección encontrarás una explicación detallada de las condiciones que afectan el seeing y cómo optimizarlas.

### ***Una explicación detallada de las condiciones de seeing***

La turbulencia es el resultado de la mezcla de volúmenes de atmósfera de diferente temperatura. Las condiciones que causan diferente temperatura son muchas y muy variadas. Algunas dependen *de tí y otras escapan completamente a tu control.*

*Condiciones locales:* Puede generarse turbulencia dentro del haz de luz de tu telescopio. Antes de observar, dale tiempo a tu telescopio para que se ajuste a la temperatura local. Selecciona tu lugar de observación teniendo en cuenta los siguientes factores: cuidado con las paredes y cercas cercanas, estas superficies verticales recibirán el máximo calentamiento del Sol cuando éste se encuentre cerca del horizonte (ese es generalmente un momento favorable para observar). Evita observar por encima de techos o pavimento cuando sea posible. En general, zonas cercanas con árboles o pasto ayudarán a estabilizar el aire en el camino de tu luz. Observar sobre un cuerpo de agua generalmente ofrece el aire más estable (fíjate en el Observatorio Big Bear). Si tu lugar está a una altura superior a los 1500 m. eso también es de gran ayuda. El pasaje de frentes periódicamente trae turbulencia ya que el aire caliente existente es reemplazado por aire más frío. Sin embargo, hay un breve instante apenas después de que el frente ha pasado en que las últimas nubes ya no interferirán con tu visión del Sol y en el que puedes experimentar buen seeing antes de que las condiciones se degraden. La ventana de oportunidad dura alrededor de 10 a 15 minutos.

Observar el limbo del Sol te dará algunas pistas acerca de qué tipo de seeing vas a encontrar en tu sesión de observación. Las ondulaciones de gran escala que atraviesan el Sol en fracciones de segundo pueden atribuirse a condiciones locales —indican condiciones desfavorables en tu sitio elegido que puedes ser capaz de corregir—. Ondulaciones evidentes a lo largo del limbo que exhiben un movimiento más azaroso, se deben a turbulencia en altitudes más elevadas.

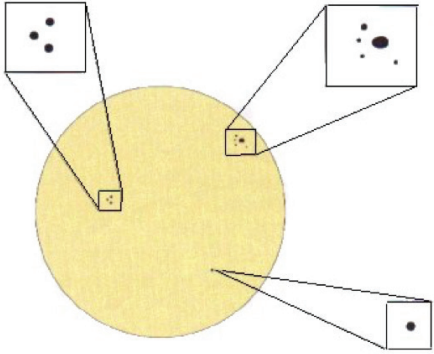
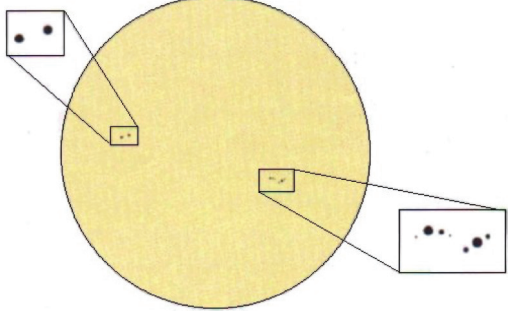
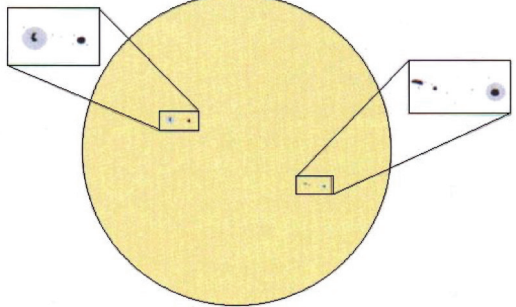
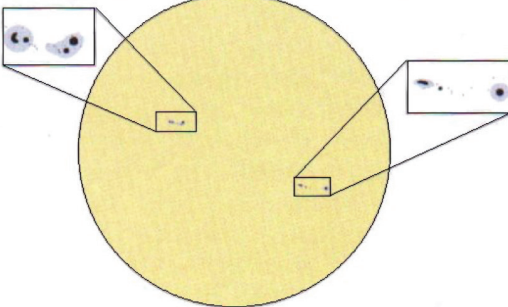
Si estás observando el Sol a baja altura, este tipo de turbulencia ocasionalmente mejora a medida que el Sol se alza por encima de una capa de aire turbio. Sin embargo, el calentamiento diurno de la superficie terrestre y el aire que la rodea es tu peor enemigo. Es por eso que se recomienda observar el Sol a baja altura en vez de cerca del mediodía local. Por esta misma razón, es importante estar listo para observar apenas las nubes se abran en tu zona antes de que el calentamiento de la superficie comience a afectar el aire.

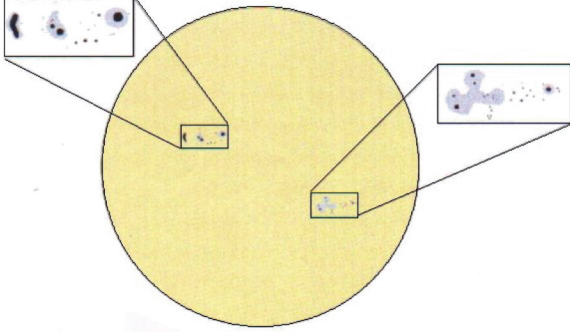
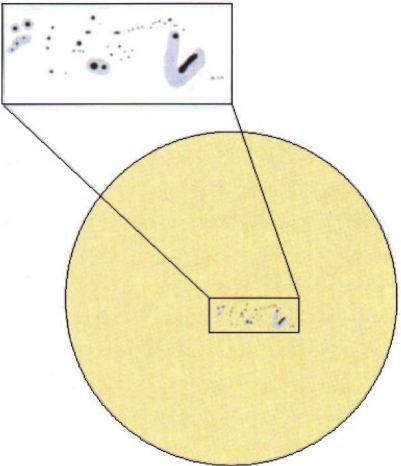
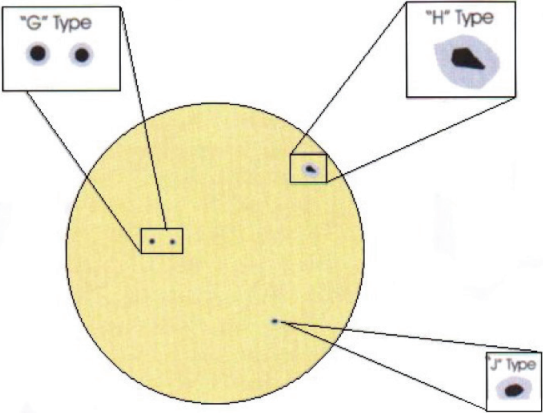
Más de una vez en este manual encontrarás referencias a métodos recomendados para observar el Sol y recolectar tus datos. Múltiples barridos con diferentes aumentos, por ejemplo.

Observadores experimentados han notado notables variaciones en las condiciones de seeing en escalas temporales de unos pocos segundos o unos pocos minutos. Un observador paciente que esté preparado para aprovechar la mejora en las condiciones será recompensado con datos de mejor calidad.

## Apéndice B – Sistema de clasificación de Zurich

El sistema de clasificación de Zurich de grupos de manchas solares – Contribución de Tom Fleming (FLET) (Nota: la tabla que sigue fue extraída de <https://www.aavso.org/zurich-classification-system-sunspot-groups>)

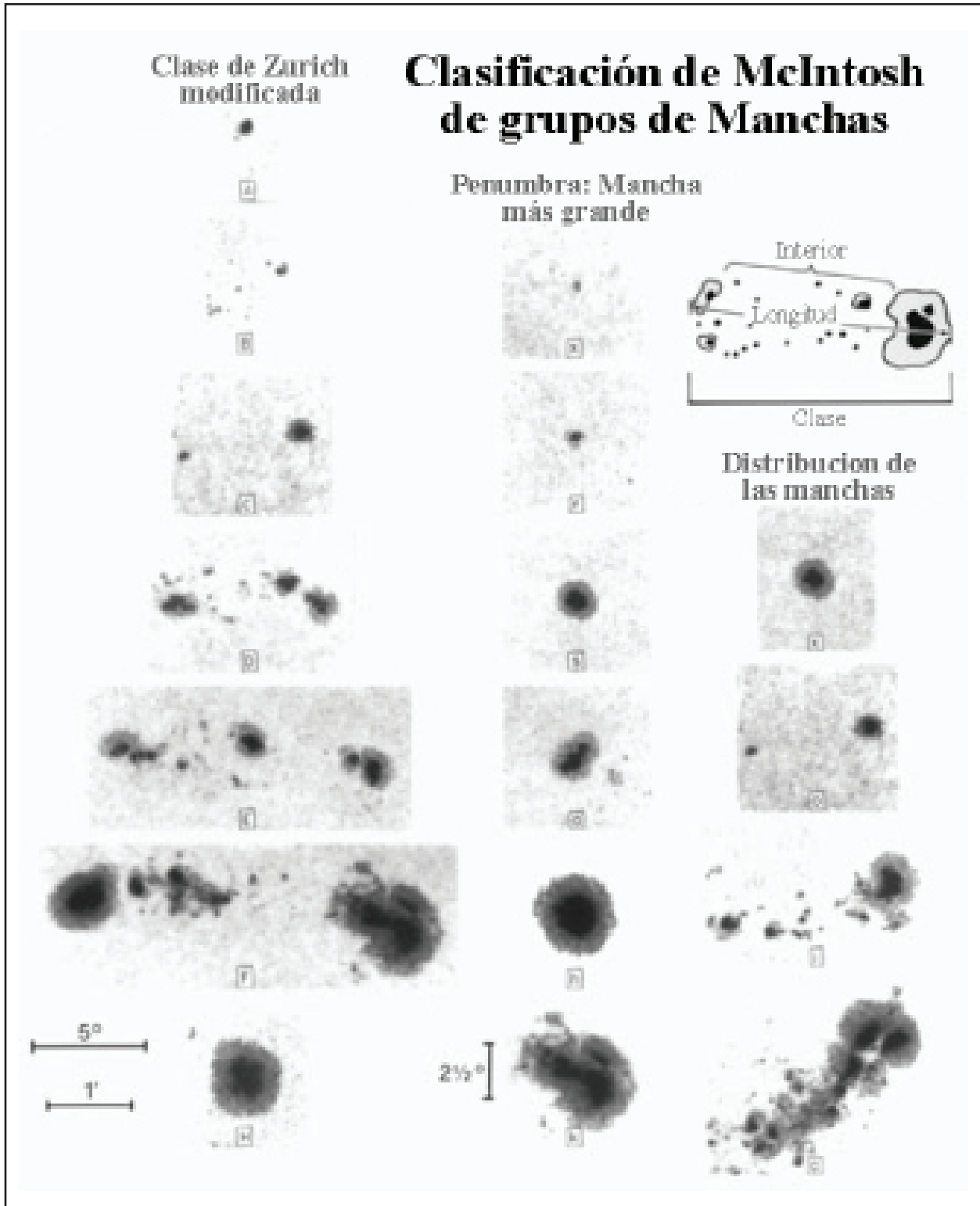
<p><b>Tipo “A”:</b> una o más pequeñas manchas que no demuestran bipolaridad ni exhiben penumbra..</p>	<p><b>Tipo “B”:</b> Dos o más pequeñas manchas que muestran bipolaridad pero no exhiben penumbra.</p>
 <p>The diagram shows a yellow circle representing the Sun. Three small rectangular boxes are placed on the surface, each containing a magnified view of a sunspot. The first box shows a single, small, dark spot. The second box shows a small group of three dark spots. The third box shows a single, larger dark spot.</p>	 <p>The diagram shows a yellow circle representing the Sun. Two small rectangular boxes are placed on the surface, each containing a magnified view of a sunspot. The first box shows two small dark spots of opposite magnetic polarity. The second box shows a group of four small dark spots of opposite magnetic polarity.</p>
<p><b>Tipo “C”:</b> Dos o más manchas que muestran bipolaridad y o la primera mancha o la que le sigue tienen una penumbra.</p>	<p><b>Tipo “D”:</b> Dos o más manchas que muestran bipolaridad y la primera mancha y la que le sigue muestran penumbra. Este tipo ocupará 10 grados o menos de longitud solar.</p>
 <p>The diagram shows a yellow circle representing the Sun. Two small rectangular boxes are placed on the surface, each containing a magnified view of a sunspot. The first box shows two dark spots of opposite magnetic polarity, with the larger one having a surrounding penumbra. The second box shows two dark spots of opposite magnetic polarity, with the larger one having a surrounding penumbra.</p>	 <p>The diagram shows a yellow circle representing the Sun. Two small rectangular boxes are placed on the surface, each containing a magnified view of a sunspot. The first box shows two dark spots of opposite magnetic polarity, both with surrounding penumbrae. The second box shows two dark spots of opposite magnetic polarity, both with surrounding penumbrae.</p>

<p><b>Tipo “E”:</b> Este tipo de grupo es similar al tipo “D” pero se extiende entre 10 y 15 grados de longitud solar.</p>	<p><b>Tipo “F”:</b> El más grande y más extenso de los grupos, similar al tipo “E” pero cubrirá más de 15 grados de longitud solar.</p>
	
<p><b>Tipo “G”:</b> El remanente decadente de los grupos “D”, “E” y “F”. Muestra un grupo bipolar con penumbras.</p>	<p><b>Tipo “H”:</b> El remanente decadente de los grupos “C”, “D”, E” y “F”. Un único grupo de manchas con penumbra. Tiene que ser más grande que dos grados y medio de diámetro. Ocasionalmente viene acompañado de unas pocas manchas pequeñas.</p>
<p><b>Tipo “J”:</b> Igual al tipo “H” pero con un diámetro menor a dos grados y medio.</p>	
	



## Apéndice C – Sistema de clasificación de McIntosh

(Nota: (From [The Classification of Sunspot Groups](#) by Patrick S. McIntosh, *Solar Physics*, vol. 125, Feb 1990, p. 251-267.)



## Apéndice D – Orientación y cómo encontrar el ecuador del Sol

La orientación del ecuador solar se puede encontrar usando métodos gráficos o matemáticos o mediante el uso de programas. Una buena referencia para cálculo matemático es el *Solar Astronomy Handbook* de Beck et. al. (ver Recursos) y una buena fuente de efemérides del Sol es el sitio web de NASA JPL: <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi#top> o el *Observer's Handbook of the RASC* (ver Recursos). Discos Stoneyhurst (cuadrículas especialmente trazadas, transparentes, de latitud/longitud), discos de Porter (divididos en cuadrados menores en los cuales puede medirse la posición de las manchas en horizontal y vertical) y diagramas de grilla solar se pueden bajar de varios sitios web incluyendo el de la Sección Solar de la BAA (<http://www.petermeadows.com/html/location.html>). Un programa excelente para calcular la orientación solar es *Tilting Sun* (escrito y desarrollado por Les Cowley, disponible gratis en <http://www.atoptics.co.uk/tiltsun.htm>).

Para determinar la orientación del ecuador solar, primero debe establecerse la dirección celeste E-O. Al observar por proyección uno puede usar un molde en el cual al disco solar lo cruzan dos líneas perpendiculares. Luego el molde se puede rotar hasta que se ve alguna mancha moviéndose a lo largo de una de las líneas debido al movimiento aparente E-O del Sol en el cielo, con la otra línea marcando entonces la dirección celestial N-S. Al observar directamente a través de un filtro solar, la dirección E-O se puede determinar de la misma forma por medio de un ocular reticulado del tipo que comúnmente se usa para guiado durante la fotografía de cielo profundo. Las direcciones celestiales E-O y N-S difieren de las direcciones solares reales por la cantidad P, el ángulo de posición del polo norte solar, como se explica debajo.

La orientación del Sol tiene tres elementos clave que el observador solar debe entender.

**La latitud heliográfica (Bo) del centro del disco** resulta de la inclinación del ecuador del Sol con respecto a la eclíptica (que es de 7,25 grados). Cuando Bo es positiva, el ecuador solar está al sur del centro del disco solar y el polo norte del Sol está inclinado hacia el observador. Esta inclinación del ecuador solar hace que las manchas sigan caminos semi-elípticos alrededor del disco solar en vez de líneas rectas.

**La latitud heliográfica (Lo) del centro del disco** se mide con respecto a una longitud estándar del Sol conocida como meridiano principal de Carrington y se usa para identificar la posición de los elementos en el disco.

**El ángulo de posición (P) entre el eje solar y la dirección Norte-Sur en el cielo** (o las líneas de ascensión recta) es el resultado de la combinación de la inclinación de la eclíptica en el cielo (23,43 grados) y la inclinación del Sol (7,25 grados) con respecto a la eclíptica. Cuando P es positiva, el polo norte del eje solar está inclinado hacia el este.

Una de las formas más simples de calcular la orientación solar es usando el software *Tilting Sun*. Debajo puede verse un ejemplo de *Tilting Sun* para el 1 de junio de 2017 para las coordenadas de Cambridge, MA y muestra la posición del ecuador solar y la dirección de la deriva este-oeste a través del cielo.

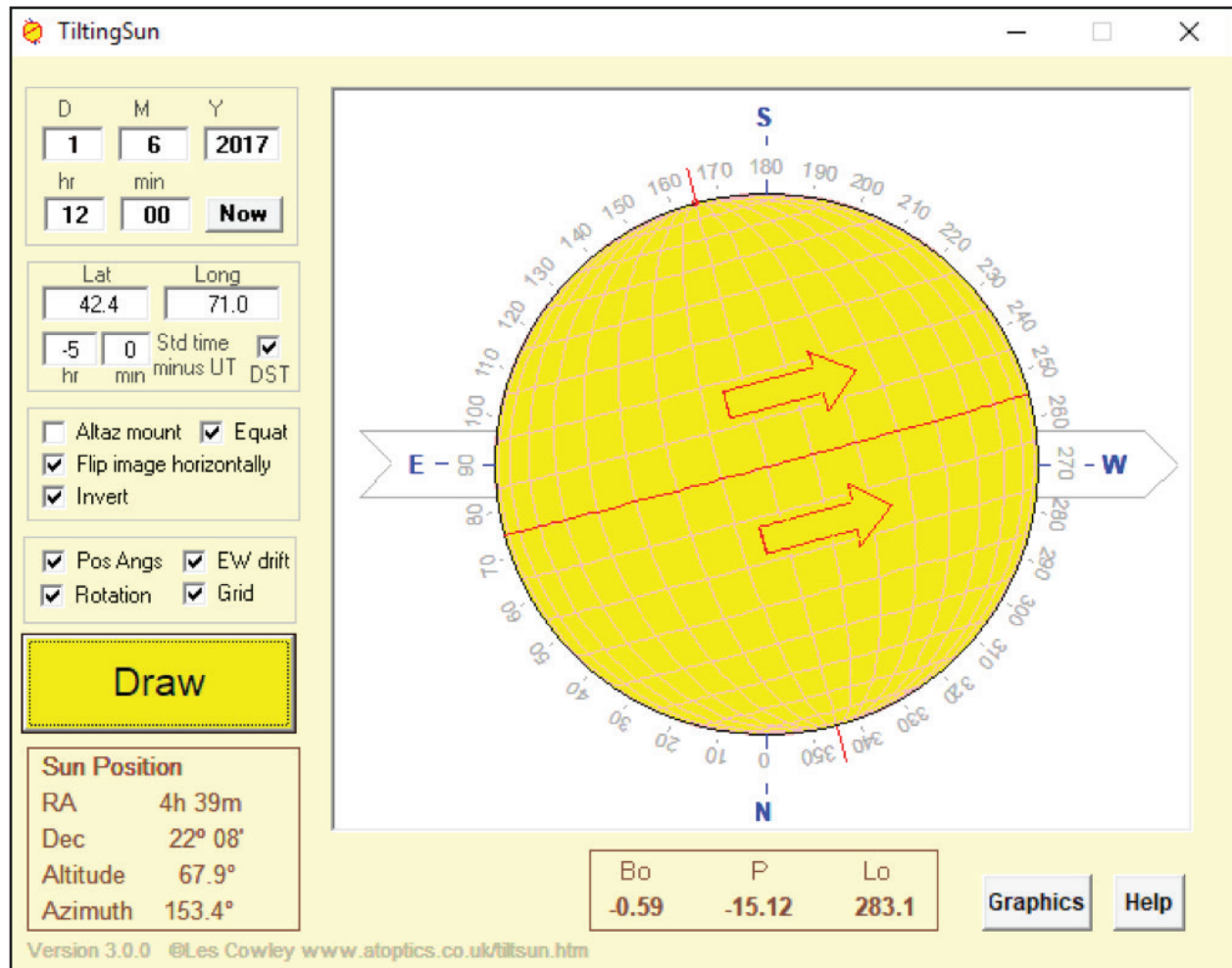
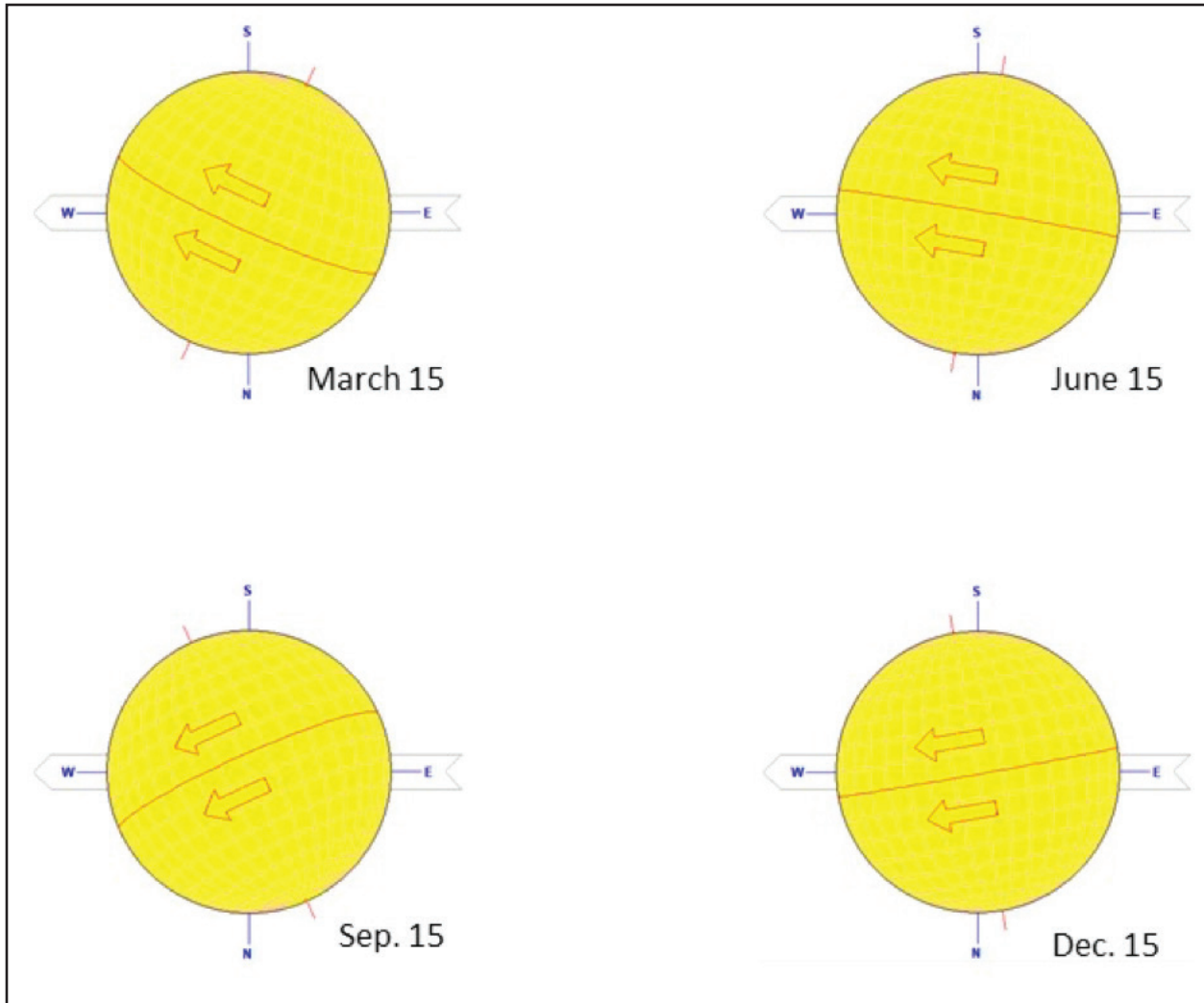


Figura que muestra un ejemplo de *Tilting Sun* (cortesía de Les Cowley - [www.atoptics.co.uk](http://www.atoptics.co.uk))

Un detalle esencial que el observador solar tiene que tener en cuenta es que la orientación del Sol cambia durante el año a medida que su posición avanza a lo largo de la eclíptica.

Las imágenes que siguen muestran ejemplos de *Tilting Sun* para cada tercer mes del año para ilustrar los cambios significativos en la orientación del ecuador solar con la dirección de la deriva en el ocular del observador.



*Diferentes orientaciones solares durante el año, de Tilting Sun  
(cortesía de Les Cowley - [www.atoptics.co.uk](http://www.atoptics.co.uk))*

Mientras que *Tilting Sun* puede ser muy fácil de usar, las orientaciones también se pueden encontrar usando los valores de las efemérides de Bo, Lo y P.

Por ejemplo, los parámetros para el 1 de enero de 2017 pueden encontrarse en el *RASC Observer's Handbook 2017*, p 184 y son  $P = 2,0$ ,  $Lo = 123,5$ , y  $Bo = -3,0$ .