



Imagen 1.-Una vista general de la alcazaba árabe desde el puerto. Foto: Ildelfonso Sena

## *El diseño geométrico de la alcazaba califal de Tarifa*

*Juan José Álvarez Quintana<sup>1</sup>*

**E**l diseño de las edificaciones en el pasado difiere del presente por una circunstancia fundamental: la materia prima empleada. En este sentido, el uso de la piedra, la obra de cantería, exigía de una programación muy específica que traspasaba con creces a nuestros ojos lo meramente utilitario. La necesidad de mantener un orden encuentra en los fundamentos geométricos la mayor operatividad a todos los niveles, dando lugar a una tradición que comienza en Egipto o Mesopotamia y se desarrolla durante la Antigüedad grecorromana. La cultura hispanomusulmana en su época de esplendor, hizo gala de tales conocimientos en la alcazaba califal de Tarifa.

### **Introducción**

Según Juan Carlos Navarro Fajardo (2), a juzgar por tal prohibición la extracción del alzado desde la planta debía ser uno de los secretos mejor guardados por los gremios medievales, en un contexto tan extraordinario como es el diseño de edificaciones a partir y a través de la geometría.

La geometría es mucho más que una mera herramienta, pues convierte el diseño en

un vehículo que transmite a la obra una coherencia y un organicismo especular, acorde con el orden propio del procedimiento. Desde esta perspectiva, el proceso de estudio y experimentación que acarrea la conjugación de fundamentos para alcanzar el boceto definitivo se convierte en un acto de creación tal, que debía traspasar con creces las fronteras del propio ingeniero.

Empleada ya por egipcios y babilonios en el diseño de sus construcciones más sagradas (3), las bases matemáticas de la geometría se potencian y difunden por el Mediterráneo durante la segunda mitad del primer milenio antes de Cristo, destacando entre los numerosos hitos la recopilación realizada por Euclides de Alejandría en *Los Elementos* (siglo III a.C.), fuente principal de los matemáticos musulmanes (4).

El diseño geométrico de base euclídea es una tradición recogida por el orbe cristiano junto al pragmático tamiz de Vitruvio, aspecto que se pone de manifiesto bien de manera anónima bien a través de figuras como Fibonacci o Villard de Honcourt en el siglo XIII (5). Siglos más tarde, Luca Paccioli y Leonardo da Vinci se convierten en los mayores difusores de la geometría como fundamento del diseño.

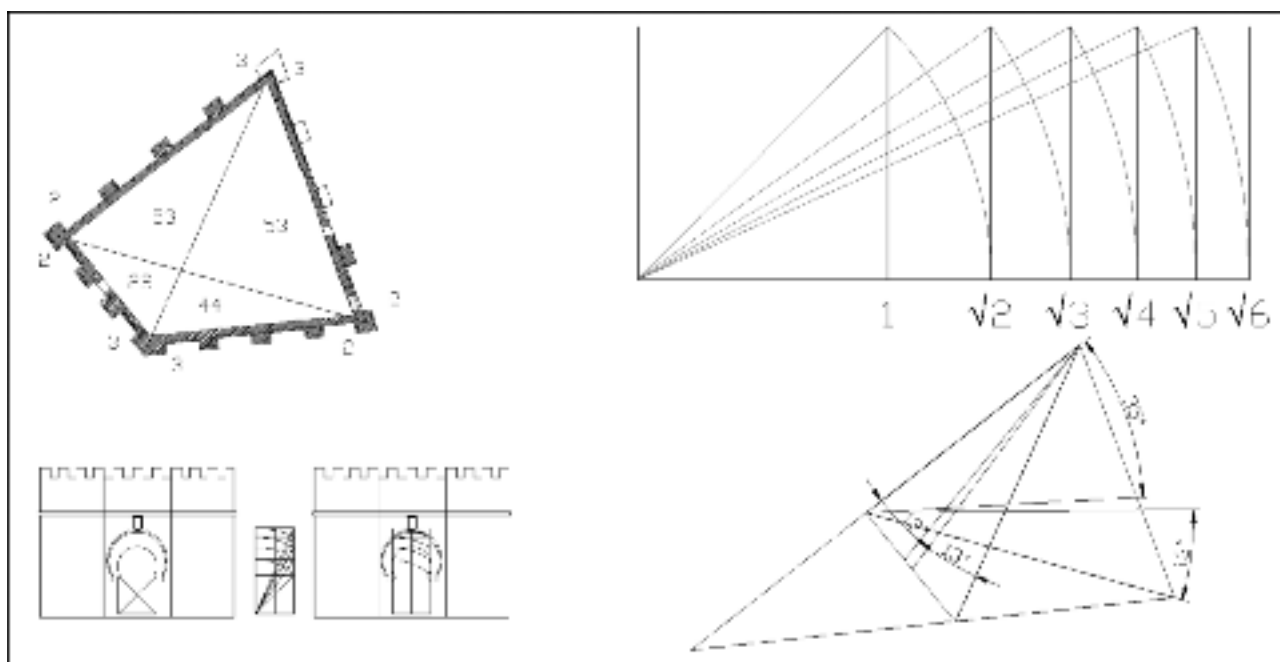


Imagen 1. Diversos fundamentos geométricos empleados en el diseño de la fortaleza tarifeña.

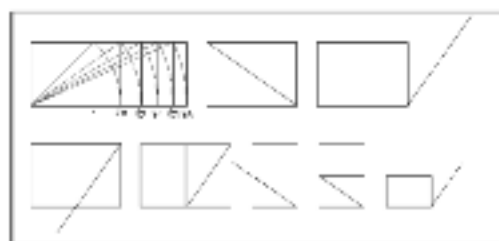


Imagen 2. Generación de rectángulos dinámicos a partir de un cuadrado y generación de rectángulos semejantes a partir de un rectángulo de ratio  $\sqrt{2}$ .

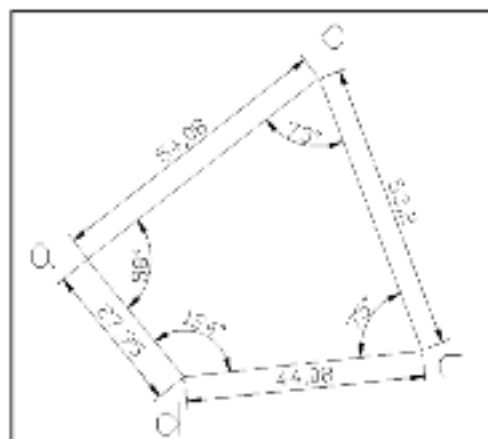


Imagen 3. Medidas aproximadas de las fachadas de la alcazaba de Tarifa.

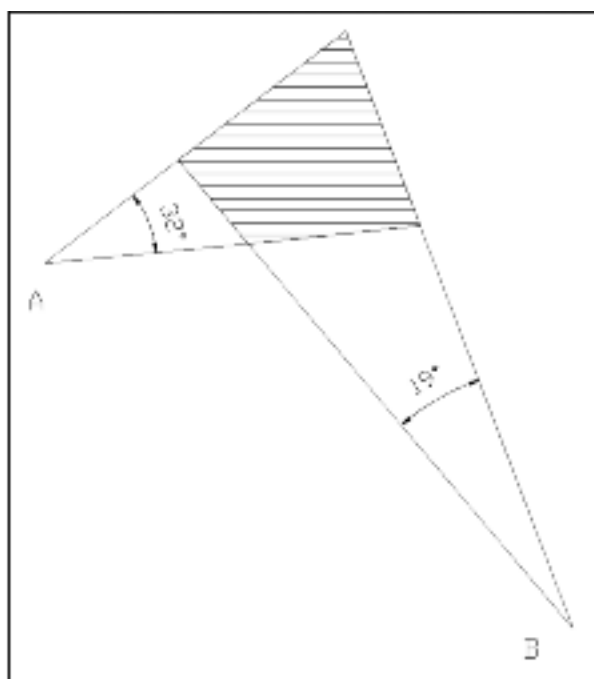


Imagen 4. Trazado de la forma básica de la alcazaba.

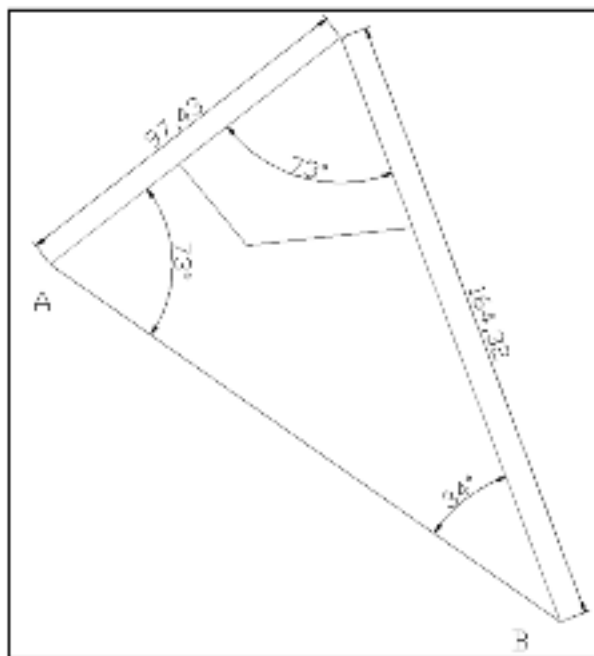


Imagen 5. Un triángulo isósceles es la figura matriz del trazado del castillo.

Ingenieros, arquitectos, pintores y escultores han desarrollado diseños puramente geométricos a lo largo de los siglos. Sin embargo, habrá que esperar al siglo XIX para que comience el gran redescubrimiento que perdura aún hoy día y que consiste en un incremento de la investigación y en la divulgación de tales conocimientos. En este contexto destaca Adolf Zeising como auténtico pionero, al identificar la implicación de la geometría dinámica en el diseño del Partenón. En la segunda década del siglo pasado, el pintor norteamericano Jay Hambidge realiza una aportación extraordinaria al sistematizar los procedimientos del diseño mediante geometría dinámica a través del que se conocerá desde entonces como rectángulo giratorio o de Hambidge. Hambidge es sin duda alguna el amo de llaves, permitiendo que la deconstrucción de las formas diseñadas mediante geometría dinámica se convierta en una labor al alcance de cualquier investigador y aplicable a multitud de campos.

La geometría dinámica, ejemplificada en el caso de los rectángulos giratorios, se basa en la generación de una figura semejante a partir de una de origen, reproduciendo la primera las mismas proporciones que la segunda (Imagen 2). Para que ello ocurra la figura de origen ha de responder a una proporción muy específica, ratio derivada de la división entre lado mayor y menor. La generación, en secuencia decreciente, se produce en cuatro pasos: se traza la diagonal del rectángulo de origen, se gira 90°, se traslada un extremo a uno de los vértices y se traza una recta desde la convergencia hacia el lado mayor opuesto del rectángulo de origen.

El ejemplo más conocido es el relacionado con la proporción  $\Phi$  (Phi, en honor a Fidias), conocida como proporción áurea o divina proporción. Mucho antes de que se acuñaran estas denominaciones, Euclides formula la división de una recta matemáticamente en el siglo III a.C. como “*la división de una longitud en media y extrema razón*”. El gran difusor de estos análisis en el siglo XX, Matyla Hicka, se centra en la geometría dinámica de ratio  $\Phi$  y en las numerosas propiedades del número de oro: 1'618. Una vez finalizada la segunda guerra mundial, en lo que se nos antoja una búsqueda por retornar a la humanidad tras los horrores de la guerra,

el arquitecto suizo Le Corbusier desarrollará un modelo constructivo basado en la figura humana y su relación con la proporción áurea.

El estudio de los fundamentos y procedimientos de cualquier diseño se denomina análisis de trazas. Al menos cuando el objeto de estudio es de naturaleza arquitectónica, opinamos que la denominación más acertada es *análisis deconstrutivo*. Este análisis debe desarrollarse de manera inversa al proceso de materialización formal del diseño. Por ello parte de una premisa liberadora que, siguiendo a Juan Carlos Fajardo (6), podemos expresar con la siguiente frase: si la materialidad obedece a un diseño geométrico, sólo es cuestión de tiempo conocer sus fundamentos. Esto no significa que la búsqueda sea fácil y rápida, porque se necesitan muchas horas de duro trabajo.

Todo análisis deconstrutivo parte de la materia, de la forma, se dota de coherencia en el mundo de las ideas a través de la experimentación que supone la búsqueda de la génesis de esa realidad (con regla y compás), para generar o regenerar un modelo específico e ideal (el diseño), a través del cual contrastar la realidad material de partida. Para analizar la alcazaba de Tarifa no empleamos regla y compás, sino el vectorizador Autocad 2007, utilizando como base del estudio las hipótesis restitutivas de la planta y fachada occidental realizadas por el arquitecto Pedro Gurriarán Daza (7).

### 1. Diseño y ejecución de la alcazaba califal de Tarifa.

El recinto se conoce popularmente como Castillo de Guzmán el Bueno, en honor de Alonso Pérez de Guzmán, su gran defensor ante las pretensiones norteafricanas en 1294, dos años después de su conquista por parte de Sancho IV el Bravo. Según la inscripción fundacional conservada sobre la puerta oeste, se termina de construir el año 960 bajo mandato de Abd-al Rahman III al-Nasir, adscribiendo E. Lévi Provençal la tutela de los trabajos a *Abd-al-Rahman ben Badr*, visir y liberto del califa (8). Más recientemente, la doctora María Antonia Martínez Núñez lee *Abd-al-Rahman ben Ya'la*, a quien el arquitecto Pedro Gurriarán Daza (9) identifica como miembro de la aristocracia cordobesa del linaje beréber Zanata, que las fuentes sitúan en

el área del Estrecho haciendo frente al poder fatimí (10).

### 1.1. La forma

El análisis deconstructivo de su planta nos revela que la figura básica de su diseño, un cuadrilátero, es idéntica a su forma. Observamos que su aparente irregularidad morfológica es engañosa, que ni mucho menos se trata de una construcción espontánea trazada directamente sobre el terreno. A primera vista no se observa ninguna constante (Imagen 3) y queda patente las diferencias que existen entre los ángulos de sus cuatro vértices (a, b, c y d, 88°, 73°, 75° y 124° respectivamente), de sus lados (a-b, 54'08; b-c, 53'2; c-d, 44'08; d-a, 27'95 m), o de sus torres y lienzos. Sin embargo, paradójicamente, estas diferencias tienen sentido precisamente porque existe un diseño previo de carácter geométrico.

Al proyectar las líneas de fachada llegamos a la conclusión de que la forma, la longitud y dirección o la magnitud de sus ángulos, deriva de dos ángulos (A y B). El trazado de las murallas norte y sur apoya sobre un ángulo de 32°, asociándose el trazado de las murallas este y oeste a uno de 19° (Imagen 4). El área del triángulo occidental es 1/3 del área de la alcazaba. Al unir los vértices A y B (Imagen 5), descubrimos que la figura base del trazado de la alcazaba es un triángulo isósceles cuya área es aproximadamente cuatro veces el área de la alcazaba o, lo que es o mismo, si al triángulo mayor le restamos la alcazaba, su área será tres veces el área del recinto fortificado.

En Tarifa queda claro que la forma es deudora del trazado regulador (triángulo isósceles), a través de la figura matriz del diseño (cuadrilátero). No hay diferencias entre cuadrilátero ideal y real, no se ha variado la orientación o la proporción de los elementos en su traslación al mundo material. Esto nos muestra que durante el proceso de estudio, antes de la elaboración u obtención del diseño definitivo, ya se han asumido todos los condicionantes relativos a las características del terreno sobre el que se asentará la alcazaba. La discusión acerca de si el medio condiciona el diseño queda diluida al considerar que el diseño se realiza ex profeso y en el lugar donde se ha de materializar.

Factores como la disponibilidad o regularidad de la superficie del terreno pueden ser determinantes a la hora de emplear la Geometría en el diseño de un edificio, pero se trata como vemos de condicionantes que se solventan en una fase de estudio previa. Sólo en aquel momento marcarán los límites a la conjugación de unos u otros fundamentos geométricos, debido a que reducen o amplían las posibilidades en función de la operatividad de estos. La desviación de la ratio  $\Phi$  que puede desprenderse al dividir lado mayor entre el menor del triángulo isósceles del trazado regulador, de ser un cálculo consciente por parte del ingeniero, puede enmarcarse en este contexto.

De lo dicho extraemos una clara conclusión: si consideramos que las formas devienen sólo de condicionantes impuestos por el medio, no buscaremos los fundamentos geométricos de su diseño.

### 1.2. Los componentes: torres y lienzos

Tras decenas de combinaciones y mediciones observamos una única hipótesis: el diseño de torres y lienzos se realiza mediante giros regulares.

Paradójicamente es un procedimiento racional el que explica por qué no existe una estandarización de dimensiones, por qué es tan difícil hallar dos torres con una anchura similar, dos lienzos de longitud semejante. El ingeniero no distribuye las torres a placer, sino que lo hace siguiendo un procedimiento fijado en el diseño.

La comprobación pasaba por solventar dos cuestiones: encontrar el o los *vértices generadores* y descubrir el orden de los distintos procedimientos, por qué el ingeniero elige unos giros determinados y en qué se basa el uso de ángulos diferentes entre frentes o en un mismo frente.

El empleo de un *patrón modular angular* se refleja con claridad meridiana cuando observamos que existe una equivalencia prácticamente plena entre grados y metros (Imagen 6), una vez unimos los vértices opuestos con una recta. Es tal la prioridad que se da al compás sobre la regla, que para hacer honor a la verdad al hablar de las dimensiones de un frente, de una torre o de un lienzo, deberíamos decir que mide tantos grados en vez de tantos metros. Esto, evi-





dentamente, es toda una lección para los investigadores que normalmente basamos nuestros análisis en módulos lineales.

En la misma imagen 7 reflejamos cómo los ángulos que fijan la situación de las torres esquineras son iguales a uno u otro lado de la diagonal que le corresponde (2 o 3°), actuando estas como eje de simetría. Se trata de un aspecto que incide de manera determinante en la contrastación de la hipótesis que barajábamos, pues supone que las torres y lienzos de la alcazaba califal de Tarifa obedecen a un diseño radial que se apoya no en un vértice generador, sino en los cuatro vértices del cuadrilátero matriz.

Al aplicar este procedimiento para generar las torres y lienzos del frente oriental (Imagen 7), podemos ver una diferencia mínima respecto a la hipótesis reitutiva realizada por Pedro Gurriarán sobre la localización de las torres califales desaparecidas. Así, la torre situada inmediatamente al norte de la Puerta Este debe situarse a 1'60 metros de su jamba septentrional (es decir, unos 32 centímetros al sur del vértice resultante de la unión entre torre cristiana que la embute y muralla).

En las siguientes imágenes (8 a 10), presentamos el proceso de diseño de los elementos de cada frente. En cuanto a las torres intermedias queda patente que excepto en un caso (frente norte, probable error de plano o medición), presentan una anchura de 4°. Esta homogeneidad, esta recurrencia no existe a la hora de establecer la separación entre torres, es decir, a la hora de trazar los lienzos; la amplitud de los giros es distinta incluso en un mismo frente.

Si no mediase la Geometría en el diseño interpretaríamos esto como un caos, como el producto de un mero ejercicio adaptativo de la edificación a los condicionantes del medio, renunciando a buscar un supuesto orden planificado impreso por el maestro. En el contexto del análisis deconstructivo esto comienza a cambiar cuando comprendemos que la longitud de los lienzos desempeña un papel destacado en la sintaxis del diseño, porque de ello depende la localización y la separación de las torres intermedias, su distribución a lo largo de un frente. Las diferencias de amplitud en grados sobre el plano (subsidiariamente diferencias de

longitud en metros en el mundo real), adquieren sentido al analizar cada frente por separado.

Todo lo visto nos lleva a reflexionar sobre el momento mismo en el que se está gestando el diseño, cuando el maestro se encuentra operando con figuras y formas, haciendo real lo ideático y pensando sobre un plano que no será el definitivo. Aunque es evidente que ha de ocuparse de las variables específicas relacionadas con cada elemento (elección de anchura de torres, justificación de la necesidad de construir un número concreto de ellas en cada frente), dado que la finalidad última es obtener un *unicum*, tendrá que conjugar los elementos en base a una secuencia operativa que tendrá su reflejo en la ordenación mediante y resultante. A ella accedemos teniendo en cuenta precisamente el grado de dependencia en el diseño de cada elemento por separado, es decir, de su valor sintáctico: las torres intermedias son subsidiarias de los lienzos, que lo son a su vez de las torres esquineras, de modo que:

- 1) el maestro debe partir forzosamente de los cuatro vértices, estimando en primer lugar la anchura de las torres esquineras, guardando un orden de simetría en base a las diagonales del cuadrilátero.
- 2) En función de la longitud restante del frente y una vez decide emplear giros recurrentes de 4 grados para generar la anchura de las torres intermedias, calculará la forma de distribuirlas entre unos lienzos que han de guardar la mayor regularidad posible entre sí y en relación a su frente correspondiente.

De todo lo dicho se desprende que dentro del fundamento del diseño de las torres y lienzos de la alcazaba califal de Tarifa, debemos distinguir entre el procedimiento (patrón modular angular que apoya sobre cuatro vértices generadores), atributos asociados (unidades de medida) y secuencia u ordenación del proceso (torres esquineras -lienzos -torres intermedias). Se trata como vemos, de una combinación específica y subsidiaria de las dimensiones del armazón, susceptible sin embargo de cualquier variación de escala.

### 1.3. Las puertas

El hecho de que el diseño de los distintos volúmenes respondía a una combinación específica



de procedimientos, siempre en base a la geometría, nos llevó a pensar que el caso de las puertas no sería distinto. Dado el estado de conservación de la puerta este comenzamos a analizar la que mejor se conserva, la oeste. Si su deterioro hubiera sido mayor, jamás habríamos desgranado los fundamentos de su diseño. A su vez, sólo con la experiencia adquirida en la puerta oeste puede analizarse la puerta este. La conclusión, al menos en el primer caso, es que la extracción de referencias modulares a través de rectángulos giratorios o de Hambidge es clara. Esto nos llevó a profundizar y desarrollar una metodología y una nomenclatura para cada rectángulo. Dada la imposibilidad de desarrollar en estas pocas páginas un tema tan complejo, en las imágenes 11 y 12 presentamos de manera clara y sintética la nomenclatura que desarrollamos y empleamos para designar cada producto y subproducto, en el contexto de la generación o subgeneración de rectángulos mediante procedimiento dinámico, en serie alfa y beta.

Cuando se analiza un diseño dinámico debe tenerse muy en cuenta lo que denominamos *paradoja del análisis deconstructivo*, según la cual la objetividad del proceso ha de ser directamente proporcional a la subjetividad del maestro que conjuga exactamente unos elementos y no otros. El investigador debe ser consciente de que la meta no sólo es reconstruir el diseño original, sino poner a disposición de cualquiera la posibilidad de contrastarlo y reproducirlo.

Hace escasos meses que Antonio Almagro publicó los fantásticos resultados del análisis del diseño de la puerta de la fortaleza de Gormaz (11), construida probablemente en época de al-Hakam II, entre los años 965-966, cinco después que la de Tarifa. Previamente, en 1999, el catedrático de la universidad de Granada Antonio Fernández Puertas analiza el diseño proporcionado de la puerta de Los Visires de la mezquita de Córdoba (12), identificando la implicación de referencias extraídas de rectángulos dinámicos. Más recientemente dicho investigador analiza el diseño de la planta y alzado de la mezquita, cuyo trazado dinámico pusieron de manifiesto varios autores con mayor o menor acierto (13).

Entre los escasos estudios que inciden en

la implicación de la geometría dinámica en edificios hispanomusulmanes destacamos, al margen de la aljama cordobesa, el realizado sobre la mezquita del Cristo de la Luz de Toledo (14).

En el caso de la portada occidental de Tarifa, el papel de la geometría dinámica en el diseño es paradigmático: el maestro se vale de tal procedimiento en todo momento. En ocasiones hemos observado que la forma o el módulo lineal empleado en la traslación a la realidad del diseño nubla la vista del investigador. De hecho, independientemente de la cronología de la obra, en decenas de estudios vemos que el investigador a veces no viene sino a disgregar lo que en origen fue un diseño dinámico unitario, relegando a un segundo plano los fundamentos del diseño en beneficio de la forma, del lenguaje empleado en la materialización.

Retomando el caso tarifeño, una vez accedo al conocimiento de cómo se diseña la portada occidental, observamos que el proceso consta de cinco apartados (15): localización, definición de las dimensiones de la portada, definición de las dimensiones de la puerta, trazado del intradós y trazado del trasdós.

### 1.3.1. La puerta oeste

#### a) Localización

Se trata de la denominada Puerta de la Inscripción Fundacional o Puerta de Abd-al-Rahman I por Pedro Gurriarán (16). Sobre el terreno se encuentra ligeramente descentrada hacia el Norte. Sin embargo, teniendo en cuenta que el maestro emplea un patrón angular para generar las longitudes de lienzos y torres, terminamos por descubrir que se encuentra perfectamente centrada.

Su localización en el centro exacto de la traza ideal de la fachada nos llevó a pensar en un primer momento que el maestro la sitúa partir de los vértices generadores de las torres y lienzos del frente, realizando dos giros de 13°: desde el vértice noroeste del castillo hacia el Sur y desde el vértice sureste hacia el Norte. De ello resultaba que la luz bien de la puerta bien de la bóveda medía 2° (Imagen 13), abriendo la puerta hacia la extracción del alzado desde la planta. Así, fue al entrar a analizar la portada oeste cuando entendimos que el diseño de torres y lienzos condiciona el posterior diseño de los ele-

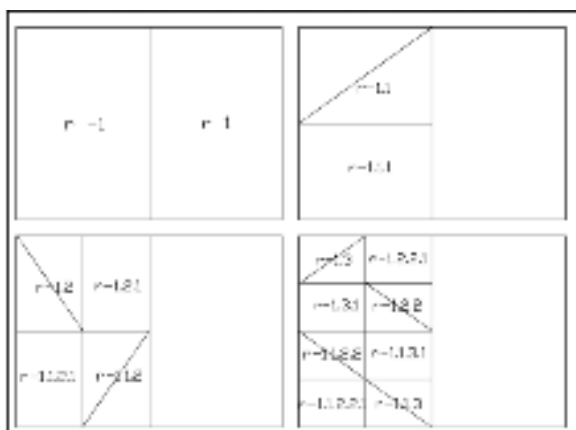


Imagen 12. Nomenclatura de la generación de productos y subproductos en serie beta (excepto r-1, origen de serie beta pero subproducto de serie alfa).

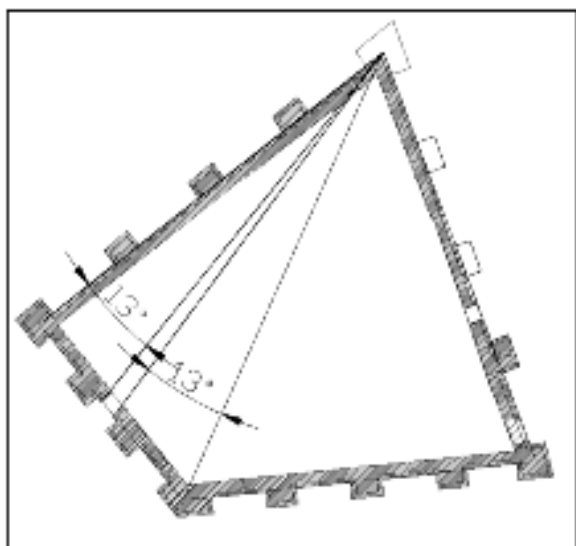


Imagen 13.-Diseño y localización de la puerta oeste en el centro de la traza del frente occidental

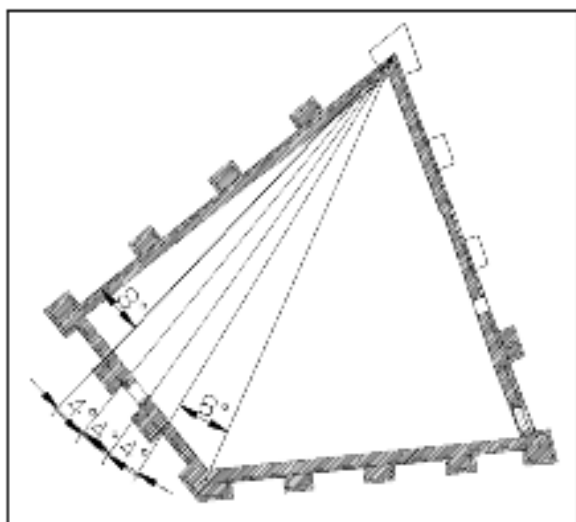


Imagen 14. Fundamentos del diseño de torres y lienzos del frente oeste.

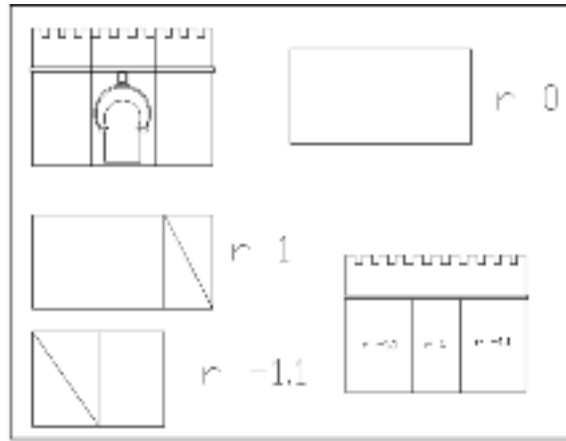


Imagen 15. Localización de la portada occidental.

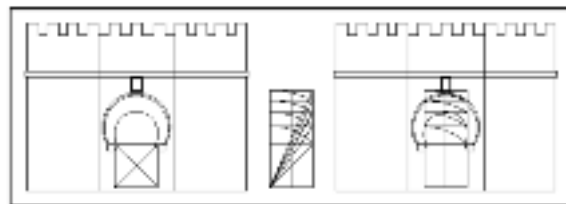


Imagen 16. Diseño dinámico de elementos de la portada.

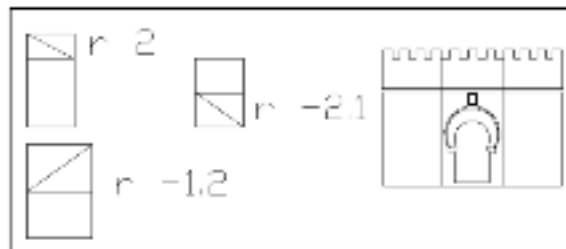


Imagen 17. Rectángulos implicados en el diseño de la puerta oeste.

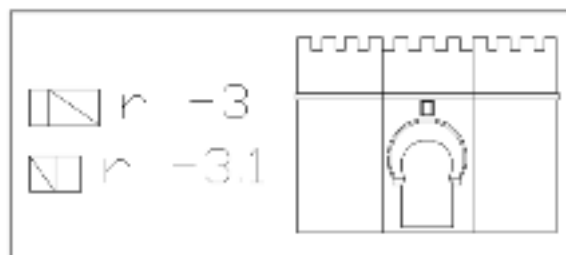


Imagen 18.-Referencias modulares empleadas en el diseño del intradós

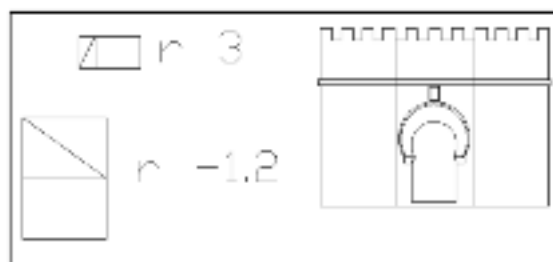


Imagen 19. Rectángulos implicados en el diseño del traspasos

mentos de la portada y que el maestro aborda ambos procesos al mismo tiempo aunque operando a distintas escalas y con distintos módulos.

Desde esta perspectiva matizamos la hipótesis inicial del diseño de torres y lienzos del frente oeste que presentamos en la imagen 10, donde observamos una variación en las medidas angulares de los lienzos (4°, 5° y 6°) que rompe el planeamiento estricto que cabe esperar del maestro geómetra. Al indagar desvelamos unos fundamentos mucho más claros (Imagen 14): dos ángulos de 8° laterales y tres de 4° centrales. Esta es la secuencia inicial de un proceso que desmenuzamos en las siguientes páginas y que bien puede ejemplificar el diseño armónico de una portada califal.

b) Definición de las dimensiones de la portada

La operación se realiza a través de un patrón modular específico: rectángulos giratorios de cociente 1'941. Este ratio puede derivar de la sencilla operación  $\Phi + \Phi/5$  (1'618 + 0'3236), pero también de una operación extraordinaria, "mágica" matemáticamente hablando, por implicar a los dos números irracionales más famosos de todos los tiempos:  $\Pi / \Phi = 3'1416 / 1'618 = 1'941656$ . Si bien no descartamos que la ratio  $\sqrt{4}$  (cociente 2) esté implicada en el diseño, su empleo es secundario. Con toda claridad se refleja al dividir la longitud mayor de r 0 entre la distancia quicio a límite inferior de la cornisa.

El ingeniero toma como figura de origen el rectángulo horizontal cuya longitud viene definida por la anchura del lienzo en el que se sitúa la puerta, más la anchura de las torres de flanco (conjunto al que denominamos L) y cuya altura será la existente entre el suelo y el límite inferior de la cornisa que circunda la fortaleza (en adelante H). Este rectángulo es el r 0 del diseño y mide 11.6 x 6 metros.

El primer rectángulo (r 1) obtenido a partir de r 0 definirá la portada, espacio de altura igual a H cuya longitud menor nos proporciona la anchura de la bóveda a la altura del arco de la puerta externa. Para ordenar el diseño, r 1 debe trasladarse hasta el eje de simetría de L. Esto no sólo se consigue trazando las oblicuas a r 0 para obtener su centro. Encontramos un doble pro-

ceso mucho más acorde con la profundidad que exige este tipo de diseños y de análisis: extrayendo un rectángulo de segunda generación a partir del subproducto inicial (por tanto, r -1.1), de modo que al solaparlo a r 0, su lado interno fijará la situación del lado externo de r 1 (17). Esta circunstancia nos hace ver que durante el análisis deconstructivo hemos de operar teniendo en cuenta que fijar situación y fijar límites (o el área o el volumen o la forma dado el caso), no tienen por qué ser aspectos o procesos coincidentes.

Una vez se ha trasladado r 1 a su ubicación definitiva, sus diagonales nos van a proporcionar un vértice que coincide con el vértice de las diagonales de r 0 y que será el incentro de la circunferencia que genera el intradós.

c) Definición de las dimensiones de la puerta

El rectángulo 1 (r 1), que marca las dimensiones de la portada, se convierte ahora en rectángulo matriz. La longitud menor de r 2 (también la menor de r -3) multiplicada por tres, nos da la altura total de la puerta (a límite superior de la clave).

Extraemos un diseño proporcionado partiendo del cuadrado de anchura igual a luz de la puerta (igual a la anchura mínima de bóveda en base a las zarpas) y altura igual a longitud desde imposta a quicio. Así, prolongando la luz en vertical y teniendo en cuenta el eje de simetría, se traza una circunferencia abatiendo consecutivamente cualquiera de sus diagonales cuatro veces. A partir de esta operación se observa que la altura del vano, la altura hasta el trasdós o hasta la lápida, quedan definidas por rectángulos de ratio  $\sqrt{2}$ ,  $\sqrt{3}$  y  $\sqrt{5}$  (imagen 16).

El diseño dinámico del conjunto da lugar a toda una serie de proporciones armónicas. Por ejemplo, desde el quicio de la puerta al límite superior de la lápida existe una altura equivalente a dos cuadrados y medio; el cociente al dividir la altura menor de r 0 entre la altura quicio-trasdós es  $1'2 (\pi / \Phi) / \Phi$ ; el rectángulo de lados mayores igual a altura del vano y de lados menores igual a la luz de la puerta, arroja la ratio  $\Phi$  (en concreto una aproximación, 1'629), como el rectángulo de lados mayores igual a lado menor de r 0 y lados menores igual a altura del vano (cociente 1'621); altura quicio-

trasdós entre anchura del vano es  $\Phi/8 + 2$  (2'202); lado menor de  $r_0$  entre anchura del vano es  $\sqrt{7}$ , etc.

Parecen existir a su vez módulos dinámicos muy claros que se observan simplemente con una regla. Así, la altura de imposta a intradós es  $\sqrt{3}$  (1'73), mientras la anchura del vano es una aproximación a  $\sqrt{5}$  (2'27 metros frente a cociente 2'236).

Una circunstancia de gran interés se produce cuando “dejamos caer” la altura quicio-intradós hacia el este  $90^\circ$ , porque al hacerlo extraemos la longitud máxima de la bóveda incluyendo las jambas de los arcos. Vemos de nuevo cómo el maestro juega con las dos dimensiones del plano. Esto nos lleva a un aspecto muy interesante a mi juicio, pues al trazar en planta un rectángulo que incluya las torres de flanco de la puerta oeste y los cuerpos de guardia, obtenemos una figura de tendencia dinámica cercana a la ratio  $\sqrt{5}$ . Esto nos estaría mostrando que los cuerpos de guardia son originales como plantea Pedro Gurriarán y nos abre un camino con implicaciones de amplio espectro que estamos analizando con mucho detenimiento (18). De hecho, al tomar como lado mayor el lado mayor de  $r_0$  (11'6 metros) y buscando una altura hipotética de la fachada original que denote una ratio dinámica, observamos la curiosa circunstancia de que si el alzado oeste medía en origen 8'20 metros de altura, nos encontramos ante un rectángulo de ratio  $\sqrt{2}$  (1'414). Recordemos en este sentido que en base a la altura máxima de la fábrica a saga y tizón que ha llegado a nuestros días, Pedro Gurriarán Daza cifra la altura original en torno a 8'20 metros

Retomando el tema de la extracción de referencias modulares a partir de los productos y subproductos de rectángulos dinámicos de cociente 1'941, de la suma del lado mayor de  $r_2$  y del menor de  $r_3$ , extraemos la altura del vano.

De la longitud menor de  $r_1$  - 1.2 extraemos de nuevo la anchura de la bóveda. Mas interesante a este último respecto es el caso de  $r_1$  - 2.1, cuyo lado mayor es la anchura de la bóveda (o vano de puerta más las jambas) y cuyo lado menor marcará la altura entre suelo y línea de imposta (Imagen 17).

Con el siguiente giro obtenemos  $r_3$ . La

longitud mayor de su subproducto ( $r_3$ ), definirá la luz de la puerta, la distancia de separación entre las jambas del arco. Las diferencias entre esta medida y la que fija la anchura de la bóveda son mínimas desde el vértice generador del frente. Por ello desconocemos cuál es la que equivale a  $2^\circ$  en el contexto del diseño del frente oeste; la que constituye el nexo entre las dos dimensiones del plano abriendo la puerta a la traslación del diseño al mundo material.

#### d) Trazado del intradós

El vértice generador del arco interior se sitúa en el punto en el que se cruzan las diagonales de tres rectángulos:  $r_0$ ,  $r_1$  (ya trasladado) y el del propio lienzo en el que se halla la portada. Pero, ¿en función de qué se cifra el diámetro de la circunferencia? El diámetro es el mismo que la distancia que separa a las jambas o, dicho de otro modo, la longitud del lado mayor de  $r_3$ . La distancia entre el incentro de la circunferencia del intradós y la línea de imposta, es  $1/3$  de la que separa el incentro del intradós, del límite inferior de la clave. Esta última distancia es la misma que la longitud menor de  $r_3$  - 1 (Imagen 18). La diagonal de este último rectángulo coincide con la separación entre incentro de arco interno y trasdós a la altura de la clave.

La distancia entre el incentro de la circunferencia del intradós y la imposta, es  $1/4$  del diámetro de la circunferencia del intradós

Cuando trazamos dos oblicuas desde los vértices inferiores de  $r_0$  a los vértices superiores del lienzo en el que se localiza la portada (en límite inferior de cornisa), obtenemos un vértice separado de la clave por una distancia muy similar a la que existe entre incentro de arco de imposta e incentro de circunferencia del intradós.

#### e) Trazado del trasdós

La diagonal del rectángulo dinámico  $r_3$  es el radio de la circunferencia del trasdós. La distancia entre incentro y clave en intradós en base al eje de simetría de la puerta, equivale a la longitud menor de  $r_3$  y mayor de  $r_4$ . A su vez, la altura de quicio a incentro es similar a lado menor de  $r_1$  - 1.2 (Imagen 19), y la distancia entre el incentro de la circunferencia del trasdós

y la imposta, es  $\frac{1}{4}$  del diámetro de la circunferencia del trasdós.

### Conclusiones

El diseño geométrico de la alcazaba califal de Tarifa es indudable. Nos resta saber si el tamaño final está relacionado con la orografía o con otros fundamentos (relaciones astronómicas, etc), si bien se trata de un diseño escalable, de un *unicum* que puede reducirse o ampliarse sin que por ello se modifiquen sus propiedades armónicas.

Estamos seguro de que aún quedan aspectos del diseño por desvelar. Uno de los más

interesantes es el caso de la puerta este. Localizada en la década de los noventa por Alejandro Pérez Malumbres (19), su estado de conservación limita el análisis, si bien es posible rastrear la implicación de la geometría dinámica en su diseño, empleándose un cociente inferior al observado en la puerta occidental (20). En cualquier caso es necesario seguir buscando los fundamentos exactos, habida cuenta de que no tiene por qué ser una portada tan armónica como la occidental. En este sentido, la comparación con otras portadas califales puede ser determinante. ■

### Referencias y notas

- (1) Licenciado en Historia por la Universidad de Granada. Arqueólogo colegiado 2177 (Cádiz)
- (2) NAVARRO FAJARDO, Juan Carlos: Bóvedas valencianas de crucería de los siglos XIV a XVI. Traza y Monte. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valencia. Valencia, 2004, p. 37.
- (3) El caso tradicionalmente más conocido es el de la pirámide de Keops. Así, en el siglo V a.C. los sacerdotes del templo de Heliópolis muestran a Herodoto antiguos escritos donde lee que “el cuadrado de la altura de la pirámide es igual al área de una de sus caras”, formulando la que será conocida como Relación de Herodoto.
- (4) At-Tusi (1201-1274), es el autor de la traducción al árabe de la obra de Euclides que más se ha extendido hasta nuestros días. También se conoce la traducción al hebreo realizada por Moises Tibón (1244-1274) y Jacob Machir (†1306). BORGES FILHO, F: *O Desenho e o Canteiro no Renascimento Medieval (séculos XII e XIII): Indicativos da formação dos arquitetos mestres construtores*. Universidad de Sao Pablo. Facultad de Arquitectura e Urbanismo, 2005. p. 17 (Tesis Doctoral).
- (5) Para José Antonio Ruíz de La Rosa, (*De Geometría y Arquitectura. Revista de Arquitectura*, 3. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra, (1999) 26 “*La Edad Media, utiliza la tradición geométrica de base euclídea apoyada en procedimientos empíricos largamente elaborados, leyes simples que permitían, paso a paso, generar y coordinar formas complejas. Que las reglas del oficio, los fundamentos de la geometría fabrorum, fueran simples, no quiere decir que su aplicación fuera fácil, de hecho, el aprendizaje gremial era largo y penoso y sólo algunos iniciados alcanzaban el grado de maestro*”.
- (6) NAVARRO FAJARDO, Juan Carlos: Bóvedas góticas de la Catedral de Orihuela (Alicante). *Revista EGA* 11 (2006) p.348.
- (7) Aprovechamos para agradecerle la total disponibilidad para que utilizemos las plantas por él digitalizadas como base para desarrollar tanto este estudio (visibles en las imágenes 6-10, 13 y 14), como el análisis del diseño de las cercas urbanas medievales de Tarifa. En relación a la fachada occidental de la alcazaba, también empleamos como plantilla un alzado basado directamente en su más que acertada restitución publicada en 2002 (ver nota 9).
- (8) DE LAS CUEVAS, J. y J.: *Los mil años del Castillo de Tarifa (960-1960)*. Cádiz, 1964, p. 15
- (9) GURRIARÁN DAZA, P. “Dos puertas tarifeñas excepcionales: Jerez y Abd al-Rahman III en el castillo de los Guzmanes” *ALJARANDA* 47 (2002) 8-15.
- (10) De esta época conocemos el nombre de otro inspector andalusí, encargado en este caso de tutelar las obras de la tercera ampliación de la mezquita cordobesa descritas por Aben-Adzari: “*Lo primero que hizo Al-Haken fué aumentar y hermohear la aljama de Córdoba. Este fué su primer decreto, encargando de la inspección de las obras á su hajib y espada Chaafar ben Abde-r-ahmán, el Esclavo...*”
- (11) ALMAGRO, A.: “La puerta califal del Castillo de Gormaz” *Arqueología de la Arquitectura*, 5. Madrid-Vitoria, (2008) 55-77.
- (12) FERNÁNDEZ PUERTAS, A.: “Uno de los trazados proporcionales de la Bab al-Wazara”. *Miscelánea de Estudios árabes y hebraicos*, 48. (1999) 60-104. Marfil, P... Entre otros aspectos, el marco exterior de la Puerta Occidental responde a una ratio  $\sqrt{\Phi/4 + 1}$  y el alfiz a  $\sqrt{2}$ .
- (13) De la Hoz en 1973; Ewert y Wisshak en 1981. Al analizar la planta de este espectacular edificio se observa que la primera ampliación responde a la ratio  $\sqrt{2}$ ; también el dhamí con la reforma de al-Hakam II (962-965) y la planta final en tiempos de Almanzor (981-1002). Los estudios anteriores son muy parciales al no tener en

cuenta la existencia de reformas, de distintas plantas. Para una revisión historiográfica sobre la mezquita de Córdoba es imprescindible consultar la excelente obra de Pedro Marfil Ruíz: *La Puerta de los Visires de la mezquita Omeya de Córdoba*. 2009.

(14) DEL RÍO FRANCÉS, M.; GARCIA GARCIA, J.; GARCIA BERRENDERO, J. E.; MINGUEZ MARTÍNEZ, J.M. (1973): "Proporciones áureas de la mezquita del Cristo de la Luz." *Revista de Obras Públicas*, marzo (1973) 189-204.

(15) El texto irá acompañado sólo de las imágenes imprescindibles, dado que mostrar gráficamente cada detalle del análisis carece de sentido cuando se sobreentiende y puede comprobarse fácilmente.

(16) "Dos puertas tarifeñas excepcionales: Jerez y Abd al-Rahman III en el castillo de los Guzmanes". **ALJARANDA 47**. (2002) El dibujo de la portada sobre el que realizamos nuestro estudio está basado directamente en el generado y analizado por dicho arquitecto.

(17) No es imprescindible usar rectángulos  $r - 1.1$  gemelos, si bien queda patente que la anchura de  $r 0$  es  $r - 1.1 + r 1 + r - 1.1$ . Destacar que los subproductos responden prácticamente a la ratio  $\sqrt{2}$ , que observamos en el rectángulo en el que cabe esquematizar la cerca tarifeña de Aljaranda. Buena parte de las ampliaciones de la mezquita aljama cordobesa parecen realizarse manteniendo dicha proporcionalidad a partir del cuadrado de la planta de origen.

(18) En el frente norte observamos al analizar lienzo por lienzo, que al dividir su longitud entre la anchura torre + muralla correspondiente, se obtiene un cociente cercano a  $\sqrt{6}$ . Esto nos ha de llevar a un pormenorizado análisis de cada caso, cuyos resultados presentaremos en el futuro. De ser así, de existir un diseño dinámico de cada lienzo y torres que lo flanquean, la alcazaba de Tarifa, con su apariencia irregular, puede ser uno de los edificios más armónicos de cuantos se han diseñado jamás.

(19) PÉREZ MALUMBRES, A.: *Excavaciones arqueológicas en el Castillo de Guzmán el Bueno. Los orígenes de Tarifa* (inédito).

(20) A día de hoy se obtienen los mejores resultados trabajando con la ratio  $\sqrt{6} - 1$  (1'449). Si la solería existente al sur de la puerta fosiliza el nivel de uso original, la localización del quicio se produce restando  $1/7$  parte al lado menor de  $r 0$ , medida similar a la distancia trasdós-intradós. El resultado sería una puerta que nos recuerda a la Puerta de San Esteban de la mezquita aljama de Córdoba, si bien con intradós y trasdós descentrados. No obstante, Pérez Malumbres nos dice que la altura desde la quicialera a la jamba es de 5 metros, es decir, que la solería mencionada se encontraría unos 60 centímetros por encima de la original. En cualquier caso, en el lienzo donde se localiza la portada este, la menor altura a la que se presenta la cornisa parece fundamental en la definición de  $r 0$ . Todo un guiño por parte del ingeniero de comprobarse finalmente.

Nota.-Todos los dibujos de las imágenes que ilustran el artículo han sido realizados por el autor.

## Boletín de suscripción

Les pido que, a partir de la fecha, me suscriban gratuitamente a la revista **ALJARANDA** y la envíen a la siguiente dirección:

Apellidos: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_

Población: \_\_\_\_\_ C.P. \_\_\_\_\_

Provincia : \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Firma:

Envíe este boletín de suscripción, o fotocopia del mismo, a la siguiente dirección:

Revista **ALJARANDA**, Servicio de Suscripciones.

C/ Amor de Dios, núm. 3 11380 Tarifa

o al correo electrónico [cultura@aytotarifa.com](mailto:cultura@aytotarifa.com)