

---

# El fenómeno de la luz equinoccial en Santa Marta de Tera

---

JUAN PÉREZ VALCÁRCEL\*  
VICTORIA PÉREZ PALMERO\*\*

La iglesia de santa Marta de Tera ha sido objeto recientemente de la atención de los medios por el fenómeno de la “luz equinoccial”. Consiste este fenómeno en que en la fecha de los equinoccios tanto de primavera (21 de marzo) como de otoño (23 de septiembre) un rayo de luz solar que atraviesa un óculo situado sobre la ventana del ábside incide sobre un capitel especialmente significativo en el conjunto de la iglesia.

La forma en la que los constructores de la iglesia consiguieron este efecto ha sido objeto de numerosas especulaciones que generalmente muestran su asombro ante su supuesta capacidad para realizar complejos cálculos astronómicos. En este artículo se comprobará el fenómeno con cálculos astronómicos relativamente complicados, pero también se demostrará que esos cálculos son innecesarios para el replanteo y que sencillas técnicas, sobradamente conocidas desde la época clásica, permiten un replanteo casi exacto.

Sin embargo, antes de estos cálculos creemos que es importante señalar una larga serie de particularidades de la iglesia que la hacen muy atípica en su contexto.

En primer lugar llama la atención su forma general. Es de perfecta cruz latina sin añadidos, con un ábside rectangular y un cuerpo elevado o cimborrio sobre el crucero. En las iglesias románicas es relativamente frecuente que se construya una torre sobre el crucero, pero todas tienen al menos ventanas y no óculos sobre paredes ciegas como en este caso. También aparecen con menos frecuencia cúpulas de todo tipo: simples, gallonadas, nervadas y cuando la construcción se dilata en el tiempo pueden acabar cubriéndose con bóvedas góticas. Pero en este caso no existen trazas de elementos de arranque para una cúpula y los muros son relativamente delgados para pensar que hubieran previsto nada más pesado que la simple cubierta de madera que existe en la actualidad. Es un tipo de cimborrio mucho más frecuente en las iglesias prerrománicas y en especial las mozárabes.

El segundo elemento que llama la atención es la presencia de óculos. Este tipo de elementos aparecen con alguna frecuencia en edificios mozárabes como en Melque (Toledo), donde existe un cimborrio elevado con cúpula y cuatro óculos, uno en cada cara o en Toques (Coruña) donde aparece uno en el ábside. Es más frecuente en el prerrománico asturiano y así en Nora aparecen tres, en Santullano dos y en Bendones cuatro aunque

\* Catedrático de Estructuras de ETS Arquitectura de La Coruña. valcarce@udc.es

\*\* Licenciada en Humanidades y arqueóloga.



Figura 1. Cimborrio con el óculo este.

en este último caso el edificio está muy reconstruido y no es fiable. En el románico son frecuentes los rosetones pero muy escasos los óculos. En la zona que hemos analizado que corresponde básicamente al Camino de Santiago sólo aparece en Breamo (Coruña) uno sobre el ábside, en Dozón (Pontevedra) uno en el ábside sobre un rosetón y en san Quirce de Burgos tres a modo de ventanas en el ábside. En contraste en Tera aparecen ocho óculos: uno en el ábside, cuatro en el cimborrio, dos en la fachada norte y uno en la sur. Como hemos visto el óculo del ábside permite la entrada de la luz equinoccial pero el resto carecen de una función clara. Además, como veremos, su posición en el aparejo de los muros indica una clara intencionalidad.

El tercer elemento atípico es el exterior del ábside. Su labra es inequívocamente románica pero su trazado con una ventana central y dos ventanas laterales ciegas sobre un muro plano es sumamente raro. En Galicia son relativamente frecuentes los ábsides cuadrados generalmente cubiertos con bóvedas de cañón, pero aparecen fundamentalmente en las provincias de Coruña y Pontevedra, es decir las más alejadas de esta zona, y en pequeñas iglesias rurales que evidentemente no crean escuela. En la zona próxima existen algunos casos como san Cipriano de Zamora que estilísticamente es muy diferente. Por eso podemos calificar el trazado del ábside como totalmente atípico.

Pero lo que ya resulta excepcional en los edificios románicos es el conjunto de las tres ventanas exteriores del ábside puesto que en ninguno de los casos aparece más de una ventana central. Sólo conocemos unos pocos casos similares y muy anteriores como el mausoleo de Gala Placidia o la iglesia visigoda de San Fructuoso de Montélios en Braga (Portugal) en la que los testeros planos tienen conjuntos de tres ventanas aunque clara-



Figura 2. Óculos en el cimborrio de Santa María de Melque (Toledo).

mente distintas a las de Tera. En la mayoría de los edificios prerrománicos son frecuentes los ábsides planos, pero siempre con una ventana central.

Como podemos ver la iglesia de Santa Marta de Tera tiene una serie de características que la hacen especialmente singular. Estas cuestiones son de gran interés pero difícilmente podrán ser explicadas. Por tanto pasaremos analizar otros aspectos en los que sí es posible aportar respuestas fiables.

Para ello vamos a proceder a un estudio del edificio en sí, es decir leyendo los datos que el propio edificio suministra. Es un método de gran interés puesto que las fuentes históricas y documentales suelen ser inexistentes o poco fiables y una lectura constructiva aporta datos relevantes y fiables.

El primer aspecto que estudiaremos es la orientación. La iglesia está orientada prácticamente al este con una leve desviación de 1º hacia el sur. Esta desviación es tan pequeña que incluso con los medios actuales estaría dentro de los márgenes de error admisibles. Así pues podemos concluir que la iglesia se orientó el día de equinoccio que por cierto en esa fecha se produjo el día 14 de marzo por efecto del retraso del calendario juliano. Como curiosidad citaremos que en muchos calendarios medievales españoles figuraba el 25 de marzo como “equinoctium verni; mundi die primus”. Como veremos además el fenómeno de la luz equinoccial se produce el día del equinoccio astronómico, que en este caso coincide prácticamente con el día del replanteo y que no coincide con el equinoccio oficial de la época de la construcción. La única conclusión evidente es que el maestro de obras conocía el día real del equinoccio en el sentido astronómico es decir cuando el sol entra en Aries o bien algún monje conocedor de la astronomía se lo dijo. Este saber



Figura 3. Cabecera de San Fructuoso de Montelios.



Figura 4. Cabecera de Santa Marta de Tera.

supone unos conocimientos superiores a la media aunque no excepcionales. Recordemos que una de las siete Artes Liberales dentro de Quatrivium era la astronomía. Cualquier estudioso que pudiera estar en el monasterio seguramente la habría cursado.

Otro dato que nos proporciona el propio edificio se deduce de las dimensiones y aparejo de sus elementos. El nivel de construcción es excelente: los sillares están perfectamente cortados y aplomados, los errores de replanteo son como máximo de un centímetro y los ángulos son perfectamente rectos. Está muy claro que el maestro era de primer nivel y las cuadrillas que intervinieron de gran calidad. De esto podemos deducir que en este edificio no hay casualidades: lo que aparecen en él ha sido deliberadamente previsto por sus constructores.

Si observamos el aparejo del óculo del ábside resulta evidente que se ha construido de forma deliberada y cuidadosa. Es sabido que en la construcción románica se emplean hiladas de distintas alturas, pero manteniendo la misma altura en cada hilada de forma tal que se eviten los engatillados. En la construcción del óculo del ábside se utilizan dos hiladas en el óculo interrumpiendo el conjunto de las tres hiladas del muro. Esto indica con claridad que fue un elemento singular introducido en el aparejo. Por otra parte el ajuste es muy bueno lo que hace pensar que se construyó a la vez que el muro. Además podemos asegurar que hay una clara intención de conseguir el efecto de la luz equinoccial puesto que hemos podido comprobar que la distancia del rayo de luz al borde del derrame del hueco es de unos 2 cm, es decir sumamente ajustado. Por ese motivo el fenómeno



Figura 5. Aparejo del óculo en Santa Marta de Tera.



Figura 6. Ábside de la iglesia.



Figura 7. Capitel que se ilumina.

dura sólo unos pocos días: cuando el ángulo del sol es mayor, el haz de luz muere en las paredes del óculo (figura 6).

El resto de los óculos no parecen ligados a ningún fenómeno astronómico concreto. Es especialmente destacable que en la fachada norte existan dos óculos cuando casi no recibe la luz del sol. Los días en los que la luz solar incide, corresponden a la salida y puesta de sol entre los equinoccios de primavera y otoño y el ángulo de incidencia es tan pequeño que es imposible que entren rayos del sol a la iglesia por dichos óculos.

En los óculos de las fachadas norte y sur se observa un curioso detalle: el trazado de los óculos interrumpe la moldura. Esto es un indicio de que los citados elementos se construyeron después del muro.

Como hemos comentado la iglesia de Santa Marta de Tera presenta muchas más incógnitas que la de la conocida “luz equinoccial”. Con todo es un fenómeno de gran interés por lo que será objeto de un estudio específico.

## LA LUZ EQUINOCCIAL

Es evidente que el replanteo de esta iglesia, como en la mayoría de los casos, se hizo en la dirección del orto solar y con los sencillos medios disponibles. Para ello basta con clavar dos estacas o dos barras de hierro que permitan enfilear la salida del sol. La barra desde la que el maestro toma la referencia puede tener un agujero o una horquilla que permita una enfilación precisa, pero son elementos que podría fabricar cualquier herrero sin problemas.

En la latitud de Santa Marta de Tera el orto solar puede producirse entre  $57,48^\circ$  y  $122,52^\circ$ . En los solsticios la variación es muy lenta pero en los equinoccios la variación está próxima a  $1^\circ$  diario. Por ello se puede conocer con bastante precisión el día en que

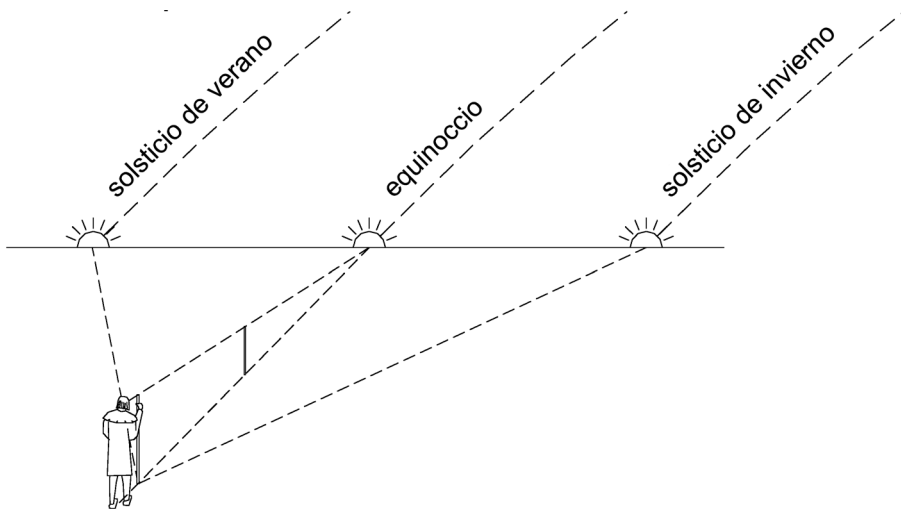


Figura 8. Enfilación para el replanteo y variación anual

la iglesia fue replanteada. Para ello hemos empleado el programa ORIENT desarrollado por Juan Pérez Valcárcel que permite fijar con precisión ese día. El resultado es el de la figura 9.

Como se ve, el programa indica los posibles días de replanteo con la orientación a levante y también a poniente que en algunos casos como San Juan de la Peña (Huesca) es la única posible. También sitúa la orientación en función de la fecha del santo titular, que en este caso como en la mayoría, no tiene correspondencia.

Conocida la orientación de la iglesia podemos saber sin problemas el ángulo horizontal que forman el capitel y el óculo y la ascensión recta, es decir el ángulo formado

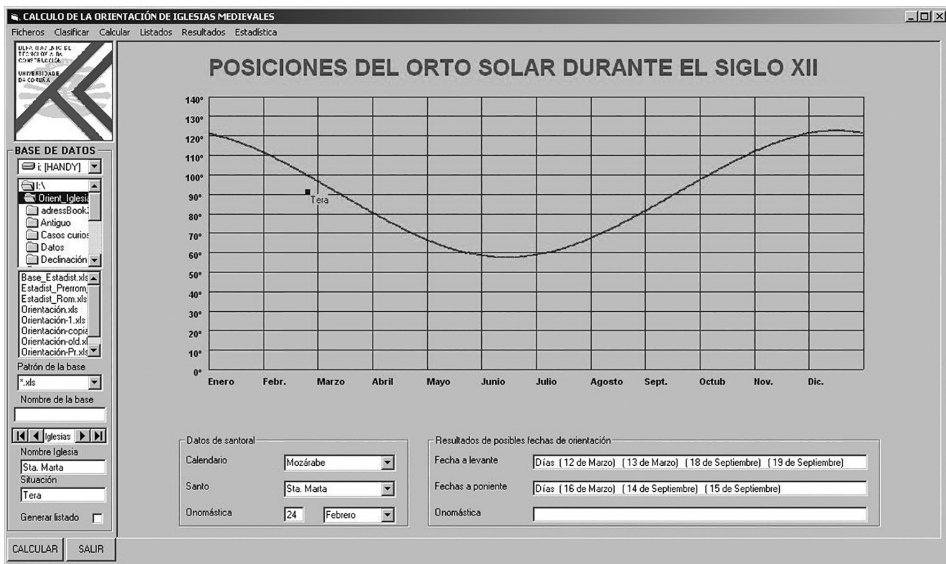


Figura 9. Cálculos de orientación de Santa Marta de Tera.

con el punto vernal (este). Con este ángulo calculamos la declinación del sol, es decir el ángulo vertical y comprobamos si ese ángulo corresponde con el medido en la iglesia. Afortunadamente el día de equinoccio la trayectoria aparente del sol es un círculo máximo por lo que los cálculos son más sencillos de lo habitual.

En la figura 10 se observa la orientación del eje de la iglesia como línea de trazo y punto, la trayectoria aparente del sol en el equinoccio para la latitud de la iglesia y la altura del sol cuando está alineado con el óculo y el capitel. En realidad bastaría con esta construcción geométrica, pero se han realizado cálculos analíticos que confirman estos valores.

Para Santa Marta de Tera los datos astronómicos son.

Latitud.	41,99°
Orientación.	91,09°
Ascensión recta.	16,53 + 1,09 = 17,62°
Declinación del rayo de sol.	18,59°

Se puede comprobar que el ángulo que forma el rayo de sol coincide de forma muy

precisa con el ángulo realmente existente la iglesia. En realidad de acuerdo con nuestros

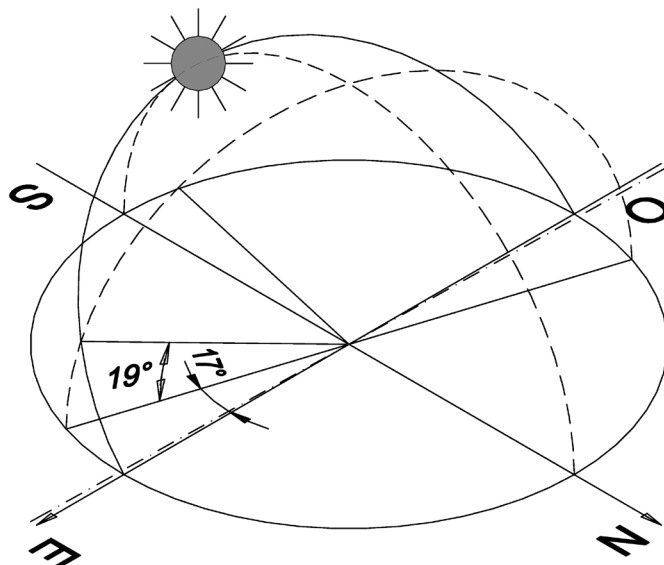


Figura 10. Esquema de la trayectoria del rayo de “luz equinoccial”.

cálculos el centro del haz de luz coincide con la base del capitel y realmente es lo que se aprecia en algunas fotografías hemos podido observar del fenómeno de la luz equinoccial. El fenómeno se produce según nuestros cálculos a una hora y 42 minutos a partir del orto solar en los equinoccios de primavera y otoño y aproximadamente durante unos diez días.

Un aspecto de este fenómeno que por lo que conocemos no se había tenido en cuenta es que este fenómeno puede producirse en muchos días del año a condición de variar la

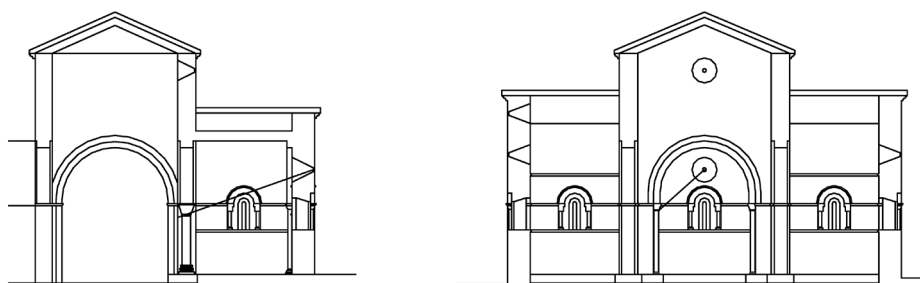


Figura 11. Secciones de la iglesia con la trayectoria de la “luz equinoccial”.

altura del óculo. Si observamos en la figura 12 vemos que para la ascensión recta que realmente existe en el edificio, puede conseguirse el mismo efecto en otros días con alturas diferentes. El fenómeno no se puede producir en ningún caso entre el 29 ó 30 de octubre y el 13 ó 14 de febrero. En este caso el orto solar tiene una ascensión recta menor, por lo que



el rayo de sol nunca llegaría al capitel fuera cual fuera la altura del óculo. El fenómeno es posible todos los días en los que el orto solar esté comprendido entre los puntos A y B de la figura 12. En el equinoccio la altura es de 6,20 metros (punto C) y en el solsticio de verano serían necesarios 11,20 metros (punto D) valores que corresponden a ángulos de declinación de  $19^\circ$  en el equinoccio y  $53^\circ$  en el solsticio, aproximadamente.

Entre el 13 de febrero y el 21 de marzo el fenómeno puede producirse con alturas menores del óculo. Esto arquitectónicamente sería incompatible con el trazado de la ventana. Después del equinoccio la altura del óculo subiría, obligando a una mayor altura de la bóveda que resultaría desproporcionada. La orientación equinoccial es la más adecuada a las proporciones de la iglesia.

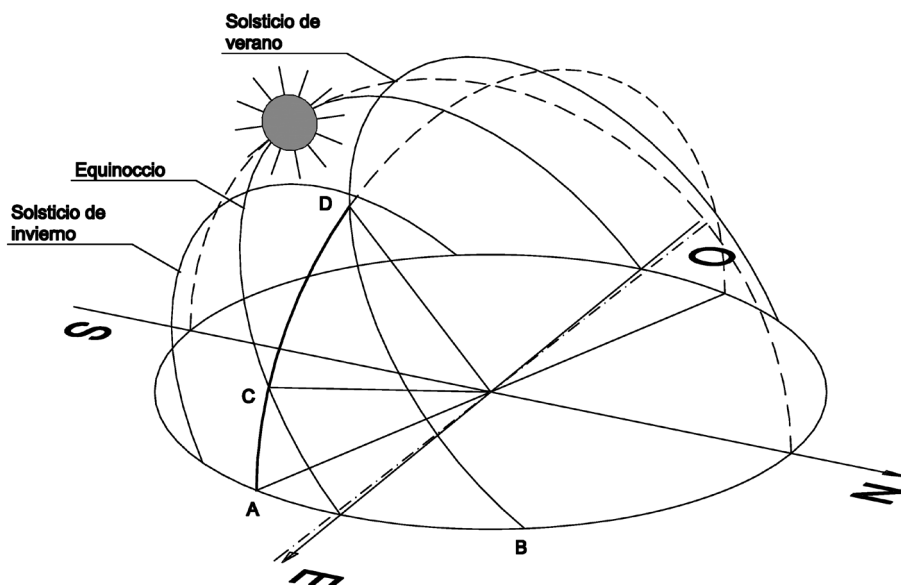


Figura 12. Trayectorias aparentes del sol en el año y posibilidad de iluminación del capitel.

Los estudios de asoleo realizados permiten predecir un fenómeno curioso que nadie parece haber notado. En los días en los que el orto solar coincide con la dirección marcada por el capitel y el óculo, es decir para una ascensión recta de  $107,62^\circ$ , un haz de luz horizontal iluminaría completamente la columna. Como bajo el óculo existe una ventana (figura 6), el sol iluminará exactamente en su salida la parte superior de la columna y el capitel que está al mismo nivel de la parte superior de la ventana. Esto sucede el 13 ó 14 de febrero y el 29 ó 30 de octubre de nuestro calendario, tras hacer la corrección del calendario juliano.

## SISTEMAS DE REPLANTEO UTILIZADOS

Para la realización de estos cálculos hemos utilizado recursos matemáticos que no estuvieron disponibles hasta siglos más tarde de la construcción de la iglesia. Sin embargo los estudiosos medievales tenían conocimientos y medios para estudios astronómicos de gran nivel. Ya hemos indicado que es posible que en el monasterio existiera alguien con estos conocimientos y que seguramente hubiera sido necesario su concurso para determinar con precisión el equinoccio. Sin embargo fuera de esta cuestión pensamos que la realidad de la ejecución de la iglesia debió ser mucho más sencilla.

Vemos en la figura la trayectoria aparente del sol el día de equinoccio, uno o dos días después del inicio del replanteo y por tanto cuando ya se había podido fijar la posición al menos del ábside, que era por donde se iniciaba la obra. Bien por casualidad o por cálculo deliberado se puede observar que la sombra de la estaca de enfilación llega al punto previsto para el pilar y que seguramente estaría marcado en el replanteo por su importancia. Con una altura de 2,15 metros la sombra hubiera incidido exactamente en la base del pilar y en caso de que la estaca hubiera sido de mayor altura hubiera bastado fijarle un travesaño para que su sombra hubiera marcado con precisión dicho punto. Una vez conocida esa dimensión sería suficiente con elevar el óculo esa misma altura por encima del nivel del capitel para obtener el efecto deseado.

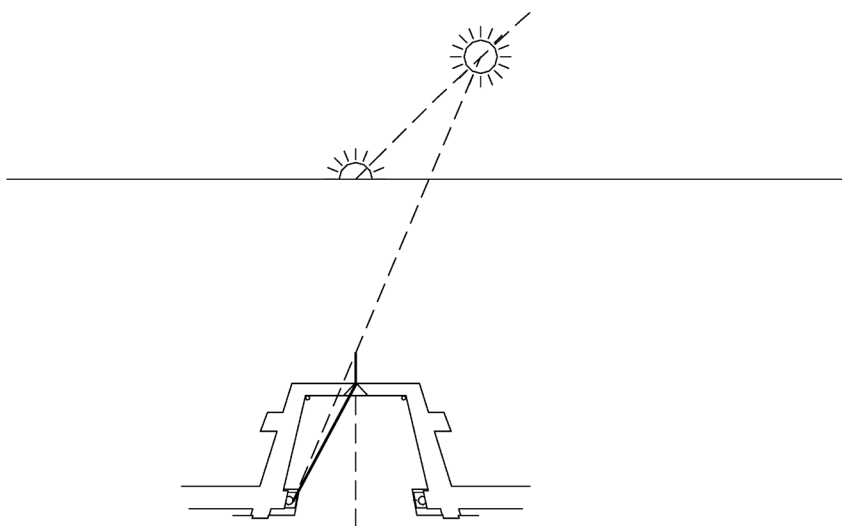


Figura 13.- Replanteo con la sombra de la estaca de enfilación.

Estos conocimientos sí estaban al perfectamente al alcance de un buen maestro de obras y no cabe duda que el que construyó Santa Marta de Tera era de primera categoría. En toda la edad media la construcción de relojes de sol de estimable precisión fue común y es dudoso que un monasterio importante no dispusiera de uno. Por ello el procedimiento que hemos escrito u otro similar hubiera resultado totalmente evidente para los constructores.

Sin embargo es completamente razonable no fiarse, ni entonces ni ahora, de la precisión de los cálculos. Por ello entendemos que a la hora de construir el óculo se debió dejar esa zona sin rematar hasta la llegada del equinoccio para fijar con precisión la posición del óculo. Una simple tabla con agujero podría permitir definir su posición exacta. Al quedar en medio de una hilada se tallaron ya específicamente sillares de mayor tamaño que permitieron ejecutar el óculo. Por cierto, es mucho más fácil labrar una entalladura en un sillar que hacer un agujero circular en el mismo, por lo que el despiece observado es totalmente lógico.

En cuanto al derrame, una vez fijado el sillar basta con tender un hilo al capitel para fijar con precisión el derrame necesario. Son sistemas constructivos elementales que todavía siguen utilizando ser la actualidad, pese a que se usen planos dibujados por ordenador con una precisión casi absoluta.

## CONCLUSIONES

Como se ha podido observar a lo largo de este artículo, la iglesia de Santa Marta de Tera presenta unas características completamente atípicas dentro del románico español. Elementos como el cimborrio, la cabecera y los óculos suponen unas extrañas similitudes con edificios anteriores y en especial mozárabes que resultan muy poco corrientes en los edificios románicos coetáneos.

El fenómeno de la “luz equinoccial” ha sido señalado por diversos autores y en este artículo ha sido confirmado por cálculos astronómicos, simples pero precisos. Sin embargo con toda seguridad el sistema constructivo que lo permite se llevó a cabo con elementos sencillos como estacas, hilos y líneas de sombra. Esto no debe parecernos de poca importancia. A fin de cuentas Eratóstenes calculó el tamaño de la Tierra midiendo la sombra de una estaca (gnomon). No olvidemos que durante mucho tiempo la gnomónica fue una rama del saber sumamente apreciada y útil.

Por último señalamos la existencia de un nuevo fenómeno de iluminación del capitel a través de la ventana del ábside. Sin duda será menos espectacular, pero todo caso nos parece curioso y digno de ser comprobado.

BIBLIOGRAFÍA

P. VALCÁRCEL, J.: “La orientación de las iglesias románicas del Camino de Santiago”. 2º *Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. A Coruña. Octubre 1998. pp 391-396.

ESCRIG, F.; P. VALCÁRCEL, J.: *La modernidad del gótico: Seis puntos de vista sobre la arquitectura medieval*. Universidad de Sevilla. Servicio de Publicaciones. Vicerrectorado de Investigación. Sevilla. 2004.

DUFFETT-SMITH, P.: *Practical Astronomy*. Cambridge University Press. Cambridge 1988.

AGUSTÍ Y CASANOVAS, J.; VOLTES, P.: *Manual de cronología española y universal*, Madrid 1952.