



ESTUDIO Y CONCEPTO DE UN RELOJ DE SOL CILÍNDRICO CON “GNÓMONES FIJOS”

STUDY AND CONCEPT OF A CYLINDRIC SUNDIAL WITH “FIXED GNOMONS”

FRANCESCO DI PAOLA
MANUEL PIZARRO, miembro de la AARS

RESUMEN

La contribución describe la categoría específica de los relojes de sol cilíndricos, analizando sus principales tipos. En la primera parte, se analizan las propiedades que regulan el funcionamiento de los instrumentos, contribuyendo al conocimiento y la difusión del patrimonio gnomónico. Posteriormente, con fines didácticos y de divulgación, se propone una variante de diseño que integra elementos funcionales y estéticos de las configuraciones tradicionales, introduciendo un nuevo enfoque geométrico-espacial. La definición de la geometría de los componentes del reloj de sol se realiza utilizando los métodos de la ciencia de la representación, aplicando herramientas y procesos de resolución gráfica basados en la geometría proyectiva.

ABSTRACT

This contribution describes the specific category of cylindrical sundials, analyzing their main types. The first part examines the properties that govern the functioning of these instruments, contributing to the knowledge and dissemination of gnomonic heritage. Subsequently, for educational and outreach purposes, a design variant is proposed that integrates functional and aesthetic elements of traditional configurations, introducing a new geometric-spatial approach. The geometry of the sundial components is defined using the methods of representational science, applying graphical solution tools and processes based on projective geometry.

PALABRAS CLAVE: reloj de sol, columna gnomónica, modelo paramétrico, gnomon fijo, divulgación.

KEY WORDS: sundial, gnomonic column, parametric model, fixed gnomon, publicize.

INTRODUCCIÓN

El análisis de las trayectorias del movimiento aparente del Sol y la restitución gráfica de las sombras sobre diversas superficies mediante dispositivos específicos requiere un estudio en profundidad de la geometría proyectiva, la determinación de secciones e intersecciones de superficies y la teoría de las sombras, de acuerdo con los principios de la ciencia de la representación. Desde la antigüedad, los relojes de sol,

diseñados para representar gráficamente, controlar y medir los fenómenos luminosos regulares, tanto diurnos como anuales, dan testimonio del deseo constante de comprender y describir con precisión el complejo sistema celeste del mundo real. El origen de los relojes de sol se remonta a las antiguas civilizaciones de Egipto y Mesopotamia en el segundo milenio antes de Cristo, donde ya se utilizaban para medir el paso del tiempo a través de la sombra proyectada por un gnomon sobre una superficie (Savoie 2021). Este instrumento en particular, conocido específicamente como reloj de sol, ha sido fundamental durante milenios, combinando astronomía, geometría y diseño funcional (Turner 1989). Considerado uno de los primeros instrumentos astronómicos, también se utilizaba para determinar la posición del sol y establecer acontecimientos clave como los solsticios y los equinoccios (Evans 1998); en el siglo III a. C., Eratóstenes lo utilizó para medir la circunferencia de la Tierra, consolidando su papel como instrumento científico.

En la mayoría de los casos se diseñaban sobre una superficie plana, pero a veces, el constructor prefería diseñar el reloj de sol sobre un cilindro por razones estéticas o funcionales. En la época romana, los relojes de sol se dibujaban directamente sobre un bloque de piedra hemisférico o cónico debidamente preparado, al que solo se le añadía una pieza de metal o gnomon, cuya sombra se utilizaba para indicar la hora, después de haber sido colocada en la posición adecuada. En el siglo I, el arquitecto e ingeniero Marco Vitrubio Polonio, en su obra «De Architectura», ofrece una descripción completa de los trece tipos de relojes de sol que existían en aquella época, refiriéndose, entre otras cosas, al «semicírculo excavado en un cuadrado con una inclinación hacia el ecuador», que fue un invento de Beroso el Caldeo, y al reloj cóncavo hemisférico atribuido a Aristarco. Estos dos eran los sistemas más utilizados para medir el tiempo en la época romana (Pagliano 2021), aunque se han encontrado relojes de sol portátiles y otros ejemplos poco comunes utilizados en latitudes fijas (Talbert 2017).



Entre ellos se encuentra el reloj de sol de Este, descubierto en 1884 (conservado en el Museo Nazionale Atestino), que data de finales del siglo I d. C. y está trazado para una latitud de 45 grados en un cilindro con dos gnomones. Otro ejemplar antiguo del mismo diseño apareció en 2006 durante las excavaciones de una zona de enterramientos en las afueras de la Samarobriwa romana (actual Amiens, Francia) y se dató en la primera mitad del siglo III d. C. (actualmente se encuentra en el Museo de Picardía en Amiens). En un censo inicial de relojes de sol de origen grecolatino, se inventariaron 263 ejemplares (Gibbs 1973), aunque hasta la fecha el número de piezas contabilizadas ronda las 600, según se indica en el «Catalogue archéologique» del Observatorio de París (Bonin 2015).

El estudio explora el tipo que tiene una superficie cilíndrica como reloj solar. Los relojes de sol cilíndricos utilizan la proyección de la sombra de un gnomon sobre una superficie curva, normalmente un cilindro o semicilindro, para indicar la hora solar. El diseño del reloj de sol a lo largo de la superficie de un cilindro se presenta como un problema de intersección entre superficies cuadráticas reales y luminosas. A diferencia de un reloj de sol plano más tradicional, las líneas horarias son arcos de elipses, diferentes según la inclinación que determina el plano luminoso con las generatrices del reloj solar cilíndrico. Su funcionamiento se basa en la posición del sol en el cielo, que varía a lo largo del día según el acimut (dirección) y la altitud solar. El gnomon, situado en la parte superior o lateral del cilindro, proyecta una sombra que se mueve según el movimiento aparente del sol, intersectando las líneas horarias dibujadas en la superficie del cilindro para indicar la hora solar. En algunos relojes de sol, para una lectura precisa de la hora también es necesario ajustar el dispositivo a la latitud del lugar, ya que la altitud del sol varía con la latitud geográfica.

RELOJES DE SOL CILÍNDRICOS. HISTORIA Y CLASIFICACIÓN

Investigaciones recientes establecen diferentes clasificaciones para los relojes de sol cilíndricos (Higgins 1953; Archinard 2007), pero fundamentalmente se diferencian en aquellos proyectados sobre superficies cóncavas o convexas. Uno de los instrumentos más conocidos, que se remonta a la época romana y ha sobrevivido hasta nuestros días, es el reloj de sol cilíndrico (Sonderegger 2009), o erróneamente llamado «reloj de pastor» de los Pirineos debido a una atribución incorrecta (Savoie 2021), que utiliza la variación de la altitud del sol como principio de funcionamiento para determinar la hora [figs. 1-2]. El reloj de pilar o columna, utilizado históricamente por los viajeros, suele consistir en un cilindro de madera en el que se dibujan las curvas de lectura y está coronado por una cubierta a la que se fija un gnomon horizontal móvil y retráctil que se ajusta según la fecha (mes o signo del zodiaco). Debe orientarse hacia el sol y el extremo de la sombra vertical del gnomon indica la hora (Savoie 2001). Este dispositivo portátil tiene la escala de tiempo marcada en la superficie del cilindro circular vertical. La principal diferencia con

otros relojes de sol radica en la forma de leer la hora. Para leer la hora, es necesario girar el cilindro alrededor de su eje manteniéndolo en posición vertical, junto con el gnomon, que permanece horizontal e integrado en el reloj de sol. Para localizar el punto de sombra de una hora determinada, es necesario girar el cilindro hasta que haya coplanaridad entre el eje gnomónico y el punto de la esfera celeste donde se encuentra el Sol. El estilo debe estar siempre orientado hacia el Sol. Esta alineación garantiza que la sombra sea perfectamente vertical al leerla. La rotación necesaria del gnomon y la determinación de la posición correcta podrían dar lugar a errores, lo que haría que el método de lectura resultara incómodo.

El *horologium viatorum* fue el prototipo del reloj de sol portátil para astrónomos y fabricantes de instrumentos científicos durante la Edad Media y el Renacimiento, y ningún otro fue descrito con tanta frecuencia. Se conservan muchas imágenes en manuscritos medievales, grabados en madera en los primeros libros impresos sobre relojes de sol y dos pinturas de Hans Holbein el Joven: «Nicholas Kratzer», fechada en 1528, conservada en el Louvre, y «Los embajadores», fechada en 1533, conservada en la Galería Nacional de Londres.

Hermannus Contractus o Hermann el Contrahecho (1013-54) de Reichenau fue considerado el inventor del instrumento con la primera descripción completa del reloj de sol cilíndrico o *chilinder* (Kren 1977), como se le llegó a conocer. En el mundo islámico, al-Marrakushi, en su obra magna compilada en 1282, describió variaciones de relojes de sol en cilindros y conos, destacando su capacidad para medir el tiempo y las horas azimutales mediante gnomones móviles (Savoie 2021).

Aunque parece haber pruebas más antiguas de este tipo de reloj de sol en los tratados de Bagdad del siglo IX (Arnaldi y Schaldach 1997). Estas innovaciones influyeron directamente en la construcción de relojes de columna fijos, como se vio en los monasterios europeos en siglos posteriores. De hecho, los relojes de sol cilíndricos están vinculados a contextos tanto arquitectónicos como monumentales, y a menudo se colocan en espacios públicos como plazas o jardines. Reflejan una evolución del ingenio técnico y científico, combinado con un enfoque decorativo que los convirtió en símbolos de prestigio y conocimiento.

El Renacimiento marcó un resurgir de los relojes de sol con diseños geométricos más refinados. Atanasio Kircher documenta en *Ars Magna Lucis et Umbrae* (1646) relojes de sol como el *chapeau filtrant*, que incorporaba un «sombrero» perforado o varios estilos que proyectaban sombras curvas sobre cilindros o columnas (Anselmi 2013). Dos ejemplos de este tipo de relojes de sol se encuentran en las ciudades de Saverne y Lorquin y deben conservarse por su valor histórico, ya que fueron construidos en los siglos XVII y XVIII (Rohr 1973; Pizarro 2022). Otro de los relojes de sol más importantes de este periodo es el reloj de sol de Pigné, instalado en la columna Medici de París en el siglo XVIII [fig. 3]. Constaba de 15 estilos horizontales que proyectaban sus sombras sobre la red de líneas horarias y arcos zodiacales dibujados en la columna (Savoie 2021).



Los extremos de los estilos estaban unidos por una placa de cobre curvada grabada con números horarios, pero solo uno de los estilos indicaba la hora exacta. Aunque su diseño era técnicamente avanzado y representaba una variante extrema de un reloj de sol de sombrero, era difícil de leer y fue sustituido en 1888 debido al descontento del público (Savoie 1998).

También es notable y original el reloj de sol con sombrero de «La Baumette», construido en 1884 en el antiguo convento de Angers por el meteorólogo Albert Cheux (Pizarro 2010). Este conjunto gnómico combina dos relojes de sol con sombrero de múltiples estilos en una columna y dos relojes de sol verticales orientados al sur en un pedestal [fig. 3], diseñados para proyectar sombras precisas para cada estación del año (invierno-primavera para el reloj superior y verano-otoño para el reloj inferior). La capacidad de marcar las horas tanto en tiempo solar verdadero como en tiempo universal para el meridiano de París, con lemniscatas para cada línea horaria, lo hace único (Pizarro 2011; Di Paola y Pizarro 2023).

En los últimos años también se han construido relojes de sol monumentales, como el de la presa de Castillon (inaugurado en 2009), que supuso una importante innovación en el diseño de relojes de sol cilíndricos, ya que utiliza un marco curvo para proyectar sombras tangentes en un cuadrante de 13000 m² (Savoie 2014).

La historia de los relojes de sol de columna refleja siglos de avances en la comprensión del tiempo y la geometría solar. En el último censo del Atlas de Relojes de Sol (<https://sundialatlas.net>), de los aproximadamente 59000 relojes de sol contabilizados en todo el mundo, solo 200 son instrumentos construidos sobre superficies cilíndricas y, de estos, la mayoría son relojes de sol portátiles que pertenecen a colecciones de museos.

VARIANTE DE DISEÑO DEL RELOJ DE SOL CILÍNDRICO

Tras examinar las características, propiedades, ventajas y desventajas de la lectura de la hora exacta local en el reloj de sol cilíndrico, el estudio propone una solución alternativa novedosa: un instrumento para leer la hora del día que presenta aspectos funcionales y estéticos de la columna cilíndrica tradicional. Las construcciones geométricas se elaboraron con GeoGebra, un conocido software de código abierto para geometría dinámica interactiva. Los modelos tridimensionales, las definiciones algorítmicas y las simulaciones se elaboraron dentro del complemento Grasshopper del conocido software de modelado NURBS Rhinoceros, lo que permitió gestionar el flujo procedimental y determinar y controlar diferentes configuraciones espaciales en relación con la estructura del cuadrante cilíndrico y los parámetros establecidos. A continuación, se describe el prototipo. El dispositivo propuesto tiene una estructura cilíndrica con un director circular de altura fija. Para garantizar una lectura más clara, la columna consta de tres bloques, en relación con las tres declinaciones solares durante el movimiento anual aparente: solsticio de verano, equinoccios de primavera y

otoño, y solsticio de invierno.

Al final de cada bloque, se disponen 12 gnómones fijos (36 en total) con una variación angular de 15° cada uno, para un intervalo de tiempo comprendido entre las 7:00 y las 15:00 horas. A cada hora, los gnómones correspondientes se orientan hacia el sol. Esta alineación hace que la sombra sea perfectamente vertical cuando se lee, mientras que todas las demás sombras proyectadas por los demás estilos del dial están inclinadas. La longitud de los estilos/gnómones es variable en función de la época del año y la hora de observación [figs. 4-5]. Para determinar la longitud que se asignará a cada estilo, se utilizó el método geométrico del «retorno de la sombra» (Migliari 1984). En otras palabras, en la fase de diseño del modelo, para las tres declinaciones solares, se impuso que todos los puntos de sombra de los extremos del estilo que lleva el rayo solar en el reloj solar (en el modelo, los extremos se materializan mediante pequeñas esferas) pertenezcan a una circunferencia horizontal situada a una altura asignada desde la circunferencia desde la que parte el estilo. Las alturas de las tres circunferencias están determinadas por la longitud del segmento vertical, sombra del estilo a las 12 en punto en la declinación solar correspondiente [fig. 6]. El modelo de columna con «gnomon fijo», realizado mediante tecnología de impresión 3D, permitió validar los ajustes gráficos y teóricos. Además, la colaboración científica entre el Departamento de Arquitectura y el Parque Astronómico Gal Hassin de Isnello (PA) puso en marcha un proyecto de divulgación y una actividad didáctica para mostrar los resultados del estudio.

CONCLUSIÓN

El reloj de sol cilíndrico sigue siendo un objeto de estudio fascinante, capaz de combinar ciencia, arte y tradición. Sus peculiaridades lo convierten en una tipología única, que merece atención tanto por sus implicaciones históricas como por su potencial de diseño en el paisaje contemporáneo. El estudio y la conservación de las obras realizadas no solo enriquecen nuestra comprensión histórica, sino que también inspiran nuevas aplicaciones en la educación astronómica y el diseño contemporáneos. En el contexto moderno, el reloj de sol cilíndrico puede reinterpretarse con un enfoque innovador, combinando tradición y tecnología. Por ejemplo, el uso de materiales contemporáneos como el vidrio o el metal, junto con nuevas soluciones de diseño, transforma el reloj de sol en una obra funcional y artística. La integración de elementos digitales o interactivos podría ampliar su función, convirtiéndolo no solo en un indicador del tiempo, sino también en una herramienta educativa y cultural.



Francesco Di Paola

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Palermo, Viale delle Scienze 90128 (PA), (IT),
francesco.dipaola@unipa.it

Manuel Pizarro

Departamento de Conservación de la Biodiversidad y Restauración de Ecosistemas. Instituto Pirenaico de Ecología. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Avda. Montañana, 1005. Zaragoza 50059 (ES), m.pizarro@csic.es

[Este Estudio se publicó, como una contribución, en el documento “Attraversare il Tempo”, bajo la dirección de L. Farroni, M. Inverti y A. Pagliano, mayo 2025, pp 165-171, libreriauniversitaria.it. del congreso organizado por el Departamento de Arquitectura de la Universidad de Ferrara, la Universidad de Roma y la Universidad del Nápoles celebrado en Ferrara el 2025-05-23.]

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Arnaldi, M., & Schaldach, K. (1997). A Roman Cylinder Dial: Witness to a Forgotten Tradition. *Journal for the History of Astronomy*, 28(2), 107–117.
- Anselmi, R. (2013). L’orologio solare a cappello filtrante appartiene alle bifilari? in *Orologi Solari*, n.3, pp. 22-31.
- Archinard, M. (2007). Une classification des cadrans solaires. *Annals of science*, 64(4), 471-524.
- Bonnin, J. (2015). La mesure du temps dans l’Antiquité, Les Belles Lettres. Paris.
- Di Paola, F., Pizarro, M. (2023). Studio gnomonico delle meridiane. Il cappello filtrante dell'ex convento di La Baumette ad Angers. In L. Farroni, M. Incerti, A. Pagliano (a cura di), *Misurare il tempo: strumenti e tecniche tra storia e contemporaneità* (pp. 214-225). Napoli: Libreriauniversitaria.it.
- Evans, J. (1998). *The history and practice of ancient astronomy*. Oxford University Press.
- Fantoni, G. (1988). *Orologi Solari. Storia, teoria, pratica, costruzione, esempi*. Ed. Technimedia.
- Gibbs, S. L. (1973). *Greek and Roman Sundials*. New Haven, pg. 464.
- Higgins, K. (1953). The classification of sundials. *Annals of science*, 9(4), 342-358.
- Kren, C. (1977). The Traveler’s Dial in the Late Middle Ages: The Chilinder. In *Technology and Culture*, 18(3), 419. doi:10.2307/3103900.
- Migliari, R. (1984). Dieci lezioni di geometria descrittiva-la teoria delle ombre e del chiaroscuro- il modello geometrico del moto apparente del sole, Fasolo, O., Migliari, R., *Quaderni di Applicazioni della Geometria Descrittiva*, n.3, Roma.
- Pagliano, A. (2019). *Le ore del sole. Geometria e astronomia negli antichi orologi solari romani*. Edizioni Paparo, Napoli.
- Pizarro, M. (2010). Cadrans insolite sur colonne. *Cadrans Info*, 22, pp. 53-65.
- Pizarro, M. (2011). Un cadran solaire du XIXe siècle sur colonne dans l’ancien couvent de La Baumette à Angers. *Archives D’Anjou*, 15, pp. 103-113.
- Pizarro, M. (2022). Un cappello per il Sole. Un tour visuale degli orologi solari a cornice d’Europa. *Orologi Solari*, n. 27, pp. 57-66.
- Rohr, R. (1973). Les cadrans solaires à chapeau filtrant de Saverne et de Lorquin. *Société d’Histoire et d’Archéologie de Saverne et environs, Cahiers trimestriels “Pays d’Alsace”*, pp. 9-12.
- Savoie, D. (1998). L’ancien cadran solaire de la colonne Catherine de Médicis à Paris. *L’Astronomie*, n. 112, pp. 38-43.
- Savoie, D. (2001). *La Gnomonique*. Ed. Les Belles Lettres.
- Savoie, D. (2014). *Les Cadrans solaires à corniche. Recherches sur les cadrans solaires*. Ed. Brepols.
- Savoie, D. (2021). *Une histoire des cadrans solaires en Occident: la gnomonique du Moyen Âge au XXe siècle*. Ed. Les Belles Lettres.
- Schaldach, K. (2021). *Die antiken Sonnenuhren Griechenlands. Die funde in historischer sicht*. Edition Topoi. Universität Berlin und der Humboldt-Universität zu Berlin.
- Sonderegger, H. (2009). Sundials On Cylinders. *The Compendium*, 16(4), 7-14.
- Talbert, R.J.A. (2017). *Roman portable sundials. The Empire in your hands*. New York: Oxford University Press.
- Turner, A. J. (1989). Sundials: History and Classification. *History of Science*, 27(3), 303-318.



IUSTRACIONES

ILLUSTRATIONS



Figura 1. Izquierda, reloj de sol cilíndrico romano (siglo I a. C. - siglo V d. C.), bronce, Domjulien (Vosgos, Francia) (Foto: © Musée départemental d'Art Ancien et Contemporain - Epinal, Inv. n.º L.IV.D.5); Derecha, reloj de sol cilíndrico romano (siglo I d. C.), hueso, Tumba del Medico (Este, Italia) (Foto: © Istituto per lo Studio del Mondo Antico/Guido Petruccioli-Museo Nazionale Atestino di Este, Inv. n.º IG MNA 15397).



Figura. 2. Izquierda, reloj de sol cilíndrico del siglo XVI con dos gnomones plegables de diferentes longitudes (Foto: © Museo Galileo - Inst. y Museo de Historia de la Ciencia, Florencia, n.º de inventario 2457); Centro, reloj de sol portátil sobre columna de marfil, con horas italianas (lat. 43°), de F.F. Stephanus, 1587 (Foto: Creative Commons Zero (CC0) - Colección en línea del Science Museum Group. N.º de inventario 1937-832); Derecha, reloj de sol de madera con sombrero y gnomon móvil (Foto: © Oberösterreichische Landesmuseen - Departamento de Historia de la Tecnología, N.º de inventario PH35).

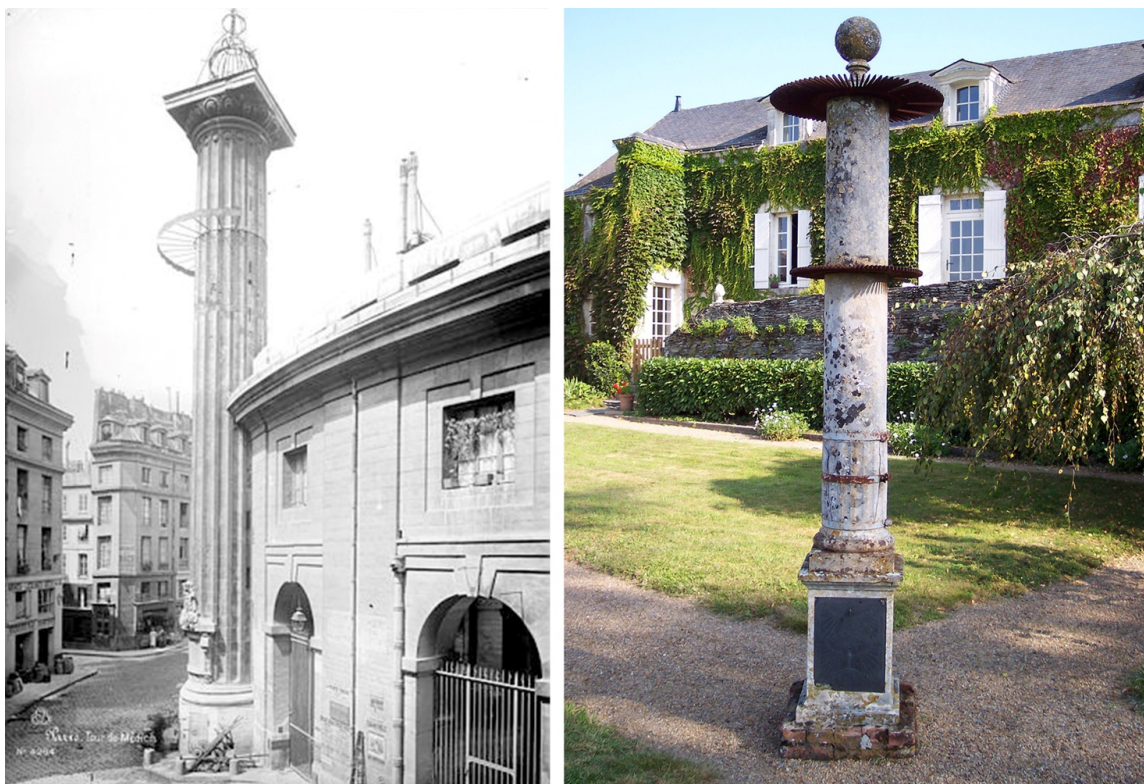


Figura 3. Izquierda, Bolsa de Comercio - Torre de Médicis (Catalina de Médicis, conocida como la columna del Horóscopo), París (Foto: © Ministerio de Cultura (Francia) - Mediateca de Arquitectura y Patrimonio); Derecha, conjunto gnomónico del antiguo convento de «La Baumette» con sus dos relojes de sol de múltiples estilos, antes de la restauración de la base de la columna en 2013 (Francia) (Foto: Manuel Pizarro).

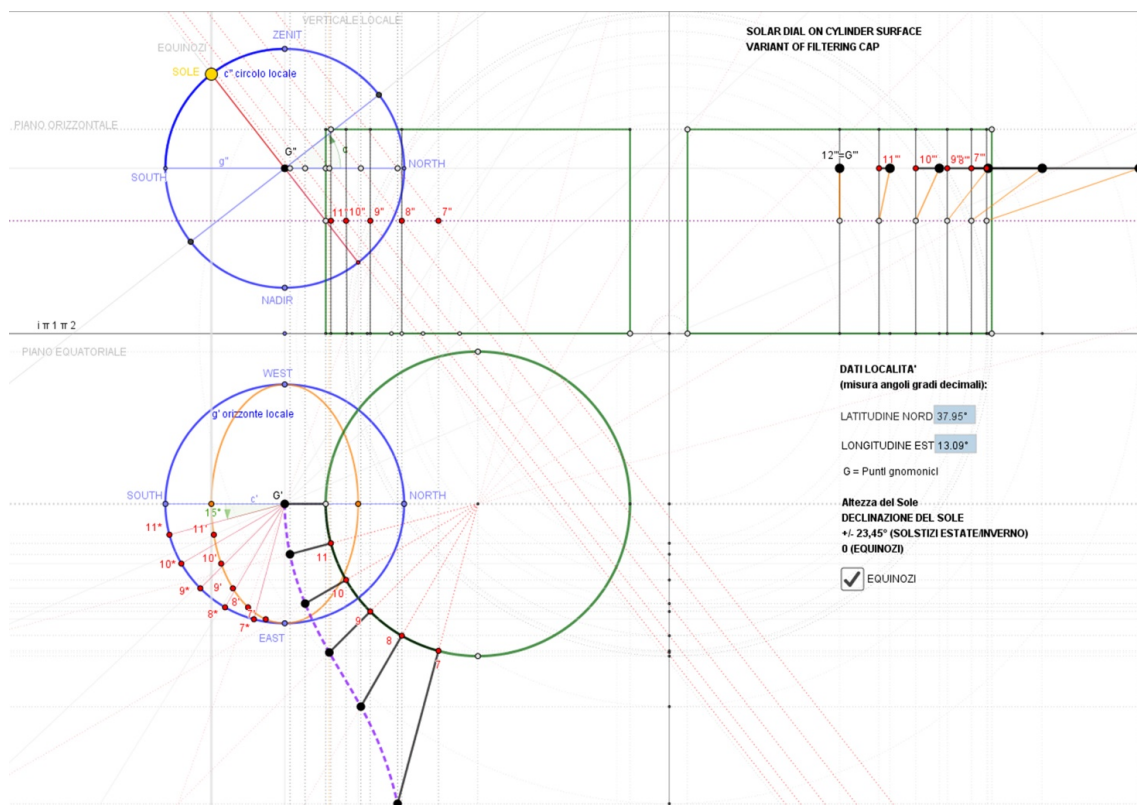


Figura 4. Representación en múltiples proyecciones ortogonales de la variante de diseño del reloj de sol cilíndrico. Declinación solar en el solsticio de verano. Construcción geométrica dinámica en Geogebra (dibujo de los autores).

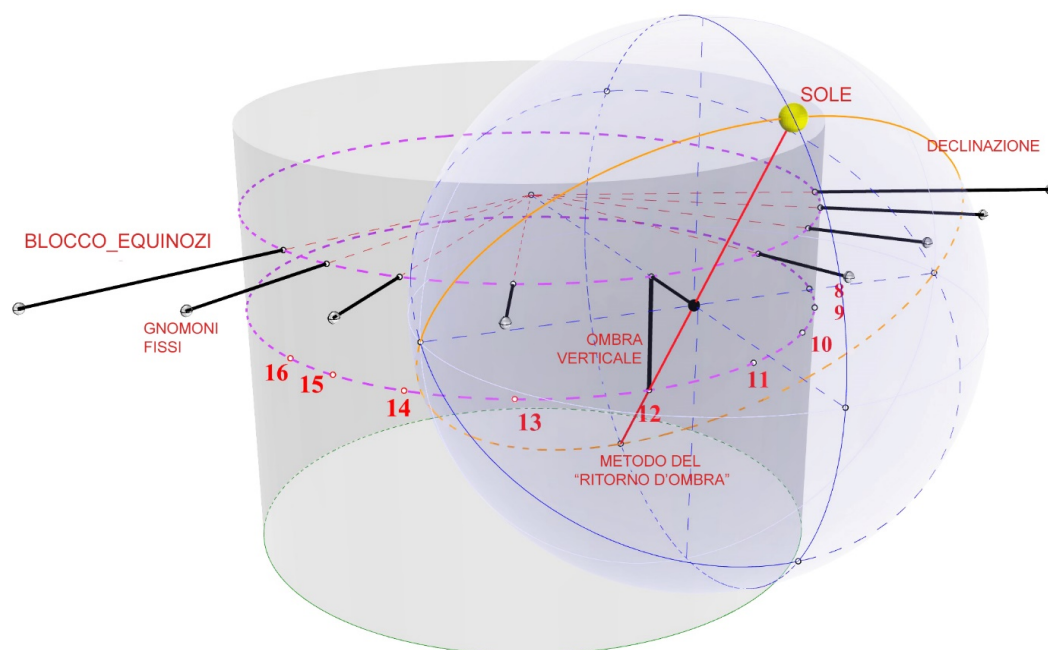


Figura 5. Modelo 3D explicativo del funcionamiento de la variante proyectual del reloj solar cilíndrico. Declinación solar en el solsticio de verano (dibujo de los autores).

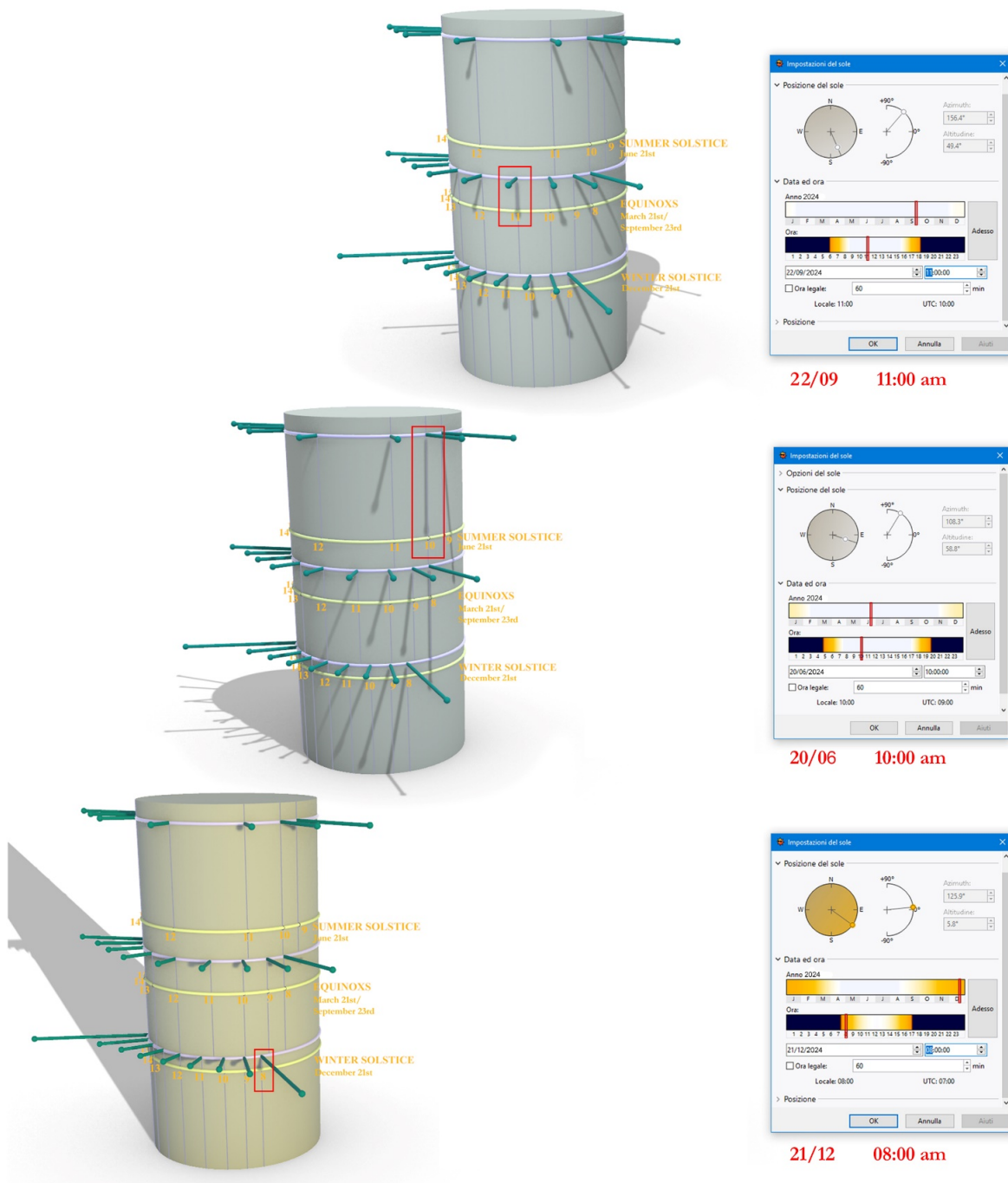
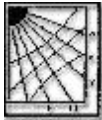


Figura 6. Simulación del funcionamiento del reloj de sol propuesto en las tres declinaciones solares en diferentes momentos del día. Modelo tridimensional del reloj de sol cilíndrico (representación de los autores).