TESIS DOCTORAL

ANÁLISIS COMPOSITIVO
DE LA ESTRUCTURA MODULAR
EN LA DECORACION HISPANO-MUSULMANA

Autor : Julián Arévalo Madueño

Director : Dr. D.Eugenio Marqués Garcés.

FACULTAD DE BELLAS ARTES " Alonso Cano"

UNIVERSIDAD DE GRANADA 1991

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ACTA DEL GRADO DE DOCTOR EN BELLAS ARTES

Curso de 19 91 a 19 92 Folio 16 Número 16

Reunido en el día de la fecha el Tribunal nombrado para el Grado de Doctor de D. JULIAN AREVALO MADUEÑO, el aspirante leyó un discurso sobre el siguiente tema, que libremente había elegido: ANALISIS COMPOSITIVO DE LA ESTRUCTURA MODULAR EN LA DECORACION HISPANO-MUSULMANA

Terminada la lectura y contestadas las objecciones formuladas por los jueces del Tribunal, éste le calificó de APTO "CUM LAUDE" (POR UNANIMIDAD)

Granada 10 de Marzo de 19 92

El Secretario del Tribunal,

EL PRESIDENTE,

El Vocal,

El Vocal,

El Vocal,

Firma del Graduando,

UNIVERSIDAD DE GRANADA * FACULTAD DE BELLAS ARTES *

INVESTIDURA ... En el día de la fecha se ha conferido a D. .....
.....el Grado de Doctor en la Facultad de .....,
conforme a lo prevenido en las disposiciones vigentes.

Granada ..... de ..... de 19 .....

EL DECANO,

CERTIFICO: Que el Acta que antecede concuerda con la del expediente del interesado remitida a la Secretaría de la Universidad.

Granada ..... de ..... de 19 .....

El Catedrático Secretario,

V.º B.º
EL DECANO,

INDICE

Introducción.- 5

Pautas y redes: 8
El punto como origen del módulo 9
La linea como desplazamiento del punto 9
Paralelismo.Equidistancia de rectas 12
Tramas o redes modulares 14
Redes trianguiares 15
Módulos compuestos de origen triangular 16
Composiciones con módulos de origen triangular ... 18
Redes cuadradas 21
Módulos compuestos de origen cuadrado 22
Composiciones modulares cuadradas 23

Teselación modular : Composición 26
Grecas : Posibilidades compositivas 27
Pliegos : Posibilidades compositivas 31

Transformaciones . Modulación 40
Transformación por simetría central 42
Transformación por traslación 42
Transformación por giro 43
Transformación por simetria axial 43
Figuras con elementos de simetría 46
Superposición de módulos simetrícos 48
Superposición de grecas 48
Superposición de pliegos 50

Clasificación de módulos. Composiciones 53
Módulos complementarios 54
Módulos opuestos 55
Posibilidades compositivas 56
Agrupaciones con espacios en blanco 60
Empleo de positivos y negativos 61
Uso de positivos,negativos y simétricos de ambos.... 64

Teselación . Coherencia 66
Mosaico: Definición y términos 67
Clasificación de mosaicos 67
Mosaico regular uniforme 67
Mosaico irregular uniforme 68
Mosaico regular bimorfo , trimorfo y polimorfo 68
Mosaico irregular bimorfo , trimorfo y polimorfo..... 68
Variaciones sobre una tesela irregular coherente..... 76
Superposición de pliegos teselados 79
Mosaico regular bimorfo..... 80
Mosaico regular trimorfo 87
Mosaicos semirregulares 93
Método para la creación de mosaicos semirregulares, bimorfos 93
Pautas de siluetas escalonadas..... 96
Siluetas derivadas del cuadrado 98

Afinidad . Aplicaciones..... 105
Definición 106
Afinidad teselar 107
Agrupación teselar 114
Superposición teselar :
Opaca 117
Transparente 118
Combinada 120
Aplicación de teselas irregulares 121
Cruz apuntada irregular 125
Dispersión radial de teselas. 134
Giros de teselas .

Flores geométricas.Procedimientos de creación de flores 136
Definición y origen. 137
Patrones :
Cuadrado mágico de Al-Bironi 138
Trama triangular 139
Patrón de cuadrículas superpuestas 140
Patrón de Kadmal-Ali 142
Patrón de afinidades. 147
Dispersión radial de una tesela 151
Limitación de calles giradas por teselas concéntricas. 157
Transformaciones de flores. 160
Limitación de calles giradas pos teselas regulares concéntricas 163
Giros de figuras regulares. 164
Redes giradas 166
Giros de siluetas con simetrías 168

Modulación floral 171
Modulación de flores geométricas 172
Modulación con flores idénticas:
Por reunión total 173
Por dispersión o separación 175
Modulación con distintas flores 176
Agrupación total de flores diferentes del mismo origen 178
Superposiciones de flores:
Transparentes, por desplazamiento 180
Transparentes, por dispersión o giro 181
Opacas. 184

Síntesis 188
Salón de Embajadores . Recreación compositiva de dicho mosaico 189
Pavimento del Tocador de la Sultana 194
Mosaico de la ventana norte del Salón Dorado 199
Pared norte del Patio de los Leones 202
Hornacina de la entrada del Salón de la Barca 204

Bibliografía de citas 207

Bibliografía complementaria. 208

INTRODUCCIÓN

Es lógico, que cualquier visitante, inquieto y observador, que presencie una obra de Arte Islámico , se sienta tremendamente sorprendido y atraido a la vez por la gran variedad de formas de su rica decoración geométrica.

También es cierto que su atención se centra en los recursos ornamentales de la obra arquitectónica de tipo palaciego, donde predominan, con mayor profusión , los elementos decorativos (Alhambra de Granada, Palacio de Medina Azahara de Córdoba, Alcazar de Sevilla...)

La funcionalidad de la arquitectura religiosa,no ausente de elementos decorativos, se centraba en dos objetivos esenciales: Capacidad del recinto de culto musulmán y concentración espiritual. Las funciones estéticas pasaban a un segundo plano.

En la Arquitectura de residencias nobles y de esparcimiento, los fines perseguidos eran diferentes: Habitabilidad y recreo expansivo.

Con la estricta misión de decorar , aparece la figura del tracista, celoso de sus secretos, a la hora de diseñar sus maravillosos dibujos, destinados a celosías, mosaicos , yeserias y mocárabes. Dichos secretos , guardados celosamente a través de los siglos, han sido intentados de desvelar, por artistas y matemáticos sin resultados muy convincentes.

El equipo de tracistas tenía de proporcionar un entorno lúdico y estético a la vez. De sus manos salieron un sin fin de

artesonados rejas y puertas que daban a cada una de las estancias del Palacio, su personalidad propia.

Tras la conquista por las tropas cristianas de los últimos Reinos Taifas, desaparecen y con ellos multitud de material bibliográfico, que en la actualidad, nos daría las pautas que siguieron a la hora de elaborar sus laberintos geométricos. Los estudiosos de las Artes Decorativas Islámicas, no pueden beber directamente de las fuentes, que inspiraron sus maravillosos dibujos.

En los sucesivos estudios, realizados por especialistas matemáticos, podemos encontrar planteamientos analíticos (Prieto Vives, Enrique Nuere etc...)

Los Historiadores del Arte tampoco analizan de un modo geométrico profundo las composiciones modulares, y su objetivo primordial son los datos históricos del "por qué" y no del "como". (Basilio Pavón Maldonado, Ortiz Juarez, Rafael Castejón ...).

El fin primordial de esta tesis doctoral es encontrar un camino de facil interpretación de las formas geométricas en la decoración , que denominamos Hispano-Musulmana: Coincidiendo con las teorías de Karl Gerstner,soy de la opinión de que los tracistas musulmanes emplearon métodos más intuitivos que análiticos. La observación y la imaginación fueron sus mejores instrumentos para la creación de las mencionadas modulaciones y teselaciones geométricas.

Los tracistas islámico-andaluces recogieron las formas ornamentales que llegaron a nuestra tierra ,a través de un crisol de culturas, y aportando una imaginación sin límites, recrearon los diseños, inventaron nuevas formas y añadieron la chispa andaluza para crear las abigarradas formas de nuestra peculiar decoración islámica.

El segundo objetivo de este estudio es el de dar nuevas pautas a los diseñadores gráficos , para encontrar nuevas formas decorativo-geométricas , basadas en la decoración Hispano Musulmana de Andalucía , y facilitar unos materiales ,adaptables a los actuales instrumentos de trazado, que simplifiquen su labor.

Es un intento de buscar la identidad de nuestra propia cultura en pueblos , que olvidados a través de nuestra historia , dejaron su impronta creativa y potenciaron la nuestra .

En fin , aportar un grano de arena a la investigación de las formas y un pequeño rayo de luz ,que nos permita simplificar la comprensión del Arte Hispano-Musulmán, en su faceta de decoración geométrica.

Pautas y redes:

El punto como origen del módulo .

La linea como desplazamiento del punto .

Paralelismo.Equidistancia de rectas .

Tramas o redes modulares .

Redes triangulares .

Módulos compuestos de origen triangular .

Composiciones con módulos de origen triangular .

Redes cuadradas .

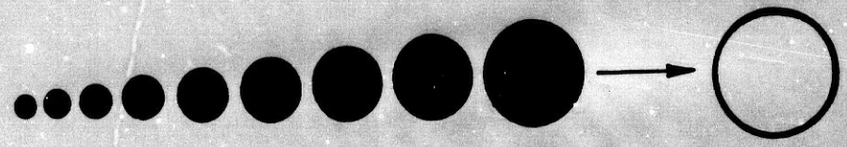
Módulos compuestos de origen cuadrado .

Composiciones modulares cuadradas .

PUNTO , PAUTAS Y TRAMAS

El punto como origen del módulo.-

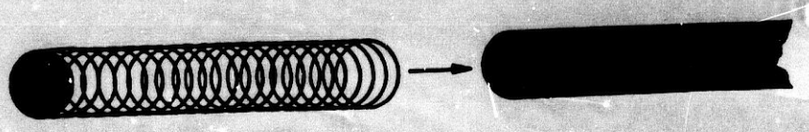
Teóricamente, según los planteamientos de Euclides. se ha considerado el punto como el elemento del espacio , cuyas tres dimesiones tienden a 0. Según esta definición, un punto sería prácticamente invisible . En cualquier actividad de carácter plástico o gráfico, se considera como punto a una esfera o un círculo de dimensiones reducidas.(Kandinsky)



La linea como desplazamiento del punto.-

Una linea es una figura , que teóricamente posee una sola dimensión y que está originada por una sucesión de puntos, o por la trayectoria descrita por dicho punto, al desplazarse de lugar en el espacio.

Si un punto parte de un origen , y su desplazamiento lo realiza en una sola dirección, origina una recta.

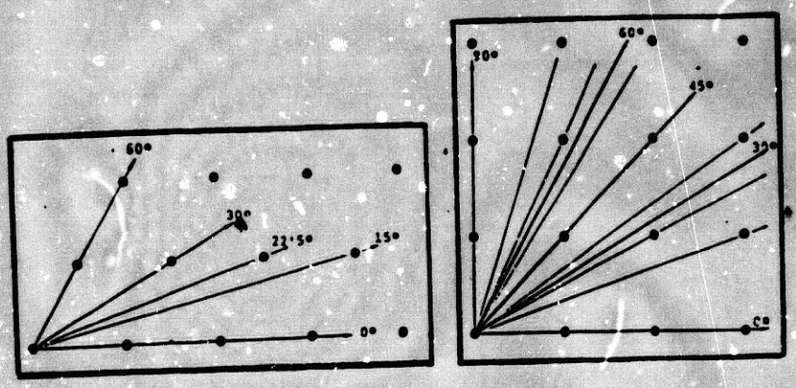


Puede originar infinitas rectas, según las infinitas direcciones espaciales que pueda tomar . Si nos limitamos a las trayectorias rectilineas, que puede describir en un plano , también serían infinitas .

En este estudio sólo se van a considerar, las composiciones planas, pero limitando las direcciones posibles en el plano, porque en los trazados geométricos que se van a analizar encontraremos esas limitaciones direccionales.

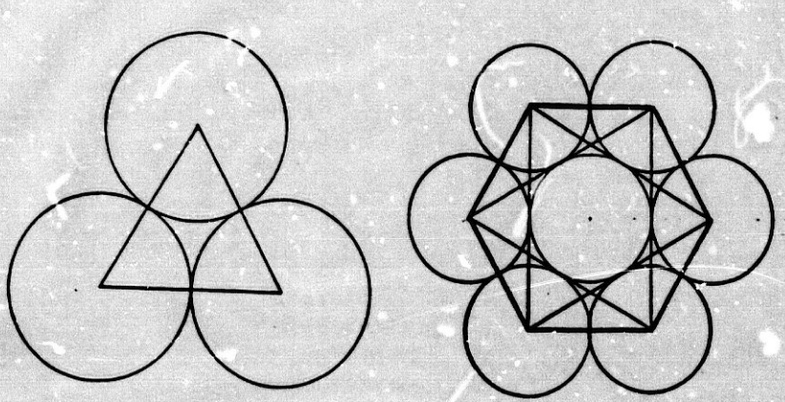
Consideramos inclinación 0º al desplazamiento del punto de izquierda a derecha.(horizontal)

Nombraremos a las rectas por el valor en grados de su inclinación respecto a la horizontal : rectas de 15º , 22'5º, 30º, 36º, 40º, 45º, 60º, 72º , y 90º (vertical) . Son los val ores de los ángulos que resultan de dividir el círculo en 4,5,6.... partes iguales.

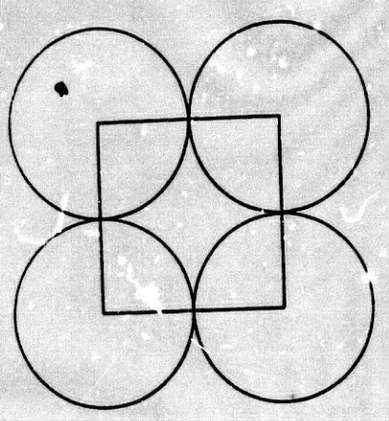


A todas estas inclinaciones les corresponden otras simétricas respecto a un eje vertical : a la inclinación de 60º , la de 120º ; a la de 15º , la de 165º (sus ángulos suplementarios).

Disposición triangular de puntos



Disposición cuadrada de puntos



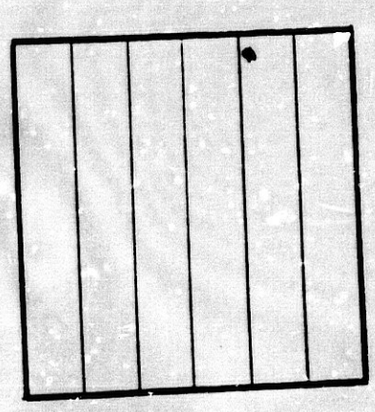
Paralelismo. Equidistancia de paralelas.-

Si trazamos dos rectas paralelas, con la misma inclinación, pero desplazando su origen a una distancia, aparecen dos rectas paralelas. Si se trazan varias , desplazando su origen a la misma distancia ,obtenemos una sucesión de rectas paralelas y equidistantes entre si. A esta figura le llamamos **pauta.**

Pautas: ángulos de inclinación básicos

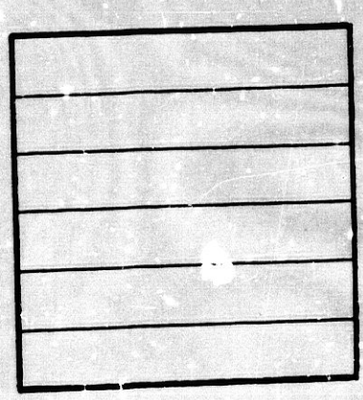
Obtendremos tantos tipos de pautas , como inclinaciones de rectas:

Pauta vertical



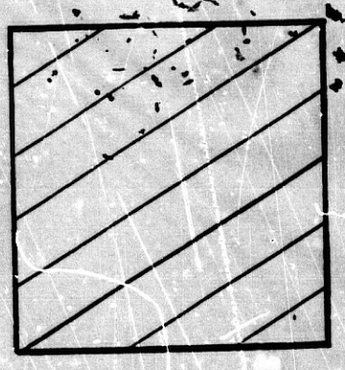
90º

Pauta horizontal

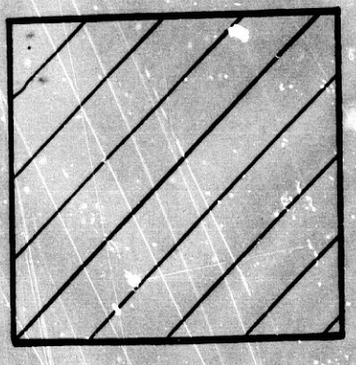


0º

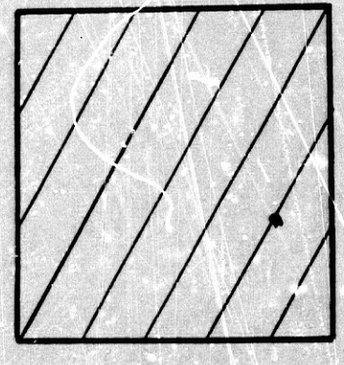
Pauta de 30º de inclinación
Pauta de 45º de inclinación
Pauta de 60º de inclinación
Etc...



30º



45º



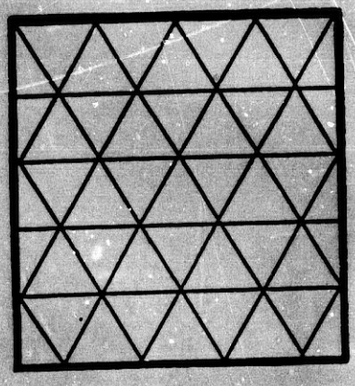
60º

Cada una de estas pautas cuenta con su correspondiente pauta simétrica respecto al mencionado eje vertical.

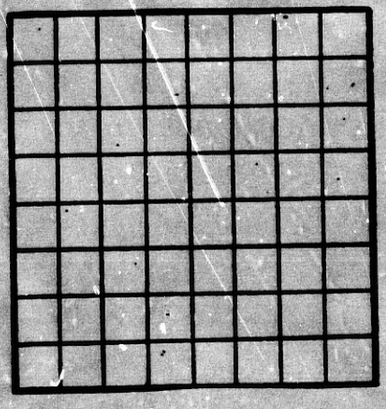
Tramas o redes modulares.-

Las pautas de 0° ,30° ,60° , 90° y 120° las consideramos como básicas, porque originan por superposiciones , lo que denominamos **tramas o redes básicas** de la mayor parte de las composiciones modulares que son el objeto primordial de esta tesis:

La red triangular , originada por la triple superposición de pautas (horizontal, de 60° y de 120°)

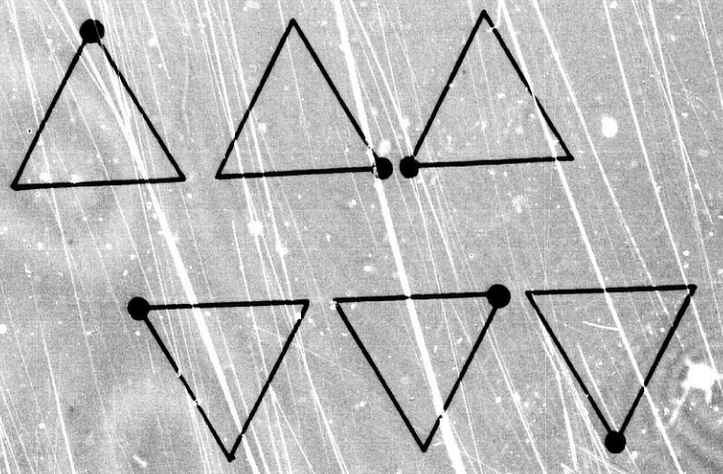


Y la red cuadrada , por una doble superposición de pautas equidistantes (horizontal y vertical)

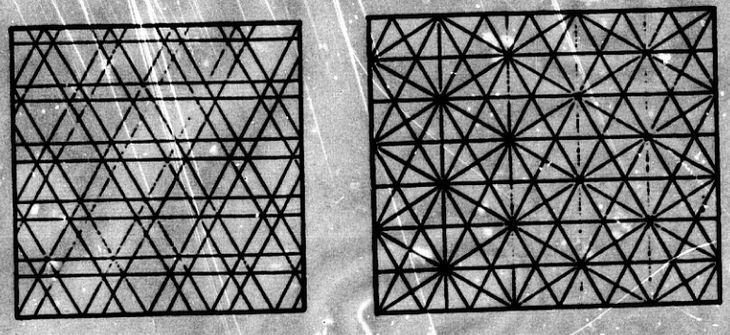


Redes triangulares.-

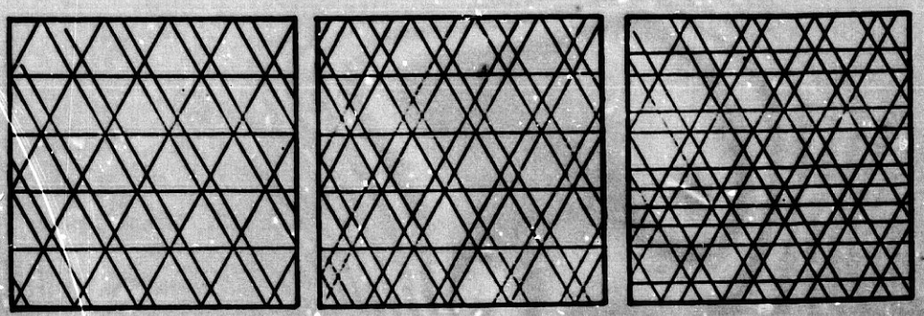
En cualquier red triangular básica aparecen triángulos equiláteros , que están esamblados entre sí y que poseen seis posiciones en el plano, teniendo en cuenta el vértice de referencia:



La superposición de varias redes de este tipo, origina nuevas redes secundarias de origen triangular



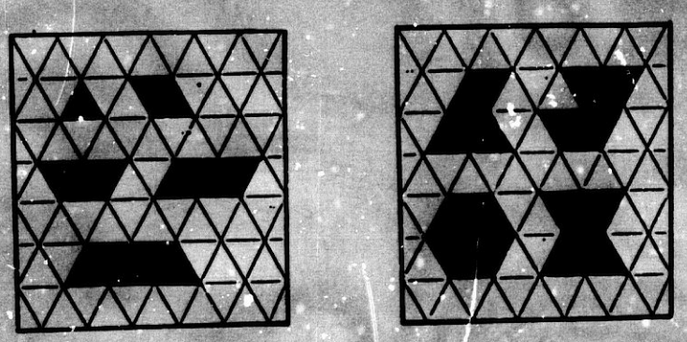
La superposición de redes secundarias y pautas, origina las redes mixtas:

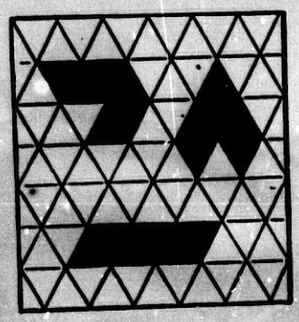


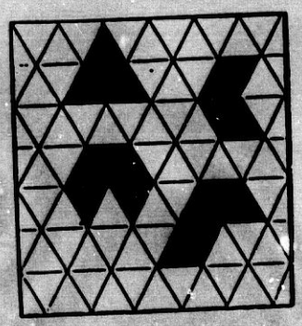
Módulos compuestos de origen triangular.-

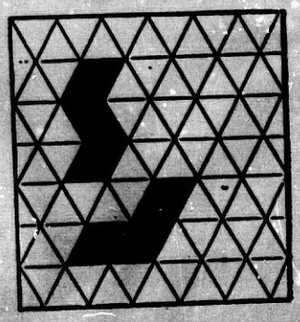
A cada uno de los fragmentos en que queda dividido el plano al trazarle lineas , le llamamos **módulo** y a la fragmenmtación de dicho plano, **teselación.**

Si consideramos como **módulo primario** al triángulo equilátero, podemos obtener **módulos compuestos de orígen** triangular, agrupando dos o más triángulos. Estos módulos compuestos poseen en su mayoría la propiedad de embaldosamiento ,y que más tarde estudiaremos con el nombre de **coherencia.**

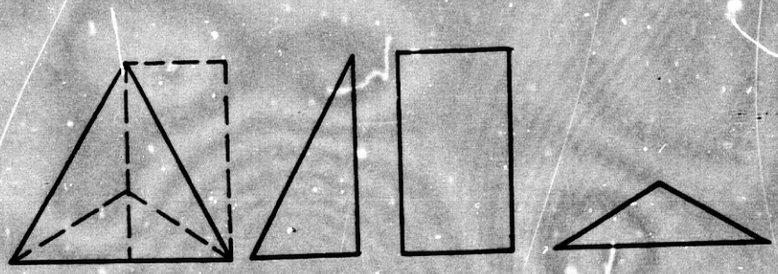








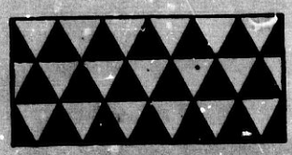
Si un módulo primario lo dividimos en dos o más partes iguales, tendremos lo que denominaremos **submódulos.** El rectángulo que aparece junto a ellos es producto de la unión de dos submódulos y que podríamos considerar como un "submódulo compuesto"

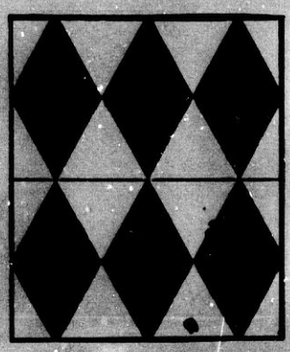


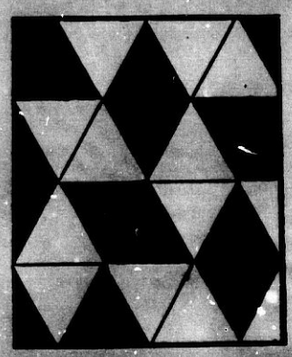
Composiciones con módulos de origen triangular.-

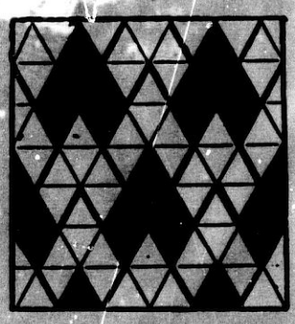
Teniendo en cuenta que podemos utilizar , módulos básicos,modulos compuestos, y submódulos en solitario o unidos entre sí ,las posibilidades de componer con ellos son múltiples, por lo que las clasificaremos de la siguiente manera:

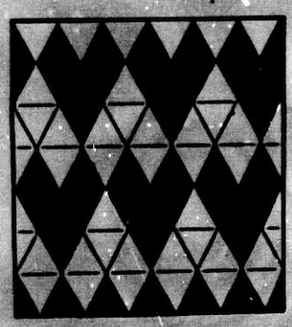
Monomodulares : Si la figura , simple o compuesta, que cubre el plano es siempre la misma.



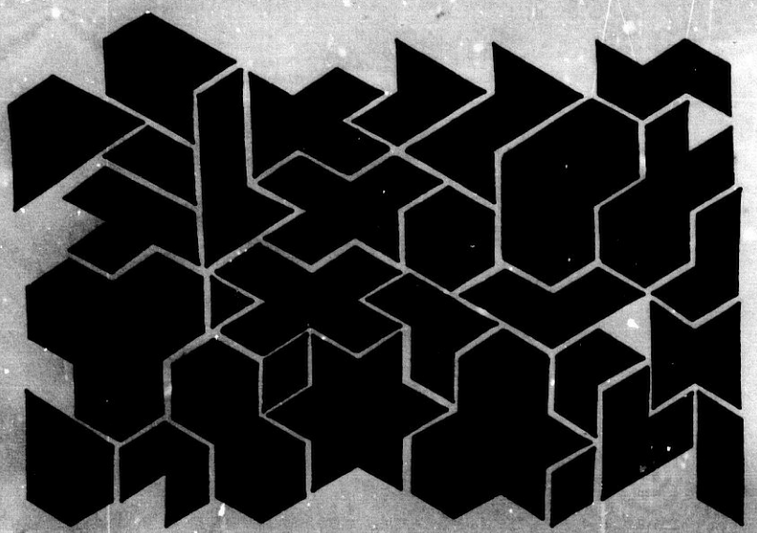






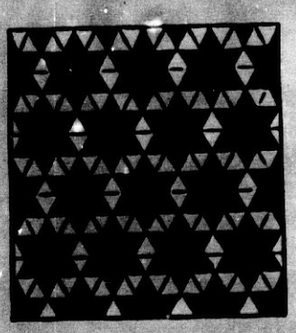


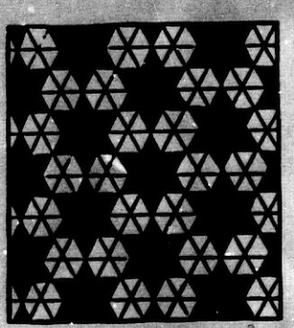
Bimodulares, si intervienen dos clases de figuras, **Trimodulares,** si tres , y **polimodulares** si interviniesen cuatro o más.



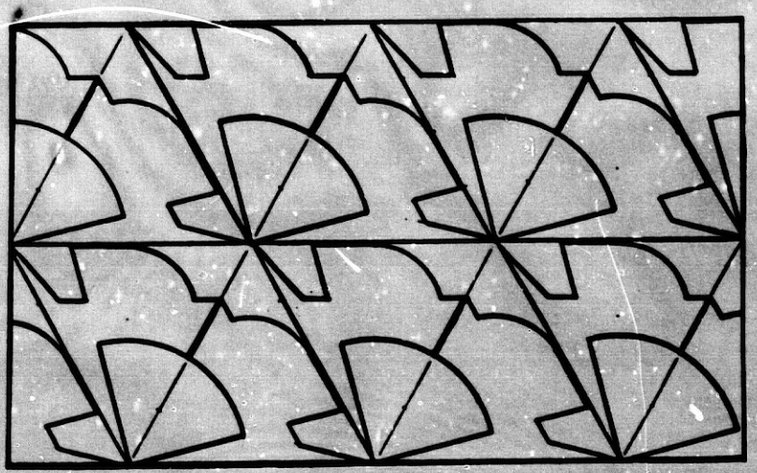
Salvo en la composición monomodular de módulos primarios (triángulos equiláteros) , donde solo hay una posibilidad compositiva,,(red) , en las demás hay múltiples .

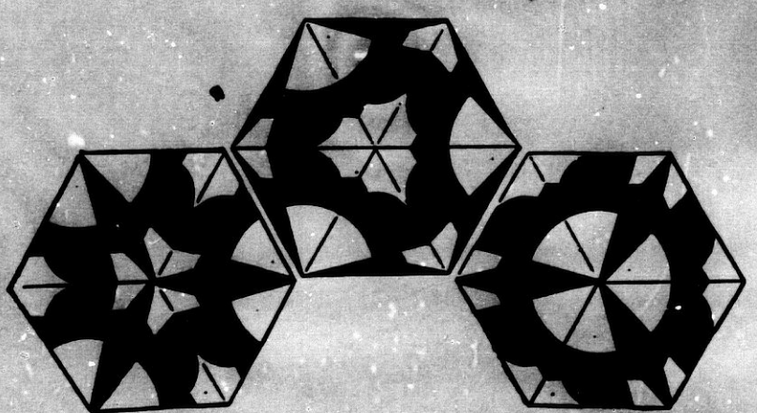
En la Decoración Hispano-Musulmana aparecen con bastante frecuencia este tipo de composiciones , en las que se utilizan hexágonos, estrellas de 6 puntas, rombos, todos ellos de origen triangular.





Con un módulo triangular regular utilizado como base, y dibujando en su interior algunas lineas, que lo fragmenten , tendremos la posibilidad de componer planos de diferentes maneras, que estudiaremos en capítulos posteriores.

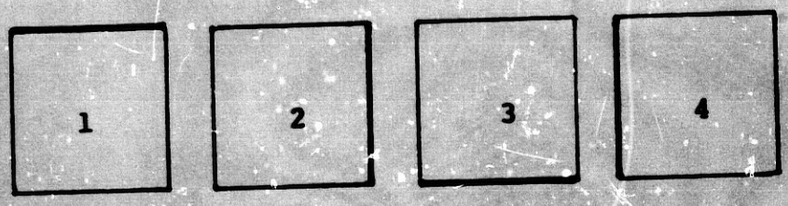




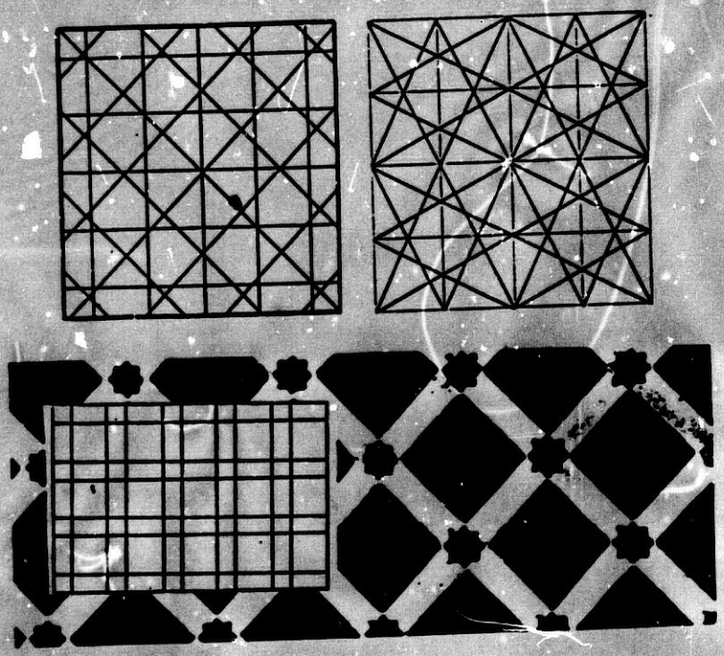
Redes cuadradas.-

El origen de una red cuadrada básica es la superposición de dos pautas perpendiculares. Cada uno de los cuadrados que aparecen ensamblados, ocupando toda la superficie del plano, es el módulo primario cuadrado.

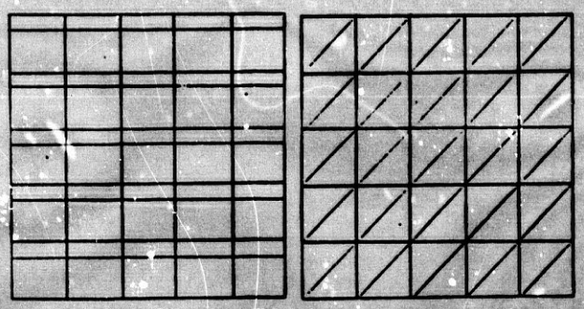
Dicho módulo puede estar colocado en la red de 4 posiciones diferentes, según tenga un lado de referencia arriba, a la derecha, abajo o a la izquierda.



Por superposición de redes cuadradas básicas, obtenemos redes secundarias de origen cuadrado,



Y al superponer redes y tramas , conseguimos **redes mixtas**

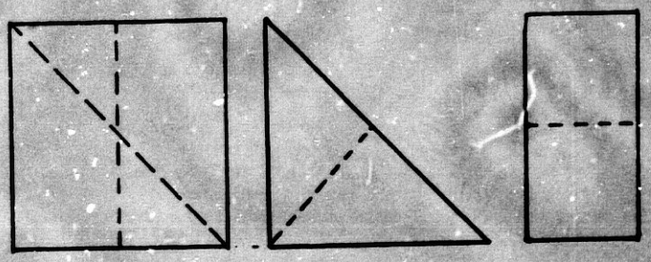


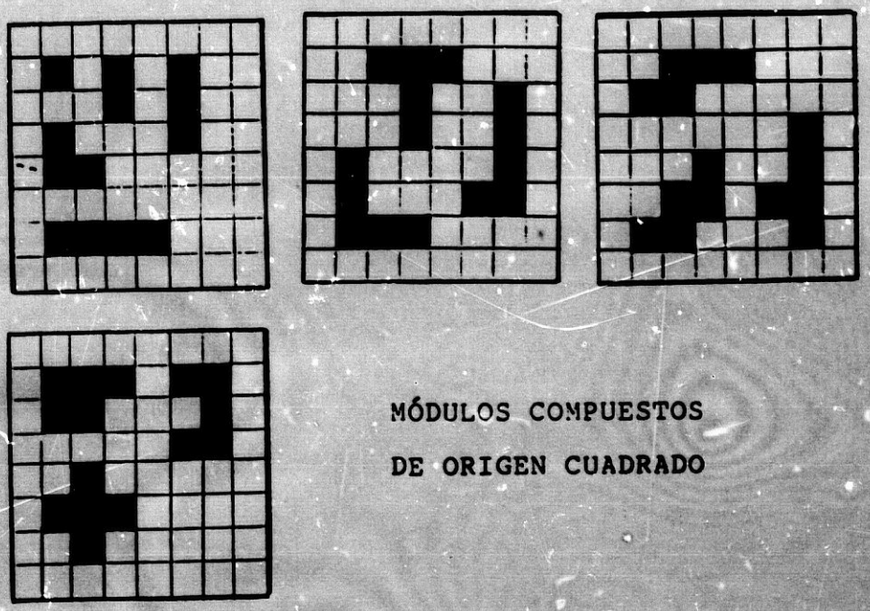
Módulos compuestos de origen cuadrado.

Del mismo modo que con el módulo primario triangular, se pueden conseguir **módulos compuestos de origen cuadrado**, agrupando dos o más módulos primarios cuadrados.

Gran cantidad de ellos, tienen la capacidad de ensamblarse con otros de su misma clase u origen, ocupando totalmente el plano **(Propiedad de coherencia)**

Por división del módulo cuadrado se obtienen **submódulos** de formas diferentes.:





MÓDULOS COMPUESTOS
DE ORIGEN CUADRADO

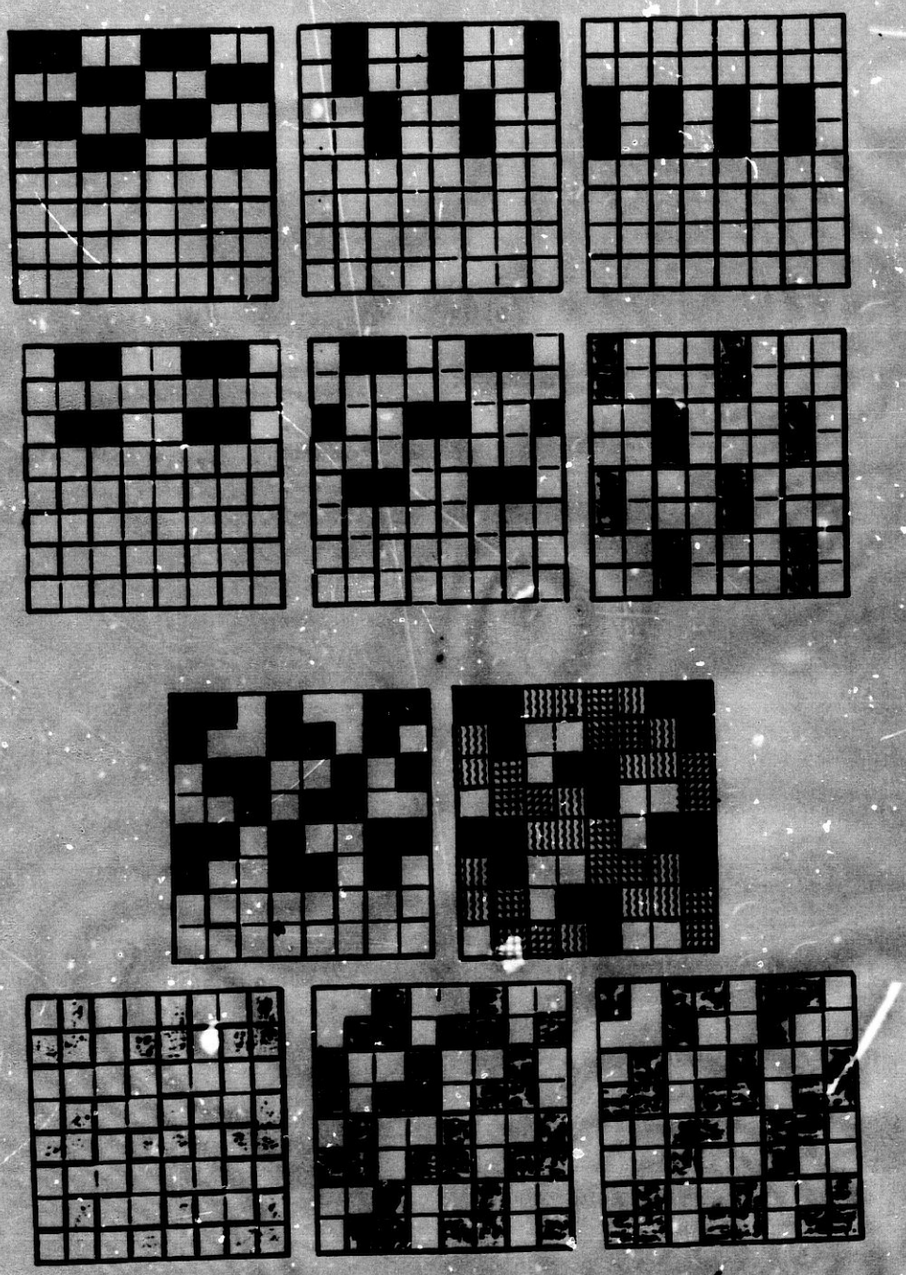
Composiciones modulares cuadradas.

Llamamos , en general , composiciones modulares cuadradas a las que tienen como origen la red del mismo nombre.

Pueden estar compuestas por módulos básicos , módulos compuestos o submódulos , por separado (monomodulares) o agrupados por parejas (bimodulares) etc...como en las composiciones triangulares.

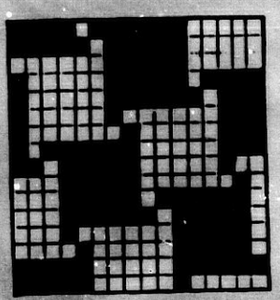
Si en las composiciones modulares de módulos primarios hay una sola posibilidad combinatoria , que nos daría como resultados la red cuadrada, en la de módulos compuestos y submódulos, las posibilidades son variadas.

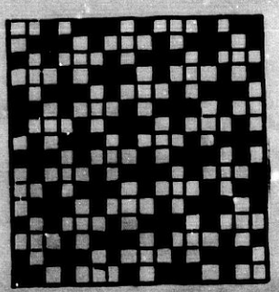
COMPOSICIONES MONOMODULARES

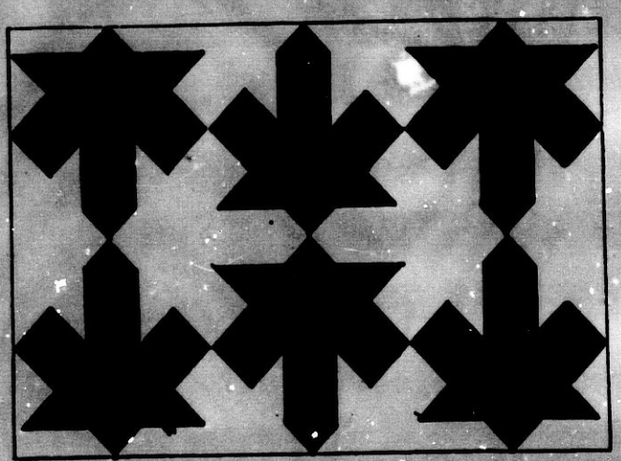


DIFERENTES COMPOSICIONES CON UN SOLO MÓDULO

En el embaldosamiento de arquitecturas musulmanas, aparecen de nuevo los entrecruzamientos de redes cuadradas, apareciendo en consecuencia las estrellas de 8 y 16 puntas de diferentes órdenes y los polígonos regulares de 8 y 16 lados.







Si a un módulo cuadrado primario le dibujamos alguna figura y combinamos el módulo fragmentado resultante ,alineándolo , tendríamos múltiples posibilidades combinatorias , según la cadencia de repertición utilizada y las diferentes posiciones de este módulo en el plano.

Teselación modular : Composición

Grecas : Posibilidades compositivas .

Pliegos : Posibilidades compositivas.

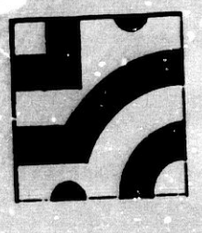
TESELACIÓN MÓDULAR

Grecas: Posibilidades combinatorias.

Cuando en un módulo básico , realizamos un dibujo que lo fragmente estamos realizando lo que denominamos teselación.

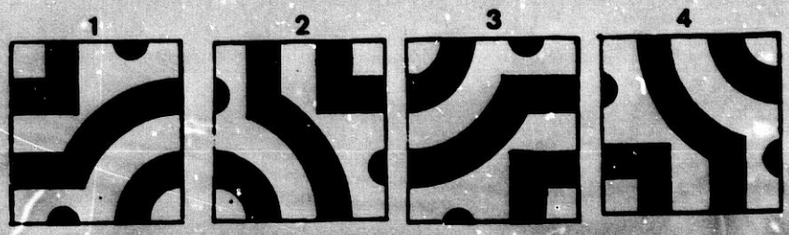
Con un módulo de estas características podemos realizar composiciones ,con sólo alinearlos : Obtendríamos una greca , pero si queremos que en esta composición aparezcan los dibujos encadenados de diferentes maneras, debemos tener en cuenta que de cada uno de los lados del módulo deben de partir líneas que coincidan con las del lado del módulo siguiente , colocado en igual o distinta posición:

Si nos centramos en un módulo básico cuadrado , podemos teselarlo con lineas que salgan de las quintas partes en que dividamos cada lado : Conseguimos de esta manera un módulo que carece de todo elemento de simetría (asimétrico)

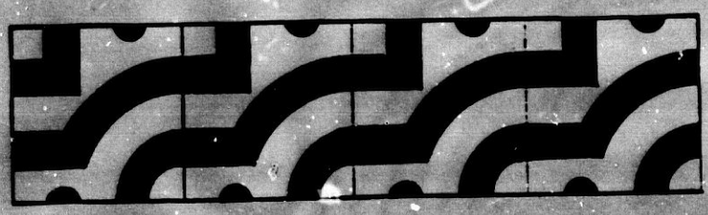


Podíamos haber obtenido una teselación con algún elemento de simetria , pero las posibilidades combinatorias se reducirían.

Habiendo establecido de antemano las posiciones 1, 2, 3 y 4 de este módulo...



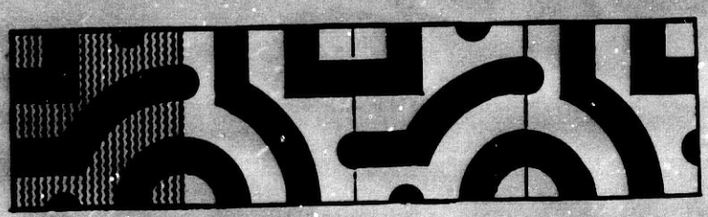
... alineándolos para formar una greca , podemos realizar la cadencia de repetición 1,1-1,1 (binaria).



También haciendo cadencia binaria,podemos conseguir las grecas siguientes:

1,2-1,2... / 1,3-1,3... / 1,4-1,4... / 2,2-2,2...
2,3-2,3... / 2,4... / 3,3-3,3... / 3,4-3,4...
y 4,4-4,4...

teniendo en cuenta que la greca 2,1-2,1... equivaldría a la 1,2-1,2... la 3,1-3,1... , a la 1,3-1,3... etc.

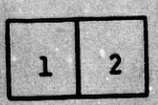


Greca binaria 1,2-1,2...

Del mismo modo que podemos realizar grecas binarias, podemos hacer terciarias , cuaternarias... Las posibilidades combinatorias se multiplicarían

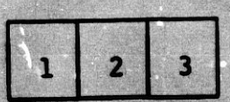
Ejemplos de esquemas de grecas:

binaria



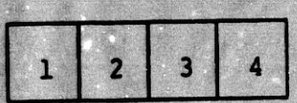
1,2 - 1.2...

terciaria



1,2,3 - 1,2,3...

cuaternaria

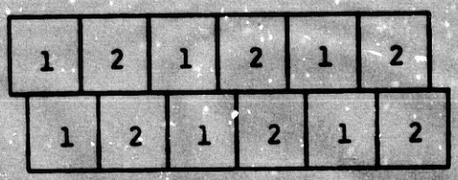


1,2,3,4 - 1,2,3,4...

Si ahora , tomando dos grecas idénticas , las colocamos de la siguiente manera

tendremos una greca doble

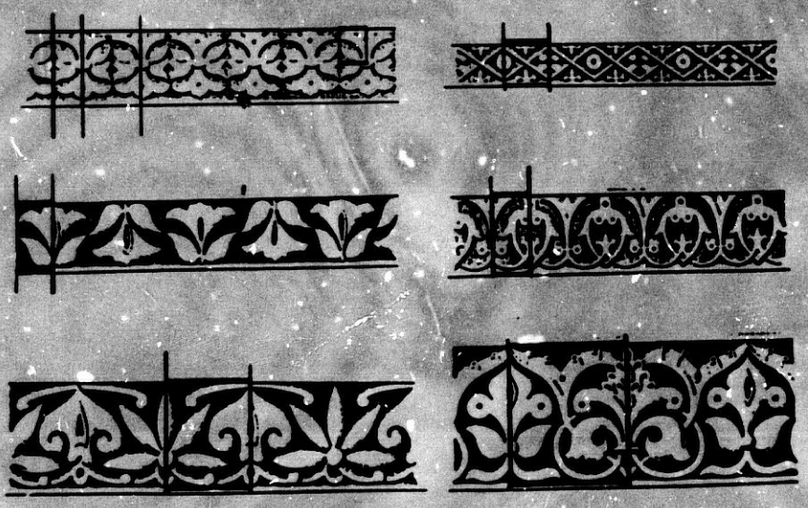
Si la colocación de la greca inferior se hace desplazándola parcialmente hacia la derecha, tendremos una nueva composición.



De esta manera podríamos conseguir grecas dobles, triples, con o sin desplazamiento.

Si además hacemos combinar grecas diferentes, realizadas con el mismo módulo, seguiríamos multiplicando las posibilidades combinatorias.

Utilizando grecas con distintos módulos, llegaríamos a poseer un amplio abanico de creaciones que darían lugar a las empleadas como remate de mosaicos de la Alhambra.

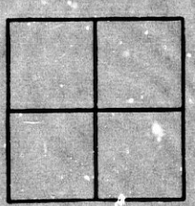


Pliegos : Posibilidades combinatotias.

Entendemos como pliegos a superficies de pared , techo , suelo o puerta , cubiertos por composiciones modulares : zocalos,mosaicos,artesonados ,vidrieras, solerías...son un ejemplo de pliegos modulados en la decoración Hispano - musulmana.

Cualquier azulejo de la decoración actual está basado en composiciones monomodulares cuadradas básicas y bimodulares.

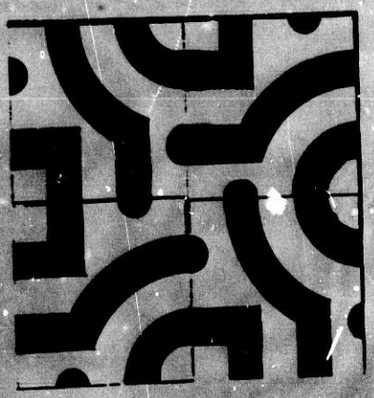
Vamos a analizar los pliegos compuestos por módulos cuadrados básicos , agrupando un solo módulo,primeramente de 4 en 4,con lo cual obtendríamos un nuevo cuadrado.



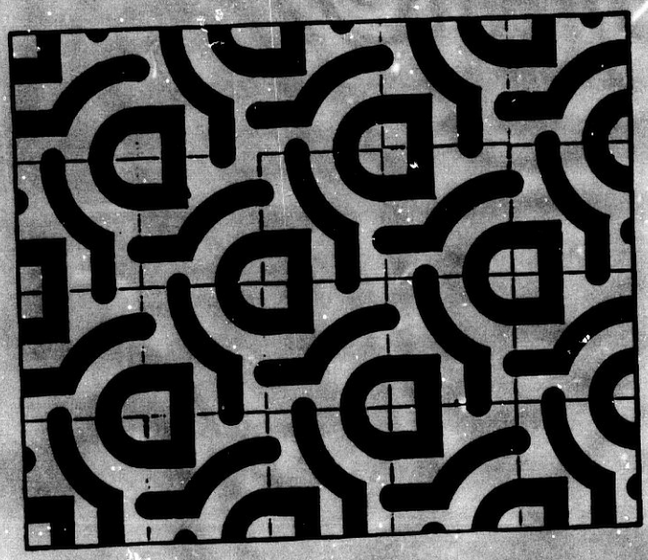
Si colocamos en cada uno de los espacios en que está dividido , el módulo originario de las composiciones de grecas en igual o diferente posición , tendremos 70 combinaciones diferentes.

Teóricamente serían muchas más pero en la práctica ocurriría del mismo modo que con las grecas, que surgirían pliegos de composiciones repetidas

y equivaldría al compuesto por el orden 3,1,1,3.



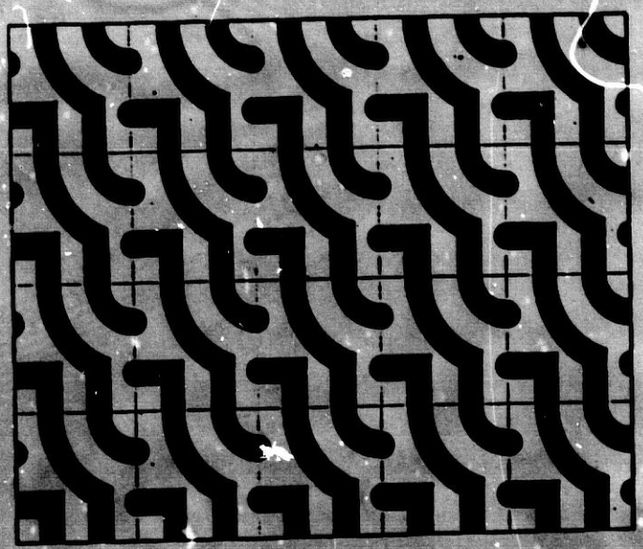
Con ambos el pliego resultante sería



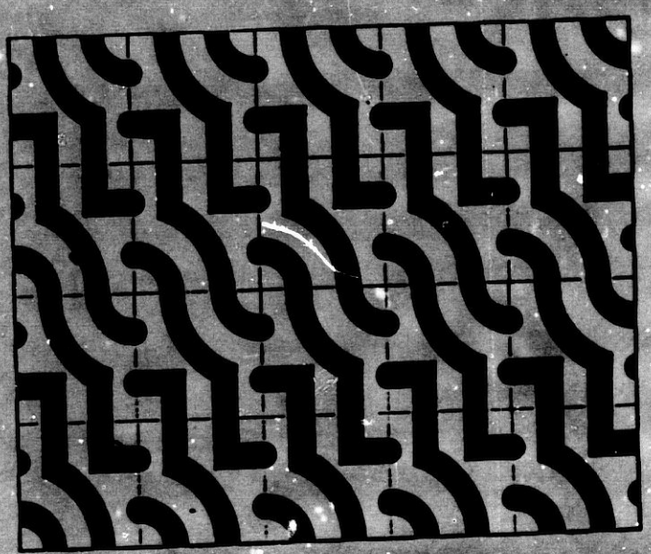
Las 70 posibilidades combinatorias de modulos compuestos de agrupaciones de 4 son:

1: 1111	2: 1112	3: 1113	4: 1114	5: 1122
6: 1123	7: 1124	8: 1132	9: 1133	10: 1134
11: 1142	12: 1143	13: 1144	14: 1212	15: 1213
16: 1214	17: 1222	18: 1223	19: 1224	20: 1232
21: 1233	22: 1234	23: 1242	24: 1243	25: 1244
26: 1313	27: 1314	28: 1322	29: 1323	30: 1324
31: 1332	32: 1333	33: 1334	34: 1342	35: 1343
36: 1344	37: 1414	38: 1422	39: 1423	40: 1424
41: 1432	42: 1433	43: 1434	44: 1442	45: 1443
46: 1444	47: 2222	48: 2223	49: 2224	50: 2233
51: 2234	52: 2243	53: 2244	54: 2323	55: 2324
56: 2333	57: 2334	58: 2343	59: 2344	60: 2424
61: 2433	62: 2434	63: 2443	64: 2444	65: 3333
66: 3334	67: 3344	68: 3434	69: 3444	70: 4444

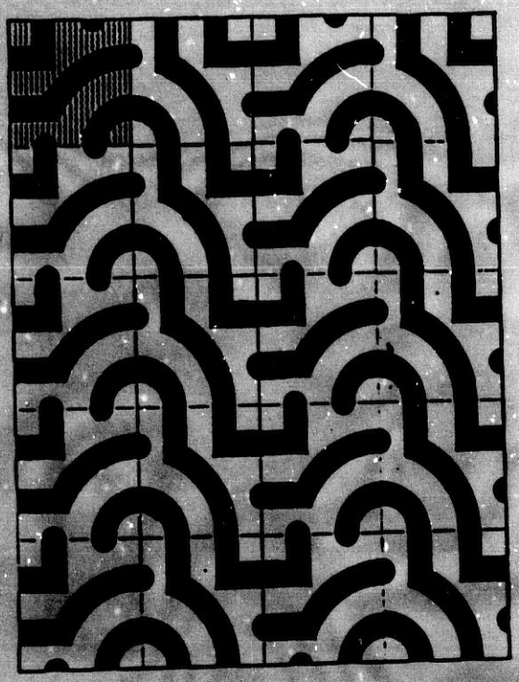
ALGUNAS COMPOSICIONES CON AGRUPAMIENTOS DE 4



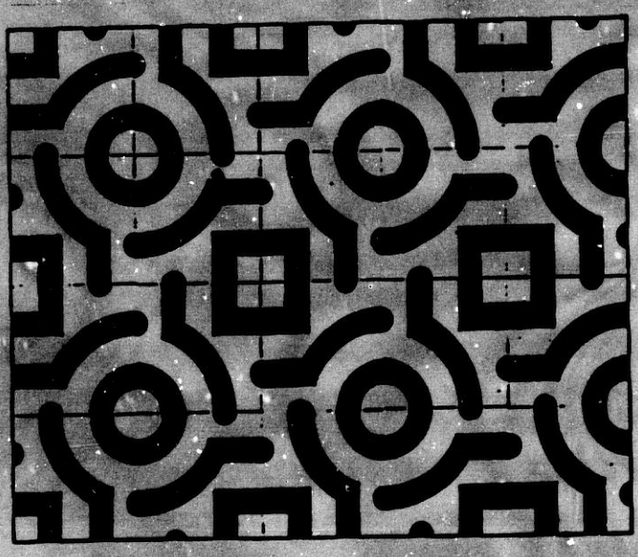
3,3,3,3



3,3,2,2

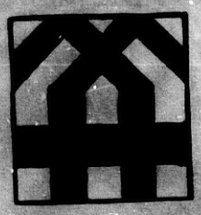


1,2.1,2

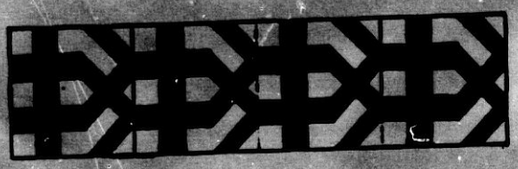


1,2,4,3

ALGUNOS EJEMPLOS DE GRECAS BINARIAS Y PLIEGOS OBTENIDOS CON UN MÓDULO TESELADO QUE POSEE UN EJE DE SIMETRÍA

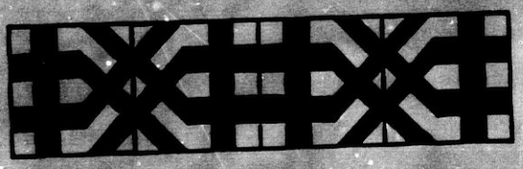


1,1 -1,1...

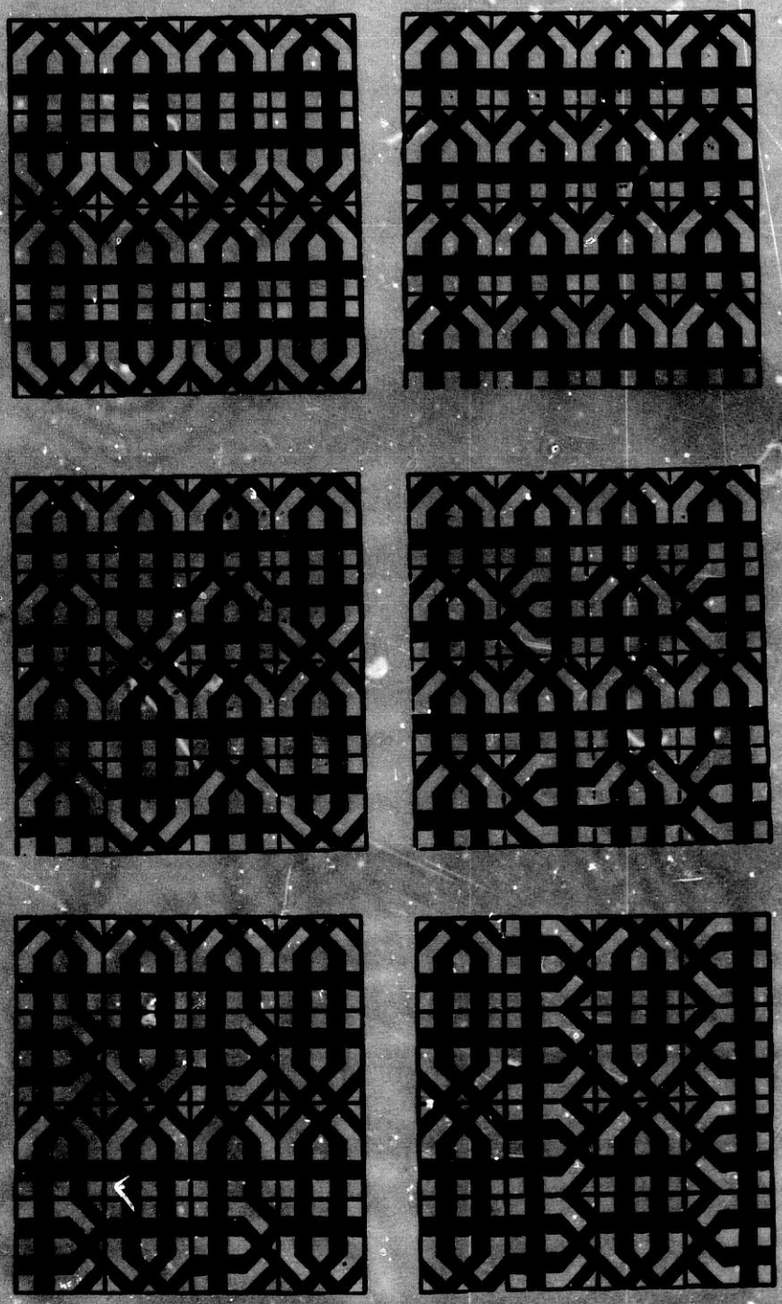


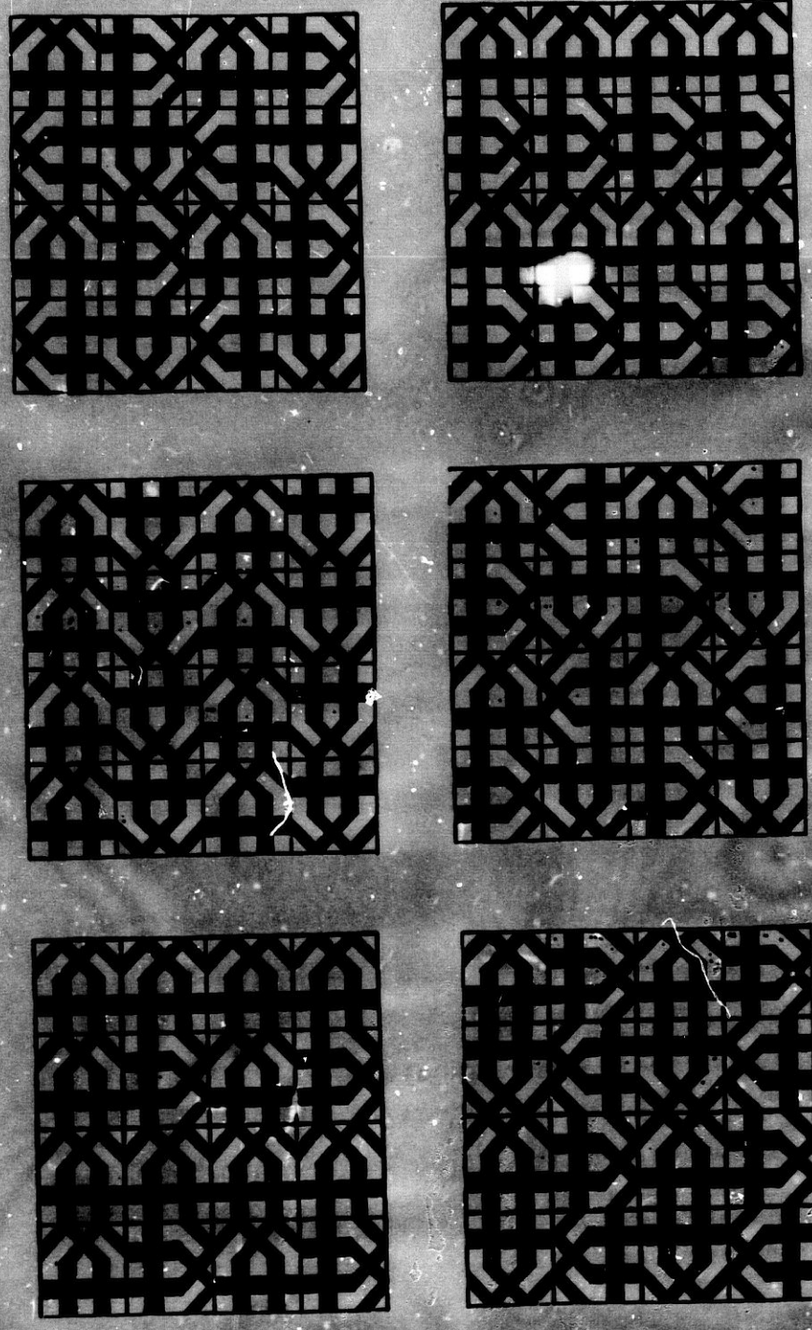
2,2 - 2,2...

1,3 - 1,3...



2,3 - 2,3





Transformaciones . Modulación .

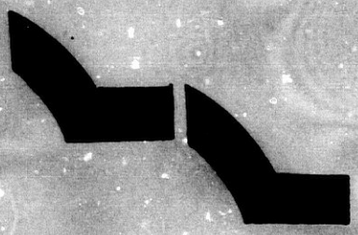
- Transformación por simetría central .
- Transformación por traslación .
- Transformación por giro .
- Transformación por simetria axial .
- Figuras con elementos de simetría .
- Superposición de módulos simetrícos .
- Superposición de grecas .
- Superposición de pliegos .

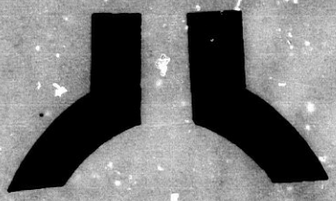
TRANSFORMACIONES

* Algunos autores como Prieto Vives y E.Nuere consideran simetrías a todo tipo de transformaciones que podemos efectuar a una figura , sin que ella pierda su identidad de forma , aunque aparezca en su transformación, con sus elementos (segmentos y ángulos) invertidos.

La figura resultante puede ser : **idéntica** a la originaria o invertida respecto a ella

IDÉNTICAS





INVERTIDAS

En el grupo de transformaciones idénticas englobamos:

a) Transformación por simetría central

b) Transformación por traslación

c) Transformación por giro.

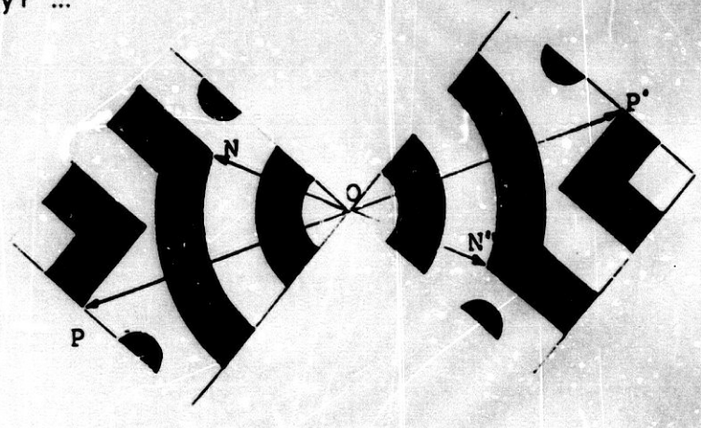
Como trnasformación invertida solo aparece una:

d) Transformación por simetría axial.

Existen otros tipos de transformaciones como la semejanza o la semejanza invertida, en las que la figura resultante aumenta o disminuye de tamaño respecto a la originaria, y otras en las que aparece una deformación de angulos y que se considera como homología.

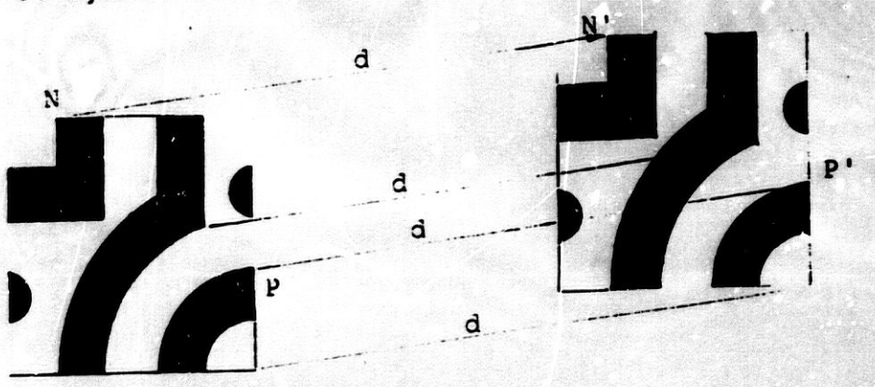
a) Transformación por simetría central:

Dos figuras tienen simetría central cuando los puntos homólogos de ellas equidistan del mismo punto (**centro de simetría**) y están alineados con él, en la misma dirección: N y N´, P y P´...



b) Transformación por traslación :

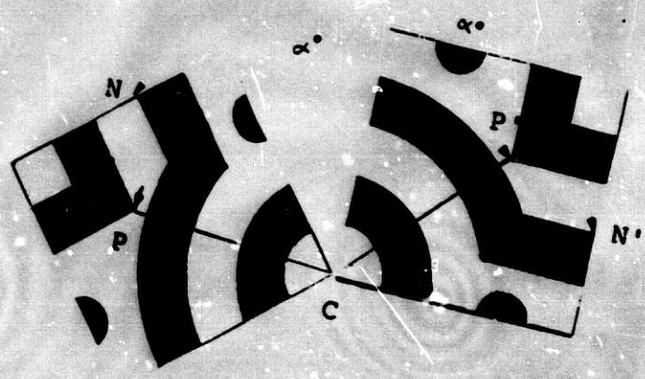
En ella los puntos de la figura originaria se desplazan a la misma distancia y en la misma dirección y sentido, describiendo trayectorias rectilineas y paralelas



c) Transformación por giro :

En este tipo de transformación aparece un elemento de referencia : el centro de giro C y el ángulo de giro

Los puntos homólogos de la figura resultante aparecen , cuando a los originarios los hacemos describir trayectorias de arcos concéntricos de la misma graduación:



La simetría central equivale a un giro de 180°

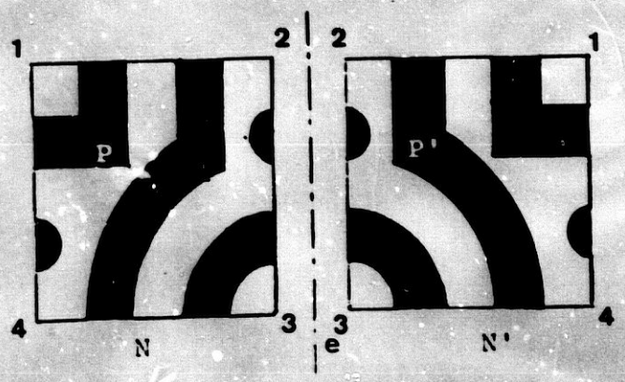
d) Transformación por simetría axial:

En esta transformación aparece un elemento de referencia : **Eje de simetría** e.

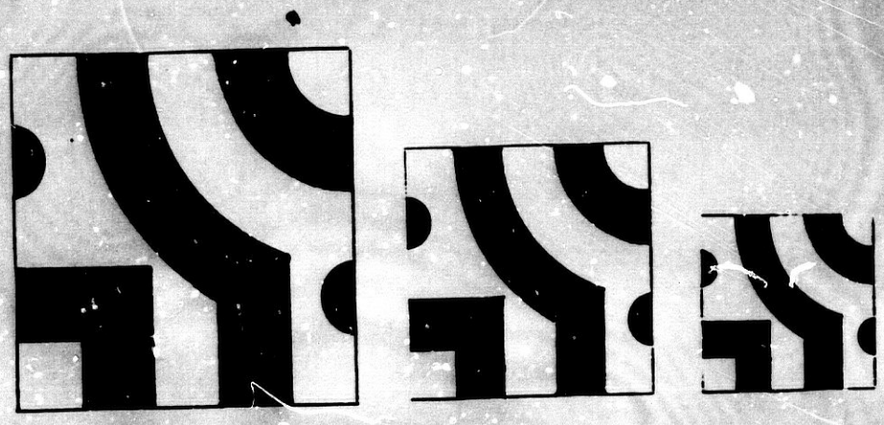
Dos figuras son simétricas respecto a un eje si los puntos homólogos de ambas están situados en la misma perpendicular al eje y equidistantes de él pero en sentido opuesto.

Las figuras resultantes en este tipo de transformación les llamamos simplemente **figuras simétricas** . Entre ellas existe una equivalencia de dimensiones y ángulos , pero no son idénti-

cas pues sus elementos están invertidos : Los vértices de la figura N están nombrados en sentido de la dirección de las agujas del reloj y los de la N´ en sentido contrario.



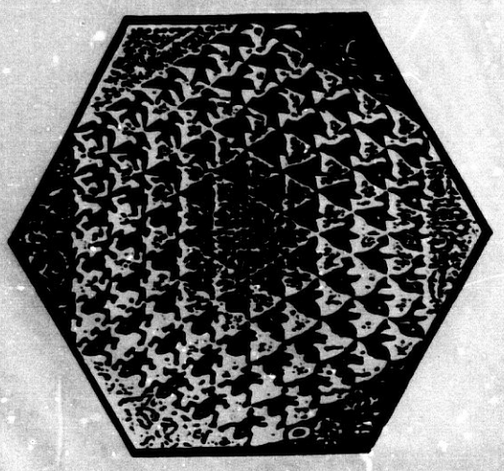
Dentro del capítulo de transformaciones ,en el que la figura resultante es de distinto tamaño de la originaria,tenemos la semejanza.



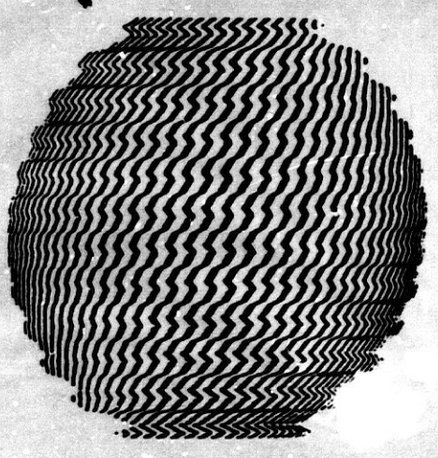
Transformaciones en el Diseño Gráfico.

En el campo del Diseño Gráfico , autores como **Escher** con su obra "Verbum", realizada en 1942 , profundizan en un tipo de transformaciones de figuras.

La distorsión progresiva de las imágenes origina unas nuevas: 2 aves se convierten en una rana y un pez.



Frando Grignani con sus fotografías distorsionadas, utiliza lentes y superficies texturizadas consiguiendo transformaciones de gran valor plástico. (Montaje óptico "FOTOMASTER")

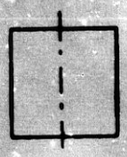


Figuras con elementos de simetría.

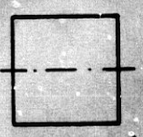
En un módulo teselado puede contar con elementos de simetría :

En un módulo cuadrado pueden aparecer:

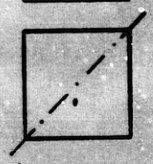
Simetría axial de eje vertical



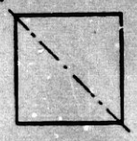
Simetría axial de eje horizontal



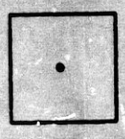
Simetría axial de eje de 45º



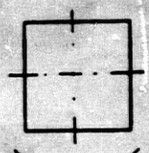
Simetría axial de eje de 135º



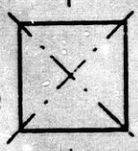
Simetría central



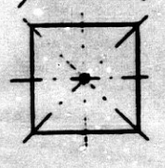
Doble simetría axial vertical horizontal

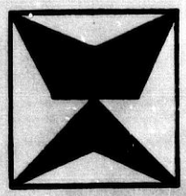


Doble simetría axial de eje 45º de eje 135º

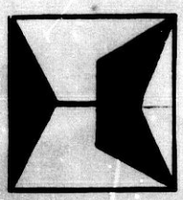


Simetría total





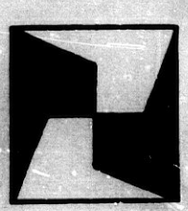
Vertical



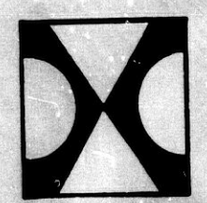
Horizontal

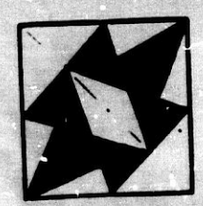
135º

45º



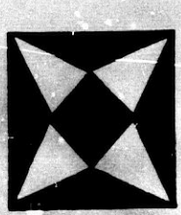
Simetría central





Doble simetría

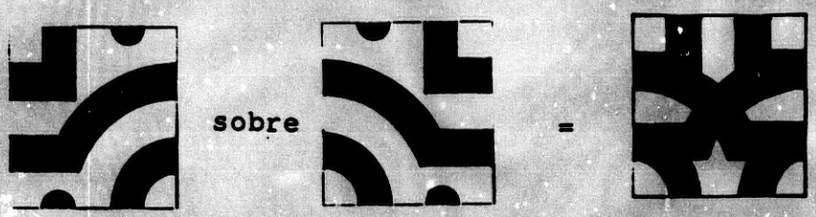
(implica también simetría central)



Simetría total

Superposiciones de módulos simétricos

Si partimos de dos módulos simétricos, pero que individualmente carezcan de todo elemento de simetría o los podremos superponer por transparencia dando lugar a un nuevo módulo que ya contaría con alguna simetría

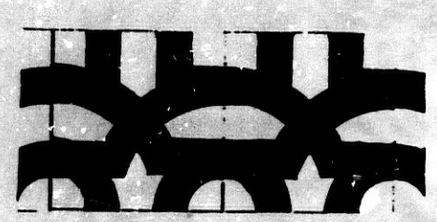


Del mismo modo que existen 2 módulos simétricos, también hay grecas y pliegos simétricos y por superposiciones podemos encontrar nuevas formas moduladas

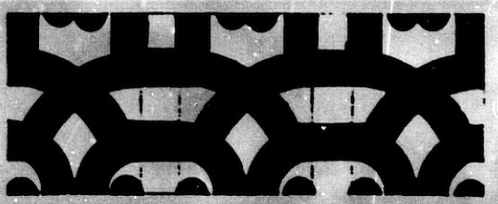
Superposición de grecas simétricas

Al superponer dos grecas simétricas podemos realizar:

Una superposición total

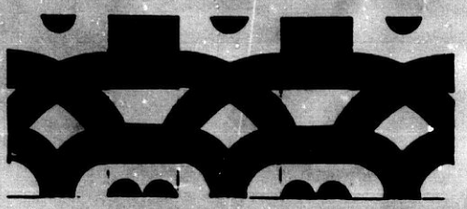


O superposiciones parciales con desplazamientos laterales

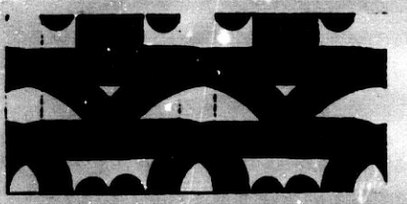


a 1/5

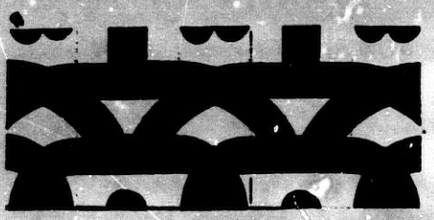
a 2/5

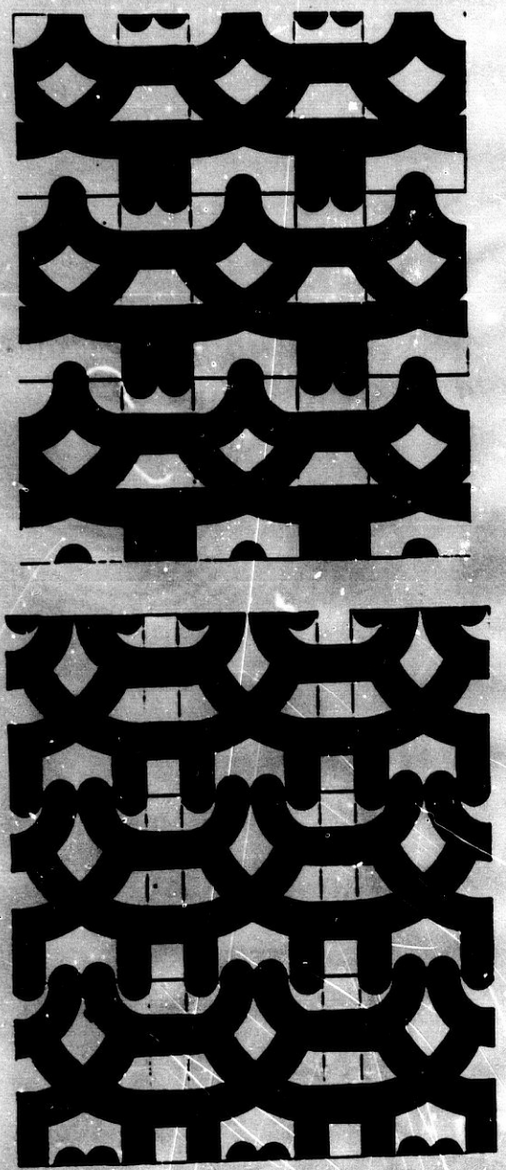


a 3/5

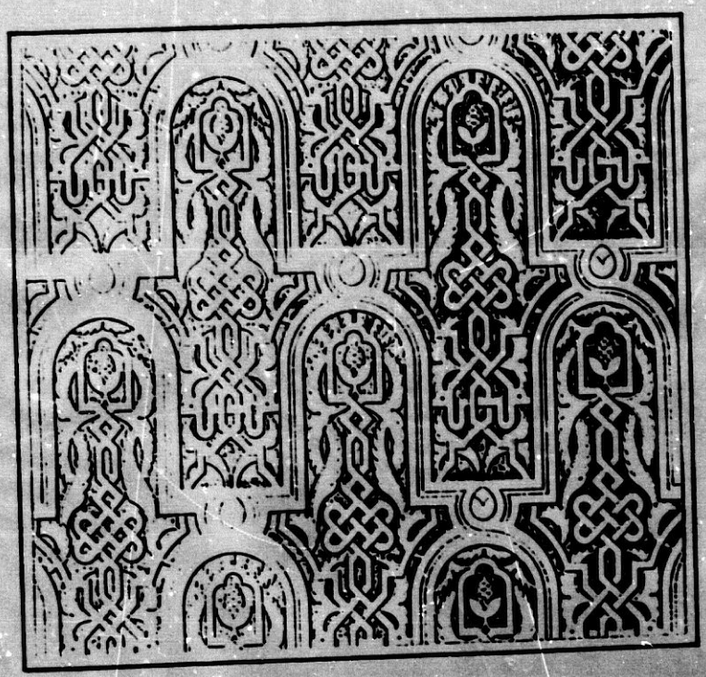


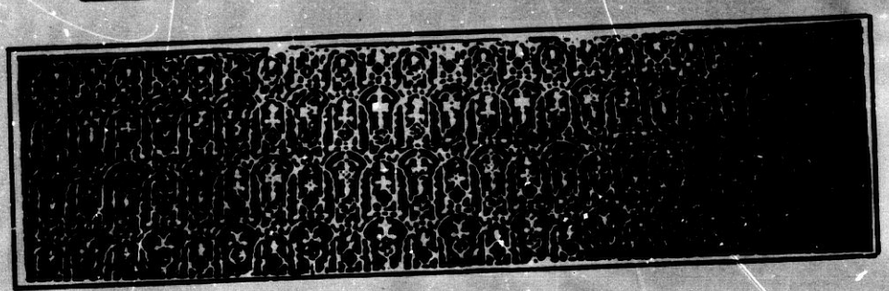
a 4/5

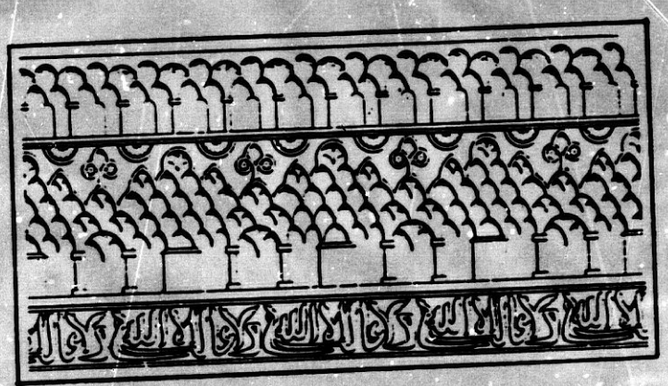




En todas estas superposiciones solo hemos utilizado traslaciones horizontales.¿Cuáles serían si los desplazamientos se hiciesen verticales o diagonales? Dejamos esta experiencia para más adelante.







Clasificación de módulos. Composiciones .

Módulos complementarios .

Módulos opuestos .

Posibilidades compositivas .

Agrupaciones con espacios en blanco .

Empleo de positivos y negativos .

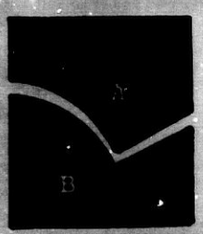
Uso de positivos,negativos y simétricos de ambos.

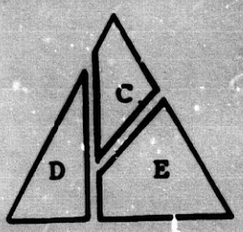
Módulos complementarios

Hasta el momento hemos hablado de módulos iguales y módulos simétricos o invertidos.

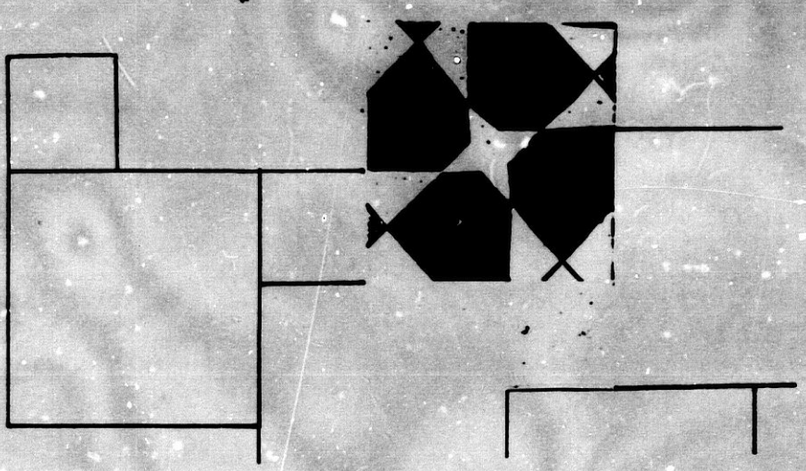
Denominamos **módulos complementarios** a dos figuras desiguales que unidas equivalen a un módulo primario.

Pueden existir dos o más módulos que se complementen entre sí





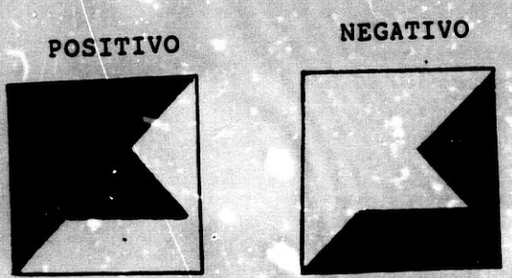
En las composiciones geométricas de la decoración Hispano - Musulmana aparecen módulos de este tipo , que ensamblados con otros, nos presentan pliegos de mosaicos y azulejos.



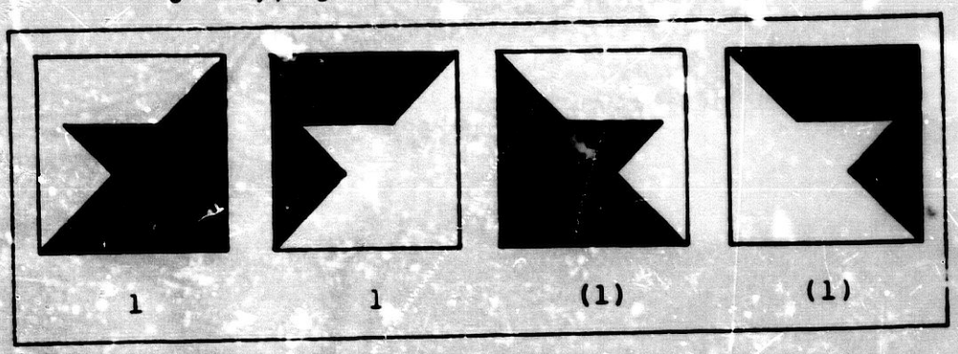
Varios módulos complementarios pueden a su vez componer una figura diferente a la originaria.muchas de estas figuras tienen la propiedad de ensamblamiento que estudiaremos en capítulo aparte.

Modulos opuestos: positivos y negativos.

Si retornamos a la teselación de un módulo en dos fragmentos y a uno de ellos le aplicamos un color o una mancha oscura, podemos tener dos módulos diferentes según la parte que manchemos: **módulos opuestos (positivo al de mayor superficie coloreada , y negativo al de menor**



De esta manera tendremos : módulos idénticos y módulos simétricos ,positivos y negativos,que combinados darán lugar a nuevas grecas y pliegos



Para poder establecer un criterio de orden los nombramos de la siguiente manera :

1 (negrilla) al módulo positivo en la posición 1

1 (normal) " " negativo " " " "

(1) al simétrico del positivo

(1) al simétrico del negativo.

De esta forma tendremos 4 x 4 elementos combinatorios, con los que realiza uevas composiciones modulares de grecas pliegos.

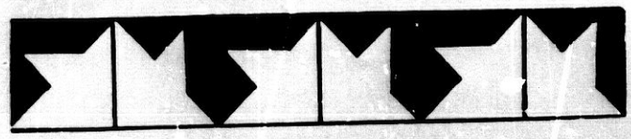
Posibilidades compositivas.

Utilizando solamente módulos idénticos, podemos componer grecas binarias con positivos y negativos por separado:

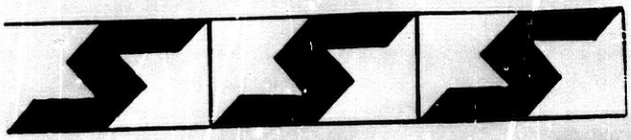
4 ,4 - 4 ,4...

4 , 1 - 4 , 1..

1 , 2 - 1 , 2 ...

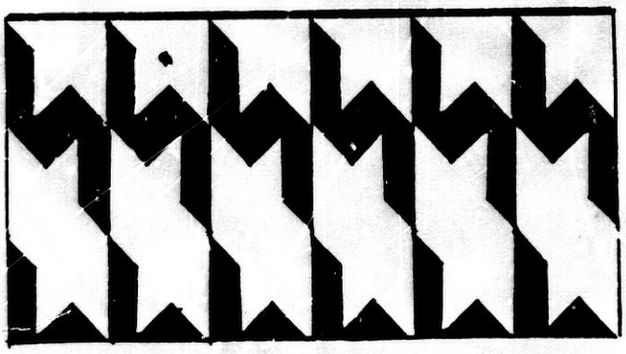


3 , 1 , - 3 , 1 ...

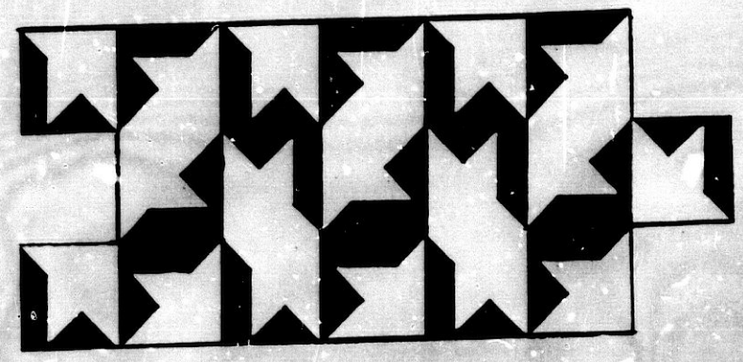


4 , 2 - 4 , 2...

También contamos con la posibilidad de conseguir grecas simples, terciarias, cuaternarias etc. o grecas dobles , triples...



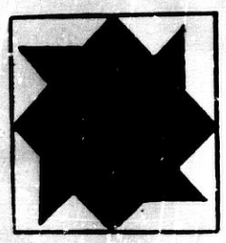
E incluso realizar desplazamientos combinados



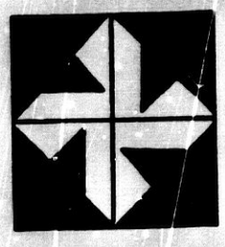
En el campo de la creación de pliegos y utilizando módulos idénticos , podemos realizar agrupamientos de 4 módulos, con las posibilidades combinatorias que conllevan:

Agrupamiento de positivos

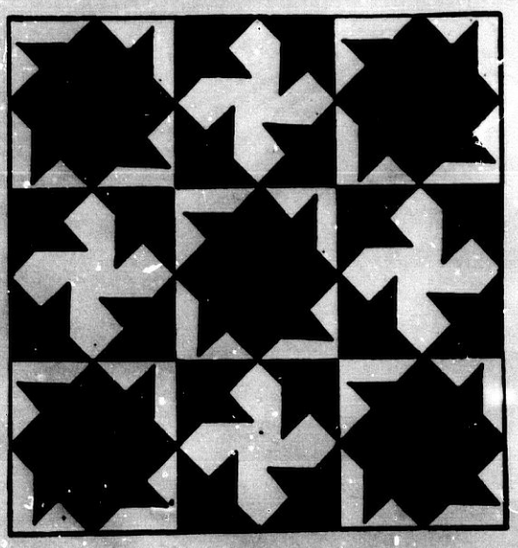
1 ,2,4,3 (A)



3,4,2,1 (B)

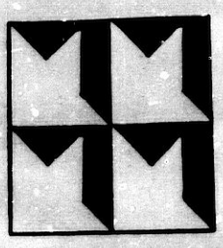


Pliegos con módulos agrupados del tipo A y B

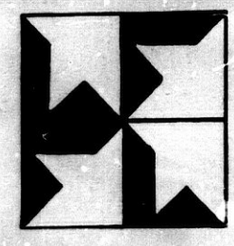


Realizando también con módulos idénticos negativos, agrupaciones de 4 y componiendo pliegos, nos pueden resultar composiciones modulares diferentes, pero algunas de las agrupaciones darían pliegos iguales: (1,2,4,3) = (3 ,4,2,1)

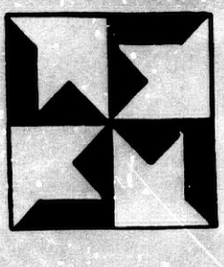
4 ,4 ,4 ,4



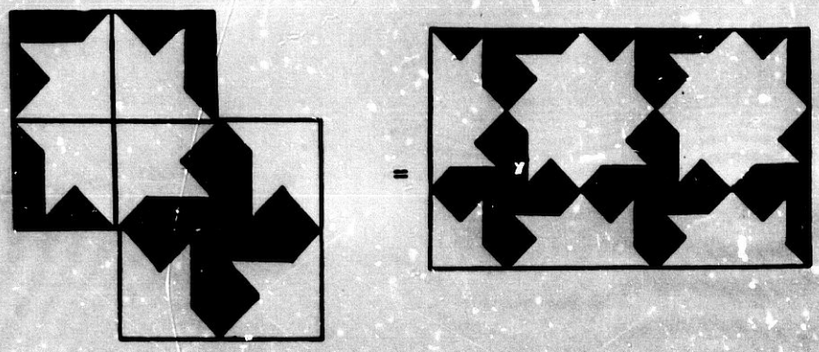
4 ,1 , 1 , 4



4 ,1 , 3 , 2



1, 2, 4, 3



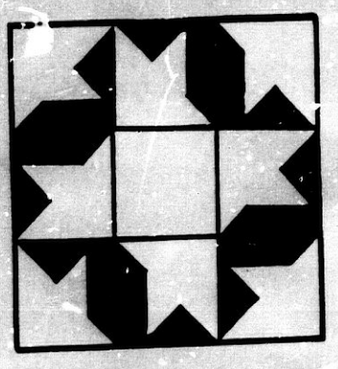
3, 4, 2, 1

Agrupaciones con espacios en blanco

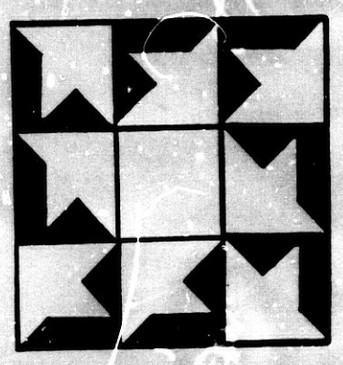
Contamos con una nueva posibilidad, haciendo agrupamientos de 9 eliminando el módulo central, o lo que sería igual que agrupar 8 módulos alrededor de uno en blanco.

Hacemos esta operación con alguna intencionalidad creativa :

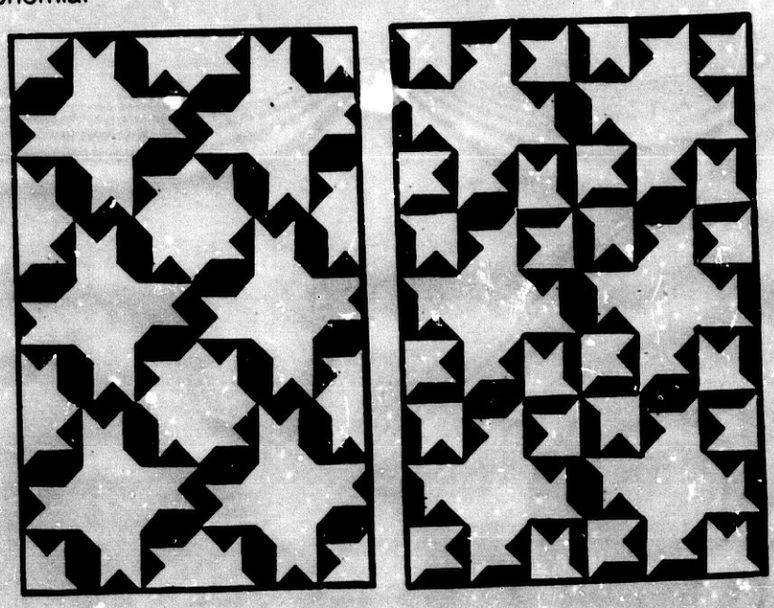
3,2,4,1,0,3,2,4,1



4,1,1,4,0,2,3,3,2



Las composiciones de pliegos resultantes tendrían esta fisonomía:

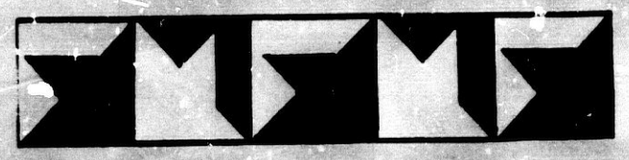


Empleo de positivos y negativos

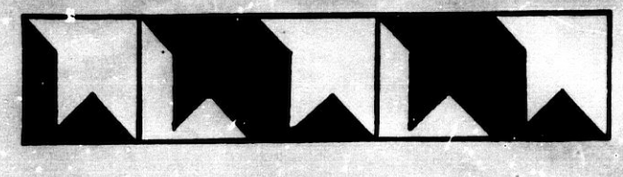
Hasta el momento solo se han empleado elementos idénticos. Contamos ahora con una nueva posibilidad: utilizar positivos y negativos combinados entre sí.

Las grecas binarias adquieren nuevos caracteres,pues utilizamos 8 elemetos en su composición: 1,2,3,4 , 1,2,3 y4

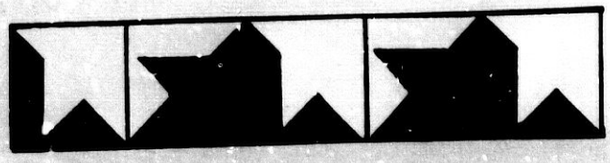
1, 2 - 1 ,2 ...



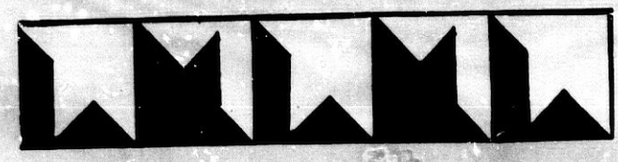
4,4 -4 ,4 ...



4 ,1 - 4, 1...



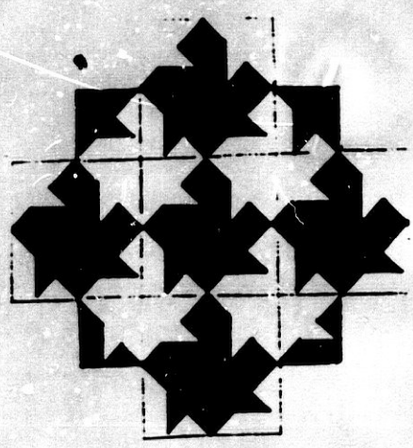
4, 2 - 4 ,2 ...



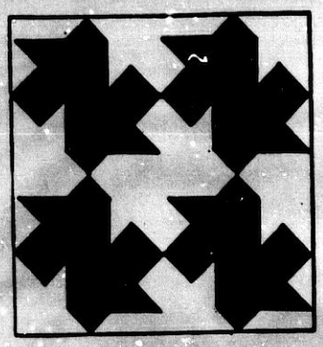
Del mismo modo resultaría con grecas binarias , terciarias etc... y con pliegos resultantes por composiciones con módulos agrupados en 4, 6, 9...

En los pliegos a que nos referimos aparecen siluetas idénticas con la propiedad de ensamblamiento

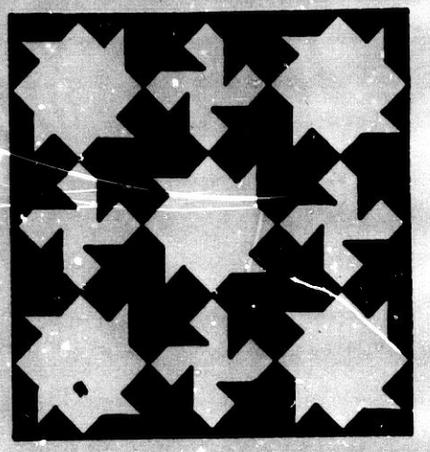
En el pliego formado por módulos agrupados 3 , 4, 4 ,3 resultarían figuras coherentes idénticas dispuestas en el plano en idéntica posición.



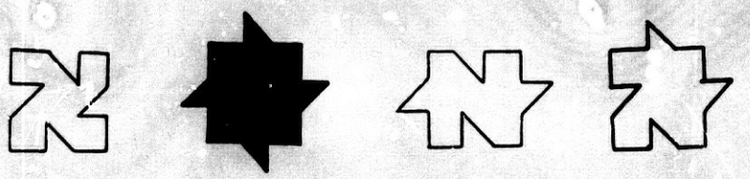
La agrupación de éste otro sería también de 4 módulos 1 , 4 , 2 , 3 , y las figuras aparecen con dos posiciones diferentes



Utilizando dos módulos agrupados (1, 2,4, 3) y (3, 4, 2, 1) aparecen tres tipos de figuras ensambradas entre sí.



Estas figuras llamadas también coherentes dispondrían solamente de simetría central en algunos casos y nunca aparecería la simetría axial, al no haber utilizado módulos simétricos.

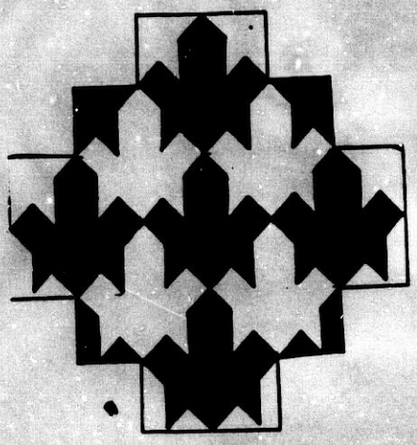


Uso de positivos, negativos y simétricos de ambos

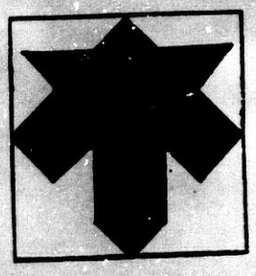
Aún nos resta una nueva posibilidad: la utilización de dos nuevos módulos íntimamente relacionados con el positivo y el negativo, los simétricos de ambos, que nombraremos (1) ,(2), (3) y (4) a las cuatro posiciones del simétrico del negativo , y (1) ,(2),(3) y (4) a los del positivo.

Pasamos directamente a los pliegos, dejando a un lado las composiciones de grecas,utilizando los 16 elementos disponibles.

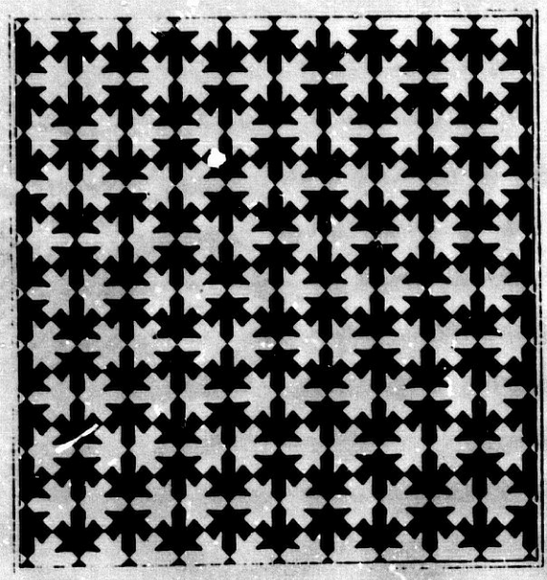
Agrupamiento 3, (3) , 4 , (4): En este pliego aparece una figura que posee un eje de simetría vertical y esta dispuesta en el pliego en igual posición.



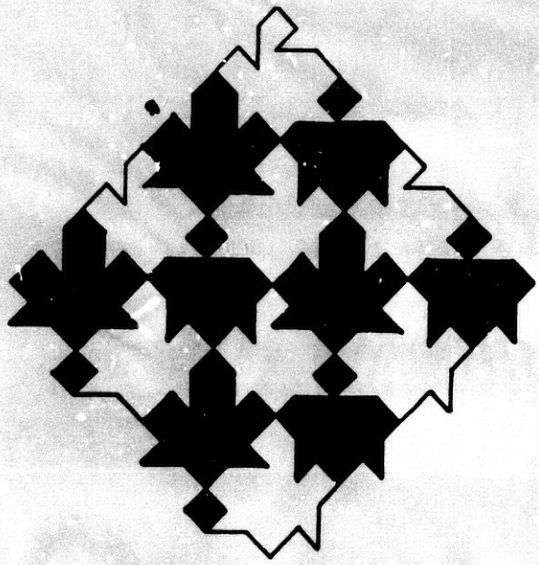
Efectuando diversos agrupamientos de 4 módulos encontramos la siguiente figura en el formado por 1 , (1) , 2 , (2).



Si con este nuevo módulo compuesto realizamos la agrupación 1 ,3 ,3 ,1 aparece la composición modular de la Alhambra que vemos a continuación.



Sería interminable seguir mostrando ejemplos de pliegos en los que aparecen muchas figuras ensambladas entre sí.



Teselación . Coherencia .

Mosaico: Definición y términos

Clasificación de mosaicos

Mosaico regular uniforme .

Mosaico irregular uniforme .

Mosaico regular bimorfo , trimorfo y polimorfo .

Mosaico irregular bimorfo , trimorfo y polimorfo.

Variaciones sobre una tesela irregular coherente.

Superposición de pliegos teselados .

Mosaico regular bimorfo.

Mosaico regular trimorfo .

Mosaicos semirregulares .

Método para la creación de mosaicos semirregulares bimorfos .

Pautas de siluetas escalonadas.

Siluetas derivadas del cuadrado .

TÈSELACIÓN . COHERENCIA.

Mosaico: Definicion y términos.

Se conoce con la denominación de **teselación**, a la operación de fragmentar un plano.

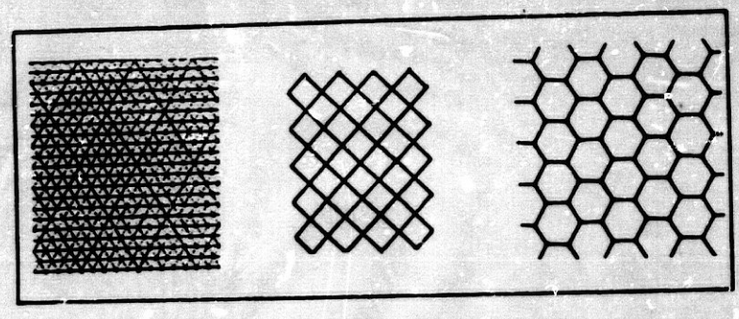
A cada uno de los fragmentos resultantes llamaremos te - selas.

La composición que se haga con teselas es un **mosaico.**

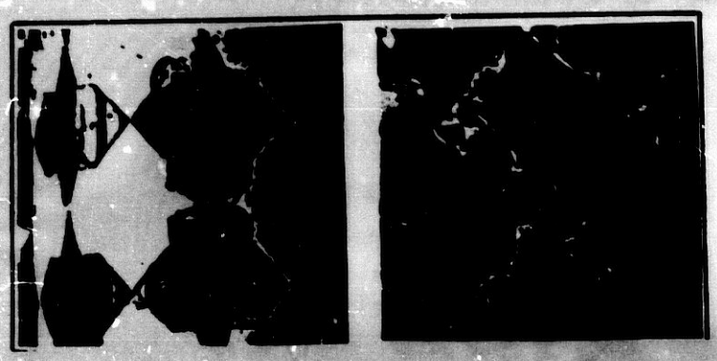
Los mosaicos pueden poseer teselas de igual o desigual forma y tamaño, por lo que nos interesa tener una clasificación previa que a continuación expresamos.

Clasificación de mosaicos.

A) **Mosaico regular uniforme**, el formado por teselas con forma de un solo polígono regular de igual tamaño: Como ejemplo de ello tenemos a las redes triangulares regulares, cuadradas y hexagonales regulares.



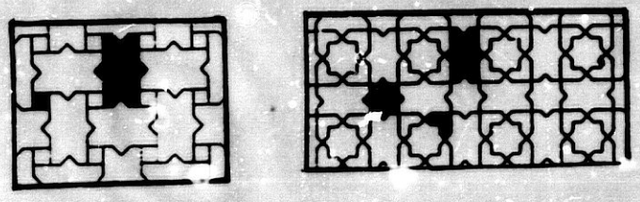
B)**Mosaico irregular uniforme** el compuesto de teselas de forma irregular, pero todas iguales.Encontramos en la decoración islámica muchos y variados ejemplos:

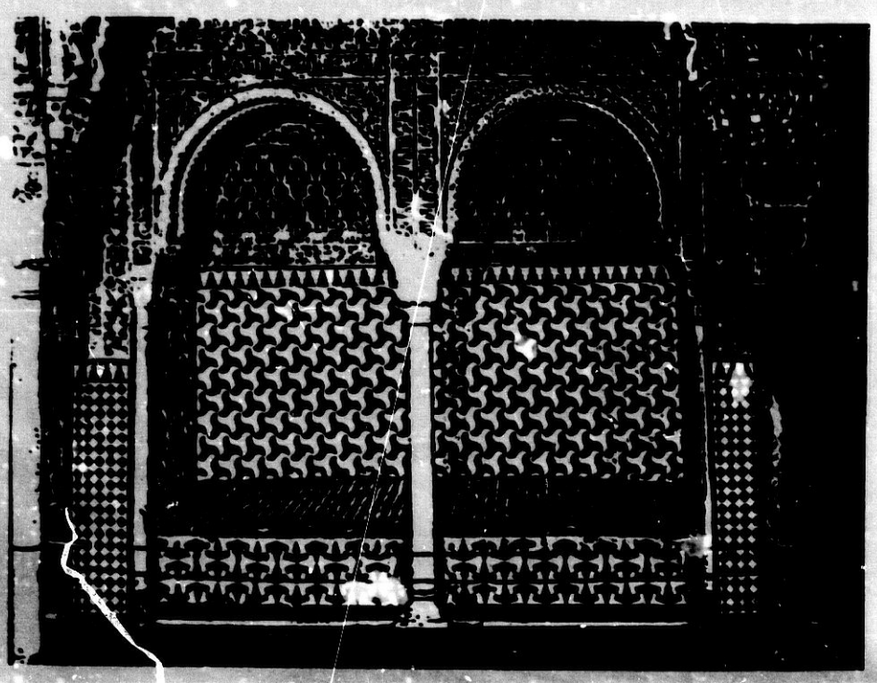


C) Mosaico regular bimorfo,trimorfo o polimorfo,si está compuesto de dos,tres o más polígonos regulares respectivamente. Algunos autores los denominan mosaicos semirregulares. (Consideraremos en este apartado como polígonos regulares a las estrellas o polígonos estrellados).

Este tipo de mosaicos son un elemento de gran importancia en la estructura de las creaciones modulares de las que nos ocupamos en este estudio, por lo que las analizaremos con profundidad en los parágrafos últimos de este mismo capitulo.

D) **Mosaico irregular bimorfo,trimorfo o polimorfo** ,en el que aparecen teselas de forma irregulares de dos, tres o más formas diferentes. Ejemplos:

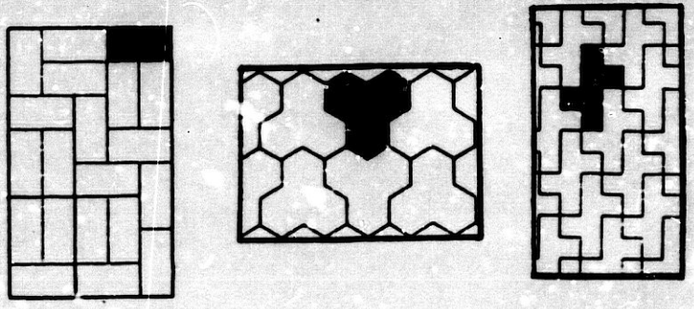




Mosaico irregular uniforme:

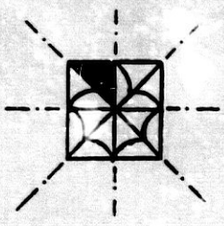
El objeto inmediato de este estudio es el encontrar un procedimiento que nos permita la creación de una tesela , que encaje con otras de su misma configuración , para completar un pliego.

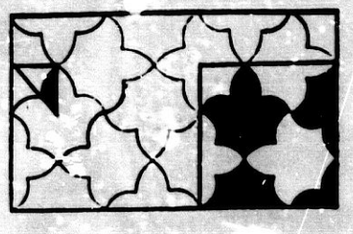
En primer lugar podemos componer una tesela ,uniendo cuadrados o triángulos. A estas teselas en los capítulos 3 y 4 de este libro se dedica un amplio apartado.



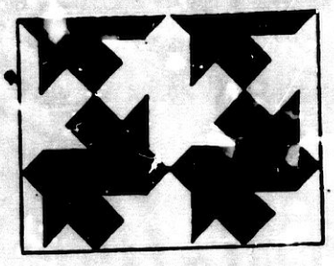
Tenemos la posibilidad de utilizar para esta operación, fragmentos de los polígonos regulares mencionados, como el triángulo rectángulo isósceles (medio cuadrado) , la cuarta parte de un cuadredo, seccionado por sus diagonales, y la mitad o un tercio de un triángulo equilátero.

Como ejemplo de ello, se ha analizado la manera de utilizar un simple triángulo rectángulo isósceles al que se le ha dibujado una linea curva,desde el vértice del ángulo recto a la mitad de la hipotenusa y componiendo mediante simetrias axiales, resulta un mosaico irregular uniforme.





En el capítulo anterior, aparecen pliegos de módulos agrupados (3,4,4,3) , (1,4,2,3) y (3.(3),4,(4)), donde aparecen figuras que se ensamblan perfectamente y que se consideran como figuras coherentes consigo mismas , con lo que disponemos de un método fácil para diseñar una composición uniforme.



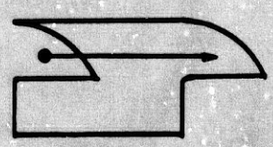
En el estudio realizado por M.T. Perez Sordo y P. Nestares (Tramas geométricas en la decoración cerámica de la Alhambra) disponemos también de un método atribuido a "Escher":

Basandonos en él se ha analizado dicho procedimiento:

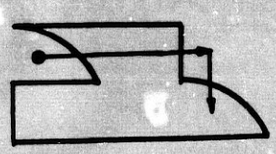
Partimos de un rectángulo y eliminamos una parte de su superficie (concavidad) para incorporarsela en otro lado del fragmento resultante.

Lo podemos hacer de las siguientes maneras:

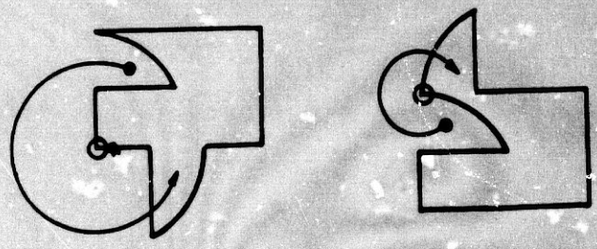
a) Realizando una traslación al lado contrario, donde aparecerá una convexidad:



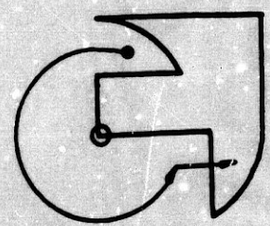
b) Efectuando una doble traslación (Horizontal y vertical):



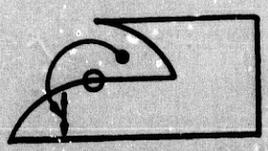
c) Girando el fragmento sobre el vértice de ese lado.(A uno u otro lado) :



d) Añadiendo a un giro sobre el vértice una traslación al extremo de ese lado :

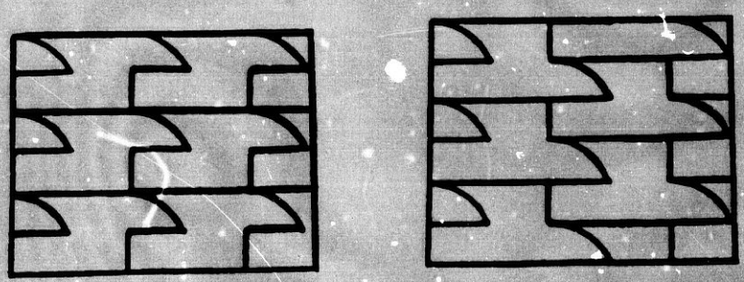


e) Efectuando un giro y una simetría:

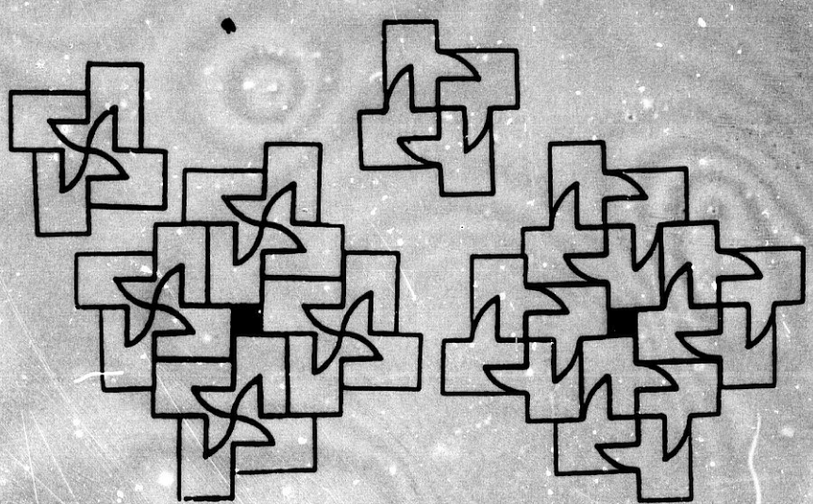


A la hora de componer un pliego con las teselas creadas comprobamos que:

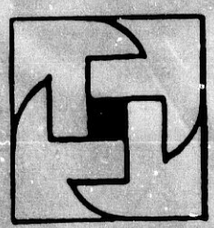
Con los modelos "a" y "b" podremos completar el pliego



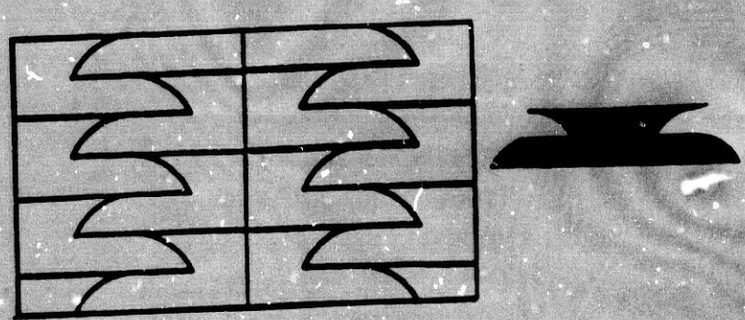
Con las teselas del modelo "c" llegamos a ensamblar 4 pero al intentar ensamblar grupos de 4 ,queda un espacio del pliego sin cubrir.



Con la tesela "d", no se pueden ensamblar ni siquiera las cuatro primeras



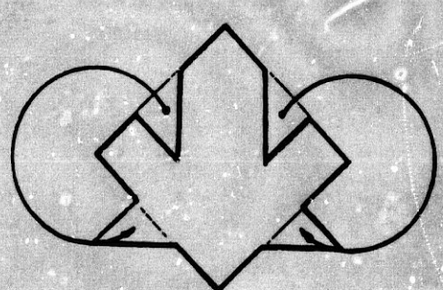
Por último, con la tesela "e" solo podremos completar el pliego,si utilizamos la tesela simétrica . Juntas formarían una tesela que sería coherente consigo misma y que tendría un eje de simetría.



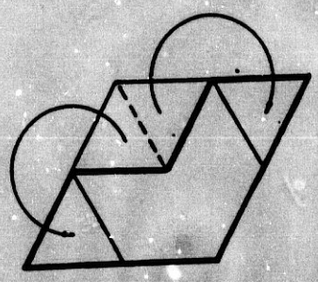
Procedimientos para crear teselas coherentes y con un eje de simetría.-

Para ello se puede:

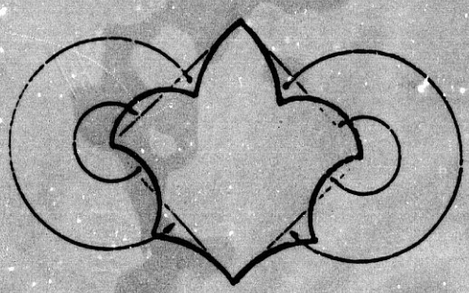
Realizar dos concavidades y llevar mediante giros de sentido contrario a los lados contiguos



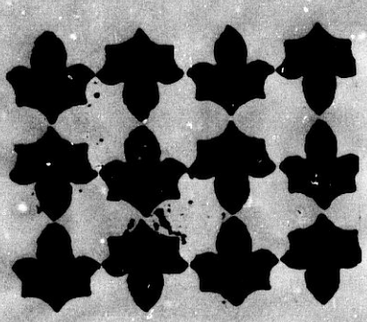
O realizar la misma operación con un polígono regular de lados pares (Hexágono)

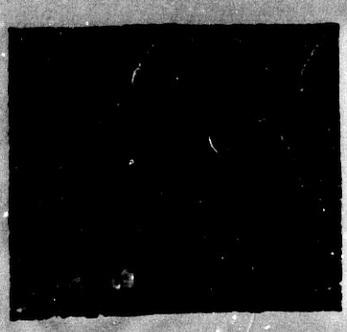


También utilizar más concavidades pares

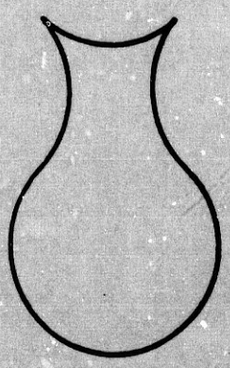


En la decoración Hispano-musulmana encontramos ejemplos representativos de este tipo de **teselación irregular uniforme.**

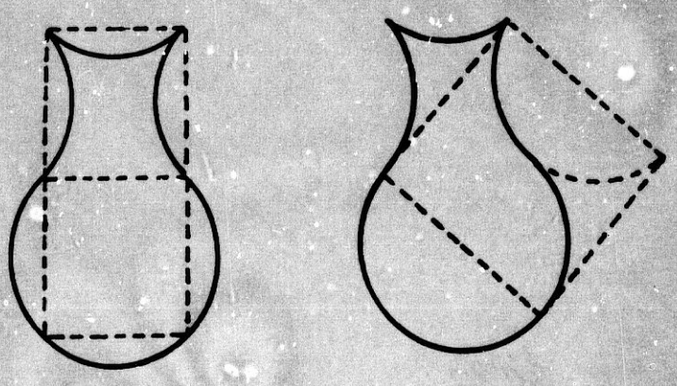




Martín Gadner en su libro "Nuevos pasatiempos matemáticos", plantea un problema basado en las investigaciones de Tho, Hobbes,publicadas en 1669 (Quadratura Circuli,Cubitatio Sphaerae, Duplicatio Cubi,): ¿Cuántos cuadrados unitarios contiene esta figura ?

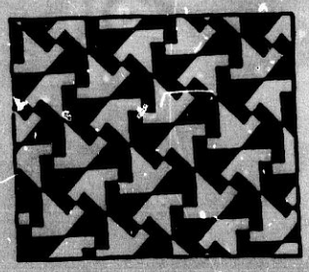


Lo resuelve de dos formas diferentes, y es simplemente el método inverso, al empleado en el apartado anterior, para la consecusión de figuras coherentes.

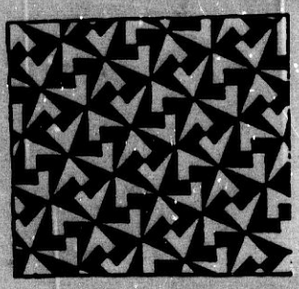


Variaciones sobre una tesela irregular coherente.

Partimos de la tesela (1) que compone este pliego de la Alhambra.

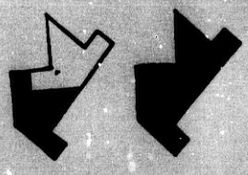


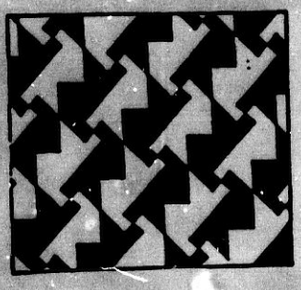
La podemos dividir por su eje de simetría en dos teselas y tendremos una nueva tesela (1/2) con la que compondríamos el siguiente mosaico.



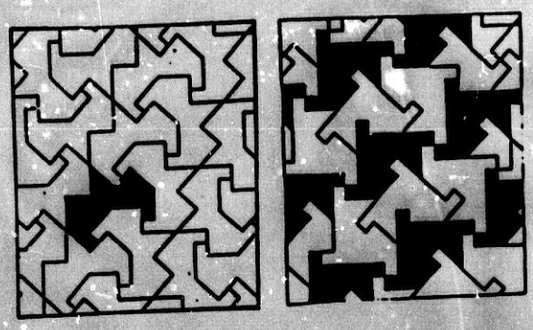
Si en vez de dividir la tesela 1 la agrupamos a otras de su misma forma ,obtenemos :

Con agrupación de 2

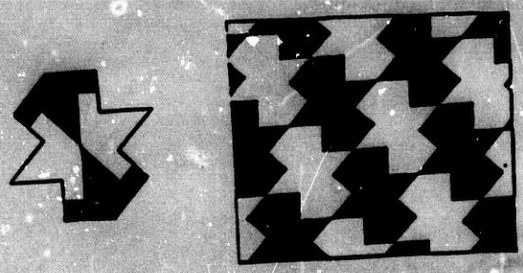




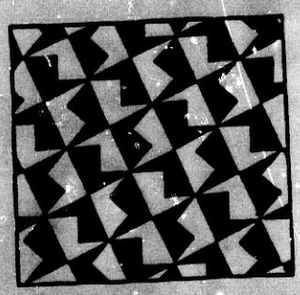
Con agrupación de 3



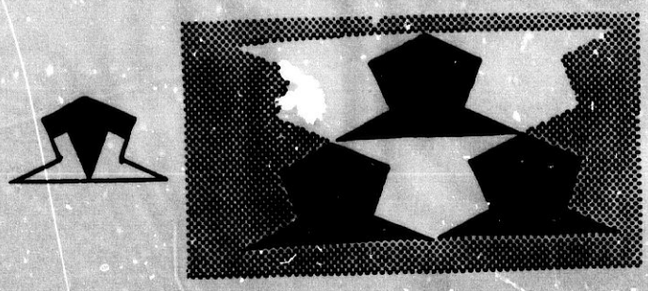
Con agrupación de 4



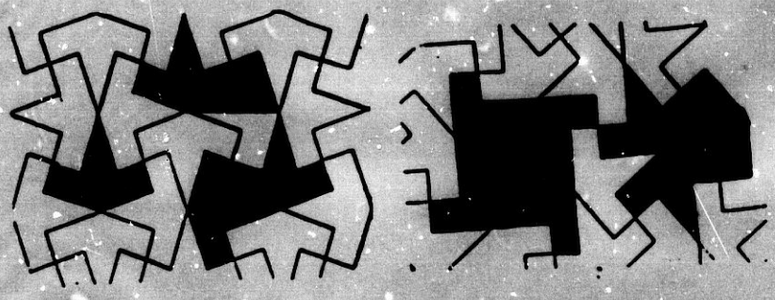
Con agrupación de 1/2 y 1/2



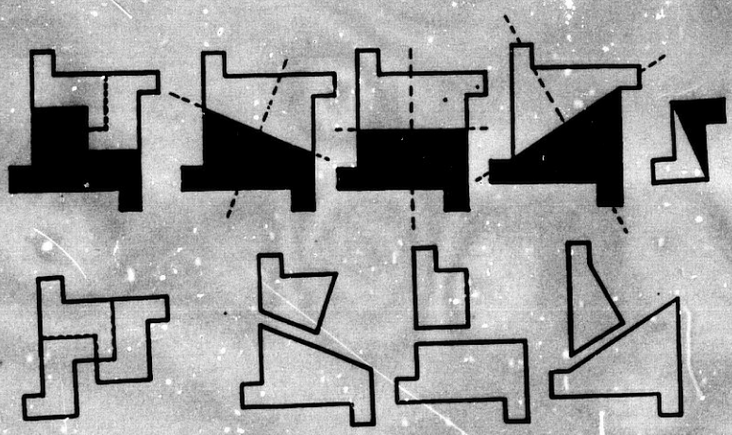
Con agrupación de 1 ,1/2 y1/2



Podríamos realizar de esta manera múltiples pliegos con teselación irregular uniforme, con este otro tipo de agrupaciones.



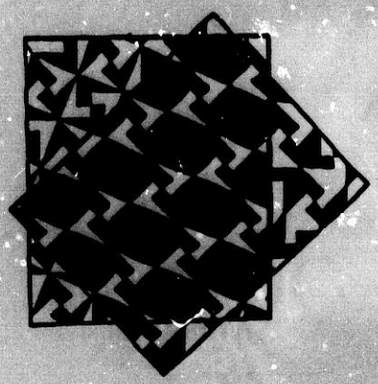
Si retomamos una de estas agrupaciones teselares , y realizamos bisecciones de ella, obtenemos de nuevo otras teselas , que originarían nuevos mosaicos irregulares uniformes.



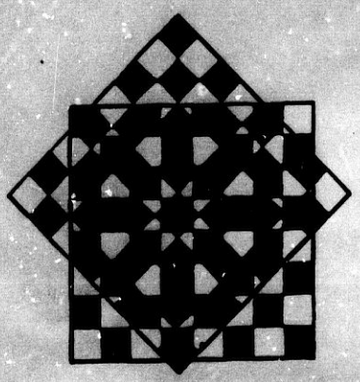
Superposición de pliegos teselados

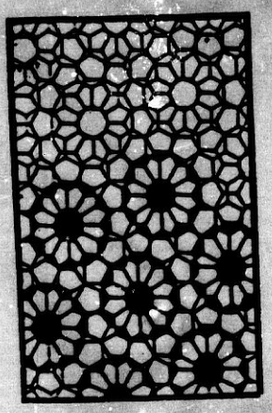
Utilizando los pliegos teselados ,realizados en el apartado anterior y en transparencias, podríamos obtener una nueva variedad de teselaciones por superposición de pliegos.

Una muestra de ello la tenemos en esta superposición, con la cual obtenemos una **teselación irregular bimorfa.**



Podemos realizar superposiciones de mosaicos regulares uniformes obteniendo **mosaicos polimodulares**



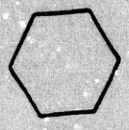


Mosaico regular bimorfo

Denominamos de esta manera a todo mosaico que posea en su composición teselas con forma de polígonos regulares de dos formas diferentes y para ello analizaremos previamente el origen de los polígonos regulares y estrellas de que podemos disponer:

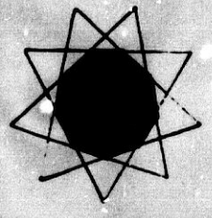
Triángulo equilátero, cuadrado y pentágono regular

Hexágono regular por agrupación de 6 triángulos

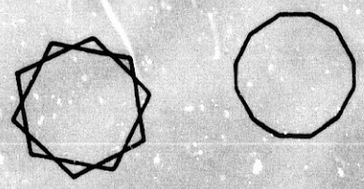


Octógono, como la intersección de dos cuadrados girados sobre su centro 45º

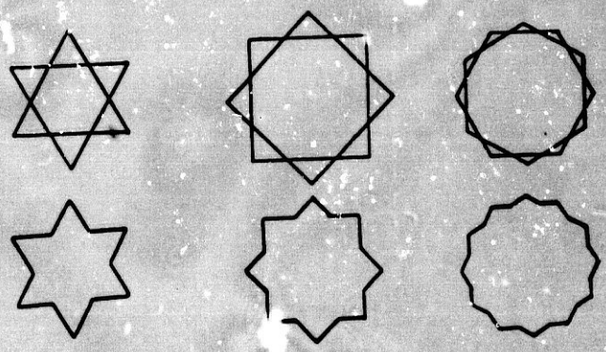
El eneágono, como intersección de tres triángulos



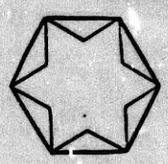
El decágono, dodecágono y polígono regular de 16 lados, originados por las respectivas intersecciones de dos pentágonos, hexágonos u octógonos.



Por uniones superpuestas, y giradas sobre su centro, obtendremos estrellas de 6, 8, 12... puntas de primer orden.

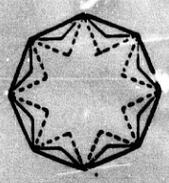


Otra forma de conseguir las estrellas de primer orden es el trazado de las diagonales más cortas de un polígono regular. De esta manera podemos obtener las estrellas de 5, 7, 9 ...puntas de este mismo primer orden.



Existen estrellas de orden 2, 3, 4 ..., que se pueden obtener con el trazado de diagonales de un polígono regular uniendo los vértices no opuestos.

Si unimos cada vértice con los inmediatos resulta el polígono, si los unimos con los segundos inmediatos de cada lado obtendremos la estrella de primer orden. si lo hacemos con los terceros inmediatos resulta la de segundo orden y así sucesivamente.



Pero cada polígono tiene un número limitado de estrellas del mismo número de puntas, que podemos saber de antemano de la siguiente manera:

Si el número de lados del polígono es impar dividimos dicho número por 2 y al entero del cociente resultante le restamos 1 y saldrá el número de estrellas que le corresponden.

Veamos un ejemplo:

Para averiguar el número de estrellas de siete puntas:

7: 2 = 3´5
3-1 = 2 estrellas

Las estrellas de 7 puntas de primer y segundo orden.

Si el número de puntas es par, al número resultante de dividirlas por dos le restamos 2:

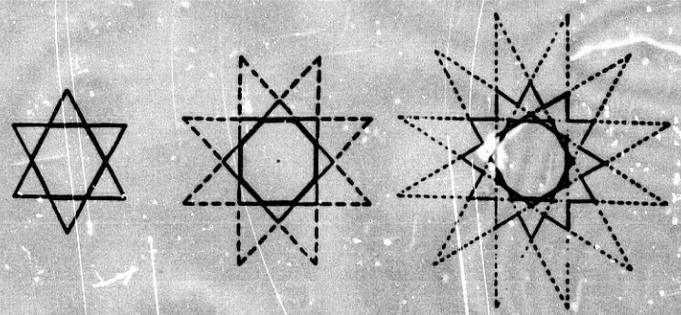
Calcularemos el número de estrellas de 10 puntas:

10: 2 = 5
5 - 2 = 3 estrellas

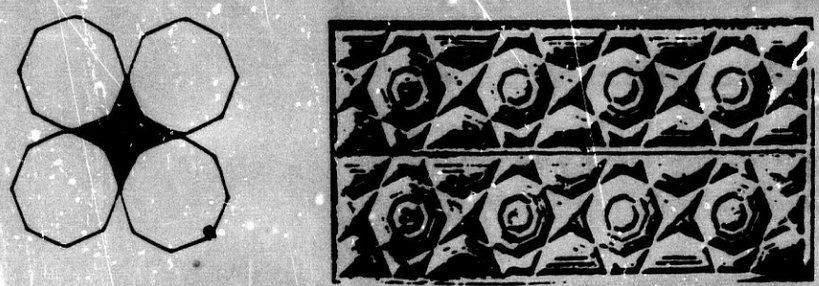
Las estrellas de 10 puntas de primer, segundo y tercer orden.

Podemos igualmente obtener de otra manera las estrellas, prolongando los lados de un polígono regular y de esta forma resultan estrellas de radios cada vez mayores, pero con unas posibilidades de aplicación teselar superiores a las conseguidas con el otro procedimiento.

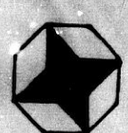
En capítulos posteriores analizaremos este caso.



Existe aún otra estrella, la de cuatro puntas, que puede obtenerse de dos maneras diferentes: Aparece en el espacio libre que queda en un pliego, al unir por sus vértices, teselas de forma ortogonal:

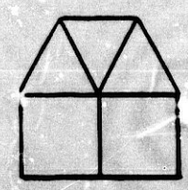


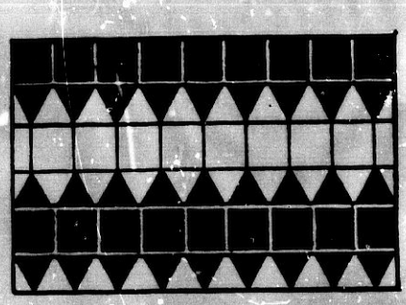
También se puede obtener mediante las diagonales, no opuestas desde los cuatro vértices alternos de un octógono regular:

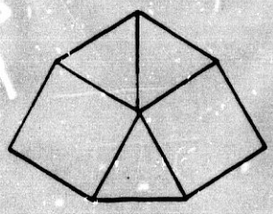


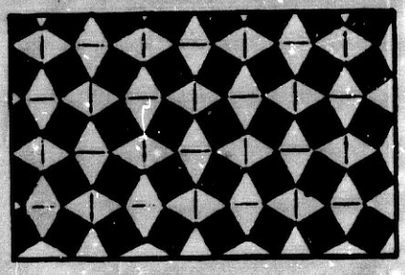
Veamos entonces los mosaicos regulares bimorfos que podemos obtener. Para ello la suma de los ángulos de dos polígonos regulares coherentes ha de ser de 360º

Dos cuadrados y tres triángulos , con lo que conseguiremos dos formas de mosaico

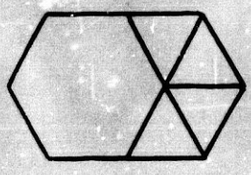


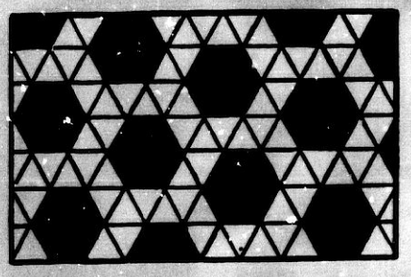




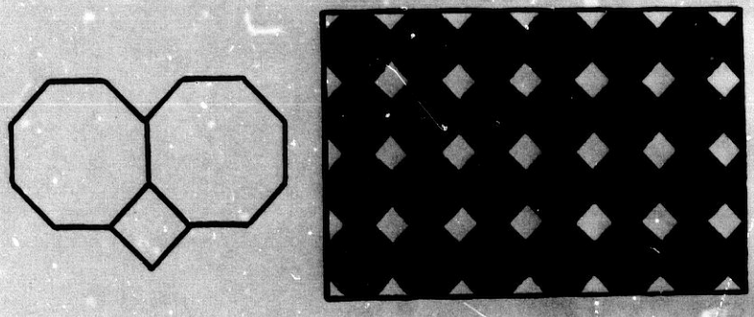


Un hexágono y cuatro triángulos

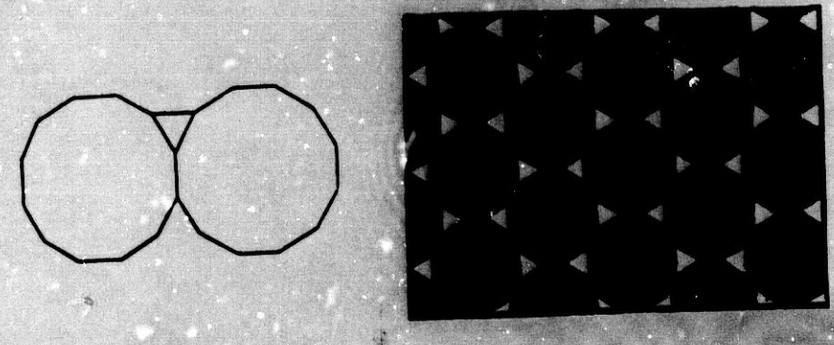




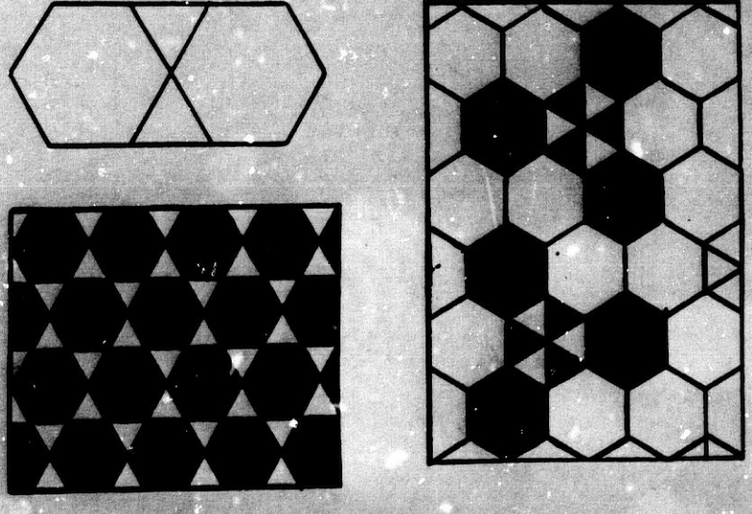
Dos octógonos y un cuadrado.



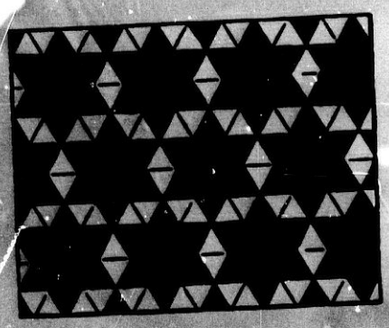
Dos dodecágonos y un triángulo



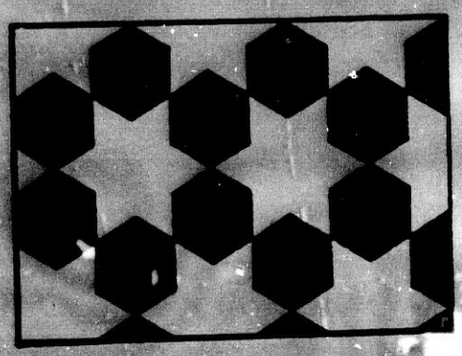
Dos hexágonos y dos triángulos, con lo que conseguimos también dos mosaicos de composición diferentes



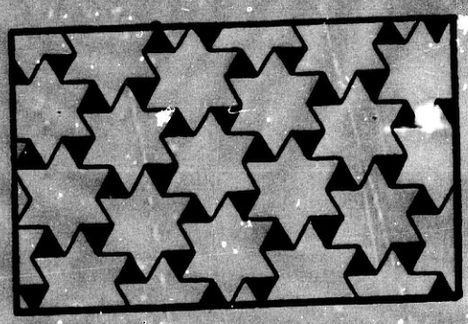
Una estrella de 6 puntas y dos triángulos



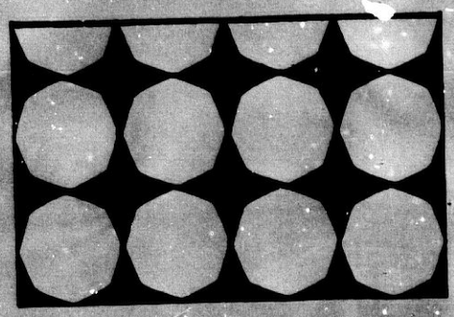
Una estrella de 6 puntas y un hexágono



Dos estrellas de 6 puntas y un triángulo

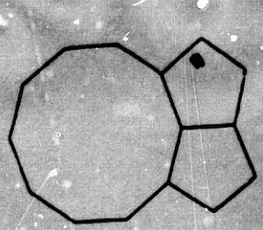


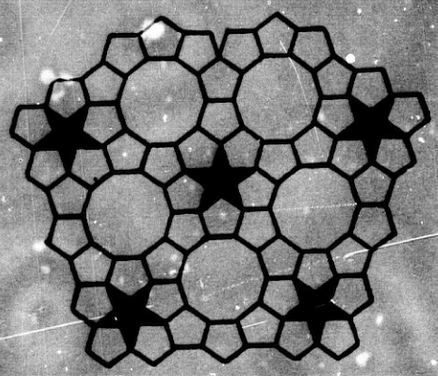
Dos octógonos y 2 estrellas de 4 puntas



Mosaicos regulares trimorfos.-

Teóricamente con un decágono y dos pentágonos debería poderse componer un pliego , porque la suma de sus tres ángulos es 360^2 , pero al intentarlo , nos damos cuenta , que aparece en el mosaico una nueva tesela regular : la estrella de 5 puntas. Por lo tanto el mosaico resultante sería regular trimorfo.

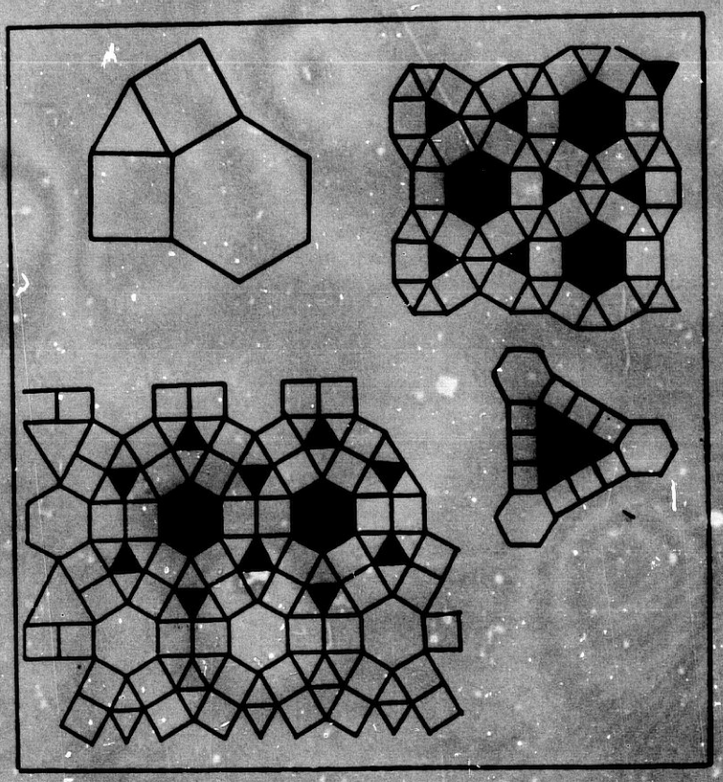




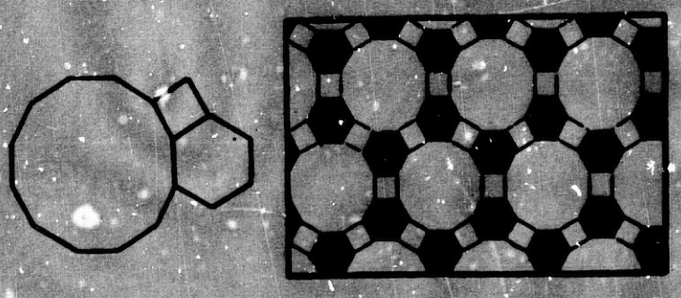
También pueden resultar este tipo de mosaicos con:

Un hexágono, dos cuadrados y un triángulo:

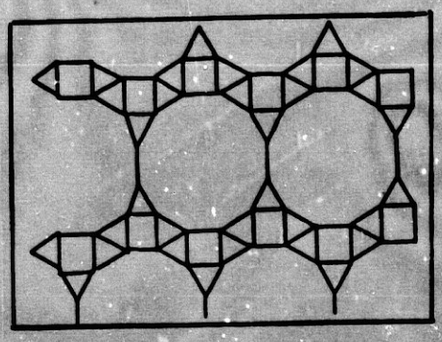
Resultan varias composiciones



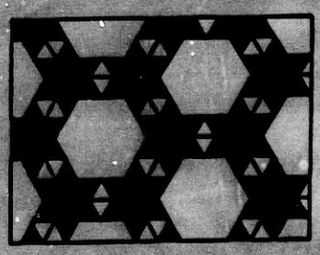
Un dodecágono, un cuadrado y un hexágono:



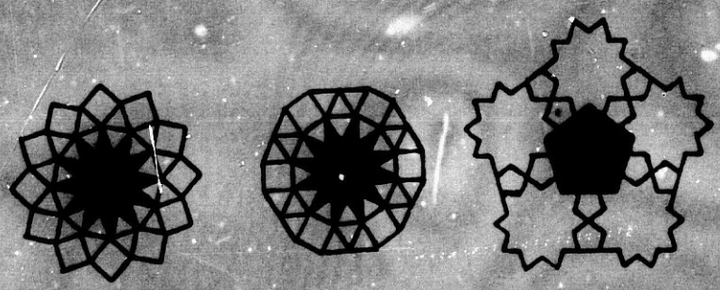
Un dodecágono,un cuadrado y dos triángulos



Una estrelia de 6 puntas,dos triángulos y un hexágono



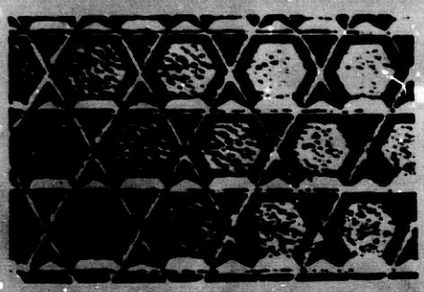
Existen multitud de teselaciones regulares trimorfas y polimorfas, dependiendo de la utilización de estrellas de 8,9,10 o más puntas y diferentes ordenes, por lo que el estudio se haría interminable y por ello lo hemos limitado a polígonos de menos



de 13 lados y estrellas de 4,5 y 6 puntas.

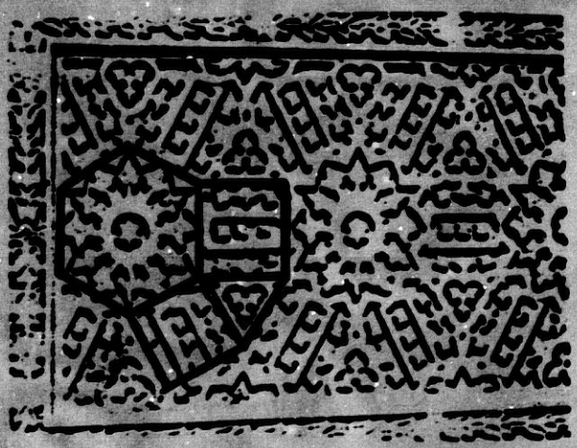
La decoración geométrica islámica cuenta con gran variedad de pliegos modulados en los que se nota palpablemente, la utilización de teselaciones regulares.

Tenemos un ejemplo claro en el dibujo de este cristal

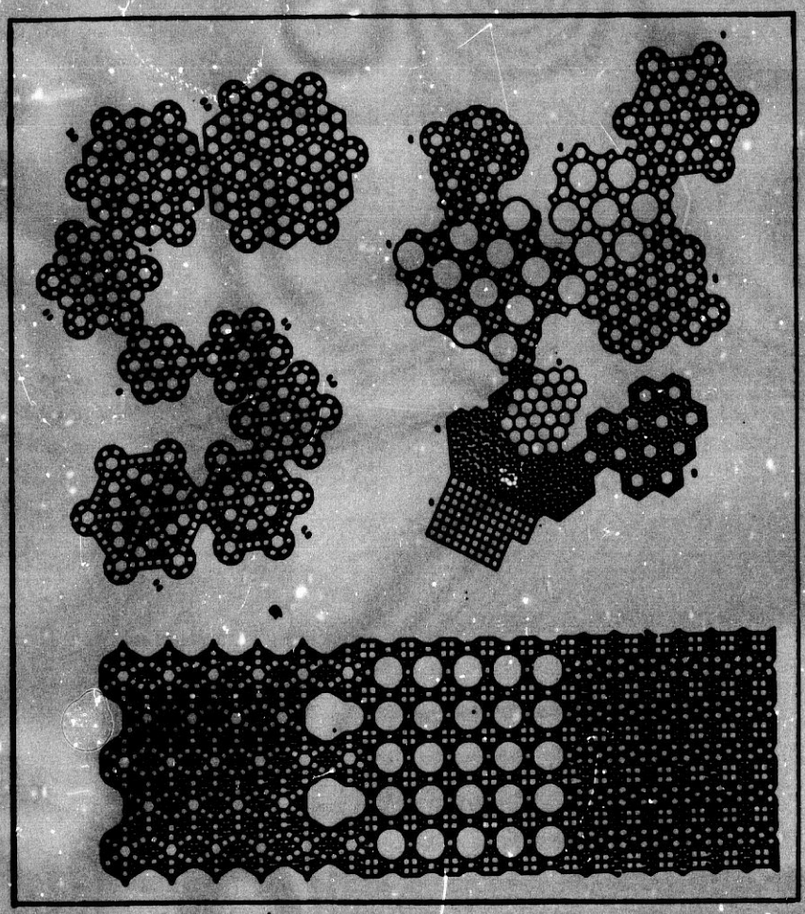


En ocasiones, cada uno de los pólígonos que sirven de base a la composición final, aparece a su vez teselado con figuras vegetales o geométricas, con lo que dicha red inicial queda camuflada ,impidiendonos ver con claridad su entramado originario. (Los árboles nos impiden ver el bosque)

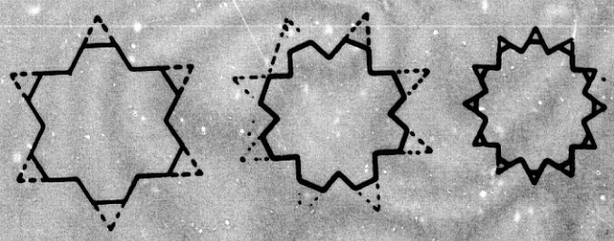
Como ejemplo de ello tenemos esta decoración de El Palacio de Medina Azahara de Córdoba



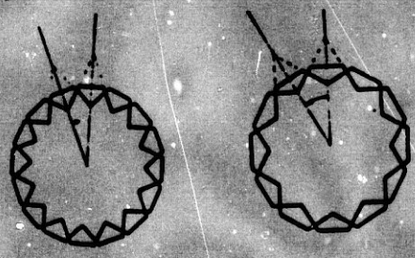
La Escuela de Ulm llama rejas a estos mosaicos y disponemos del siguiente documento gráfico.



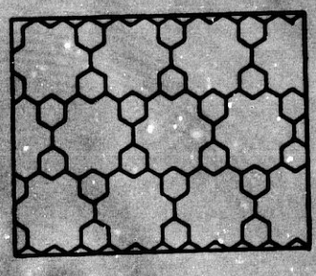
Hemos dejado para el final unas figuras que podemos también llamar regulares : Las estrellas biseladas o despuntadas , que resultan de seccionar las puntas de las estrellas por la mitad de los lados que las componen.



Superponiendo con giros dos estrellas biseladas igualles aparecen otras de doble número de puntas biseladas,que pueden ser coherentes con otras teselas regulares ,o coherentes consigo mismas.

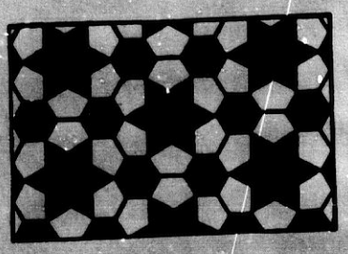


Estas nuevas estrellas tienen la posibilidad de formar, junto a polígonos regulares, o a figuras idénticas , mosaicos regulares uniformes,bimorfos etc.

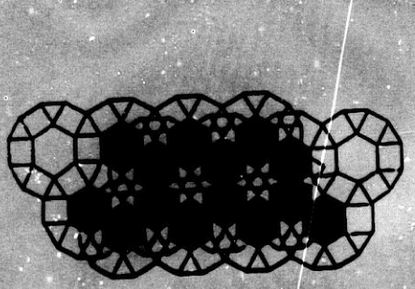


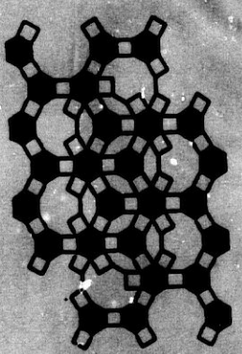
Mosaicos semiregulares.-

Son los que están compuestos de figuras regulares ensambladas con otras irregulares. Es la mayoría de los mosaicos de la decoración islámica, puesto que disponen de una figura central, que generalmente es una estrella.



Tenemos aún otra nueva posibilidad que convierte cualquiera de los mosaicos regulares, en semirregulares y en irregulares: superponiendo con giros y desplazamientos dos de ellos

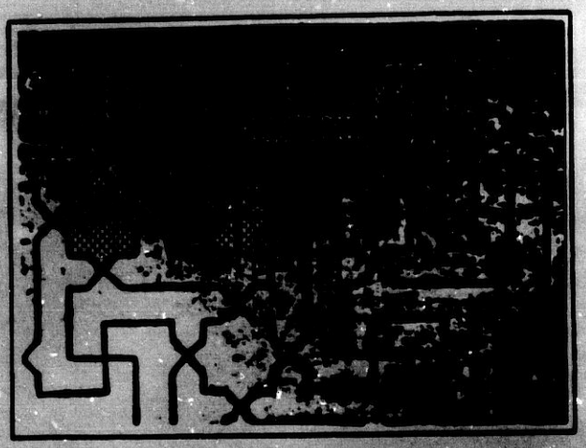




Método para crear mosaicos semirregulares bimorfos.-

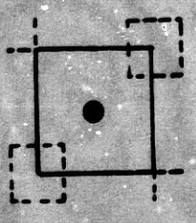
Existen con asiduidad unos mosaicos semirregulares bimorfos que causan cierta sorpresa a pesar de la simplicidad

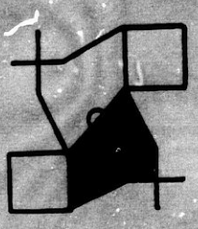
de sus formas, pero no por ello menos bellas:



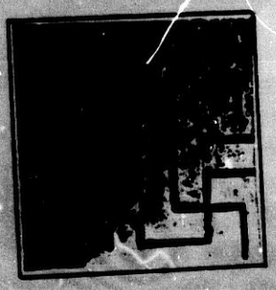
Intentamos ahora un procedimiento por el que se podrían conseguir otros similares:

Se distribuyen dos figuras que posean dos ejes de simetría perpendiculares, (dos abiertas: cruces, y dos cerradas:cuadrados), en los estremos de un cuadrado, de la forma siguiente. A continuación se unen los vértices de los cuadrados ,con el centro geométrico del cuadrado base con dos lineas que tengan simetría con respecto a ese centro geométrico, y otras dos a los extremos más cercanos de las cruces, guardando la misma relación de simetría. Entonces aparece una tesela que sería coherente con el cuadrado y daría lugar a un mosaico semirregular bimorfo.

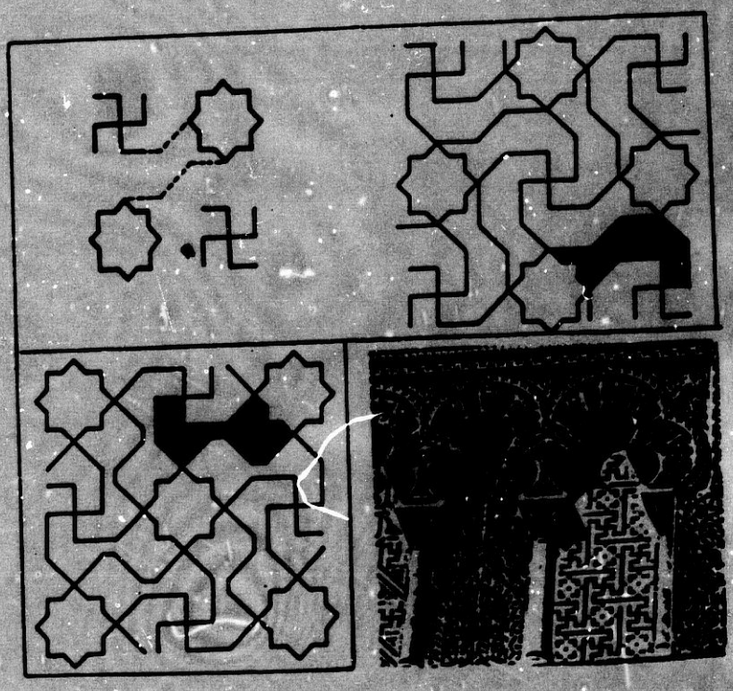




Si analizamos el mosaico de referencia de este apartado, veremos que su configuracion es la misma, pero que se han utilizado, la estrella de 8 puntas y la cruz gamada.



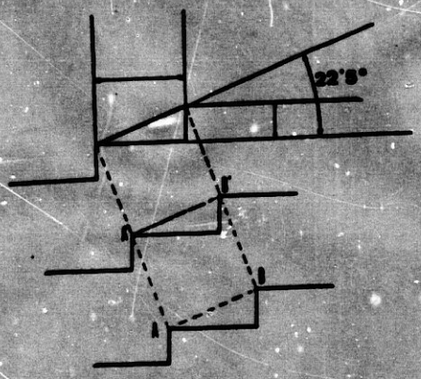
Basándonos en este mosaico de la Alhambra y trazando lineas diferentes obtendríamos mosaicos muy variados y de las mismas características:



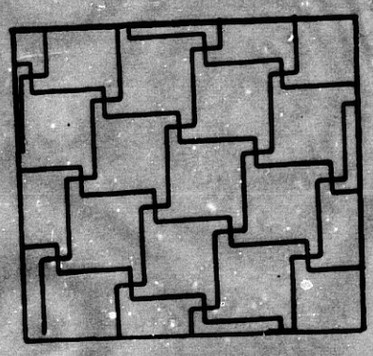
Pautas de siluetas escalonadas .-

Entramos ahora en un nuevo procedimiento para crear teselas coherentes.

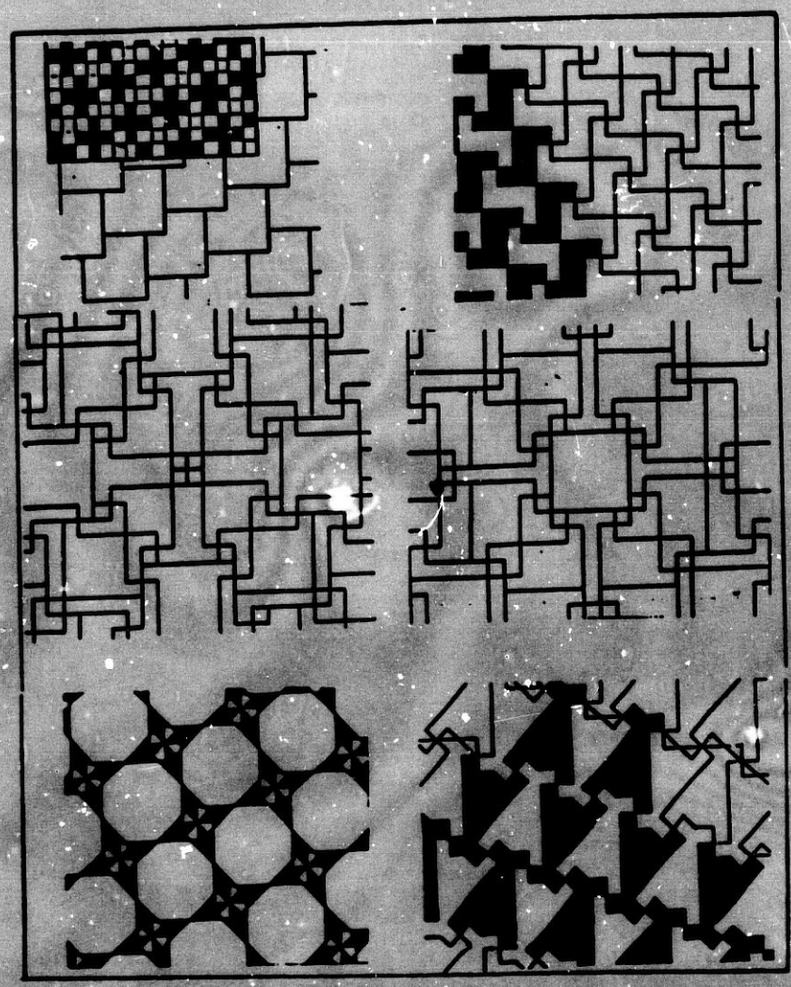
Se ha diseñado una silueta escalonada de las características siguientes : sobre una recta , de inclinación con la horizontal de 22´5 º = 45º /2 , hemos trazado la escalera y situado los vértices de dos siluetas en un cuadrado y con esta cadencia se dibuja la pauta siguiente:

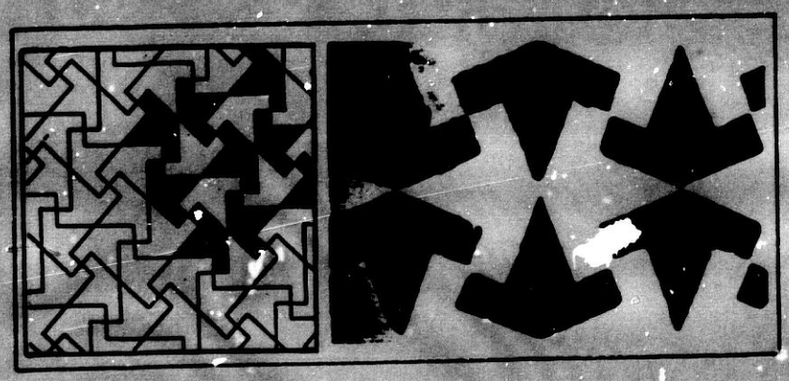


La superposición de dos pautas da lugar a la red que vemos en el dibujo siguiente :



La superposicion de dos redes simétricas nos origina múltiples mosaicos , como también superpòniendo redes y pautas.



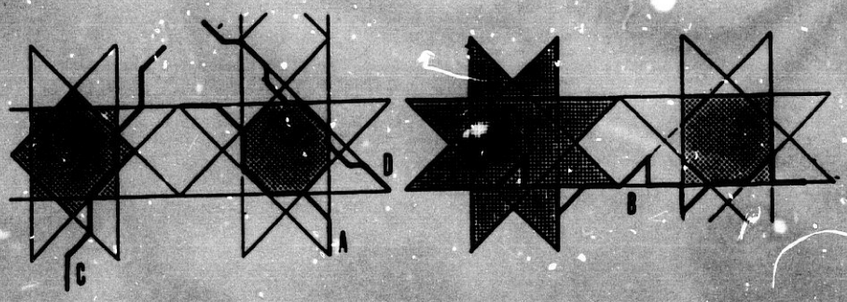


Siluetas derivadas del cuadrado.-

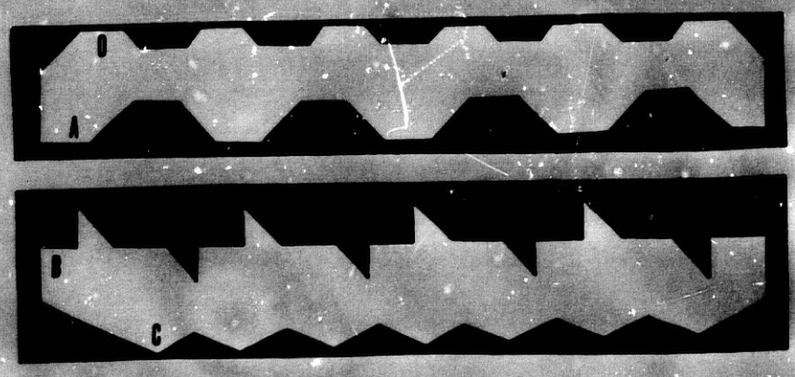
Analizando la silueta escalonada, llego a la conclusión de que han de existir otras siluetas, que pueden originar, de la misma manera, teselas capaces de componer alguno de los mosaicos estudiados anteriormente.

Para ello, basándome en el cuadrado, he dibujado varias estrellas de 8 puntas y el polígono regular de 8 lados, resultante de la superposición de dos cuadrados.

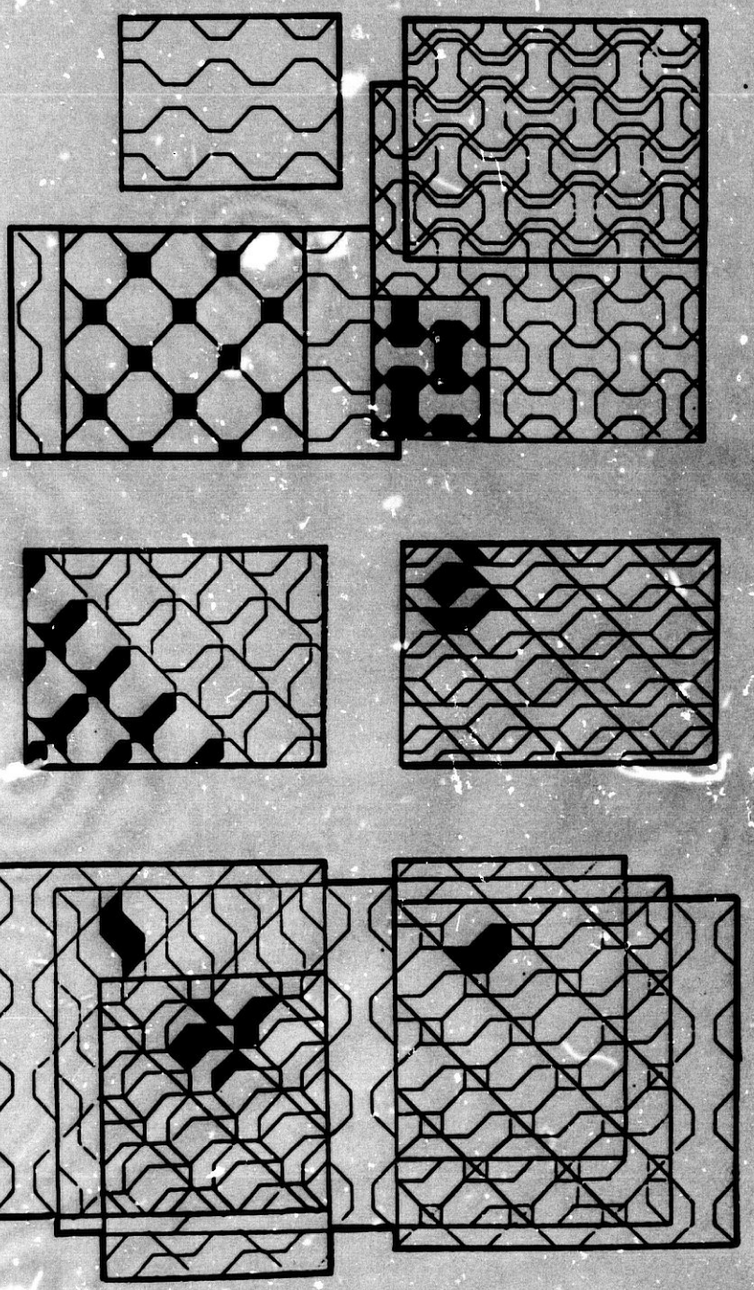
Sobre ellos he diseñado tres siluetas, que aparecen en el dibujo siguiente:



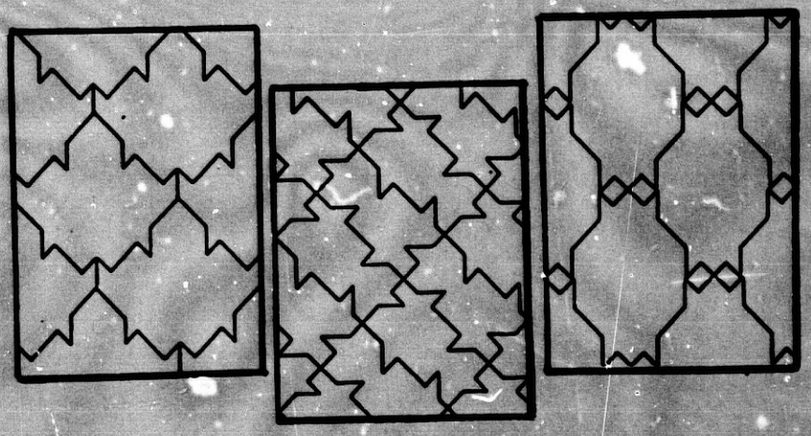
Con la idea de agilizar el trazado de las mismas y en distintos grados de inclinación, he diseñado las reglas siguientes, que adaptadas a la de un tecnígrafo, nos auxiliarían para realizar, las pautas y redes, que nos permitan obtener mosaicos muy variados..

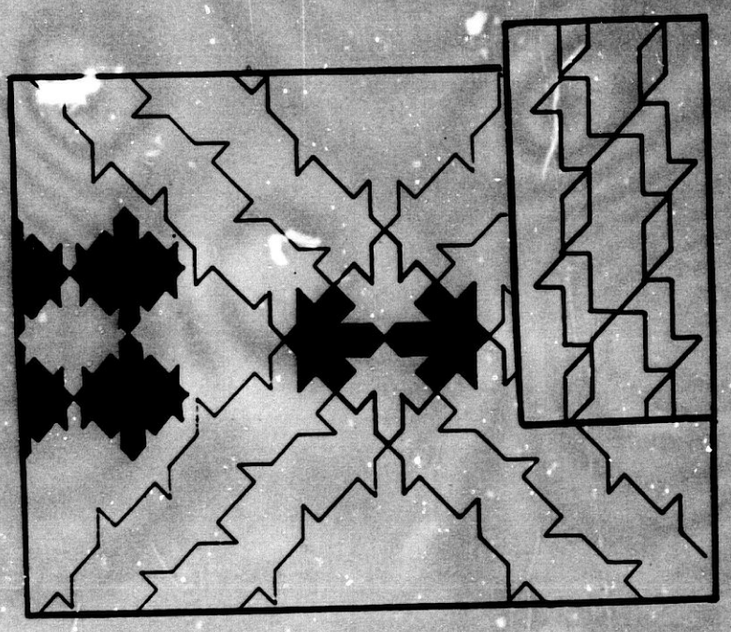


Con la silueta A obtendríamos mosaicos de estas características

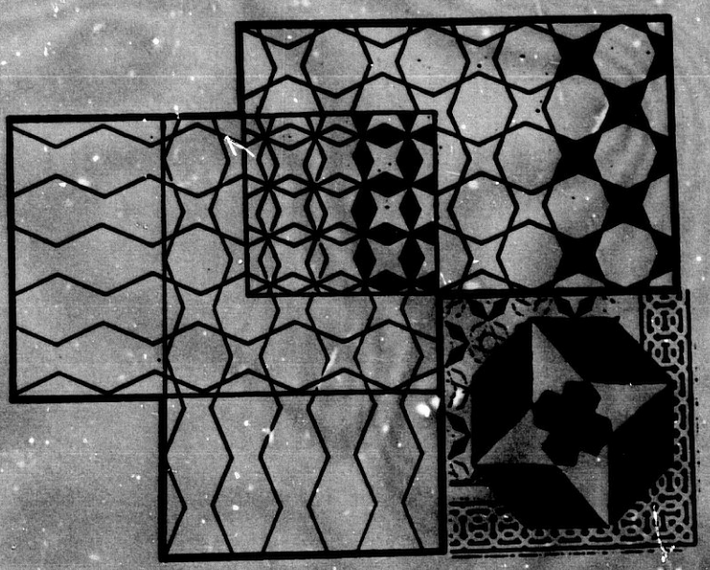


Con la silueta B obtenemos estas muestras

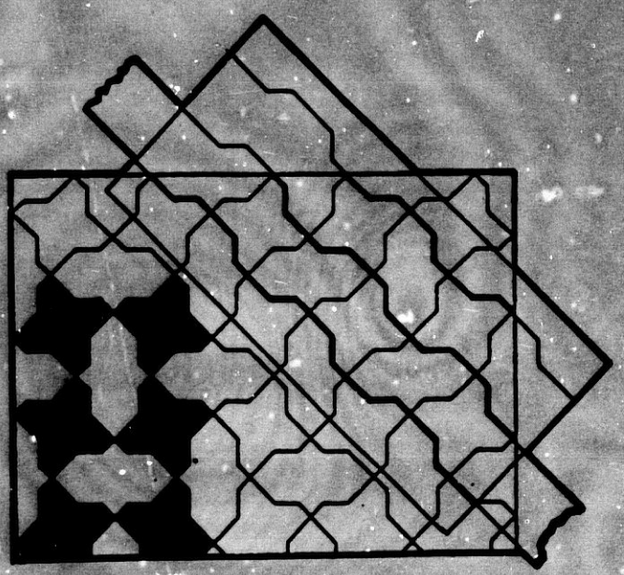




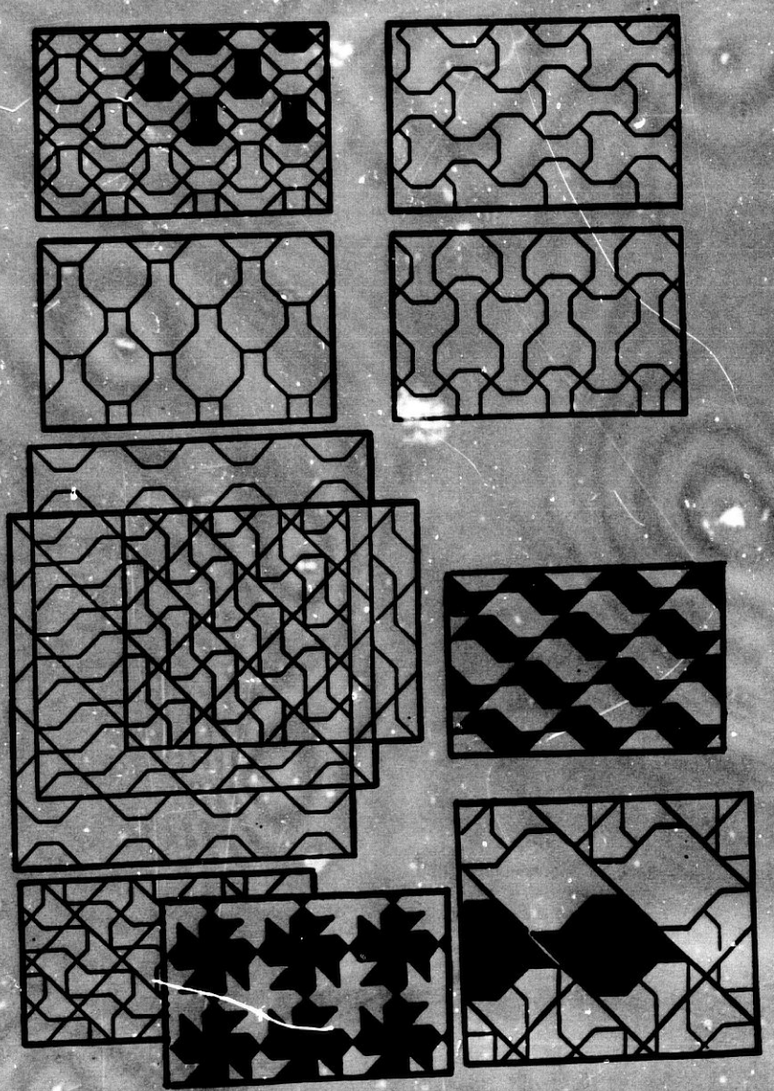
Con la C estas otras



Y con la silueta D



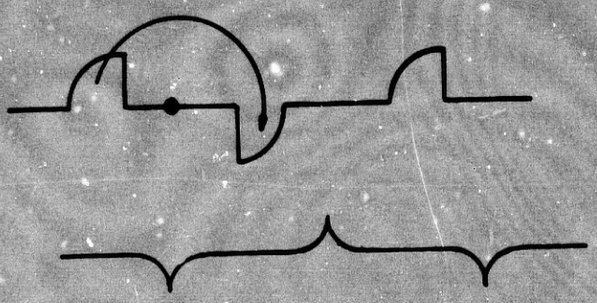
Pero ,si a cualquiera de los pliegos resultantes eliminamos lineas de su trazado , lo que haríamos sería, una asociación teselar, con lo que se consiguen mosaicos diferentes, en los que sería casi imposible ,reconocer las siluetas de los que proceden.



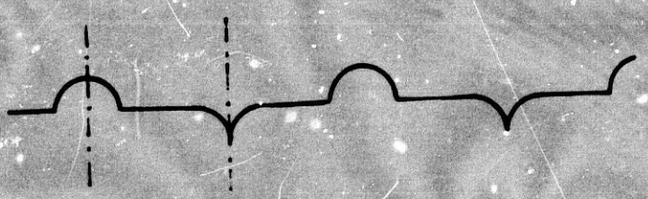
Llegaríamos, a una conclusión : Existirían múltiples siluetas, que nos podrían dar lugar a mosaicos infinitos.

Si sobre una linea recta, efectuamos una serie de quiebros , podríamos realizarlos efectuando un desplazamiento a lo largo de ella.

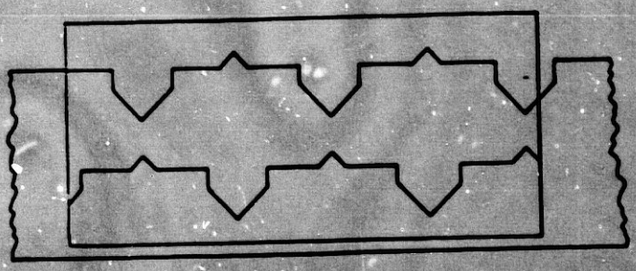
O realizando una simetría central, respecto a un centro situado en la recta:

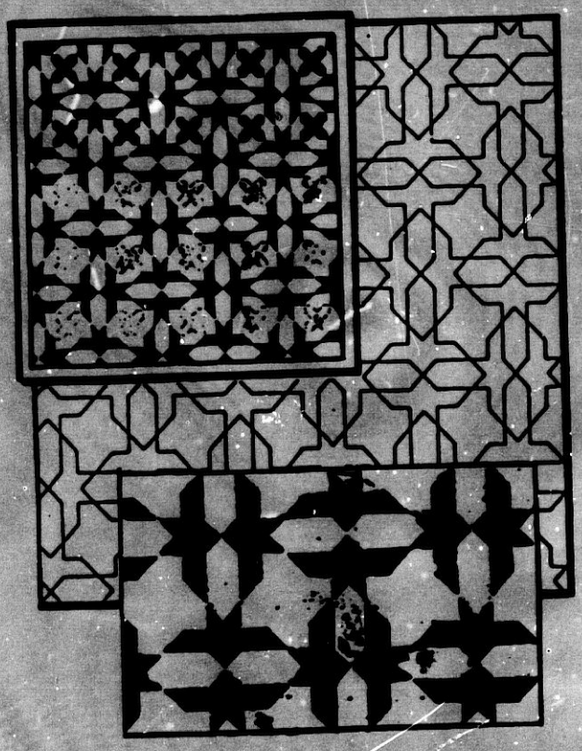


O bién varios quiebros,repidiéntolos a lo largo de la misma mediante sucesivas simetrías axiales, con ejes perpendiculares a la recta y equidistantes entre sí.



Sería interminable poner ejemplos de todos, pero como muestra ,vemos el modelo de silueta que bien podía haberdado origen al mosaico de la Alhambra que aparece a su lado.





Afinidad . Aplicaciones

Definición .

Afinidad teselar .

Agrupación teselar .

Superposición teselar :

Opaca

Transparente

Combinada

Aplicación de teselas irregulares .

Cruz apuntada irregular .

Dispersión radial de teselas.

Giros de teselas .

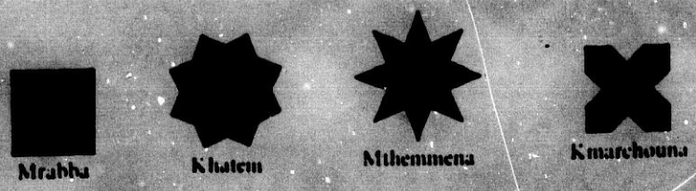
TESELAS. AFINIDAD.

Definición.-

Se denominan teselas a cualquiera de los fragmentos en que podemos dividir un plano, pero los tracistas musulmanes han puesto nombres particulares a cada una de ellas.

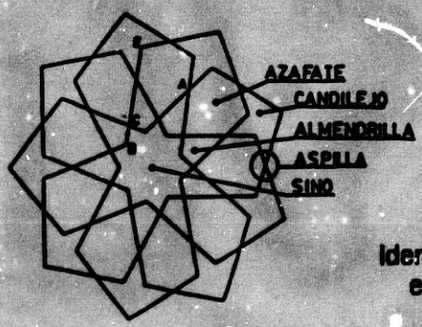
Nuestros tratadistas agrupan a las teselas en:

Sinos o figuras centrales de un mosaico, entre las que se encuentran aquellas que poseen una simetría central



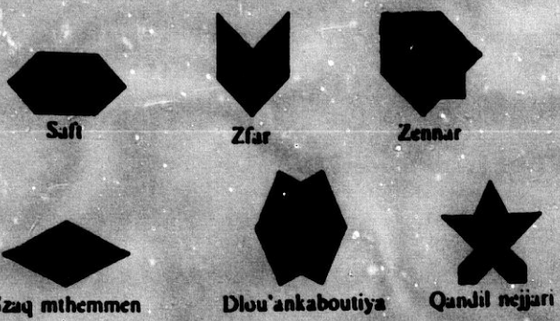
Existen otras teselas con sólo un eje de simetría, y que se les conoce con los nombres de:

Azafate **Almendrilla** **Candilejo**



Identificación de teselas en una flor (E.Nuere)

Otras de las mismas características de simetría:

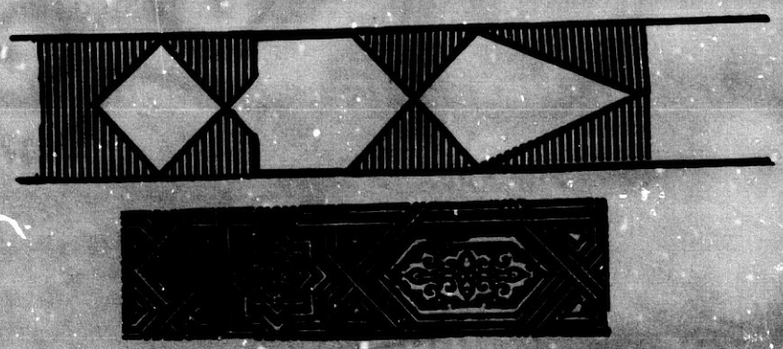


Por último unas terceras de menor importancia , que carecen de simetía (asimétricas).

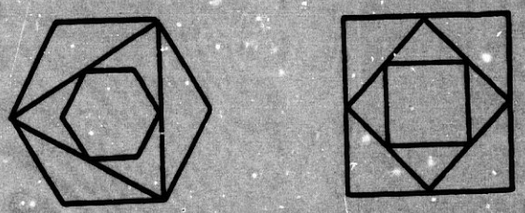
Afinidad teselar

Hemos visto que hay teselas coherentes o que tienen la capacidad de ensamblamiento, pero si intentamos acoplarlas, alineadas en inscritas en dos rectas paralelas, habría algunas, que encajarían entre si:

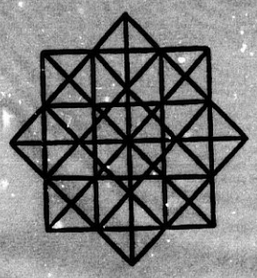
En cambio otras precisarían de otras auxiliares , que completasen el espacio comprendido entre las dos paralelas, a esas las llamamos afines , y al espacio comprendido entre las dos paralelas se le denomina calle.



Existe otro tipo de afinidad llamada afinidad radial, y es la que posen entre sí , figuras , generalmente regulares, inscritas o circunscritas entre sí.

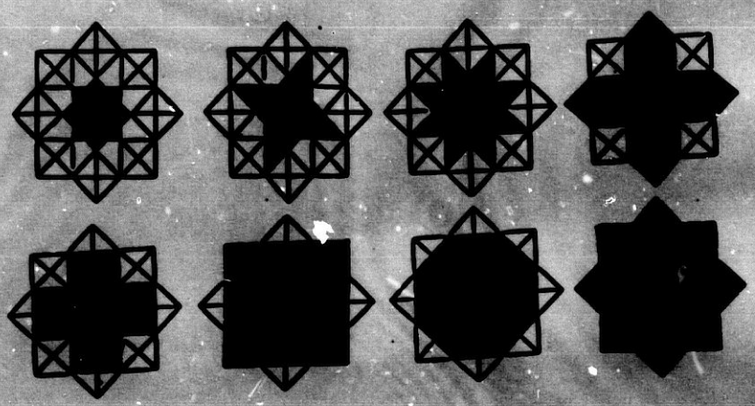


Para encontrar una serie de teselas con características de afinidad hemos partido de un cuadrado que sería el cruce de dos calles perpendiculares , y por superposicion girada, una estrella de 8 puntas de primer orden y tras trazar en ella una serie de rectas,la hemos teselado, consiguiendo esta trama

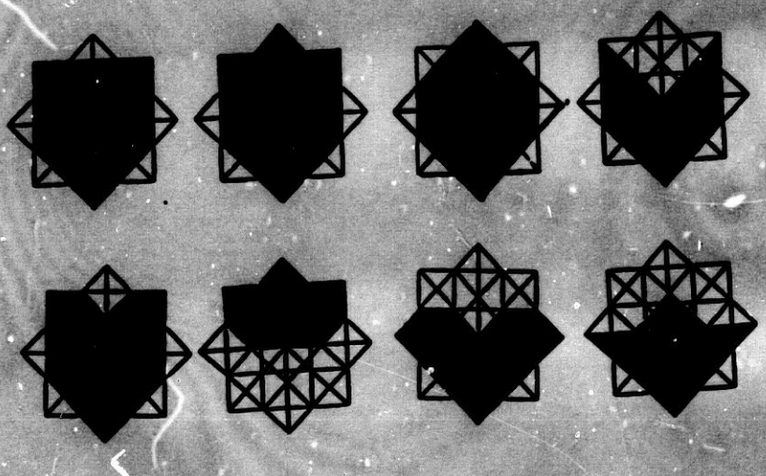


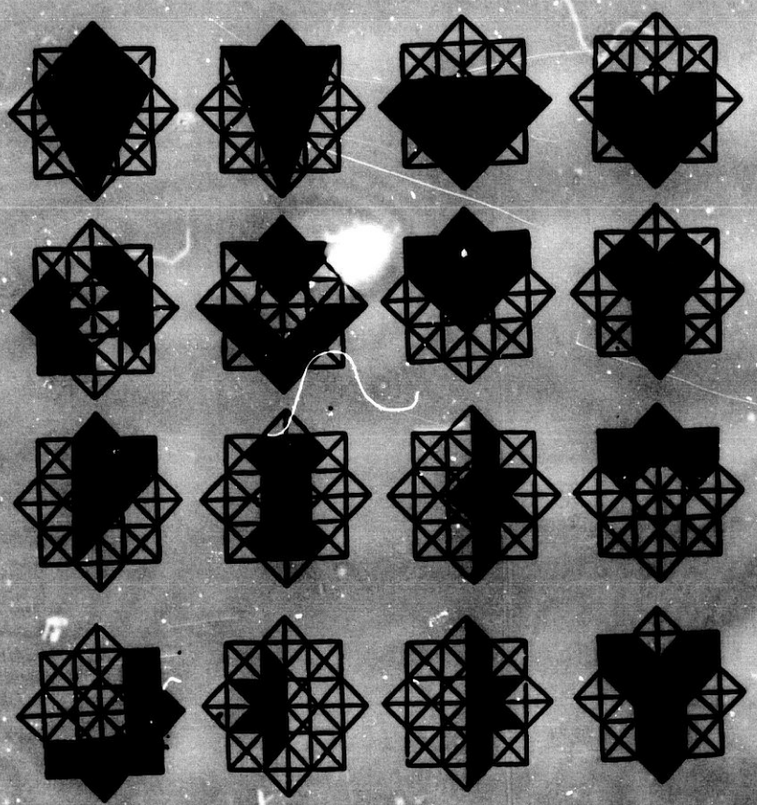
Utilizando dicha trama encontramos teselas de múltiples formas y tamaños , que aparecen en la decoración hispano - musulmana:

Sinos:



Y otras, que nos servirán para una experiencia porterior:

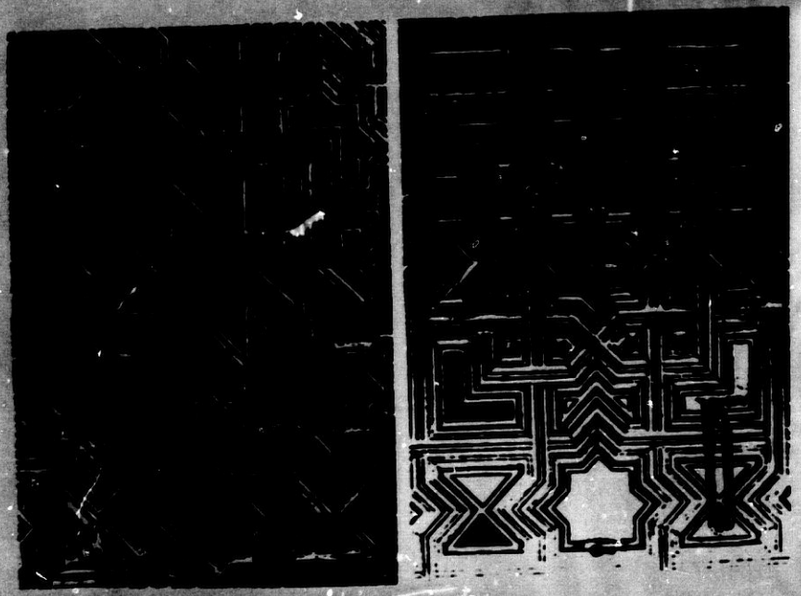




Es lógico pensar que una vez realizado un diseño de un mosaico, se fabricasen las teselas y a la hora de plasmarlo en la pared se sirviesen del modelo del tracista para ejecutar exactamente la idea del diseñador y que a su vez, éste supervisara todo.

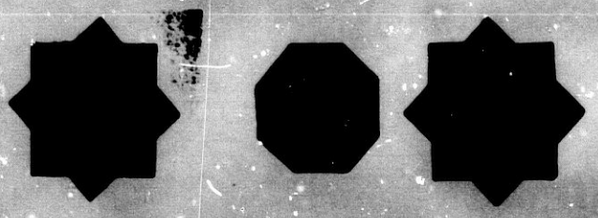
También es natural que el diseñador comprobase que con varias teselas de diferentes formas se podían realizar com-

posiciones diferentes.

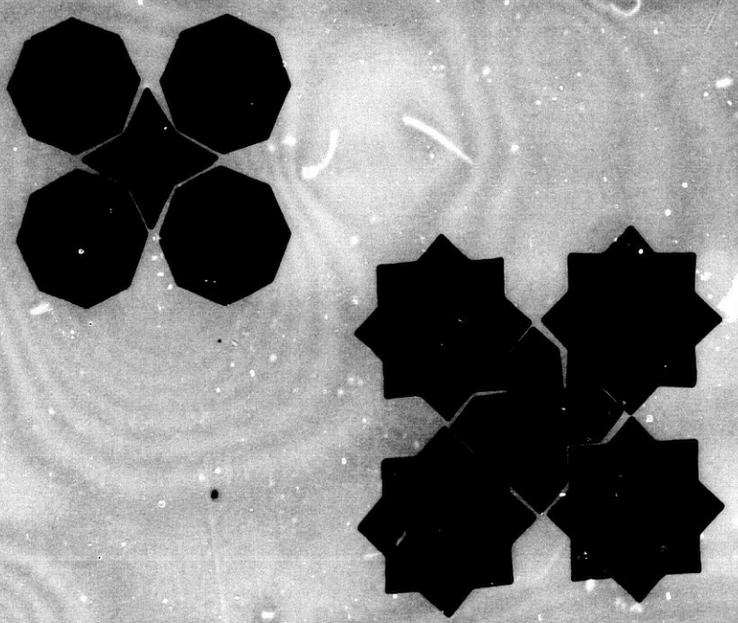


Por todo ello se ha realizado la experiencia que prometimos:

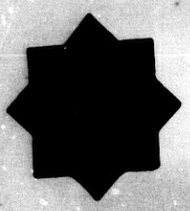
Partiendo de un cuadrado se ha obtenido el octógono y la estrella de 8 puntas de primer orden.



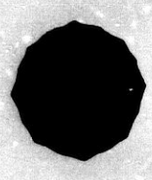
Al unir por sus vértices 4 octógonos o cuatro estrellas, aparecen nuevas figuras : La estrella de 4 puntas y la cruz apuntada

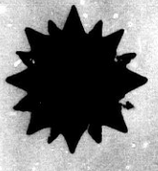


Si las teselas utilizadas fuesen transparentes, superponiendo dos cruces apuntadas,giradas sobre su centro 45°, surgiría en su intersección la estrella de 8 puntas de segundo orden.



Si superponemos dos octógonos , o dos estrellas de 8 puntas nos resultarían por unión las estrellas de 16 puntas de primer y segundo ordenes respectivamente..



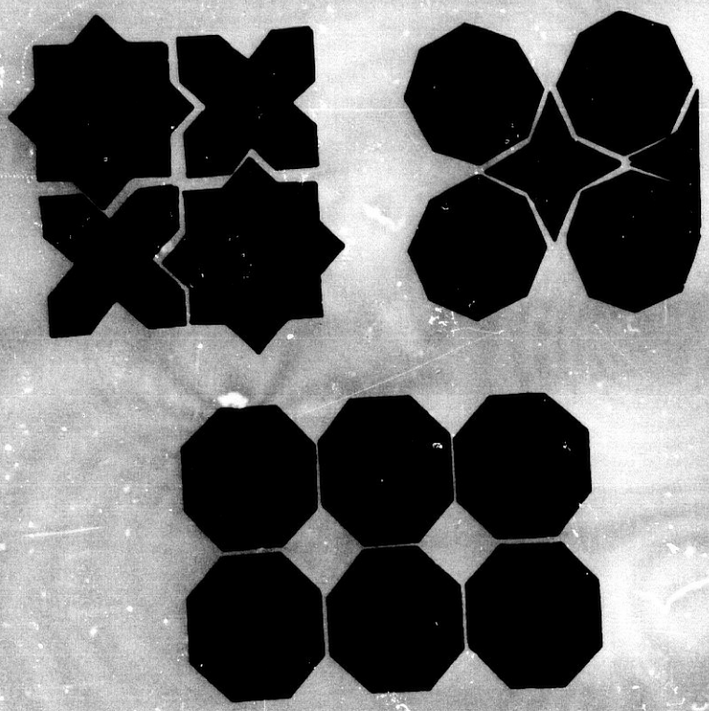


Para la experiencia que proponemos elegimos soladas las teselas que poseen menos de 9 puntas , pero realizadas en materiales tranparentes y materiales opacos de diversos colores.

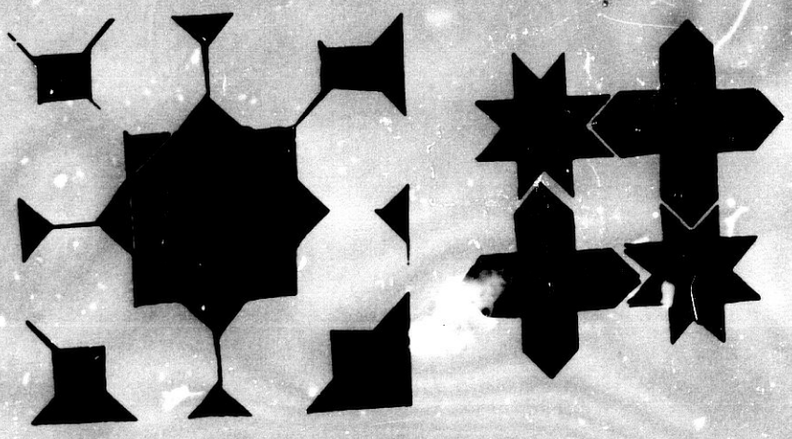
Como si de componer un rompecabezas se tratase , se han compuesto los mosaicos siguientes, primero utilizando :

Teselas opacas

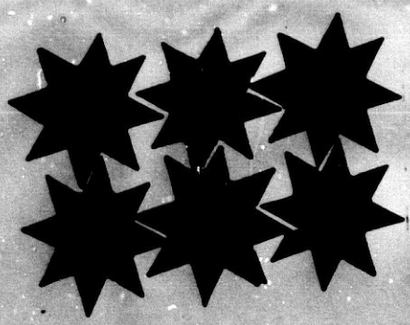
Mosaicos regulares bimorfos



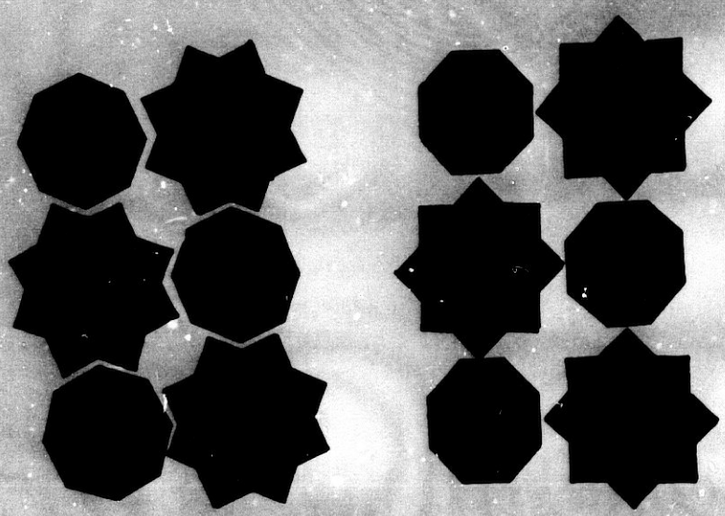
Mosaicos regulares trimorfos



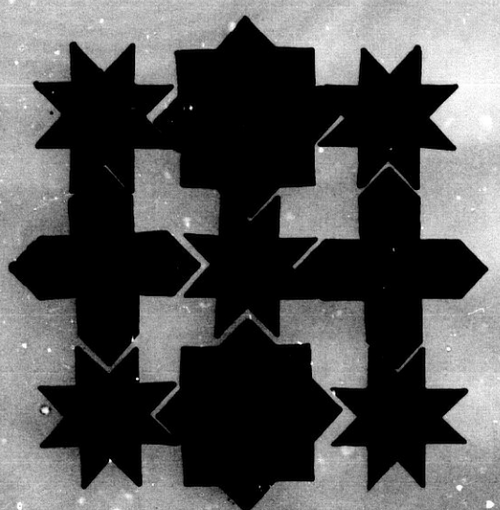
Mosaicos semirregulares bimorfos

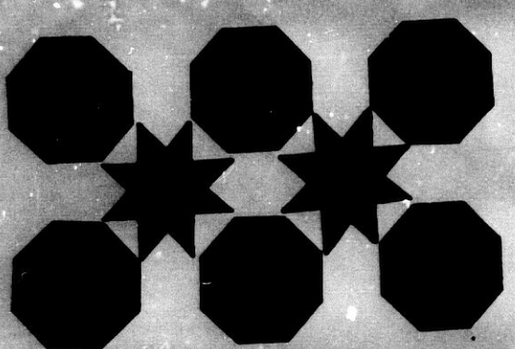


Mosaicos semirregulares trimorfos



Y mosaicos semirregulares polimorfos.



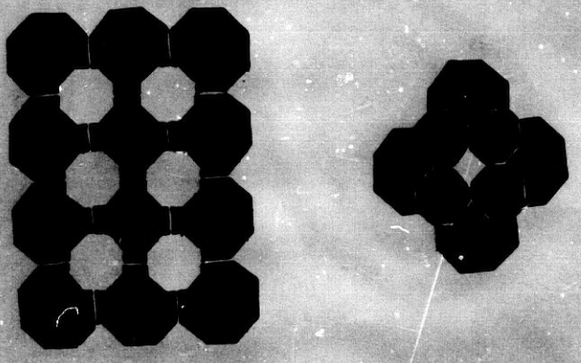


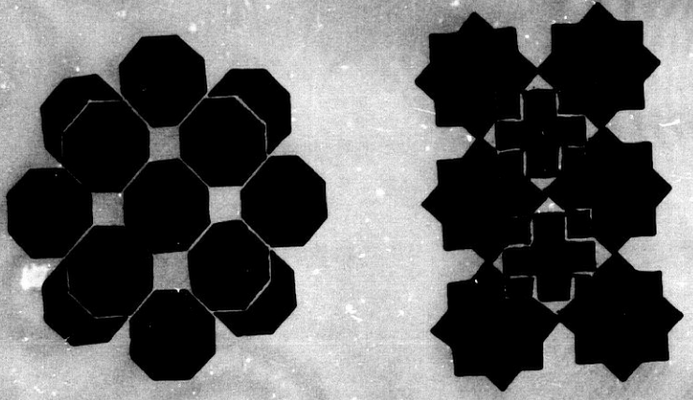
En muchas [illegible] aparecen espacios vacios del pliego que consideramos como nuevas teselas secundarias e irregulares.

Superposicion de teselas

Si utilizamos las teselas , superponiendolas aparecen nuevos pliegos modulados, con

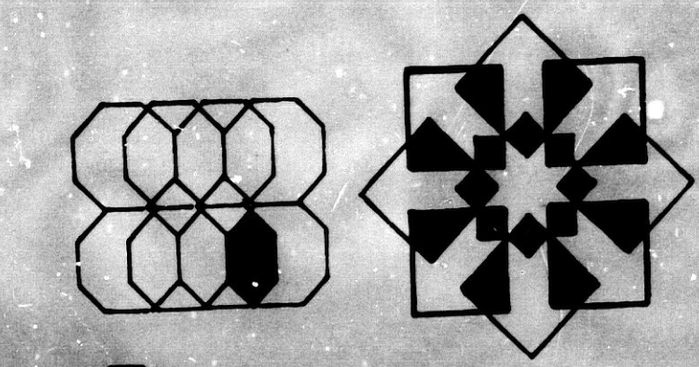
Teselas opacas

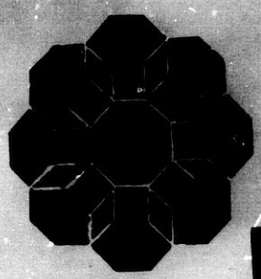


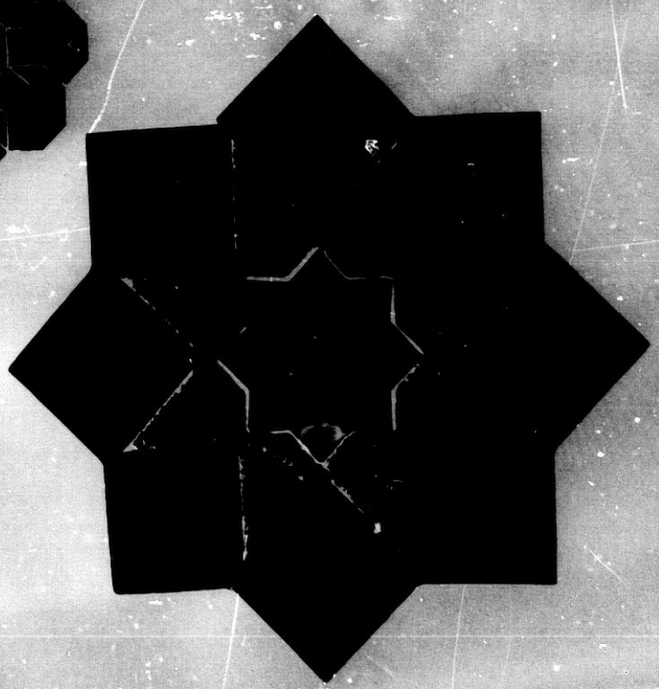


Teselas transparentes

En cuyas intersecciones aparecen nuevas teselas

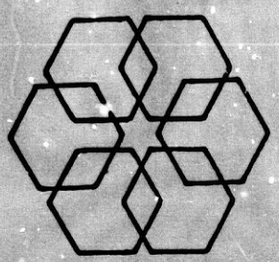




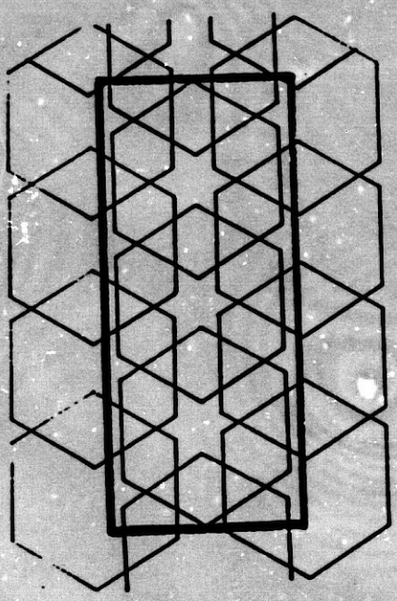


Veamos un ejemplo claro de aplicación de teselas transparentes , partiendo de un hexágono regular :

Por superposición transparente de 6 teselas ,dispuestas también en forma hexagonal, aparece una composición semirregular trimoría.

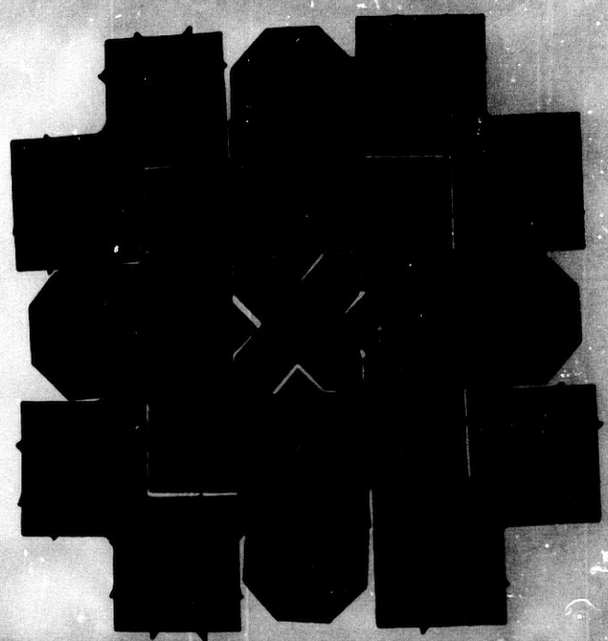


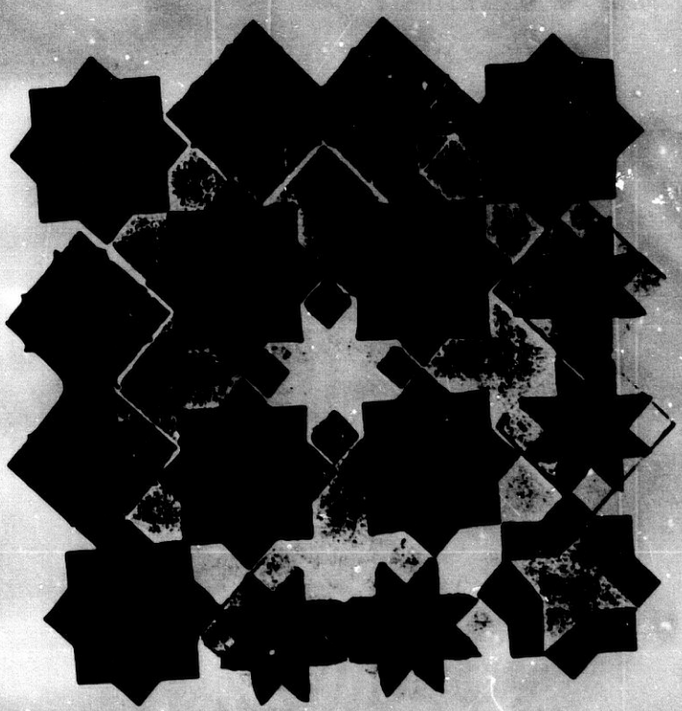
Si volvemos a superponer la composición resultante aplicando una traslación, obtenemos el diseño modular empleado en una de las celosías de mármol que cubren una de las ventanas de la Mezquita de Córdoba.



Sucesivas superposiciones transparente, por traslación o por rotación , dan lugar a innumerables teselaciones. Analizaremos algunas en el tema dedicado a flores geométricas.

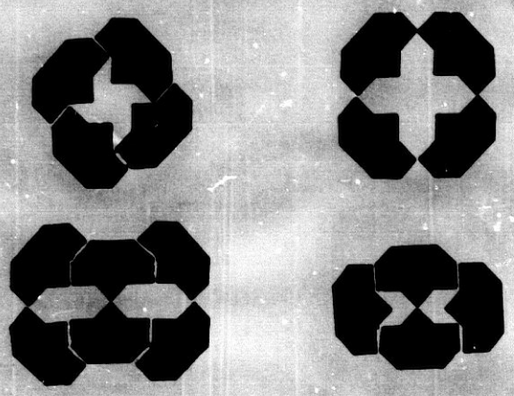
Y Teselas combinadas



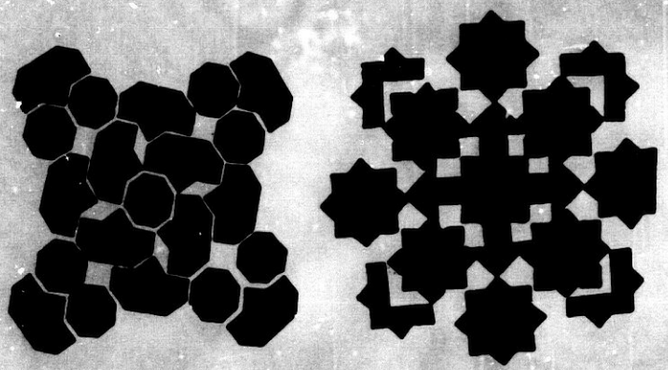


Aplicación de teselas irregulares

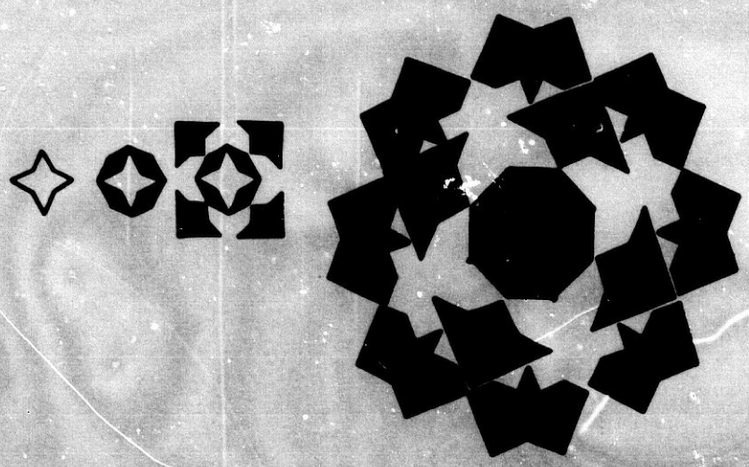
Podemos de nuevo emplear teselas irregulares para crear nuevas composiciones como las que aparecen en estos diseños, en los que se ha empleado una sola, pero que da lugar a otras nuevas,



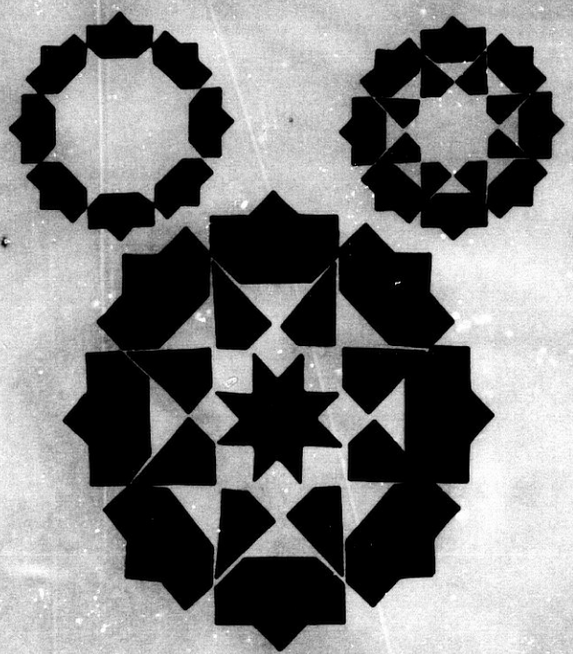
O combinarlas con otras regulares,



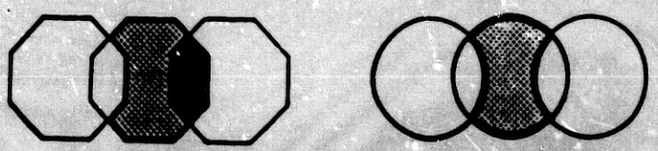
Si partimos de una tesela regular y de modo radial , le vamos incorporando, por dispersión nuevas teselas alrededor de ella, nos origina una composición radial llamada "flor "



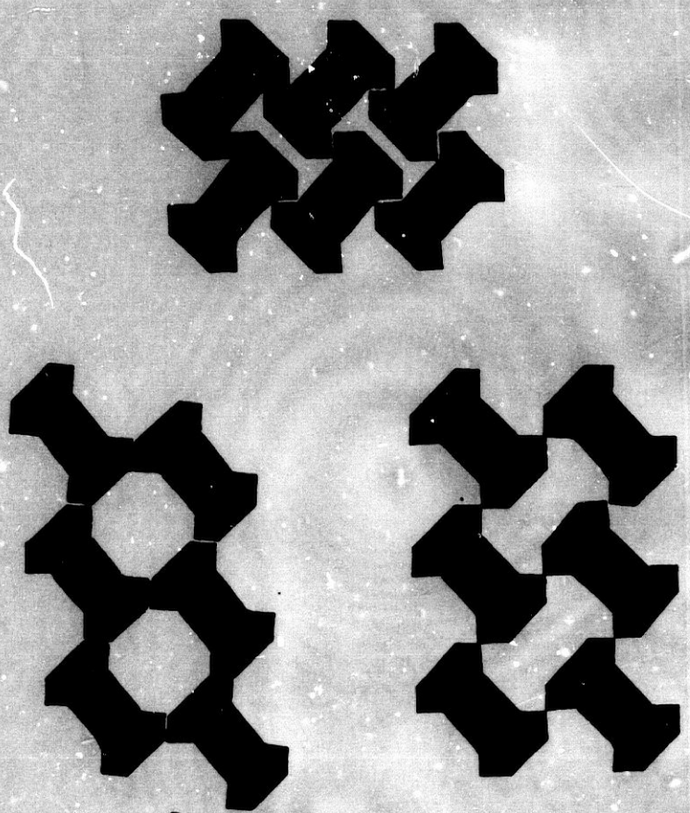
Pero podemos seguir el procedimiento inverso , siempre utilizando teselas afines que han ido resultando de las composiciones anteriores.



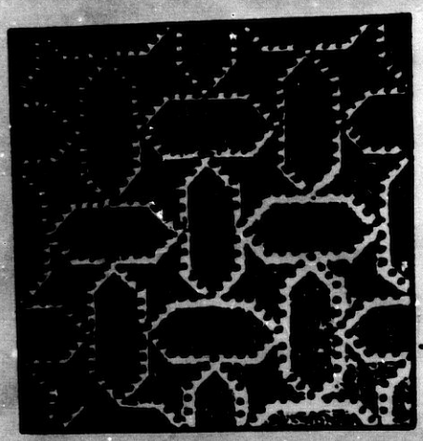
Para conseguir una tesela irregular , bastaría con realizar una superposición transparente , por traslación , de varias teselas regulares uniformes.

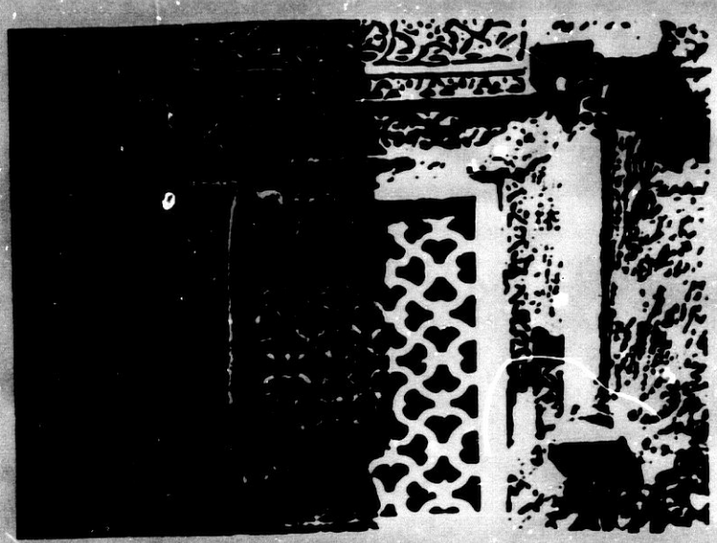


Con las teselas irregulares obtenidas podríamos componer de múltiples maneras



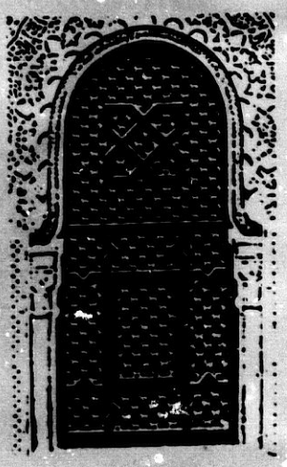
Aparecen en la ilustración siguiente varias muestras representativas de lo que se expone:

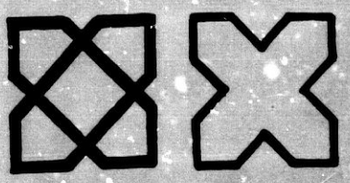




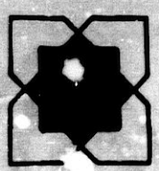
Cruz apuntada irregular.

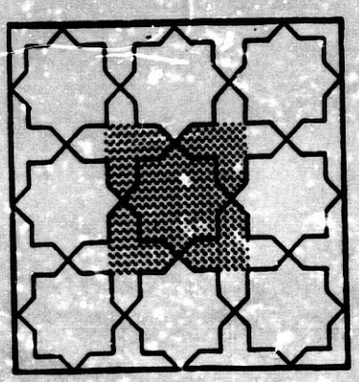
En la decoración de esta puerta aparece, como protagonista esencial de ella una figura que no podemos considerar como la cruz apuntada regular, pues sus medidas no corresponden a la conseguida anteriormente.



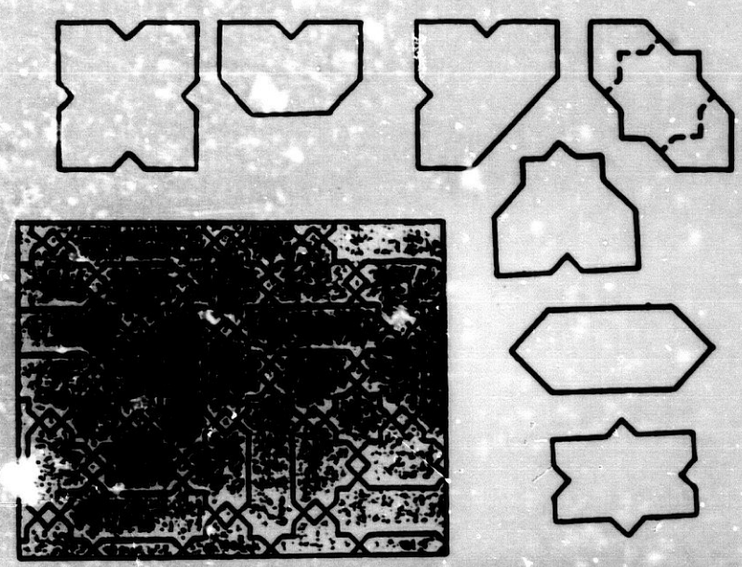


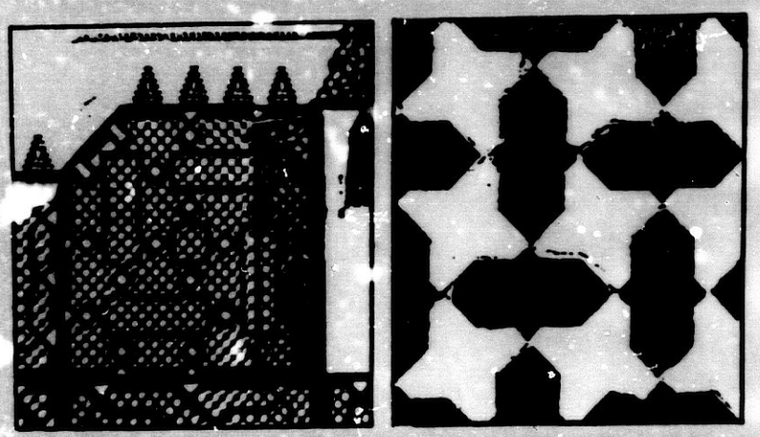
Sin embargo, procede de la agrupación de una estrella de 8 puntas de primer orden y 4 fragmentos de la cruz apuntada regular, como se observa en esta red de estrellas y cruces ensambladas.

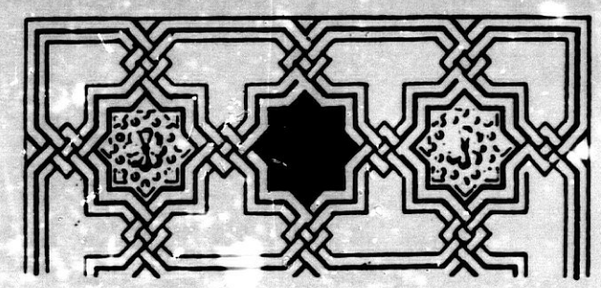




Basándome en la mencionada figura , y por teselación de la misma , se pueden obtener nuevas teselas que aparecen con frecuencia en la decoración geométrica de la que es objeto este estudio.



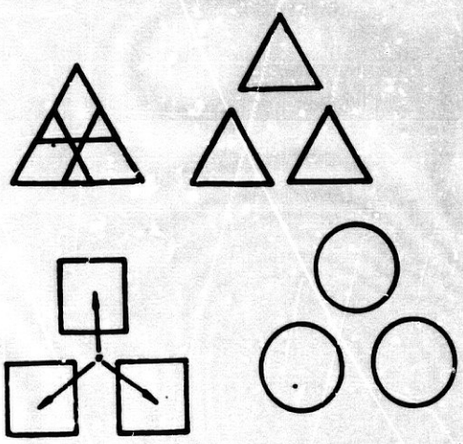




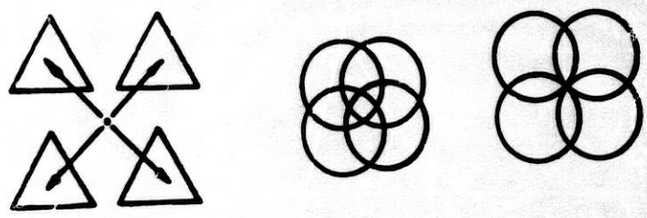
Dispersión radial de teselas.

Llamamos de esta manera ,a la distribución de teselas regulares e iguales en un plano , teniendo en cuenta la colocación de las mismas , equidistantes de un centro y entre ellas.

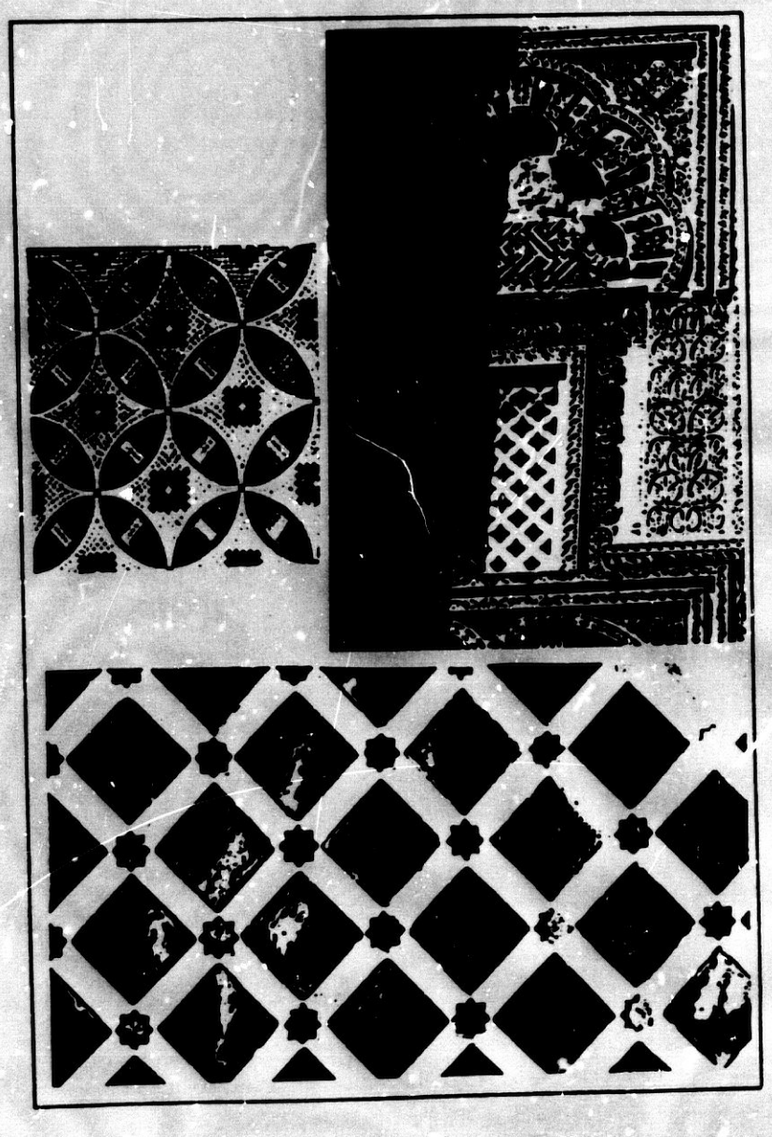
Podemos realizar una dispersión triangular de teselas circulares , triangulares, cuadradas , etc.



O una dispersión cuadrangular, pentagonal , etc.

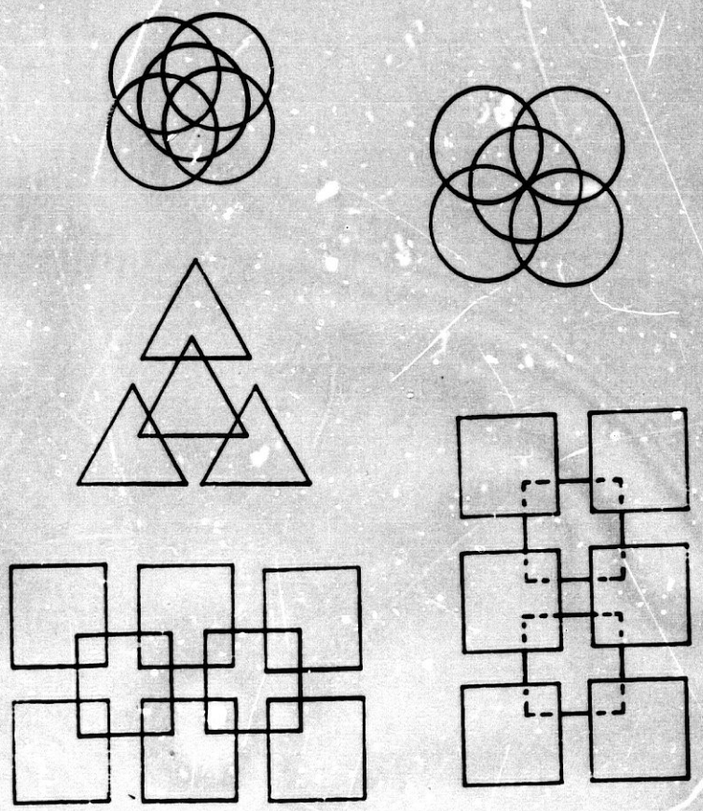


Ejemplos de dispersiones en la decoración modular

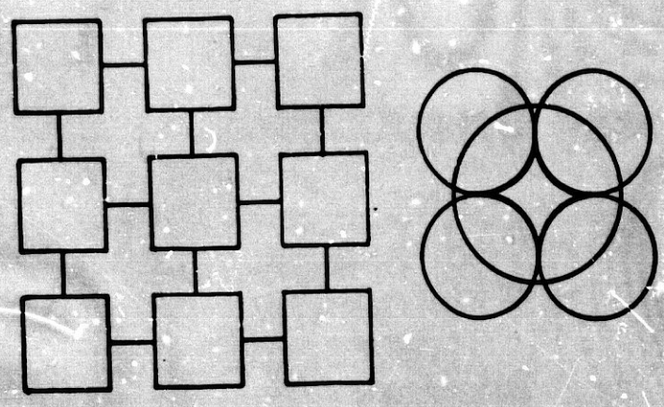


Una dispersión no implica forzosamente una simetría central ni un giro, como hemos visto en la dispersión triangular del cuadrado o la cuadrandular del triángulo.

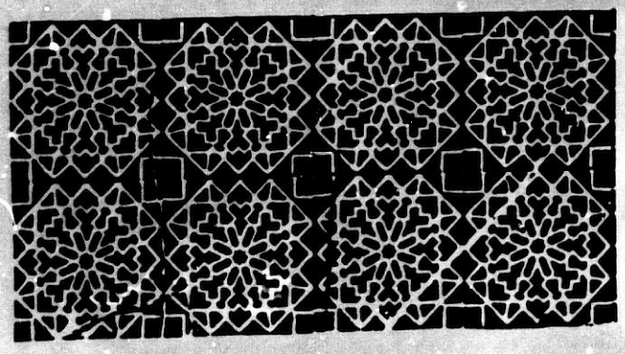
Si dejamos un elemento más, de igual forma , tamaño y posición en el centro de la composición , aparecen superposiciones teselares diferentes , de origen radial.



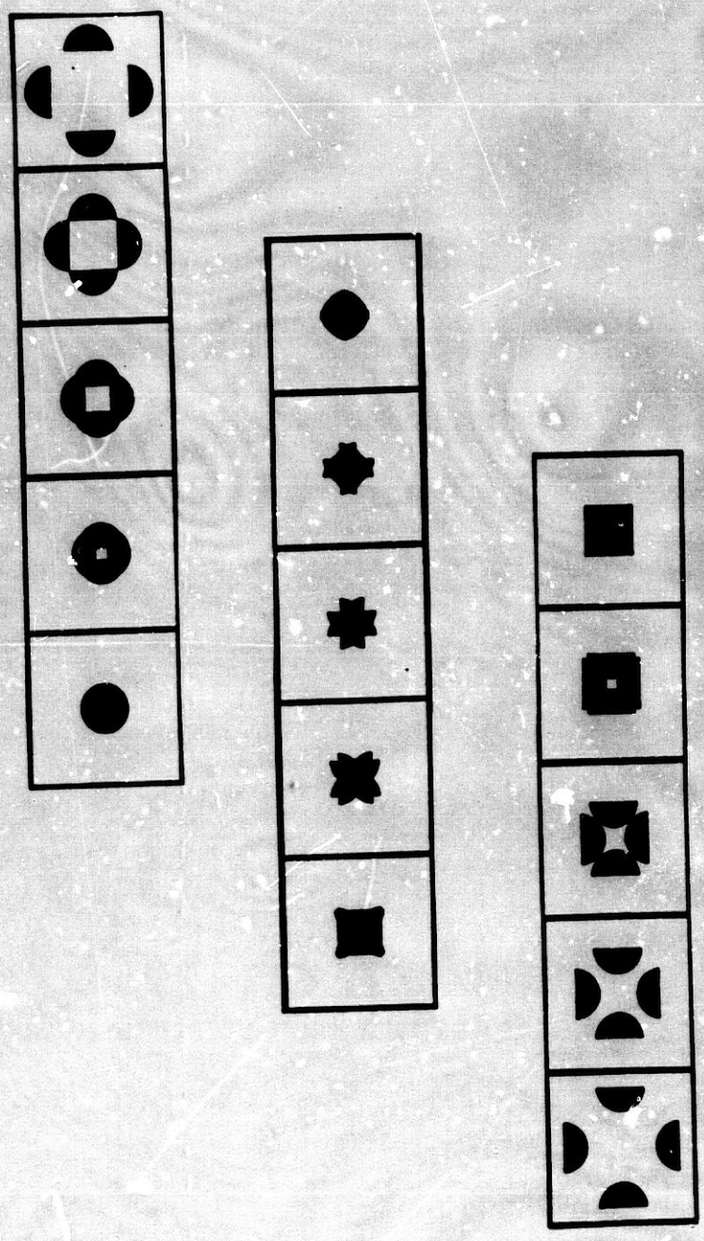
Si la figura central es de diferente tamaño, ocurre lo mismo : aparecen nuevas formas teselares .



تزويد مياه مدينة الزهراء

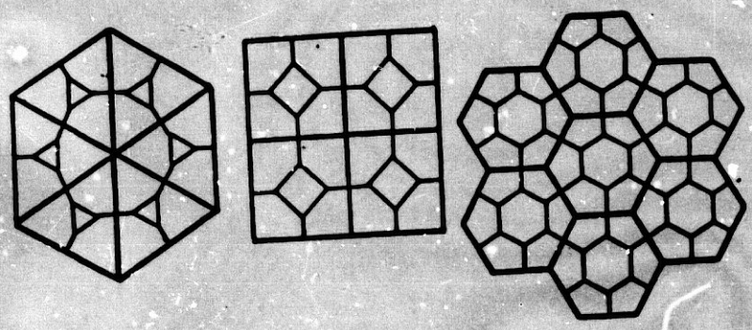


Helmut Zimmermann en 1970 realizó esta secuencia de transformaciones formales de 4 semicírculos, en que realiza dispersiones con dicha figura.

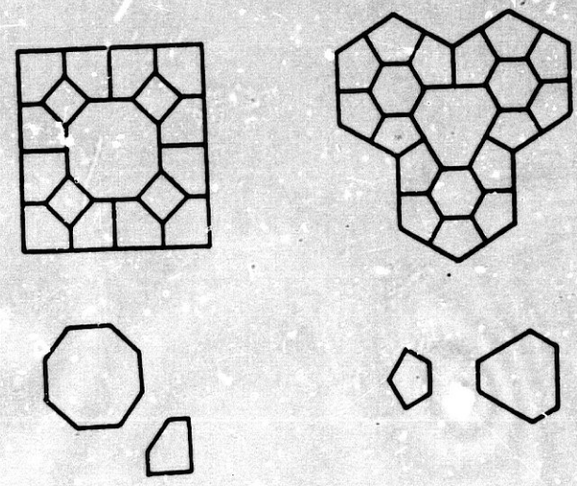


Podemos incorporar en el centro de un módulo regular otro módulo girado sobre su centro, y unir sus vértices con los puntos medios del primero.

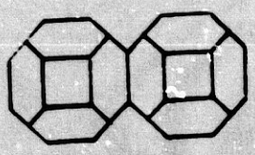
Vemos algunas de sus posibilidades creativas:



Si eliminamos algunas lineas las posibilidades se multiplican.

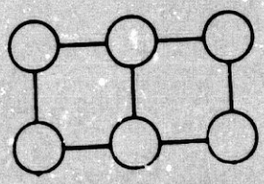


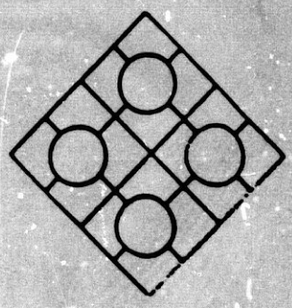
Aún existe una nueva posibilidad , la integrar en el centro del módulo otro diferente de un número de lados divisor o múltiplo del primero : Un cuadrado dentro de un octógono , o un octógono dentro de un cuadrado.

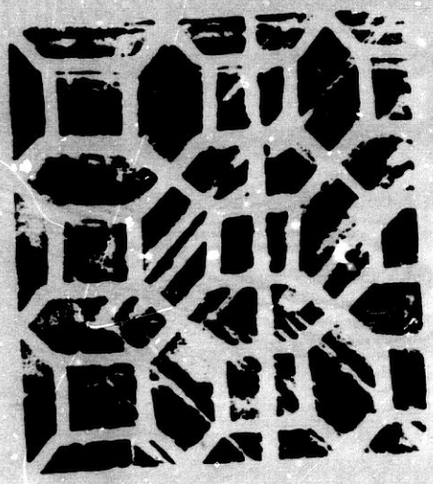


O integrarlo con centro en la mitad de cada lado.

Tenemos multitud de ejemplos en la decoración geométrica islámica.



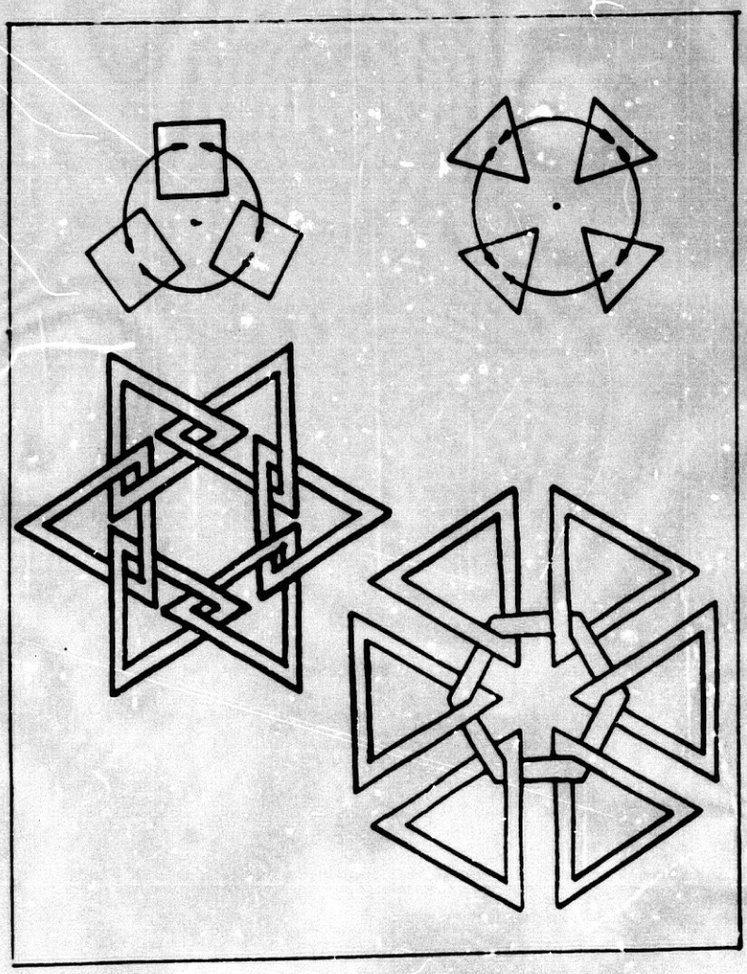




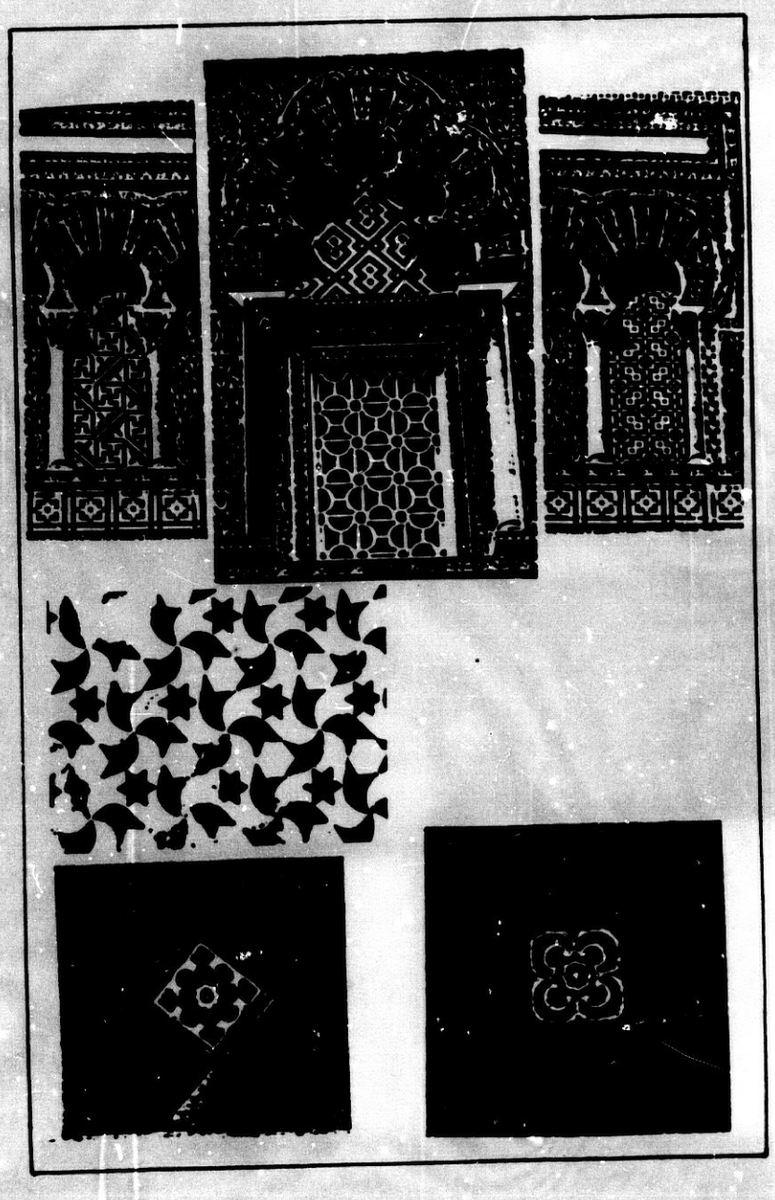
Giros

Varias teselas uniformes pueden realizar un giro. alrededor de un punto sin que se condidere el resultado como una simetría central, pues ésta lo sería sólamente , si el ángulo de giro es divisor par de los 360° de la circunferencia :

Veamos los ejemplos siguientes : El cuadrado con un giro de 120° carece de simetría central y el triángulo girado 90° sí.



Tenemos muchas y variadas muestras en los monumentos de origen musulmán



Flores geométricas.Procedimientos de creación de flores

Definición y origen.

Patrones :

- Cuadrado mágico de Al-Bironi
- Trama triangular .
- Patrón de cuadrículas superpuestas .
- Patrón de Kadmal-Alí .
- Patrón de afinidades.

Dispersión radial de una tesela .

Limitación de calles giradas por teselas concéntricas.

Transformaciones de flores.

Limitación de calles giradas pos teselas regulares concéntricas .

Giros de figuras regulares.

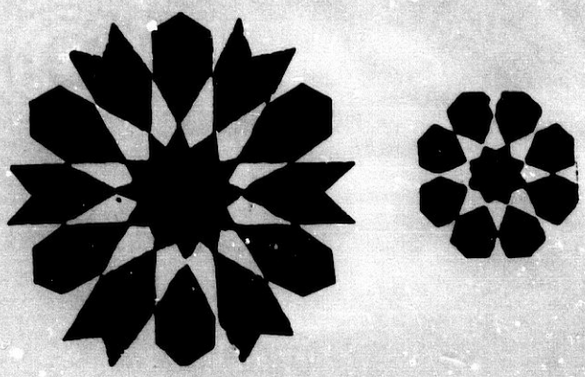
Redes giradas .

Giros de siluetas con simetrías .

FLORES GEOMÉTRICAS

Definición y origen .-

Se denominan "**Flores**" a una serie de teselaciones que poseen un nucleo central (Tesela regular) , alrededor del cual , aparecen distribuidas, en configuración radial , una serie de teselas coherentes .



* Antonio Prieto Vives en su obra " Arte de la lacería" utiliza la Matemática análitica para describirnos las dimensiones de segmentos y ángulos de las flores geométricas. Este análisis es, muchas veces, imposible de descifrar por los diseñadores intuitivos , desconocedores de las fórmulas que nos muestra.

Si en una estrella normal de grado par n, sumamos dos lados consecutivos, encontraremos:

$$\frac{\operatorname{sen}\ \alpha}{2\cos p\alpha\cos(p+1)\alpha}+\frac{\operatorname{sen}\ \alpha}{2\cos(p+1)\alpha\cos(p+2)\alpha}=$$

$$=\frac{\operatorname{sen}\alpha(\cos(p+2)\alpha-\cos p\alpha)}{2\cos p\alpha\cos(p+1)\alpha\cos(p+2)\alpha}=$$

$$=\frac{\operatorname{sen}2\alpha}{2\cos p\alpha\cos(p+2)\alpha}$$

Por ello voy a clasificar el origen de la creación de flores en los siguientes sistemas:

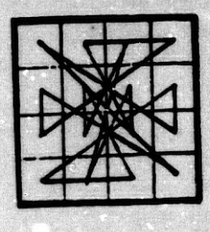
A) Utilización de patrones
B) Dispersión radial y giros de una tesela regular.
C) Limitación de calles giradas con teselas regulares concéntricas .
D) Limitación de calles con teselas regulares excéntricas.
E) Giro de figuras regulares: solas, dobles y teseladas.
F) Por giros de mosaicos regulares bimorfos

A) Patrones.-

Cuadrado mágico de Al- Bironi:

Consiste en una cuadrícula numerada, , creada por el matemático musulmán del que lleva su nombre,en la que se van realizando una serie de lineas que unen los centros de cada cuadrado , guardando una relación de simetría central . De esta manera , cualquier diseño tiene una codificación numérica.

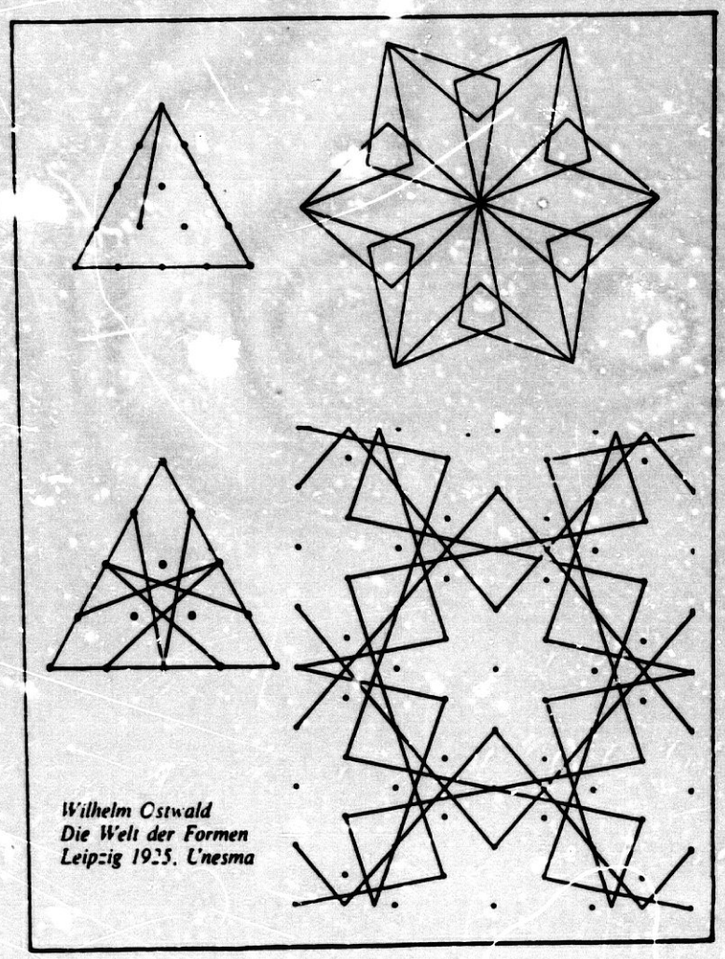
1	6	10	5
3	12	8	15
4	11	7	16
14	9	13	2



Correspondencia de un dibujo con el cuadrado numera do correspondiente

Trama triángular.

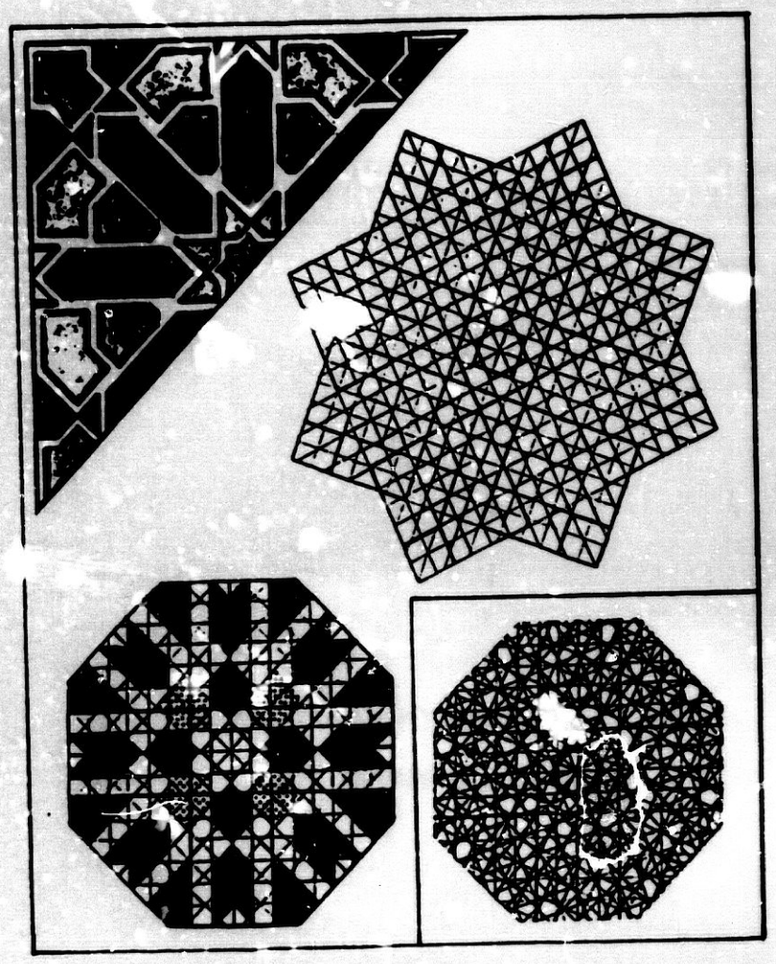
• Wilhelm Ostwald describe en su tratado "Harmonie der Formen" un patrón basado en el anterior, con la diferencia de que parte de una red triángular.



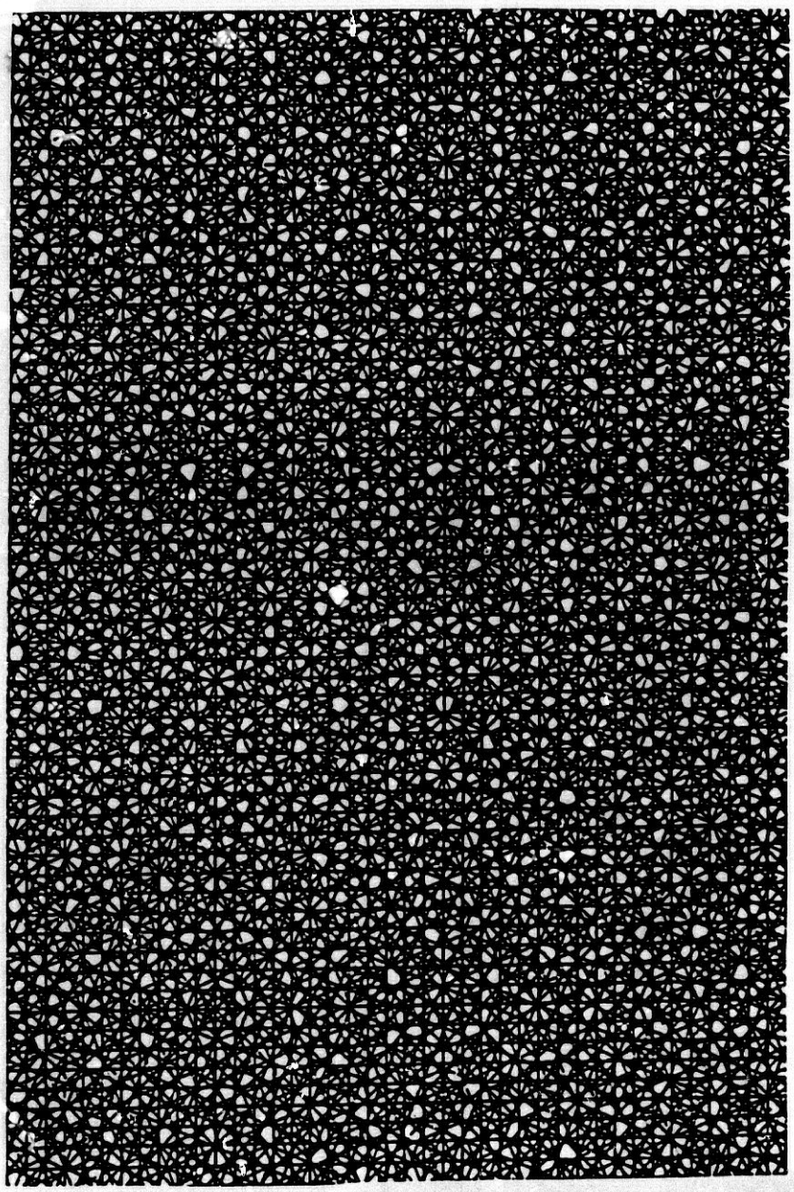
Wilhelm Ostwald
Die Welt der Formen
Leipzig 1925. Unesma

Patrón de cuadrículas superpuestas.

La superposición de dos o cuatro cuadrículas giradas, podría servirnos para realizar diseños de flores geométricas de 8 o 16 radios. La superposición girada de dos tableros de ajedrez, utilizada en la superposición de mosaicos regulares uniformes nos dió la idea para la creación de estos patrones.

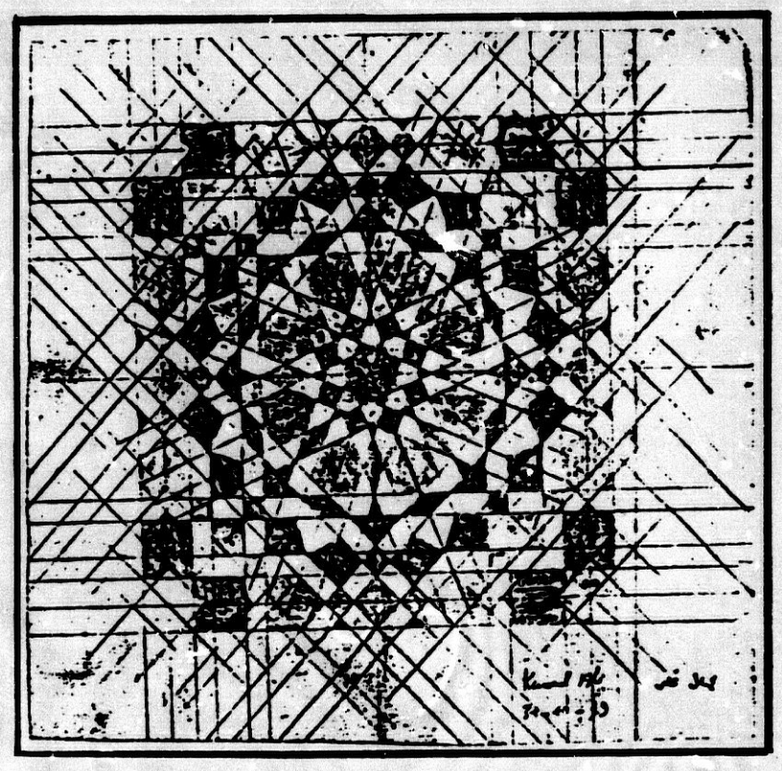


Francois Morellet , "Doubles trames" 1958



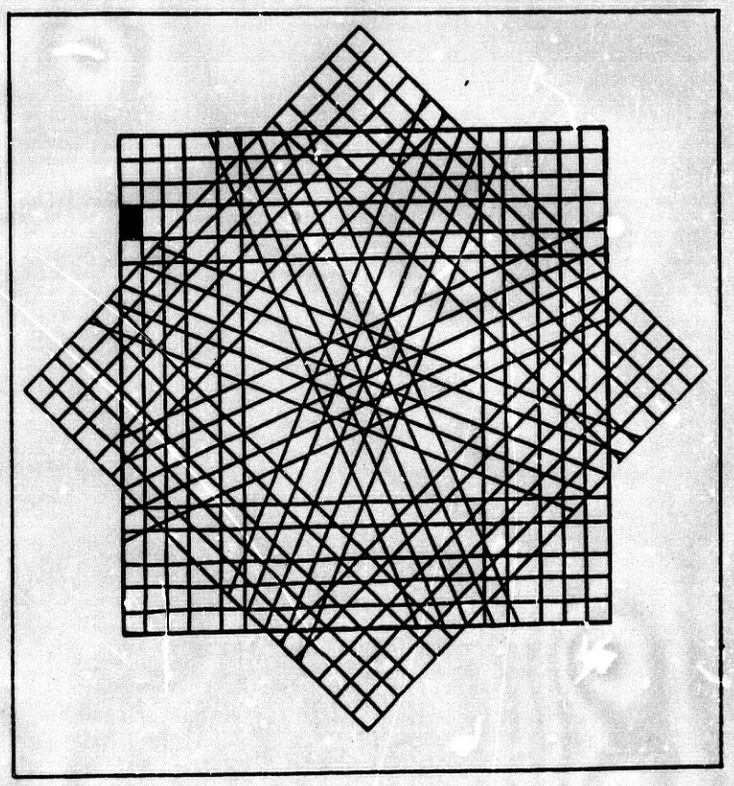
Patrón de Kadmal-Alí.

* Karl Gerstner, en su obra " Las formas del Color ", nos presenta un boceto, que le fué regalado por uno de los dibujantes de la escuela de Fez, llamado Kadmal-Alí, en el que se aprecian unas lineas de trazado .



Gerstner perfeccionó dichas lineas y consiguió un patrón, al que le puso el nombre de su amigo el tracista.

No es una superposición girada de cuadrículas exactamente, pues aparecen unos rectángulos que después analizaremos. De dicho patrón se valió Gerstner para realizar parte de su obra plástica.

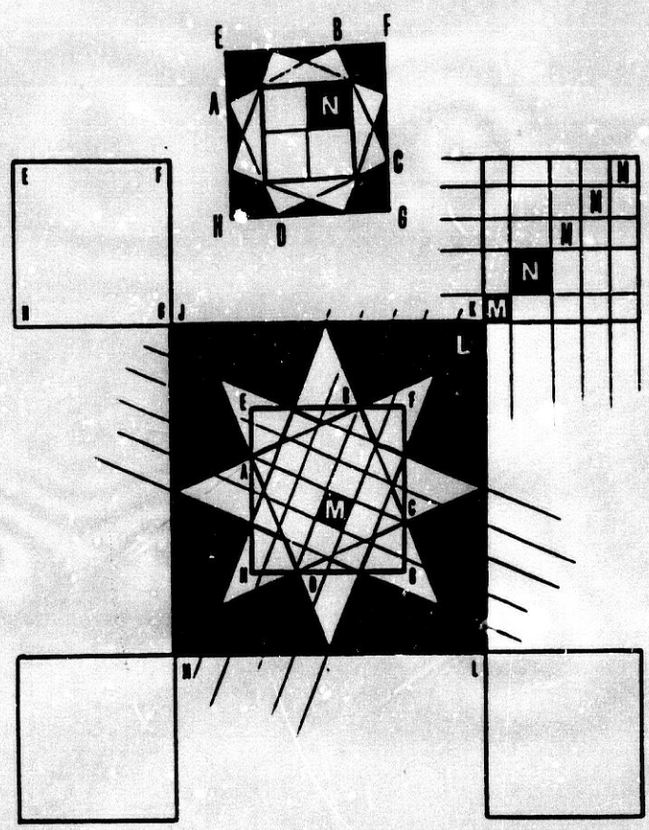


Analizando dicho patrón , partimos de una estrella de 8 puntas de primer orden originada por la superposición girada de dos cuadrículas de 4 x 4 cuadrados M .

A dicha estrella se le prolongan los lados y se obtiene la de 8 puntas de segundo orden , y a ésta segunda se le circunscribe el cuadrado L (JKLM).

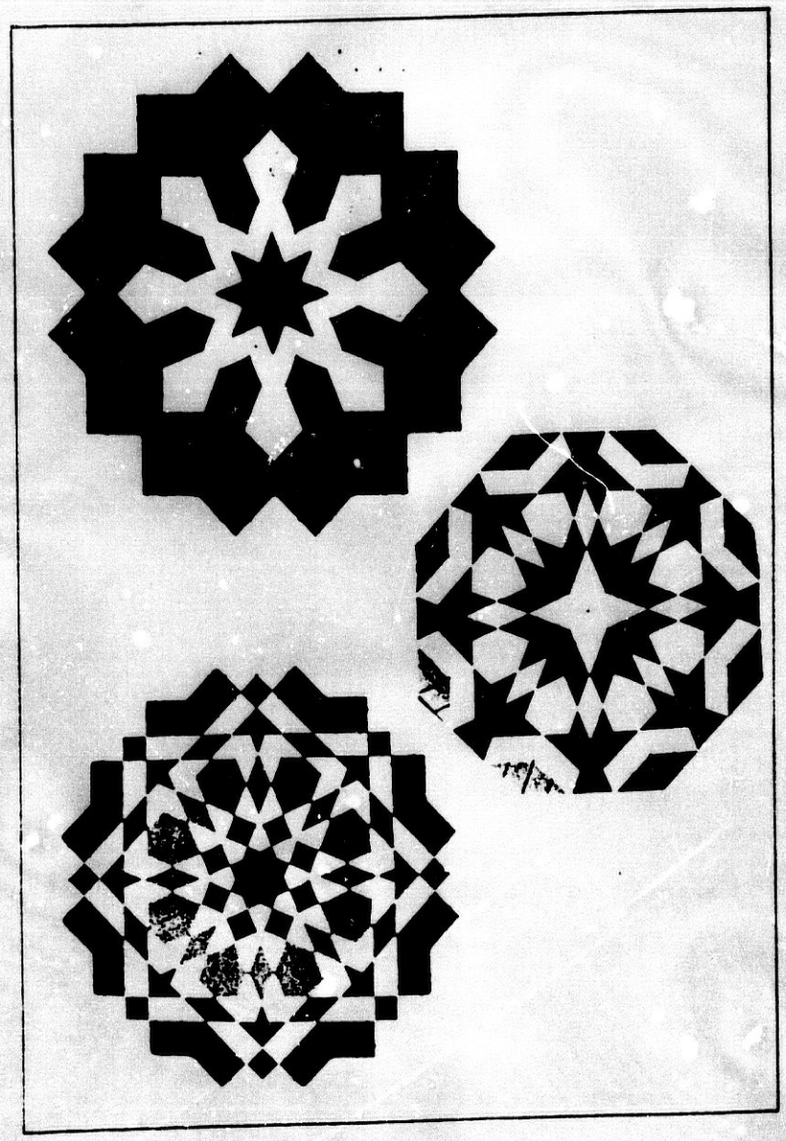
En los vértices del cuadrado L se le colocan cuatro cuadrados del tamaño del cuadrado EFGH , que circunscribe a la primera estrella.

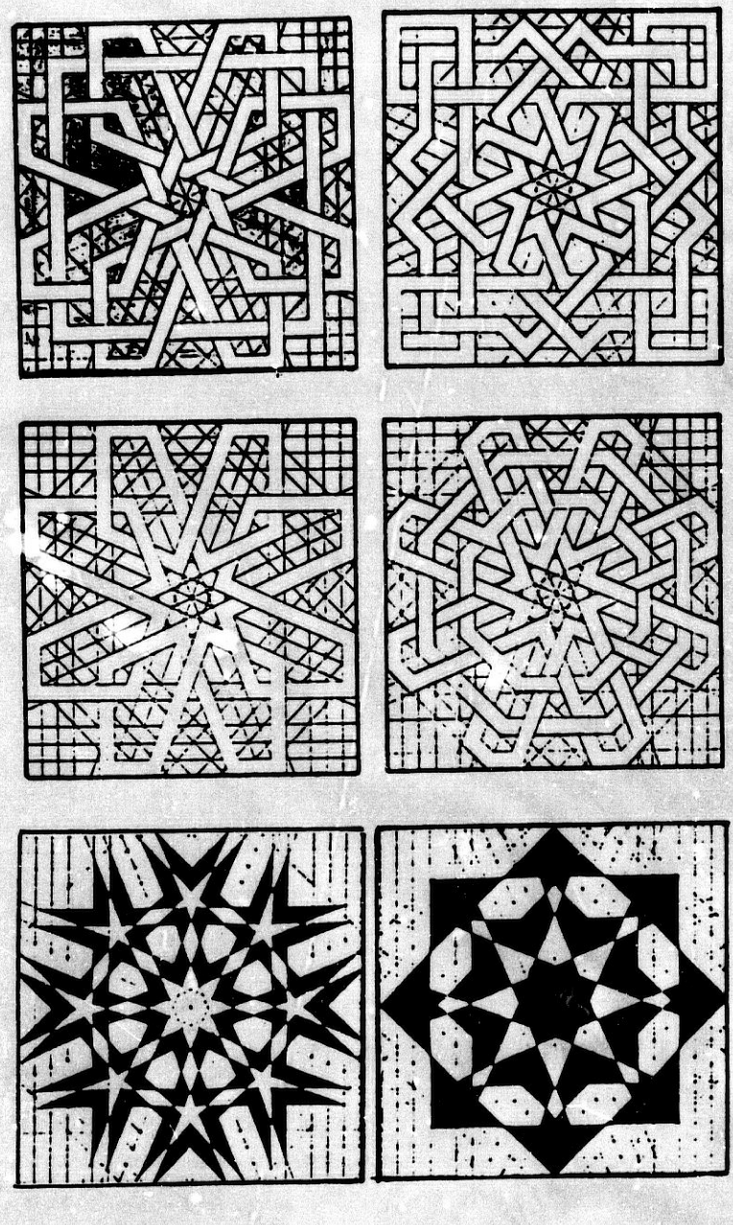
En la diagonal de cada uno de estos últimos cuadrados se situan en dispersión radial los cuadrados M,N,M,M,M.



Tras prolongar los lados de los cuadrados resultantes, basta con hacer una doble superposición con giro de 45° de la figura obtenida para conseguir el patrón de Kadmal-Ali

Vemos en estos ejemplos alguno de los múltiples diseños de flores geométricas que realizó:

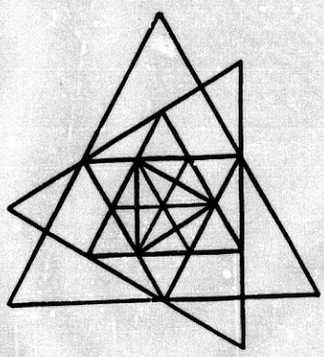




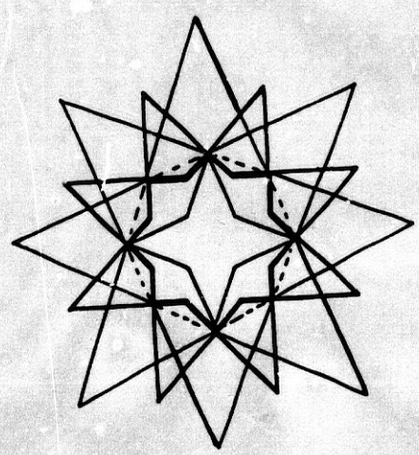
Patrón de afinidades.

En el capítulo que tratabamos las afinidades , se tocaba el tema de **Afinidad radial**,por cuncuscripción o inscripción.

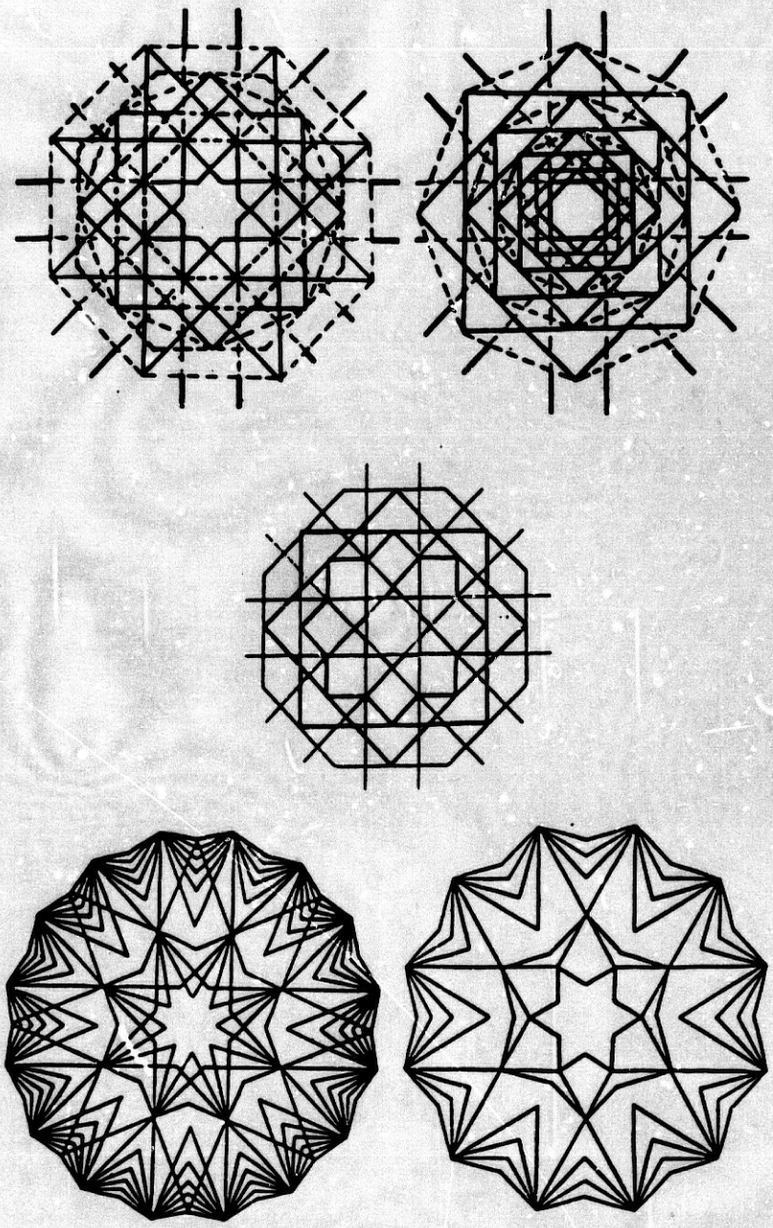
Tenemos de esta manera triángulos afines,con hexágonos y estrellas de 6 puntas.



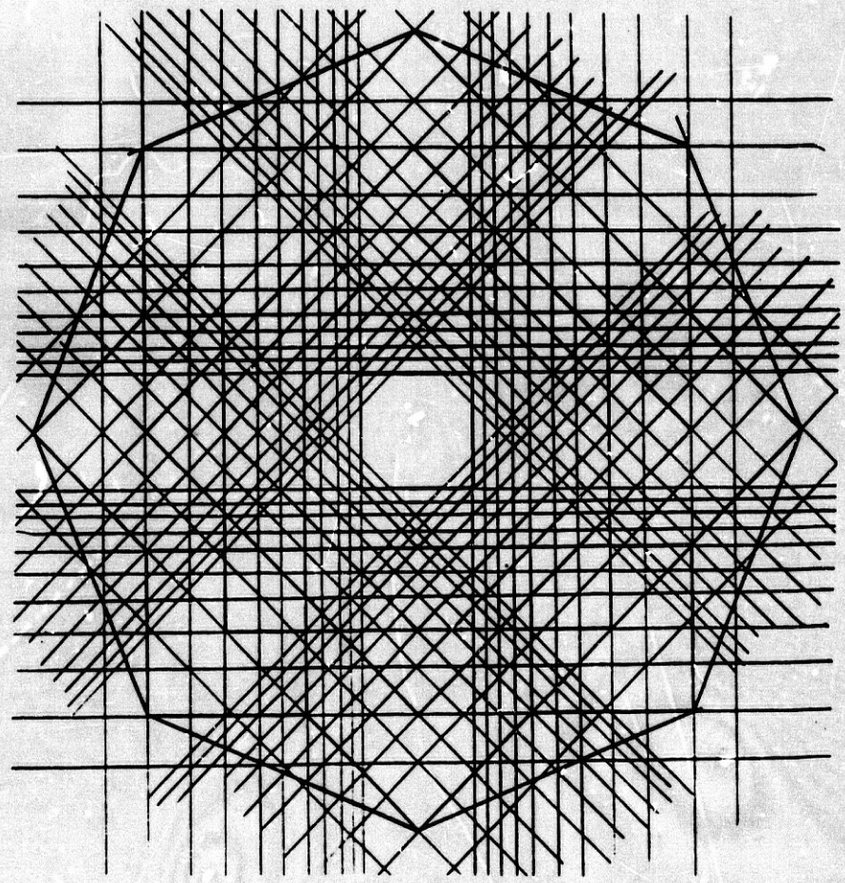
También afinidades radiales de estrellas de 4 y 8 puntas:



Basádome en las afinidades de cuadrados , octógo - nos y estrellas de 8 puntas , que podriamos conseguir

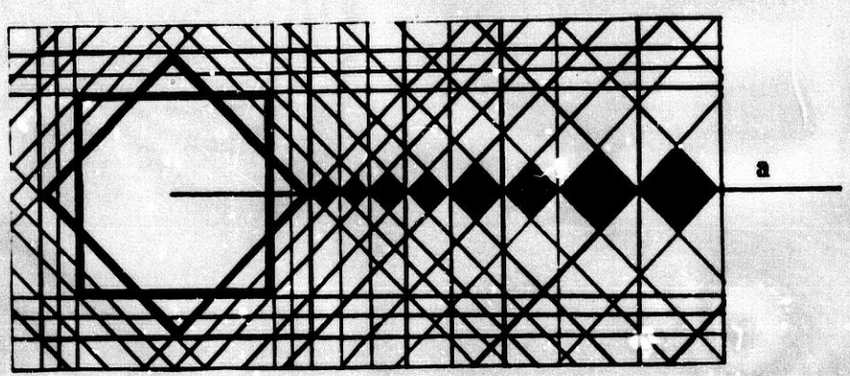


Superponiendo dichas figuras y prolongando los lados de cada polígono y estrella se consigue el **patrón de afinidades cuadrangulares.** (Del mismo modo podremos conseguir el de afinidades triángulares.)

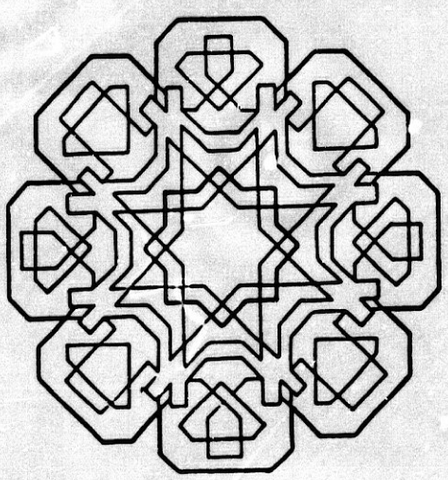


Se puede dibujar este patrón, partiendo del cuadrado central superpuesto y trazando dos rectas paralelas , que fraccionen en dos la punta de la estrella, , en sentido perpendicular a su radio.Conseguimos el lado de los dos primeros cuadrados que

aparecen en la semidiagonal a. Sucesivos cuadrados utilizados por parejas y cuya relación entre ellos es la de las medidas del rectángulo aureo , colocados en las semidiagonales , nos dan las medidas del patrón de afinidades cuadrangulares.

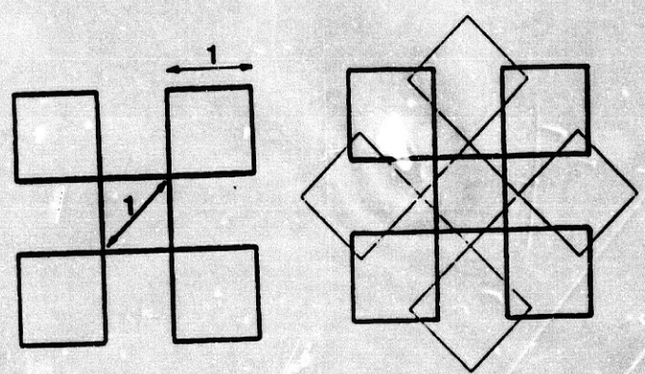


Con el patrón de afinidad cuadrangular se ha realiza do esta composición, como muestra de las posibilidades creativas que posee.

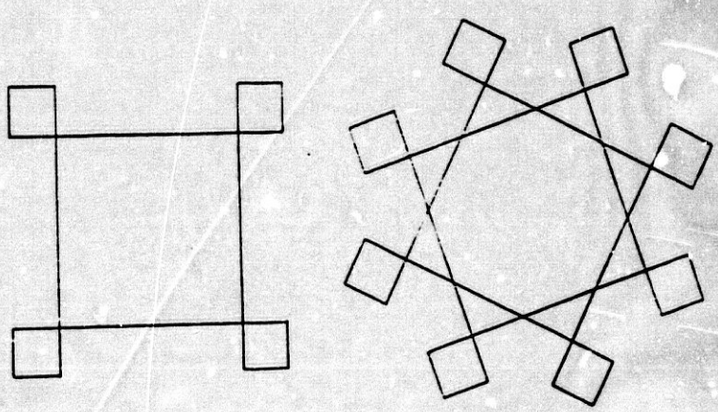


B) Por dispersión radial de una tesela regular

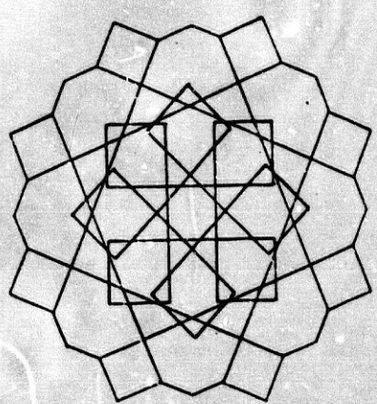
Si una figura regular sufre una dispersión radial triangular , cuadrangular , etc. y dicha dispersión la superponemos , girandola, aparece una flor. Tenemos como ejemplo esta dispersión cuadrangular del cuadrado con su correspondiente superposición girada 45º. (De las posibles dispersiones cuadrangulares del cuadrado , se ha elegido la que posee la relación de medidas que se especifican gráficamente.

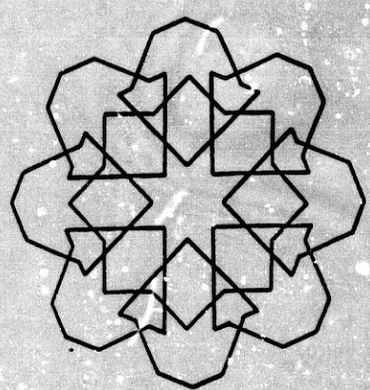


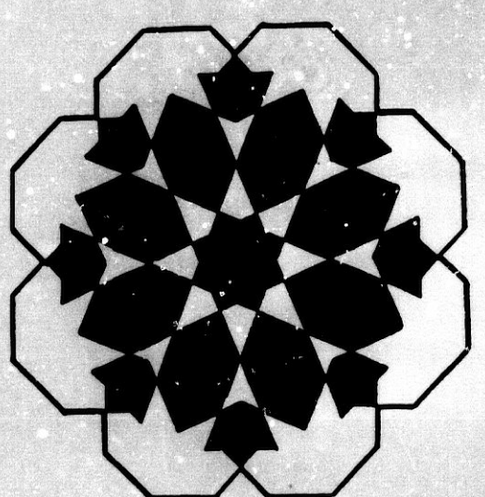
Podríamos tener otra dispersión cuadrangular de otro cuadrado y la superposición correspondiente.



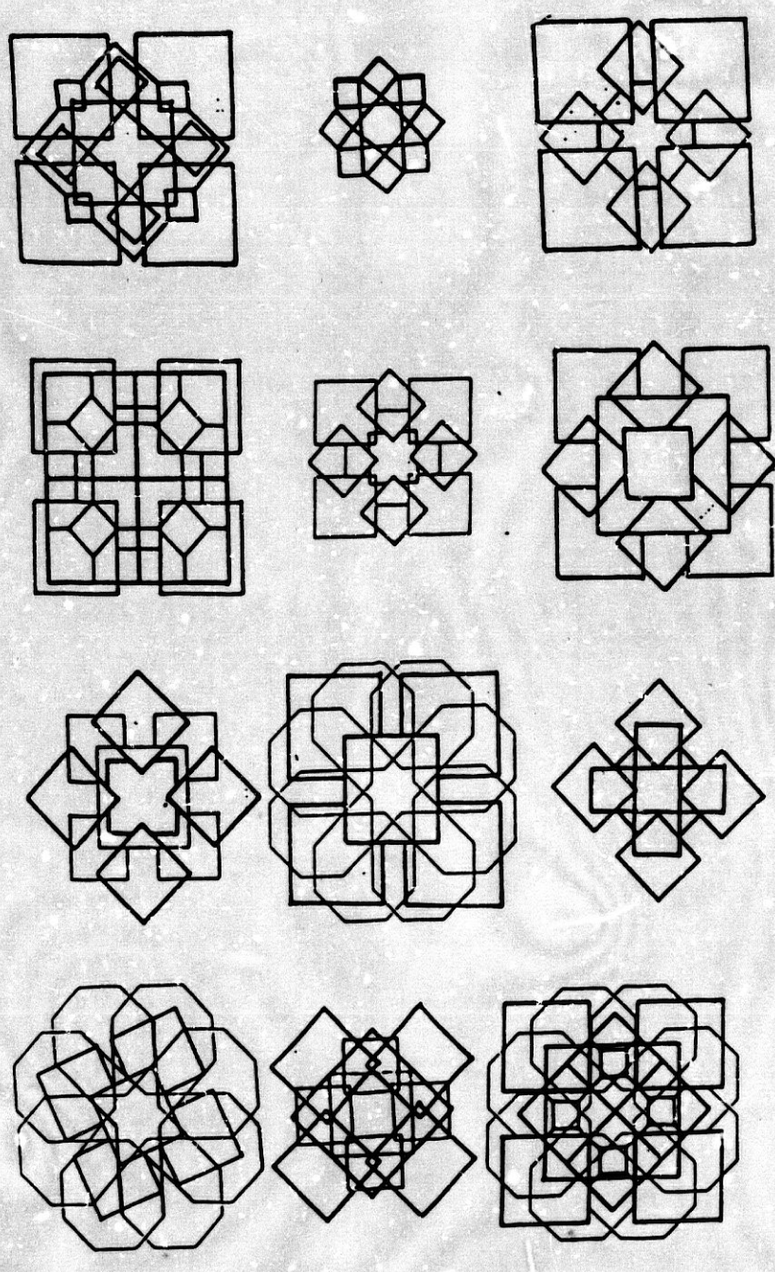
La superposición de ambas , trazado de nuevas líneas y eliminación de otras , podría haber sido el origen de esta flor:



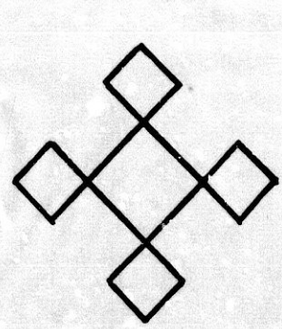


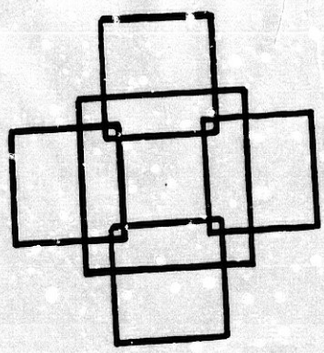


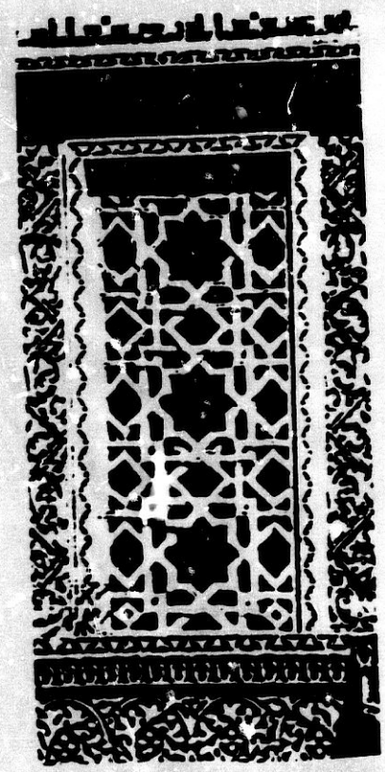
Veamos una muestra de las infinitas flores que podrían resultar combinando múltiples dispersiones

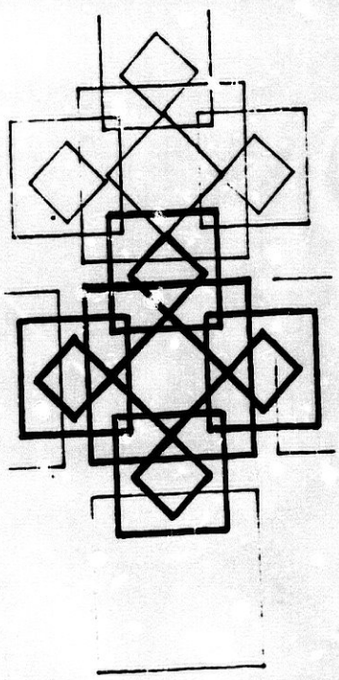


Análisis de la combinación de dispersiones superpuestas que han dado lugar al diseño de esta celosía de la Mezquita de Córdoba

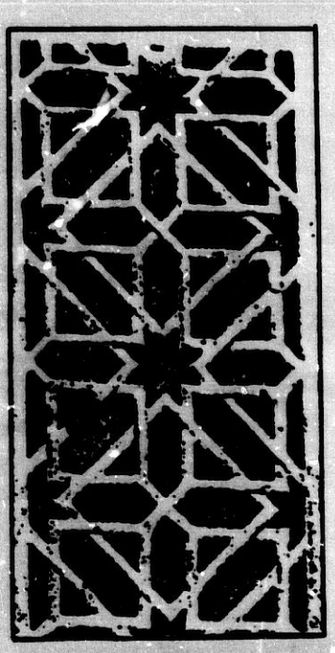


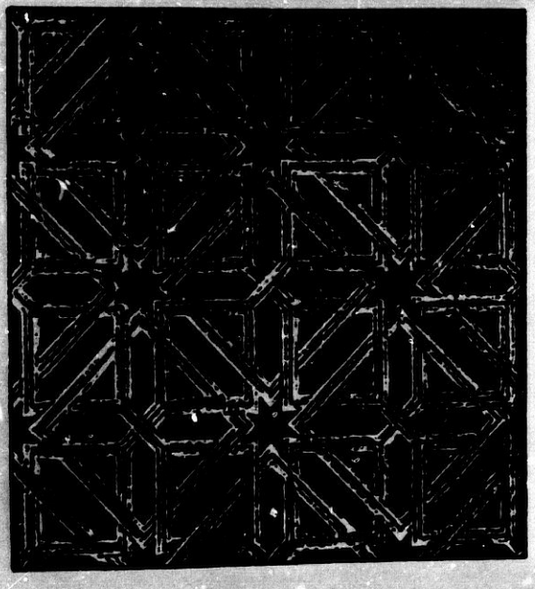




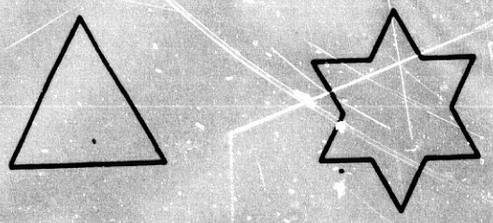


Coincidencia de diseños en mármol y madera en los que se empleó la misma superposición de dispersiones cuadrangulares del cuadrado

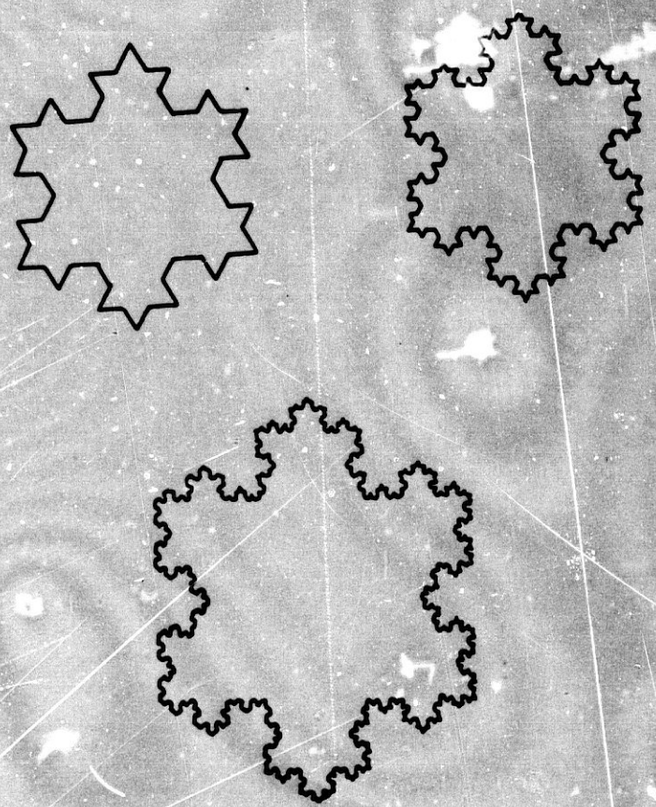




* Bruno Munari, realiza una experiencia de transformación de un triángulo por sucesivos apuntamientos de sus caras, en una estrella



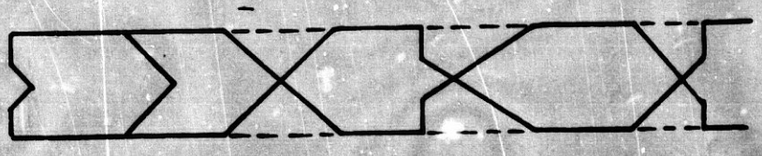
A ésta a su vez se le va repitiendo la misma operación a cada lado resultante,a lo que denomina "Secuencias de crecimiento"



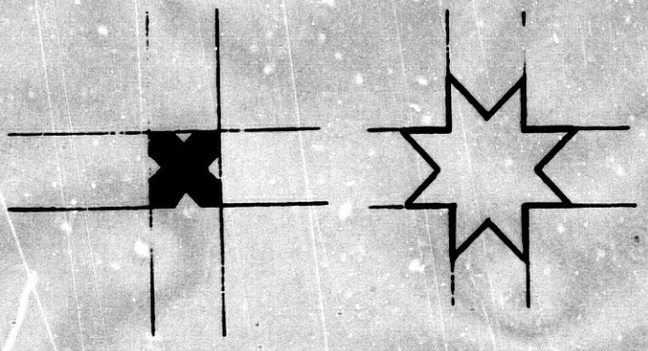
C) Limitación de calles giradas ,por teselas concéntricas

Consideramos como calles al plano comprendido entre dos rectas paralelas.

Dentro de una calle aparecen teselas que tienen la misma anchura de la calle y afines entre si , acompañadas de teselas auxiliares y secundarias, que sirven para completar el espacio no cubierto por las primeras.

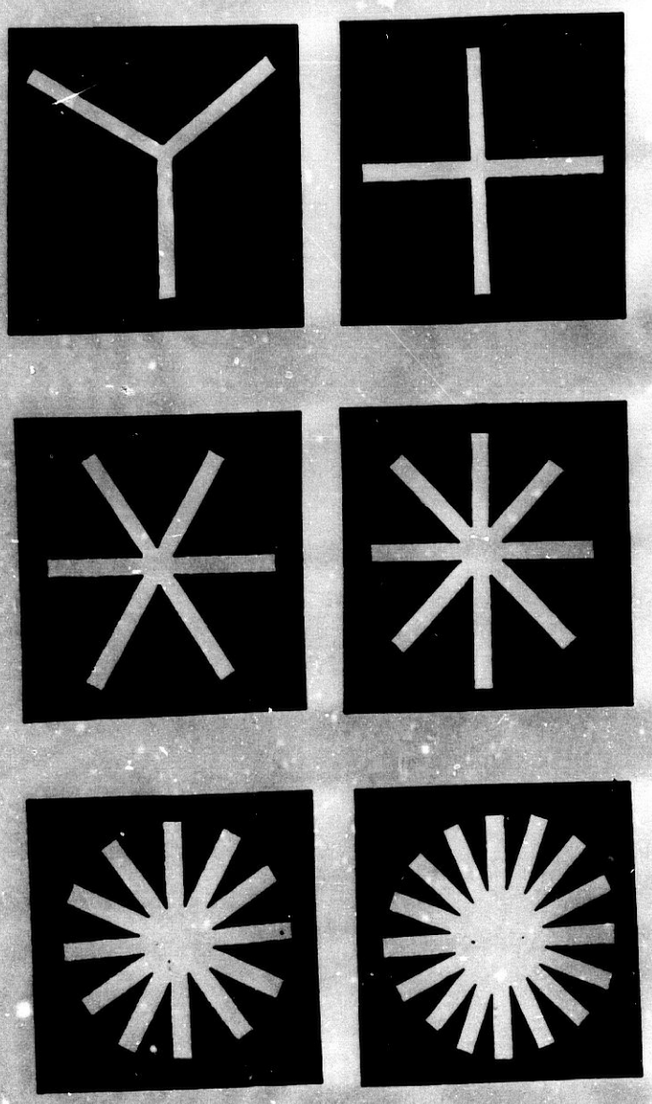


En un cruce de 2 calles perpendiculares aparece una tesela que generalmente posee simetría central , y cuyas dimensiones pueden ser de igual o mayor anchura respecto a la calle.

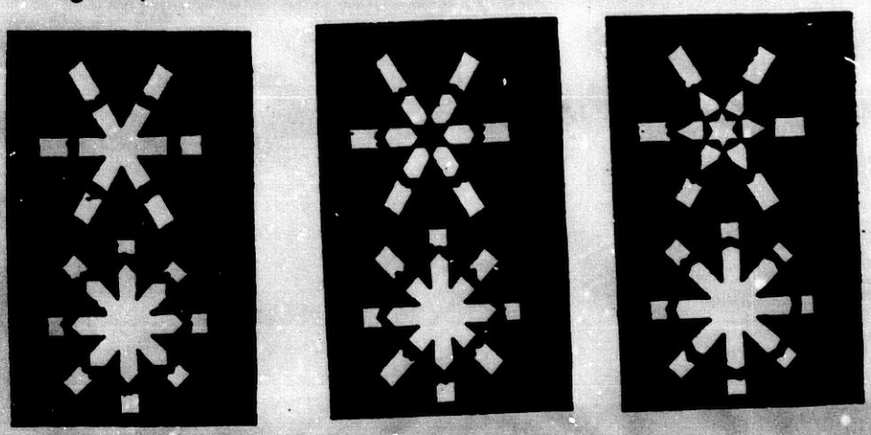


Es extraño no encontrar en la decoración islámica, mosaicos ,en los que no aparezcan cruces de calles , perpendiculares u oblicuas de 11´25°, 15° ,22´5° ,30° ,45° ,60° ,90° o 120°,

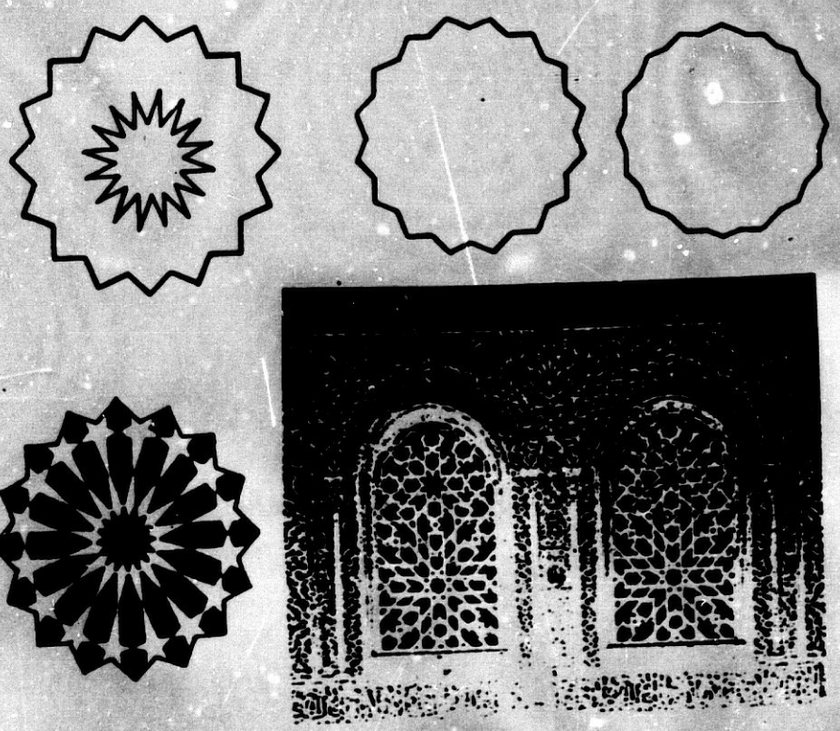
en el centro de las flores que denominamos de 32, 24, 16, 12, 8, 6, 4 o 3 radios respectivamente.



Si giramos varias calles e interceptamos su espansión con figuras regulares obtenemos diversidad de flores, dependiendo de la anchura de las calles y de las dimensiones de la figura que las intercepta.

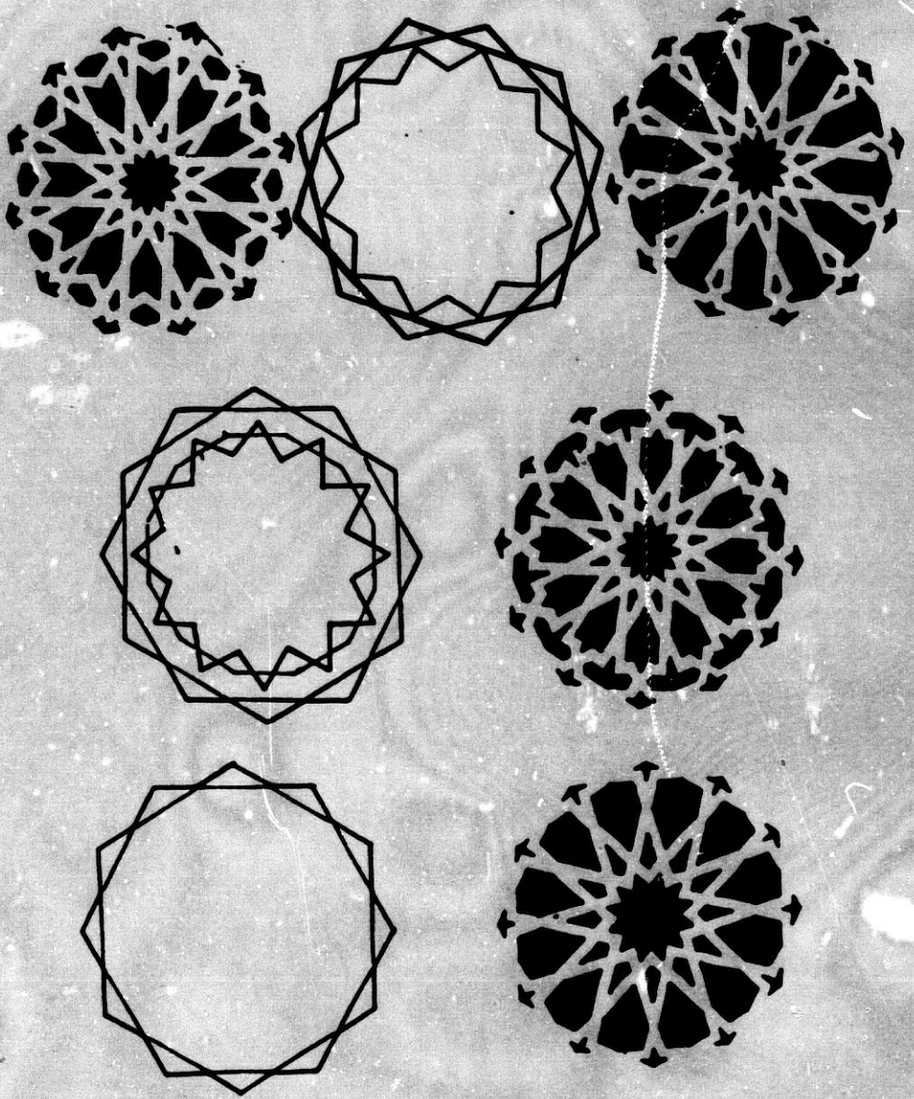


Pueden ser interceptadas por varias figuras concéntricas, dando lugar a teselaciones diferentes de las calles.

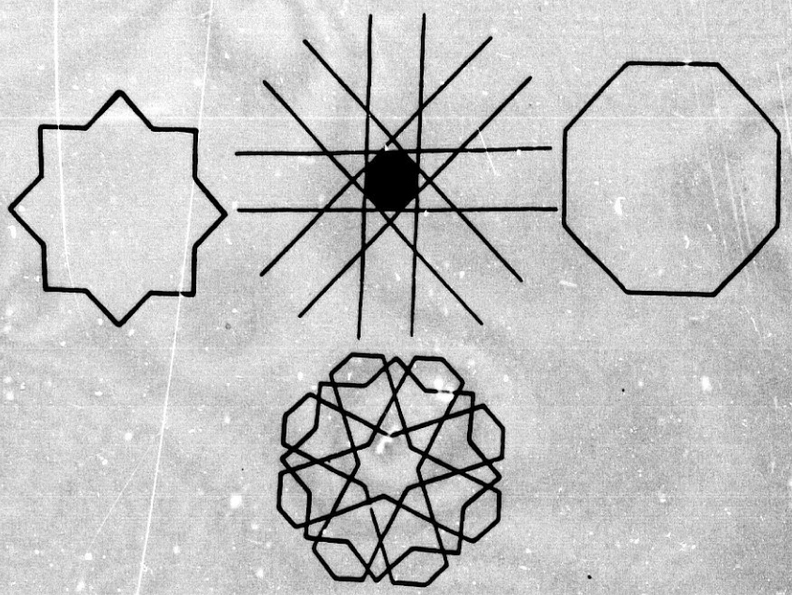


Transformaciones de flores.

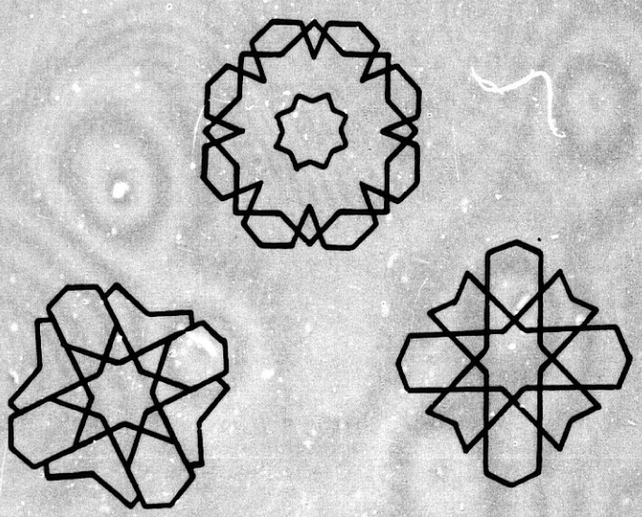
En las flores que aparecen a continuación , tomadas del mismo mosaico de la Alhambra , aparecen dos con idéntico origen , otras con coincidencia de la figura regular circundante y la misma anchura de calles originarias , y por último con distinta anchura de calle pero con la misma figura circundante. Son un claro ejemplo de **transformaciones de flores**



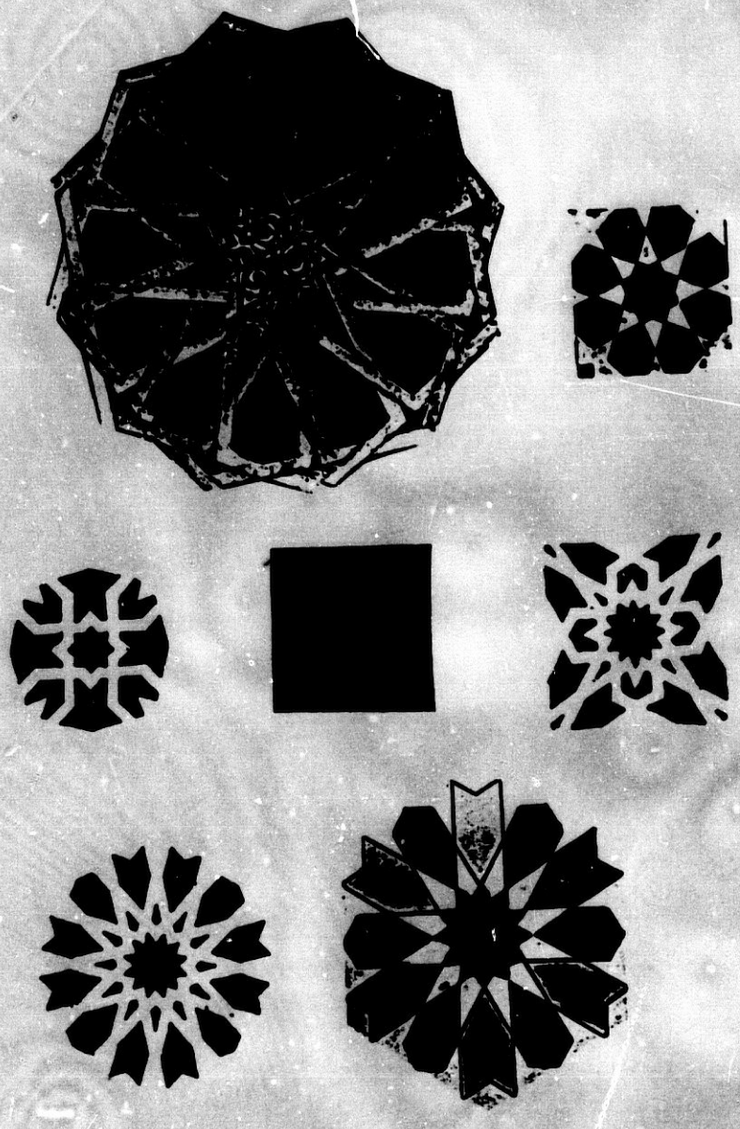
Partiendo del mismo número de calles e interceptandolas por dos figuras regulares (Estrella de 8 puntas y octógono, afines) ,obtenemos una flor.



Pero si a dicha flor le eliminamos lineas diferentes, esto da lugar a nuevas flores diferentes pero con idéntico origen.



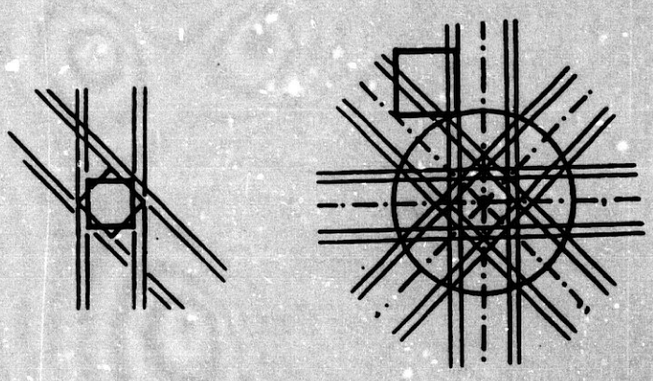
Vemos en esta lámina unas de las posibles flores resultantes y que aparecen en las modulaciones teseladas de la decoración hispano musulmana.



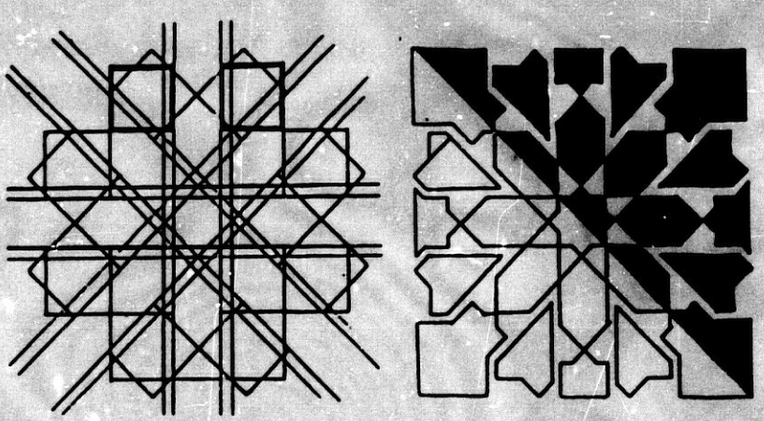
D) Limitación de calles giradas por teselas regulares excéntricas.

Si a un giro de calles las interceptamos con una figura, girada o dispersa, nos puede originar una flor.

Partiendo de una estrella de 8 puntas de primer orden , prolongando sus lados , aparecen calles que pueden originar una flor.



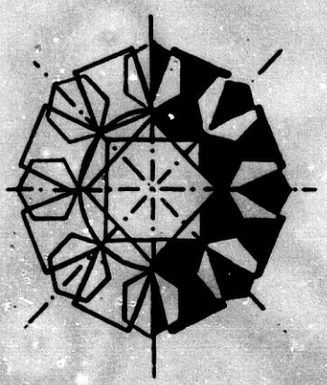
Si con el mismo alejamiento, situamos cuadrados a ambos lados de cada calle tenemos la posibilidad de inscribir la teselación resultante en un cuadrado, con lo que conseguimos resultados sorprendentes.



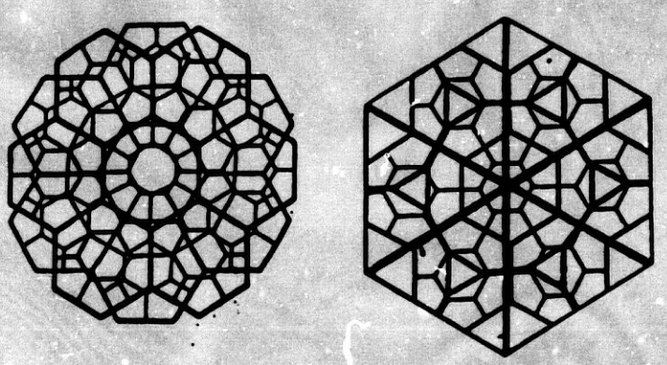
E) Giros de figuras regulares

Podemos girar una sola figuna.

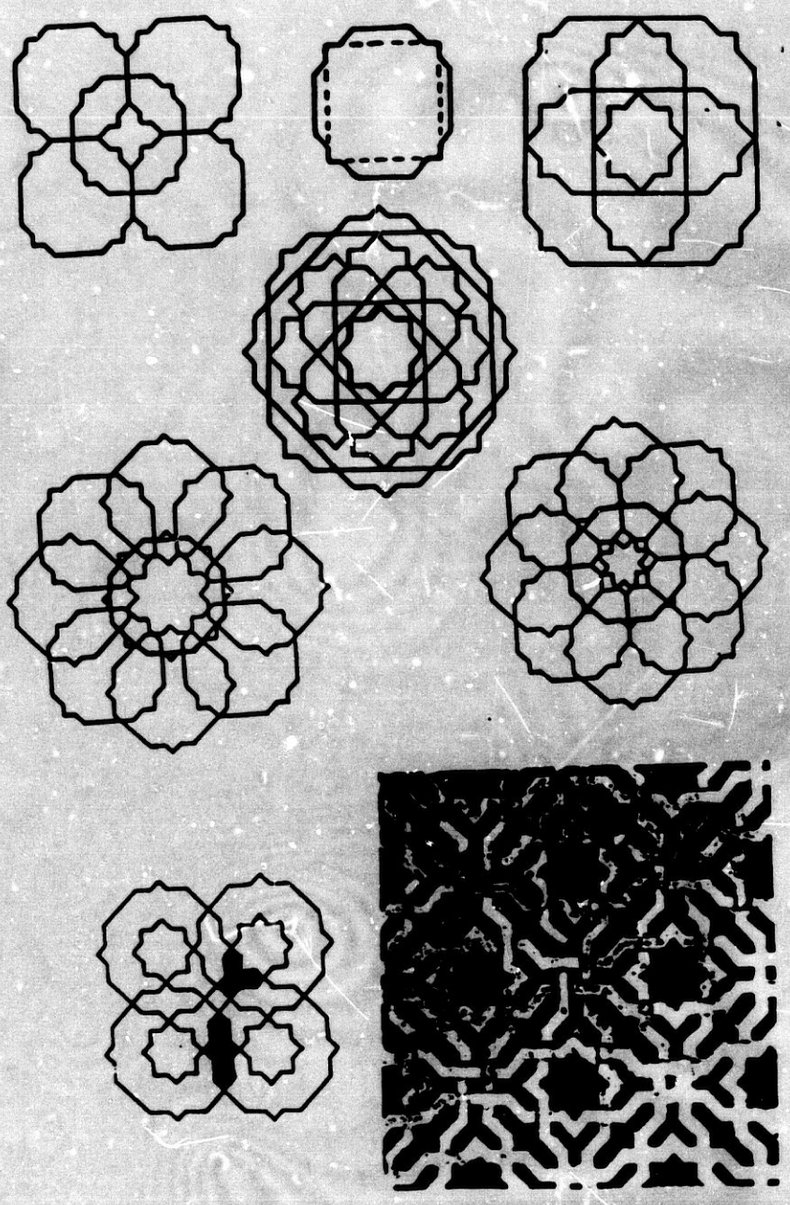
O dos o más figuras, con el mismo o distinto radio de separación del centro (Alejamientro central del giro).



O figuras regulares teseladas.

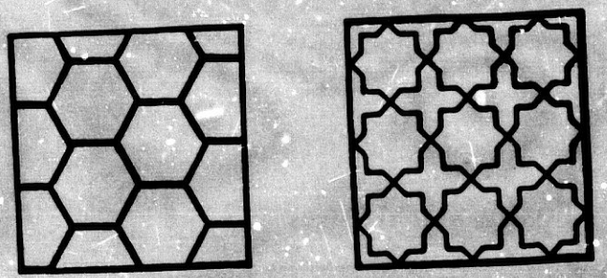


O figuras semirregulares. Veamos este ejemplo en el que disponemos de esta silueta que denominamos " octógono semiapuntado".

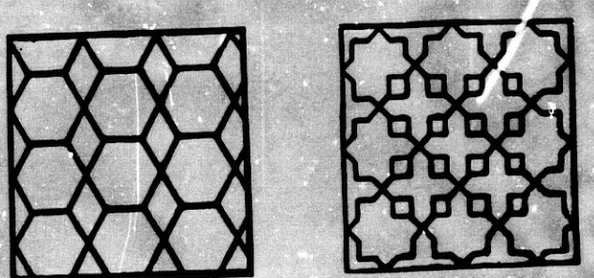


F) Redes giradas

Considerabamos como red a un mosaico regular uniforme, bimorfo ...

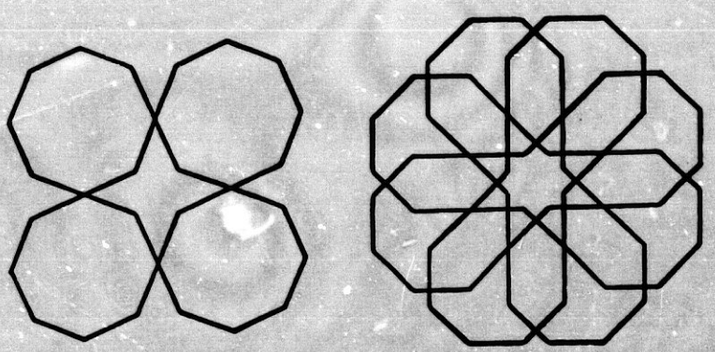


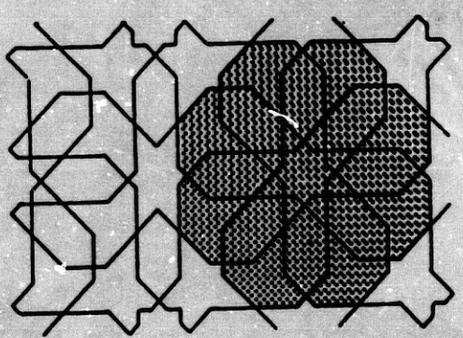
Si disponemos de dos redes , podemos superponerponerlas con simples desplazamientos.



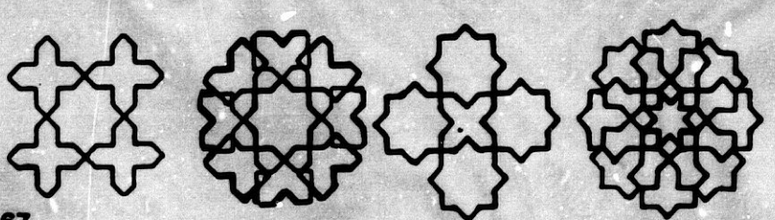
Si hacemos una superposición de dos redes giradas, pueden resultar varias flores,según sea su centro de giro.

Ponemos como ejemplos las que se originan con: el octógono y la estrella de 4 puntas,giradas con centro en la estrella.

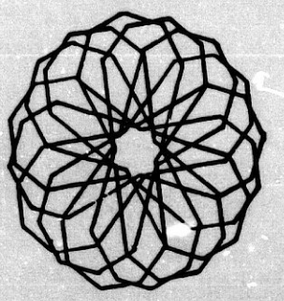




O la estrella de 8 puntas de primer orden y la cruz apuntada con diferente centro de giro.



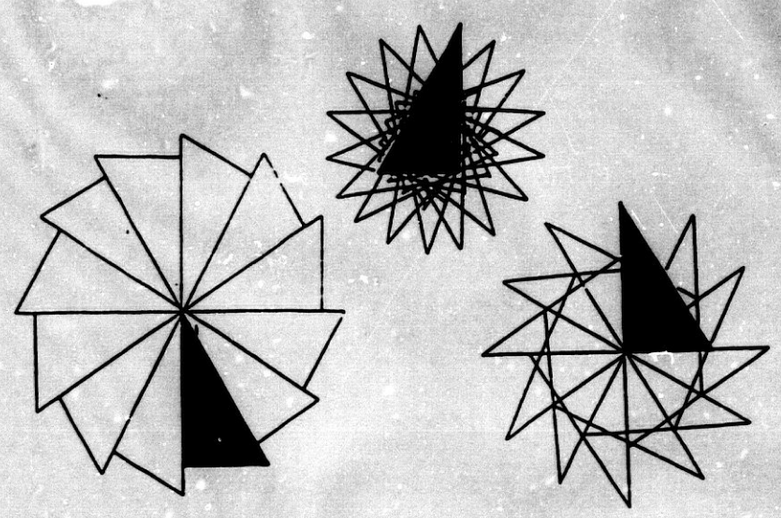
Si el giro es cuádruple, la flor multiplica el número de radios.



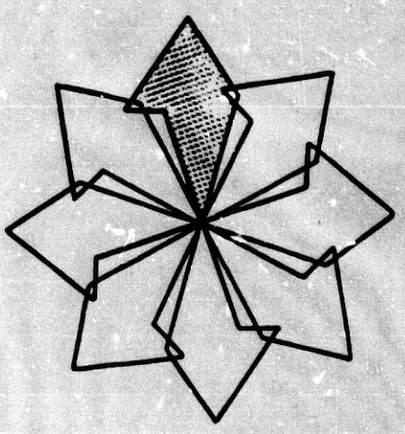
G) Giros de siluetas con simetrías :

Cualquier figura girada,nos puede originar ciertas flores peculiares,dependiendo de la posición inicial de la figura respecto al centro de giro , del número de radios y del alejamiento.

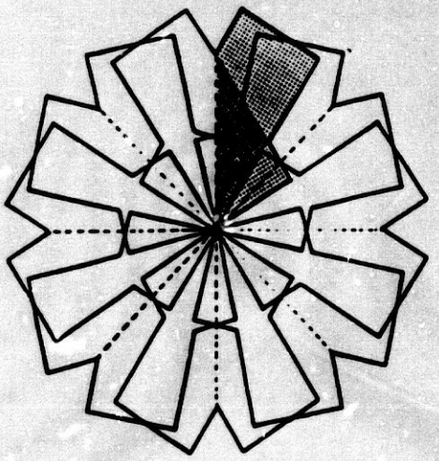
• Bruno Munari, en su obra "Diseño y comunicación visual [illegible] este tipo de rotación



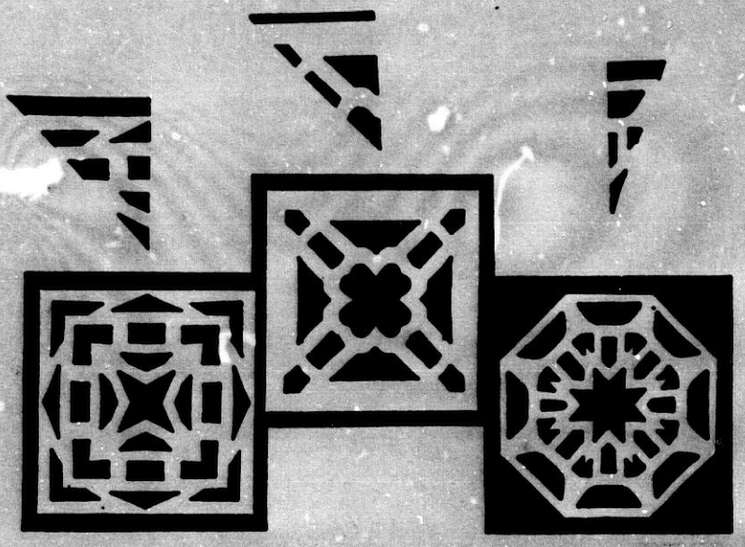
Si tomamos cualquier silueta resultarán flores diferentes y las posibilidades de creación se multiplicarán.



Pero si utilizamos una silueta y su simétrica, respecto al radio de giro, tendremos otro tipo de flores similares a las de muchos diseños islámicos. (En la flor, que aparece a continuación, se ha empleado una simple tira de papel doblada)



Otro sencillo procedimiento , para obtener flores geométricas de radios pares, consiste en doblar un cuadrado de papel , con dobleces por el centro y realizarle cortes con cierta intención . Al desplegar el cuadrado nuevamente aparecen figuras con simetría central:



Modulación floral .

Modulación de flores geométricas .

Modulación con flores idénticas:

Por reunión total

Por dispersión o separación

Modulación con distintas flores .

Agrupación total de flores diferentes del mismo origen .

Superposiciones de flores:

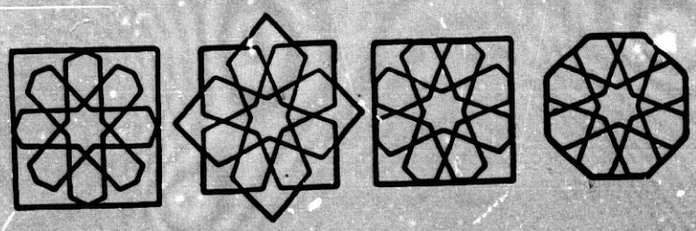
Transparentes, por desplazamiento

Transparentes, por dispersión o giro .

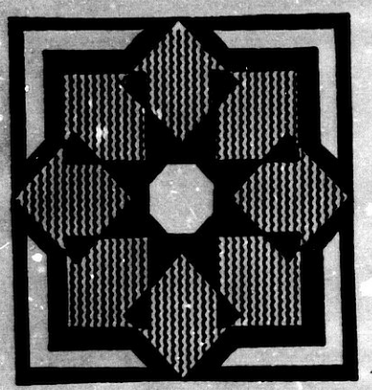
Opacas.

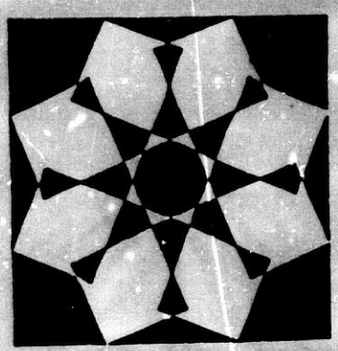
MODULACIÓN DE FLORES GEOMÉTRICAS

A la hora de componer un pliego con flores geométricas , es necesario inscribirlas en figuras regulares . Ej : cuadrado, estrella de 8 puntas , octógono etc . (Sería una teselación floral de dichas figuras)

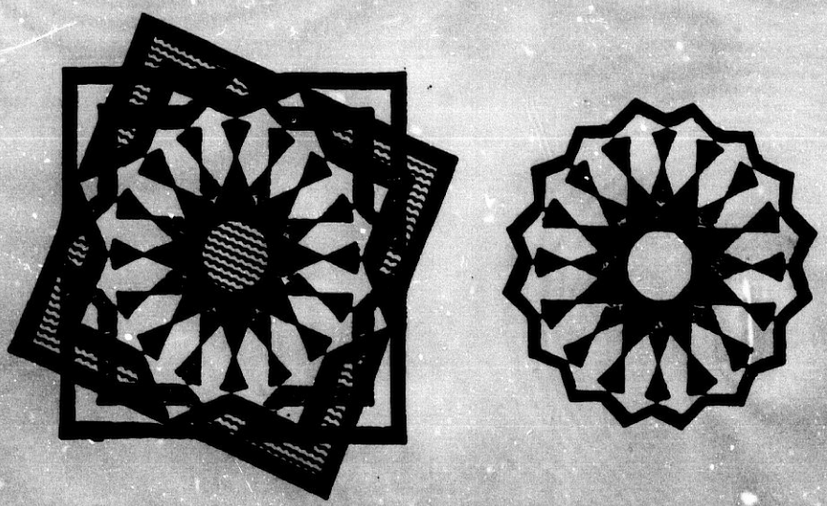


La diferente inscripción y coloración de teselas , nos permite obtener flores de distinta apariencia aunque tengan idéntico origen.





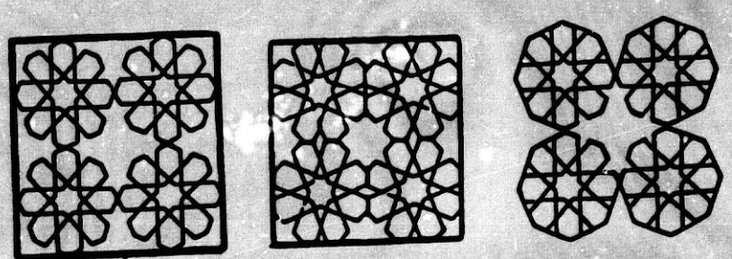
La superposición girada de las mismas multiplicaría el número de radios.

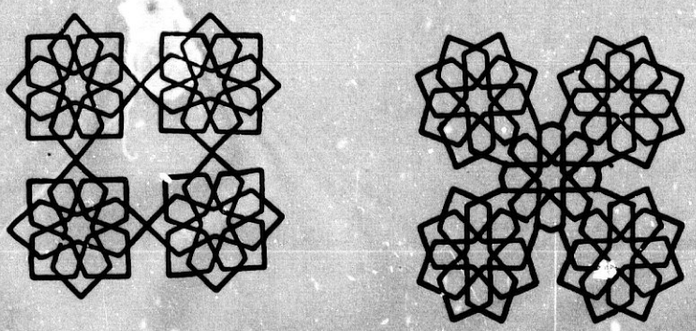


Mosaicos modulados con idénticas flores

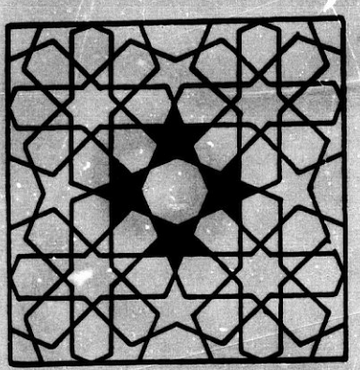
Con una misma flor , inscrita en las figuras regulares, se puede componer un pliego de múltiples maneras, dando lugar a espacios intermedios, de formas distintas :

Por **reunión total**

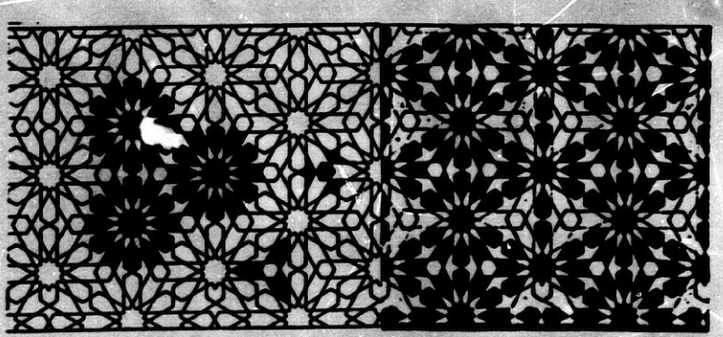




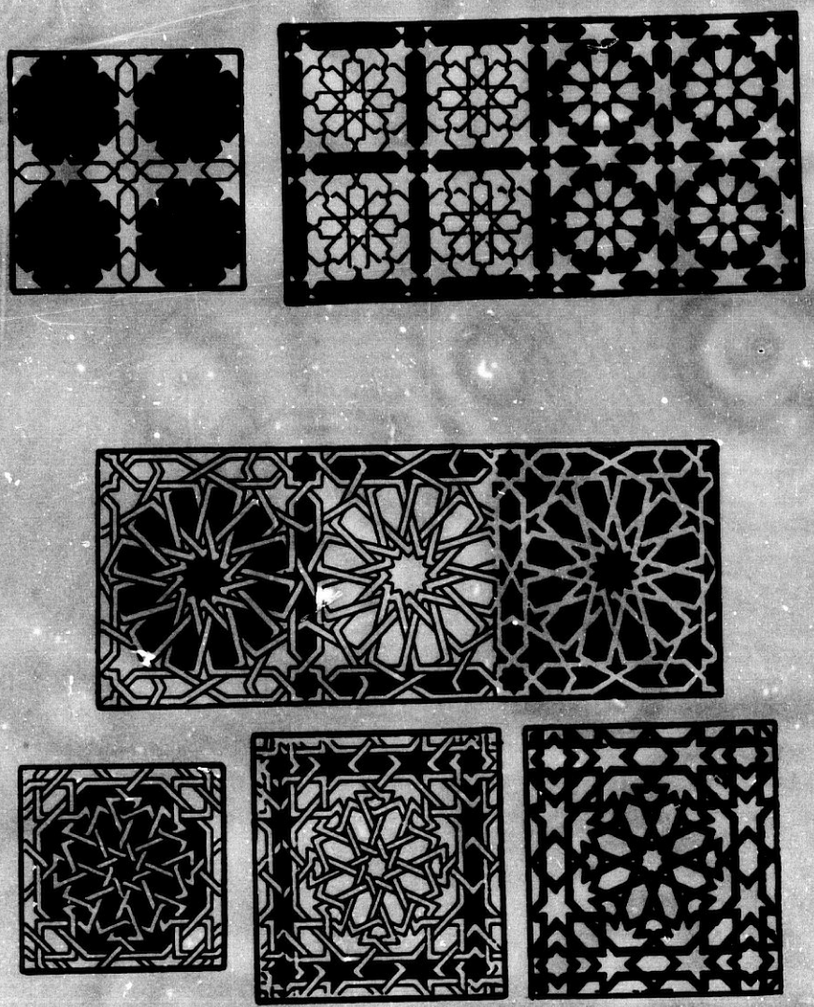
Los espacios intermedios resultantes se pueden teselar con una figura de simetría radial apareciendo un sino secundario con su flor correspondiente (flor complementaria)



En la Sala de los Reyes de la Alhambra tenemos un ejemplo de reunión total de flores de 12 radios con sus centros situados en una red triangular.



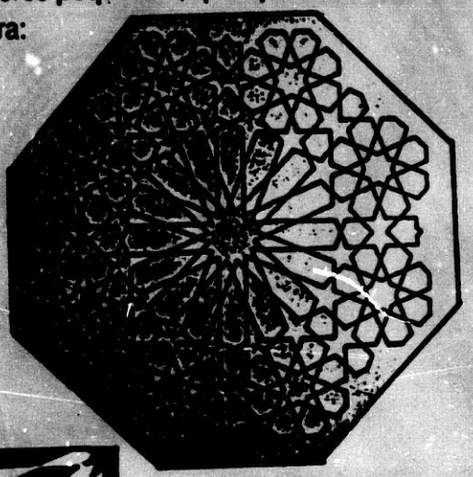
O por **dispersión o separación**, dejando espacios intermedios que darían lugar a nuevas calles : Las llamadas torres de las Infantas , de las Damas y de la Cautiva de la Alhambra son un claro ejemplo de este tipo de composición. La anchura de las calles de separación de flores coincide con la de la calle que dió origen a la flor, y sus teselas surgen por prolongación de las lineas finales de las flores.

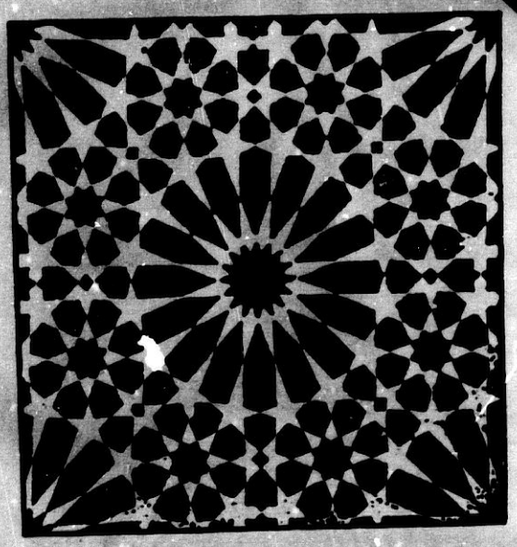


Mosaicos compuestos de distintas flores

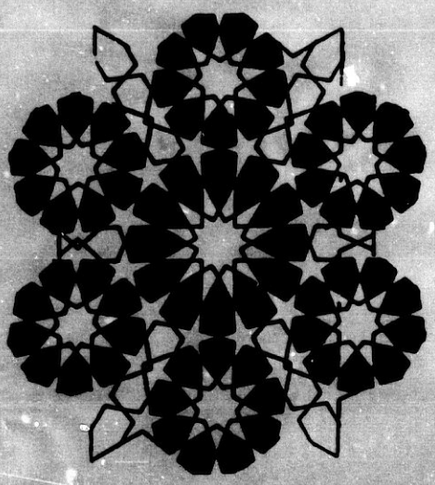
Es normal que en una composición modular aparezcan flores de distinta forma, pero del mismo origen,(Calles generadoras de la misma anchura y de diferente número de radios) pero de distinto tamaño.

Entonces se pueden enlazar de diversas maneras: Se situa la mayor (16 radios) rodeada de pequeñas (la mitad de radios) .Ocurre esto en el mosaico que decora El Mirador de Lindàjara de la Alhambra granadina. Al quedar en la parte exterior de la flor mayor calles radiales sin cubrir , éstas originan nuevas calles separadoras de las flores pequeñas , que pueden estar teseladas de diferente manera:

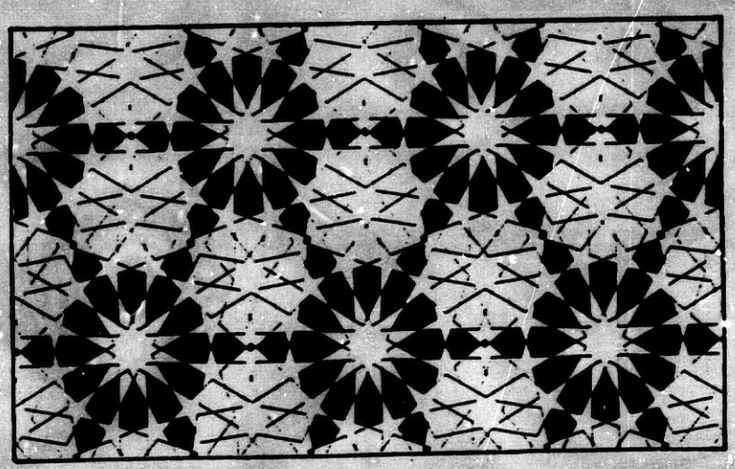




En el mismo mirador antes mencionado, aparece una variante del mosaico anterior : Flor de 12 radios , con otra menor de 9 .. Tanto en el mosaico anterior como en éste , los números de radios de ambas flores son divisibles por el mismo número (8 en el primero y 3 en el segundo).



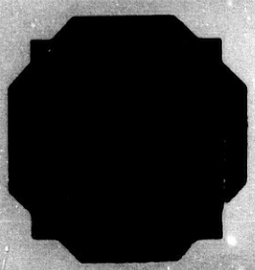
Analizando este segundo mosaico, ocurre como en el anterior, que el número de flores pequeñas que circundan a la mayor es exactamente la mitad del número de radios de ésta , con lo que aparecen calles separadoras entre las flores menores.

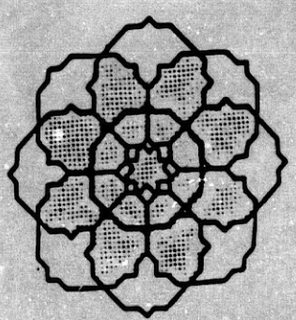


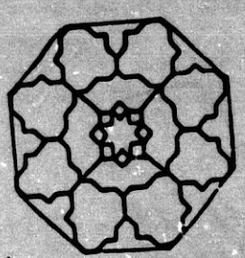
Agrupación total de flores diferentes pero del mismo origen.

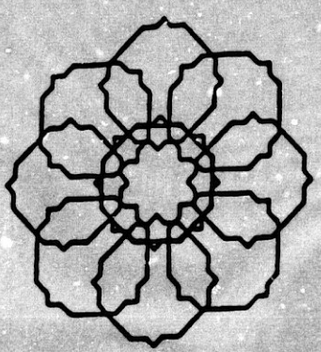
Partiendo de la figura A se consiguen por giros las flores siguientes , a las que podemos, eliminar la silueta exterior, o añadirle una nueva .

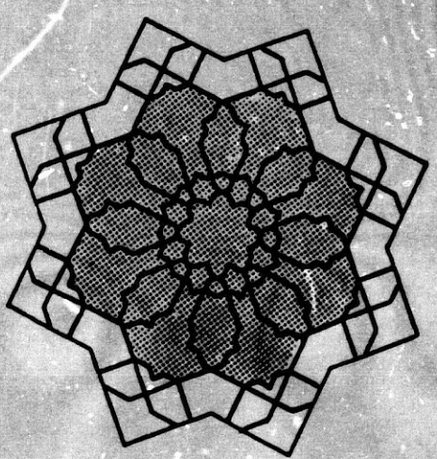
A



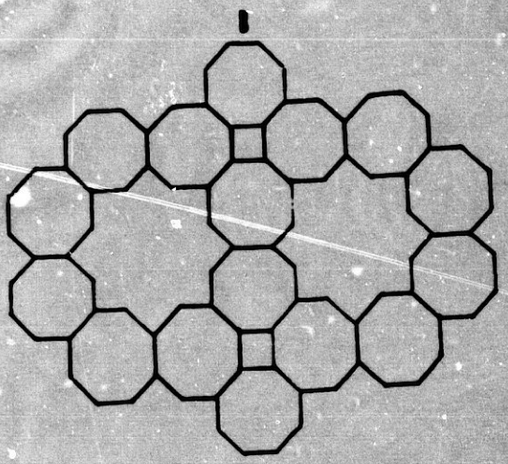


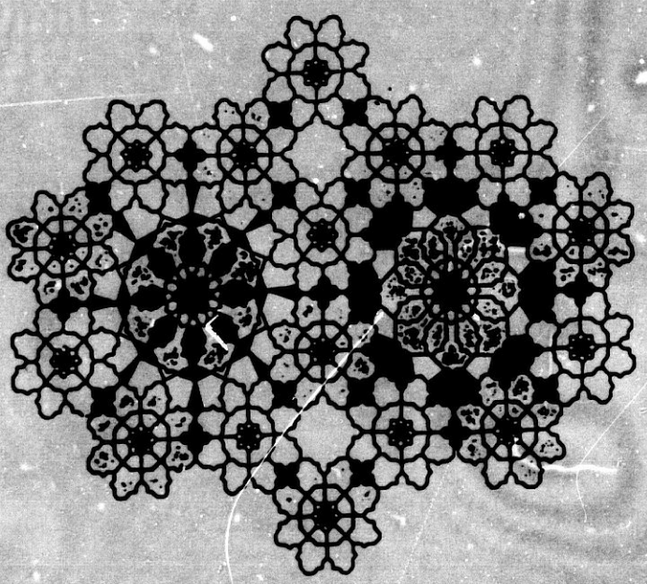






Si componemos el pliego como vemos en el esquema B podemos obtener modulaciones de gran valor plástico:

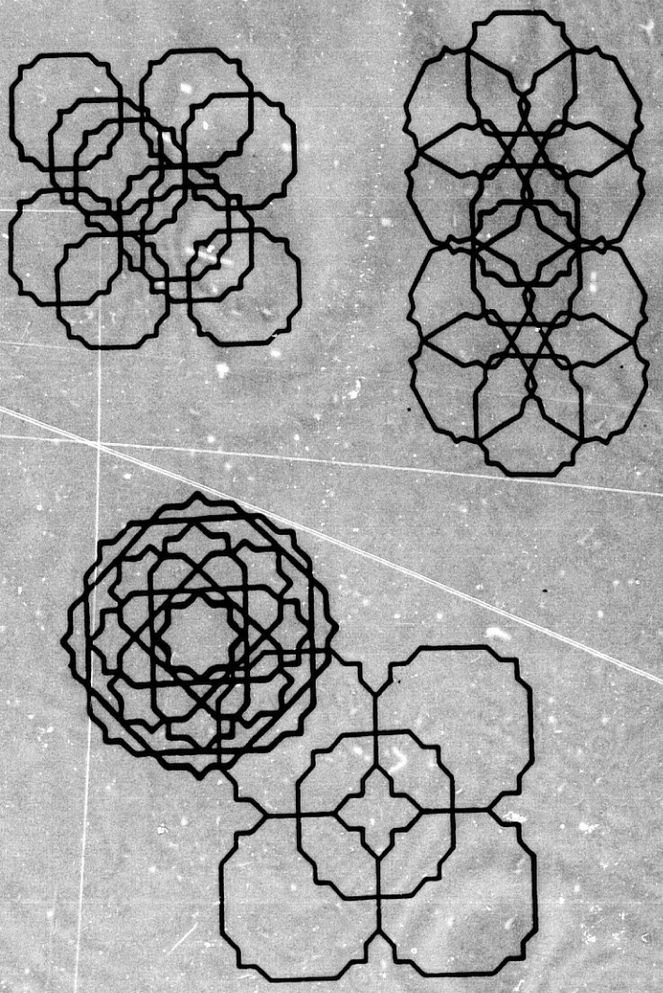




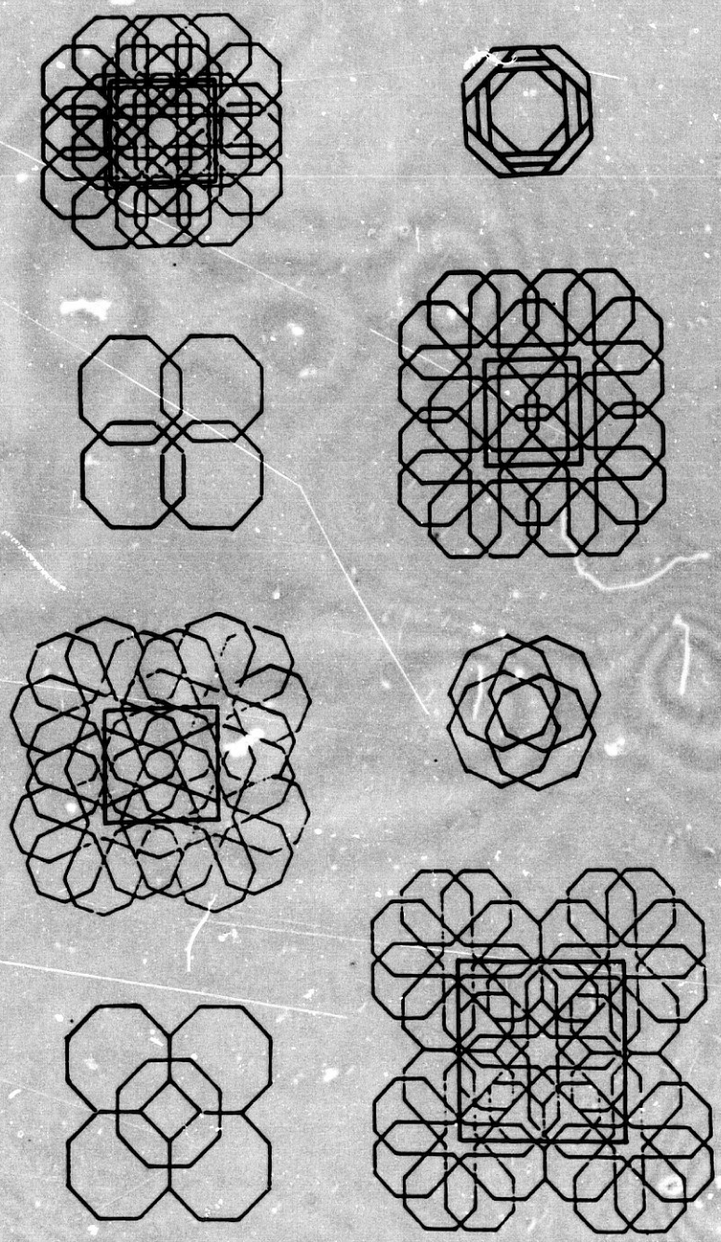
SUPERPOSICIONES DE FLORES

Del mismo modo que superponiendo teselas, o redes, podemos obtener nuevas formas geométricas, haciendolo con flores geométricas:

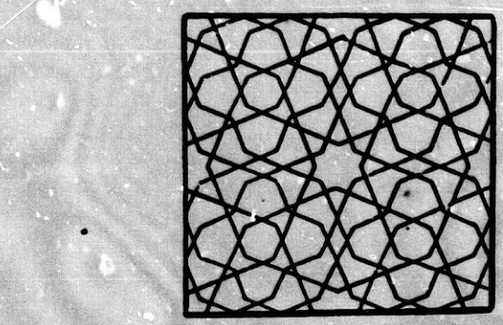
Superposición transparente por desplazamiento

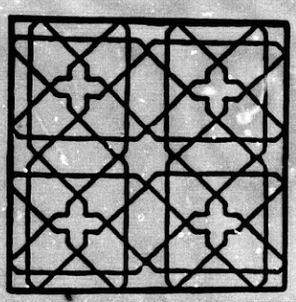


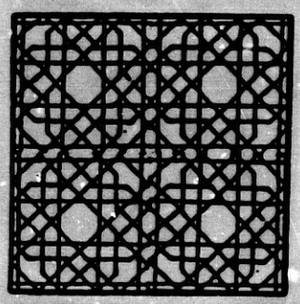
Superposición transparente por dispersión o giro

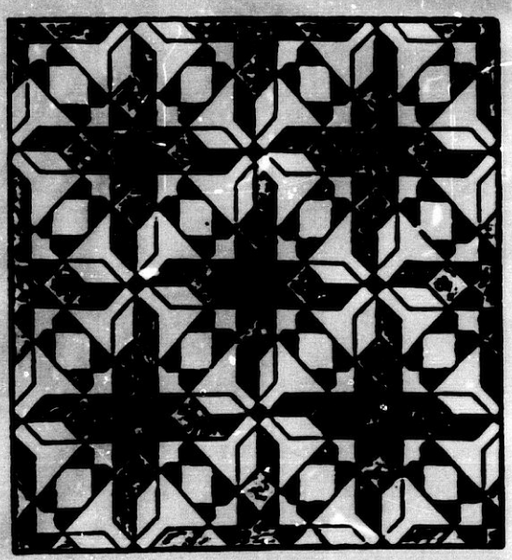


Si de cualquier superposición seleccionamos la zona central y volvemos a componer con ellas, los resultados nos sorprenden hasta el punto de que difícilmente podríamos pensar que tales mosaicos cuentan con un denominador común: **Un octógono.**

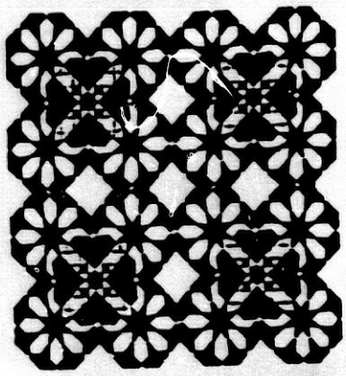


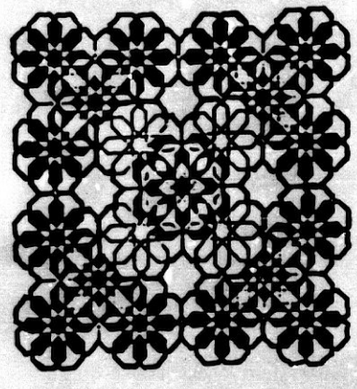


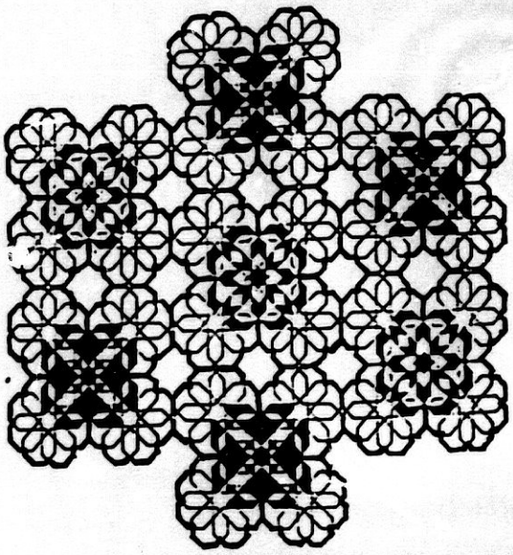




Si para colmo , coloreamos de diferentes maneras las figuras resultantes, el abanico de posibilidades creativas se múltiplica

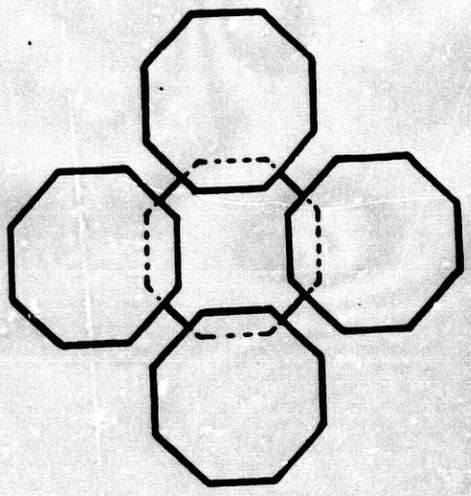


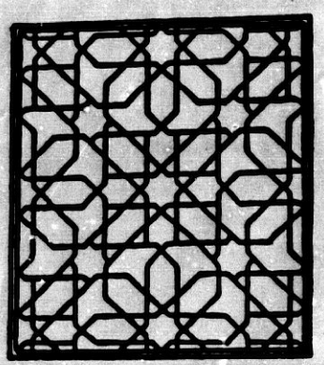


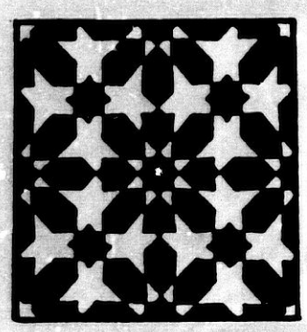


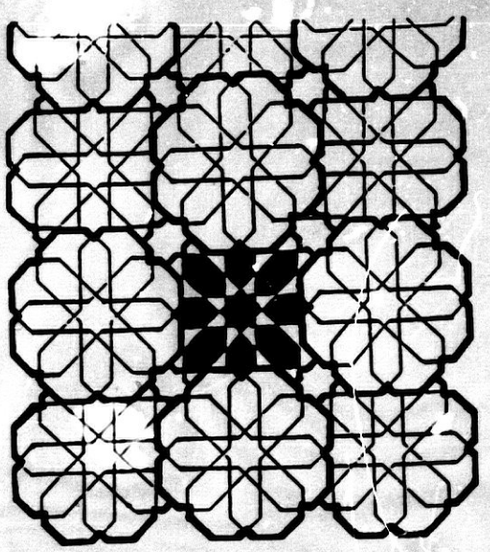
Superposición de flores opacas

Con flores opacas podríamos poner múltiples ejemplos, pero como muestra superponemos la misma flor del ejercicio anterior según el esquema C

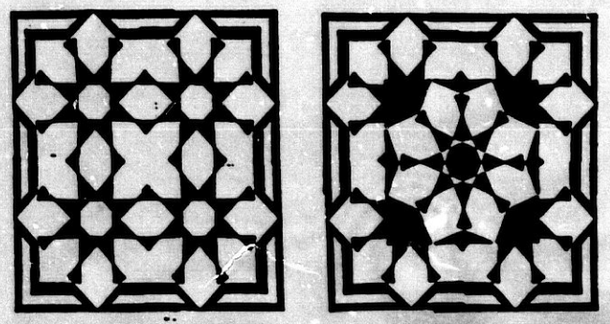


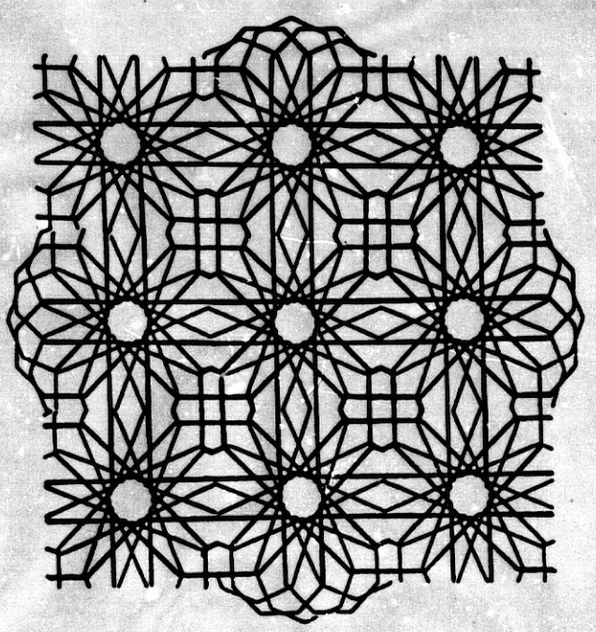




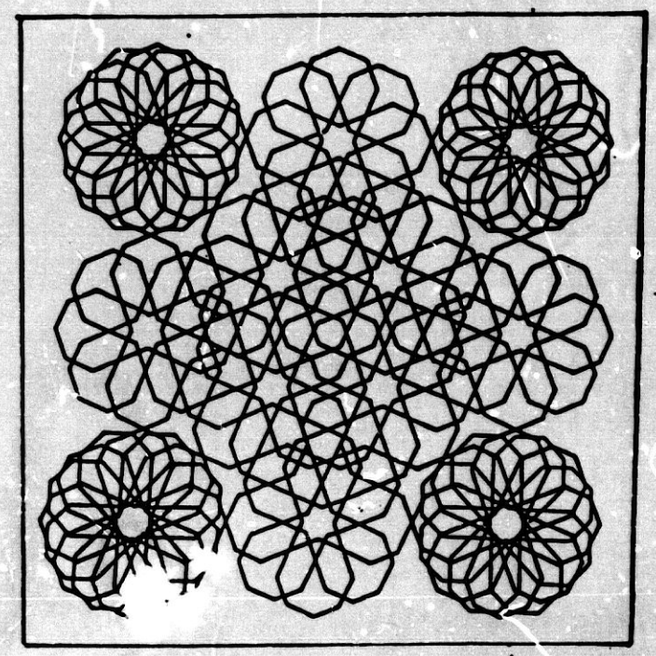


O utilizando otro tipo de flores.

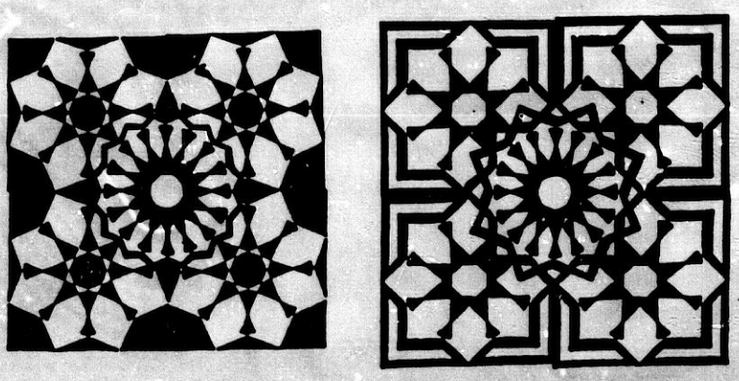


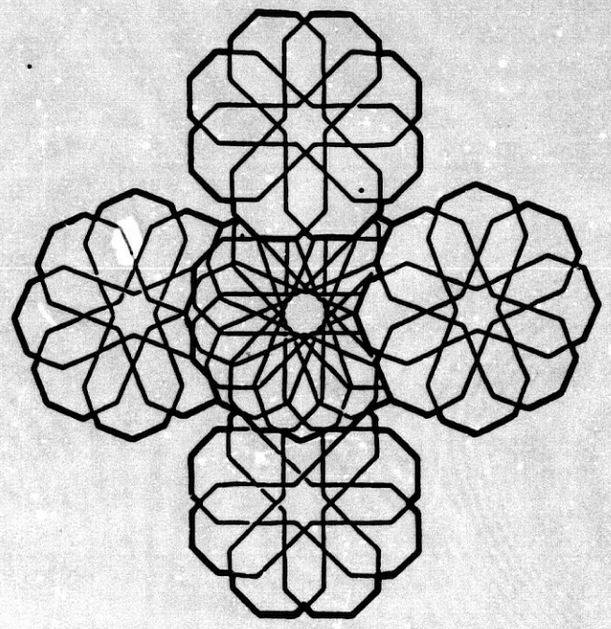


O agregando acoplamientos de otras flores, a una superposición



O bién combinando varias flores diferentes.





Síntesis

Salón de Embajadores . Recreación compositiva de dicho mosaico .

Pavimento del Tocador de la Sultana .

Mosaico de la ventana norte del Salón Dorado .

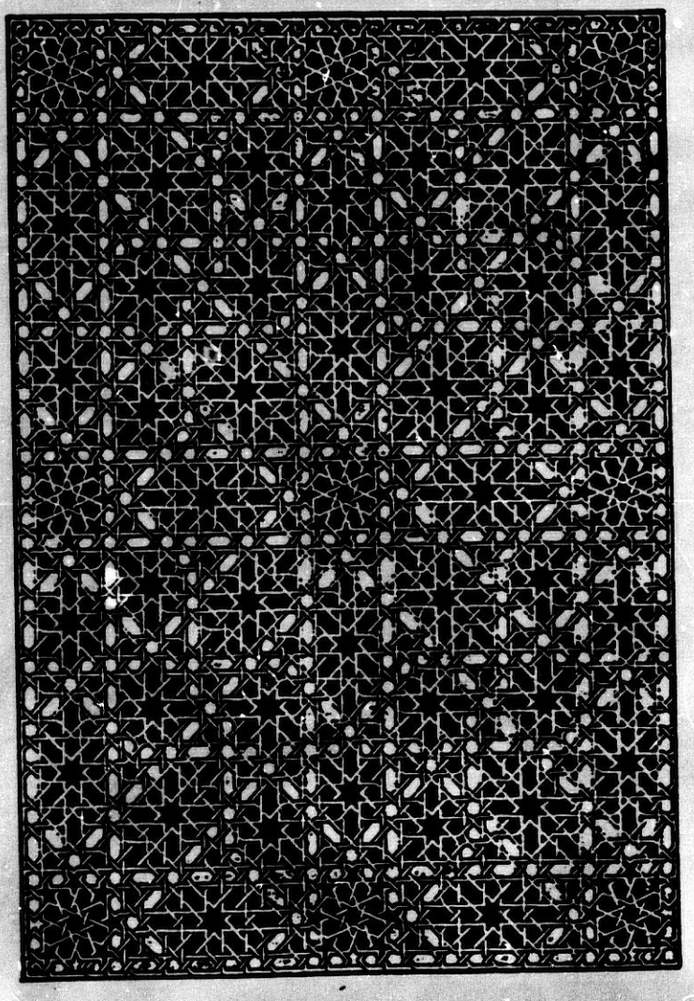
Pared norte del Patio de los Leones .

Hornacina de la entrada del Salón de la Barca .

SÍNTESIS

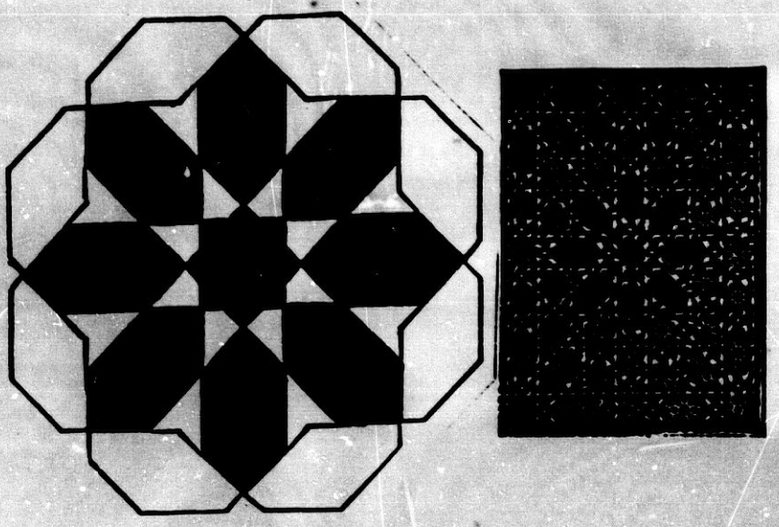
Una vez analizadas las posibles maneras de realizar un mosaico, estudiamos la estructura modular de algunas composiciones modulares complejas que encontramos en la Alhambra, intentando descubrir su abigarrado contenido geométrico.

Salón de Embajadores

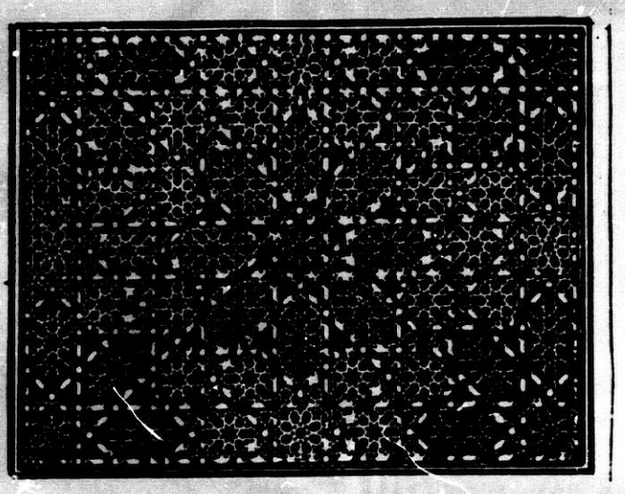


Al encontrar este mosaico nos admiramos de la complejidad de sus formas

En la zona central aparece una flor inscrita en una estrella de 8 puntas cuyo origen es la superposicion de dos redes de octógonos y estrellas de 4 puntas, a la que se han eliminado las lineas externas y y a la flor resultante se le ha inscrito en una estrella de 8 puntas de primer orden.

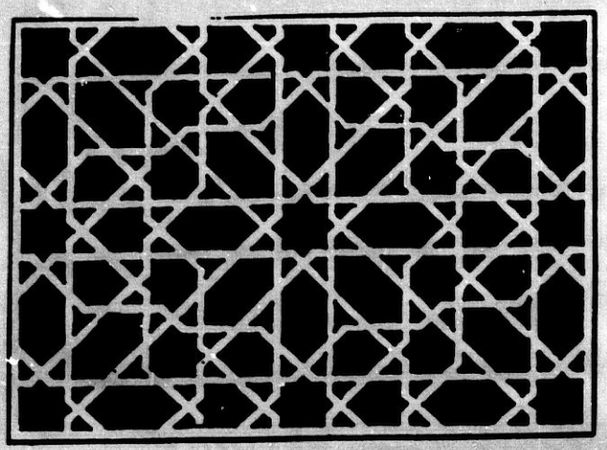


Utilizando la superposición floral de varias estrellas, opacas unas y transparentes otras, con dispersiones y desplazamientos

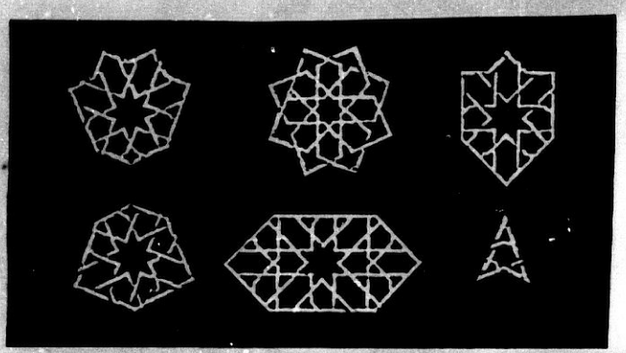


y limitando la composición con un rectángulo aureo obtenemos el dibujo básico.

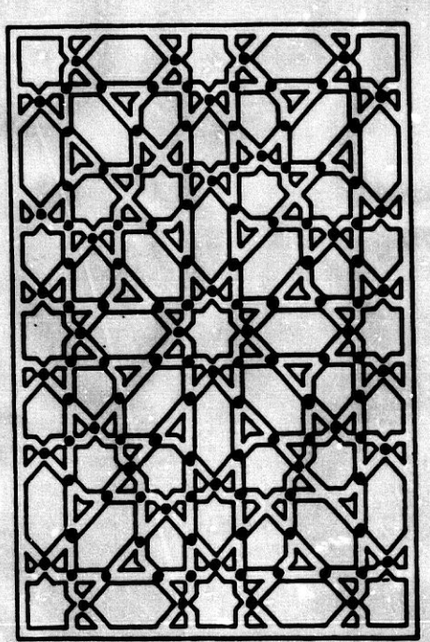
Si a esta composición le realizamos una separación teselar. aparecen calles separadoras.



Volvemos a teselar el sino central de la composición con una flor y las teselas auxiliares con fragmentos de la misma flor



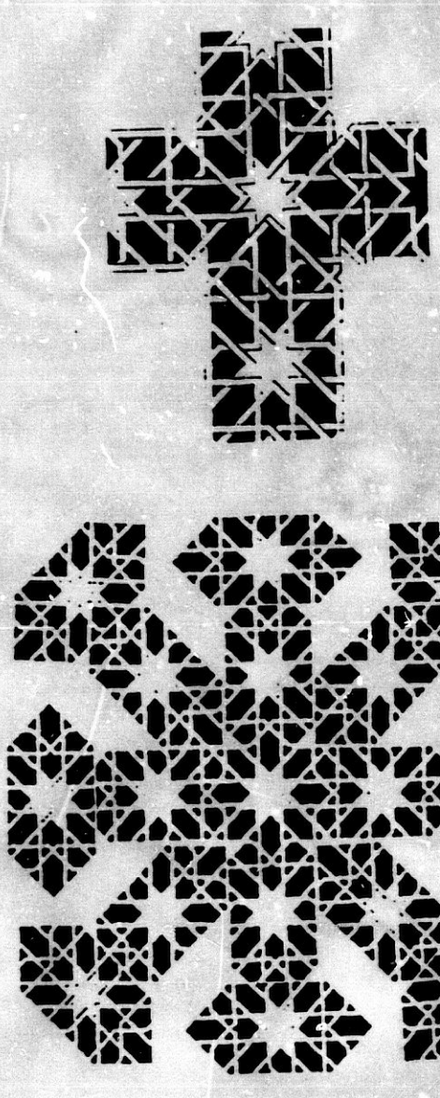
y situamos en cada cruce de calles los sinos de esta última flor, el mosaico queda descifrado.



Es casi increible que una figura tan simple como el octógono, nos puede llevar a un entramado tan complejo.

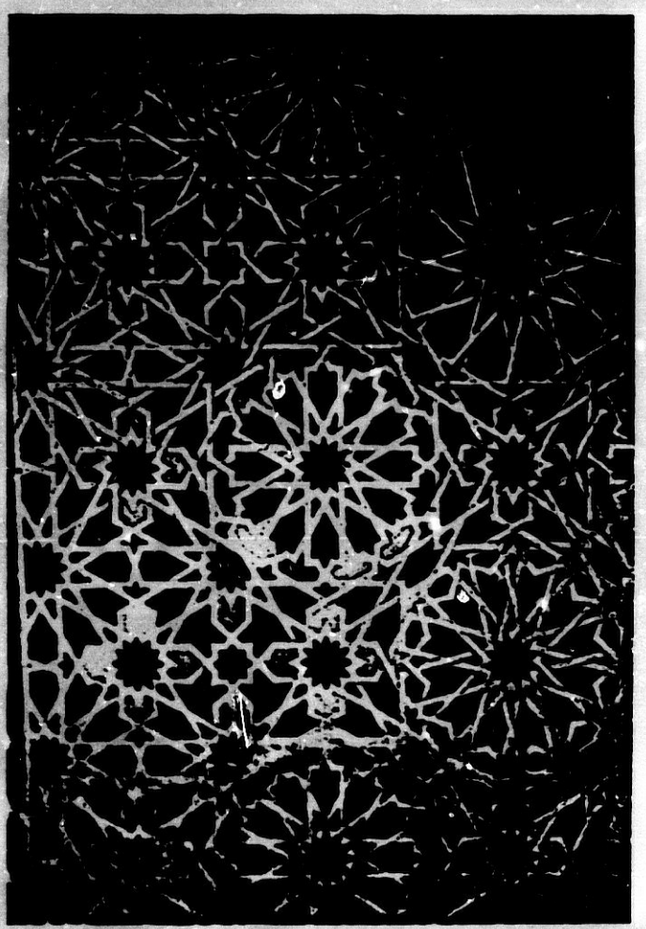
(Las transparencias que se adjuntan nos ayudan a comprender mejor todo lo expuesto)

Recreación compositiva de dicho mosaico

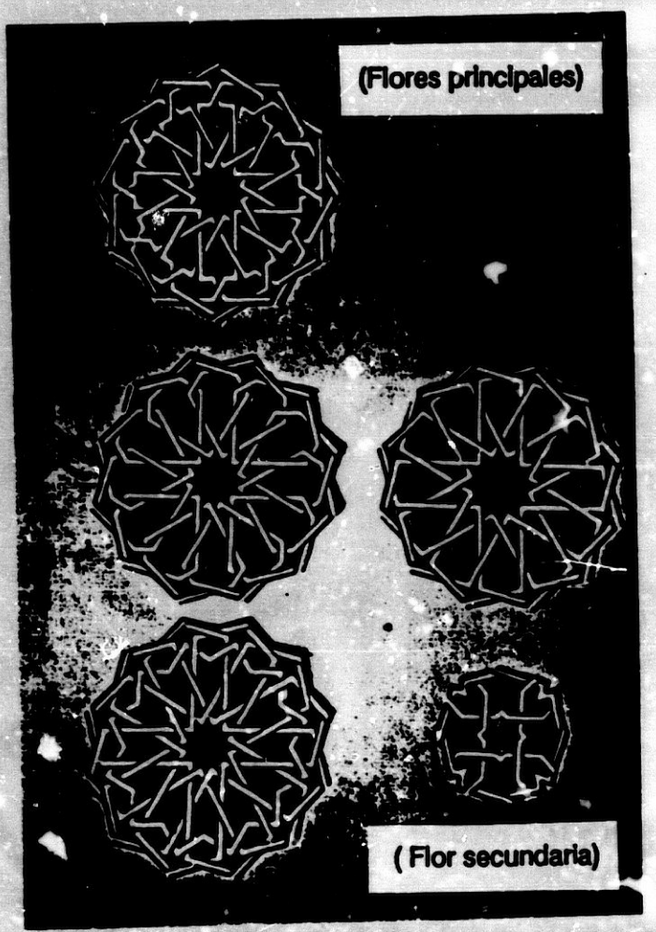


Pavimento del Tocador de la Sultana

Lo que aparece a simple vista son varias flores de gran tamaño y una pequeña que las une.



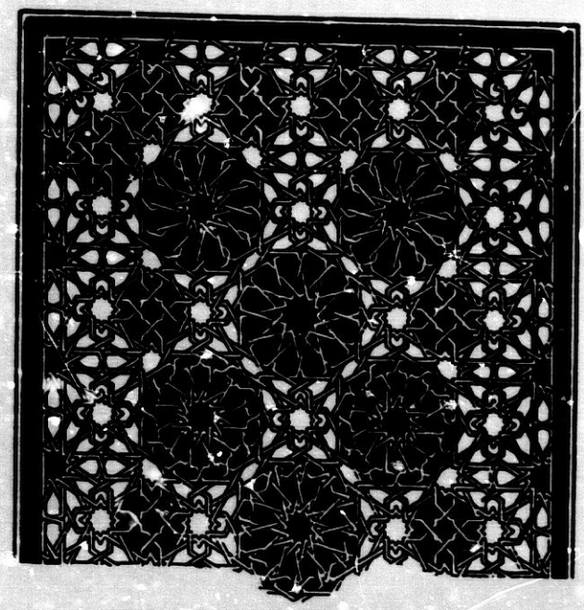
Tres de las mayores tienen el mismo sino central y las calles generadoras son de la misma anchura y otra de diferente amplitud. Pero la silueta que las limita es la misma ,una estrella de 12 puntas de primer orden.

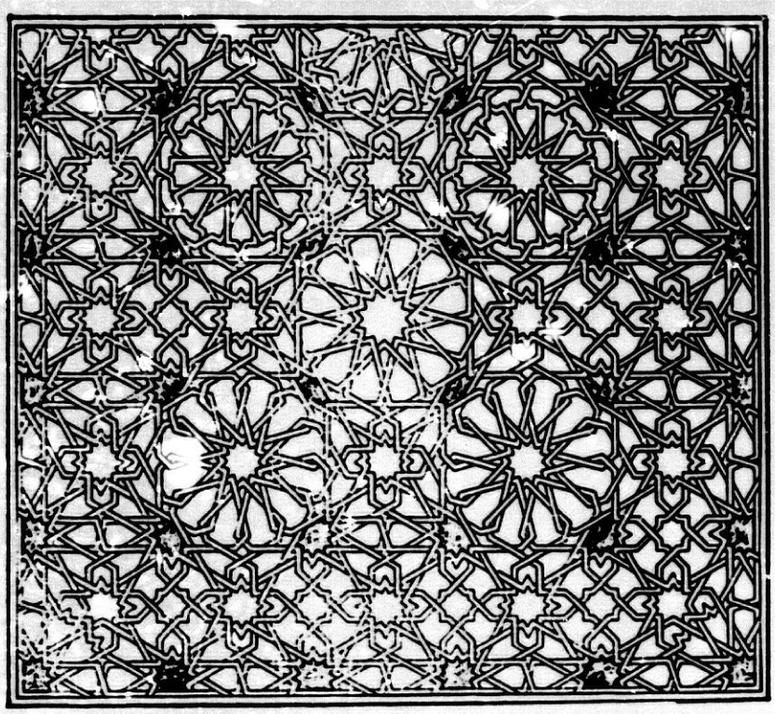


Las calles de la pequeña son de la misma medida que las de las de las tres primeras pero esta flor solo cuenta con 4 radios y su sino es una estrella de 8 puntas.

Pero los demás elementos de la composición ,¿de donde salen?

Si observamos los bordes del mosaico, encontramos otra nueva flor,a medias, como escondida, dandole protagonismo a las primeras pero sirviendo de entramado a toda la escena.

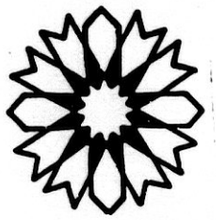




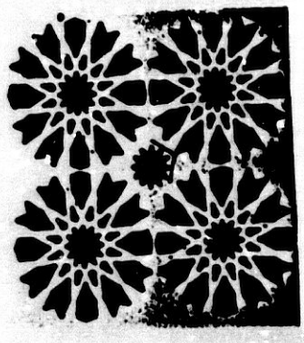
(Sinos escondidos del entramado básico)

Si componemos con ella un pliego por simple acoplamiento e incorporamos nuevos sinos a los espacios sin cubrir

y sobre éste superponemos las anteriores encontramos la composición.

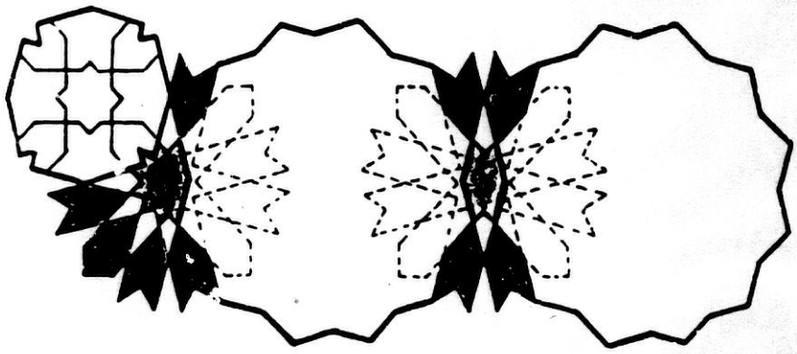


(Flor básica)

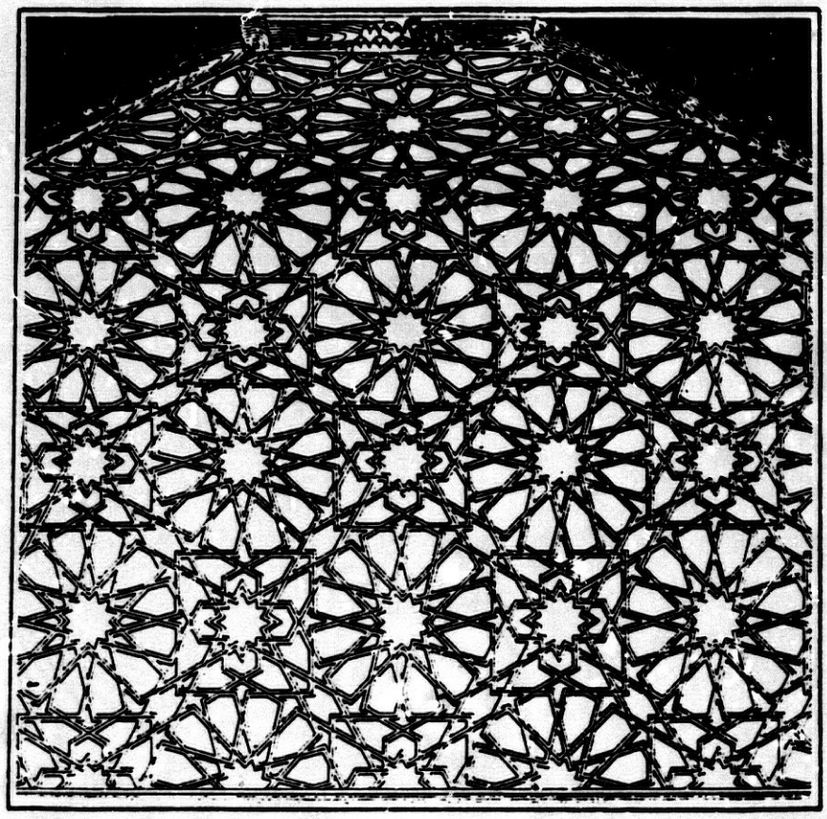


(Acoplamiento de 4 flores básicas)

Este dibujo nos puede dar la explicación gráfica de las teselas tan diferentes que aparecen como resultado de superposiciones florales.

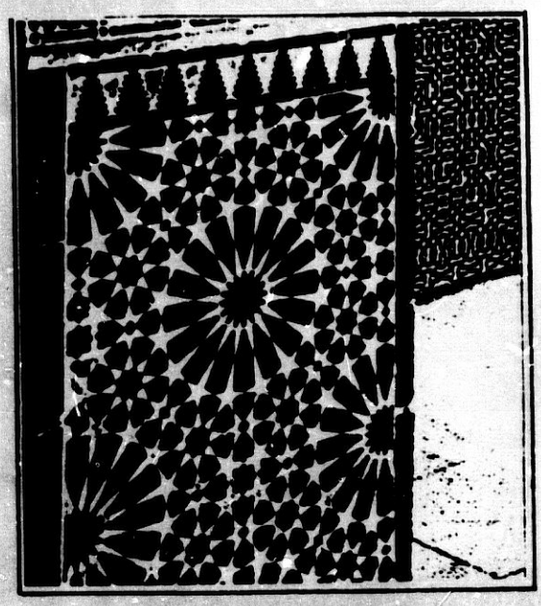


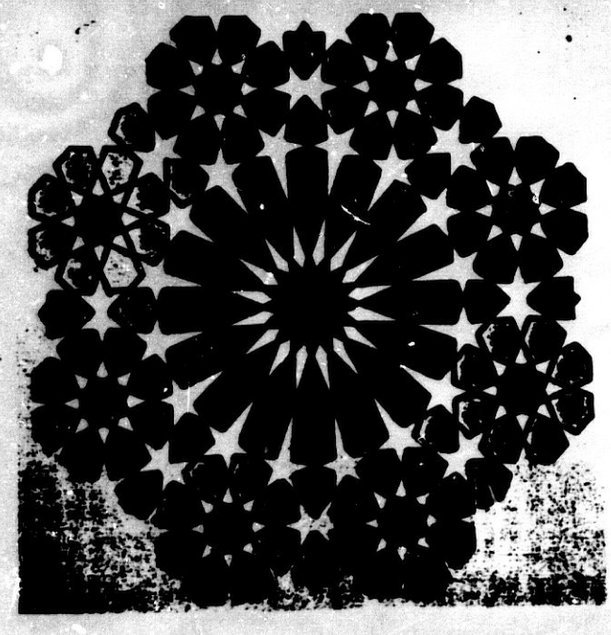
En la cúpula del Salon Dorado encontramos la base de este mosaico.



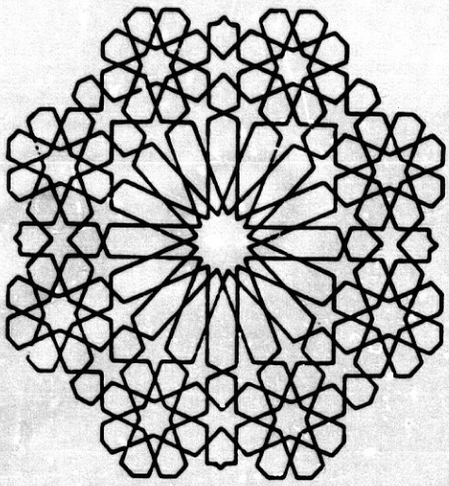
Mosaico de la ventana norte del Salón Dorado

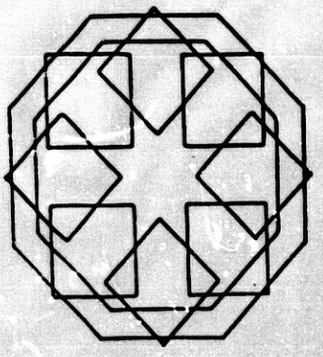
Partimos del mosaico ya mencionado anteriormente y que conocemos como El Mirador de Lindajara .



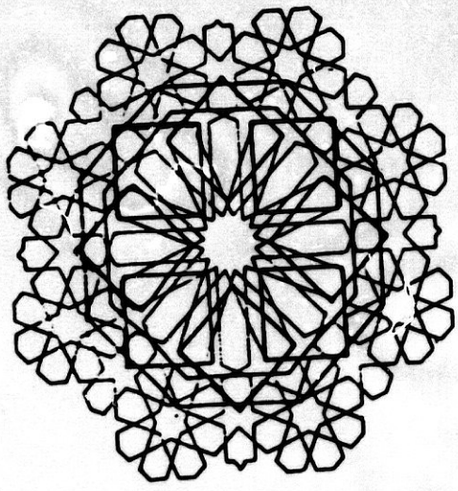


Si a la flor central la sustituimos por otra, procedente de la superposición de ella con otra flor de estas características...

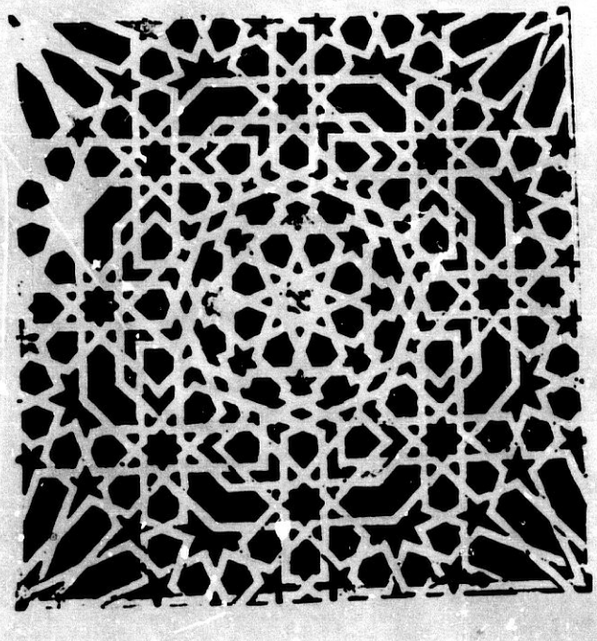




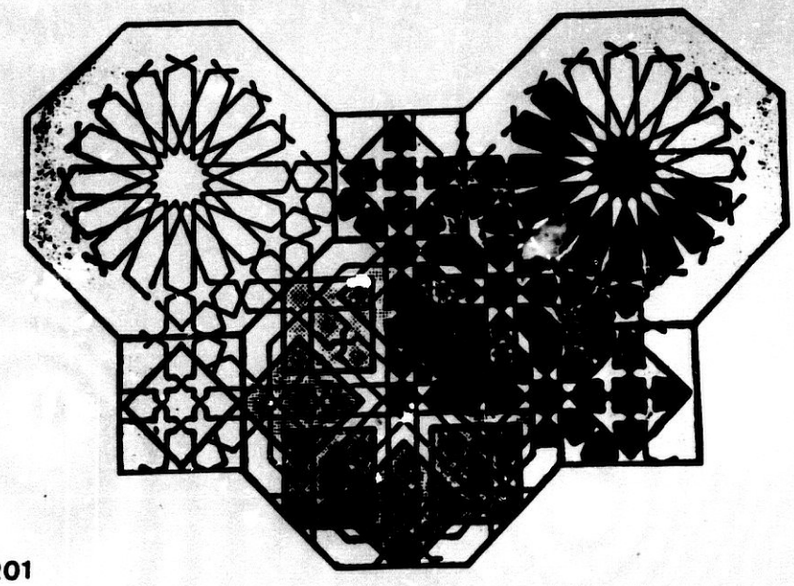
... podremos obtener...



... y que nos daría un mosaico al que solo bastarían , eliminar algunas lineas, para conseguir el mosaico de la ventana norte del Salón Dorado.

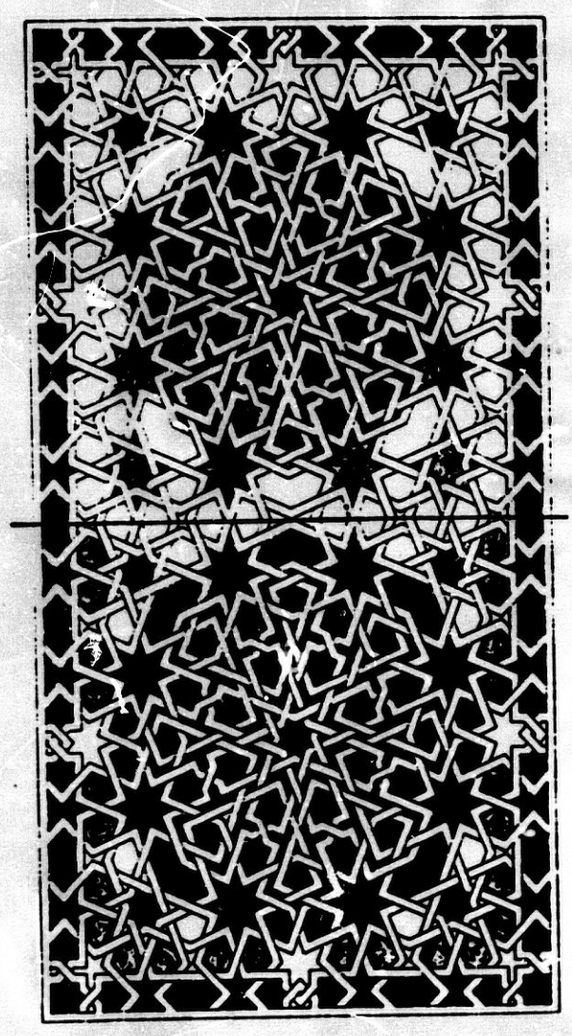


Bajo este entramado podemos observar la red de octógonos y cuadrados que lo sustenta.



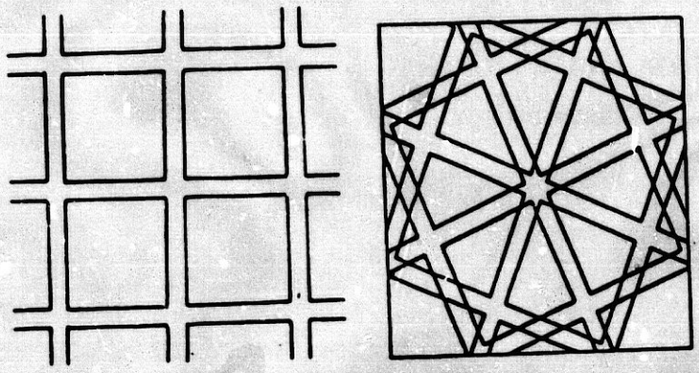
Pared norte del Patio de los Leones

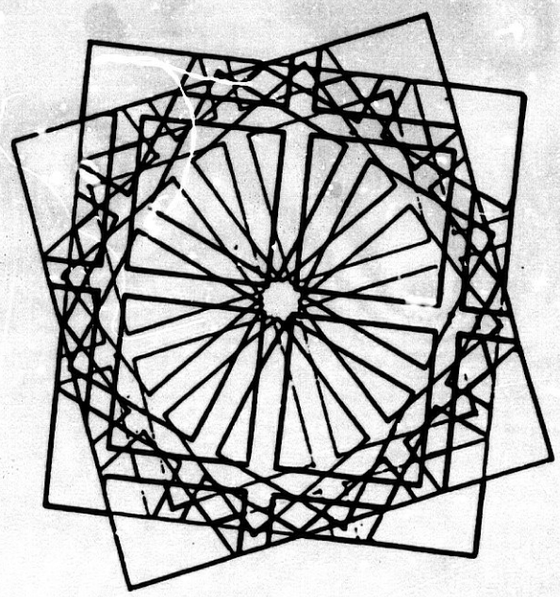
Es una variante del anterior solo que contiene una base de flores de 8 radios que seccionadas y agrupadas dejan al descubierto los sinos de las que proceden



En la zona central se le ha superpuesto una flor similar a la flor central del anterior mosaico del Salón dorado.

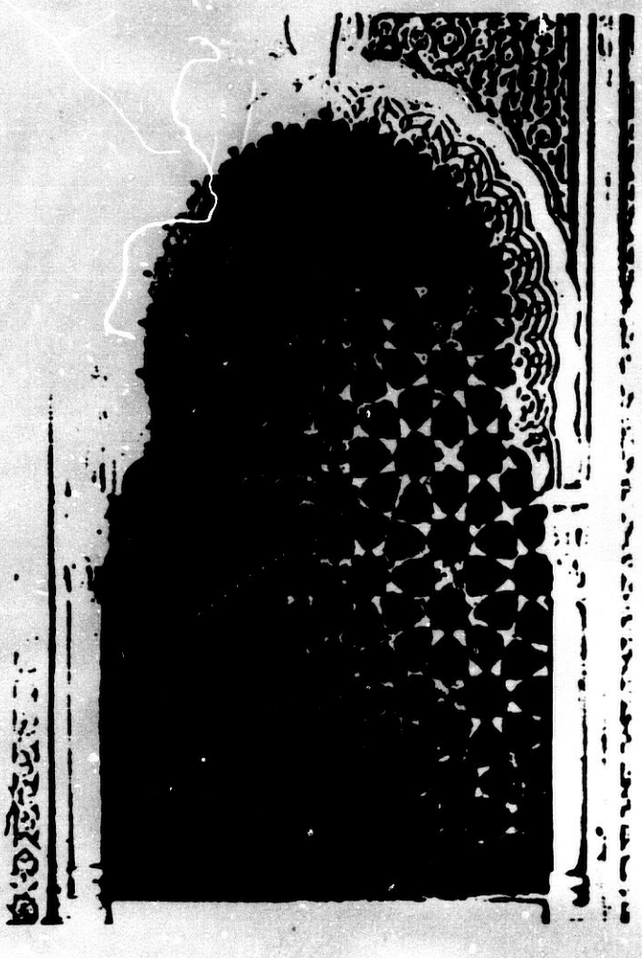
La superposición de varias cuadrículas , separada por calles nos da también una idea de como pudo haberse compuesto la flor central de estos dos mosaicos.



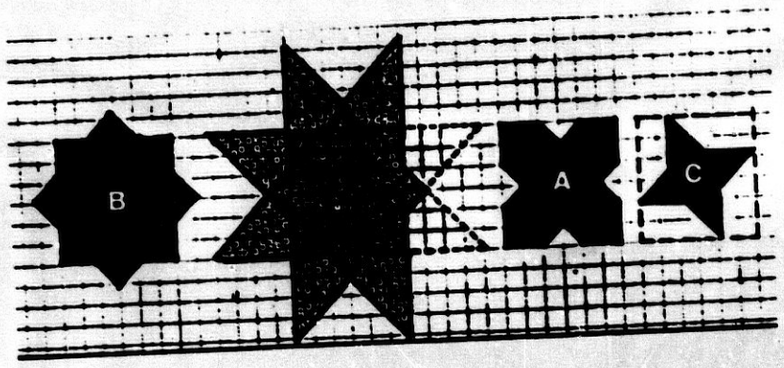


Hornacina de la entrada del Salón de la Barca

La simplicidad y complejidad de este mosaico me ha llamado siempre la atención , siempre que he visitado la Alhambra.

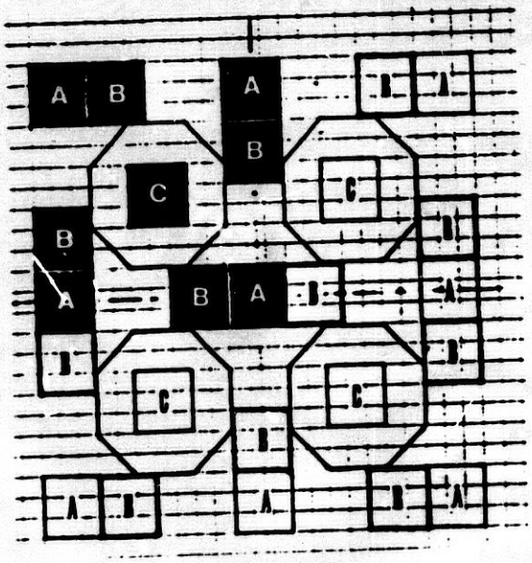


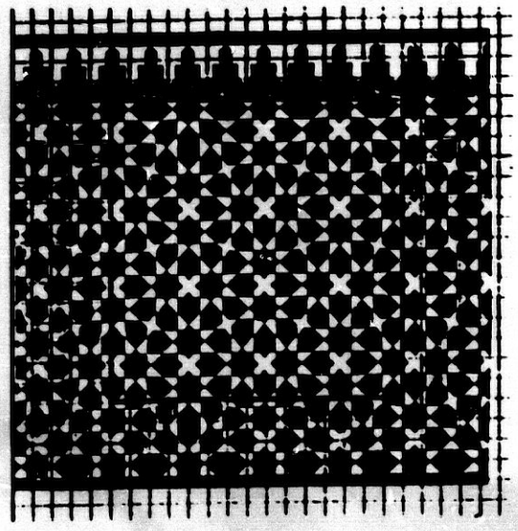
Para su estudio he dibujado una serie de teselas regulares afines entre si A,B, y C



Observemos como la tesela C está distribuida de forma cuadrangular dentro de octógonos, que a su vez estan inscritos en cuadrados.

En cada uno de sus vértices aparecen las teselas A.





Por último , girando alrededor del centro y adosadas a A aparecen las teselas B.

La utilización de simetrías nos da gran parte de la composición y solo nos resta incorporar en los espacios restantes una nueva tesela por prolongación de las puntas de la estrella de 8 puntas que nombramos con la letra B.

El **giro** y la **simetría axial** han sido los protagonistas de esta creación artística.

CONCLUSIONES

Los objetivos fundamentales de esta tesis doctoral eran dos:

1º) Encontrar un camino fácil para interpretar la construcción de las formas geométricas que componen los dibujos islámicos y que aparecen componiendo modularmente azulejos y lacerías.

2º) Marcar un camino para la consecución de nuevas formas decorativas, aplicables al Diseño Gráfico, basadas en nuestras raíces culturales andaluzas.

El primero de los objetivos, aparece cumplido, al realizar el estudio de artesonados y azulejos de Granada y Córdoba, en los que las Arquitecturas y Decoraciones de culturas posteriores (Mudejar, Renacentista, Barroca, Neoclásica...) se basaron para darles la personalidad y el gusto de la época.

La superposición de figuras geométricas simples es la clave de toda composición. El empleo de plantillas, acoplamientos, superposiciones opacas y transparentes, lógicamente al alcance de los diseñadores de la época, son la clave de esos laberintos geométricos.

El segundo objetivo era el de sembrar una nueva inquietud en el diseñador andaluz para que no se limite a copiar los dibujos geométricos creados por los tracistas musulmanes, sino que, basándose en sus aportaciones artísticas, las transformen y creen nuevas formas. Ellas nos servirán para múltiples aplicaciones decorativas: Rejas, puertas, artesonados, celosías, mosaicos y solerías, así como encajes, bordados, cerámicas, joyería, estampados de telas y un sin fín de aplicaciones. Con ellas conseguir un diseño, con una personalidad propia, que bién podría llamarse: **diseño granadino.**

Sería un proyecto ambicioso y que con un buen equipo de profesionales del Diseño Gráfico, llevaría el nombre de nuestra capital a los mercados internacionales del diseño.

Termino finalmente con un pequeño poema, que dé un humilde toque de alarma a las inquietudes de nuestros nuevos diseñadores para que, cambiando una sola letra, se conviertan en "**diso**ñadores".

El arte que olvida sus raíces,
es arte que se condena al olvido.
Aquel arte que no sueña despierto,
es un arte dormido,
para acabar, como vulgarmente se dice,
en "arte muerto".

BIBLIOGRAFÍA DE CITAS

Gadner,Martín **Nuevos pasatiempos matemáticos** .Ed.Alianza Madrid 1981.

Gerstner,Karl. **Las formas del color.** Ed. Hermann Blume. Madrid 1988.

Munari, Bruno. **Diseño y comunicación visual.** Ed. Gustavo Gili S.A.,B elona. 1979.

Nuere, E. **La carpintería de armar española.**Ministerio de Cultura. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales Madrid 1989

Pavón Maldonado,Basilio. **El Arte Hispano-Musulmán en su Decoración Geométrica .** M.A.E. Agencia Española de Cooperación Internacional. Instituto de Cooperación con el Mundo Árabe . Madrid 1989 .

Prieto Vives. **El Arte de la Lacería .** Colegio de Ingenieros de Canales Caminos y Puertos . Madrid 1977.

Perez Sordo, Mª Teresa / Nestares Pleguezuelo,Pablo. **Tramas geométricas en la decoración cerámica de la Alhambra.** Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada. 1990.

Ostwald,Wilhelm . **Harmonie der formen.** Ed. Unespa .Leipzig 1922.

Nota: En el texto de la tesis el signo * indica nota de cita