

ESTUDIO PREVIO A LA INTERVENCIÓN EN EL CASTILLO DE SAN ROMUALDO (SAN FERNANDO, CÁDIZ). DECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DE LOS CUADRANTES SOLARES

PRE-INTERVENTION STUDY OF SAN ROMUALDO CASTLE AT SAN FERNANDO, CÁDIZ. VIRTUAL DECONSTRUCTION OF SUNDIALS

Antonio J. Sánchez Fernández, Cultural asset conservator and restorer
PhD candidate, University of Seville, Email: asrestauracion@hotmail.com

Resumen

Este estudio pretende ilustrar el trazado geométrico de dos tipos de relojes de sol. Estos cuadrantes pertenecen al Castillo de San Romualdo localizado en San Fernando, Cádiz. El proceso comienza con una inspección organoléptica, una recogida de datos, informatización de los mismos y el dibujo virtual de los cuadrantes solares.

Palabras clave

Castillo de San Romualdo, patrimonio etnológico. relojes de sol. documentación.

Abstract

This article describes the geometric layout of two types of sundials found on San Romualdo Castle, at San Fernando, Cadiz. The process began with a visual inspection, followed by data collection and digitisation and virtual reconstruction of the dials.

Keywords

San Romualdo Castle, ethnological heritage, sundials, documentation.

1. Introducción

Los trabajos de conservación y restauración de los cuadrantes solares están enmarcados dentro del proyecto *Adecuación a Museo del Castillo de San Romualdo. Fase A*, redactado por el arquitecto José Carlos Sánchez Romero y ejecutado por la empresa ACRISUR, S.A. Siendo, el que suscribe, encargado del estudio e intervención de diferentes elementos patrimoniales de dicho bien cultural, entre los que se encuentran tres relojes de sol.

El estudio de los diferentes cuadrantes solares se realizó como trabajo previo a la intervención. De esta manera, se evaluó el estado de conservación de los relojes, se analizó el sistema constructivo y se documentaron los restos con el fin de informatizar los datos, realizando el dibujo vectorial de los relojes y su reconstrucción virtual.

El Castillo de San Romualdo se localiza en la parte Noreste de la ciudad de San Fernando próximo al Puente Zuazo del que hereda su nomenclatura medieval: Castillo de la Puente o Castillo de Suazo. Los vaivenes históricos lo nombrarán de diversas formas según su dueño o nuevas funciones, puesto que también fue casa señorial, sede parroquial y, posteriormente, castrense. En el siglo XX, la propiedad privada del edificio hizo de él refugio de gallos, pista de baile, restaurante y negocios varios. Estos usos repercutieron de forma negativa en la morfología y conservación de la vetusta fortaleza, a pesar de la elevada categoría de protección jurídico-administrativa que posee (1).

1. Introduction

The works to conserve and restore the sundials form part of the project *Adapting San Romualdo Castle for use as a museum, Phase A*, authored by architect José Carlos Sánchez Romero and implemented by ACRISUR, S.A. The author of this article was in charge of the study and repair of a number of castle elements, including three sundials.

In the pre-restoration review conducted, the condition of the dials was evaluated and their construction system analysed. The data on the remains were digitised to prepare vectorial drawings of the dials for their virtual reconstruction.

San Romualdo Castle is located in northeastern San Fernando, a city in the Spanish province of Cadiz. Its proximity to Zuazo Bridge gave the castle its Medieval name: Castle by the Bridge or Suazo Castle. With history's vicissitudes came new names, which changed with the owner or the purpose, for the building has served as a manor, a rectory and subsequently a military headquarters. Despite its listing as a highly protected monument (1), in the twentieth century, the castle was used by its private owners as a cockfighting arena, dance floor, restaurant and offices for sundry businesses. Such uses had an adverse impact on the morphology and conservation of this ancient fortress.

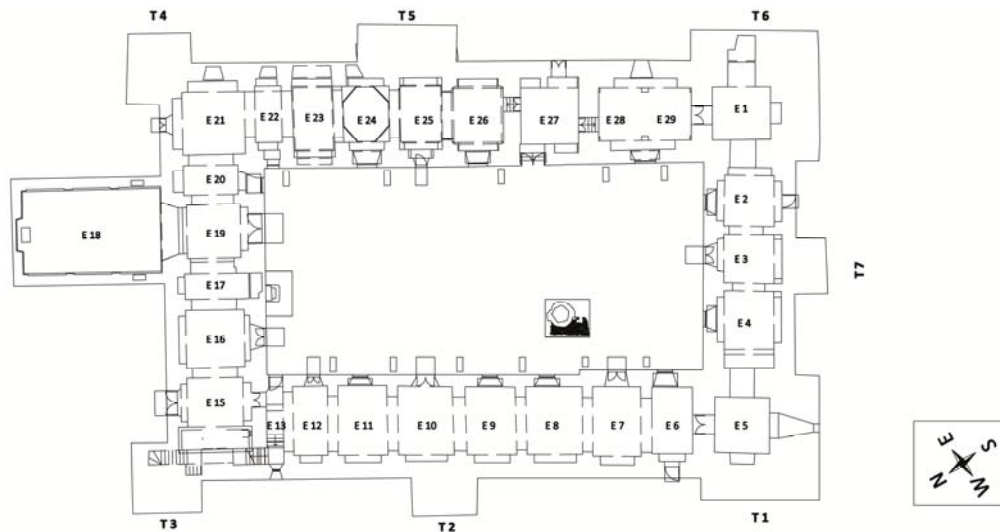


Fig. 1. Planta y orientación del Castillo de San Romualdo. Se puede observar la distribución de estancias alrededor del patio. Existen siete torres. La torre de los relojes está situada al sureste (T5). San Romualdo Castle: plan view and orientation, showing the distribution of the cells around the courtyard and the seven towers; the sundial tower is located on the southwest wing (T5).

La estructura defensiva del Castillo es de planta rectangular con un patio central bordeado por cuatro naves (ver figura 1). En cada vértice existe un torreón. Otros tres se asientan en la zona media de cada muro excepto en el paramento NE donde se adosa la capilla, de planta de cajón. Las naves están divididas en distintas estancias comunicadas entre sí por arcos ligeramente apuntados. Algunas de estas celdas tienen entradas independientes a dicho patio. Su ordenación responde al de los *ribat* islámicos, a los que profusa y tradicionalmente se ha asociado su morfología y origen aunque existen distintas teorías al respecto (2). No obstante, los estudios recientes (3) muestran una secuencia estratigráfica de hasta nueve procesos constructivos para llegar a la morfología que conocemos actualmente. Además, en algunos de estos procesos se observan distintas fases dentro de los mismos, lo que nos da una idea de la complejidad de su fisonomía.

Los relojes de sol se localizan en la torreta central del lienzo SW (ver figura 2). Se distinguen tres, a saber: un cuadrante vertical declinante, es decir, que el muro se encuentra desplazado unos grados respecto a la traza Norte-Sur, y dos cuadrantes laterales, uno oriental y otro occidental. Los planos de éstos miran exactamente a Levante y Poniente respectivamente.

Poco se sabe del origen de los cuadrantes solares aunque la adición de una espadaña, en la torre que los soporta, que actualmente no se conserva, podría relacionarse con su construcción. Los documentos contables de la parroquia (4) aluden, entre los años 1737 y 1742, al labrado de la torre y a la fundición de la campana.

The defensive structure is rectangular, consisting of a central courtyard bordered by four wings (see Figure 1) and a tower at each corner. Three further towers are positioned at mid-span on the outer wall of the NW, SW and SE wings. Instead of a tower, the NE wing has a box-shaped chapel. The wings are divided into separate cells interconnected by slightly pointed arches. Some of these cells have separate courtyard entrances. This arrangement is typical of an Islamic *ribat* or Muslim warrior monks' fortress, with which the morphology and origin of the castle have been traditionally associated, although a number of theories are in place in this regard (2). Nonetheless, recent stratigraphic studies (3) show that the present morphology is the result of up to nine stages of construction, some of which can in turn be divided into phases, denoting the complexity of the building's physiognomy.

All three sundials are located on the central tower in the SW wall (see Figure 2). The one on the main façade is a declining vertical dial, i.e., the wall is shifted a few degrees off the north-south axis, while the other two are on the side façades, one facing due east and the other due west.

Little is known about the origin of the sundials, although their construction might have been related to the addition of a steeple on the tower housing them, that has since disappeared. The parish accounts for the years 1737 to 1742 (4) allude to the stonework on the tower and the casting of its bell, among others.



Fig. 2. Fotografía de la torre de los relojes del Castillo de San Romualdo. Proceso de intervención en los paramentos exteriores. San Romualdo Castle sundial tower; worksonouterwalls.

Bajo la cornisa correspondiente aún se conserva parte de la ornamentación de volutas en pintura mural. Se trata de un fresco en almagra cuyos perfiles se encuentran incisos en el mortero y pintados en negro. La fabricación de los relojes podría formar parte de esas obras de acondicionamiento (5).

2. Estado de conservación

Ya Torres Balbás en 1950, veía a nuestro Castillo “desprovisto de todo ornato”. La oportunidad de inspección que nos ofreció nuestro trabajo ha revelado pinturas murales bajo la cornisa pétreo del torreón Sur (el de los relojes), alrededor del cuadrante solar declinante y bajo la cornisa que corona la capilla anexa. Lo que nos hace pensar que ya a mediados del siglo XX presentaban un avanzado deterioro. Estos daños se han ido agudizando hasta un presente donde el material ha perdido prácticamente todo su potencial expresivo.

Como se ha dicho el reloj central, en la fachada principal, es un tipo de cuadrante solar vertical declinante (ver figura 3).

La declinación del cuadrante es un dato que ha variado a lo largo del tiempo por la tectónica propia del edificio, que introduce deformaciones en la fachada, y por tanto, en la exactitud de su orientación. La obtención de datos y el cálculo geométrico nos aportan las siguientes conclusiones al respecto: en primer lugar, tras la determinación de la declinación del cuadrante por estimación directa (6), se obtiene una declinación de 15° hacia el oeste. Por otra parte, el trazado geométrico ofrece una cifra diferente, a saber, 8° hacia poniente (ver figura 9).



Fig. 3. Detalle de la ubicación y estado de conservación del reloj vertical declinante. Bajo la cornisa, se puede observar restos de la decoración de pintura mural al fresco. Detail showing the position and condition of the declining vertical sundial, as well as the remains of a fresco under the cornice.

Part of the ornamentation, mural-painted volutes, are still visible underneath the cornice. The profiles of this red clay fresco are carved into the mortar and painted black. The sundials may have formed part of these ornamental works (5).

2. Present condition

As early as 1950, Torres Balbás found the castle to be “lacking in ornament”. The inspection conducted in the compound on the occasion of the present works revealed mural paintings under the stone cornice on the south tower (the one housing the sundials), as well as under the cornice on the chapel. The inference is that by the mid-twentieth century, these elements were severely deteriorated. The damage has intensified in the interim, and the expressive potential of the material has all but vanished.

As noted, the main façade on the south tower houses a vertical declining sundial (see Figure 3).

Its declination and hence the accuracy of its orientation have varied over time due to the deformations in the façade induced by building tectonics. According to a direct estimate based on the data collected and geometric calculations (6), the sundial has a 15° westward declination. Calculations based on its geometric layout, by contrast, yielded an 8° westward declination (see Figure 9).

Aún es visible el marco que lo contuvo con restos de la cenefa fitomórfica y algunos trazos horarios radiales que confluyen en el punto donde se colocó el gnomon o estilete, el cual, no se conserva en la actualidad. Este reloj solar marcaba casi todas las horas diurnas, y sólo las primeras horas de las mañanas estivales escapaban a su medida. La longitud total es de 3 m y cuenta con 2,10 m aproximadamente de altura. Sin embargo, el rectángulo que contiene las líneas horarias mide 1,70 m x 1,10 m, cumpliéndose prácticamente la proporción áurea.

Los otros dos relojes de sol son complementarios entre sí y están situados en las fachadas laterales del mismo torreón, sobre dos resaltes achaflanados orientados escrupulosamente hacia el Este y hacia el Oeste (ver figura 4). El primero (lateral oriental) marcaba las horas de la mañana, mide 1,30 m de alto y 1,20 de ancho. El segundo (lateral occidental) las de la tarde, con unas cotas de 1,30 m de alto y 1,18 m de ancho. En ambos casos, las horas centrales del día quedaban indeterminadas porque en ese momento, con el sol en su altura meridiana, las sombras son paralelas a los resaltes oriental y occidental.

Todos los relojes están realizados con mortero tradicional, siendo grabadas las líneas horarias en el mortero aún fresco. No se conservaban restos de pintura, aunque presumimos que portaba policromía, por analogía estilística con el resto de decoraciones murales del Castillo. En el resalte oriental, aún se puede intuir algunos trazos horarios, que en este caso no son radiales, sino paralelos entre sí, como se disponen en relojes laterales cuando el gnomon es paralelo a la pared. No se ha observado, líneas horarias que marquen las medias y los cuartos de hora, lo que nos indica que originalmente no era necesaria una excesiva precisión en la medida del tiempo.

El estado de conservación de los relojes es muy malo. El mortero del cuadrante central se encuentra muy alveolizado y con un gran parche de mortero posterior, es decir, existe una gran pérdida del original. Además se advierten costras negras en toda la superficie mural, producto del ambiente urbano en el que se ubica el Castillo de San Romualdo. Aparece una perforación que tras las proyecciones de las líneas horarias, coincide con la localización del gnomon. En la zona inferior se advierten restos de una decoración geométrica, muy grotesca y carbonatada, posiblemente de alguna reparación posterior.

Los relojes laterales padecen colonizaciones biológicas (en mayor medida el de poniente).

Its frame is still visible, along with remains of its phytomorphic ornaments and a few radial hour lines that converge on the point where the gnomon or style, which has since disappeared, was once positioned. This sundial showed the time during all the daylight hours except just after dawn in the summer. It measures 3 m long by approximately 2.10 m high. The rectangle containing the hour lines, however, measures 1.70 m x 1.10 m, i.e., practically conforming to the golden ratio.

The other two sundials, which complement one another, are located on the side façades of the same tower, their faces protruding outward from the wall on an angle scrupulously oriented due east or due west (see Figure 4). The east façade dial, used to show the morning hours, measures 1.30 m high by 1.20 m wide. The one on the west façade, used to measure time in the afternoon, is 1.30 m high by 1.18 m wide. In the middle of the day, the time could not be determined from either, for with the sun at its meridian, the shadows are parallel to the east and west protrusion angles.

All the dials were made with traditional mortar, into which the hour lines were carved while it was still fresh. Despite the absence of evidence of a polychrome finish, the dials are assumed to have been painted, in keeping with the rest of the decoration on the outer castle walls. On the eastern dial face, hints of some of the hour lines can still be perceived. Here they are not radial but parallel, as on protruding angle dials whose gnomon is parallel to the wall. The lack of half- or quarter-hour lines is an indication that castle dwellers had little need for a highly accurate measure of time.

The sundials are in very poor condition. The mortar on the central dial is severely pockmarked and a subsequent patch has marred the original substantially. Black crust is also visible across the entire surface of the wall, attributable to the urban environment where San Romualdo Castle is located. The wall is perforated at the point that once housed the gnomon. The lower region contains remains of very grotesque and highly carbonated geometric decoration, possibly added during subsequent repairs.

The sundials on the side façades are affected by biological decay (in particular on the west façade).



Fig. 4. Cuadrantes laterales. Izquierda, reloj vertical orientado hacia poniente. Derecha, vertical orientado hacia levante. Estado de conservación. Es evidente la pérdida de potencial expresivo. Side façade sundials: left, vertical dial facing west; right, vertical dial facing east; loss of expressive potential due to the poor state of repair.

Existen numerosas pérdidas volumétricas, disgregaciones y alveolizaciones. En el occidental no se conserva ni decoración ni restos de líneas horarias.

Este cuadro patológico, común en los tres cuadrantes solares, viene determinado fundamentalmente por el avanzado estado de abandono del edificio. Las colonizaciones biológicas y la cristalización de sales en superficie han provocado la disgregación del material constituyente por el efecto “cizalla” de las raíces e hifas, por un lado, y, en segundo lugar, por las tensiones internas del ciclo de migración de sales solubles (recuérdese que San Fernando es una ciudad costera, con un ambiente marino, rico en iones cloro). El viento, predominantemente el de levante y poniente, el último agente medioambiental que ha causado la meteorización de los materiales.

Como consecuencia del deleznable estado de conservación, los relojes han perdido todo su potencial expresivo. La pérdida de material y de los elementos constitutivos fundamentales tampoco ha permitido la continuidad en la funcionalidad de los cuadrantes solares.

Por último, para adquirir la poca información material que ha llegado hasta nuestros días, se procedió al traspaso cuidadoso de los restos que se conservan de los relojes, a una transparencia con el fin de poder medir con mayor precisión. Obtenidos los datos numéricos, se dibujaron en un programa de diseño asistido por ordenador (CAD). Pudiendo realizar así los cálculos geométricos pertinentes (7).

Volumetric loss, disaggregation and pockmarking are rife throughout. No trace of the adornments or hour lines is visible on the west dial.

This pathology, common to all three sundials, is due primarily to the neglect to which the building has been subject. The biological colonies and salt crystallisation on the surface have induced disaggregation of the constituent material as a result of the “shear” stress generated by roots and hyphae, on the one hand, and the internal forces caused by soluble salt migration (San Fernando is a coastal city with a chloride ion-rich marine environment). Lastly, wind action, predominantly from the east and west, has also contributed to material weathering.

Due to their poor condition, loss of material and essential constituents, the sundials have not only lost all their expressive potential, but their very operability.

Finally, to record and more accurately measure the scant material information that has survived, the remains of the sundials were carefully transferred to transparent film. Once the numerical data were digitised, computer-aided design (CAD) software was used to draft the drawings from which the relevant geometric calculations were performed (7).

3. Deconstrucción virtual. Construcción de trazas a partir de los elementos existentes

3.1. Cuadrantes orientados

De los cuadrantes laterales, sólo el orientado hacia levante conserva algunos restos de las líneas horarias originales. A partir de esos datos hemos deducido las restantes líneas y calculado el gnomon recorriendo inversamente el camino del trazado geométrico de este tipo de cuadrantes solares. De esta manera, calculando uno de ellos, se obtiene el homólogo por simetría.

Sea la *figura 5* el gráfico que representa las líneas horarias que se conservan. Se observa también el posible anclaje del gnomon (G) coincidente, como es debido, con la línea de las VI. Aparecen otras perpendiculares a las horarias que las identificamos como líneas equinociales.

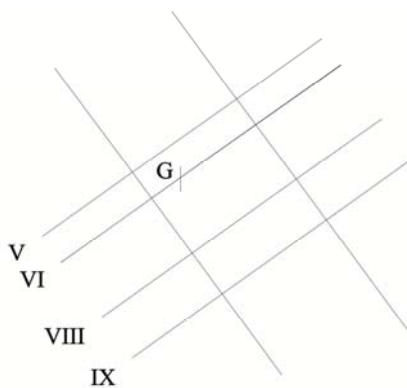


Fig. 5. Líneas horarias que se conservan del reloj lateral oriental. Hour lines conserved on the east-facing sundial.

Para hallar geoméricamente el resto de husos horarios, se traza una proyección por la línea de las VI (AZ) y la horizontal (ZS), corroborando que el ángulo de inclinación corresponde con la latitud, φ , del lugar, es decir, 36,50 (latitud de San Fernando, Cádiz) (ver figura 6).

El segmento BC es una perpendicular a AZ. La intersección BC con las líneas horarias existentes V, VI, VIII y IX dan los puntos 3, 4, 6 y 7 respectivamente. Sabiendo que cada intersección es el resultado de dividir una semicircunferencia en arcos de 15 grados, creamos dicho ángulo 3g4. Por tanto, g, es el centro de la citada semicircunferencia. Trazamos las siguientes divisiones de arcos de 15 grados, cuyas intersecciones con BC nos distribuye las restantes líneas horarias.

3. Virtual deconstruction. Layout reconstruction from existing elements

3.1. Angled sundials

Of the two side façade sundials, only the one facing east conserves traces of some of the original hour lines. The remaining lines were deduced from the existing data and the gnomon was positioned by back-calculating the geometric layout characteristic of this type of sundials. Engineering one of the dials in this way sufficed to reproduce its symmetrical counterpart.

The graph in Figure 5 depicts the hour lines that were conserved. It also shows the possible anchorage point for the gnomon (G), which is known to concur with the six o'clock hour line. The lines perpendicular to the hour lines were identified as equinoctial lines.

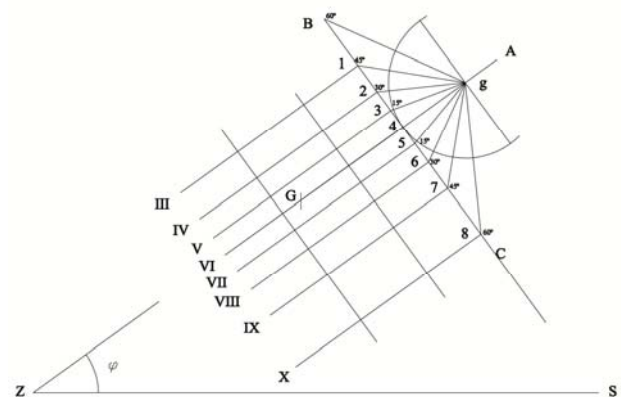


Fig. 6. Construcción geométrica del reloj lateral oriental. Geometric reconstruction of the east-facing dial.

The rest of the hour lines were found by projecting a segment from the six o'clock hour line (AZ) to the horizontal (ZS) on an inclination angle that matched the latitude, φ , at San Fernando, Cadiz (36.50) (see Figure 6).

Segment BC is perpendicular to AZ. The intersections between BC and the existing 5, 6, 8 and 9 o'clock hour lines were labelled points 3, 4, 6 and 7, respectively. Knowing that each intersection is the result of dividing a semi-circle into 15° arcs, angle 3g4 could be drawn to find the centre of the semi-circle, g. The remaining 15° arcs were then drawn, whose intersections with BC defined the rest of the hour lines.

Deducimos otro parámetro fundamental como es la longitud del gnomon que coincide con el segmento 4g. El ancho vendrá dado por la distancia entre las dos líneas equinocciales que se conservan. El día de entrada de la primavera y el otoño la sombra proyectada discurrirá entre estos dos trazos.

La morfología del estilete debe ser rectangular, puesto que en este tipo de cuadrantes, los relojes laterales orientados, el gnomon es paralelo al plano del reloj.

Una vez calculada la geometría de nuestro cuadrante sólo queda enmarcarlo dentro de los límites físicos de los que disponemos (ver figura 7).

3.2. Cuadrante vertical declinante

El cuadrante vertical declinante también conservaba algunas líneas horarias (ver figura 8). Para este tipo de relojes es necesario conocer tanto la latitud del lugar como la declinación del muro. La latitud de San Fernando es un dato conocido y la declinación del muro será deducida por las líneas conservadas, completando su trazado geométrico.

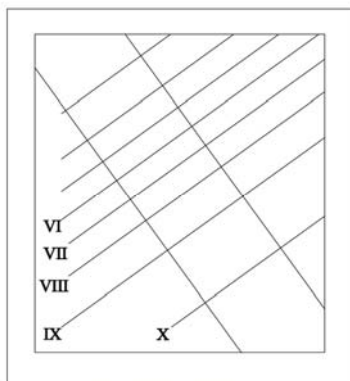


Fig. 7. Trazado final del reloj lateral e insertado en el espacio del soporte físico. El reloj homogéneo es simétrico con la salvedad de la numeración de las líneas horarias. Final layout of the side façade dial and insertion in its physical frame; the other side dial is symmetrical, with the exception of the numbering on the hour lines.

Proyectamos la línea de las XII (segmento OA) a plomo dando el punto A en la intersección con los límites del cuadrante (línea horizontal) (ver figura 9).

Insertamos por el punto A, el reloj horizontal previamente dibujado (cuadrante de líneas cada 15 grados con centro en O'). La inclinación se ajustará haciendo coincidir la proyección de las líneas originales con dicho reloj auxiliar sobre la línea horizontal. Es decir, las intersecciones con la horizontal (1, 2, 3, 4...) serán puntos coincidentes entre las líneas horarias conservadas y las del reloj auxiliar.

Another essential parameter, the length of the gnomon, was likewise deduced and found to concur with segment 4g. Its width was found as the distance between the two equinoctial lines that were conserved. On the first day of spring and autumn, the shadow projected would run between these two lines.

The style must have been rectangular, for in this type of sundials, the gnomon is parallel to the dial face.

Once the geometry of the dial was calculated, all that was left was to frame it within its known physical dimensions (see Figure 7).

3.2. Vertical declining sundial

Some of the hour lines were also conserved on the vertical declining sundial (see Figure 8). In this type of dials, both the latitude and the wall declination values are needed. The latitude at San Fernando is known and the wall declination could be deduced by extending the remains of the existing lines to their full length.

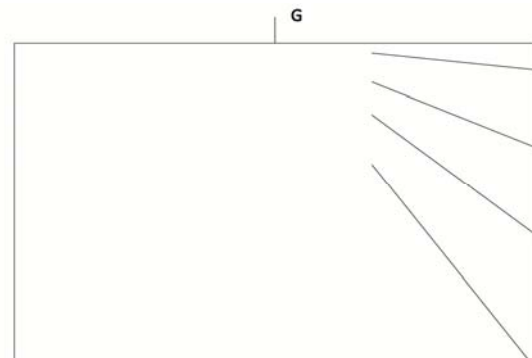


Fig. 8. Líneas que se conservan del reloj vertical declinante. Se puede delimitar el espacio del cuadrante y ubicar la posición del gnomon (G). Declining vertical sundial, showing the hour lines conserved, delimitation of its dimensions and the position of its gnomon (G).

The twelve o'clock hour line (segment OA) was projected by means of a plumb, with A as the point where the line intersects with the edge of the dial (horizontal line) (see Figure 9).

A previously drawn horizontal dial (dial with centre at O' and lines every 15 degrees) was inserted at point A. The inclination was adjusted by making the projected original lines concur on the horizontal with the ancillary dial. In other words, the intersections with the horizontal (1, 2, 3, 4...) are points where the hour lines conserved concur with the lines on the ancillary dial.

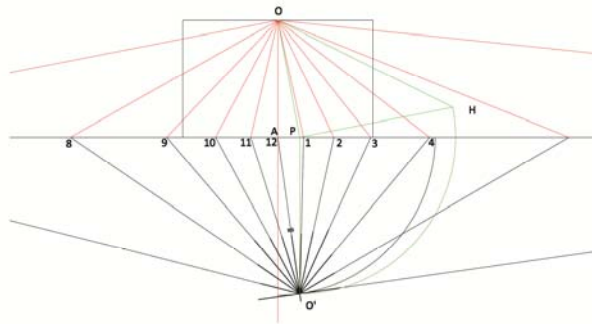


Fig. 9. Construcción geométrica del reloj vertical declinante.
Geometric reconstruction of the declining vertical sundial.

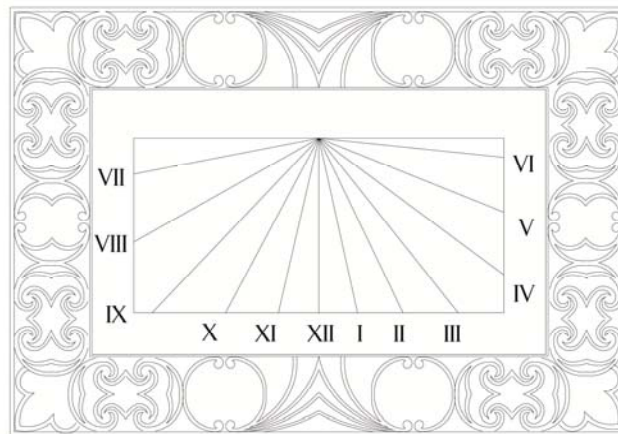


Fig. 10. Trazado final del reloj vertical declinante. Inserción de la decoración mural del perímetro.
Final design of the declining vertical sundial. Insertion of perimeter fresco.

Obtenemos así la declinación del plano del muro que contiene el reloj en el ángulo que forma la vertical OA y el segmento AO'. En nuestro caso el paramento declina 8° hacia poniente.

El resto de intersecciones que se encuentren en la horizontal, determinarán unos puntos que, unidos con "O", base del gnomon, permiten trazar las líneas de las horas de nuestro reloj.

También se ha calculado geoméricamente la posición relativa del gnomon que vendrá dada mediante dos ángulos. Formando el triángulo OPH, rectángulo en P, y tal que $PB=PO'$, se podrá determinar la posición del estilete por razón del ángulo AOP y del ángulo POH.

Por otro lado, se advirtieron motivos ornamentales alrededor del cuadrante. Para estudiar y documentar esta decoración se procedió a trasladar los módulos a un acetato. Posteriormente, se informatizaron para

poder reproducirlos por simetría, completando las pérdidas con la información obtenida (ver figura 10).

This was how the declination of the wall containing the dial on the angle formed by vertical segment OA and segment AO' was found to decline 8° westward.

The rest of the intersections on the horizontal determine points which, when connected to "O", the base of the gnomon, can be used to draw the hour lines for the dial.

The relative position of the gnomon was likewise calculated geometrically from two angles: drawing triangle OPH, with a right angle at P, such that $PB=PO'$, the position of the style was determined from angles AOP and POH.

To draw the decoration identified around the dial, the modules were transferred to an acetate film for study, documentation and subsequent digitisation. The design was then symmetrically reproduced as required to fill in the gaps (see Figure 10).

Referencias /references

- (1) Según la Gaceta de Madrid 155 1181 04/06/1919, está registrado en el Catálogo General del Patrimonio. Asimismo, está declarado Monumento Histórico-Artístico con el Decreto del 3/06/1931, e igualmente, declarado Bien de Interés Cultural según el Decreto sobre Protección de la Arquitectura Militar (Decreto de 22/04/1949. B.O.E. 125 2058 05/05/1949).
- (2) MOSIG PÉREZ, F. (2010): "El Castillo de San Romualdo. Historia y documentos de un bien cultural de la ciudad de San Fernando (Cádiz)". Monografías. Historia del Arte. Servicio de publicaciones de la Universidad de Cádiz. Pp. 76-82. FIERRO CUBIELLA, J. A. (1991): "El Castillo del "Lugar de la Puente" en San Fernando-Cádiz". Cádiz. Pp. 35-45.
- (3) UTRERA BURGAL, R., y TABALES RODRÍGUEZ, M. (2009). "El castillo de San Romualdo (San Fernando, Cádiz). Aproximación estratigráfica y evolución constructiva." *Arqueología de la Arquitectura*, 0(6). P. 261.
- (4) MOSIG PÉREZ, F. (2010): "El Castillo de San Romualdo. Historia y documentos de un bien cultural de la ciudad de San Fernando (Cádiz)". Monografías. Historia del Arte. Servicio de publicaciones de la Universidad de Cádiz. P. 176.
- (5) UTRERA BURGAL, R., y TABALES RODRÍGUEZ, M. (2009). "El castillo de San Romualdo (San Fernando, Cádiz). Aproximación estratigráfica y evolución constructiva." *Arqueología de la Arquitectura*, 0(6). P. 248.
- (6) Consiste en la lectura del ángulo de la sombra de una plomada sobre un plano perfectamente horizontal respecto al paramento. Esta lectura se realizará justo en la hora en que el Sol pasa por el meridiano. Estos datos fueron obtenidos a través de la página web del Real Instituto y Observatorio de la Marina de San Fernando [en línea] dirección URL:
<http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/ciencia_observatorio/> [Consulta: 27/02/2012].
- (7) Para el trazado geométrico se han seguido las siguientes fuentes: ROIZ, P. (1575): "Libro de los relojes solares". Pedro de Huete. Valencia. Pp. 52-68. SOLER GAYÁ, R. (1997): "Diseño y construcción de relojes de sol y de luna. Métodos gráficos y analíticos". Col. de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 29. 2ª Edición. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Demarcación de Baleares. Santander. Pp. 54-58 y 78. VITRUVIO POLIÓN, M. (ed. de J. Ortiz y Sanz) (2001): "Los diez libros de Arquitectura". Ed. Akal. Madrid. Pp. 228-234.