

UN PEQUEÑO RELOJ ALLENSE

Cristhian Morell

Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina

Resumen

El presente trabajo se basa en analizar el diseño, instalación y puesta a punto de un reloj solar ubicado en una pequeña localidad argentina. Previo al análisis se procede a clasificar tres diseños básicos de relojes solares, a la vez que se detallan los conceptos de astronomía en los que ellos se apoyan.

Introducción

La invención de los relojes solares data de tiempos muy remotos, y se ha relacionado por historiadores con la necesidad que ha sentido la especie por *registrar* y *entender* la naturaleza. Hoy en día es posible encontrar estos artilugios instalados en numerosas ciudades de nuestro país y, como es necesario tener conocimientos básicos de astronomía para su fabricación e instalación, una apreciable cantidad de veces se puede corroborar que no cumplen con los requisitos básicos para funcionar correctamente.

Estos artilugios permiten observar la hora solar gracias a la sombra que proyecta un gnomon, o estilete, sobre un plano graduado. Ciertamente, la hora que marcan es diferente a la que nos indican nuestros relojes o celulares, dado que esta se refiere a un tiempo estandarizado según necesidades burócratas y comerciales. Es cierto que la separación en husos horarios según el meridiano ayuda a que ambos valores temporales se mantengan dentro de límites reducidos (el máximo desvío de la hora oficial de un lugar y su hora solar es, teóricamente, de 1hr), pero existen casos especiales en que la desviación es mayor. Lamentablemente, este es el caso de nuestro país, y es que en Argentina se adoptó el huso horario de UTC -3 (Tiempo Universal Coordinado) cuando en realidad le corresponde el UTC -4 para minimizar el error respecto al tiempo solar. La importancia de este hecho radica en que es éste último el que sigue la naturaleza, es decir, nuestra biología, y el que nos corresponde según nuestro lugar geográfico en el mundo.

En la ciudad de Allen, situada en el Alto Valle de Río Negro, al norte de la Patagonia, Argentina (véase la figura 1), se encuentra ubicado un reloj solar inaugurado con motivo de la conmemoración del centenario de la localidad, el 25 de Mayo del año 2010.

Existe una gran variedad de tipos de relojes de sol. Dado que no es motivo de este trabajo hacer una clasificación de todos los diseños existentes, se hará hincapié en el análisis de los tres más comunes: los ecuatoriales, verticales y horizontales. Luego, nos adentraremos a examinar el modelo particular en cuestión para ver si su montaje se ha realizado de acuerdo con alguno de los que se han estudiado y poder discernir si es correcta su orientación de acuerdo al lugar geográfico en que se encuentra.



(a)



(b)



(c)

Figura 1: Provincia de Río Negro (a) con la indicación de la ciudad de Allen (b), donde se muestra la ubicación del lugar en que se ha instalado el reloj solar (c).

De formas y orientaciones: relojes solares ecuatoriales, horizontales y verticales.

Reloj Solar Ecuatorial

Para entender este tipo de artefacto, así como también los otros dos que veremos a continuación, tenemos que tener en cuenta el movimiento aparente del sol en el cielo, y es que este se mueve en torno al eje de rotación terrestre. En este movimiento, el sol se mueve describiendo paralelos al ecuador terrestre. Debido a la inclinación del plano ecuatorial con la eclíptica (plano en el cual la tierra se mueve respecto al sol), según sea la época año, los paralelos que traza el sol respecto al del ecuador se distancian un máximo de 23,5 grados por encima o por debajo de él (véase la figura 2). Esto que acabamos de describir es lo que produce, justamente, las estaciones del año.

Debido a lo anterior, podemos ahora considerar el tipo de reloj solar más sencillo: el ecuatorial. Tiene la particularidad de tener el plano inclinado, de modo que sea paralelo al ecuador. El estilete se coloca en el centro del plano, en dirección perpendicular a él y el ángulo que forma con el horizonte marca la latitud del lugar. Como cabe esperar, el gnomon debe apuntar hacia el polo sur celeste en el caso de que sea instalado en el hemisferio sur terrestre, y al polo norte celeste si nos encontramos en el hemisferio norte. En la figura 3 se puede apreciar un ejemplo de reloj solar ecuatorial.

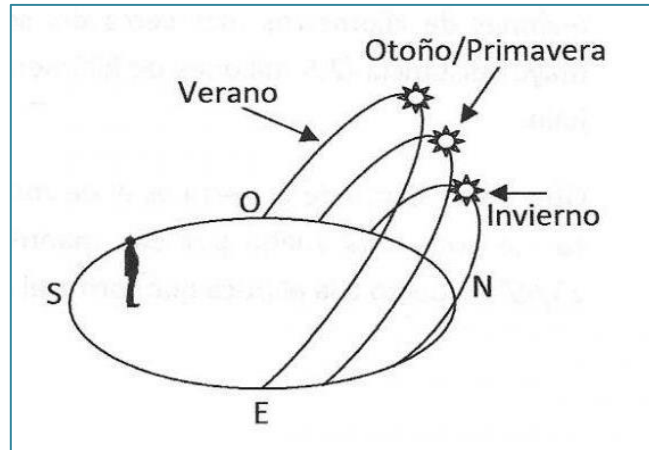


Figura 2: Trayectoria del sol en el cielo según la estación del año. En el solsticio de verano, el plano de movimiento del sol en el cielo está 23,5 grados por encima del ecuatorial, y en el de invierno por debajo. Imagen: AulaFacil.



Figura 3: Reloj solar ecuatorial ubicado en la ciudad de San Petersburgo, Florida, EE.UU. Foto: TripAdvisor.

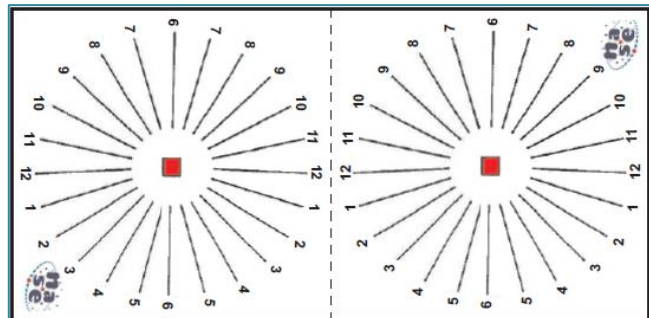


Figura 4: Graduación horaria empleada para relojes solares ecuatoriales. El modelo es, de hecho, el empleado en los talleres de NASE.

Debido a la inclinación del plano principal, que es donde está graduada la escala horaria, la lectura del reloj se realiza en el plano inferior en otoño-invierno (el que apunta al suelo) y en el plano superior en primavera-verano (el que apunta al cielo). La graduación de la escala horaria se puede realizar dividiendo los 360° de una circunferencia en las 24hs del día, quedando como resultado una separación angular de 15° por cada hora (véase la figura 4). Se puede graduar la totalidad de ellas en el aparato en cuestión, aunque por razones obvias no habrá sombra proyectada durante la noche.

En resumen, el factor principal que nos puede indicar que estamos ante un reloj ecuatorial es la inclinación de su plano, y para saber si está correctamente instalado debemos corroborar que la inclinación del gnomon respecto al suelo sea igual a la latitud del lugar, y debe apuntar éste al polo sur celeste.

Reloj solar horizontal

Una vez que hemos visto el funcionamiento y configuración de un reloj solar ecuatorial, es más sencillo analizar esta variante, puesto que los relojes con el plano horizontal resultan ser simplemente una proyección de los anteriores.

En este tipo de reloj, el estilete empleado debe cumplir con el mismo requisito que antes, estar elevado respecto del suelo un ángulo igual a la latitud del lugar. A su vez la orientación también debe ser la misma: norte-sur. Lo que cambia en este caso es que el plano del reloj es paralelo al horizonte del lugar (véase la figura 5).

Por su parte, la graduación horaria en el plano del reloj no es tan simple como el anterior, y es que la variación del espaciamiento de las líneas del reloj es más pronunciada cuanto menor sea la inclinación del gnomon respecto del plano horizontal, es decir, cuanto más cerca nos encontramos del ecuador (véase la figura 6). A su vez, no es difícil ver el otro caso extremo, que es cuando nos trasladamos a cualquiera de los polos. Allí, siendo que la inclinación del gnomon respecto al suelo es de 90° , un reloj ecuatorial coincide con un reloj horizontal.



Figura 5: Reloj horizontal ubicado en Tarragona, España.
Foto: TripAdvisor.

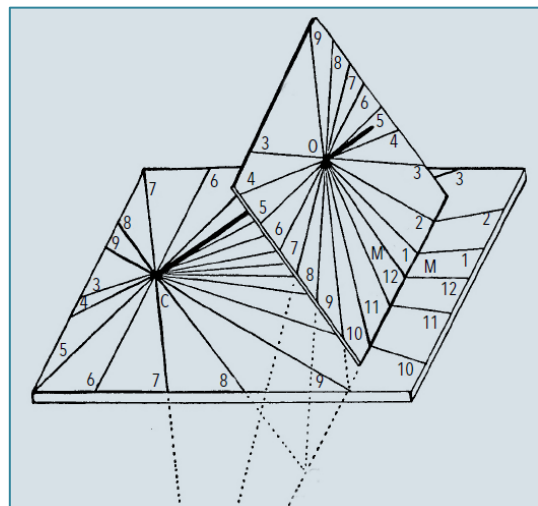


Figura 6: Las líneas horarias de los relojes horizontales resultan de la proyección de las líneas de los relojes ecuatoriales. Imagen: (Gangui, 2012)

Reloj solar vertical

Este tipo de relojes, por su disposición, es muy común de encontrar en las paredes de edificios e iglesias antiguas, como el que se observa en la figura 7.

Nuevamente nos podemos basar en el funcionamiento del ecuatorial para comprender el funcionamiento del vertical, y es que el estilete del artilugio vuelve a tener la misma inclinación respecto al plano horizontal (la latitud del lugar) y la misma dirección, es decir, norte- sur. Como podemos esperar, y como su nombre ya nos indica, este tipo de reloj es el que tiene el plano a 90° respecto de la horizontal, es decir, en posición vertical (véase la figura 7).

De nuevo sucede que las líneas horarias del plano resultan de una proyección de las del reloj ecuatorial, pero en este caso la distribución de las líneas es idéntica a este en el ecuador (separación angular entre horas consecutivas de 15°), con un espaciamiento más pronunciado a medida que nos aproximamos a cualquiera de los polos.

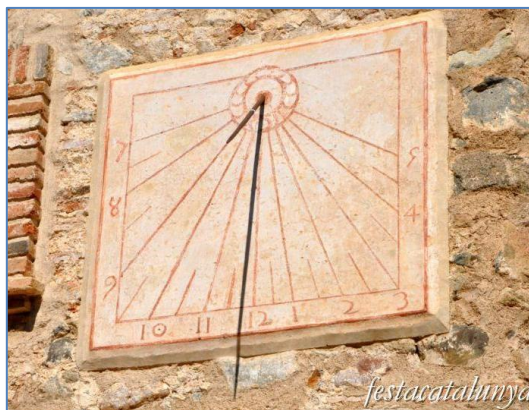


Figura 7: Reloj de sol vertical ubicado en Tarragona, España. Foto: festacatalunya.

Reloj solar de la ciudad de Allen

Se encuentra instalado en el predio del museo municipal de la ciudad, cerca de la zona céntrica (ver figura 1). La ubicación del mencionado predio es tal que el reloj ha quedado apuntando hacia una de las avenidas principales de la localidad, por lo que es visible para cualquier ciudadano que pase por allí.

En la figura 8 se puede apreciar que se trata de un reloj con el plano graduado inclinado respecto al plano horizontal.

Según la comparación realizada en el apartado anterior, y teniendo en cuenta la latitud del lugar, más el hecho de que las líneas horarias del plano están aparentemente equiespaciadas, podemos concluir de que se trata de un reloj solar ecuatorial.

Este modelo cuenta con dos graduaciones alrededor del gnomon, uno fijo y uno móvil (o configurable). Así, siempre y cuando el reloj esté debidamente calibrado (e instalado en primera instancia), sería teóricamente posible emplearlo para informarse tanto de la hora solar, como de la hora local oficial, como se puede observar en la figura 8 b). El detalle importante que se le puede notar al diseño es que se hace difícil poder apreciar la sombra del estilete sobre la rueda externa, que es donde se lee la hora solar.

Se puede apreciar que está montado sobre un soporte rústico, con un diseño basado en una rueda de carreta que hace recordar a tiempos pasados, en línea con el motivo de su inauguración.



a)



b)



c)

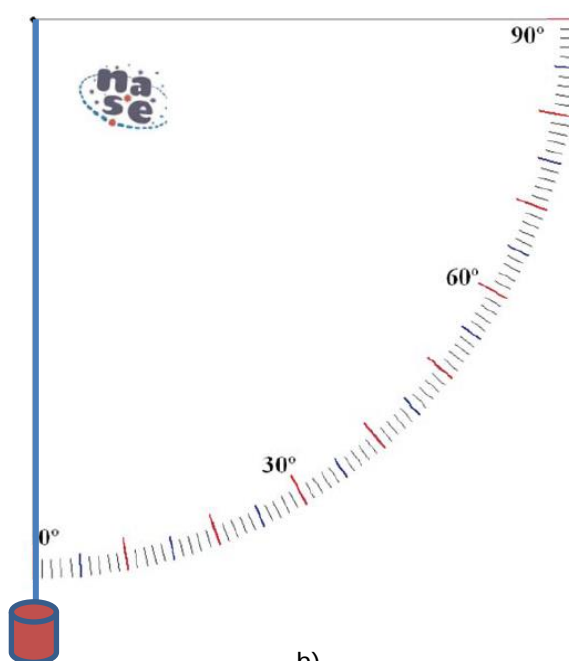
Figura 8: Reloj solar de la ciudad de Allen (a) con su respectiva ampliación del plano superior (b). En c) se aprecia el plano inferior del reloj, que acusa la hora durante el otoño-invierno.

Instalación y orientación

Para saber si la hora que indica el reloj al momento de sacar la foto es correcta, podemos verificar simplemente la hora en que fue tomada la misma y realizar una comparación entre ambos valores. Esto se realiza de un modo fácil y rápido: la foto fue tomada el día 16 de noviembre del año 2019, a las 14:25hs. Si comparamos este dato con la figura 8 podemos apreciar que ambos valores difieren en aproximadamente 12 minutos (con una tolerancia de 3 minutos, en más y en menos), diferencia que se debe a que el movimiento de la tierra entorno al sol no es a velocidad constante, sino que sigue la ley de las áreas (barre áreas iguales en tiempos iguales, según la segunda Ley de Kepler). En cambio, la hora que marcan nuestros relojes sale de hacer un promedio a lo largo de un año completo. Analicemos ahora si la hora solar que marca es correcta. Como a esta altura ya sabemos, el gnomon debe estar apuntando hacia el polo sur celeste, con la inclinación correspondiente a la latitud del lugar ($-38,97^\circ$), véase la figura 9 a).



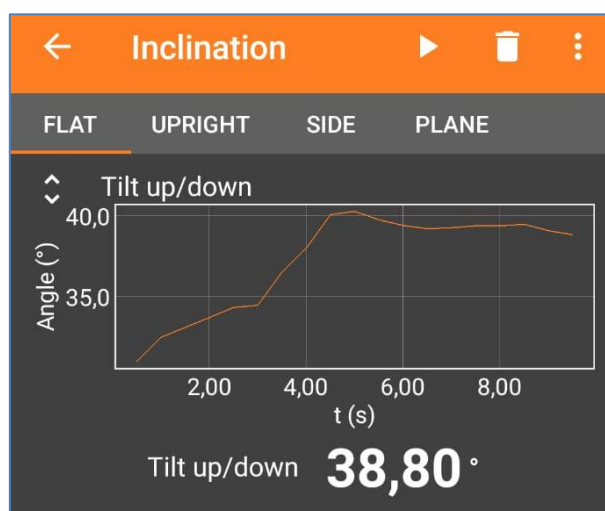
a)



b)

En una visita al museo municipal fue posible corroborar la correcta orientación del dispositivo gracias al uso de una brújula, y comparando con una aplicación móvil que utiliza el GPS del móvil (Science Journal, disponible en la tienda del sistema operativo Android).

Para medir el ángulo del gnomon, resulta oportuno emplear el cuadrante simplificado que forma parte del maletín del joven astrónomo presentado en el taller (figura 9 b)). Para emplearlo, simplemente se procede a apoyar



c)

Figura 9: Perfil del reloj solar (a) y dos métodos diferentes para la medición del ángulo de inclinación del gnomon (b) y (c).

el borde superior del artefacto en la superficie inferior del estilete, de modo que la plomada marque el ángulo de inclinación. El valor obtenido fue de 39° aproximadamente.

Otro método consiste en el uso de otra app móvil, Phyphox, que permite emplear sensores presentes en los celulares para medir su inclinación respecto de un plano horizontal. Una captura de pantalla de la medición realizada se puede observar en la figura 9 c). El valor obtenido para el ángulo se encuentra dentro de los límites de tolerancia, dado que el error de apreciación que se introduce al emplear el cuadrante es de 1 grado y con la aplicación móvil, de una centésima (aunque el valor entregado por el sensor tiene una variación de aproximadamente una décima de grado aun cuando está apoyado sobre una superficie, por lo que nos podemos permitir contemplar una tolerancia mayor a la apreciación del dispositivo). Es posible notar entonces cómo, de manera rápida y simple, se pueden realizar las mediciones necesarias para corroborar la correcta instalación de este o cualquier otro reloj solar que esté al acceso del público.

Cuestión de sombras

Se pudo corroborar que la orientación del reloj se hizo acorde a la ubicación geográfica en que se encuentra, lo mismo podemos decir del ángulo con que se construyó la inclinación del estilete, por lo que la lectura del dispositivo es correcta... Siempre que esté en funcionamiento.

Es obvio que no necesita disponer de una fuente de energía eléctrica para funcionar, puesto que es un dispositivo *pasivo*, pero sí necesita de una fuente de energía lumínica: el sol. Y es que parece que se ha pasado por alto un detalle muy importante al momento de decidir cuál era la ubicación correcta para su instalación, que es la ausencia de sombra producida por el follaje de árboles cercanos a él (véase la figura 10).



Figura 10: La alta vegetación presente en el parque donde está el reloj reduce sus horas de funcionamiento.

Como se puede apreciar en la figura 10, el funcionamiento del reloj queda reducido a las horas cercanas al mediodía solar, en más y menos dos horas y media aproximadamente, dado que el ángulo que forman las copas de los árboles cercanos con el gnomon rondan los 40° hacia ambos lados (recordar que cada hora equivale a 15° en un reloj ecuatorial).

En entrevista con Perla y Mercedes, dos integrantes de la comisión que administra el funcionamiento del museo municipal, mencionaron que ellas habían recomendado instalar el artefacto a aproximadamente 50 metros de la posición actual, donde no hay tantos árboles alrededor. Sin embargo, afirmaron, el fabricante les aseguró que eso era imposible, puesto que había diseñado el aparato para funcionar en esa posición geográfica exacta. Sin embargo, la instalación del reloj a esa mínima separación de la actual no supone la introducción de ningún error apreciable en la medición del tiempo solar (la latitud es esencialmente la misma).

El Reloj y la escuela

Durante la visita al museo, Mercedes y Perla también mencionaron que las escuelas primarias de la localidad suelen organizar visitas durante las cuales los chicos “desafían” al reloj para corroborar que marca la hora correcta. Cabe destacar que al momento de ese encuentro, el dispositivo en cuestión aún se encontraba calibrado para marcar la hora oficial de otoño- invierno (en la figura 11 se puede observar una comparación antes y después de su puesta a punto). Menos de una semana después, el reloj se encontraba listo para volver a ser desafiado.



a)



b)

Figura 11: Comparación de la posición del plano superior antes (a) y después (b) de su calibración para marcar la hora durante las estaciones de primavera - verano.

Luego de estudiar todo lo que conlleva el correcto funcionamiento de este tipo de artefactos, cabe preguntarnos si no es posible sacarle más provecho a una visita a este lugar en el marco de la educación media. Más allá de que no exista una materia de *Astronomía* propiamente dicha en el diseño curricular de la provincia, el estudio de los conocimientos requeridos para la correcta construcción e instalación de estos asombrosos aparatos reúne conceptos tanto de física como de biología (respecto a la importancia de conocer el impacto de la hora solar en el comportamiento de los seres vivos, por citar sólo un ejemplo).

Una actividad basada en la visita al reloj solar de la ciudad, que podría ser mucho más provechosa que corroborar la coincidencia entre las horas del celular y este, podría estar enmarcada en el *taller interdisciplinar* del ciclo básico de la escuela secundaria. Al ser esta una materia de 3° año que reúne las disciplinas de Física y Biología, es posible abordar el estudio de los distintos tipos de relojes solares existentes y en qué conceptos de astronomía se basan. Siguiendo en esta línea, hasta se puede realizar un recorrido histórico acerca de cómo se las ha arreglado la humanidad para medir las horas del día a través de los siglos. Luego, al ir efectivamente a ver el que posee la localidad, se puede motivar a las y los estudiantes a realizar un análisis tal como el que hemos emprendido en el presente trabajo: verificar qué tipo de reloj es, si se ha instalado correctamente, cuál es el inconveniente que presenta el abundante follaje cercano y cuánto se distancia la hora local oficial con la hora solar. El tratamiento de conceptos desde un enfoque interdisciplinar ayuda a generar una imagen de ciencia más integrada en las y los estudiantes, por lo que no debemos dejar pasar la oportunidad de abordar temas como éste de manera innovadora y creativa.

Bibliografía

- Gangui, A. (2012). Triángulos, senos y tangentes: matemática simple para construir un reloj de sol horizontal. *Ciencia en el aula*, 56-60.
- Pintos, R., & Fernando, P. (s.f.). *Relojes de sol en Uruguay: resignificación y recuperación de la memoria*. Uruguay: Network for Astronomy School Education.
- Ros, R. M. (s.f.). Horizonte local y Relojes de Sol. *Publicaciones de NASE*.
- Ros, R. M. (s.f.). Maletín del Joven Astrónomo. *Publicaciones de NASE*.
- Ros, R. M. (s.f.). *Un reloj solar en Quito*. Quito: Network for Astronomy School Education.