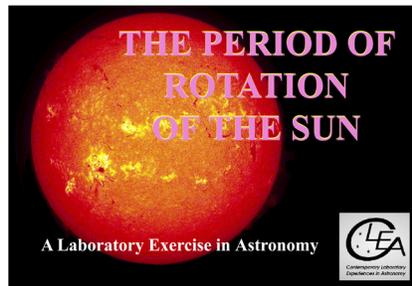


EL PERIODO DE ROTACIÓN DEL SOL

Manual del Estudiante



Department of Physics
Gettysburg College
Gettysburg, PA 17325

Telephone: (717) 337-6028
email: clea@gettysburg.edu

Database, Software, and Manuals prepared by:
Laurence Marschall and Glenn Snyder (CLEA PROJECT, Gettysburg College)
and
Jeff Sudol (GONG Project, National Solar Observatory)

Traducido por M. Pilar Monterde



Contemporary Laboratory
Experiences in Astronomy

Índice

Introducción.....	3
Estrategia global: Cosas en las que pensar cuando se analizan las imágenes del sol.....	6
Cálculo del periodo sideral de rotación del sol a partir de las medidas obtenidas	7
Equipo	8
Manual del usuario del programa: " <i>The Period of Rotation of the Sun</i> "	8
Comenzando el programa.....	8
Accediendo a los ficheros de AYUDA.....	8
Cargando y mostrando las imágenes	9
Animación una serie de imágenes	9
Medida de la posición de las manchas	10
Almacenamiento de datos.....	11
Visualización de una tabla con los datos almacenados.....	12
Representación de las latitudes y longitudes de las manchas solares con respecto al tiempo.....	13
Desarrollo de la práctica	14
Cuestiones	16

TÉRMINOS ÚTILES QUE DEBES REVISAR EN LA BIBLIOGRAFÍA

<i>Grados</i>	<i>Coordenadas Heliográficas</i>	<i>Día Juliano</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	<i>Pixels</i>
<i>Fotosfera</i>	<i>Revolución</i>	<i>Rotación</i>	<i>Periodo de rotación sideral</i>	<i>Mancha solar</i>	<i>Periodo de rotación sinódico</i>

Introducción

Aunque existen registros antiguos chinos de las manchas solares vistas durante el atardecer, el disco solar es generalmente demasiado brillante, y las manchas solares demasiado pequeñas para ser vistas a ojo. Pero las manchas solares pueden verse fácilmente con un telescopio. Por ello no es una sorpresa que Galileo Galilei, pionero en el uso del telescopio en astronomía, fue el primero en publicar una serie de observaciones de las manchas solares hechas con un telescopio en 1613. Galileo comprendió rápidamente que las manchas estaban en la cara visible del sol y que se movían cuando el sol giraba. Tres esquemas de las manchas solares, hechos en tres días consecutivos, se muestran en la figura 1. Estos esquemas muestran claramente el movimiento de las manchas solares (hemos añadido flechas para enfatizar el movimiento de las manchas). Destaca que la apariencia detallada de la mancha parece cambiar---esto no es debido a las malas habilidades en el dibujo de Galileo, sino que es debido a la variabilidad en apariencia de las manchas solares estas se ensanchan y encogen y las manchas acaban desapareciendo en pocas semanas confundándose con el fondo.

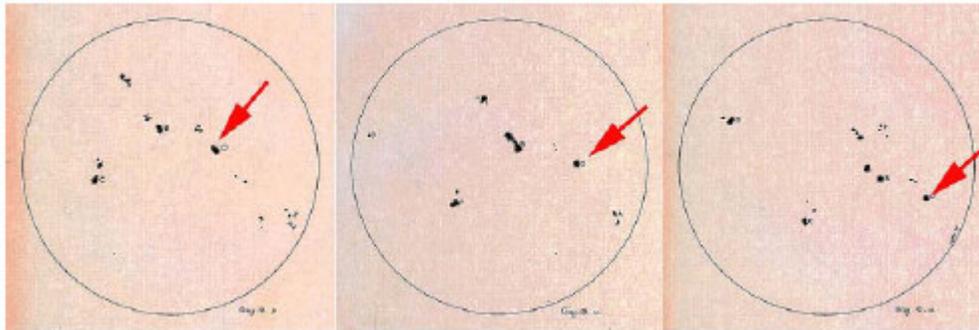


Figura 1: Dibujos de Galileo de las manchas solares. 9, 10 y 11 de Junio de 1613

El movimiento de las manchas nos proporciona un método para medir la rotación de la superficie solar. La rotación solar es uno de los factores principales que afecta al ciclo anual de la actividad de las manchas solares (más o menos 11 años), erupciones solares, y otros fenómenos. En los años 1860 Richard Christopher Carrington usaba las manchas solares para determinar el periodo de rotación del sol en función de la latitud. Las manchas cercanas al ecuador del sol desaparecen cada 25 días, mientras que las manchas en la latitud de 45 grados desaparecen cada 28. Esto se llama *rotación diferencial* que no sería

posible si el sol fuera un cuerpo sólido.

El determinar la velocidad de la rotación solar a partir de las manchas solares es fácil, en principio: hay que medir cuanto tiempo tarda una mancha en dar una vuelta al sol o una fracción de distancia alrededor del sol. Sin embargo es difícil observar el sol de forma continua. El sol se encuentra por detrás del horizonte la mitad del día (excepto cerca de los polos) y el clima a menudo interfiere con las observaciones. Así que, en la práctica, es bastante difícil conseguir información continua de las manchas día a día.

Sin embargo en 1995, astrónomos en el "National Solar Observatory" completaron la construcción de una red global de telescopios capaz de observar el sol de forma continua. Cuando el sol se pone en uno de los telescopios, todavía está alto en el cielo en otro telescopio. Estos seis telescopios de la red están localizados en Big Bear, California; Mauna Loa, Hawaii; Learmonth, Australia; Udiapur, India; El Teide, Tenerife, y Cerro Tololo, Chile. Los telescopios están operando por el "Global Oscillation Network Group (GONG)" con base en Tucson, Arizona. Como el sol es tan brillante, los telescopios son pequeños y pueden alojarse en trailers modulares, no en grandes cúpulas usadas en los telescopios para observar las estrellas (Figura 2). Los telescopios del GONG son los que proporcionan las imágenes usadas en este ejercicio-Visita la hoja web del GONG en <http://gong.nso.edu> para tener más detalles del proyecto GONG y de los lugares donde están los telescopios.

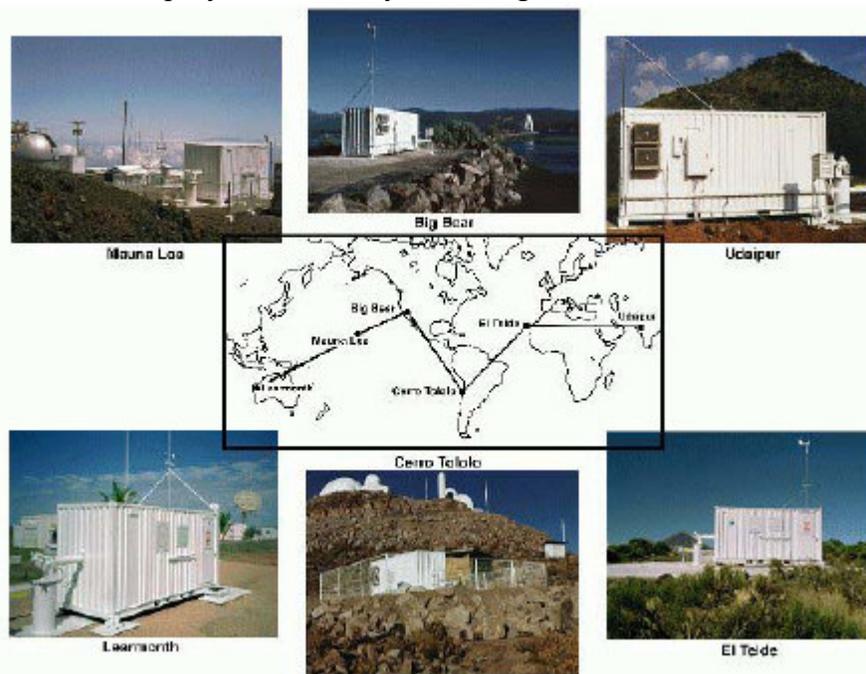


Figura 2: La red GONG

Los telescopios del GONG son telescopios robóticos, obtienen imágenes del sol cada minuto desde el amanecer hasta el atardecer sin interacción humana. Los telescopios están diseñados para observar las "oscilaciones solares". Las ondas sonoras (ondas acústicas) se generan en el interior profundo del sol. Algunas de estas ondas viajando a través del sol pueden quedar "atrapadas" volviendo a la superficie una y otra vez (ver la Figura 3). Las propiedades de estas ondas dependen de la estructura interna del sol, así que los astrónomos pueden deducir la estructura interna del sol a partir de las observaciones de las ondas que aparecen en la superficie. El problema es, sin embargo, complicado, debido a las numerosas ondas que están presentes en el sol la vez. La superficie del sol es similar a la

superficie del océano, tiene picos y valles creados por la mezcla de muchas ondas de diferentes longitudes de onda (ver Figura 4). Por ello, para hacer determinaciones precisas de la estructura interior del sol se requieren numerosas exposiciones cortas de imágenes tomadas en largos periodos de tiempo (mas o menos un mínimo de cuatro horas al mes hasta el final). Sin embargo, para los motivos de nuestro ejercicio sobre la rotación del sol, lo importante es que las imágenes de GONG puedan ser usadas para seguir las manchas solares.

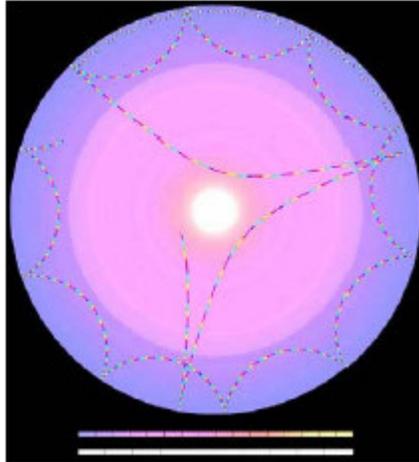


Figura 3: ondas rebotando en el interior del Sol

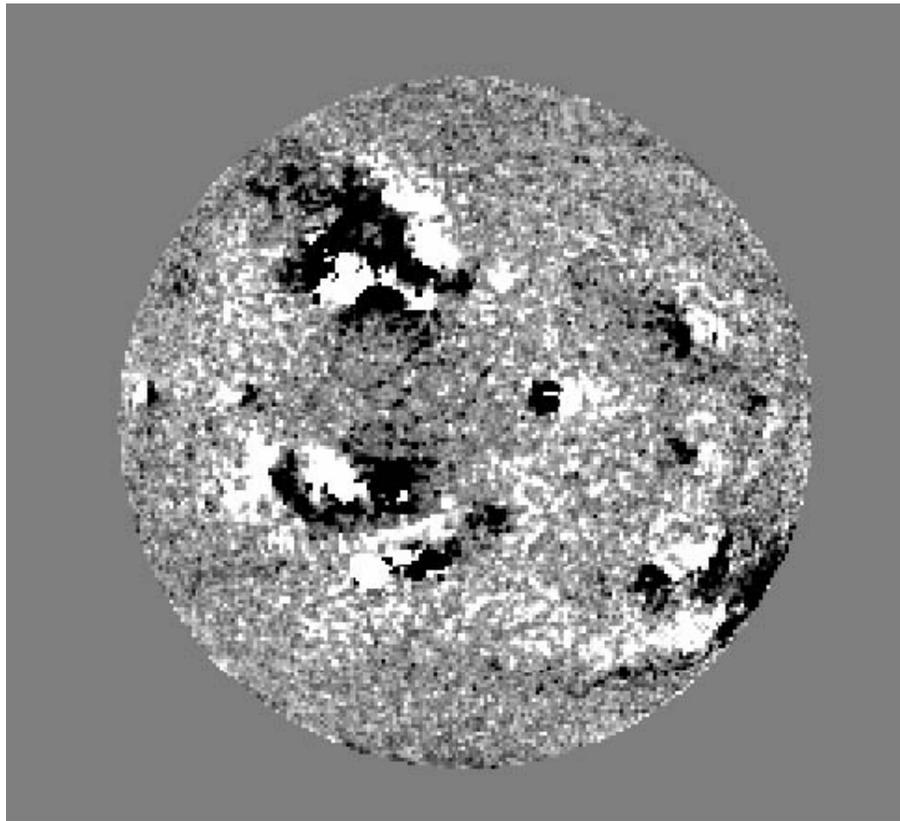


Figura 4: Una imagen de velocidad desde uno de telescopios solares del GONG -las regiones oscuras corresponden a los valles, las brillantes a los picos.

La base de datos para la "CLEA Solar Rotation Lab" consiste en 11 imágenes de los telescopios solares del GONG durante el mes de enero de 2002. A pesar de que las imágenes son adquiridas cada minuto mientras el sol esta por encima del cielo para cada telescopio solar del GONG (¡un promedio de un total de 3600 imágenes por día!), la base de datos para este laboratorio contiene tan solo una imagen por día. Un promedio de una imagen cada veinticuatro horas, lo que es mas que suficiente para determinar la velocidad de rotación del sol.

Un apunte a cerca de las imágenes: las originales de los telescopios del GONG han sido procesados para quitar defectos de las cámaras CCD, para hacer las imágenes uniformes en brillo, y para orientar las imágenes en la misma dirección. A parte de esto, las imágenes de este ejercicio mantienen la alta fidelidad de las originales (Figura 5). Estas son las mejores imágenes a día de hoy para determinar la velocidad de rotación del sol, no sólo porque se hayan tomado de forma frecuente, sino porque tienen una resolución espacial muy alta (esto es que muestran mucho de los detalles finos). Las imágenes tienen un tamaño de 860x860 pixeles y orientadas con el norte hacia arriba, el oeste a la izquierda y el este a la derecha del sol. El disco solar es mas o menos 720 pixeles a lo largo de cada imagen. Cada pixel corresponde a 2.5 arcos de segundo o lo que es lo mismo 1800 km en la superficie del sol al centro del disco. Debido a la geometría de la proyección de una esfera (el sol) en un plano (la cámara CCD) cada pixel corresponde a superficies mayores conforme nos acercamos al borde del disco solar. A una distancia de 95% fuera del borde solar, por ejemplo, cada pixel corresponde a 6000 km de la superficie.

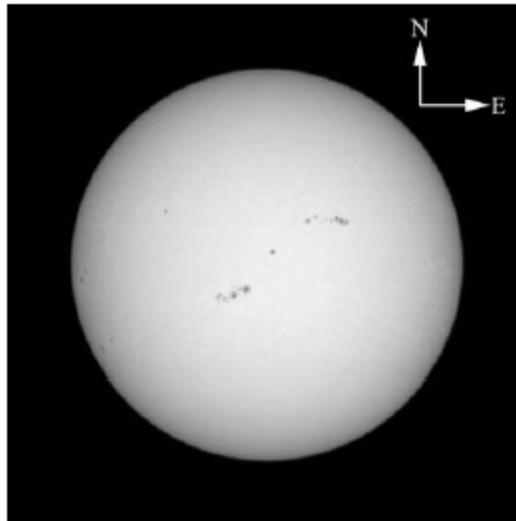


Figure 5: Una imagen típica del sol de GONG.

Las flechas han sido añadidas para indicar la dirección del globo solar.

Estrategia global: Cosas en las que pensar cuando se analiza las imágenes del sol.

El programa CLEA asociado a este ejercicio te permite mostrar imágenes del sol de los telescopios solares del GONG y medir las posiciones de las manchas solares. Los

detalles del programa se van a describir mas adelante pero la idea básica del programa científico que será investigado puede ser entendido incluso antes de entrar en los detalles del programa.

Tu primera meta consiste en el uso de una serie de imágenes del GONG para establecer de forma aproximada cuanto tarda el sol en realizar una rotación, llamamos a este valor el periodo de rotación sideral del sol. Tu valor debe ser expresado en un número y una fracción del día (por ejemplo 22.11 días). Mientras que la imágenes que tienes están espaciadas en veinticuatro horas, tú puedes pensar que por lo menos se puede determinar la velocidad de rotación con una precisión de un día.

La forma mas fácil de determinar el periodo de rotación del sol sería encontrar una mancha solar y observarla hasta que vuelve a la misma posición en las imágenes. Pero aquí tenemos algunas preguntas que debes hacerte y que debes intentar responder cuando veas las imágenes:

- 1 ¿Puedes encontrar una mancha solar o un grupo de manchas solares y después reconocerlas cuando vuelvan a aparecer? Estará claro, conforme lo hagas, en que dirección esta rotando el sol
- 2 ¿Las manchas solares perduran en la superficie solar lo suficiente como para durar una rotación?
- 3 ¿Es posible que se haya perdido una imagen (debido a las inclemencias del tiempo o a la ruptura de un telescopio) en el momento en que la mancha aparece de nuevo?
- 4 ¿Y si la velocidad del sol no es divisible en veinticuatro horas (el tiempo medio entre las imágenes de la base de datos del GONG)? ¿Volverán las manchas al punto exacto de la imagen antes y después de la rotación?
- 5 ¿Puedes pensar en diferentes estrategias que no necesiten ver que la mancha solar da una rotación completa para determinar cuanto tarda el sol en dar una vuelta de 360 grados? (Pista: ¿que pasaría si fueras capaz tan solo de medir cuanto tarda en rotar 30 grados?)

Cálculo del periodo sideral de rotación del sol a partir de las medidas obtenidas

El valor que se determina a partir de imágenes del sol tomadas desde la tierra es llamado *periodo de rotación sinódico*. Esto es el periodo de rotación aparente del sol visto desde la Tierra, no el "verdadero" periodo de rotación del sol ya que la tierra está en movimiento, orbitando alrededor del sol, del oeste al este, mientras el sol rota. El "verdadero" periodo de rotación del sol, conocido como *periodo de rotación sideral*, es el tiempo que tarda un punto del sol en rotar una vez con respecto a las estrellas distantes. En el tiempo que tarda un punto del sol en rotar 360 grados con respecto a las estrellas, la tierra se habrá movido por delante en su órbita. El sol tendrá que rotar un poco mas rápido para "alcanzar" a la Tierra. Por ello el periodo sinódico es un poco mayor que el sideral.

Afortunadamente, podemos corregir este tiempo añadido, mientras conozcamos a qué velocidad va la Tierra alrededor del sol (aproximadamente una revolución cada 365.25 días). Si **P** es el periodo de rotación sideral en días (este es el valor que queremos determinar), y **S** es el periodo de rotación sinódico en días (este es el valor que has

medido), entonces

$$P = (S \times 365.25) / (S + 365.25) \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Equipo

En este experimento se necesita un ordenador con Windows, el programa **CLEA *The Period of Rotation of the Sun*** y una calculadora científica. (Observa que los ordenadores modernos normalmente incorporan este tipo de calculadoras). Quizás también encuentres útil, aunque no es esencial, el uso de una hoja de cálculo y/o una hoja de gráficos.

Manual del usuario del programa: "***The Period of Rotation of the Sun***" Un programa para visualizar y realizar mediciones de las manchas solares en las imágenes del sol

Comenzando el programa

Tu ordenador debe estar encendido y corriendo en Windows. Tu profesor te dirá como encontrar el icono o la barra del menú para arrancar el ejercicio *Period of Rotation of the Sun*. Posiciona el ratón sobre el icono o la barra del menú y presiona para comenzar el programa. Cuando el programa comienza, el logotipo de CLEA debe aparecer en una ventana en tu pantalla. sitúate en el menú del archivo en la parte de arriba de tu ventana, presiona, y selecciona el logotipo de la opción de tu menú. Rellena el formulario que aparece con tu nombre (y el de tu compañero, cuando lo haya). No uses signos de puntuación. Presiona "Tab" para moverte al siguiente bloque o presiona en la siguiente caja de texto para introducir el siguiente nombre. Después introduce el número o la letra de tu grupo si no lo has puesto ya. Clickea en el campo adecuado para corregir cualquier error. Cuando toda la información la has puesto a tu entera satisfacción, clickea en OK para continuar, y clickea "yes" cuando pregunte si has terminado de entrar. Entonces aparecerá la pantalla de operaciones del laboratorio "*Period of Rotation of the Sun*".

Accediendo a los ficheros de AYUDA

Quizás selecciones en algún momento ayuda del menú para obtener ayuda en línea. Presiona el **help** localizado en la parte derecha de la barra de menú. En **Help...Topics**, existen cinco opciones que puedes seleccionar: **LogIn** (entrar), **Files** (archivos), **Images** (imágenes), **Reports** (Informes), y **Close the Program** (cerrar el programa). **LogIn** (entrar) informa de los pasos iniciales necesarios para comenzar el programa. **Files** (archivos), proporciona información del tipo de archivos que se usan en este ejercicio. **Images** (imágenes) explica como recuperar imágenes, hacer medidas en las imágenes e imprimirlas.

Help...Topic...Reports (Ayuda...tema...informes) muestra como puedes revisar los datos almacenados. **Close the Program** (cerrar el programa) da el procedimiento en como salir del programa así como recordar cualquier dato no guardado. **About This Exercise** (Acerca de este ejercicio) muestra el título y el número de la versión del programa así como la información sobre sus derechos de autor.

Cargando y mostrando las imágenes

Cuando corras por primera vez el programa verás una zona *Main File List* (Lista del fichero principal) con dos marcos, el de la izquierda marcado como *loaded images* (imágenes cargadas) y el de la derecha como *image database* (bases de datos de imágenes). Ambos estarán vacíos. Después de cargar la imagen de la base de datos del menú *File* (archivo), verás en la ventana de *image database* (base de datos de imágenes) una lista de las imágenes disponibles del GONG ordenadas por la fecha. Puedes cargar y mostrar las imágenes en una de las dos formas. Puedes clicar a la derecha de la imagen que quieras mostrar y entonces seleccionar *load image* (cargar imagen) en la caja desplegada que se mostrará (la cual también te permitirá imprimir o buscar un dato concreto). O puedes simplemente clicar dos veces el botón izquierdo del ratón sobre el dato de la imagen que quieres que se muestre.

Cuando cargas una imagen por primera vez, sus datos son mostrados también en la lista de *loaded images* (imágenes descargadas). La última imagen seleccionada es automáticamente mostrada en un desenrollable grande del *image display window* (ventana de imágenes mostradas) .

Puedes mostrar cualquiera de las imágenes en la ventana del *loaded images* (imágenes mostradas) clickeando dos veces en el dato de la imagen. O puedes usar el botón derecho para que aparezca el menú desplegable que te permitirá mostrar esta imagen, quitarla, o quitar todas la imágenes que en ese momento estén cargadas.

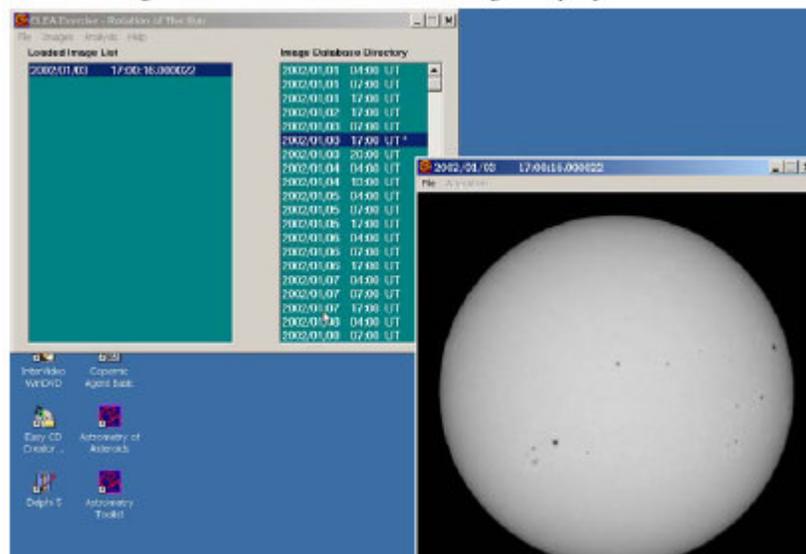


Figura 6: Ventana principal y la ventana que muestra las imágenes.

Animación de una serie de imágenes

Una vez tengas varias imágenes cargadas, puedes mostrarlas de forma consecutiva automáticamente como si se tratara de una animación. Esto lo puedes hacer de dos formas. En la barra del menú principal sobre la lista de imágenes, seleccionar la opción de *images* (imágenes) y después *animate* (animar). O en la barra de menú sobre la ventana de *image display* (mostrar imagen) , seleccionar *animation...start* (animación...comenzar). Puedes parar la animación usando el mismo menú en las barras.

Medida de la posición de las manchas

El mostrar la imagen te permite medir las posiciones de los puntos del sol. Para empezar a medir las posiciones de las manchas solares, elegir *file..image..measure* (archivo...imagen...medir) en la barra de menú en la parte de arriba de la imagen mostrada. una pequeña ventana aparecerá con dígitos para indicar la posición del cursor en píxeles y en *coordenadas heliográficas aparentes*. La posición del cursor es actualizada cada vez que cliques el botón izquierdo del ratón, o de una forma continua si dejaras el botón apretado. También verás una pequeña ventana de ampliación que muestra el área alrededor del cursor (ver Figura 7). Los píxeles son, por supuesto, los pequeños bloques que forman el dibujo y el pixel 0,0 esta en el centro de la imagen. Sin embargo las coordenadas heliográficas aparentes necesitan alguna explicación.

Las coordenadas heliográficas son similares a la longitud y latitud en la tierra. Los polos del sol estan a latitud $+90^\circ$ (norte) y -90° (sur). El ecuador del sol se encuentra a latitud 0° . La línea 0° de longitud heliográfica se encuentra a lo largo de la mitad del disco solar tal y como se mira, con las líneas de longitud positivas a la derecha y las negativas a la izquierda (ver la figura 8). Las líneas heliográficas longitudinales no se encuentran fijas a la superficie del sol y ¡no giran con el sol! como ocurre a la longitud en la tierra. El ordenador utiliza la posición x e y en píxeles junto con un poco de trigonometría para calcular la latitud y longitud heliográfica a partir de la posición del cursor en la imagen.

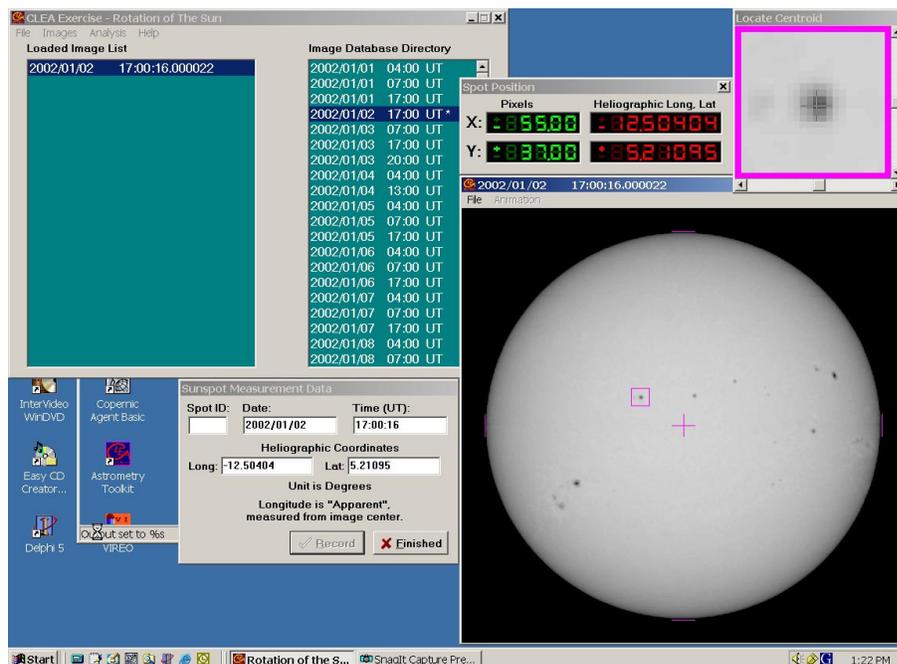


Figura 7: Midiendo las posiciones de las manchas en las imágenes solares

Existe una complicación que quizás quieras destacar. Incluso aunque el centro del disco solar en cada imagen esta a longitud 0° , no es a latitud 0° . Esto es por que el eje de rotación del sol está inclinado unos 7° del plano de la eclíptica (el plano de la órbita de la tierra). En alguna ocasión durante el año aparece inclinado hacia nosotros y otras contra

nosotros. Sólo en junio y diciembre vemos el eje en ángulo recto con respecto a nuestra línea de visión. Cuando medimos las posiciones de las imágenes, encontrarás que el borde del sol no es siempre de $\pm 90^\circ$ de longitud heliográfica, esto es también una consecuencia de la inclinación del globo solar.

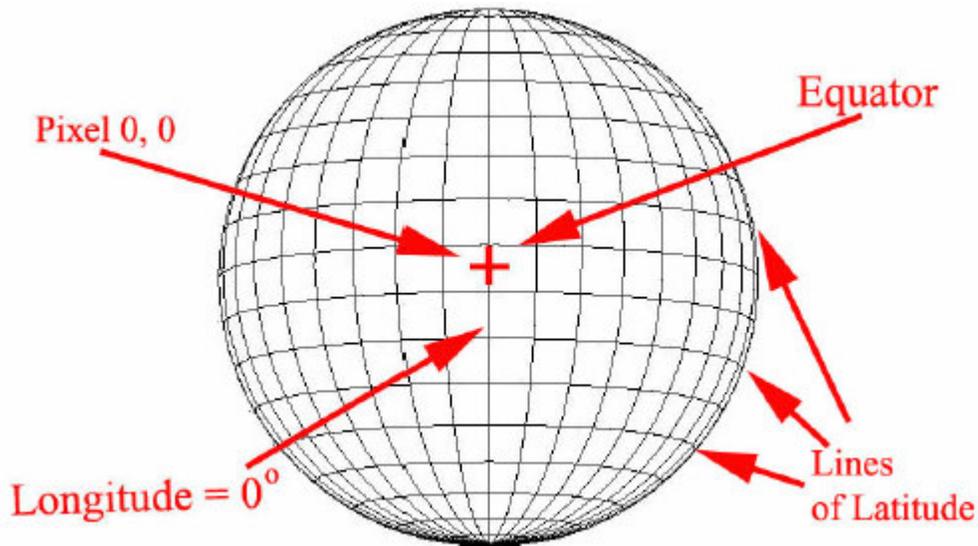


Figura 8: Coordenadas Heliográficas

El sistema de coordenadas heliográficas aparentes es un sistema bueno para medir las posiciones de las manchas solares. Piensa sobre en el test siguiente para chequear tus conocimientos sobre que es lo que esperas:

- 1 Imagina una mancha localizada a la *izquierda* de la línea central del sol. ¿Es su longitud un número positivo o negativo?.
- 2 Imagina una mancha localizada a la *derecha* de la línea central del sol. ¿Es su longitud un número positivo o negativo?.
- 3 Si tienes una serie de fotografías consecutivas tomadas a lo largo de varios días, ¿cómo esperarías que la latitud aparente de las manchas solares cambie de una fotografía a otra?.
- 4 Si tienes una serie de fotografías consecutivas tomadas a lo largo de varios días, ¿cómo esperarías que la longitud aparente de las manchas solares cambie de una fotografía a otra?.

Almacenamiento de Datos

Cuando estas midiendo las manchas solares, habrá una pequeña ventana en la pantalla llamada *Sunspot Measurement Data* (datos de la medida de las manchas solares). Cuando cliques el botón "record" (grabar), la fecha, la hora y la posición del cursor de la imagen se escribirá en el fichero de datos. Sitúa el cursor tan cerca del centro de la mancha como te sea posible antes de almacenar la posición. La pequeña ventana de aumento te

ayudará dando una visión aumentada de donde apunta el cursor y puedes hacer un ajuste mas fino usando las barras de desplazamiento de la ventana de aumento o los botones de flechas en el teclado (*cuando uses los botones de flechas del teclado, fijate que tienes que "activar" el movimiento vertical u horizontal del cursor cliqueando en la barra de desplazamiento horizontal o vertical en el botón de aumento-las teclas de flechas pueden mover el cursor horizontal o verticalmente pero no ambas a la vez*).

Existe también un espacio en la ventana de *Sunspot Measurement Data* (datos de la medida de las manchas solares) para escribir una letra, un número o un nombre para identificar una mancha en particular. Por supuesto, si vas a estar midiendo la misma mancha solar en diferentes imágenes asegúrate que usas la misma identificación en cada dibujo.

Visualización de una Tabla con los Datos Almacenados

En cualquier momento después de tener algunos datos almacenados, puedes visualizarlos en una ventana diferente a la del *Sunspot Position Measurements* (medida de la posición de las manchas solares). Para conseguirlo, vuelve a la ventana *Main File List* (lista del archivo principal) y selecciona *file..measurement* (archivo...medición) de la barra del menú principal. Existen opciones que permiten visualizar los datos actuales o cargar un archivo con los datos guardados con anterioridad. Si seleccionas visualizar la lista, verás la ventana de datos aparecer en la pantalla (ver la figura 9). Las columnas están etiquetadas; los datos para cada mancha solar están almacenadas por letra, número o nombre de la mancha en orden creciente en el tiempo. Además de la fecha y la hora de la observación, la ventana mostrará la fecha Juliana de la observación, que es el día y fracción del día de la fecha que es práctico para seguir los tiempos astronómicos. En lugar de tener que recordar el número de días de un mes en particular cuando se restan una fecha de otra, puedes simplemente restar el valor de la fecha Juliana de otro para conseguir el número de días entre dos observaciones. Una fecha Juliana comienza por la noche, en el Tiempo Universal; 0.5 del día es, por supuesto, 12 horas; cada 0.0001 del día es mas o menos 8 segundos.

Puedes imprimir los datos en la ventana *Sunspot Position Measurements* (medidas de la posición de las manchas solares) seleccionando *List..print* (Lista...imprimir) de la barra de menú. Puedes editar las entradas individuales (si cometieras un error en la introducción de datos) cliqueando el botón derecho del ratón en la línea que deseas editar. Puedes borrar una línea seleccionándola, y después presionando *Edit..Delete selected measurement* (edición...borrar medida seleccionada) de la barra de menú.

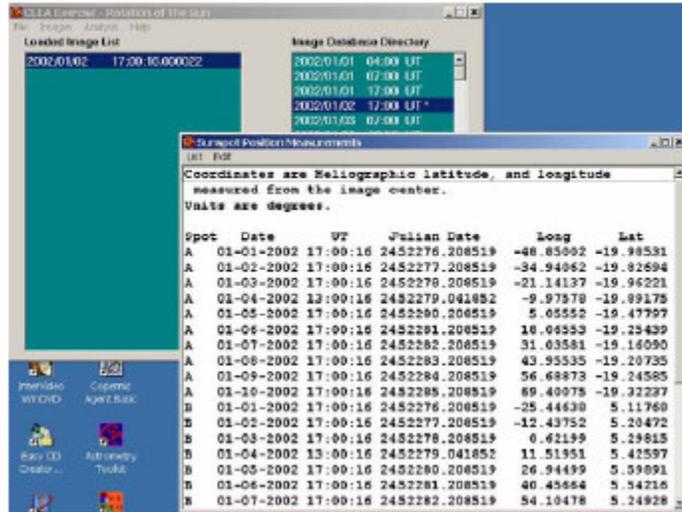


Figura 9: Listado de los datos almacenados

Representación de la Latitud y Longitud de las Manchas Solares con Respecto al Tiempo

La latitud y longitud almacenadas para una mancha dada pueden ser representadas frente al tiempo usando el menú *plot data* (trazado de los datos) obtenido en la ventana *main file list* (listado del archivo principal). Puedes seleccionar el representar una longitud o una latitud para cada mancha. Las gráficas pueden ser imprimidas. El programa también puede calcular el mejor ajuste de una recta a los datos, y mostrar la pendiente y el corte con los ejes de cada conjunto de datos que pertenezca a cada mancha medida. La pendiente de la línea ---expresada en grados por día (la velocidad del movimiento de la mancha que has medido)--- es mostrado en la parte de abajo a la derecha del gráfico, al igual que la intersección (el tiempo Juliano en días que cada mancha atraviesa el centro de la imagen). Puedes hacer un ajuste de estas líneas para conseguir el mejor ajuste bajo tu criterio (ver figura 10).

Los datos de diferentes manchas pueden ser representadas en la misma gráfica (ver figura 11) o puedes abrir una ventana diferente para cada conjunto de datos y representar los datos de cada mancha de forma separada. Cuando se representan múltiples gráficas, cliqueando en un dibujo en particular seleccionarás este dibujo para un ajuste o edición de los datos.

La representación de los datos de esta forma, puede ser una forma muy útil para determinar el periodo de rotación del sol, pero quizás prefieras usar una tabla de datos o diseñar tu propio método que utilice los datos obtenidos en la pantalla. En tu informe de la práctica o en tus apuntes asegúrate que describes cómo usas este programa y así tu tutor podrá ver cómo has respondido a las preguntas.

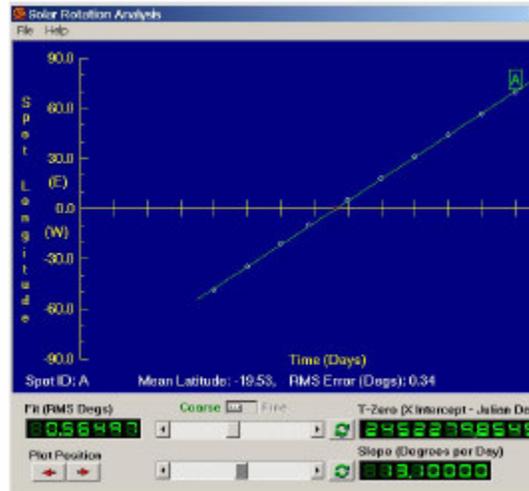


Figura 10: Trazado de los datos y ajuste de una recta

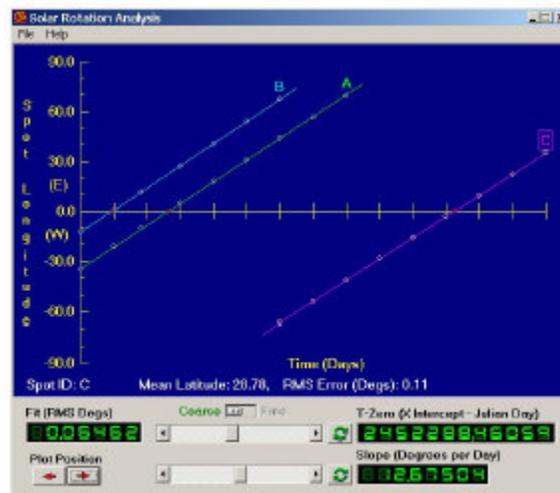


Figura 11: Representación de varias rectas en el mismo gráfico

Desarrollo de la práctica

Corre el programa CLEA Period of Rotation of the Sun. Entra. Selecciona *File...run* (Archivo...Ejecutar) y la ventana de datos principal aparecerá. Elige *File..image* (archivo...imagen) *database..image* (base de datos...imagen) *directory..load* (directorio...cargar) y las horas de las imágenes disponibles del sol aparecerán en la ventana *image database* (base de datos de imágenes) (en la mitad derecha de la ventana) desplaza la ventana hacia abajo para ver que datos están disponibles.

Selecciona todas las imágenes disponibles cliqueando dos veces con el botón izquierdo del ratón. Los datos y las imágenes aparecerán en la ventana *loaded images* (imágenes cargadas) (en la parte izquierda de la ventana principal). Se abrirá también una ventana *image display* (muestra de imagen) mostrando una de las imágenes del sol cargadas. Da movimiento a las imágenes seleccionando *Animation..start* (movimiento...comenzar) en esta ventana. Puedes parar la animación seleccionando *Animation...stop*

(movimiento...parar) del menú.

Observa las manchas solares. ¿En que dirección rota el sol en estas imágenes? ¿Qué lado de las imágenes es el Norte? ¿Y el este del Sol?

Elige tres manchas solares, llámalas A, B y C. Procura que aparezcan en el mayor número posible de imágenes, después carga todas las imágenes (ver paso #2 para cargar las imágenes). Cualquier cosa que se muestre en la ventana *loaded images* (imágenes cargadas) puede verse cliqueando dos veces en el listado. Si el listado queda amontonado con imágenes, no intentes medir (porque estas no contienen manchas idóneas para medir), puedes arreglarlo eligiendo *Images...cut* (Imágenes...cortar) o *Images...clear all images* (imágenes...Borrar todas las imágenes) de la barra de menú.

Haz un esquema con las posiciones iniciales de las manchas que estudies en la plantilla al final de la práctica. Adjunta ese esquema al informe.

Mide y almacena las coordenadas heliográficas de las manchas solares A, B y C en cada una de las imágenes elegidas, usando el cursor y el ratón. Sigue las instrucciones en la guía del programa proporcionada en este guión (ver página 12). Toma nota de las medidas que vayas tomando en la Tabla 1 al final de este guión. Adjunta esta tabla al informe. El ordenador almacenará también los datos en un fichero que podrás guardar más tarde.

Representa y analiza las coordenadas de la mancha A. Selecciona *Analysis..plot fit data* (Análisis...representación del ajuste de datos) del menú en la ventana principal. La ventana de *Solar Rotation Analysis* (análisis de la rotación del sol) aparecerá. Selecciona *File..dataset..load ..longitude values* (archivo...conjunto de datos...cargar...valores longitudinales) del menú del Solar Rotation Analysis y selecciona los valores de la mancha solar A. Los datos serán representados (en el eje x el tiempo y en el eje y las longitudes heliográficas). Tendrás que hacer el ajuste manualmente usando las barras deslizadoras, intentando conseguir el menor error del ajuste que se muestra en las etiquetas digitales que se muestran como “fit (RMS Degrees)” en la parte izquierda de la ventana del análisis.

Cuando estés satisfecho con el ajuste, escribe tus resultados para la pendiente e intersección del gráfico en la Tabla 2. Repite este procedimiento con las manchas B y C. También almacena la pendiente e intersección que hayas medido en un archivo de datos, seleccionando *File..record* (archivo...guardar) de la barra de menú de la ventana *Analysis* (análisis). Imprime la gráfica mostrando la línea y tu ajuste, seleccionando *File..print* (archivo...imprimir) de la barra de menú de la ventana de análisis.

Escribe los resultados en la Tabla 2. Adjunta esta tabla a tu informe.

A partir de la pendiente de la línea de la longitud de las manchas solares frente al tiempo, puedes calcular el periodo de rotación sinódica del Sol S (en días). Usando la ecuación 1 puedes calcular también el periodo sideral P. Calcula el promedio de P y el error en el promedio (desviación estándar partida por raíz del número de puntos).

Intenta abrir la ventana de análisis y representa los datos de la latitud para una de las

manchas.

Puedes repasar las medidas que has tomado seleccionando *File..measurement data..view/edit* (archivo...datos medidos...ver/editar). Una ventana de la medida de la posición de la mancha solar aparecerá.

Informe

Al terminar la práctica debes escribir un informe sobre la misma con las siguientes secciones:

1. Resumen: Sintetiza en un párrafo el objetivo de la práctica, las técnicas utilizadas y los resultados obtenidos
2. Métodos: Breve explicación de los medios materiales y técnicas observacionales y estadísticas utilizadas
3. Resultados: Valores numéricos obtenidos en forma de tablas, esquema de manchas solares, y respuestas a las cuestiones

Cuestiones

- 1) ¿Por qué esperas tener mas incertidumbre en las coordenadas heliográficas de las manchas solares cerca del borde del sol?
- 2) Examinando un muestreo representativo de las imágenes, evalúa el número medio de manchas solares visibles en el mes de enero de 2002.
- 3) ¿Qué puedes decir acerca de los cambios de latitud de una mancha solar con respecto al tiempo?
- 4) Calcula el promedio de P y el error en la media. Compáralos con el valor de la bibliografía ¿cuánto es la diferencia? ¿es significativa?

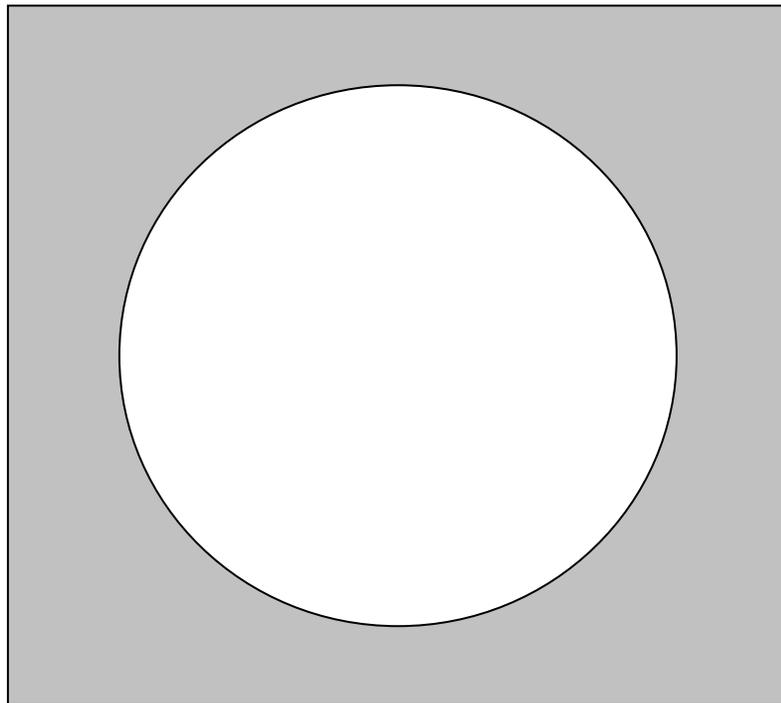


Tabla 2: Resultados de los ajustes

<i>IDENTIFICADOR</i>	<i>Pendiente (grados por día)</i>	<i>Intersección (Días Julianos)</i>	<i>S (días)</i>	<i>P (días)</i>
A				
B				
C				
PROMEDIO DE LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN SIDERAL (días)				