

# MACHINES OF LOVING GRACE

Fabricación digital, arquitectura y buen vivir

## TÍTULO

MACHINES OF LOVING GRACE

Fabricación digital, arquitectura y buen vivir

## EDITORES

José Pérez de Lama Halcón

Enrique Vázquez Vicente

Narciso J. Vázquez Carretero

## EDITOR COLABORADOR

José María Sanchez Laulhé Sánchez de Cos

## AUTORES CAPÍTULOS

Lucía Arias & Susanna Tesconi; José Ballesteros Raga, Alba Peláez, Jacinto Jesús Moros Montañes, Pablo López Uralde & David Virto; Andrés Cabrera; CommonFab (Belén Barrigón Ferrero, Juan José Olmo Bordallo & José María Sánchez Laulhé); David Cuartielles; Paulina Díaz Ramírez; Tomás Díez; Neil Gershenfeld & Vicente Guallart; Carlos José García Mora; Antonio Lafuente & Andoni Alonso; Miguel Ángel López Navarro; Camila Maggi & Francisco Díaz; Andrés Martín Pastor; Roberto Narváez-Rodríguez & María Aguilar-Alejandre; Heloisa Neves; José María Pedraza, Juan Cascales Barrio, Cristina Soriano & Blanca González Sainz; José Pérez de Lama; Juan Carlos Pérez Juidías; José Pujol; Nuria Robles; Sergio Rodríguez Estévez, Salas Mendoza Muro & Fran Pazos García; Jesús Rodríguez Medina; Antonio Sáseta; Enrique Soriano; Pep Tornabell, Dragos I. Naicu & Günther H. Filz.

## EDICIÓN

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA

Universidad de Sevilla

Avda. Reina Mercedes, 2,

41012 Sevilla

<http://www.etsa.us.es>

LUGADERO

C/Correduría, 5A

41002 Sevilla

<http://www.lugadero.com>

## I.S.B.N

978-84-945726-2-3

## DEPÓSITO LEGAL

SE 1473-2017

## DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Antonio Figueroa, Javier Martínez, Elisa Monge, Marta Morera (Lugadero)

## IMPRESIÓN

Tecnographic

El presente libro se distribuye con licencia Creative Commons-Attribution Share Alike 4.0

International - CC BY- SA 4.0

[<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>]

© 2017, Escuela Técnica Superior de Arquitectura

© 2017, los editores, José Pérez de Lama Halcón, Antonio J. Lara Bocanegra, Narciso J. Vázquez Carretero

© 2017, de los textos e imágenes, sus autor\*s



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



fab lab sevilla  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura



Colección Fab Lab Sevilla #004

# MACHINES OF LOVING GRACE

Fabricación digital, arquitectura y buen vivir

Editores

José Pérez de Lama Halcón

Enrique Vázquez Vicente

Narciso J. Vázquez Carretero

# ÍNDICE/

**014** ¿Un laboratorio de fabricación digital en una escuela de Arquitectura?

José Pérez de Lama, Narciso J. Vázquez Carretero

## PANORAMAS

**018** Fab City Whitepaper  
Ciudades productivas, localmente autosuficientes y globalmente conectadas

Tomás Díez, Neil Gershenfeld, Vicente Guallart

**028** La cocina frente al laboratorio

Antonio Lafuente

**032** Taller de Prototipado  
La hospitalidad como cultura y como tecnología

Antonio Lafuente, Andoni Alonso

**038** Aunque todos toquéis un instrumento, no sois una banda

David Cuartielles

**050** FabRoom  
Ser o no ser de la fabricación digital comunitaria en Sevilla

CommonFab (Belén Barrigón Ferrero, Juan José Olmo Bordallo, José María Sánchez Laulhé)

**058** Maker Innovation  
La apertura de los espacios maker a otros ecosistemas

Heloisa Neves, We Fab

**064** Machines of loving grace?

José Pérez de Lama

## FAB LABS

- 080 Fab Lab León**  
Un nuevo espacio dedicado a nuestros jóvenes  
[Nuria Robles](#)
- 086 CambiLab**  
Una herramienta para la cohesión y el desarrollo rural  
[Andrés Cabrera](#)
- 096 Experiencias**  
De una caja en una habitación blanca  
[Juan Carlos Pérez Juidias](#)

## EDUCACIÓN

- 102 El lab como recurso educativo**  
[Lucía Arias, Susanna Tesconi](#)
- 110 MakerSpaces y educación**  
[José Pujol](#)

## PATRIMONIO

- 118 El juego de los mocárabes**  
[Antonio Sáseta](#)
- 136 Tecnologías en Patrimonio**  
Obtención, gestión y análisis de elementos patrimoniales y su uso como herramienta transversal entre disciplinas  
[Jesús Rodríguez Medina](#)
- 146 Nuevas tecnologías de accesibilidad al patrimonio para invidentes**  
[Paulina Díaz Ramírez](#)

## PROYECTOS

- 156 New Demands for a New Architectural Paradigm**  
Two Projects for Early Training on Computational Design and Digital Fabrication  
[Roberto Narváez-Rodríguez, María Aguilar-Alejandre](#)
- 166 Superficies desarrollables, fabricación digital y arquitectura ligera**  
Un recorrido experimental entre Sevilla y América Latina  
[Andrés Martín Pastor](#)
- 180 Topologically-based curvature in thin elastic shell networks**  
[Enrique Soriano, Pep Tornabell, Dragos I. Naicu, Günther H. Filz](#)
- 190 Nudos Giratorios Estructuras Desplegables Retroexpansibles de 3 ó más fases**  
[Carlos José García Mora](#)
- 196 Arquitectura dinámica interactiva**  
[José Ballesteros Raga, Pablo López Uralde, Jacinto Jesús Moros Montañes, Alba Peláez, David Verto](#)
- 208 Nuevas infraestructuras para la Escuela de Arquitectura**  
[José María Pedraza, Juan Cascales Barrio, Cristina Soriano, Blanca González Sainz](#)
- 212 Luces de Barrio**  
[Sergio Rodríguez Estévez, Salas Mendoza Muro, Fran Pazos García](#)
- 218 EXando una mano**  
Comunidades, cuerpos y tecnologías libres  
[Camila Maggi, Francisco Díaz](#)
- 226 P-Minifab**  
[Miguel Ángel López, José Pérez de Lama](#)



Antonio Sáseta

2016

# EL JUEGO DE LOS MOCÁRABES

**Bendito sea Aquél que otorgó al imán Mohamed  
las bellas ideas para engalanar sus mansiones**

## ARQUITECTURA MUDÉJAR

En estos tiempos de olvido, bueno será hacer un ejercicio identitario o al menos nemotécnico; a nadie hará daño volver la mirada hacia gemas olvidadas de un arte que todavía nos rodea, a poco que uno mire. Arte exclusivo, autóctono. Podemos hacer toda clase de esfuerzos eruditos para desvelar las influencias externas, pero es indudable su singularidad en el mundo de la arquitectura. Arte que don José Amador de los Ríos, con el cinismo complaciente y partidista de un académico conservador del siglo XIX, llamó "Arquitectura Mudéjar".

Tan bello epíteto no deja de tener su ironía. Mudéjar, "al que le ha sido permitido quedarse", siempre marginado, excluido de la contratación laboral, disminuido en sus derechos, agobiado por los impuestos y la mala fama. Arquitectura mudéjar vendría a significar arquitectura creada por los excluidos, los marginados, los sin-patria. No sé si el académico tuvo en cuenta esta connotación, pero es posible que ella tenga algo que ver con la popularidad de tan afortunados arte y nombre.

Arte hispánico por antonomasia, síntesis de oriente y occidente, demuestra, como ninguno, su riqueza, por su flexibilidad para entrelazarse con todas las influencias y su independencia imaginativa. Arte que sin solución de continuidad ha venido manifestándose por estos lares, por lo menos, desde el siglo X hasta casi nuestros días.

Arquitectura mudéjar, hispano-musulmana, andalusí o de al-Andalus, arquitectura total que integra la naturaleza, la poesía, la geometría y la astronomía.

El edificio es un jardín "Yo soy el jardín que la belleza adorna: me conocerás por lo que soy si contemplas mis encantos". Arquitectura de trazado y textura, donde la luz se hace protagonista, "lanza el mármol su clara luz, que invade la negra esquina que tiznó la sombra; irisan sus reflejos, y dirías que son, a pesar de su tamaño, perlas", cuyo único objetivo es el placer estético, "aquí el hombre noble satisface su apetito de belleza". Auto-alusiva, porque el edificio habla de sí mismo. El edificio es el mensaje, la textura es el material con el que se fabrican los signos, el edificio es un libro, sus entramados simbólicos se sustentan en los arcanos geométricos, su orientalista horror vacui, la infinita variedad, es el medio de expresar la convicción en la contingencia y transformabilidad de lo real, la forma de hacer patente la concepción del mundo como un sistema de accidentes que cambia continuamente.



## Sólo Alá es eterno e inmutable.

### ALHAMBRA

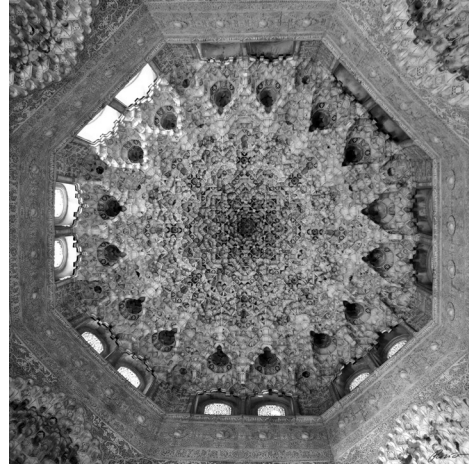
¿Qué castillos son aquéllos? ¡Altos son y relucían!  
El Alhambra era, señor, y la otra la mezquita,  
los otros los Alixares, labrados a maravilla.  
El moro que los labraba cien doblas ganaba al día,  
y el día que no los labra, otras tantas se perdía.

El visitante vidente -que no hay nada más triste que ser ciego en Granada- que penetre en la Sala de Las Dos Hermanas, inmerso en una muchedumbre de turistas, todavía puede alzar la vista y descubrir una cúpula brillante, de hermosuras escondidas. Rendida de Géminis la mano; viene con ella a conversar la Luna. Allí quieren incrustarse los astros, y sin más, girar en la celeste rueda, como de ella misma cantan, ricamente labrados en las paredes, los poemas de Il Zamrak, gran visir del imán Ibn Nasr, castellanizado como Mohamed V, rey incomparable, alba que muestra el horizonte, promotor y alma del Palacio de los Leones de la Alhambra,

¡Que a sus obras haga Alá tan hermosas  
como son su temple y su figura!

Mohamed V era aliado y amigo de Pedro I de Castilla (Justiciero para los amigos, Cruel para los enemigos) y simultáneamente ambos compadres se construyen sendos palacios, uno en Granada el otro en Sevilla, probablemente diseñados y fabricados por las mismas manos. Parece que entre crisis financieras, bancarrotas, hambrunas, peste negra y guerras civiles, las élites seguían pensando en el placer y los caballeros, hoy amigos, mañana enemigos, se podían despedazar en gestas guerreras, pero se imitaban los palacios. Es posible que en Sevilla se hicieran antes los experimentos, pero es en Granada donde el arte llega a la cumbre del gusto, el ingenio y el amor a la belleza en aquel palacio de cristal, estrella rutilante y referente universal de la arquitectura hispánica.

El Palacio de los Leones es un edificio de trazado clásico y múltiples texturas policromadas: lacerías, atauriques, inscripciones epigráficas, mosaicos de azulejos y sobre todo mocárabes. Son principalmente estos últimos, apareciendo en soluciones de cúpulas, racimos, cornisas, frisos, capiteles, etc. siempre diferentes, los que le dan ese aspecto singular tan característico, ¡Qué recreo para la vista! A base de esta textura se desarrolla un universo de significantes, un embeleso para el alma, un calidoscopio iridiscente, un inagotable néctar para el apetito de belleza.



#### Sala de las Dos Hermanas

Palacio de los Leones. Alhambra. Granada

Promoción: Mohamed V

Autoría: Anónima

Fecha: entre 1360 y 1370 aprox.



## MOCÁRABES

El diccionario de la R.A.E. define la voz mocárabe como: "Labor formada por la combinación geométrica de prismas acoplados cuyo extremo inferior se corta en forma de superficie cóncava, que se usa como adorno de bóvedas, cornisas, etc."

La esencia del sistema es la proyección en el espacio de una grilla o teselación de polígonos planos, convirtiendo los polígonos de dos dimensiones en celdillas de tres dimensiones que van trasladándose verticalmente según pautas muy precisas.

El problema es viejo, surge con el antiguo signo, el arcano del cuadrado y el círculo, la tierra y el cielo, la Qubba Real, la habitación sui generis del mundo islámico heredada del mundo antiguo. ¿Cómo pasar de una estancia de planta cuadrada terrenal a una cubierta en forma de esfera celestial? La esfera se construye con simetría octogonal y aparece el problema constructivo de las pechinas o las trompas en los triángulos de los vértices del cuadrado. Aunque la pechina o la trompa son demasiado modestas para explicar las intrincadas realizaciones que vemos en el arte de proyectar polígonos tanto en Oriente como en Occidente.

Este gesto de proyectar polígonos en formas espaciales es muy antiguo, inútil buscar un origen para el mocárabe, debemos remontarnos a tiempos muy remotos, pasar por la Domus Aurea de Nerón y por la arquitectura sasánida hasta llegar a las primeras realizaciones, simultáneamente en las orillas del Caspio, en las riberas del Éufrates, en las márgenes del Nilo y a la vera del Guadalquivir.

El problema se concreta así: dada la planta o mosaico de partida proyectar los polígonos (teselas) en formas espaciales hasta rellenar el espacio disponible.

Existen dos formas distintas de encarar el problema, que tienen que ver con las características de simetría y modulación de los mosaicos:

1.- **Sistema oriental** Mosaicos no modulares; se proyectan los polígonos según un principio operativo que puede variar en el proceso, los polígonos tienen variaciones por dilatación o contracción y aunque la forma se mantiene las celdas espaciales son todas o casi todas diferentes.

2.- **Sistema occidental** Mosaicos modulares; se define una estructura formada por una colección pequeña de piezas unitarias y unas reglas simples de agregación o composición para formar soluciones más complejas de gran diversidad. Todas las piezas forman parte de un catálogo pequeño de variaciones.

Además existen diferencias entre los dos sistemas en las curvas utilizadas, los motivos decorativos, los materiales empleados, etc.

B. Pavón Maldonado nos recuerda que disponemos de muchas palabras: muqarnas, muqarbas, muqarbase o muqarbisa, mucarnas, almocárabes, almocarabez, mocárabes, cúpula mocarabada o popularmente estalactitas. Aunque es muy común (sobre todo en autores anglosajones) el término muqarna para referirse genéricamente a estas soluciones, nosotros usaremos muqarna para referirnos al sistema oriental y muqarba (castellanizada en mocárabe) para el sistema occidental.

Algunos autores ven indicios de muqarnas (y serían las más antiguas documentadas) en la portada del palacio del califa abbasi Harun Al-Rashid, en Raqqa, Siria, entre los siglos VIII y IX. Bonito origen, lo primero que nos encontramos es a Sherezade y sus cuentos nocturnos ¿no se percibe un indudable paralelismo compositivo entre el sistema geométrico de los mocárabes y la estructura narrativa de las Mil y una noches? Pequeñas unidades que se relacionan entre sí para formar conjuntos mayores siempre cambiantes, auto-alusivos, auto-incluidos y denotando ciertas propiedades fractales, buscando quizás, más allá de los valores estéticos, significados filosóficos, teológicos o científicos.

### MUQARBAS. SISTEMA OCCIDENTAL

En esta ocasión nos centraremos en la descripción de un modelo idealizado que nos ayude a comprender el mecanismo de diseño de los mocárabes que vemos en Granada y Sevilla. El modelo debe ser consistente, sin contradicciones internas, coherente con las formas observadas y congruente con los datos documentales. Estos modelos, que en apariencia nacen para cerrar el asunto, no hacen más que evidenciar el carácter abierto del problema. Cada artista en cuestión y en cada caso concreto, versiona el orden general, que se manifiesta como un ente virtual, de referencia, de trampolín o apoyo de la creatividad subjetiva. Como siempre, volvemos a encontrarnos, una vez más, con la evidencia de que el arte no reproduce, en todo caso rumia, siempre con sabor nuevo. En arte los sistemas son fecundos en sistemas, se entrelazan, se reproducen en múltiples e inesperados mutantes. Que nadie sea tan ingenuo de querer cerrar la fuente de la creatividad y la inventiva.

## El que domina el juego tiene la licencia.

Las bases documentales de referencia que hemos utilizado son: el capítulo 18 del tratado de Diego López de Arenas, alarife sevillano, de 1633, y la magnífica lectura dibujada de Enrique Nuere del manuscrito del fraile carmelita Andrés de San Miguel, escrito en México, probablemente por las mismas fechas que el del sevillano.

De momento pasamos de largo por el curioso hecho de que la tradición del mocárabe, una de las características más notables de una arquitectura que ha sido vista por muchos como una realización orientalista, islámica, nos sea transmitida por los escritos de cristianos viejos de los tiempos modernos.



DUMBAQUE



MEDIO CUADRADO



CONZA



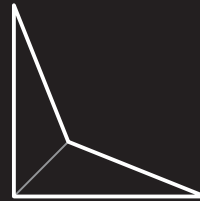
JAIRA



ALMENDRILLA



ESPECIAL



ESPECIAL



MEDIA JAIRA

## TESELAS

Formas básicas y formas complementarias.



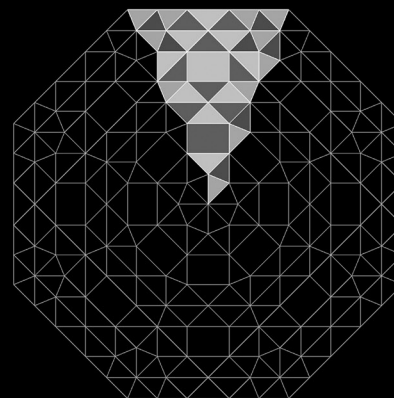
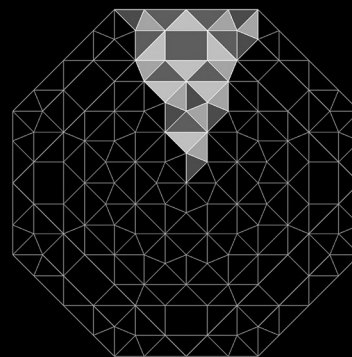
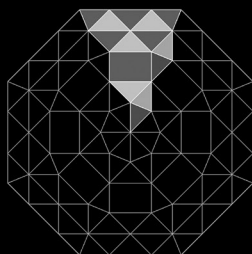
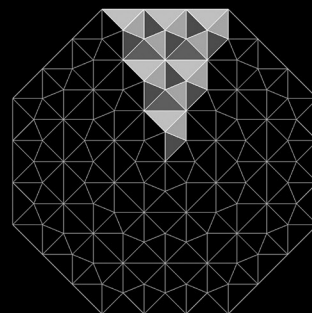
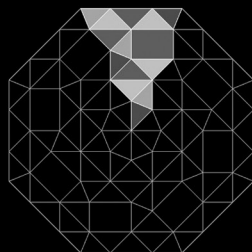
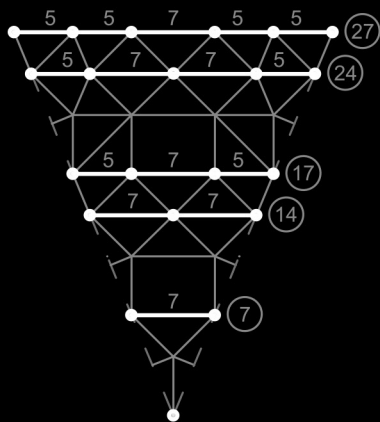
## FORMAS BÁSICAS

El mocárabe andalusí es el resultado de la proyección en el espacio de un mosaico en planta formado por una colección de tres piezas o teselas básicas:

- 1.- *Dumbaque*, triángulo isósceles, con ángulo de  $45^\circ$
- 2.- *Medio Cuadrado*, triángulo isósceles con ángulo de  $90^\circ$
- 3.- *Conza*, rectángulo de lados proporcionales a 1 y raíz de 2

El dumbaque casi siempre aparece doblado por su lado menor. A esta pieza doble le llamamos *jaira*, así el dumbaque puede ser llamado también *media jaira*.

Estas tres piezas se proyectan en el espacio formando prismas a los que se les labra alguna determinada concavidad. Los prismas se llaman *adarajas*. (adaraja, según Mariátegui, 1876, pp. 3-4, significa originalmente "escalón")



## OCHAVOS

Los mosaicos descritos por Diego López de Arenas tienen dos grupos de simetría: un grupo de *Leonardo* de orden ocho (el grupo de simetrías del octógono regular) y un grupo de cuatro ejes de simetría. Por su simetría octogonal pueden descomponerse en ocho partes iguales, a cada una de las cuales llama *ochavo*. El ochavo a su vez es simétrico con lo que surge el segundo grupo de simetrías de orden cuatro, cosa que, mira tú por dónde, no ocurre en la cúpula de las Dos Hermanas, por lo que parece que allí quieren incrustarse los astros y sin más, girar en la celeste rueda.

Obsérvese que las teselas básicas tienen lados proporcionales a 1 y raíz de 2. El dumbaque tiene dos lados proporcionales a 1 (el tercer lado no se necesita, por ahora). El medio cuadrado tiene dos catetos proporcionales a 1 y la hipotenusa proporcional a raíz de 2. La conza tiene dos lados paralelos proporcionales a 1 y otros dos lados proporcionales a raíz de 2. Si multiplicamos ambos números, 1 y raíz de 2, por 5, tendremos dos números 5 y 7.071067812, muy aproximado a 7, así los alarifes hablaban de echarlo por el 5 o echarlo por el 7, refiriéndose a los lados menor y mayor de las adarajas.

Si consideramos que los lados menores de las adarajas miden 5 pulgadas (como aproximadamente pasa en la cúpula de las Dos Hermanas) la diferencia entre 7 pulgadas y 7.0710... es de unas 35 centésimas de milímetro, bastante por debajo de la mínima resolución de trabajo de un carpintero o un yesero. A nuestros mayores les bastaba la clásica aproximación de raíz de 2 igual a siete quintos para sus mocárabes labrados a maravilla.

← Imagen 1 (de izquierda a derecha y de arriba abajo): Detalle de teselación ochavo de 27 unidades; imágenes 2a, 2b: ochavo de 17 unidades (ochavo central de la cúpula de las Dos Hermanas); imagen 3: ochavo de 21 unidades; imagen 4: ochavo de 24 unidades; imagen 5: ochavo de 27 unidades.

El tamaño del ochavo es un número  $N = A \times 5 + B \times 7$  siendo A el número de adarajas con el lado menor (5) y B el número de adarajas con el lado mayor (7) en la base del ochavo.

En el detalle de la imagen 1, la base tiene un tamaño de  $27 = 4 \times 5 + 1 \times 7$ .

$A = 4$  y  $B = 1$

En este caso el ochavo se divide en 27 unidades; 5 de estas unidades constituyen el grueso de las adarajas.

...toma el dicho ochavo y hazlo diecisiete tamaños, y después de haberle quitado el grueso de la alberneca (o es albernica?) y cinco de estos diecisiete es el grueso de la madera; y si quieres meter mayor razimo, porque te parecieron las maderas del razimo gruesas, haz el ochavo del almizate, sacado el grueso de la alberneca, veintiuno, y cinco de ellos será el dicho grueso, y si te cupiere mayor razimo, hazlo veinticuatro y los cinco es el grueso; y si se pidiera mayor razimo, hazlo veintisiete, el dicho ochavo, y los cinco será su grueso,

El ochavo es un triángulo isósceles con ángulo en el vértice de  $45^\circ$ . Se describe a partir de su lado menor o base en virtud de los lados de las adarajas que se sitúan en él. Diego López llama *tamaño* del ochavo a un número  $N = A \times 5 + B \times 7$ , siendo A el número de adarajas con el lado menor (5) y B el número de adarajas con el lado mayor (7) en la base del ochavo.

En los ochavos del sevillano, al ser simétricos, A siempre es un número par.

Conocida la longitud de la base del ochavo, según el caso concreto a realizar, y elegido un tamaño de ochavo en función de la mayor o menor complejidad que se quiera y del volumen apropiado de las adarajas, se divide la longitud de la base del ochavo en tantas partes como nos diga el tamaño, cinco de estas unidades es el *grueso* del ochavo, o sea la longitud del lado menor (5) de las adarajas.

La *alberneca* es una tabla, de un filete de grueso, que acompaña a las adarajas del borde dejando un lomo de una unidad, y sirve de remate y entrega con el resto de la cubierta.

## PLANTILLAS

Aunque al antiguo alarife utilizara números aproximados (5 y 7 en lugar de 1 y raíz 2) esto no tenía importancia ya que la exactitud estaba garantizada al trabajar con el *chaplón de jairas* y cartabones con ángulos fijos (45°, 90°, 67.5° ) para sacar los prismas de las adarajas. El *chaplón de jairas* es una tabla que puede tener de espesor el grueso del ochavo, para sacar las conzas y los medios cuadrados o de cinco séptimos del grueso del ochavo para jairas y dumbaques. Una vez obtenidos los prismas se recortan con superficies cilíndricas usando una colección de plantillas.

Veamos cómo describen las plantillas nuestros autores:

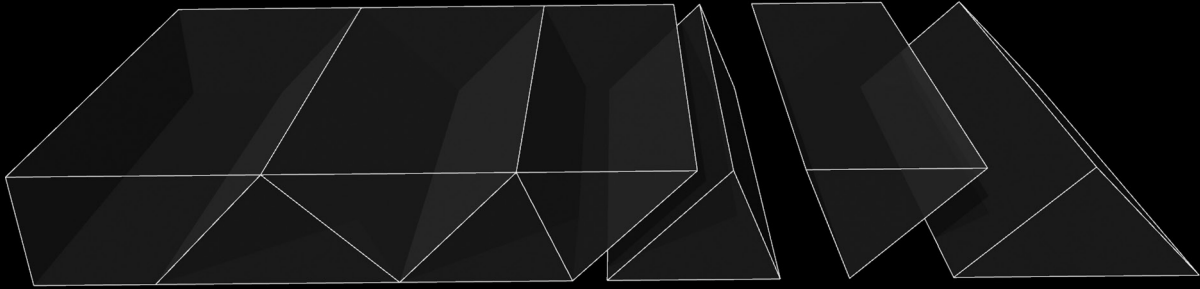
...y conocido su grueso sacarás la plantilla de este modo: Toma una tablica delgada al ancho del grueso de la madera del razimo que quisieres hacer, y haz su ancho cinco partes, y en las cuatro da una cuarta parte de círculo, y la quinta parte que no entró en él, pase de largo otro tanto como los cuatro quintos, quiero decir, que tenga todo el alto de la tablica, que ya llamaremos plantilla, menos la quinta parte de su ancho, y a esta figura en que quedare la dicha plantilla, llamaremos conça. Y en la parte opuesta harás su alto siete partes, y con los seis séptimos harás la cuarta de círculo, y pase otro tanto como seis séptimos, y aquél que no entró en la cuarta del dicho círculo, le llamaremos grullillo, que será más disminuido en su anchura que la conça otro filete, y cada razimo, como sea el grueso diferente, se le sacará conforme a su grueso la plantilla, como lo verás aquí demostrando en estas cuatro demostraciones, con la demostración de la plantilla, y como el grueso de la madera de cualquiera de ellos es delgada, demostraré la plantilla más ancha, teniendo la conça la quinta parte de su ancho, y el grullillo la séptima, y un filete más, como aquí se demuestra.

(Diego López de Arenas)

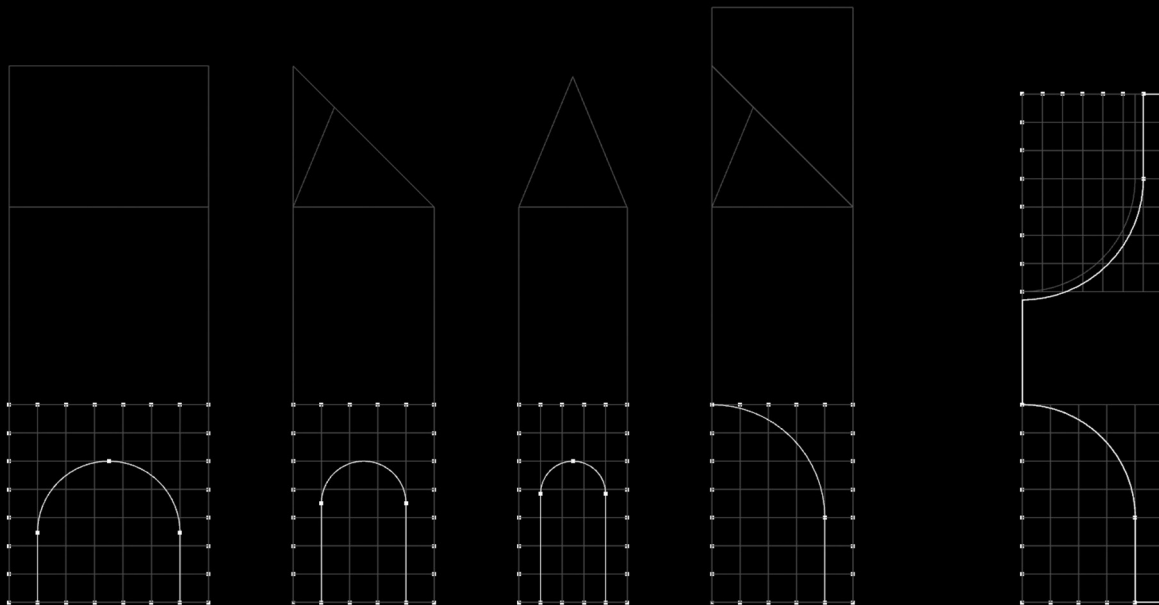
...Estas se toman de la traza y monte de la racimo, en el tamaño que se ha de obrar, la plantilla de las siete [de las] conças y atacias, se parte su ancho en siete tamaños. De estos se dan dos de ancho a las piernas, uno a cada una, y cinco al medio círculo, otros cinco de largo a la pierna. La plantilla de mocárabes, y la de la jaira ruví, tienen de ancho las cinco de estas siete partes, la una pierna del mocárabe tiene de ancho una de sus cinco partes, y de largo siete partes. Estos cinco tamaños se da de ancho a la otra pierna del mocárabe, y de largo todo el ancho que la plantilla tiene, y la mitad más y el mismo largo y ancho tiene la pernezuela que se añade a la jaira ruví

(Fray Andrés de San Miguel)

Chaplón de jairas







Siguiendo a Nuere y como se ve en las ilustraciones, se divide el lado menor de las adarajas en cinco partes y se toman siete unidades en vertical, así el arco mixtilíneo tiene, por tanto, siete unidades de altura y como el *lomo*, o sea, el solape vertical entre una y otra adaraja es de una unidad, la altura mínima que hay que darle a la adaraja será de  $7 + 1 + 7 = 15$ , y la pauta para la elevación entre un nivel y otro de adarajas es de 8 unidades. Para las conzas se divide el lado mayor (7) en siete partes, el semicírculo será de cinco unidades y la altura total de cinco. Hemos optado por generalizar los arquillos, haciendo que todos tengan la clave a cinco unidades de altura. La plantilla descrita por Diego López es doble, una sirve para las adarajas, digamos, normales, igual a la descripción de fray Andrés, la otra sirve para los *grullillos*, adarajas con pernezuelas del grosor de un *filete* (cinco séptimos de una unidad), más delgadas que las normales que tienen de grosor una unidad.

A partir del chaplón de jairas obtenemos los prismas y con las plantillas se recortan según una serie de curvas, con lo que se obtiene la colección completa de adarajas, más adelante serán grabadas, talladas y policromadas.

Este proceso descrito en los manuscritos es indicado para los mocárabes realizados en madera o yeso, aunque las de yeso también se podrían fabricar por moldeo.

## MEDINAS

...Los razimos amedinados se obran del mismo modo que los que se hacen por amedinar; porque tan solamente difieren en que sacando el grueso, como queda dicho, se le quite medio séptimo al grueso, que es la mitad del grueso de la medina, de modo que faltando el medio grueso de filete a cada pieza y teniendo la medina de grueso un filete, y el ancho lo que le quedare a la madera, que serán seis séptimos, va culebreando por sus adarajas, haciendo una armonía en que se ofusca la vista muy graciosa; las medinas se rodean con la conza de la plantilla, de modo que, conza y grullillo, siempre la conza quede con relieve.

Las medinas son arcos mixtilíneos entrelazados que actúan como nervios de la cúpula o racimo, las adarajas rellenarán los huecos entre medinas como si fueran plementerías. Diego López describe las medinas y nos dice que deben tener de ancho un filete, por lo que hay que rebajar el ochavo dicho filete para calcular el grueso. Creemos que la descripción no es completa o es aproximada, si se le quitara al ochavo el grosor de la medina, la base del nuevo ochavo sería igual a la base del primero menos el filete multiplicado por raíz de dos, esta nueva longitud es la que tendríamos que usar para sacar el grueso de las adarajas. Otra posibilidad es que se rebajen sólo las adarajas que limiten con las medinas, pero esto no es congruente con lo que vemos en la realidad, donde todas las adarajas son iguales y poseen las dimensiones propias del sistema. Además, en un mosaico con medinas, de cierta complejidad, estas no pueden ser todas del mismo grosor. Para que las adarajas sean todas iguales las medinas tienen que tener una serie de grosores diferentes en la gama proporcional de 1 y raíz de 2, y así es como se observa, por ejemplo, en la cúpula de las Dos Hermanas.

← Izquierda: plantillas de de Fray Andrés de San Miguel.  
Derecha: plantilla de Diego López de Arenas.

DUMBAQUE ABIERTO POR LA ESPALDA	DUMBAQUE GRULLILLO	DUMBAQUE GRULLILLO	DUMBAQUE EN TABLA	CONZA ABIERTA	CONZA ABIERTA	CONZA POR TABLA
MEDIO CUADRADO ABIERTO POR LO ANCHO	MEDIO CUADRADO ABIERTO POR LO ANCHO	MEDIO CUADRADO ATACIA	MEDIO CUADRADO CIRUELO	MEDIO CUADRADO GRULLILLO	MEDIO CUADRADO EN TABLA	MEDIO CUADRADO DE OWEN Y GOURY
JAIRA AHORCADA	JAIRA CIRUELO	JAIRA CIRUELO	JAIRA NAZARI	JAIRA RUBI	JAIRA POR TABLA	JAIRA COMPUESTA HOMBRO
ESPECIAL ALMENDRILLA	ESPECIAL 1	ESPECIAL 2	ESPECIAL 3	ESPECIAL 4		

## COMPOSTURA DE UN RACIMO

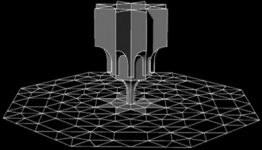
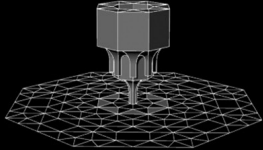
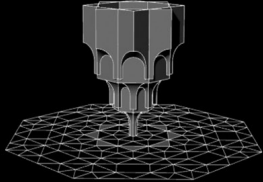
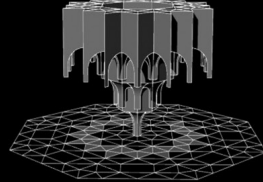
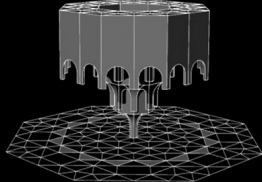
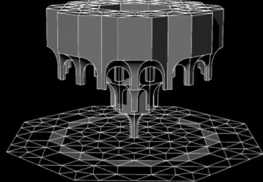
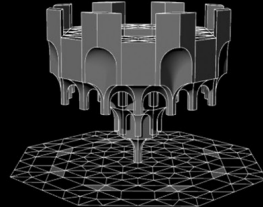
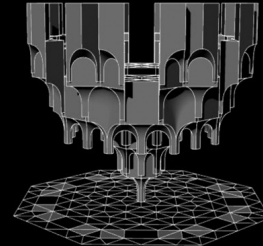
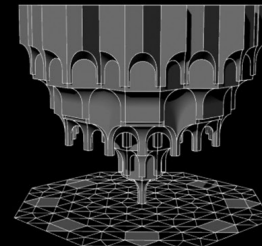
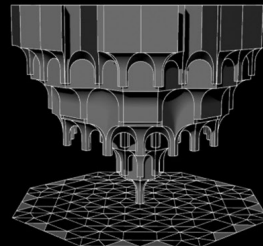
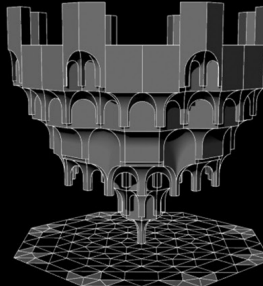
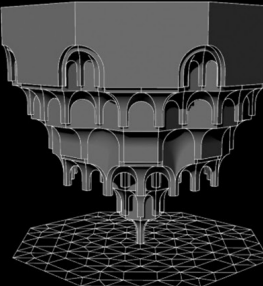
Veamos seguidamente cómo se construye un racimo de mocárabes siguiendo, paso a paso, la descripción que hace fray Andrés de San Miguel, como si de un algoritmo de automatización se tratara:

- 1.- la primera compostura es asentar ocho dumbaques sobre los ocho ochavos del mástil y luego se encajan sobre la frente del mismo mástil, otros ocho dumbaques grullillo. A estos en el canto alto se les deja un lomillo que le de gracia...los otros ocho dumbaques se abren por la parte más angosta
  - 2.- y entre dumbaque y dumbaque se asientan ocho medios quadrados, estos se abren por la parte más ancha con un lomo por medio
  - 3.- y encima de los quadrados ocho ataçias
  - 4.- y entre las ataçias media jayra y encima otra media jayra de manera que haga una jayra ahorcada con las piernas parejas
  - 5.- y encima se asienta la ataçia
  - 6.- y encima de la ataçia otro medio quadrado y arrimado a este medio quadrado se asienta otro medio y encima de él otro, y otro de la otra parte de manera que vengán a serrar un ochavo y en medio de estos dos se asienta otro, de manera que se junten todos tres
  - 7.- y en las esquinas, entre estos quadrados se asienta una jayra ciruelo
  - 8.- encima de la jayra, un medio quadrado echado por el cinco
  - 9.- y entre los dos medios quadrados se asienta una conça, y encima de la conça se asienta una ataçia
  - 10.- y a sus lados se arriman dos medios quadrados
  - 11.- y se cierra el ochavo con las jayras.
- Hasta aquí es el racimo menor allí trazado y sin cubillos

*Mástil* es un soporte central de forma octogonal sobre el que se asienta todo el racimo. Este irá unido a la estructura de soporte por un *nabo* vertical, y como dice el alarife sevillano, para que los racimos no queden acubados, por su propio peso, les echo dos arcos de hierro bien clavados en el nabo, con sus garras, y enclavadas en la hilera de donde les hago que esté pendiente, y es gran descanso para el almizate. *Cubillo* es una cupulilla octogonal con una estalactita en el centro.



Adarajas

			
<p>La primera compostura es asentar ocho dumbaques sobre los ocho ochabos del mástil y luego se encajan sobre la frente del mismo mástil otros ocho dumbaques grullillos. A estos en el canto alto se les deja un lomillo que le de gracia [...] los otros ocho dumbaques se abren por la parte más angosta.</p>	<p>Entre dumbaque y dumbaque se asientan ocho medios cuadrados, estos se abren por la parte más ancha con un lomo por medio.</p>	<p>Y encima de los medios cuadrados ocho atajas.</p>	<p>Y entre las atajas media Jayra y encima otra media Jayra de manera que haga una Jayra ahorcada con las piernas parejas.</p>
			
<p>Y encima se asienta la ataja.</p>	<p>Y encima de la ataja otro medio cuadrado y arrimado a este medio cuadrado se asienta otro medio cuadrado y encima de él otro, y otro de la otra parte, de manera que vengan a serrar un ochavo, y en medio de estos dos se asienta otro, de manera que se junten todos tres.</p>	<p>Y en la esquina, entre estos cuadrados se asienta una Jayra ciruelo.</p>	<p>Encima de la Jayra, un medio cuadrado echado por el cinco.</p>
			
<p>Y entre los dos medios cuadrados se asienta una conça, y encima de la conça se asienta una ataja.</p>	<p>Y a sus lados se arriman dos medios cuadrados.</p>	<p>Y se cierra el ochavo con las Jayras.</p>	<p>Hasta aquí es el razimo menor allí trazado y sin cubillos.</p>

## Si tú quisieses, Granada, contigo me casaría

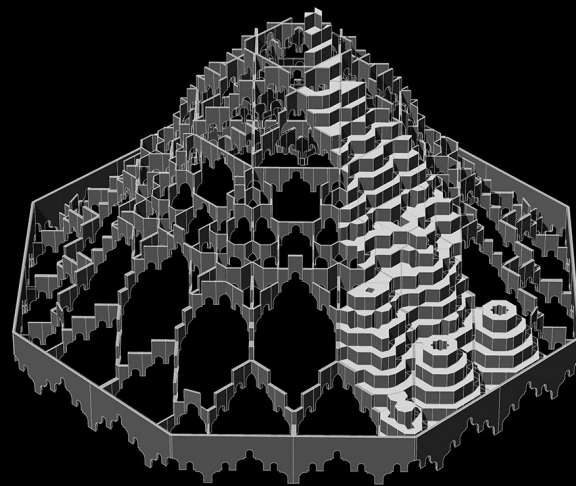
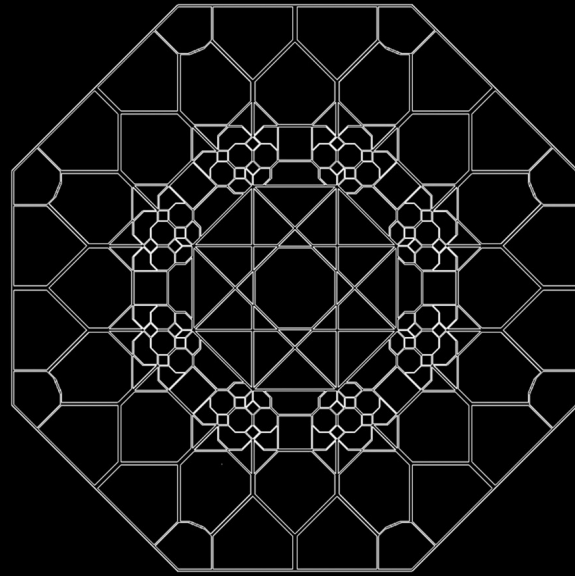
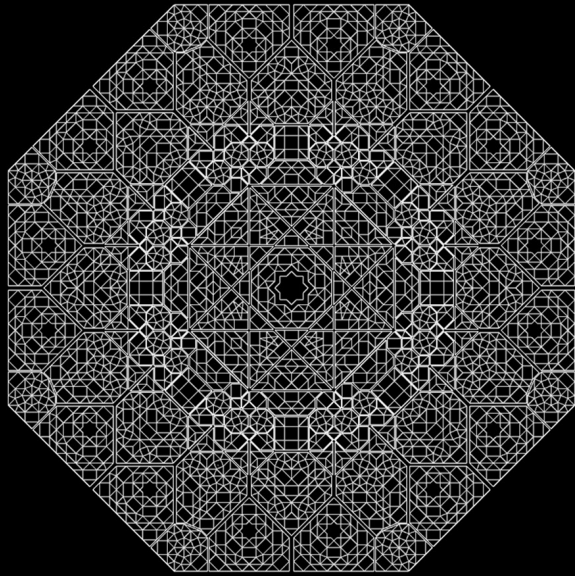
Fue la obra de dos enamorados de Granada, el inglés Owen Jones y el francés Jules Goury, la que puso el arte andalusí en los libros de historia de la arquitectura universal. Juntos visitaron la Alhambra en 1834, donde realizaron detallados y precisos dibujos, sorprendentemente precisos para los medios de la época, calcos de piezas y hasta vaciados de yeso. Jules Goury muere ese año de cólera sin salir de Granada, en 1837 vuelve a Granada Owen Jones y completa sus estudios sobre el monumento. Publicará en 1842 y 1845 una magnífica edición, en dos volúmenes a todo color de la colección de dibujos realizados por ambos, que pondrá de moda el arte de al-Ándalus en toda Europa, hasta culminar con la réplica, diseñada por el mismo Owen, del patio de Los Leones en el Pabellón de Cristal de la exposición internacional de Londres de 1851. Orientalismo, romanticismo, colonialismo...

En esa obra se describe una muqarna (sic.) de la Sala de La Barca, construida con siete adarajas diferentes, siete notas de un código musical, que viene a completar, junto a la mística y la cosmología, el entramado simbólico de los mocárabes.

Para construir un modelo idealizado de la cúpula de las Dos Hermanas partimos del dibujo de la planta realizado por Owen y Goury. Al compararlo con fotos de alta resolución se puede comprobar el acierto y precisión de los arquitectos, muy pocos detalles ha sido necesario cambiar. Lamentablemente el dibujo es esquemático, no incluye las medinas, con lo que al reproducirlo vemos que se necesitan demasiadas piezas fuera del sistema, es necesario realizar una planta que incluya las medinas para que las adarajas no se salgan del canon, salvo las piezas especiales, clave, estrellas, etc. que se utilizan en la cúpula. Las ilustraciones muestran el estado actual del modelo que por ahora no es más que una aproximación.

Esta vez, el ángel de la historia vuelve la vista al pasado y no queda decepcionado al vislumbrar un arte de apariencia misteriosa y de aspecto intrincado, que a poco que se observa se revela sencillo y disponible para cualquiera. Poesía, música, filosofía y placer por la vida se expresan en los vórtices de adarajas policromadas y su eficacia comunicativa evidencia el

← Racimo descrito por Fray Andrés de San Miguel, paso a paso.



← Restitución de la cúpula de las Sala de las Dos Hermanas de la Alhambra, Antonio Sáseta, 2016. Imagen 1: planta con adarajas y medinas; imagen 2: planta sólo con las medinas; imagen 3: perspectiva con medinas y ochavo de adarajas.

Owen y Goury, sobre la *muçarna* de la Sala de la Barca de la Alhambra: [...] las curvaturas de las distintas piezas son siempre iguales, de donde se entiende que cada una de ellas se combina con las demás por alguno de sus lados con la misma facilidad; ello las hace susceptibles de organizar combinaciones tan variadas como las melodías que se podrían componer con las siete notas de la escala musical.

éxito de los mocárabes. La configuración del sistema como una estructura formada por componentes unitarios y reglas de relación simples de las que emergen productos más complejos y sutiles, convierte el estudio de los mocárabes en un interesante ejemplo para la concepción de otros posibles sistemas de composición de tipo, llamémosle, *biológico*.

Nuestro interés está actualmente centrado en la automatización de la representación y modelado 3D, en los procesos de fabricación, fresado de adarajas, termo-moldeados, impresión 3D, etc. y en el diseño de elementos de sujeción entre piezas, para la construcción de modelos a base de elementos modulares, a los que, como decía el sevillano, ...se le van clavando las piezas de las adarajas, siempre relevando, bajando, o subiendo más crespos, o colgantes, que toda esta licencia tiene quien sabe jugar con los mocárabes...

---

#### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

BASILIO PAVÓN MALDONADO. Tratado de Arquitectura Hispanomusulmana. Tomo III. Palacios. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid 2004.

DIEGO LÓPEZ DE ARENAS. Breve Compendio de la Carpintería de lo Blanco y Tratado de Alarifes. Con la conclusión de la Regla de Nicolás Tartaglia y otras cosas tocantes a la Geometría y Puntas del Compás. Sevilla. 1633.

ENRIQUE NUERE. La Carpintería de Lazo. Lectura dibujada del manuscrito de fray Andrés de San Miguel. Colegio de arquitectos de Málaga. Málaga 1990.

OWEN JONES. JULES GOURY. Plans, Elevations, Sections, and Details of the Alhambra, from Drawings Taken on the Spot in 1834 by Jules Goury, and in 1834 and 1837 by Owen Jones. 2 tomos. Londres 1842 y 1845.

---



