

**“Las artes digitales como herramientas de apoyo  
para promover el desarrollo de habilidades de  
pensamiento lógico matemático  
en niños del primer ciclo de básica primaria”**

**Juan Diego Correa Blair**

---

Asesor: Antonio Escamilla Pinilla, M.Sc.

---

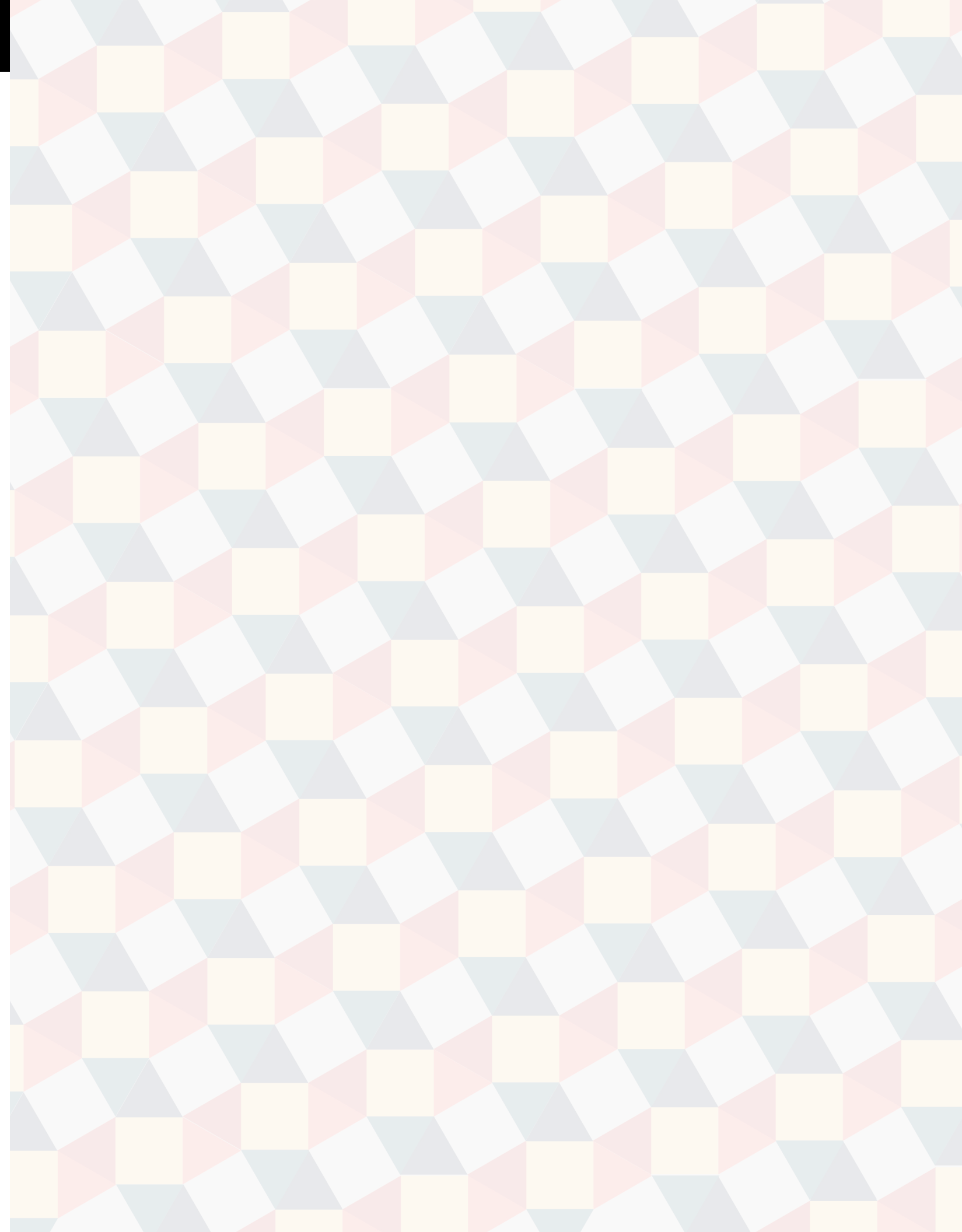
**Maestría en Artes Digitales**

Instituto Tecnológico Metropolitano

Facultad de Artes y Humanidades

Medellín

2018



# {Agradecimientos}

---

A los profesores y compañeros de la Facultad de Artes y Humanidades y de la Maestría en Artes Digitales del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín.

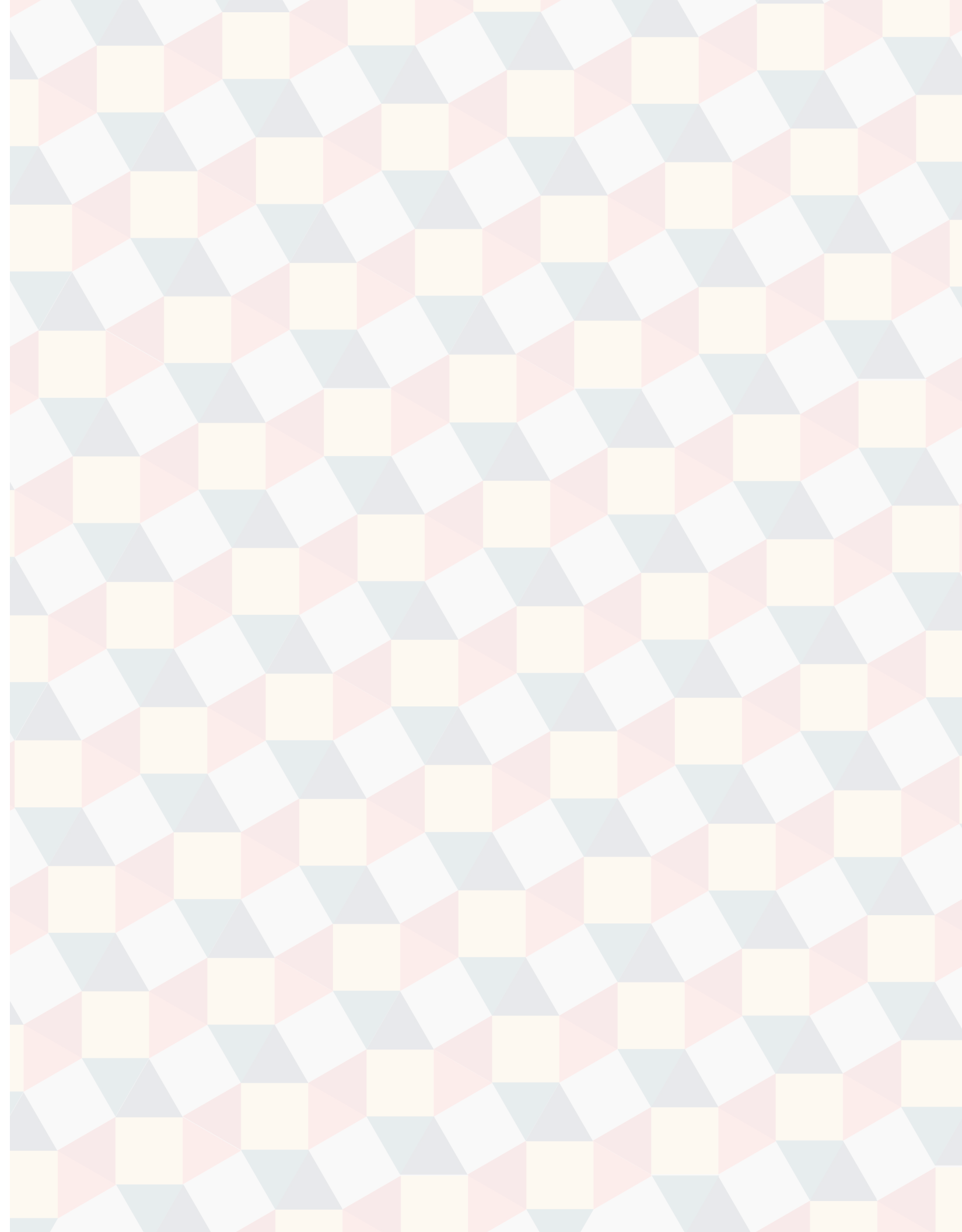
A Antonio Escamilla, asesor del proyecto, que con sus valiosos aportes dio forma a este trabajo de investigación.

## {Dedicatoria}

---

*A mis Padres, a quienes debo cuanto soy.*

*A Isabel, por su amor.*



# { Introducción }

---

La bitácora o diario de campo es un instrumento fundamental para el investigador, es un documento que da cuenta del proceso de indagación, así como los pasos que debieron darse para el desarrollo de un trabajo investigativo.

El presente texto es ese diario de campo. En sus páginas puede encontrarse toda la documentación del proceso llevado a cabo para crear una obra digital interactiva basada en un referente artístico, que tiene como finalidad fomentar el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico matemático en niños de primer ciclo de básica primaria. Parte de una idea, una motivación, y un propósito que llevan a plantear un problema real en el aula de clases, hasta llegar a una propuesta y desarrollo de una solución desde el arte digital. El compendio de más de un año de trabajo.

Aquí se encontrará el insumo de la investigación: datos, referentes, artistas, herramientas, relaciones arte – matemática, sucesos, desarrollos, diseños, reflexiones, y por supuesto, las conclusiones de la participación de los niños en una experiencia estimulante, interactiva y novedosa para el desarrollo de las mencionadas habilidades.

En esta bitácora se lee en primer lugar la propuesta de investigación, en la cual a partir de un problema detectado, se plantea una intervención desde el arte digital con el fin de aportar soluciones atractivas e innovadoras en asuntos relacionados con el desarrollo de habilidades lógico matemáticas en niños que comienzan su camino en el mundo del conocimiento. En esta primera sección se justifica el problema, se redactan objetivos, y se plantea la metodología que permite desde el arte responder a los propósitos enunciados.

La definición de las habilidades básicas de pensamiento lógico matemático es vital para entender cómo el niño percibe el entorno que lo rodea y cómo este se aproxima a los primeros conceptos en el tema. Habilidades como la observación, la comparación, la relación y la clasificación son explicadas en la segunda sección de esta bitácora; así como los materiales actuales utilizados para promover dichas destrezas. Es aquí donde una herramienta interactiva basada en el arte digital puede ser de utilidad en estos procesos, que ante todo, deben ser llamativos para los niños.

La tercera sección trata de una conocida relación entre el arte y las matemáticas: *la proporción áurea*, dicha proporción, utilizada en gran cantidad de obras, permite constatar esa oculta, pero presente comunión entre ambas disciplinas. De la curiosidad y el interés del autor por la *razón de oro*, parten las motivaciones en indagar acerca de la presencia de la matemática en el arte, y cómo este último podría ser utilizado para desarrollar las habilidades lógicas en los primeros niveles de la infancia. Este simple hecho, esa pulsión, esa inquietud, justifica la aparición de este tema dentro del diario de campo. En honor a esta gran *relación*, la composición y diagramación de esta bitácora fue realizada con los cánones de los rectángulos áureos.

Hace parte de los objetivos de esta investigación encontrar referentes artísticos que evidencien y describan la relación entre arte y matemática, y a partir de ellos realizar una propuesta visual para una colección de tres obras digitales interactivas que pretenden cumplir con el objetivo principal. En la cuarta sección de esta bitácora se aborda este particular, explorando tres referentes artísticos, que ya sea por la geometría de su obra, o por la complejidad en simetrías y transformaciones, permiten visualizar en su propuesta artística hechos matemáticos de gran belleza. Los mosaicos y teselaciones de M.C. Escher, la genialidad geométrica y matemática de los artistas musulmanes, así como las simples y primitivas figuras de Piet Mondrian son expuestas y analizadas, y sirven como referente visual para las obras presentadas a los niños.

La quinta sección trata de temas técnicos: *el desarrollo de la interfaz*. Mediante la adaptación de la metodología de Ulrich y Eppinger (2013) para el diseño y desarrollo de productos, se realizan una serie de actividades por fases para el diseño de la experiencia a presentarse a los niños. Partiendo de una motivación y una necesidad (que es evidenciada en entrevistas hechas a docentes del primer ciclo) se definen problemas y soluciones que van enfocados a encontrar la forma más óptima de interacción con la obra, el lenguaje de programación, librerías, y detalles adicionales para el desarrollo tanto del software como de la instalación interactiva.

La sexta sección de esta bitácora documenta el proceso de diseño de la obra interactiva a partir de los referentes artísticos. Cada una de las tres obras está orientada a promover habilidades antes mencionadas a nivel de observación, comparación, relación y clasificación; y para ello se diseñaron ejercicios que permiten que el niño trabaje en dichas capacidades. Para cada experiencia se presenta el propósito de la actividad, los requisitos para el diseño en términos de usabilidad e interacción, la interfaz gráfica de usuario, ayudas, instalación y descripción detallada del funcionamiento.

La séptima y última sección registra el proceso de evaluación del uso de las obras interactivas por parte de los niños. Se describen las condiciones en las que se realizaron las pruebas, la respuesta de los mismos ante la experiencia, las evidencias, aspectos por mejorar, trabajo futuro y las conclusiones finales de esta investigación.

Al final de cada sección se presentan los referentes utilizados en la construcción de la misma. Dichos referentes provienen de diferentes fuentes, artículos, libros, libros de texto y videos. Los textos de conceptualización en algún tema, son producto del proceso de pesquisa y síntesis del autor de las múltiples fuentes citadas.


## { Además en esta bitácora se encontrará }

---

### { Textos de reflexión }

Antes de iniciar cada sección, un texto personal y reflexivo es presentado al lector. En él se exponen y se analizan hechos que van en pro de dar soporte conceptual a la investigación, y que tienen que ver con la relación arte – matemáticas, y la obra de arte en correspondencia con los medios digitales. Los textos son presentados en un lenguaje que permite la comprensión y que busca despertar el interés en el tema tratado.

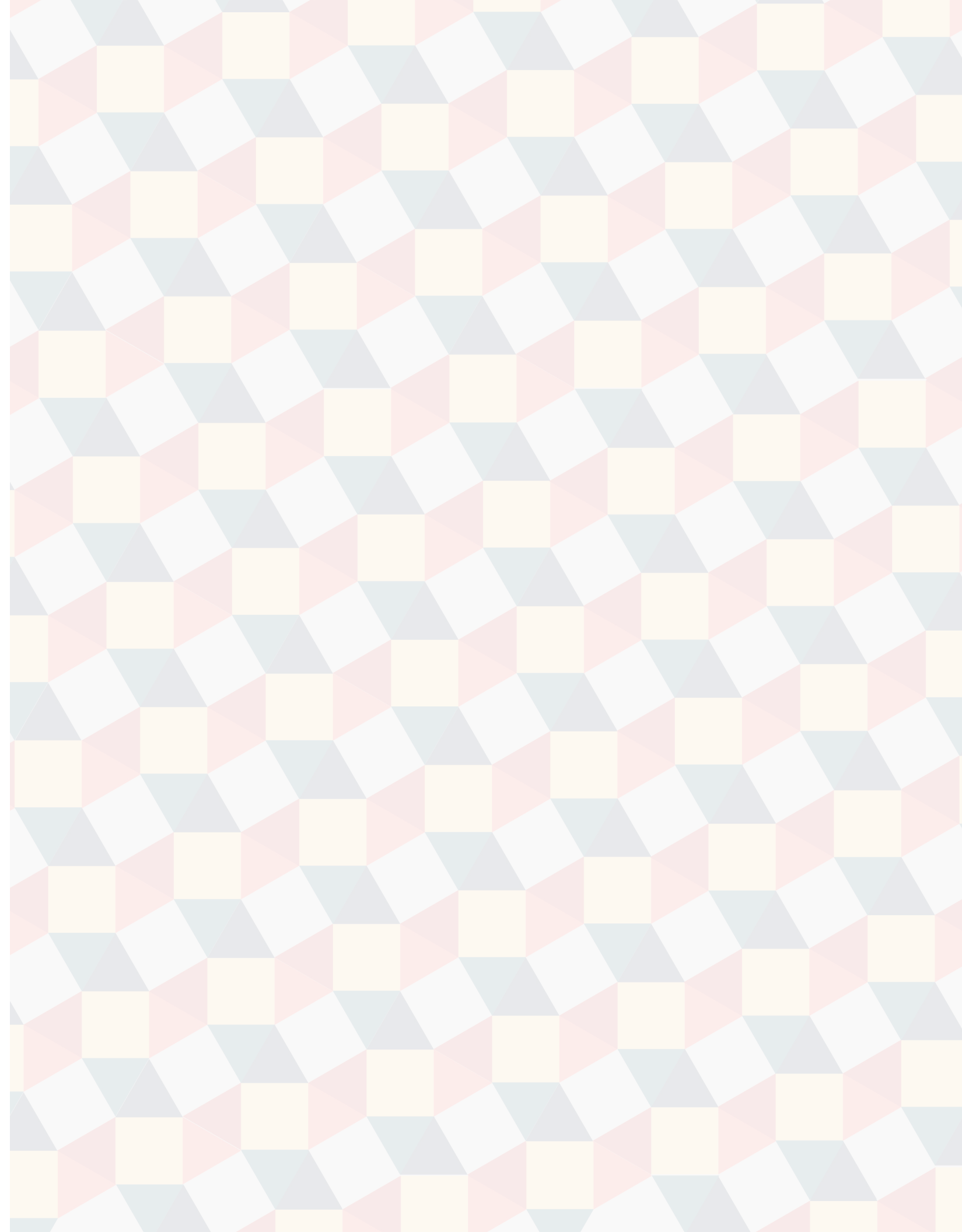
### { Imágenes y videos }

La bitácora está acompañada de un buen número de gráficos e ilustraciones, y que a excepción de las obras de arte, son manufactura del autor. En las secciones de “Referencias”, así como la de “Diseño de la interfaz” y “Diseño de la obra” se acompaña el proceso con registro de video realizado por el mismo autor, y que consiste en animaciones o video-capturas de pantalla en las cuales se describe la funcionalidad de la obra. Todos los videos se encuentran disponibles en el canal de YouTube (Juan Diego Correa Blair), y pueden ser accedidos bien sea copiando la dirección del enlace en un navegador web, o dando click en el icono . Igualmente, en la sección de “Evaluación de la obra” se presentan videos acelerados o tipo *time lapse* de algunos momentos importantes ocurridos durante la experiencia. Por cuestiones de duración y peso del material, se exhiben solo fragmentos que logran evidenciar lo acontecido en el lugar.

# {Contenidos}

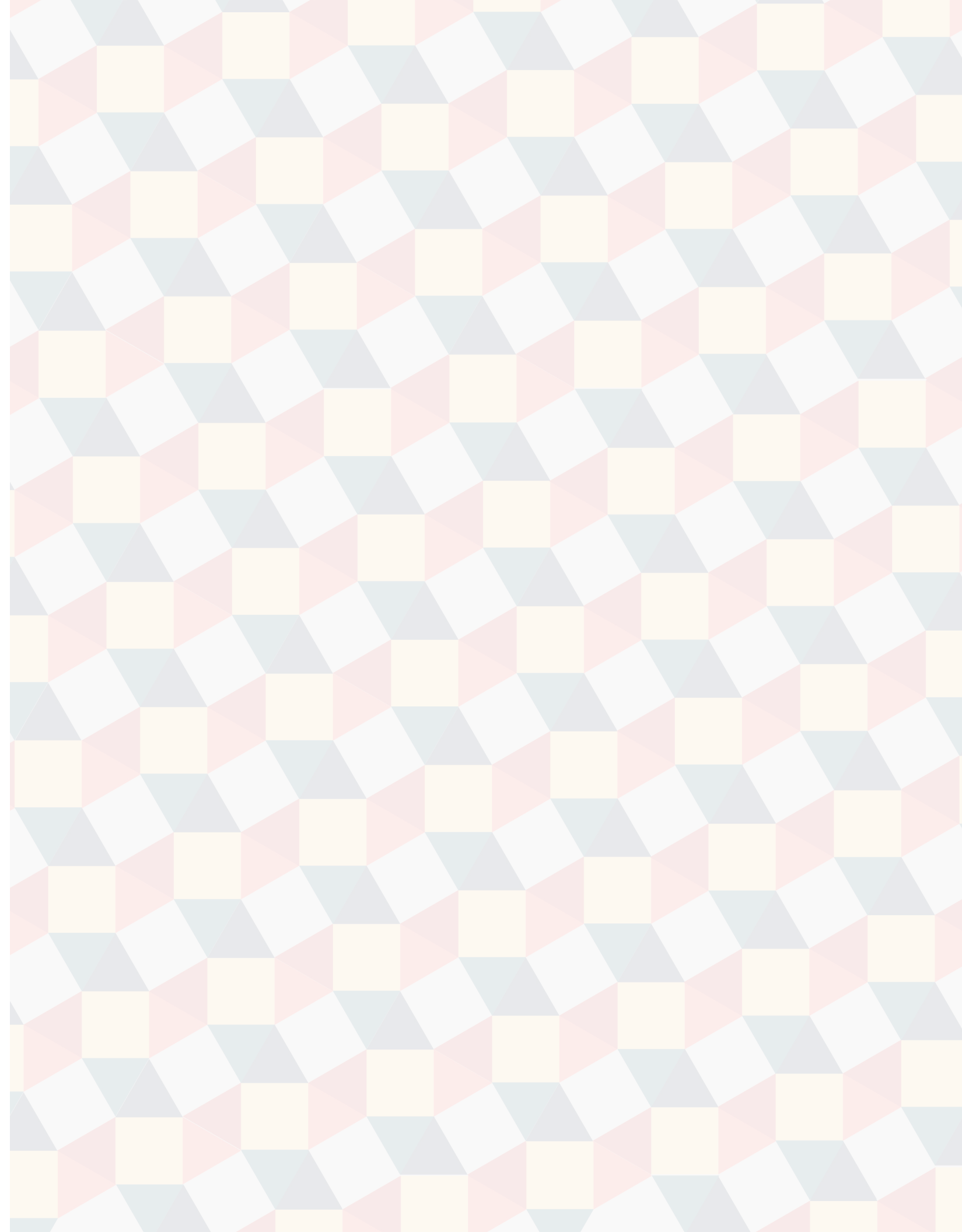
---

1. Propuesta de investigación
2. Habilidades lógico - matemáticas
3. Relación arte - matemáticas
4. Referentes artísticos
5. Diseño de la interfaz
6. Diseño de la obra de arte digital
7. Evaluación de la obra
8. Referencias



# {1. Propuesta de investigación}

---



# { Resumen }

El presente estudio, busca centrar la mirada en los procesos de formación inicial que se tienen a nivel educativo para promover el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico-matemático, y a partir de ellos desarrollar una herramienta de arte digital que sirva como apoyo para dinamizar y motivar dicho desarrollo en estudiantes del primer ciclo de básica primaria.

El fin del mismo pretende a través de la herramienta, ofrecer alternativas didácticas que impacten en los estudiantes como una opción para mejorar la experiencia en la consecución de pensamiento, y en particular del lógico-matemático, porque la deserción escolar, la desmotivación académica y los bajos niveles estadísticos en el área, son el horizonte que muestra nuestro sistema educativo en lo regional y nacional. Dichos datos son un referente de estudio que requiere de estrategias llamativas e innovadoras aprovechando el interés tecnológico y

digital que el medio actual nos brinda a generaciones nuevas y antiguas.

Es relevante realizar el estudio en la ciudad, porque hasta el momento según la búsqueda de antecedentes, no se encuentran datos o informes de procesos similares. Se justifica su implementación ya que serviría de apoyo a los procesos pedagógicos locales.

**¿Cómo una herramienta de arte digital puede promover el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico-matemático en niños de primer ciclo de básica primaria?**

# { Problemática }

El pensamiento lógico matemático a diferencia de lo que piensa la generalidad, es mucho más que un simple conteo numérico, el desarrollo de este pensamiento permea todas las áreas del ser humano y nos faculta para interactuar en el mundo de manera pertinente, autónoma, creativa y dinámica; por tanto, el no fomentarlo desde las primeras edades de forma adecuada, limita el modo cómo nos desenvolvemos y relacionamos en un contexto escolar

y social. Es por esto, que debe ser relevante centrar la mirada en los procesos de formación inicial y recurrir a lo que nos ofrece el medio actual a través de las artes digitales, para dinamizar el desarrollo de esta forma de pensamiento y cambiar el paradigma reduccionista, poco llamativo, difícil y hasta tedioso con el que se ha mirado y que ha tenido hasta el momento el aprendizaje matemático.

# { Objetivo General }

Diseñar una herramienta didáctica de arte digital para el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico matemático en estudiantes del primer ciclo de básica primaria.

# { Objetivos Específicos }

Describir la relación existente entre el arte y las matemáticas, y buscar referentes artísticos apropiados que exploten esta relación, con el fin de proponer una obra de arte digital e interactiva que motive el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico matemático en estudiantes de primer ciclo de básica primaria.

Diseñar una interfaz multimedial que permita a los niños comunicarse e interactuar con la obra de arte digital mediante movimientos corporales capturados por un dispositivo sensor.

Evaluar cualitativamente el uso de la herramienta de arte digital mediante la instalación de una experiencia interactiva y la relación de esta con los niños.

**Se evidencia la necesidad de buscar alternativas para mejorar la experiencia en la consecución de pensamiento, y en particular del lógico-matemático. En la actualidad es una situación innegable que un número representativo de estudiantes muestran desmotivación escolar y que sea cada vez más común la deserción y la inadaptación social, por consiguiente, es en los primeros años donde se tiene la oportunidad de ofrecer una experiencia relevante de proyección y futuro.**

# { Contexto }

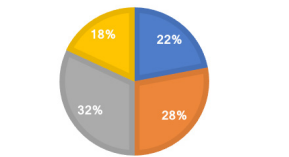
Estamos viviendo una era enmarcada en el predominio digital que permea todas las esferas del ser humano, es por esto que la escuela no puede quedarse relegada ante dicho auge transformador. El acceso a este nuevo paradigma es sustancial para ser parte de la civilización de nuestro tiempo, porque las nuevas generaciones reclaman, muestran y desean ser formados

bajo ese lenguaje tecnológico que les permite entender y afrontar no solo a la sociedad, sino al conocimiento mismo. Sin embargo, nuestros modelos educativos evolucionan de manera lenta y siguen desconociendo o temiendo a la nueva manera de aprender y promover el desarrollo del pensamiento.

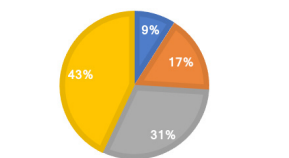
# { Justificación }

En la ciudad de Medellín, y en general, en todo el departamento de Antioquia; el rendimiento en las Pruebas Saber en el campo de las matemáticas en los niveles primaria, básica y media ha sido predominantemente inferior

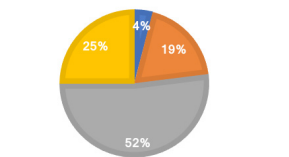
RESULTADOS SABER PRO 3º GRADO (2013 - 2015) (MEDELLÍN Y ANTIOQUIA)



RESULTADOS SABER PRO 5º GRADO (2013 - 2015) (MEDELLÍN Y ANTIOQUIA)



RESULTADOS SABER PRO 9º GRADO (2013 - 2015) (MEDELLÍN Y ANTIOQUIA)



Porcentaje de estudiantes por nivel de desempeño en matemáticas en Medellín y Antioquia. Recuperado de: <http://antioquia.gov.co/index.php/component/k2/item/565-resultados-pruebas-saber-3-5-y-9-en-antioquia-y-medellin>

Objetivos

Dado el escenario de resultados porcentuales relevantes que ofrece la actual formación desde el saber matemático en la ciudad y el país, es inexcusable explorar otros mecanismos de ambientación para que el aprendizaje con sentido lleve a promover el desarrollo de habilidades lógico matemáticas, inicialmente en niños que cursan el primer ciclo de básica primaria, pues si la base no es sólida, no es posible esperar que se consoliden estructuras mentales superiores en nuestros estudiantes. Por consiguiente, los contenidos digitales, y en este caso, las artes digitales; pueden ofrecer un incentivo para que los infantes puedan acceder a herramientas que permitan desarrollar habilidades de pensamiento matemático de manera llamativa, estimulante, divertida, lúdica y sobre todo significativa.

**{ Participantes }**

La muestra será representada por estudiantes pertenecientes al primer ciclo de básica primaria de una institución de la ciudad que deseen participar, o se podrá establecer una muestra dirigida, pero ésta se determinará después de realizar la inmersión inicial.

**{ Observación }**

Permitirá captar el ambiente, los detalles y las circunstancias emanadas para ir construyendo el esquema situacional según el medio donde se ejecute el estudio. Los períodos de observación serán abiertos y la habilidad para descifrar las condiciones y comprender conductas primarán en el investigador.

**{ Entrevistas }**

Facultarán el intercambio de información, construcción de significados y experiencias para adentrarse al objeto de estudio de manera abierta y natural; por consiguiente, el proceso mismo debe ser flexible, neutral y libre.

**{ Descripción densa }**

Parte de la observación y busca descifrar el sentido de lo visto a partir del contexto. Dicha práctica permite delinear, dibujar y pormenorizar la realidad tal cual se da. A partir de la descripción densa se puede tener un registro minucioso del lenguaje, no verbal y contextual del objeto de estudio.

**{ Bitácora }**

Como herramienta, certifica el proceso de análisis que el investigador ejecuta en su estudio garantizando la validez y confiabilidad del mismo porque la reflexión, los interrogantes, los conceptos, las observaciones y comparaciones son los insumos que procuran evitar el sesgo y consolidan la argumentación, intención y finalidad del estudio.

La propuesta para el desarrollo del estudio se encuentra enmarcada en la **investigación en el arte** (investigación / creación), la cual puede ser abordada desde diferentes perspectivas: en, desde y para el arte. En este caso, se hablará de investigación para el arte en donde la creación de una herramienta desde el código hasta llegar a la interfaz, permitirá concebir una obra de arte digital para **motivar** el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico matemático en niños de primer ciclo de básica primaria.

**{ Tipo de Investigación }**

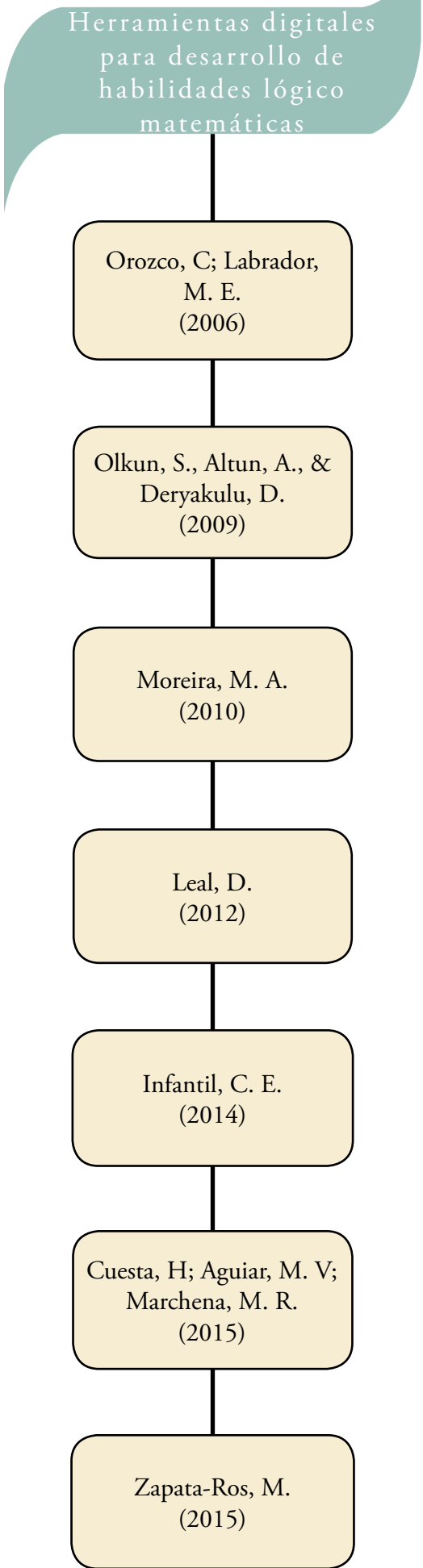
La investigación para el arte se ha visto obligada a utilizar técnicas de investigación heredadas de la ciencia y las ciencias sociales (Gray y Malins, 1993). Es así como mediante una metodología que combina el arte, lo tecnológico y lo social se buscará cumplir con los objetivos trazados en el presente estudio. Estas miradas suponen un cambio de paradigma en donde se busca nuevas formas de percepción enfocadas a hacer conciencia de las sensaciones producidas en cuerpo y mente.

El desarrollo de la pieza de arte digital, al ser un aplicativo ideado mediante la intervención y creación de un código computacional, debe seguir una metodología desde el desarrollo de aplicaciones de software. Dicho método incluye el cumplimiento de diversas fases para llevar a buen término una pieza computacional: requisitos, especificaciones, diseño, programación, prueba, documentación y mantenimiento. El código de la obra de arte digital estará soportado en lenguajes de programación tales como C++, Java, y Javascript aplicados a entornos integrados de desarrollo como Processing y herramientas como openFrameworks. Las piezas de interacción estarán basadas en sistemas embebidos como Arduino, y Raspberri Pi que controlarán sensores gestuales tipo Kinect, así como otras formas de comunicación con la máquina.

Los modelos de investigación en ciencias sociales o técnicas de investigación cualitativa, acompañadas de sus diferentes estrategias, promueven los valores de la subjetividad, observación, participación, interacción; y pueden ser tomados como procesos válidos y apropiados para la investigación en el arte (Gray y Malins, 1993; Buendía, Colás, Hernández, 1998). Es por eso que el método cualitativo contribuirá a establecer los efectos, describir el uso y evaluar la obra de arte digital en infantes con el fin de promover el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico matemáticas.

Desde la investigación cualitativa, la metodología que permitirá describir el impacto y establecer los efectos de la herramienta digital al promover el desarrollo de habilidades de pensamiento en estudiantes del primer ciclo de básica primaria -a partir del diseño y uso de la misma-, se llevará a cabo en el ambiente escolar donde se desenvuelven los niños y los docentes, de esta manera se buscará extraer las emociones, vivencias, aciertos, desaciertos, motivaciones o inhibiciones emanadas de los participantes -ya sean activos o pasivos- en la dinámica investigativa. La revisión de antecedentes permitirá tener una mirada integradora, no solo para poder detectar conceptos claves o descubrir errores, sino para complementar -si es posible- la investigación misma, sin embargo, dichos elementos no serán concebidos como verdades absolutas, puesto

que las experiencias emanadas del estudio como tal, son las que permitirán comprender el fenómeno objeto de análisis. La finalidad de dicha indagación, es mejorar el ejercicio educativo con miras a promover el desarrollo de habilidades lógico-matemáticas; por consiguiente, desde la investigación para el arte, se pretende diseñar una herramienta digital con fundamento práctico y participativo que permita establecer el impacto de la misma y a partir del análisis de los resultados, brindar una descripción y reflexión con miras a establecer una aproximación al objeto de estudio y por qué no al surgimiento de otras propuestas investigativas.

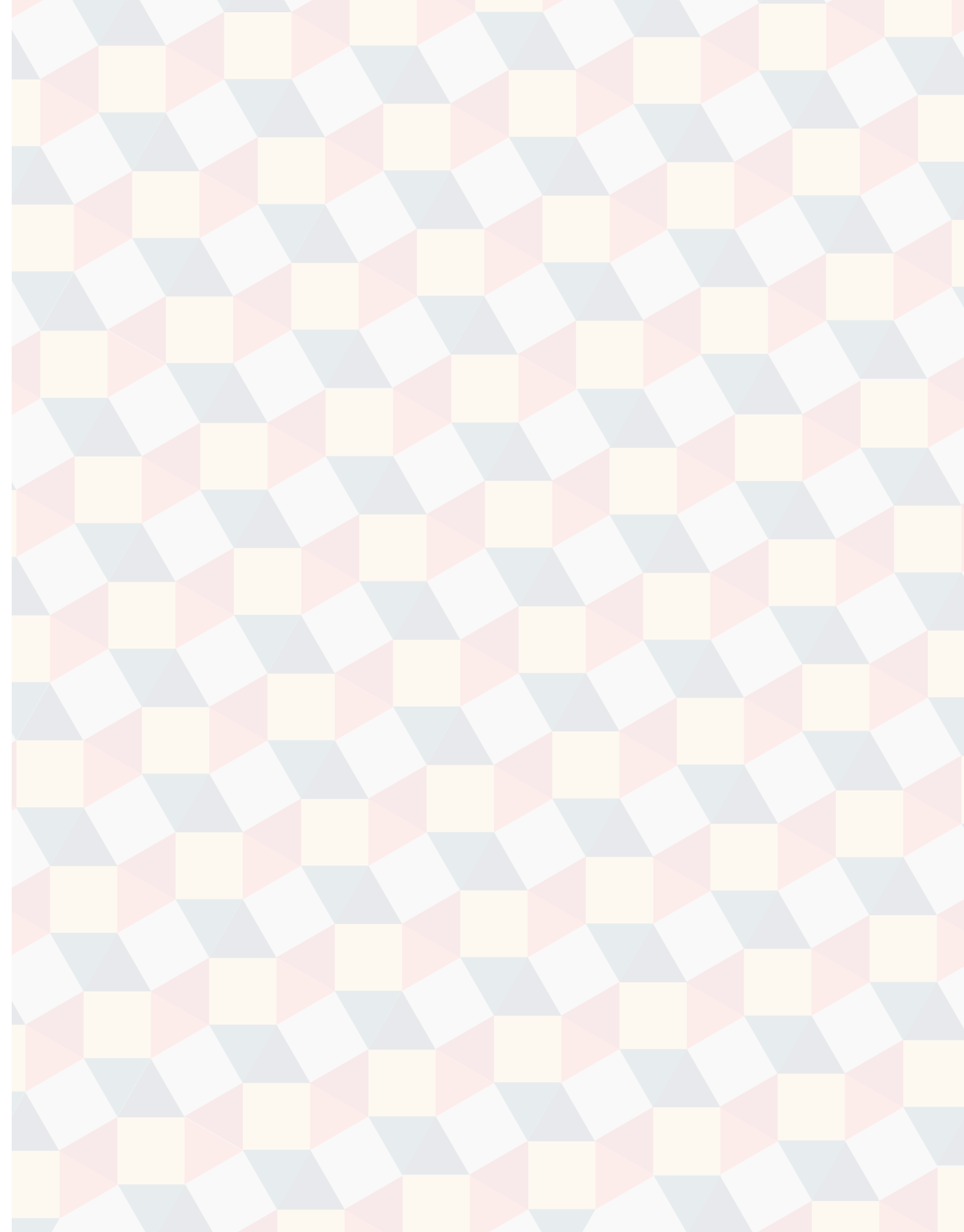


## { 2 . H a b i l i d a d e s L ó g i c o M a t e m á t i c a s }

---

El pensamiento lógico matemático a diferencia de lo que piensa la generalidad, es mucho más que un simple conteo numérico; así como lo dice Arenas (2011) en *La Ciudad y los Cuerpos*, acerca del arte post humano: “*Nos hallamos en la enésima versión del dictum de Pitágoras*”. El matemático y filósofo griego afirmaba casi 300 años antes de nuestra era: “*La matemática no significa para el artista las matemáticas. No se trata obligatoriamente de cálculos, sino de la presencia de una realeza, una ley infinita de resonancia, consonancia, de orden*”.

Con lo anterior, - y que mejor aval que el del propio Pitágoras-, es claro que el desarrollo de este pensamiento permea todas las áreas del ser humano y nos faculta para interactuar en el mundo de manera pertinente, autónoma, creativa y dinámica; por tanto, el no fomentarlo desde las primeras edades de forma adecuada, limita el modo cómo nos desenvolvemos y relacionamos en un contexto social. Es por esto, que debe ser relevante centrar la mirada en los procesos de formación inicial y recurrir a lo que nos ofrece el medio actual a través de las artes digitales para dinamizar el desarrollo de esta forma de pensamiento y cambiar el paradigma reduccionista, poco llamativo, difícil y hasta tedioso con el que se ha mirado y que ha tenido hasta el momento.





El niño adquiere una visión de mundo a través de las **interacciones** con él, inicialmente desde **patrones simples** para llegar a otros más complejos.

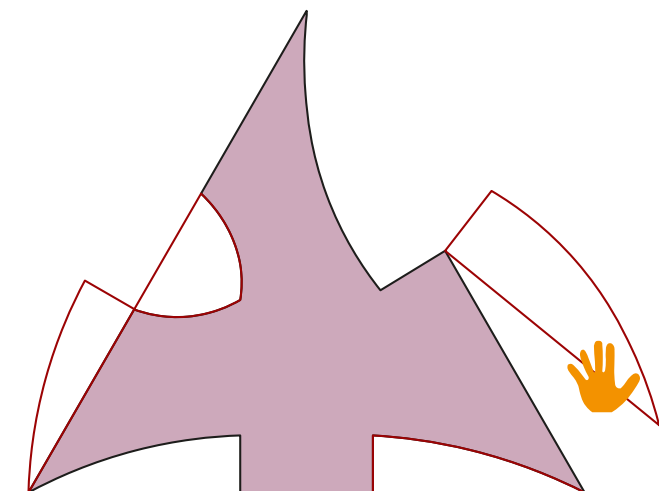
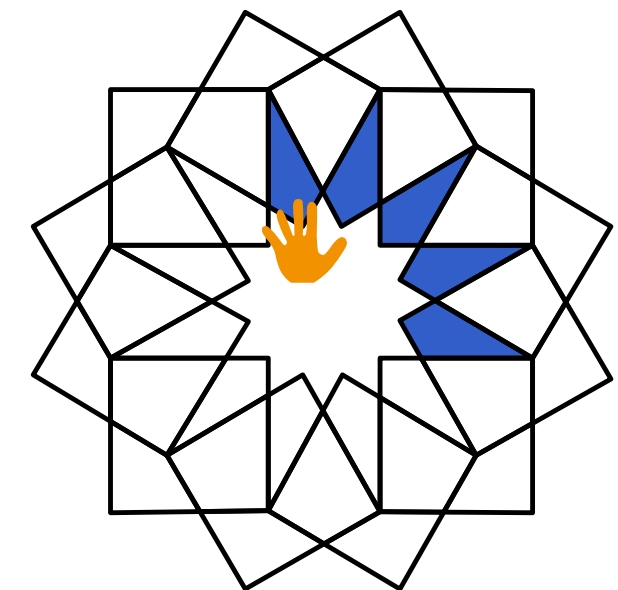
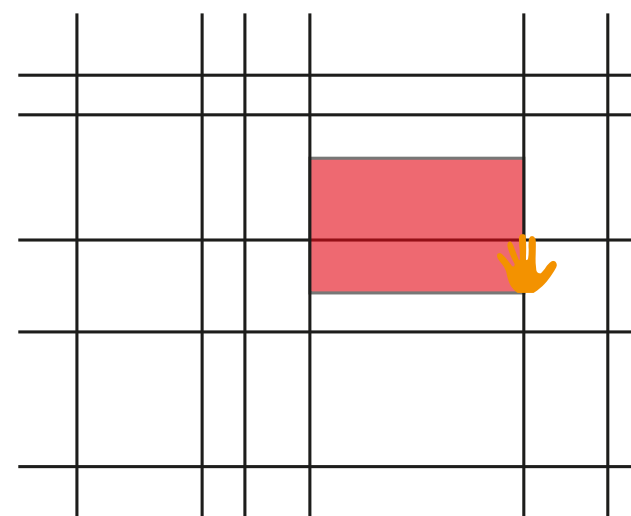
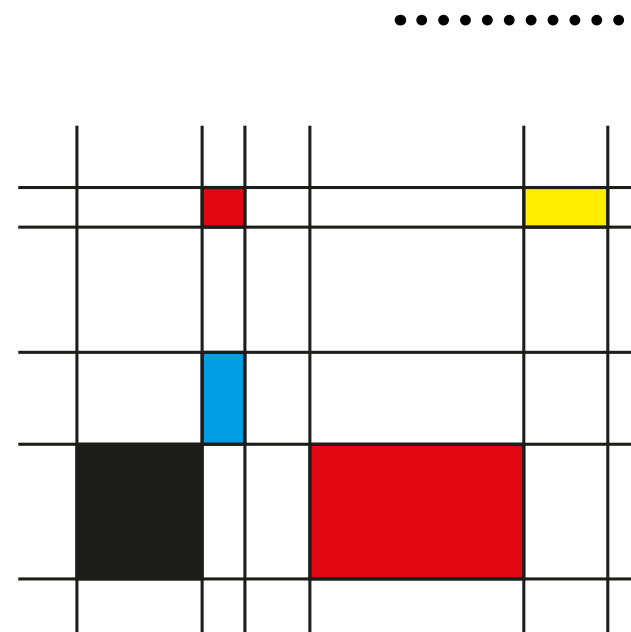
La atención y la percepción por medio de la observación y la interacción, se hacen presentes como **procesos cognitivos básicos** a partir de su carácter focal y

selectivo, y se ponen a prueba en este trabajo desde el **arte digital** para estructurar la base y potenciar otros procesos más elevados.

Los **canales de acceso** son variados para involucrar al espectador desde diferentes ámbitos (visual, auditivo, físico) que lo facultan a representar de forma alterna nuevos conocimientos.

La herramienta digital a través de arte, aunque presenta una interacción intencionada ya que el niño selecciona, organiza y realiza una acción para alcanzar una meta prevista a partir de los objetivos prefijados en la página de instrucciones, activa la curiosidad y pone a prueba la motivación al **descubrir** lo que produce su actuación en el programa artístico computacional.

**La obra procura despertar el interés del menor en todo momento. Acompañar al niño con preguntas como: ¿Qué crees que pasará?, ¿Qué color crees que aparecerá?, ¿Qué animal será ese?, ¿Qué sonido hará?... le permitirá a través de estímulos provenientes del exterior, motivar su comprensión, interpretación y conocimiento interior para poner a prueba saberes previos y así modificar o generar otros nuevos. También estimula la capacidad de significar la realidad desde la representación mental que configura cada niño al interactuar con la actividad.**



## { La Observación }

El niño monitorea, **reconoce** y define el contexto. Le permite revelar e **identificar** la información gráfica emitida. Al impulsar este tipo de habilidad, fomenta la atención, la memoria y el conocimiento de patrones o propiedades de los elementos presentados.

## { La Comparación y Relación }

Estas habilidades de pensamiento impulsan el reconocimiento de **diferencias** y **semejanzas** en contraste, al identificar, descubrir, discriminar, examinar, cotejar y equiparar, es decir, invita a tener un conocimiento más detallado de las cosas apartando a la mente de los saberes o criterios superficiales.

## { La Clasificación }

La clasificación es uno de los procesos básicos de **construcción de conocimiento** y constituye una de las habilidades más relevantes, si bien en sí misma es representativa, la clasificación contiene a las anteriores. Faculta al niño a comprender qué grupos o categorías considera como constitutivos de un conjunto determinado, según, elementos, clases, atributos o criterios propios de este, por tanto pone en juego la observación, la comparación y la relación, así mismo, desarrolla la capacidad para decretar, establecer, valorar, escoger, seleccionar, ignorar o desestimar estos componentes en un contexto particular.

**Consigna:** Pinta en cada renglón con azul las figuras geométricas grandes, con rojo las medianas y con amarillo las pequeñas.

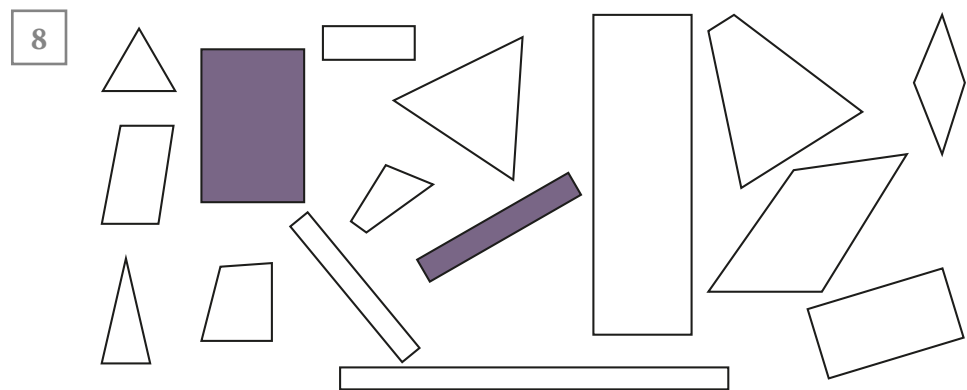
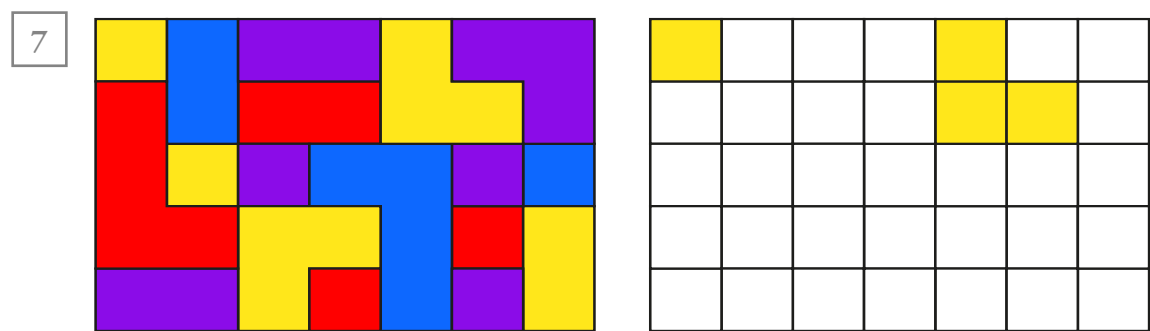
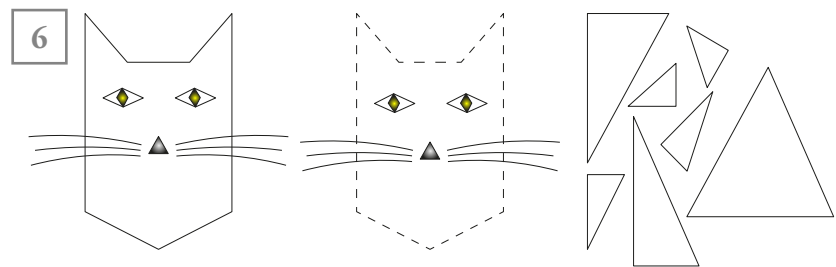
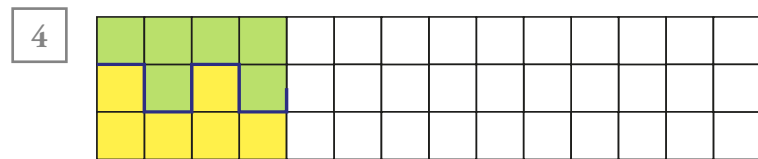
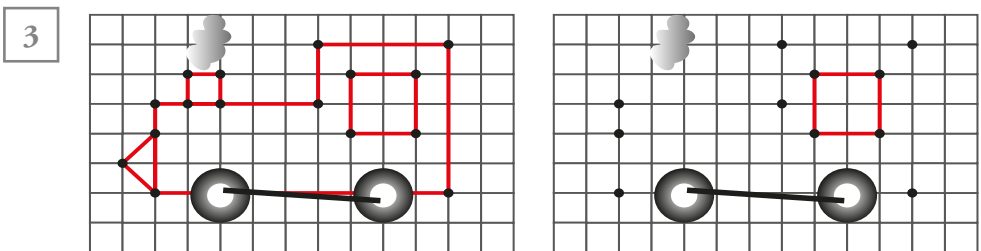
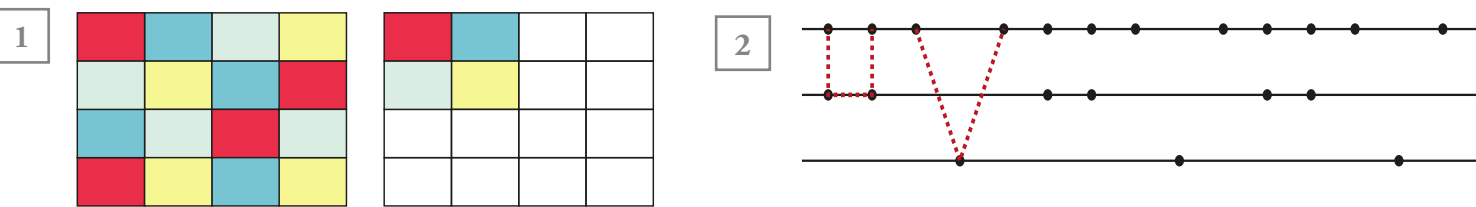
**NOMBRE:** Juan Diego

**FECHA:** V- 28-80

**3 4 5** "Mi carpeta de ejercicios"  
Material didáctico de  
Enciclopedia Práctica Preescolar  
© 1972 by Editorial Latina.

11

# { Actividades Ejemplo }



A continuación se presentan algunos ejemplos del tipo de actividades que pueden encontrarse en uno que otro texto educativo de matemáticas para desarrollar habilidades de pensamiento lógico-matemático, sin embargo, según el rastreo realizado, no hacen parte de la totalidad de los textos ni tampoco dedican un capítulo o unidad temática para explicar la importancia de dichas actividades; ni mucho menos determinan qué aspectos fomenta en los menores. En el siguiente cuadro se describen algunos ejercicios adaptados de los textos encontrados y el tipo de habilidad que desarrollan.

	{Actividad / Habilidades}	{Observación}	{Relación}	{Comparación}	{Clasificación}
1	Observar el patrón de muestra y colorear la figura en blanco con el fin de completar el cuadro inicial.	✓	✓	✓	
2	Teniendo en cuenta el patrón de puntos, unirlos para completar el patrón de líneas.	✓	✓	✓	
3	Observar el patrón de puntos e identificar las intersecciones de las líneas para formar la figura de muestra.	✓	✓	✓	
4	Continuar trazando la línea para generar los patrones arriba y abajo, colorear cada uno con un color distinto.	✓	✓	✓	
5	Identificar los objetos a partir de su forma, relacionar cada uno con su respectiva sombra.	✓	✓	✓	✓
6	Encajar las figuras geométricas dadas en desorden en la zona derecha de la actividad en la cara del gato.	✓	✓	✓	✓
7	Identificar las fichas del rompecabezas y colorearlas para completar el patrón tal como lo indica la muestra.	✓	✓	✓	✓
8	Identificar los rectángulos dentro de las diferentes formas geométricas y colorearlos.	✓	✓	✓	✓

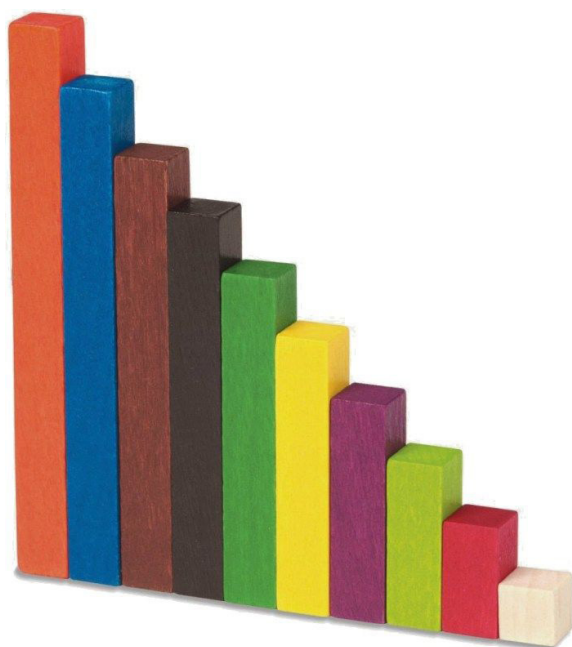
Tradicionalmente en la enseñanza de la matemática se han utilizado gran cantidad elementos que pretenden fomentar en el niño el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico - matemático. Desde el ábaco hasta herramientas digitales sofisticadas, todas procuran la interacción y participación de los menores en actividades que favorezcan los procesos de aprendizaje. El material didáctico para la matemática puede definirse como **todo objeto**, elemento o herramienta que ayude a **descubrir** o **consolidar conceptos** en dicho campo.

### { Regletas de Cuisenaire }

Son un conjunto de **bloques prismáticos de colores** contruidos en madera o plástico que sirven como herramienta para **introducir al niño en aspectos matemáticos básicos** como las operaciones aritméticas (suma, resta, multiplicación, división), los números (conceptos de ordinalidad y cardinalidad), las relaciones (mayor que, menor que, equivalente a, diferente a), las fracciones, conservación de la cantidad, superficies y volúmenes; además de operaciones más complejas como potenciación, radicación, y la solución de ecuaciones.

Fueron creadas por el matemático belga Georges Cuisenaire en 1945 y su funcionalidad explicada en su libro "Los números en colores" de 1952. Su aplicación a la matemática fue divulgada por el pedagogo egipcio Caleb Gattegno.

Cada regleta está codificada con un color diferente y tiene una medida propia. Su forma prismática generalmente tiene una sección de 1 cm<sup>2</sup>, mientras que el largo de cada bloque está en función del número que representa.

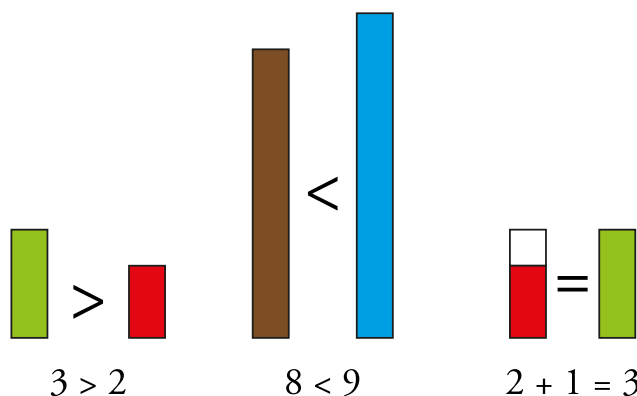


Color	Valor
Blanco	1
Rojo	2
Verde claro	3
Rosado	4
Amarillo	5
Verde oscuro	6
Negro	7
Café	8
Azul	9
Naranja	10

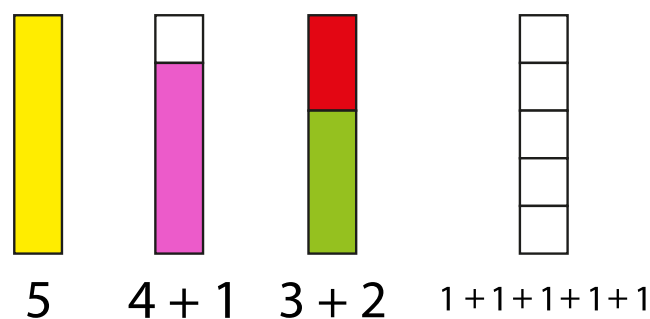
Las *Regletas de Cuisenaire* son un material útil en diferentes disciplinas, y su uso puede variar de acuerdo a cada una de ellas; es por eso que su aplicación en matemáticas no es única, y existen diferentes posibilidades para trabajar con ellas. La importancia de esta herramienta radica en hacer que el niño sea autónomo, manipule, interactúe con las piezas, se estimule visualmente y poco a poco vaya descubriendo los conceptos (lógico - matemáticos) que se ocultan detrás de dicha herramienta.

### { Ejemplos }

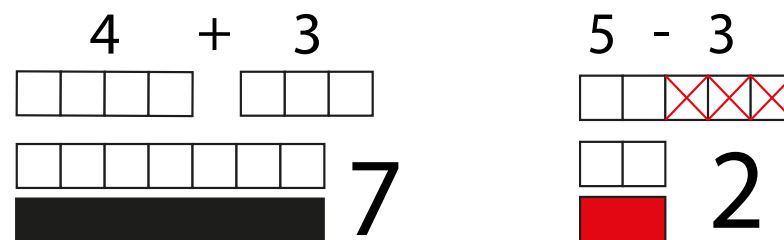
1 Ejercicios de relación. Conceptos *mayor que, menor que, igual a*.



2 Ejercicios de numeración Representar el número 5.

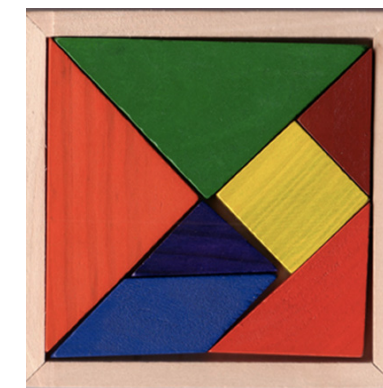


3 Operaciones aritméticas (suma y resta).



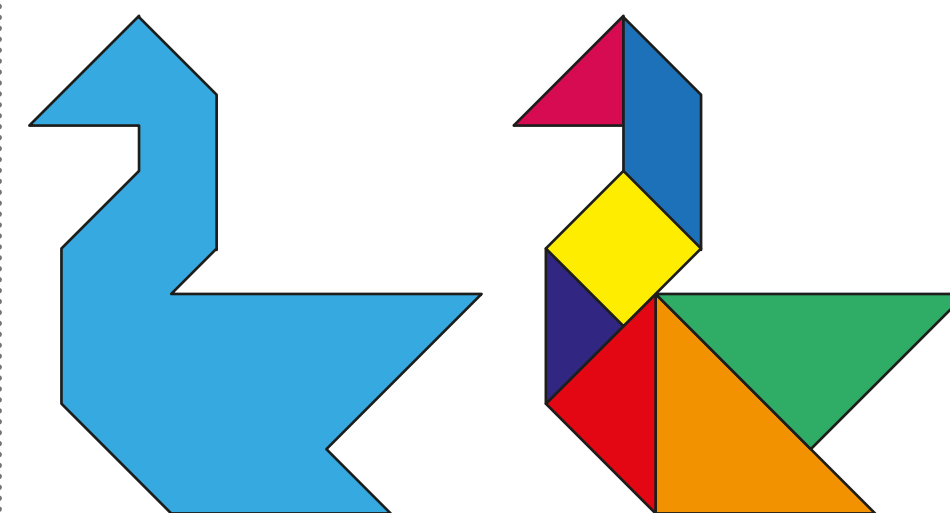
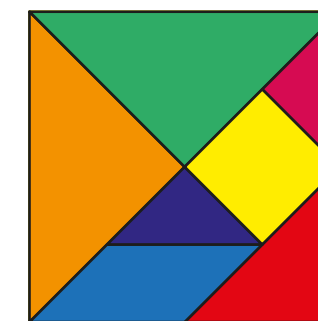
### { Tangram }

Es un juego de fichas de origen chino que en su configuración básica está compuesto por un *paralelogramo*, un *cuadrado*, y cinco *triángulos* que permiten formar cerca de mil siluetas diferentes. El Tangram es más que un simple rompecabezas, es un material muy utilizado en test psicológicos y en disciplinas relacionadas con el diseño; pero muy especialmente en **pedagogía matemática** con el fin de promover habilidades en niños que comienzan con la construcción de conocimiento lógico, matemático y geométrico.



### { Ejemplo }

Construir la silueta del cisne utilizando el Tangram



{ Bloques Lógicos }

Los bloques lógicos son piezas geométricas de madera o plástico que son construidas con ciertos atributos como *color, tamaño, espesor y forma*; de manera que entre ellas difieran al menos en uno de dichos atributos, permitiendo al niño **activar habilidades** de pensamiento lógico matemático a nivel de observación, relación, comparación y clasificación al tiempo que interactúa y juega con el material.



{ Atributos }

- Color (amarillo, azul, rojo)
- Tamaño (grande, pequeño)
- Forma (cuadrado, círculo, triángulo, rectángulo)
- Espesor (grueso, delgado)

{ Ejemplo }

Crear un conjunto donde todos los bloques sean rojos.



{ Bloques Geométricos }

Consisten en **fichas planas** fabricadas de madera o plástico y en diversas formas: *triángulo, cuadrado, rombo, trapecio y hexágono*. Todos los lados de los polígonos son iguales (a excepción del lado más largo del trapecio que mide el doble), lo que permite al niño encajar y construir diferentes patrones y figuras geométricas sin dejar espacios vacíos. Este material favorece que el menor desarrolle **habilidades geométricas**, ubicación en el plano, además de las habilidades de pensamiento lógico como la observación, relación, comparación y clasificación.

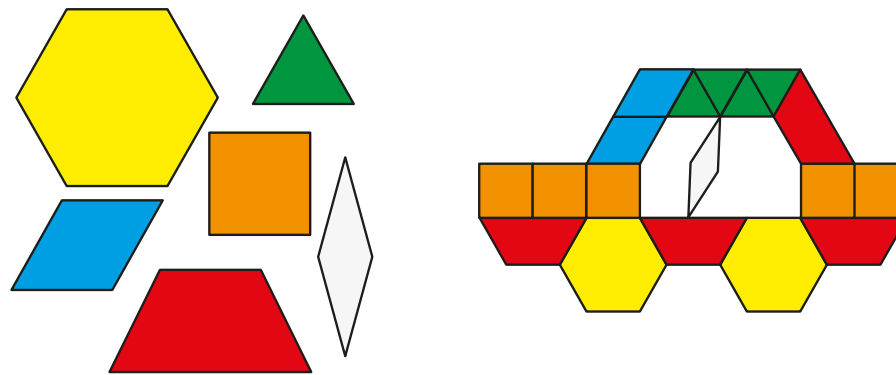


Las fichas vienen codificadas en colores de la siguiente forma:

- Triángulo (verde)
- Cuadrado (naranja)
- Rombo (azul)
- Rombo estrecho (blanco)
- Trapecio (rojo)
- Hexágono (amarillo)

{ Ejemplo }

Formar un patrón geométrico que represente la figura de un automóvil



{ Fracciones }

El concepto de fracción puede llegar a ser uno de los que más **dificultad** cause al niño a la hora de aprenderlo. No tener claros estos conceptos desde las primeras fases del desarrollo de este tipo de habilidades puede traer una serie de complicaciones en etapas posteriores del aprendizaje matemático. Existen diversos materiales que permiten al menor manipular fichas que lo sumergen en el concepto de fracción, cantidad, proporción, y las operaciones fraccionarias.














{ Ejemplo }

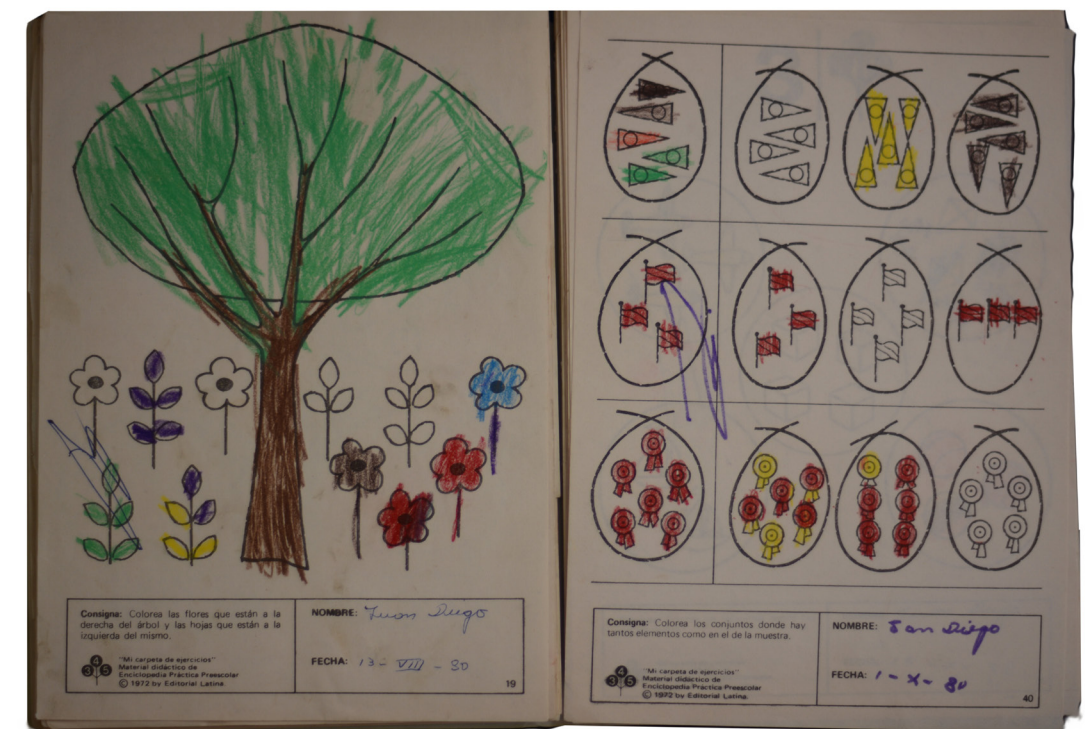
Suma de fraccionarios.

$$\begin{array}{c}
 \text{Diagram showing } 1/2 + 1/4 = 3/4 \text{ using circular models.} \\
 1/2 + 1/4 = 3/4
 \end{array}$$

# { Referencias Habilidades }

## { T e x t o s }

-  Brissiaud, R., Clerc, P., Ouzouilas, A., Maya Gómez, F. J. (1991). APrendo Matemáticas . Larousse.
-  Catalán, M. C. M. Las regletas de Cuisenaire (Números en color).
-  Centeno Rojas, R. (2007). Mi Matemática 1, desarrollo del pensamiento conceptual. Editorial Libros y Libros S.A.
-  Coral, A. L. (2014). Desarrollo de habilidades de pensamiento y creatividad como potenciadores de aprendizaje. Revista Unimar, 30(1).
-  Cuisenaire, G., & Gattegno, C. (1957). Numbers in colour. Heinemann.
-  De Castellanos, M. V. (s.f). Proyecto matemático 1, hacia el desarrollo de la habilidad del pensamiento lógico matemático. Editorial Libros y Libros S.A.
-  Fernández Bravo, J. A. (2008). Desarrollo del pensamiento lógico y matemático. JA Bravo, Desarrollo del pensamiento lógico y matemático.
-  Flores, P., Lupiáñez, J. L., Berenguer, L., Marín, A. y Molina, M. (2011). Materiales y recursos en el aula de matemáticas. Granada. Universidad de Granada.
-  Martín Adrián, A. R. (1999). Las regletas de Cuisenaire. Actividades sobre longitud, área, perímetro y volumen. Números, (37), 19-28.
-  Mateo, S. E., & Laguna, P. T. (2014). Los materiales en el aprendizaje de las matemáticas. Universidad de la Rioja.
-  Zea, A., Riveros, O., De Castellanos, V. (s.f). Habilidades Matemáticas 1. Editorial Libros y Libros S.A.



Correa Blair, J.D. Ejercicios de habilidades Lógico Matemáticas Instituto Jorge Robledo (1980)

## { V i d e o }

- Universidad de la Rioja. [UNIR Universidad Internacional de La Rioja]. (2011, junio 28). Matemáticas primaria - Aprendiendo a contar UNIR [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=DsXjYzcdf7c>
- Universidad de la Rioja. [UNIR Universidad Internacional de La Rioja]. (2011, junio 28). Juegos didácticos para enseñar Matemáticas en Primaria | UNIR [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=qygjUO0sCzM>
- Universidad de la Rioja. [UNIR Universidad Internacional de La Rioja]. (2011, junio 28). Matemáticas primaria - elementos geométricos, UNIR [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=u2UnEdQ1hGI>
- Colegio Etchegoyen. [COEMTAL]. (2016, mayo 5). Taller de didáctica matemática [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=p4JbNkVwBD4>
- Velásquez, D. S. [Nestor ROMERO TIJO]. (2016, abril 14). La didáctica en las matemáticas [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=N0DPRE\\_GxBQ](https://www.youtube.com/watch?v=N0DPRE_GxBQ)
- Centro de Investigación en Modelos Educativos. [CIME]. (2017, abril 10). 2.1 Introducción a las Rgletas de Cuisenaire [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=04YU5O5KQSI>
- Stoks Didactic. [StoksDidacticJuguete]. (2015, abril 27). Cómo sumar con las Regletas de Cuisenaire - Stoks Didactic [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=3rQxGcS2mjM>
- Andreu Toys. [Andreu Toys]. (2016, mayo 13). Bloques Lógicos y Atributos (16164 + 16218) - Andreu toys [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=HJBU65ZyLyI>
- Educativos Angeles. [Angeles Editores]. (2016, febrero 24). Bloques Lógicos [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=QgpeOVQXZPI>
- Educativos Angeles. [Monica Lanchipa]. (2016, enero 22). Uso pedagógico del TANGRAM [Archivo de video]. [https://www.youtube.com/watch?v=nth\\_8zd5cyU](https://www.youtube.com/watch?v=nth_8zd5cyU)

# { 3. Relación Arte - Matemática }

## { De lo matemático y lo bello }

Belleza, un concepto difícil de definir en el contexto de las artes, y más aun, en la matemática. Para algunos, como el matemático alemán Hermann Weyl, “*la simetría en un sentido amplio o restringido, es una idea por medio de la cual el hombre de todas las épocas ha tratado de comprender y crear belleza, el orden y la perfección*”, y él mismo afirmaba posteriormente: “*En mi trabajo siempre he tratado de unir la verdad con la belleza, pero cuando he tenido que elegir entre una de las dos, habitualmente elegí la belleza*”. Podría ser una discusión interminable, sin embargo, parece que para los matemáticos la belleza es simetría. Bien lo decía Escher: “*las leyes de la simetría son una de las más ricas fuentes de la creación artística*”.

Simetría, armonía, proporciones, medidas, sensación de gozo o placer, equilibrio, orden, perfección, o como en la ética de Aristóteles, “*lo moralmente bueno (...) solo el hombre virtuoso es capaz de percibir lo bello*”; son todas definiciones un tanto subjetivas que se salen de las líneas del presente trabajo. No obstante, y retomando la cuestión de lo bello en las matemáticas: “*Para ser interesante, un hecho matemático debe de ser, ante todo, bello*” citaba el matemático polaco Szolem Mandelbrojt, y recalca: “*Un Teorema es bello como lo es la poesía (...) El hecho matemático interesante crea un estado de espíritu*”. Esta y otras citas en relación a la belleza de la matemática ligada con la estética y arte, son recopiladas por el matemático italiano Michele Emmer en su texto de 2005 “*La perfección visible: matemática y arte*”.

El matemático leccesi, Enio de Giorgi apuntaba a una combinación entre matemática, creatividad, estética, imaginación y belleza: “*los matemáticos tienen que ver con la belleza, con la estética*”, mientras que el escritor austríaco Robert Musil afirmaba de la matemática: “*Es la destilación más pura que el pensamiento exacto ha extraído de los esfuerzos del hombre por comprender la naturaleza (...)*”.

Theodor Lipps, filósofo alemán especialista en asuntos de estética y arte, apuntaba a los beneficios de una determinación numérica de la percepción espacial estética con el favor de una fórmula matemática. Atrevimiento que se tomó el matemático George David Birkhoof cuando en su obra “*Aesthetic Measure*” (1933) propuso una expresión que permitía calcular la sensación de placer estético. La relación entre el orden de tipo matemático (O, entendiendo este como interacciones entre simetrías, traslaciones, rotaciones), y la complejidad de una obra de arte (C), es igual al placer estético (M).  $M = O/C$ , indica que a menor complejidad de la obra y mayor relación matemática, mayor sensación de placer estético. Curiosa formulación para un matemático que trabajó complejas teorías de grafos, demostró planteamientos de Poincaré, y fue mundialmente famoso en su disciplina al descubrir el teorema ergódico. ¿Nos atreveríamos a aplicar esta fórmula a un mosaico de Escher, un diseño de Le Corbusier, o al Piano Concerto Tres de Rachmaninov?

Las líneas anteriores evidencian de alguna manera la influencia y la presencia de las matemáticas en la obra de arte, aplicada de forma rigurosa como puede esperarse de Leonardo, Escher, Kandinsky, Mondrian y el arte musulmán; o incluso -sin poder asegurarlo-, de alguna manera desprevenida por otra gran parte de artistas antiguos, modernos, posmodernos, y contemporáneos. El suizo Max Bill, arquitecto y escultor, que en 1935, reinterpreta refinadamente en bronce y granito la superficie no orientable descubierta por el alemán August Ferdinand Möbius, bien citaba: “*Yo creo que se puede desarrollar ampliamente un arte basado en una concepción matemática*”. Emmer concluye en su ensayo, que, aunque se pueden aplicar criterios de las matemáticas al arte para desarrollar un enfoque matemático del mismo, matemática y arte son cosas diferentes. Como decía el gran Escher: “*a cada uno con su oficio*”.

La Proporción Áurea

# {Proporción Áurea}

# { Números de Fibonacci }

{ 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584... }

Euclides, -gran administrador del espacio y las razones geométricas-, en el sexto libro y tercera definición de su gran obra “Elementos”; plantea una proporción clave en el devenir del arte: “Se dice que una recta ha sido cortada en extrema y media razón, cuando la recta entera es al segmento mayor como el segmento mayor es al segmento menor”. ¿Quién podría imaginarse lo que derivaría de este postulado?

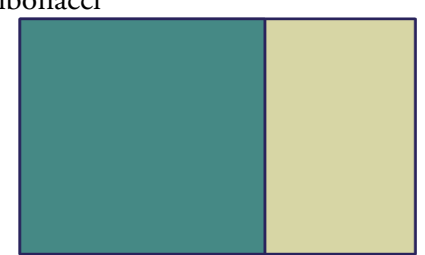
de oro; y elegantemente exhalan vida a través de los agujeros de f, otro símbolo matemático: el signo de integración (∫), que no significa cosa diferente a la sumatoria de las partes -la suma de Riemman-. Nuevamente, una invisible, pero presente relación arte y matemática.

El gran arquitecto suizo y francés -referente de la arquitectura moderna- Le Corbusier. En su tratado *Modulor* relega los patrones métricos e ingleses, y afirma: “La medida es el hombre”.

Lo anterior, significa que un segmento de recta dividido en dos partes, una mayor que otra en la medida adecuada al relacionarse entre sí, da lugar a la **Proporción Áurea**. Denotada con la vigésima primera letra del alfabeto griego phi (φ o Φ), en honor al escultor Fidias (Φειδίας) que utilizó dicha proporción en el Partenón griego.

Pero esta relación dorada no ha escapado de otros ámbitos, incluso del teológico. Luca Pacioli en 1509, en su tratado *De Divina Proportione*, le dio un carácter único, inconmensurable, y trinitario al número áureo. Es decir, lo acercó a Dios. Y al acercarse al Ser Supremo, no podría decirse que esta proporción fue un invento del hombre ya que se encuentra repetidas veces en la naturaleza: en

Tal relación, es un número irracional que fue descrito brillantemente por Fibonacci -pseudónimo del gran matemático Leonardo de Pisa- en una serie o sucesión matemática que lleva su nombre, y dibujado magistralmente en 1525 por el artista alemán del renacimiento Alberto Durero en su procedimiento “*Instructivo Sobre la Medida con Regla y Compás de Figuras Planas y Sólidas*”. Nació, así, la *Espiral de Durero*, esqueleto utilizado en innumerables obras de arte (pintura, escultura, arquitectura). Por sus caracoladas curvas han pasado *El Nacimiento de Venus* de Botticelli (1484), *Adán y Eva* del mismo Durero (1507), el *David Vencedor de Goliat* de Caravaggio (1610), *Las Meninas* de Velásquez (1656); y cómo no, el rostro de *La Gioconda* de Da Vinci. Es que Leonardo estaba también obsesionado con las proporciones, soberbio es el cuadrado inscrito en el círculo que rodea al *Hombre de Vitrubio* (1490).



las órbitas de los planetas -descritas brillantemente por Johannes Kepler en el S. XVII-, y de ahí el salto a las galaxias y a la curvatura espacio tiempo generada por la gravedad ejercida por cuerpos celestes enormemente masivos -agujeros negros-. De regreso a la terrenalidad

de nuestro planeta, se encuentra racionalizando las proporciones en huracanes, moluscos, insectos y toda suerte de plantas. En la forma misma de nuestro pabellón auditivo, se describen los arcos centrados en los cuadrados contiguos al rectángulo dorado.

Tampoco escapa esta proporción a la obra de arte reproducida. La fotografía y el cine se valen de la espiral de Durero y los rectángulos áureos para componer artísticamente los planos de imágenes y fotografías.

Bien lo decía Galileo: “*El universo es un libro escrito en el lenguaje de las matemáticas, siendo sus caracteres triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es humanamente imposible comprender una sola palabra. Sin ellas solo se conseguirá vagar por un oscuro laberinto*”.

Partiendo del 0 y el 1, cada término de la serie es la suma de los dos anteriores

0	+	1	=	1
1	+	1	=	2
2	+	1	=	3
2	+	3	=	5
5	+	3	=	8
8	+	5	=	13
13	+	8	=	21
21	+	13	=	34
34	+	21	=	55
55	+	34	=	89
89	+	55	=	144
144	+	89	=	233
233	+	144	=	377
377	+	233	=	610
610	+	377	=	987
987	+	610	=	1597

La división de un término de la serie por el anterior, converge al número áureo.

0	/	1	=	0
1	/	1	=	1
2	/	1	=	2
3	/	2	=	1,5
5	/	3	=	1,66
8	/	5	=	1,6
13	/	8	=	1,625
21	/	13	=	1,615
34	/	21	=	1,619
55	/	34	=	1,6176
89	/	55	=	1,6181
144	/	89	=	1,6179
233	/	144	=	1,61805
377	/	233	=	1,61802
610	/	377	=	1,61803
987	/	610	=	1,61803

## {Propiedades sucesión de Fibonacci}

1 + 1 = 2	
1 + 1 + 2 = 4	Fibonacci: 1 1 2 □ 3 □ 5 □ 8 □ 13 □ 21 □ 34
1 + 1 + 2 + 3 = 7	↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓
1 + 1 + 2 + 3 + 5 = 12	
1 + 1 + 2 + 3 + 5 + 8 = 20	Suma: 2 4 7 12 20 33
1 + 1 + 2 + 3 + 5 + 8 + 13 = 33	

La suma de n términos de Fibonacci da como resultado el término posterior (n + 1) menos uno.

## {Leonardo de Pisa}

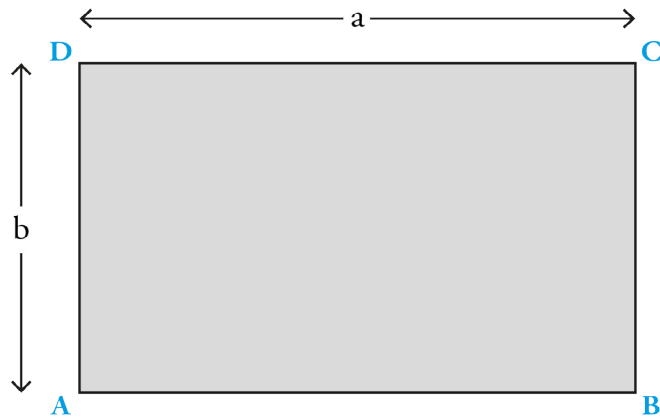
Pisa, Italia (Circa. 1170 - 1240)

Conocido como *Fibonacci*. Prestigioso matemático que escribió gran cantidad de libros de matemática y geometría. El más famoso de ellos, el *Liber Abaci* (1202) en el que se encuentra su célebre sucesión de números.



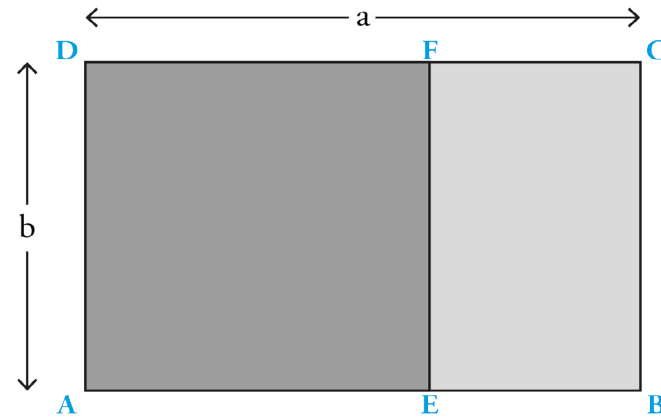


1.



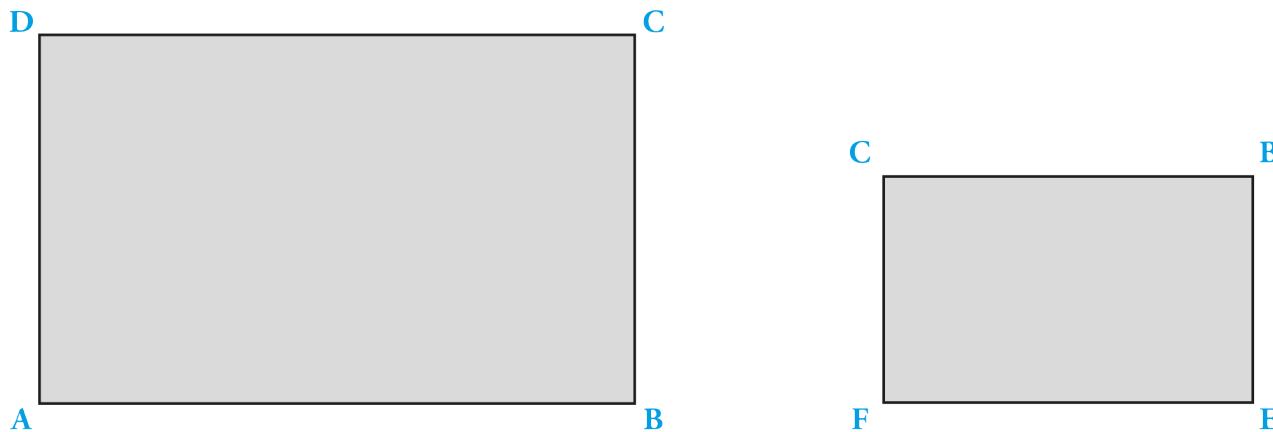
El *rectángulo dorado*  $ABCD$ , es una figura armoniosa en la cual la relación entre el ancho  $a$  y el alto  $b$ , da como resultado el número áureo ( $\varphi$ ).

2.



Sobre el rectángulo se inscribe el máximo cuadrado posible  $AEFD$ , de lado  $b$ . Se genera un nuevo rectángulo  $EBCF$  más pequeño que el inicial.

3.

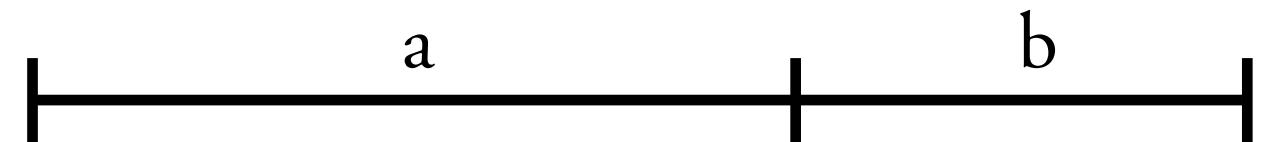


El resultado es que los rectángulos  $ABCD$  y  $FEBC$  son proporcionales, o en términos geométricos: *semejantes*. Esto solo se da si las proporciones de los lados tienen una relación específica (áurea). Esta figura geométrica hace parte de gran cantidad de obras de arte de todo tipo, así como elementos de la naturaleza.

“Se dice que una recta ha sido cortada en extrema y media razón, cuando la recta entera es al segmento mayor como el segmento mayor es al segmento menor”

- **Euclides.** *Elementos, Sexto Libro, Tercera Definición*

## { Número Áureo }



$$\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b} = \varphi$$

$$\varphi = 1 + \frac{b}{a}$$

$$\varphi = 1 + \varphi^{-1}$$

$$\varphi^2 = \varphi + 1$$

$$\varphi^2 - \varphi - 1 = 0$$

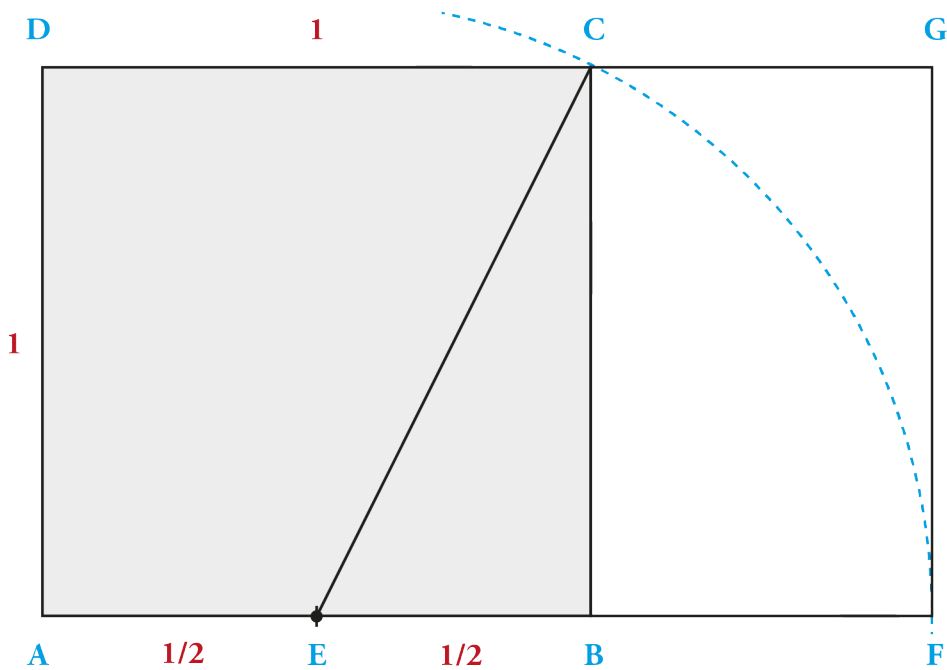
Se obtiene la raíz positiva de la ecuación cuadrática:

$$\varphi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2}$$

¿Cómo se obtiene la proporción áurea, o el número dorado?

$\varphi = 1,6180339887498948482045868343\dots$

# {Rectángulo Áureo: construcción}



1. Se dibuja el cuadrado  $ABCD$  de lado  $l$ . En la figura  $l = 1$ .
2. Se determina el punto medio  $E$  del lado  $AB$ . Se genera el triángulo rectángulo  $EBC$ .
3. Haciendo centro en  $E$  y radio  $EC$ , se traza el arco  $CF$  con el compás.
4. Se traza el segmento  $BF$  como prolongación de  $AB$  e intersección con  $CF$ .
5. Se trazan las paralelas a los segmentos  $AD$  y  $BF$ ,  $FG$  y  $GC$  respectivamente.
6. El rectángulo  $AFGD$  cumple con la proporción áurea. Es un *Rectángulo Dorado*.

En el triángulo rectángulo  $EBC$ , y aplicando el *Teorema de Pitágoras*:

$$\overline{EC} = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 + (1)^2} = \sqrt{\frac{5}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$\overline{EC} = \overline{EF} = \frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$\overline{AF} = \frac{1}{2} + \overline{EF}$$

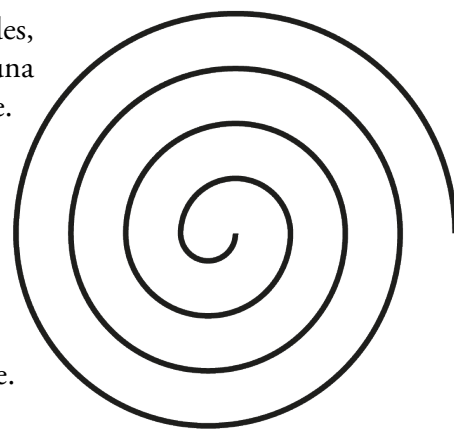
$$\overline{AF} = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$\overline{AF} = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = \varphi$$

## { Otros Espirales }

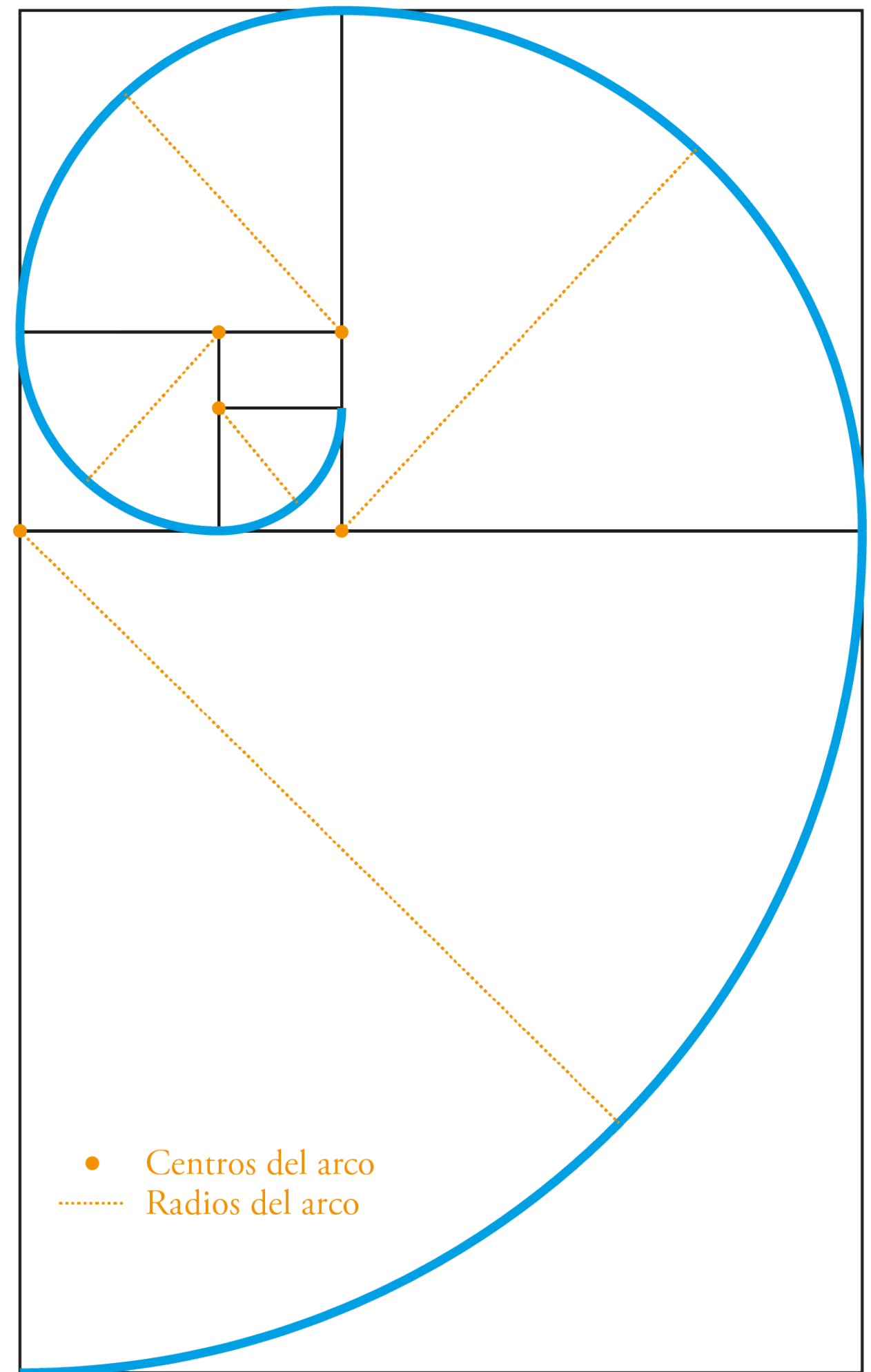
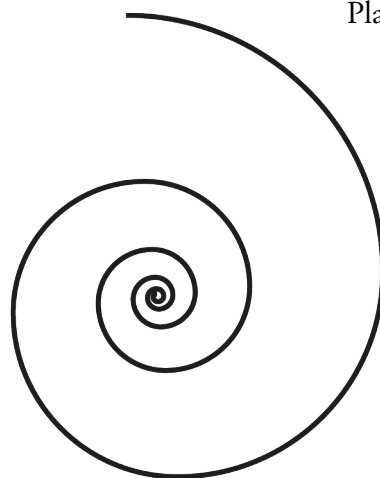
### {Espiral de Arquímedes}

En la espiral de Arquímedes, las espiras están a una separación equidistante. Se puede construir mediante el trazo de una recta a una velocidad constante sobre un plano que gira con una velocidad angular también constante.



### {Espiral Logarítmica}

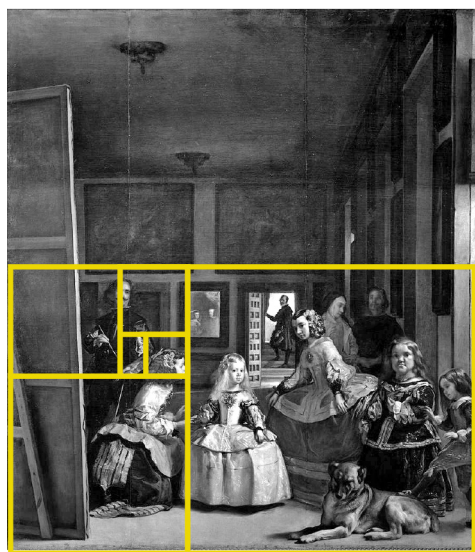
Planteada por Descartes, luego por Jakob Bernoulli. En la espiral logarítmica las espiras no están igualmente distanciadas, y en lugar de ello, se van separando más con cada giro. Su forma se encuentra en múltiples manifestaciones de la naturaleza. El ángulo de giro crece en progresión aritmética, mientras el radio de giro lo hace en progresión geométrica.



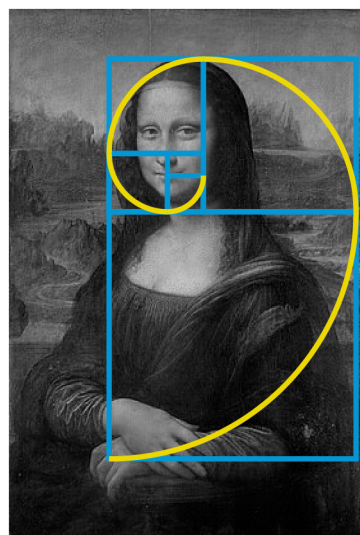
● Centros del arco  
 ..... Radios del arco

# { Razón áurea en el arte }

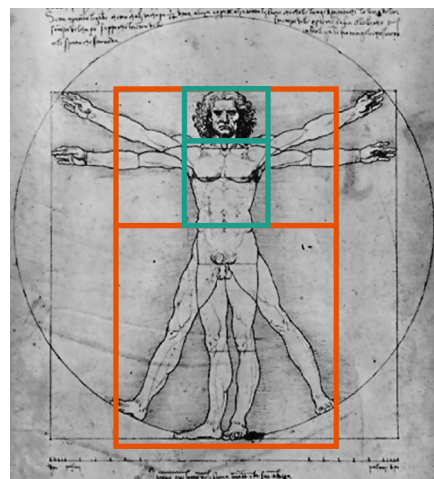
## {Referentes en Dibujo y Pintura}



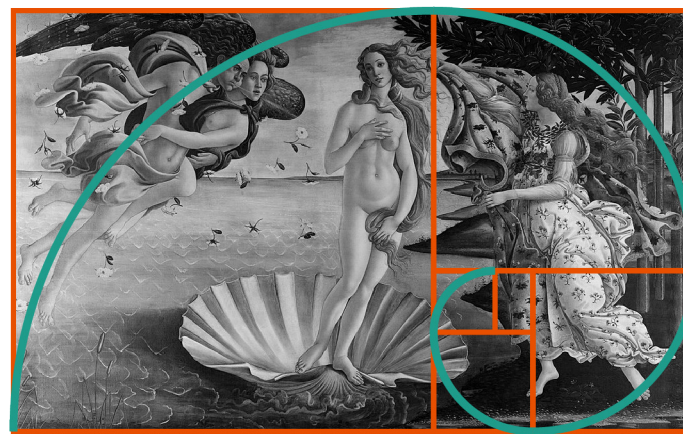
*Las Meninas,*  
Diego Velázquez (1656)



*La Gioconda,*  
Leonardo da Vinci (1503)

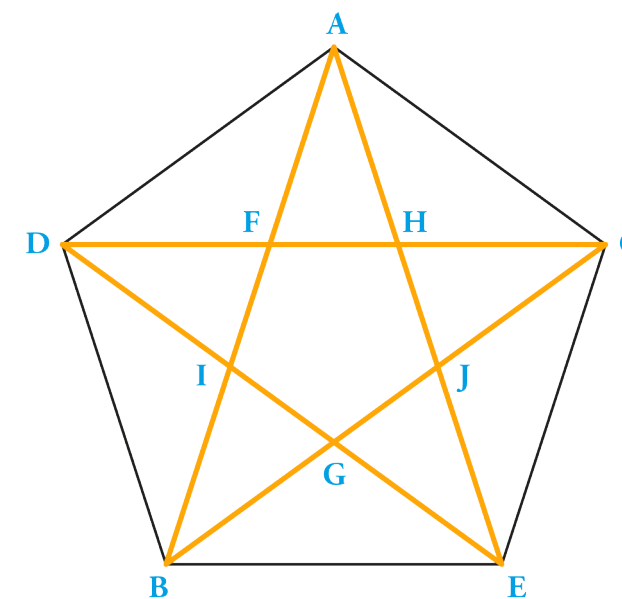


*Hombre de Vitruvio,*  
Leonardo da Vinci (1490)



*El nacimiento de Venus,*  
Sandro Botticelli (1484)

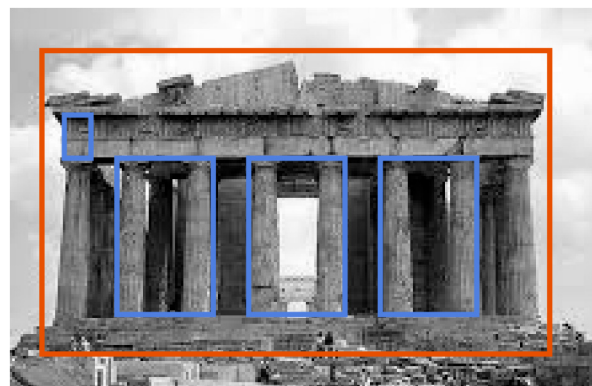
La Estrella de cinco puntas inscrita en un pentágono regular, y distintivo de los pitagóricos guarda en su interior una serie de proporciones que coinciden con la razón áurea.



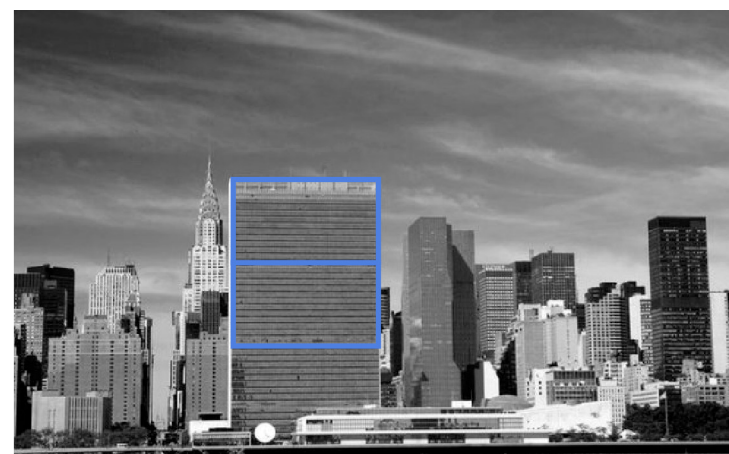
$$\frac{\overline{CD}}{\overline{DG}} = \frac{\overline{DG}}{\overline{CJ}} = \frac{\overline{CJ}}{\overline{GJ}} = \varphi$$

{Pentagrama de Pitágoras}

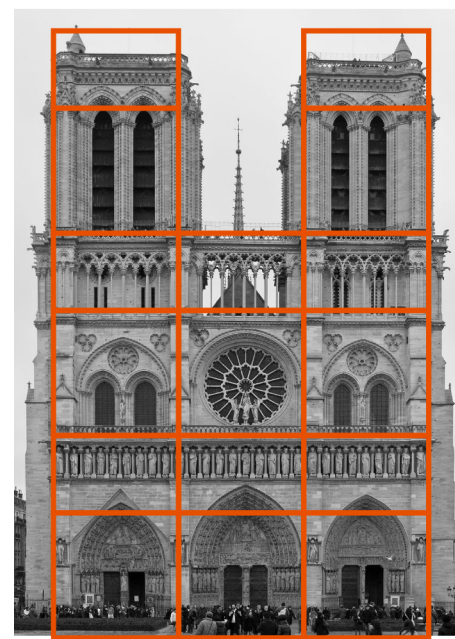
## {Referentes en la Arquitectura}



*Partenón. Atenas, Grecia (447 a.C)*

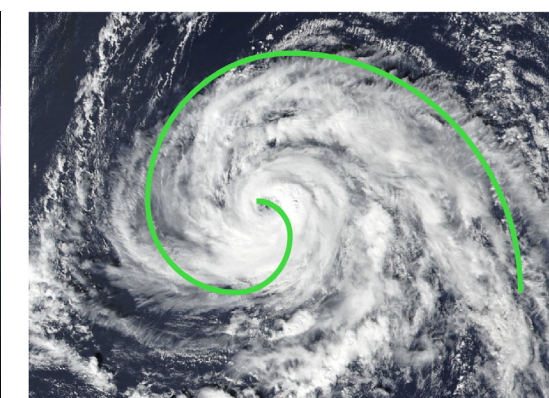
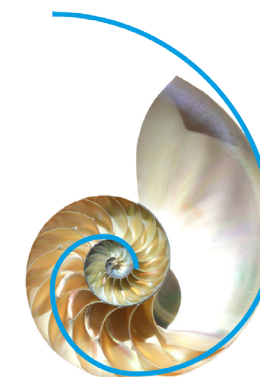
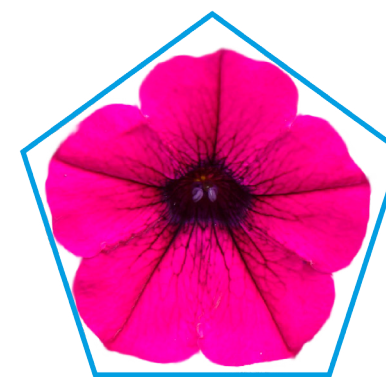


*Sede de la ONU. New York, EEUU (1952)*



*Notre Dame. París, Francia (1345)*

## {La proporción Áurea en la naturaleza}



# { Referencias Áureas }

## { T e x t o s }

Bonell, C. (1999). La divina proporción. Las formas geométricas. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Boyer Carl, B. (1999). Historia de la Matemática. Alianza Editorial. Madrid, España.

Corbalán, F. (2010). La proporción áurea. RBA Coleccionables SA.

Crilly, T. (50). Mathematics Ideas You Really Need To Know (50 ideas). Book Sales. Inc.

Dunlap, R. A. (1997). The golden ratio and Fibonacci numbers. World Scientific.

Ghyka, M. C., & Ghyka, M. C. (1977). Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes/ Esthétique des proportions dans la nature et dans les arts (No. 7.013). Poseidón,.

Ghyka, M. C. (1968). El número de oro. Editorial Poseidón.

Ghyka, M. C. (1946). The geometry of art and life. Courier Corporation.

Luelmo, M. J. (1986). Geometría en la Naturaleza. Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid.

Pacioli, L. (1991): La Divina proporción, Ediciones Akal, Madrid.

Thompson, D. (2003). Sobre el crecimiento y la forma, Ediciones Akal, Madrid.



Rafael Sanzio, La Escuela de Atenas (1510 - 1511)

## { V i d e o }

Punset, E. [rodrigojil96]. (2011, noviembre 3). La Proporción Áurea | Documental Redes [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=d\\_7I-uqz\\_ic](https://www.youtube.com/watch?v=d_7I-uqz_ic)

Lachman, M. [Kopimi Copyme]. (2012, mayo 8). El Código Secreto: Formas [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=-fUYGRoM9EY>

Mas por Menos. [EduMates]. (2012, febrero 23). +X--.1 El número áureo [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=cBCxWkr-dlc>

Mas por Menos. [EduMates]. (2012, marzo 5). +X--.6 Fibonacci. La magia de los números [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=x7doG3t03Ck>

Disney. [ACADEMIA ALJOR]. (2012, septiembre 16). Donald en el País de las Matemáticas [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=er0hcOBHC6Y&t=567s>

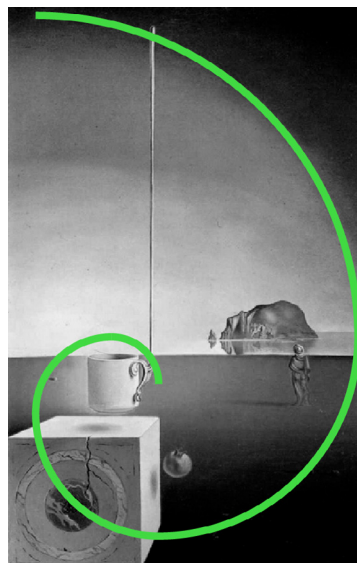
Cruz Saénz, J. [TECtv La Señal de la Ciencia]. (2014, diciembre 11). Grandes temas de la matemática: Capítulo 4: Fibonacci [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=0d4o57I3rn4>

McCabe, D. [Documentales Historia y Ciencia]. (2017, julio 22). El gran misterio de las matemáticas [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=OJRDM9wn-9U>

BBC. [ScienceChannel22]. (2013, febrero 21). El número Phi la divina proporción, el número de oro, razón áurea [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=swYX43rvT4&t=30s>

PRODEM. [Educación Musical PRODEM]. (2016, febrero 24). Sección áurea en el arte [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=KwZ7D6z-\\_z8](https://www.youtube.com/watch?v=KwZ7D6z-_z8)

Dalí, Semitaza gigante volante, con anexo inexplicable de cinco metros de longitud (1944)



Henri Cartier-Bresson. Hyères, France (1932)



# { 4. Referentes Artísticos }

---

Maurits Cornelius Escher, neerlandés, grabador, dibujante, ¿matemático? Desarrolló un estilo exacto que iba desde los mosaicos y teselaciones, pasando por los objetos imposibles, hasta llegar a representaciones del infinito. Luego de su etapa en la que plasmaba hermosos paisajes de la costa italiana, hace repetidos viajes a España donde conoce La Alhambra de Granada; conjunto de palacios que guardan en su interior la más fina exposición de arte islámico–nazarí, arte calculado geoméricamente a la perfección. “*La Alhambra de Granada es la fuente de inspiración más fértil de todas las que he bebido*” decía el artista luego de estudiar los grupos cristalográficos incrustados en piso, techo y paredes de los alcázares andaluces, y que coincidían con las 17 formas de división regular del plano. Es de dicha inspiración de la que surgen sus famosos mosaicos periódicos, tales como *El Día y la Noche* (1938), en donde las ocas emergen de teselas romboides contrastando en la claridad y oscuridad del día y la noche.

Sus incontables teselas planas fueron basadas en grupos de simetría matemática como el  $p1$ ,  $pg$ ,  $pgg$ ,  $p4$ , o  $p6$ ; y también usados por los artistas musulmanes para crear el *hueso*, el *pétalo*, la *pajarita* o el *pez volador*; base de las lacerías islámicas.

Escher no se conforma únicamente con la geometría euclideana plana de la cristalografía, y vas más allá explorando las geometrías hiperbólicas de divisiones infinitas. Estas le permitirían figurar dicho infinito en obras basadas en el modelo del Disco de Poincaré, en el cual las líneas son representadas mediante arcos de circunferencia. De allí surgen sus mosaicos *Límites Circulares* (1958 – 1960), en ellos, confina teselaciones que se extienden al infinito en una frontera circunferencial.

La exploración matemática del dibujante holandés no termina con las divisiones regulares e hiperbólicas de un plano, y al igual como lo hicieron los matemáticos H.S.M Coxeter y Roger Penrose, además del artista sueco Oscar Reutersvärd; Escher se interesa por los objetos imposibles, y sus obras en este particular engañan la perspectiva del ojo. *Belvedere*, litografía de 1958, exhibe una configuración de arcos y columnas que se cruzan cambiando la mirada de lo interior y lo exterior. Como añadidura, un hombre sentado sostiene en sus manos un cubo imposible; también planteado por Penrose, sin que Escher conociera este hecho. En el piso, una hoja muestra el armazón del cubo que en 1832 fue propuesto por primera vez por el cristalógrafo suizo Louis Albert Necker. Contiguo a esto, y como espectador de lo que acontece en la obra, un hombre se asoma por la verja de un calabozo en el que los barrotes, claro, también son imposibles.

El físico y matemático Roger Penrose, describe en 1958 una colección de objetos imposibles, dentro de los cuales se encuentra su famosa escalera. Ilusión óptica que crea el espejismo de subir o bajar infinitamente. Escher ya la había usado en su obra de 1953 *Subiendo y Bajando*, en la cual veintiséis monjes recorren escalinatas en la parte alta de un monasterio.

El pintor vanguardista Piet Mondrian -luego de una etapa naturalista en su Holanda natal - llega a París en 1912 dejándose permear del cubismo que tenía en Picasso y Braque a sus máximos exponentes. Es allí donde su arte se torna abstracto, y basado en sus creencias teosóficas, crea el *neoplasticismo*. Al respecto el artista escribía: “*El neoplasticismo tiene sus raíces en el cubismo. También se le puede llamar pintura abstracto-real, porque lo abstracto -como las ciencias matemáticas, pero sin alcanzar como ellas lo absoluto- puede ser expresado por una realidad plástica en la pintura. Ésta es una composición de planos rectangulares coloreados que expresa la realidad más profunda, que llega a través de la expresión plástica de las relaciones y no a través de la apariencia natural*”, cita que aparece en el texto “*Matemáticas de la vida misma*” escrito por el español Fernando Corbalán Yuste (2007).

Líneas, planos y cubos de hermosa composición matemática, fueron distribuidos en lo que Mondrian llamó la “*retícula cósmica*”; y rellenados con elementos cromáticos de gran simpleza: blanco, negro, gris; y los colores primarios, amarillo, azul y rojo. Para el artista esas formas y colores, desde su filosofía personal, son la representación de su creencia de lo que el universo simboliza. Como legado a nuevos artistas, diseñadores y arquitectos, quedan entre muchas, sus obras *Composición XIV* (1913), *Composición en Color A* (1917), *Composición en Campos de Color* (1917) y *Composición en Rojo, Amarillo, Azul y Negro* (1921). Y por qué no, un homenaje a la música, *Broadway Woogie – Woogie* (1943) una de sus últimas obras, en honor a la ciudad de New York y al estilo musical que se bailaba en Manhattan, del cual el pintor disfrutaba.



M.C Escher  
Arte Islámico  
Piet Mondrian

# {M.C Escher}

El artista holandés a lo largo de su carrera desafía los **modos habituales de representación**, estableciendo una fuerte relación entre sus obras de arte y los mundos matemáticos que aborda desde la representación del infinito, las figuras imposibles, los universos imaginarios, y una amplia gama de mosaicos obtenidos a partir de teselaciones que son planteadas con la división regular del plano euclideo e hiperbólico.

Escher estableció un vínculo entre el arte y la matemática tanto en dos como en tres dimensiones, presentando un verdadero desafío a la hora de representar nuevos mundos convertidos a paradoja.

El artista estudió la división regular del plano y sus **17 formas posibles de subdivisión**, que luego complementa con el estudio de los diferentes grupos cristalográficos que le permiten representar mundos simétricos y periódicos en sus dibujos, mosaicos y teselaciones

Sus trazados pasan de geometrías euclidianas a complejas formas hiperbólicas en donde puede representar el infinito en un contenedor circular.

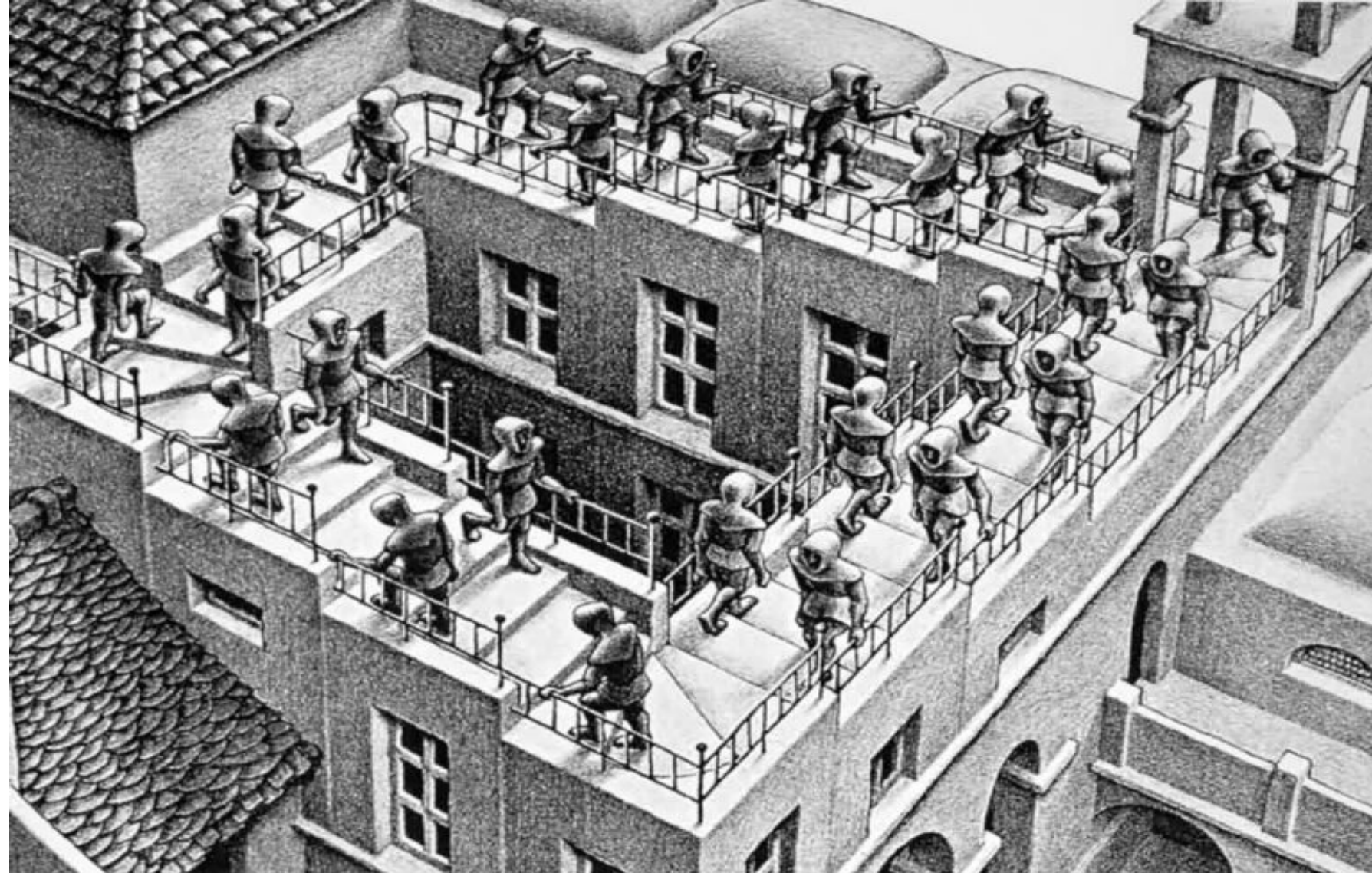
**¿Fue Escher una especie de precursor del arte digital, aún cuando no existían los recursos informáticos?**

## {Maurtis Cornelis Escher}

*Países Bajos, 1898 - 1972.*

Realizó estudios de Arquitectura en Harleem, que luego abandonó para aprender Artes Gráficas con el profesor *Jessurum de Mezquita*.

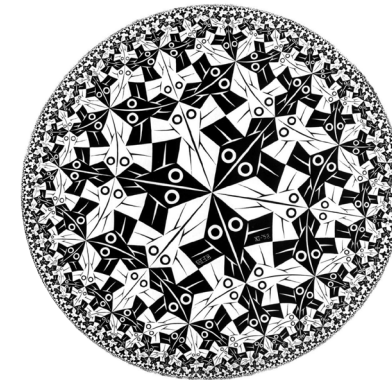
Su carrera se divide entre Italia y Países Bajos, y el punto de inflexión de la misma fue en 1936, año en el cual pasa de dibujar los paisajes italianos a interesarse por el arte nazarí de la Alhambra española.



## {Subiendo y bajando (1953)}

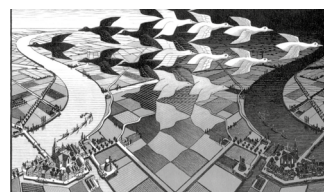
### {Escher y los mundos infinitos}

Las obras de Escher abordan la representación del infinito, obviamente, no ajenas de los modelos matemáticos tales como el de *Poincaré*; esquema de la geometría hiperbólica que permite la representación del infinito en un disco de dimensiones finitas. Prueba de ello son la colección de obras *Límite Circular* que dan lugar a piezas de arte fractal netamente matemático.



## {Otras Obras}

### {El Día y la Noche (1938)}

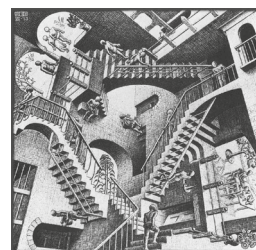


Una de las obras gráficas más conocidas del artista.

En esta interpretación logra dar vida a las teselaciones geométricas como las que había visto en la Alhambra de Granada en España.

Los pájaros emergen de teselas geométricas, contrastando en la claridad del día y la oscuridad de la noche. Según palabras de Escher, las aves negras van felices a encontrarse con el día en contraste con las blancas que viajan hacia la noche.

### {Relatividad (1953)}



En esta obra gráfica, Escher desafía las leyes de la gravedad. Cada uno de los individuos que la protagonizan tiene su

propio centro de masa y hace parte de un marco de referencia gravitacional diferente.

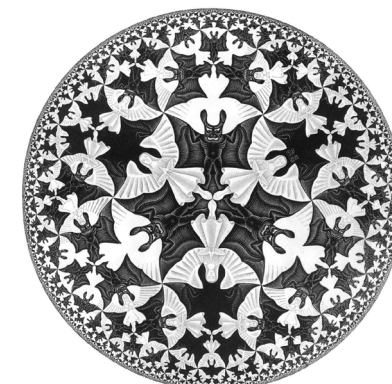
Esto presenta un gran contraste con las actividades normales y cotidianas que realizan cada uno de los personajes, a la vez que confluyen en una edificación en donde diferentes sistemas de escaleras representan las distintas gravedades que se habitan.

### {Galeria de los Grabados (1956)}



Otra obra de gran inteligencia matemática. Escher aplica a un dibujo plano una serie de transformaciones logarítmicas y exponenciales para

crear la forma espiralada, consiguiendo en su interpretación un *efecto droste* en el cual la mirada de sí mismo se repite cíclicamente.



- Límite Circular, I, III, IV (1958, 1959, 1960) -

# {Escher y los objetos imposibles}

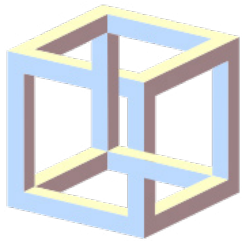
En su obra Escher establece una fuerte **relación** entre la matemática y la geometría con el arte.

Utiliza distorsión de la perspectiva, lo que hace que su obra pueda ser analizada desde diferentes miradas en virtud de las **múltiples** perspectivas de sus dibujos.

Trabaja los conceptos de cóncavo y convexo, que aplicados a sus obras hacen que las formas y líneas parezcan emerger de un lado, mientras que del otro pueden verse como la parte central del dibujo.

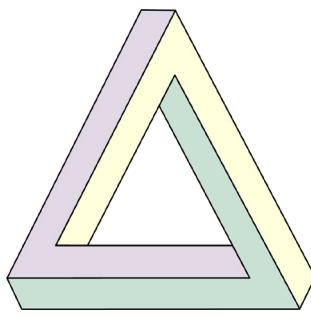
Igualmente en su obra, los diferentes puntos de un espacio pueden funcionar por si solos, sin embargo al verse como un todo no son posibles.

## {Objetos Imposibles}

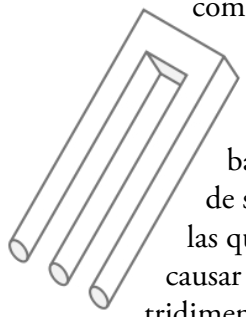


**El Cubo Imposible.** Está basado en el Cubo de Necker, publicado por primera vez por el cristalógrafo suizo, *Louis Albert Necker* en 1832. La figura es una ilusión óptica que cambia su orientación de acuerdo al marco perceptual.

**El Triángulo de Penrose.** Planteado en 1934 por el artista sueco *Oscar Reutersvärd*, y posteriormente en 1950 por el físico y matemático inglés *Roger Penrose*. El triángulo posee una configuración de ángulos rectos que hacen que el objeto sea imposible de reconstruir en tres dimensiones.



**Blivet.** También conocido como el "tenedor imposible". Fue utilizado por Escher como base en muchas de sus obras en las que quería causar un efecto de tridimensionalidad utópica.



**Triángulo de Reutersvärd.** El artista sueco dibujó una estrella de seis puntas, y luego la rodeó de cubos en cada una de las aristas.



La figura imposible remata con 3 cubos más, uno en cada extremo.



## {Belvedere (1958)}

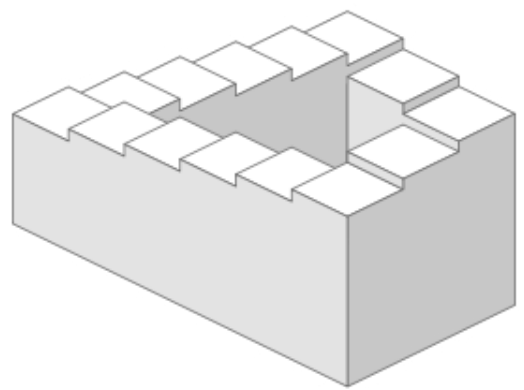
En esta obra, el artista hace una colección de referentes. Primero, la mujer que se dispone a subir por las escaleras del primer piso [1] es uno de los personajes que presenta el Bosco en la sección del infierno del Jardín de las Delicias. El hombre sentado en la banca [2] sostiene en sus manos el Cubo imposible, en el piso - y dibujado sobre un papel - tiene la muestra del Cubo de Necker.

Al lado un hombre encarcelado [3] detrás de unos barrotes también imposibles.

**Los arcos, las columnas y las cúpulas cambian la mirada de lo que es interior y exterior.**

## {La Escalera de Penrose}

Hace parte de la colección de objetos imposibles descritos por el físico y matemático inglés en 1958. Se trata de una ilusión óptica en la que una serie de escalones angulados 90° crean el espejismo de subir o bajar infinitamente, según se le mire. Escher la utilizó en su obra de 1953, *Subiendo y Bajando*, en la que se muestra el "ascenso o descenso" de veintiséis monjes en la parte alta de un monasterio.



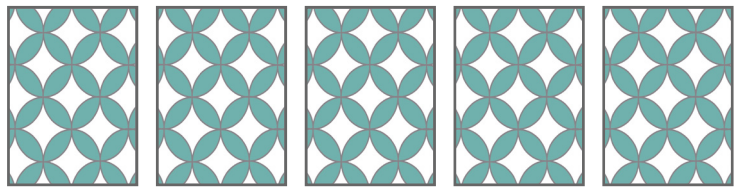
El Jardín de las Delicias, el Bosco (circa 1500). Fragmento de la parte central del infierno que representa el mundo onírico.

# {Escher y la Alhambra de Granada}

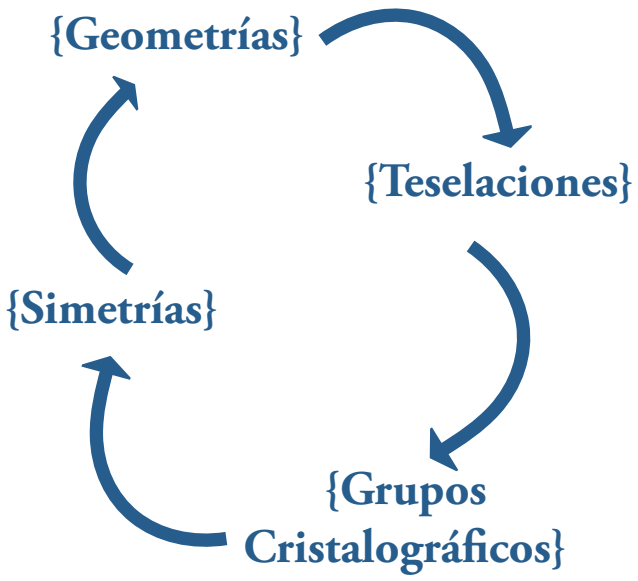
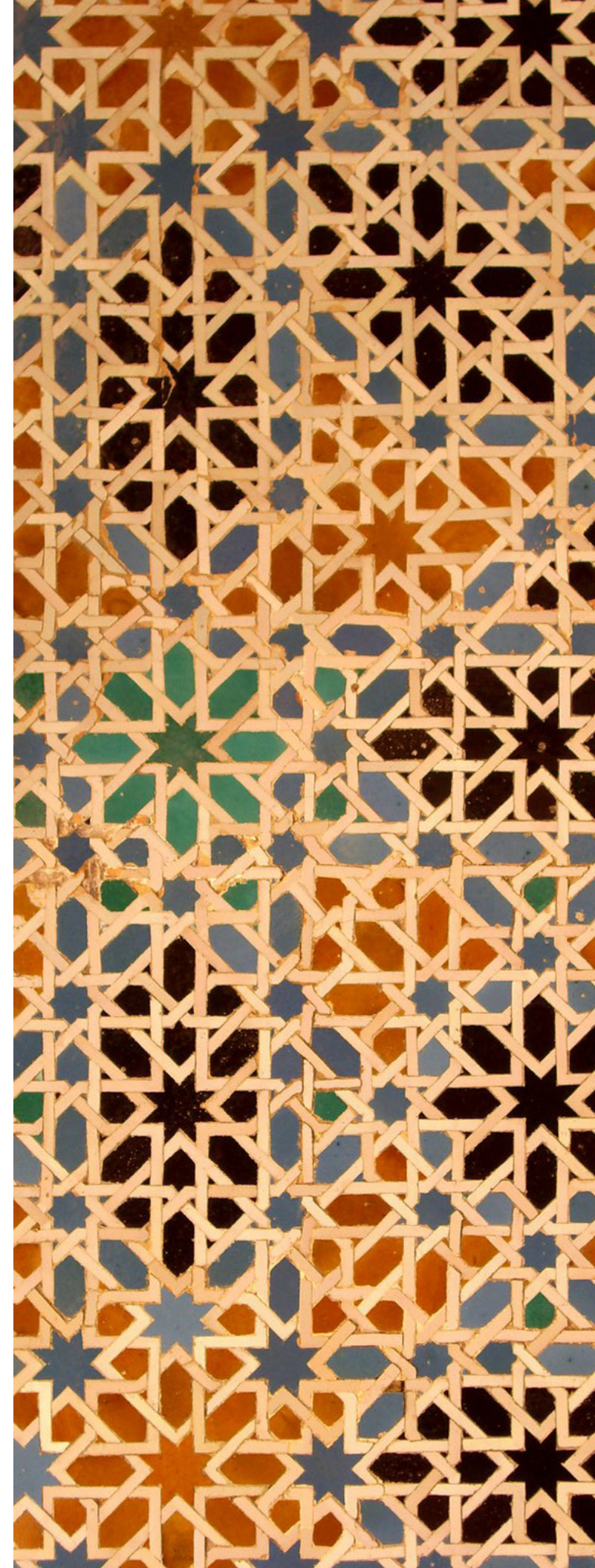
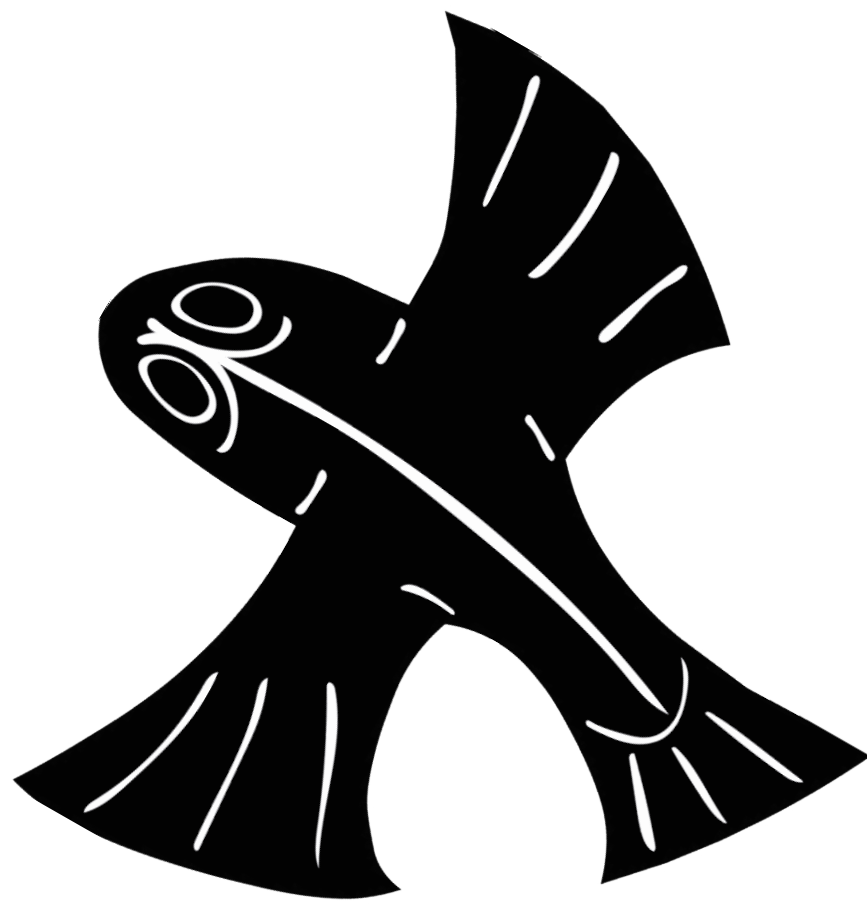
Hay dos etapas importantes en la vida de Escher como artista, la primera en Italia donde es un consumado paisajista. Luego de 1936 hace viajes a España, y es en Granada donde comienza una nueva etapa al interesarse por el arte geométrico plasmado en los mosaicos de fino arte islámico - nazarí de La Alhambra.

Escher, transforma las pavimentaciones geométricas en formas vivas que dividen simétricamente el plano euclideo.

Escher comienza a estudiar la división regular del plano euclideo y sus 17 formas de división, posteriormente con igual número de grupos cristalográficos. ¿Coincidencia? Una más: en La Alhambra se encuentran exactamente esas mismas 17 formas. El artista al contrario de los musulmanes, da vida a cada una de las divisiones o teselas del plano.



Al contrario de los artistas que decoraron la Alhambra, M.C Escher propuso una geometrización del plano partiendo de mallas que se convertían en motivos vivos que cubrían la totalidad del plano geométrico.



“La Alhambra de Granada es la fuente de inspiración más fértil de todas de las que he bebido.”  
- M.C. Escher



# { T e s e l a c i o n e s }

## Relación Arte y Geometría (Arte Geométrico)

Una **teselación** consiste en cubrir o “embaldosar” una superficie plana con patrones geométricos. Deben cumplirse dos condiciones para que dicha superficie pueda considerarse un teselado: *primero*, las figuras no deben superponerse; y *segundo*, no deben quedar espacios vacíos entre las baldosas. Además, el ángulo en el que concurren los vértices debe sumar  $360^\circ$  ( $2\pi$ ).

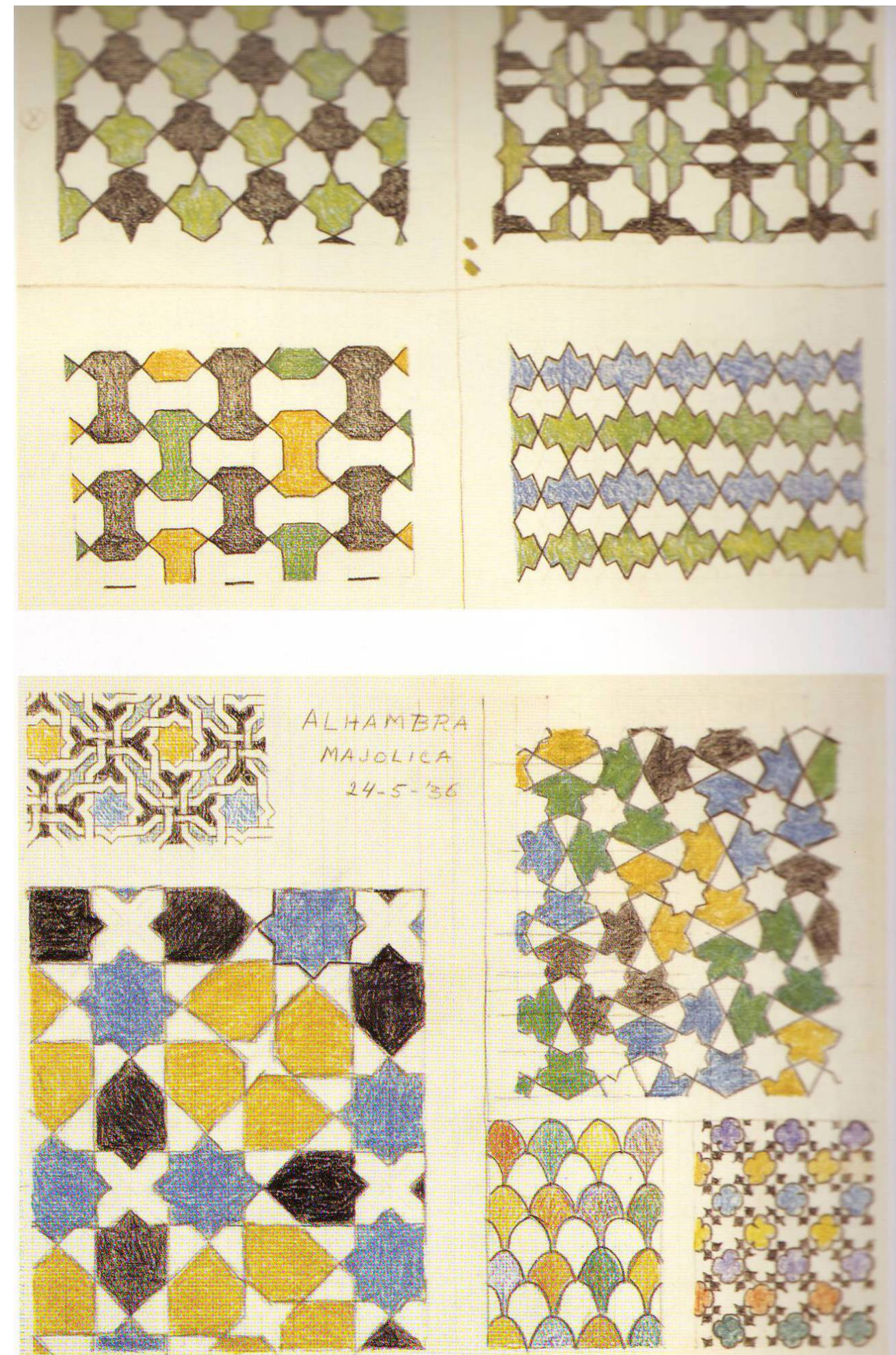
Existen teselaciones regulares (con un mismo polígono) y teselaciones irregulares (con diferentes polígonos).

Escher, *El Sol y La Luna* (Xilografía, 1958) - Teselación



Contraste nuevamente entre claridad y oscuridad. Los pájaros verdes vuelan mientras un brillante sol emite rayos amarillos y rojos, a la vez que sirven de fondo para que pájaros de color blanco crucen el cielo nocturno en medio de planetas y estrellas con la luna creciente en el centro.

(Tomado de: M.C. Escher, Estampas y Dibujos. Taschen)



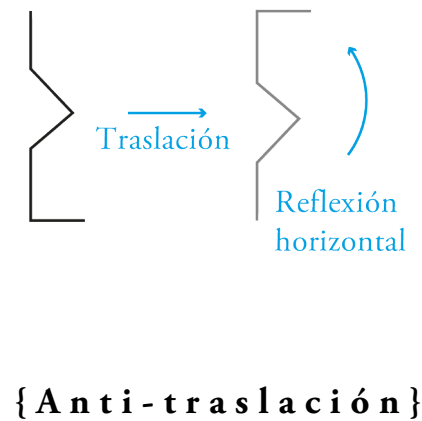
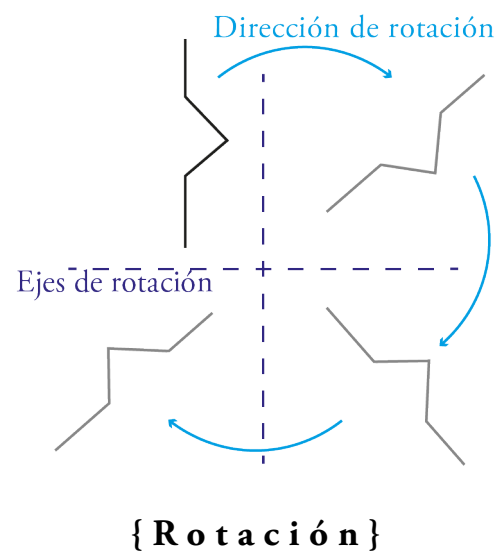
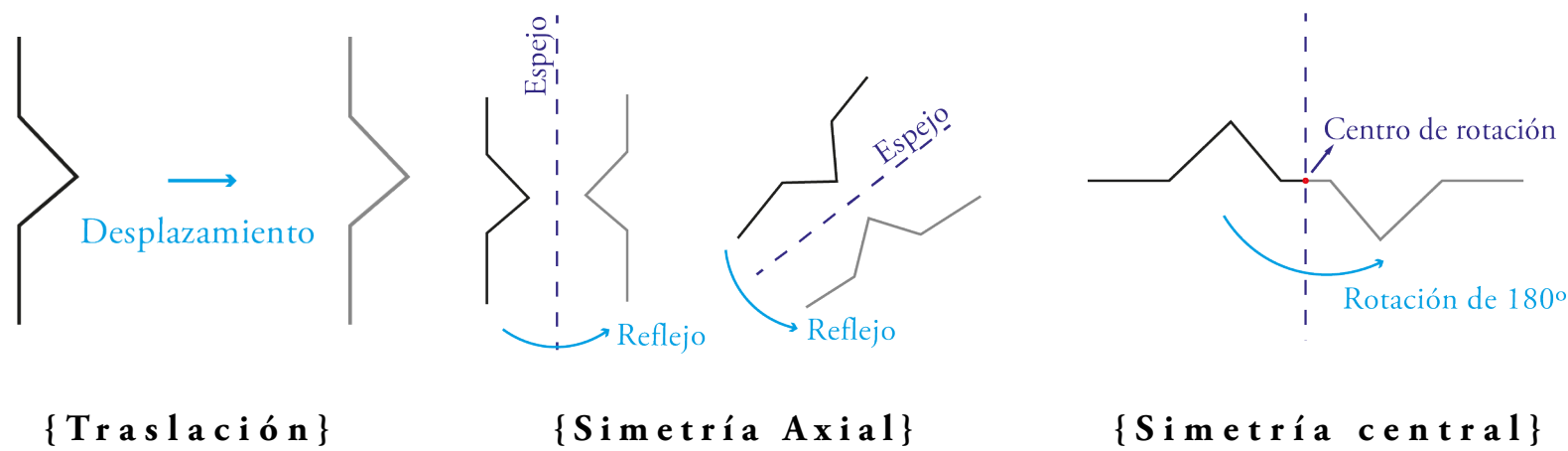
Apuntes de M.C Escher visita a La Alhambra (1936)

# { Teselados: 17 grupos de simetría }

Los teselados se conforman a partir de isometrías, las cuales consisten en mover objetos gráficos en un plano.

## Traslación / Rotación / Simetría

Tipos de Isometrías



### { Grupos de Simetría }

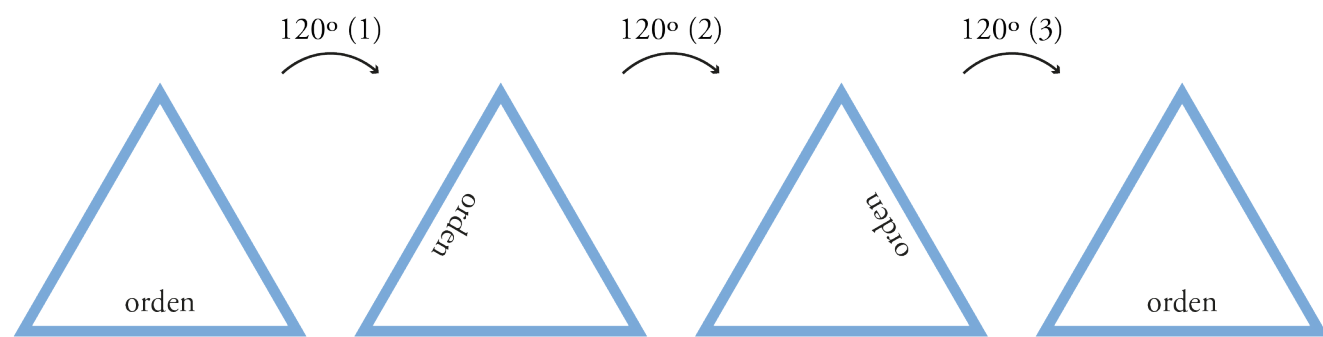
- p1
- p2
- p3
- p4
- p5
- p6
- pg
- pgg
- cm
- pm
- pmg
- cmm
- p4g
- p4m
- p31m
- p3m1
- p6m



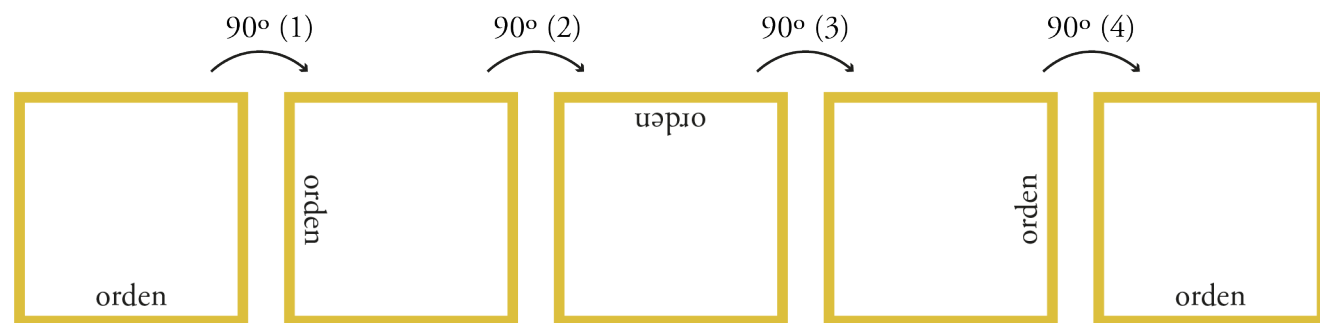
Escher, Partición Regular de Superficie No 99. (1954)

Se determinan de acuerdo al número de rotaciones que debe dar la pieza para volver a su posición inicial.

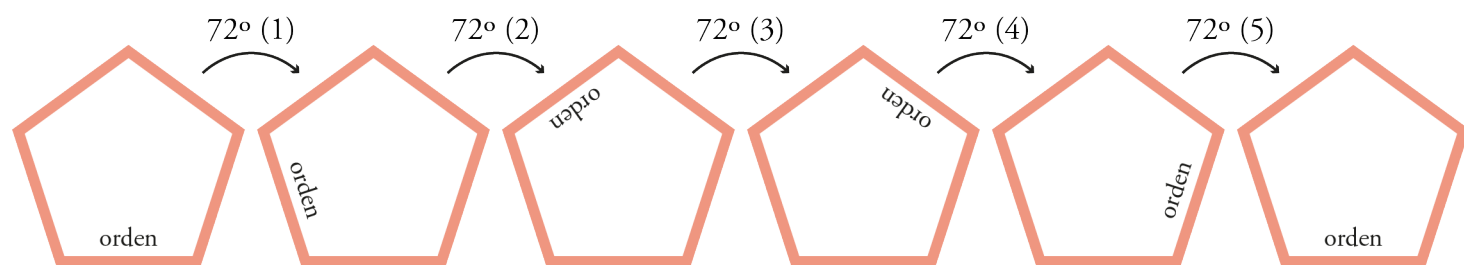
**{ Simetría orden 3 }**



**{ Simetría orden 4 }**



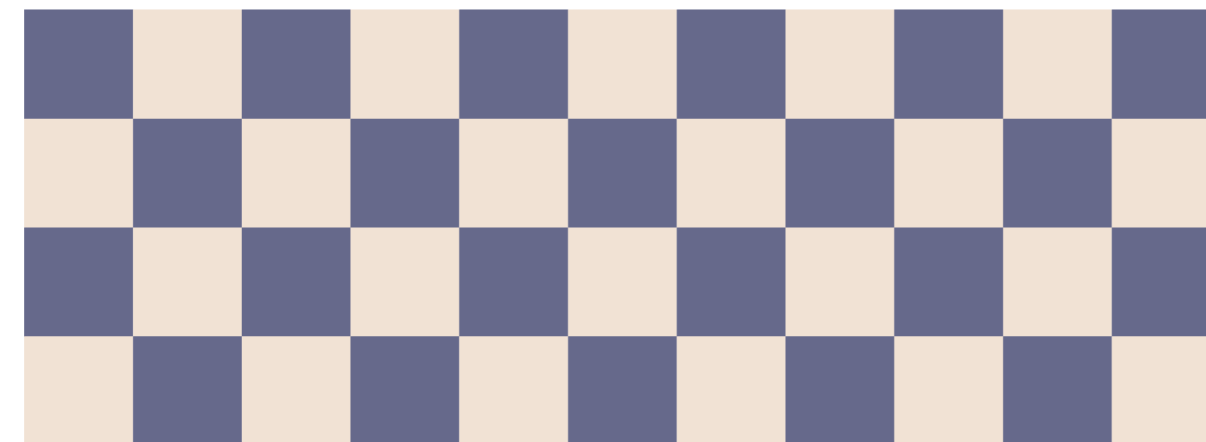
**{ Simetría orden 5 }**



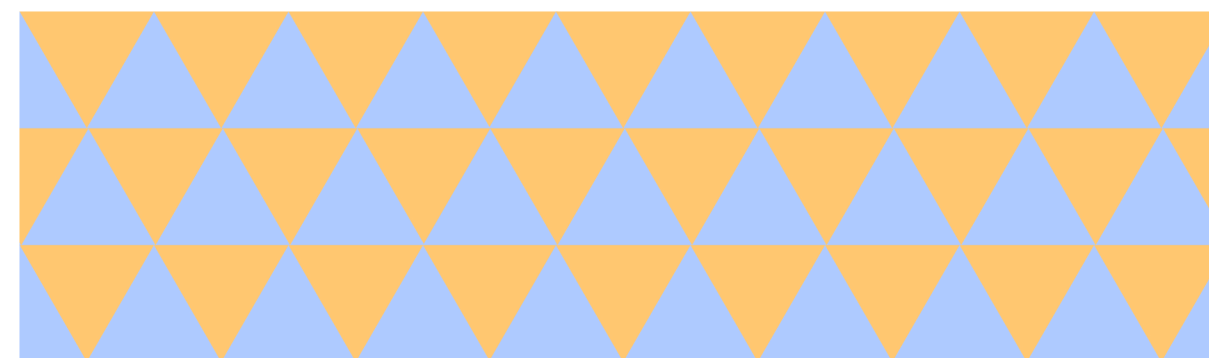
**{ T e s e l a d o s R e g u l a r e s }**

Solo se pueden conseguir con tres polígonos regulares: el cuadrado, el triángulo equilátero y el hexágono.

**{ Teselación cuadrada }**



**{ Teselación triangular }**


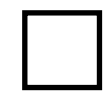



**{ Teselación hexagonal }**



**{ Polígonos regulares }**

Ángulos interiores divisores de 360°

-  → 60°, 6 vértices
-  → 90°, 4 vértices
-  → 120°, 3 vértices

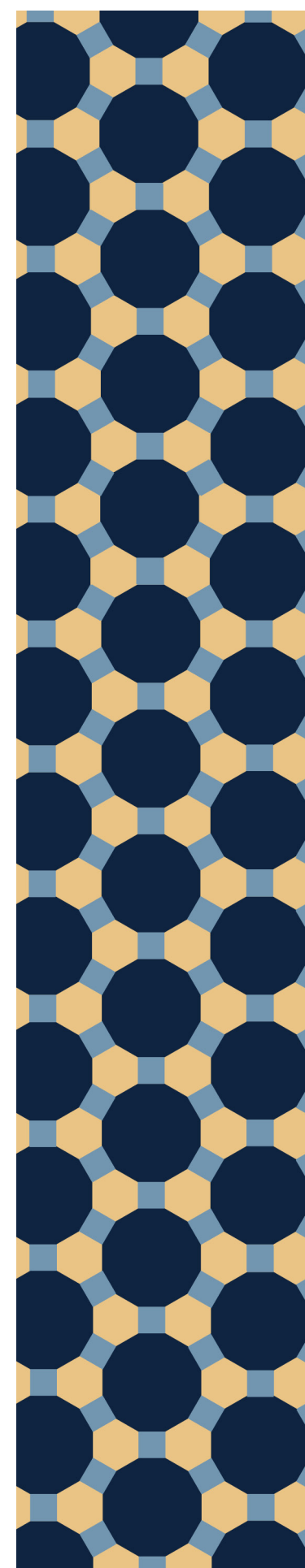
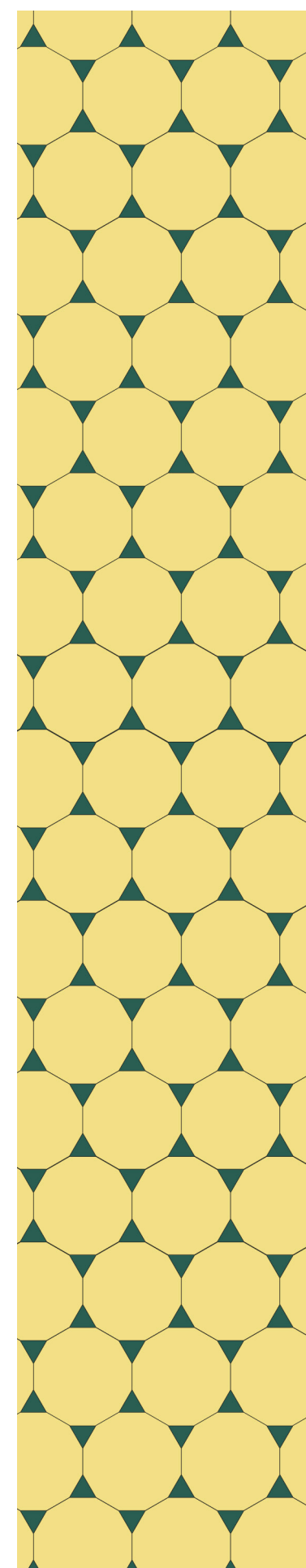
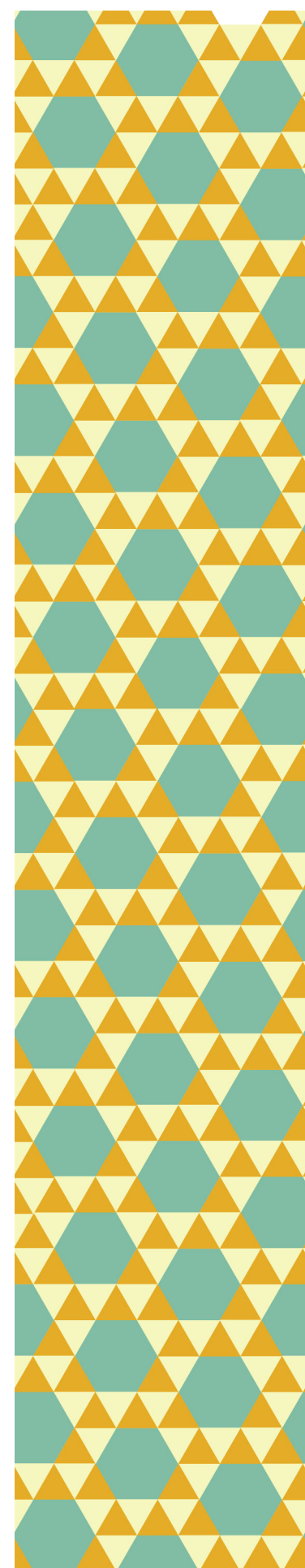
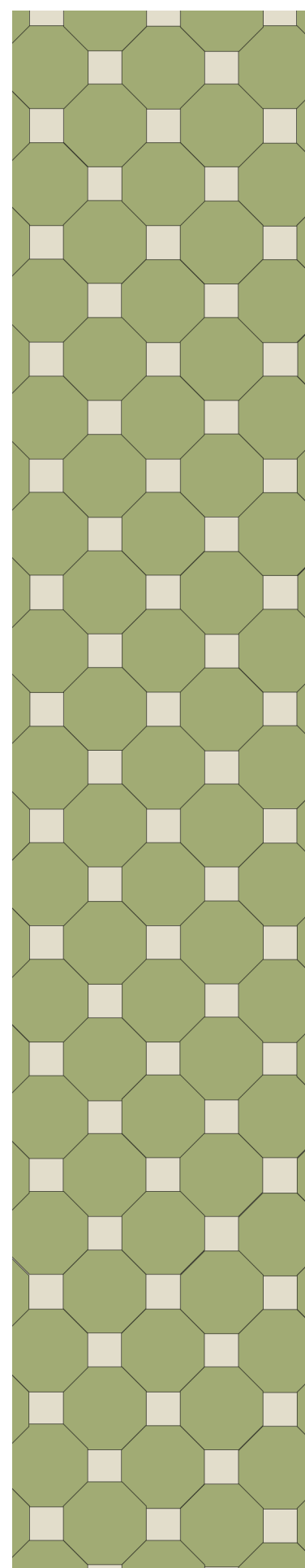
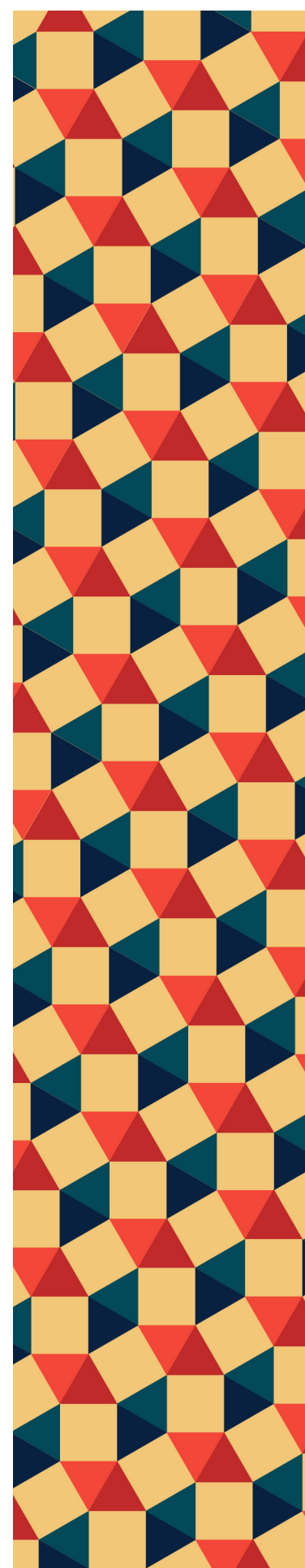
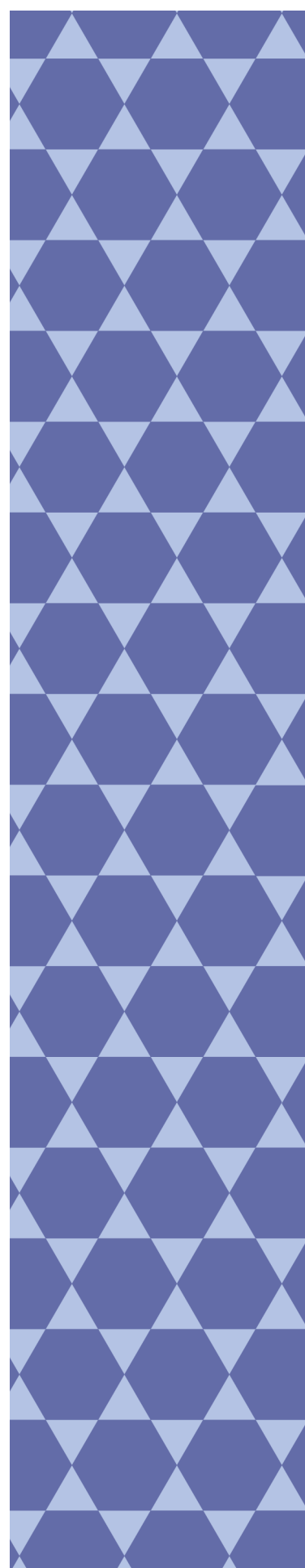
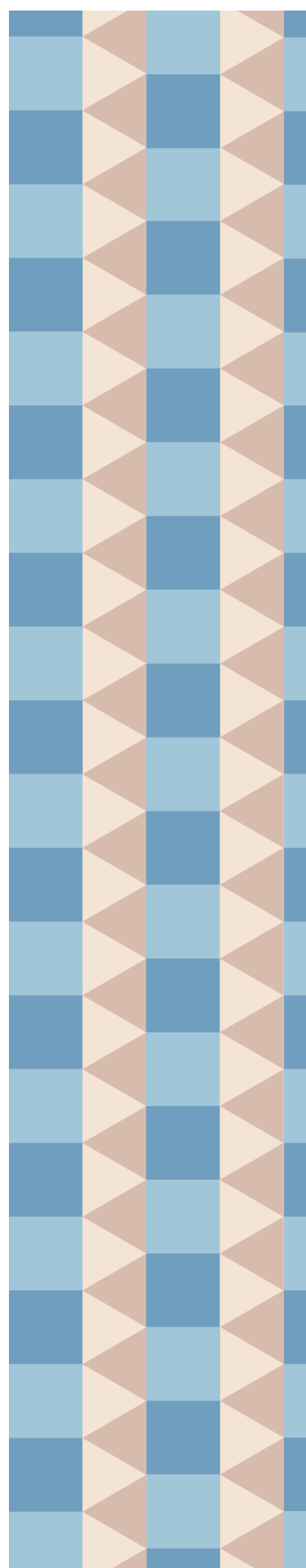
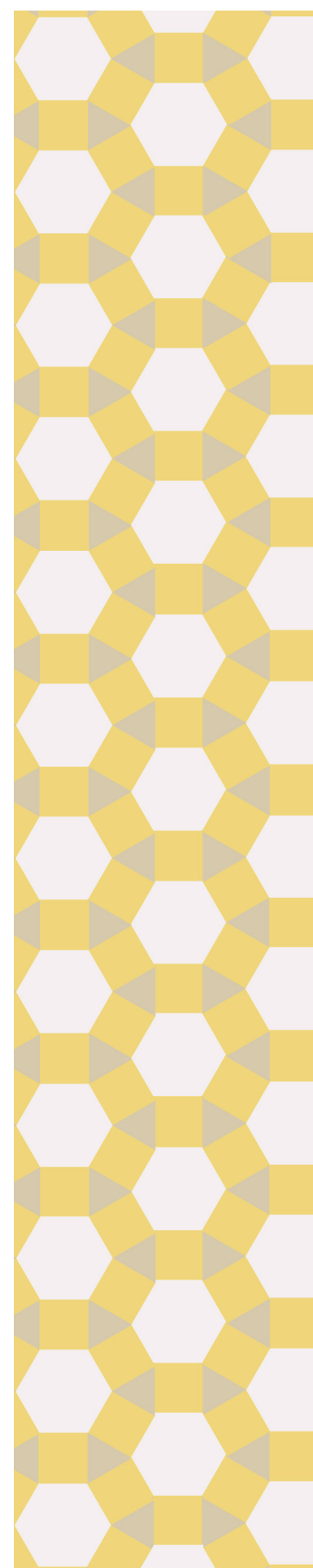
**{ Evgraf Fedorov }**

Imperio Ruso (1853 - 1919)

Matemático y cristalógrafo ruso. En 1891 demostró que existen 17 simetrías para teselaciones del plano euclideo.



{ L o s 8 M o s a i c o s S e m i r e g u l a r e s }



# { Grupos Cristalográficos: ejemplos }

**p 1**

## { Características }

Se construye a partir de dos vectores de traslación, que pueden ser perpendiculares  
La figura inicial es un cuadrado, rectángulo o paralelogramo

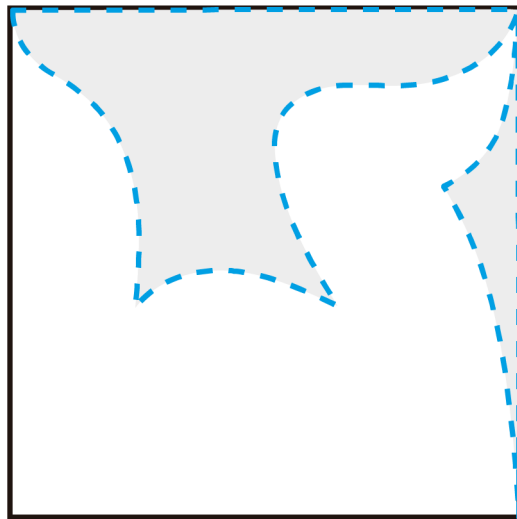
## { Isometrías - Transformaciones }

1. Traslación
2. Traslación

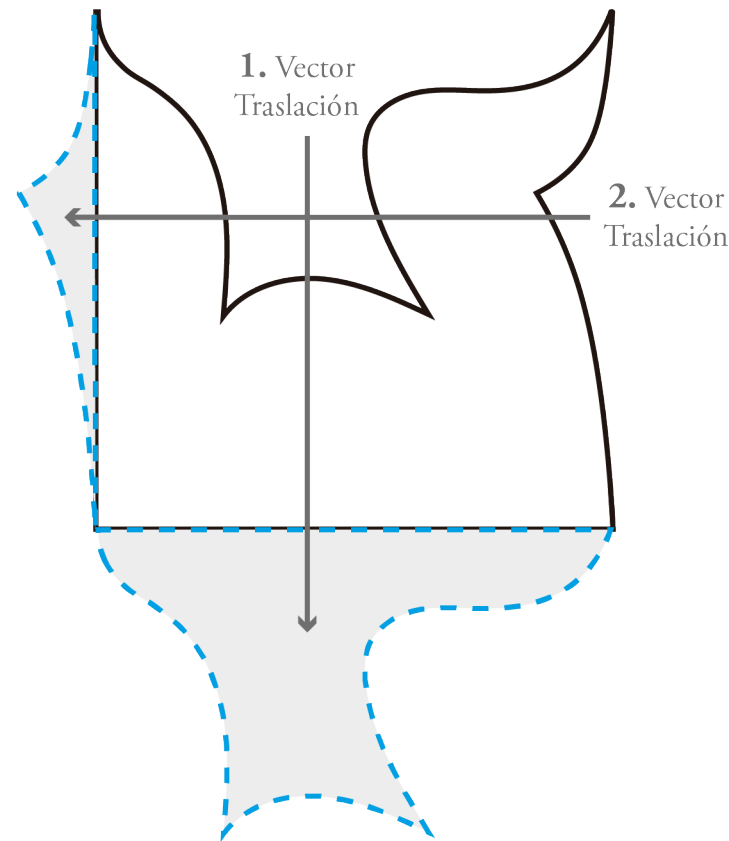


Escher, Pájaro, Mosaico 128 . (1967)

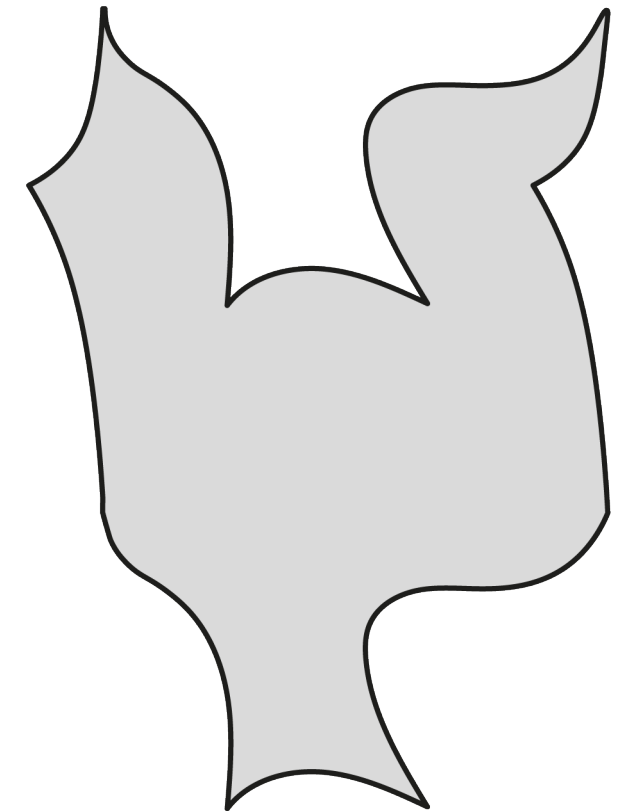
1.



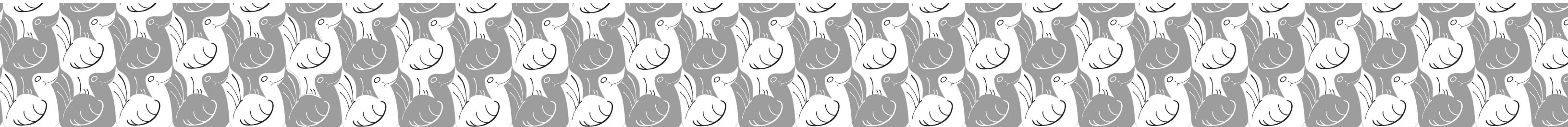
2.



3.



{ Mosaico }



# { Grupos Cristalográficos: ejemplos }

## { Características }

No tiene centros de rotación ni ejes de simetría

La figura inicial es un rectángulo

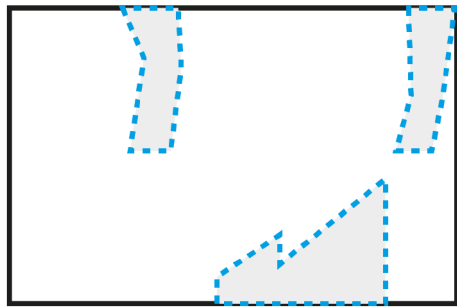
Tiene vectores de traslación y ejes de simetría con deslizamiento

# pg

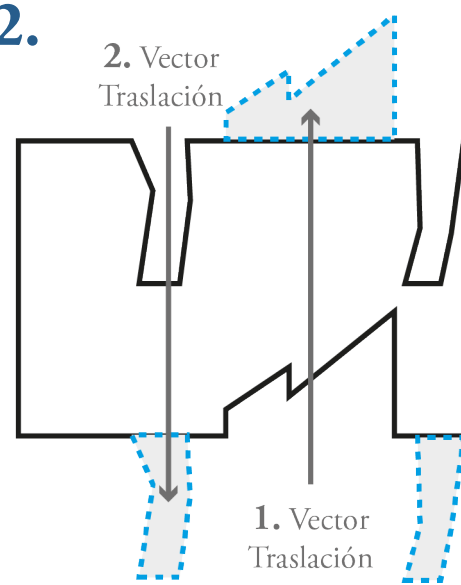
## { Isometrías - Transformaciones }

1. Traslación
2. Simetría con deslizamiento (anti traslación)

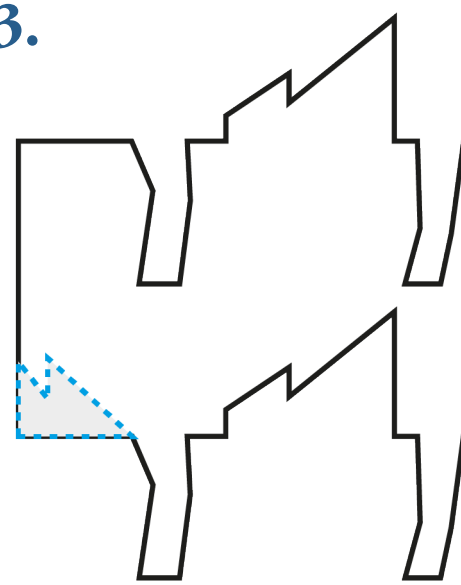
1.



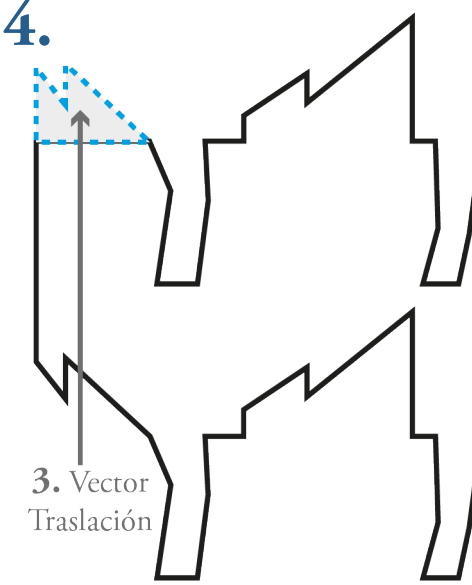
2.



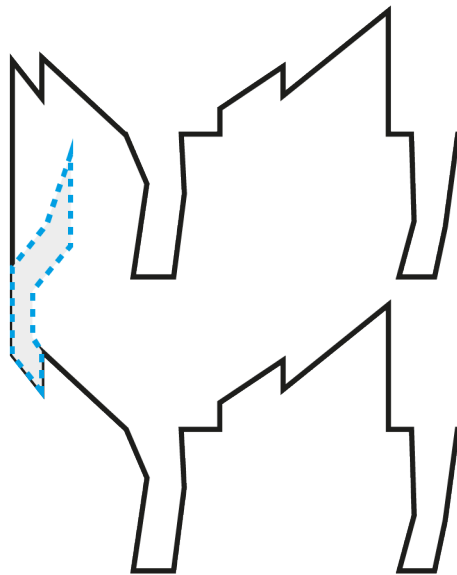
3.



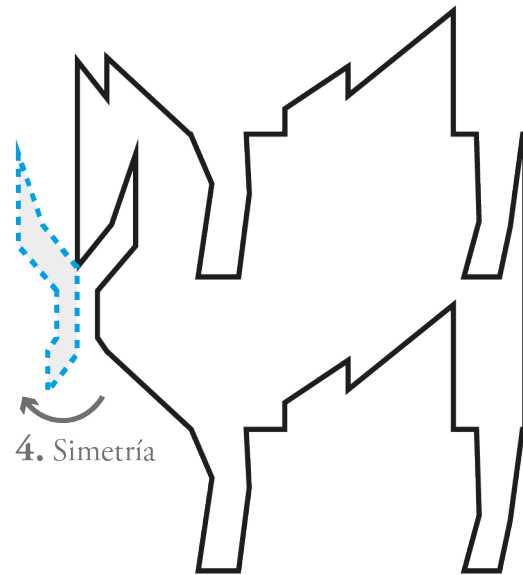
4.



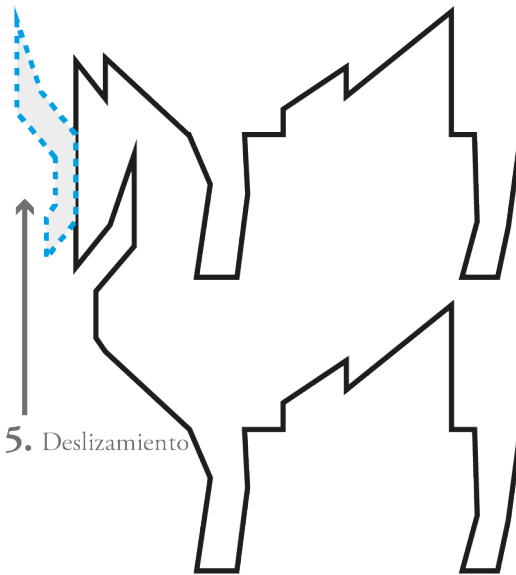
5.



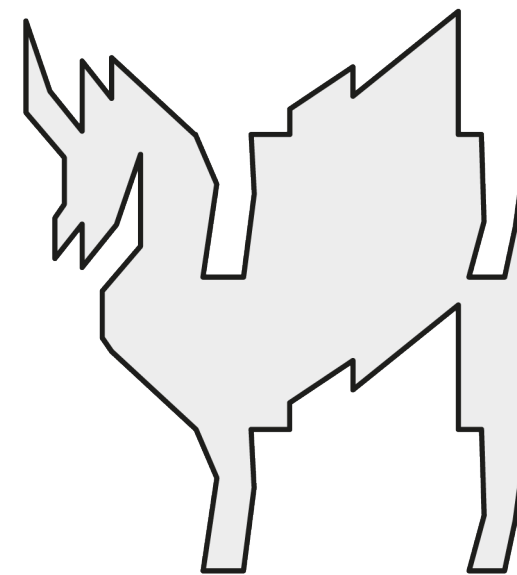
6.



7.



8.



Escher, Unicornios, Mosaico 78. (1951)



{ Mosaico }



# { Grupos Cristalográficos: ejemplos }

{ Características }

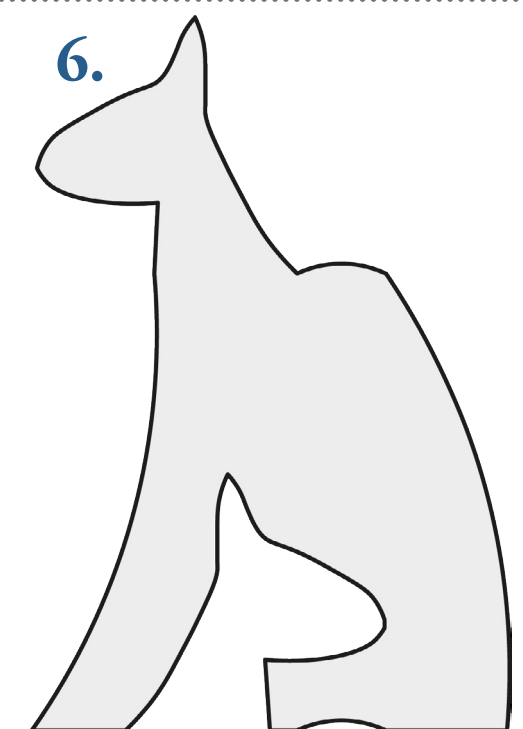
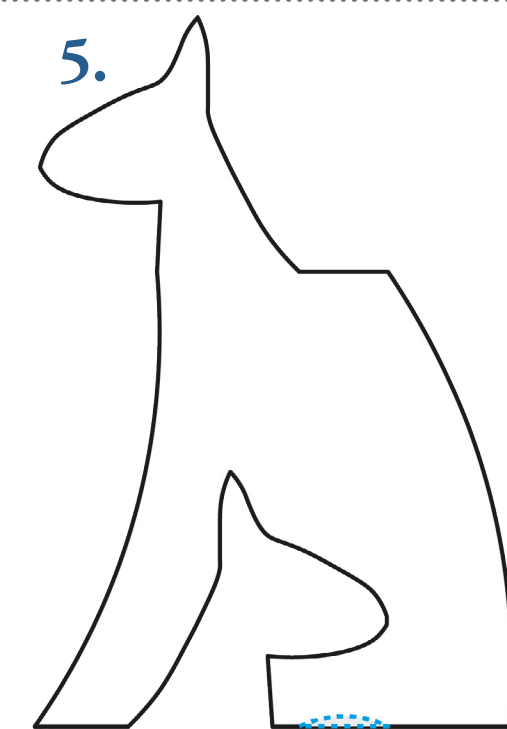
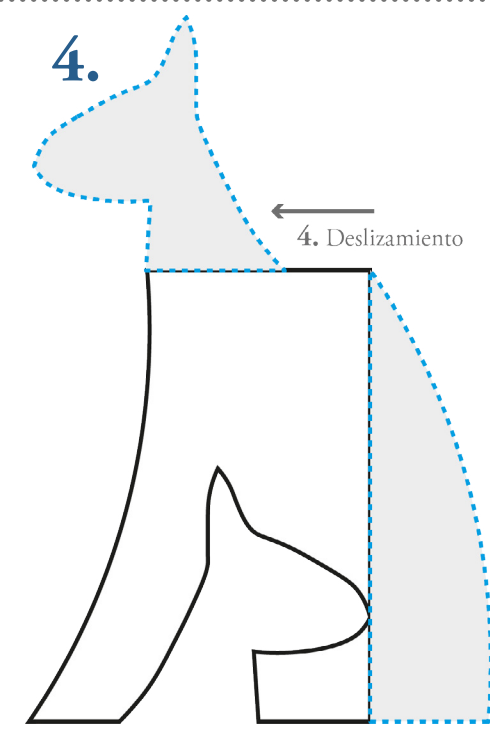
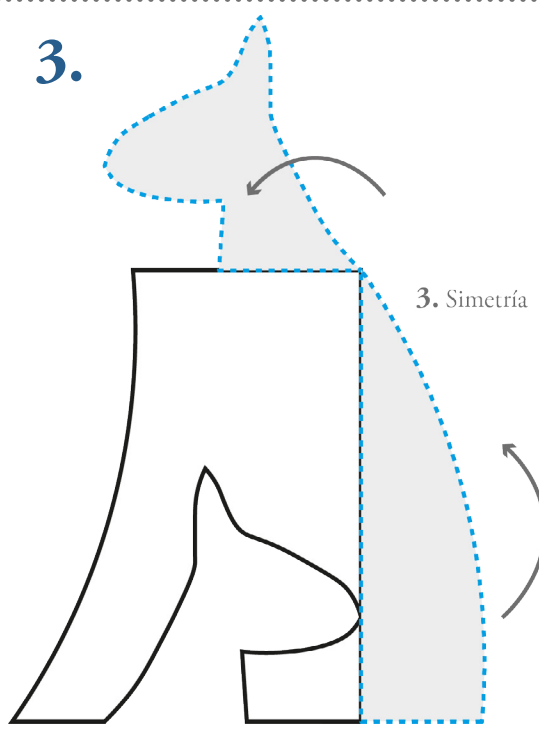
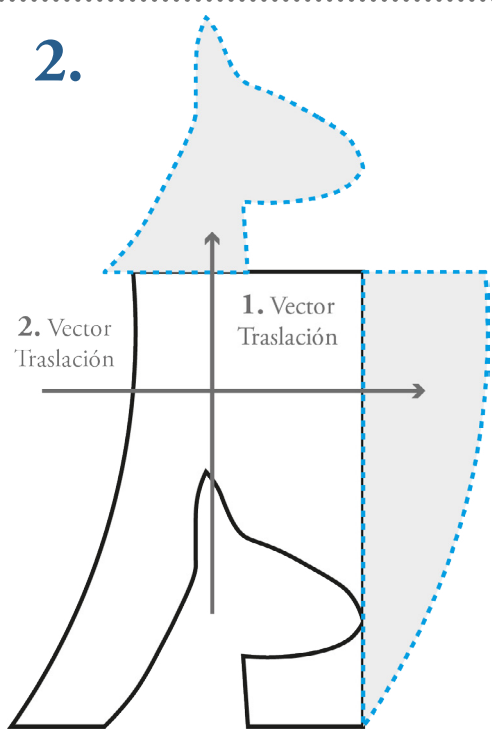
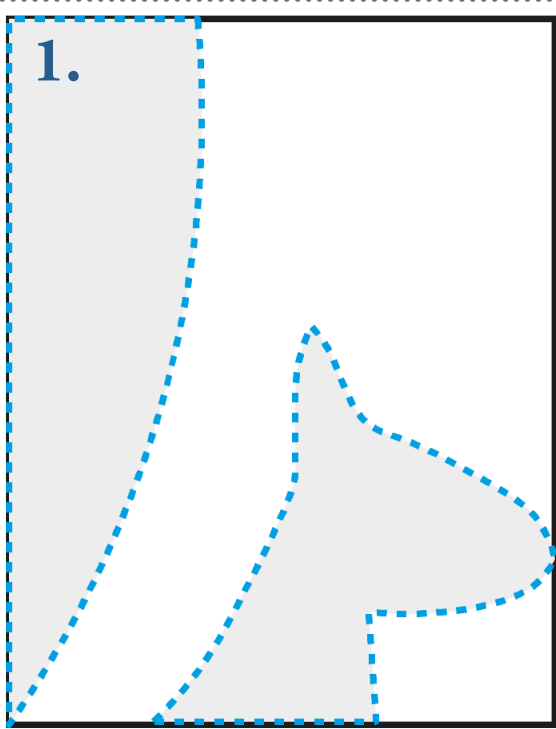
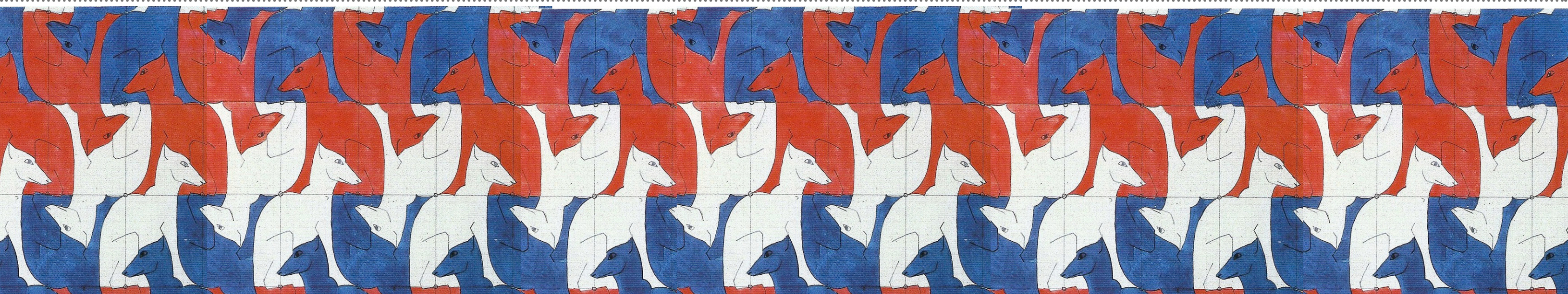
# P g g

{ Isometrías - Transformaciones }

1. Simetría con deslizamiento (anti traslación)
2. Simetría con deslizamiento (anti traslación)

Centros de rotación de orden 2 (180°)  
La figura inicial es un rectángulo  
Permite orientar el mosaico arriba - abajo / derecha - izquierda

*Escher, Perros, Mosaico 16. (1937)*



# { Grupos Cristalográficos: ejemplos }

## p 4

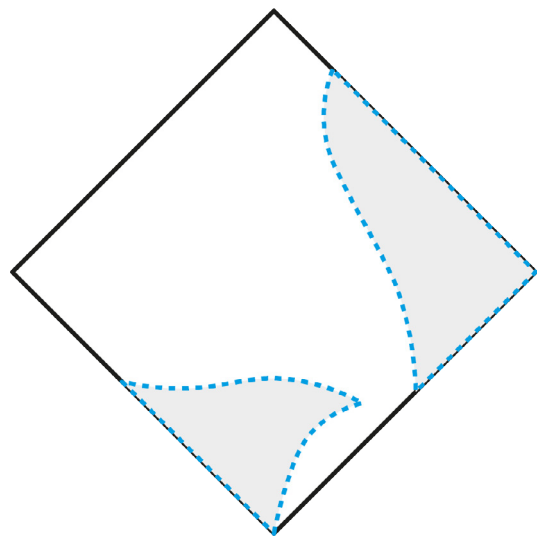
### { Características }

Vectores de rotación de orden 4 (giro de  $90^\circ$ )  
 La figura inicial es un cuadrado  
 Los ejes de rotación son los vértices opuestos del cuadrado

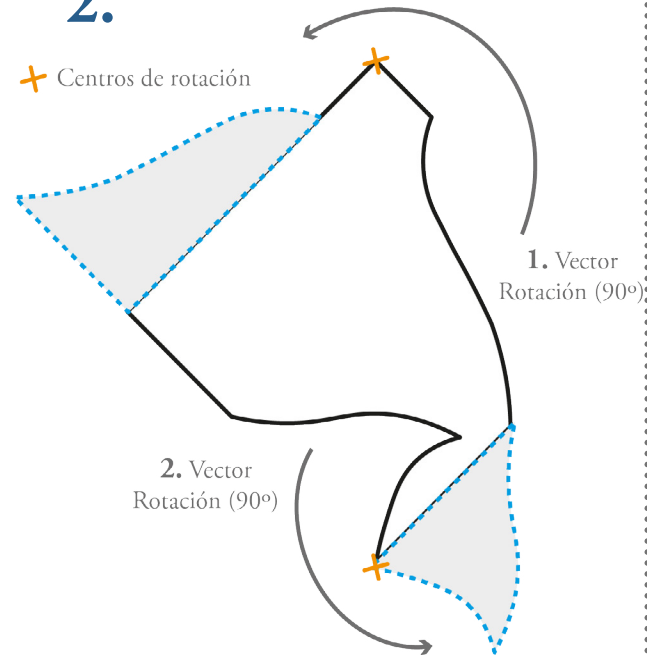
### { Isometrías - Transformaciones }

1. Rotación  $90^\circ$
2. Rotación  $90^\circ - 180^\circ$

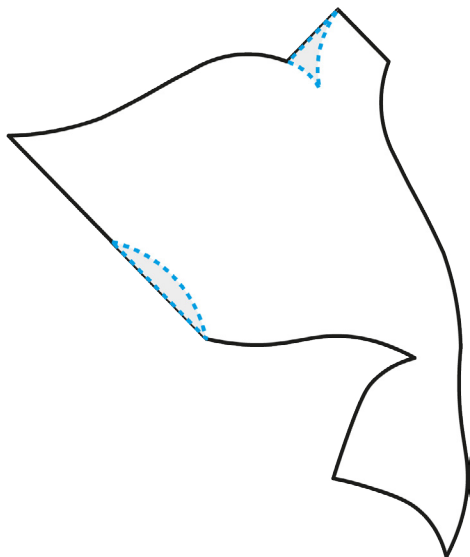
1.



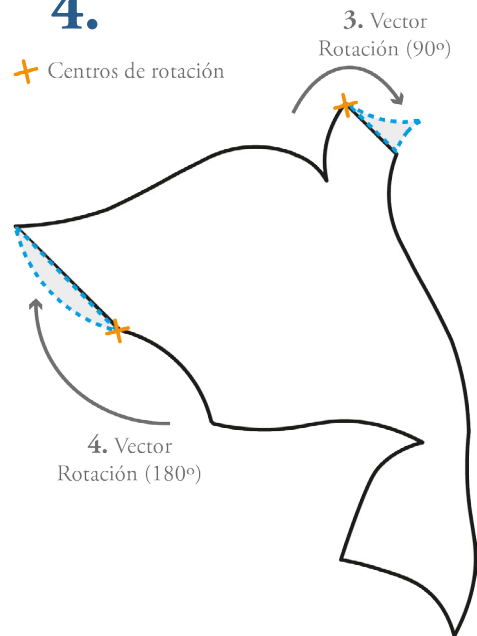
2.



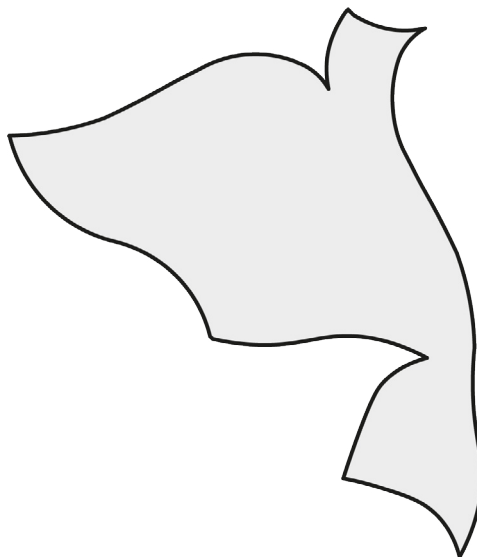
3.



4.



5.



### { Características }

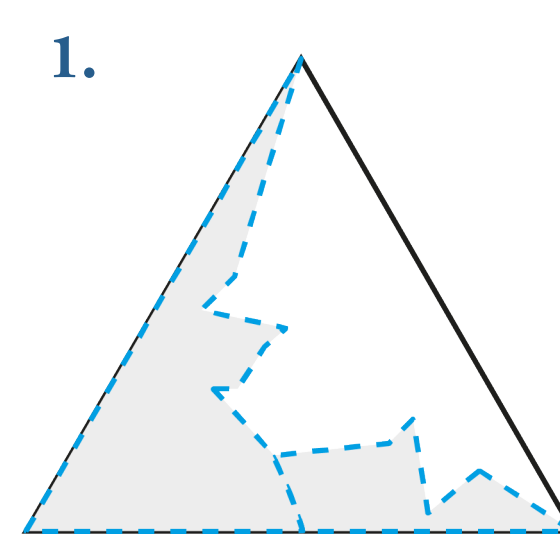
Centros de rotación de 3 tipos  
 La figura inicial es un triángulo equilátero.  
 Rotaciones de orden 6 ( $60^\circ$ ), orden 2 ( $180^\circ$ ), orden 3 ( $120^\circ$ )

### { Isometrías - Transformaciones }

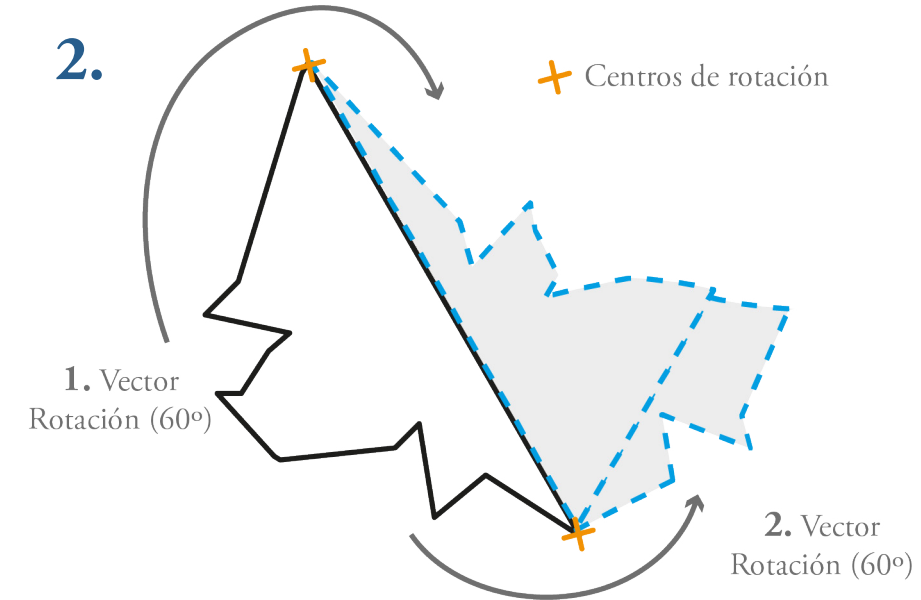
1. Rotación orden 6, 2 ó 3
2. Simetría respecto al centro del lado opuesto a la rotación

## p 6

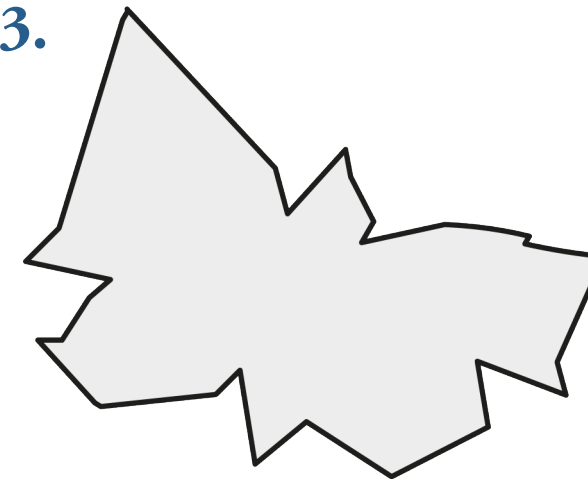
1.



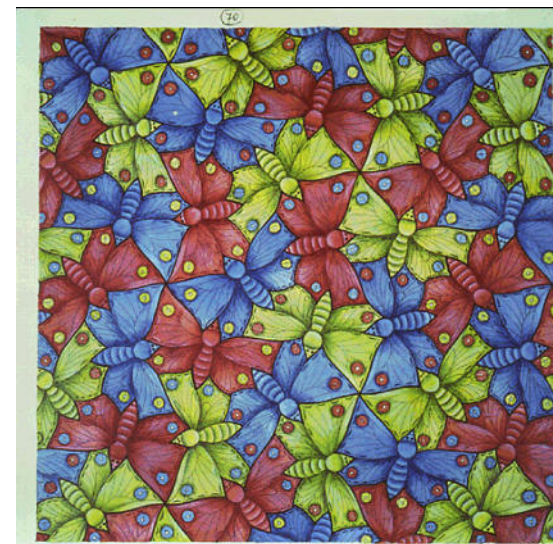
2.



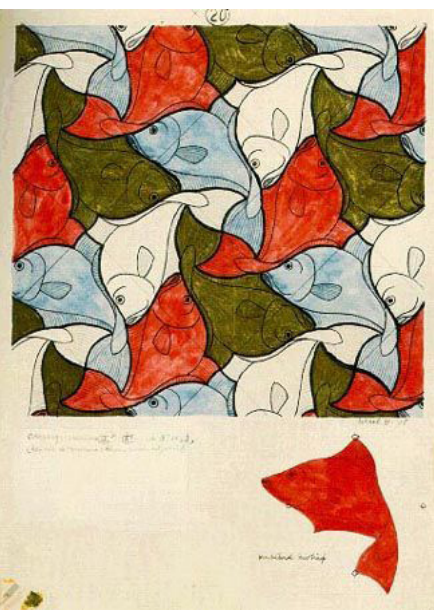
3.



Escher, Mariposas, Mosaico 70. (1948)



Escher, Peces, Mosaico 20. (1938)





# { Grupos Cristalográficos: ejemplos }

## p 2

{ Características }

Vectores de rotación de orden 2 (giro de  $180^\circ$ )  
La figura inicial es un rombo  
Los ejes de rotación son los vértices opuestos del rombo

{ Isometrías - Transformaciones }

1. Rotaciones  $90^\circ$
2. Traslación

Escher, Caballo de Mar, Mosaico 11 . (1937)



## p 3

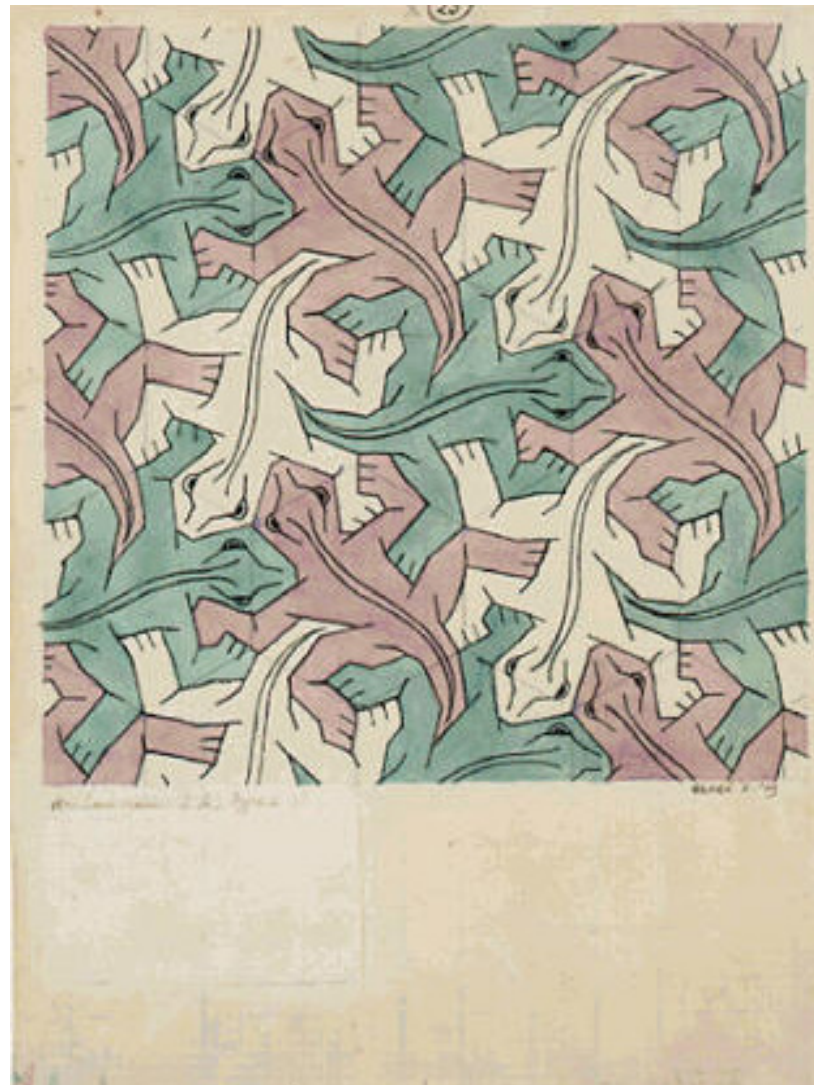
{ Características }

Vectores de rotación de orden 3 (giro de  $120^\circ$ )  
La figura inicial es un hexágono  
Los vectores de traslación forman ángulo de  $60^\circ$

{ Isometrías - Transformaciones }

1. Rotaciones  $120^\circ$
2. Traslación (vectores en ángulo de  $60^\circ$ )

Escher, Lagartijas, Mosaico 25 . (1939)



## c m

{ Características }

Ejes de simetría paralelos  
La figura inicial es un triángulo isósceles  
El triángulo se refleja horizontalmente para formar un rombo

{ Isometrías - Transformaciones }

1. Simetría con deslizamiento
2. Traslación

Escher, Escarabajos, Mosaico 91 . (1953)



# { Simetrías de Escher: galería }

*Caballo, No. 8. (1937)*



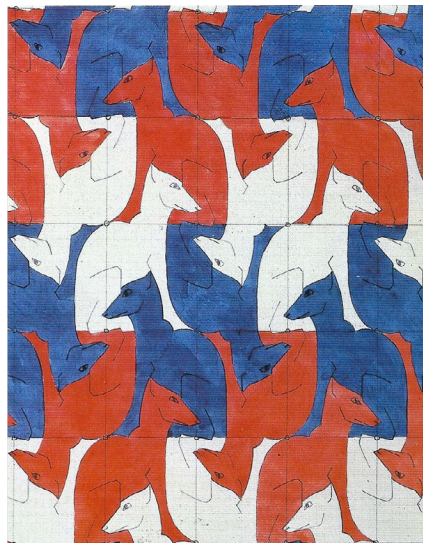
*Caballo de mar, No 11. (1937)*



*Lagartijas, No 15. (1937)*



*Perros, No 16. (1937)*



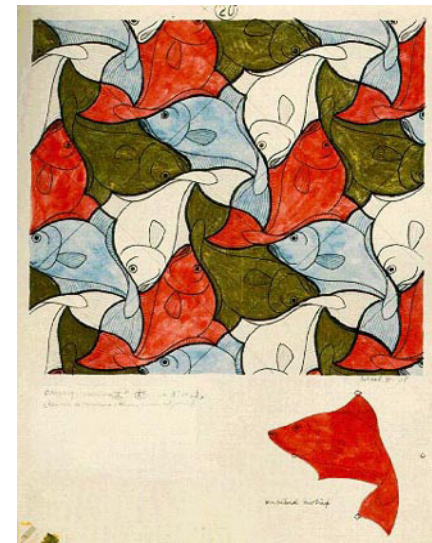
*Águila, No 17. (1938)*



*Dos pájaros, No 18. (1938)*



*Peces, No 20. (1938)*



*Payasos, No 21. (1938)*



*Pájaros / Peces, No 22. (1938)*



*Lagartijas, No 25. (1938)*



*Tres Pájaros, No 28. (1938)*



*Pájaros / Peces, No 34. (1941)*



*Pájaros / Peces, No 34B. (1941)*



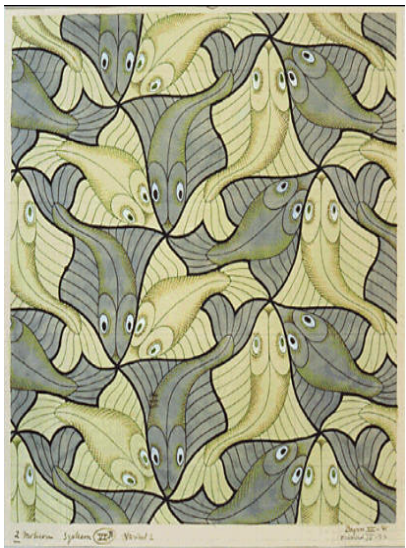
*Libélulas, No 38. (1941)*



*Cangrejos, No 40. (1941)*



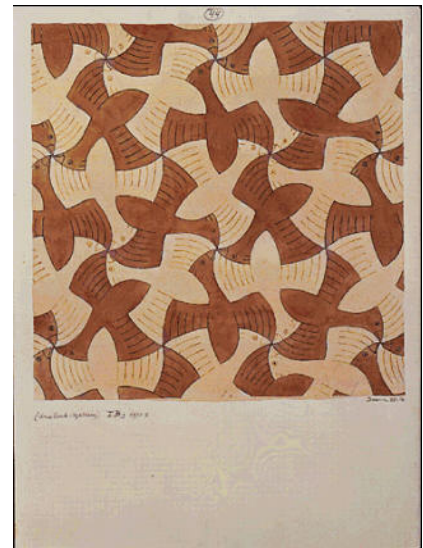
*Dos Peces, No 41. (1941)*



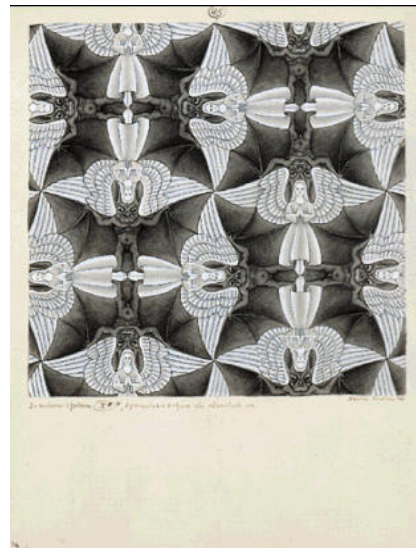
*Concha / Estrella, No 42. (1941)*



*Pájaros, No 44. (1941)*



*Angel / Demonio, No 45. (1941)*



*Dos Peces, No 46. (1942)*



*Ranas, No 51. (1942)*



# { Simetrías de Escher: galería }

*Peces, No. 55. (1942)*



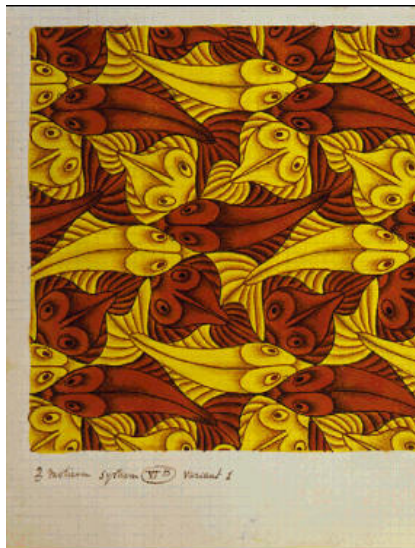
*Lagartijas, No. 56. (1942)*



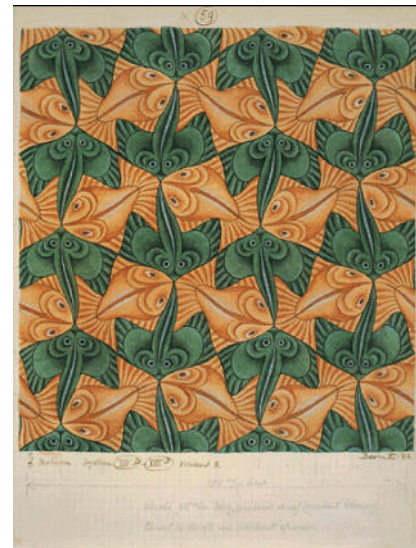
*Dos Peces, No. 57. (1942)*



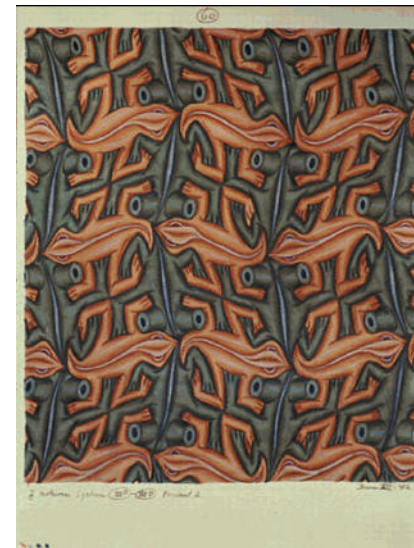
*Dos Peces, No. 58. (1942)*



*Dos Peces, No. 59. (1942)*



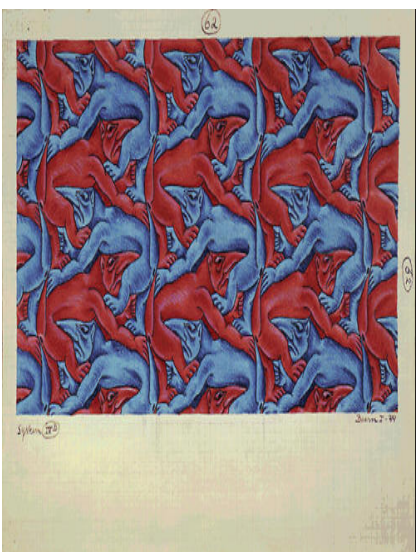
*Dos Lagartijas, No. 60. (1942)*



*Dos Criaturas, No. 61. (1944)*



*Demonios, No. 62. (1944)*



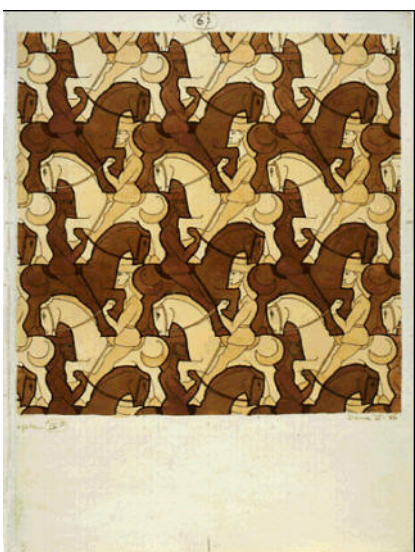
*Pesimista / optimista, No. 63. (1944)*



*León Alado, No. 66. (1945)*



*Jinete, No. 67. (1946)*



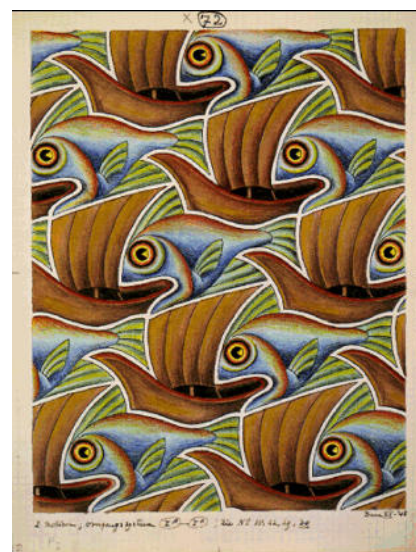
*Pez / Patol / lagarto, No. 69. (1948)*



*Mariposas, No. 70. (1948)*



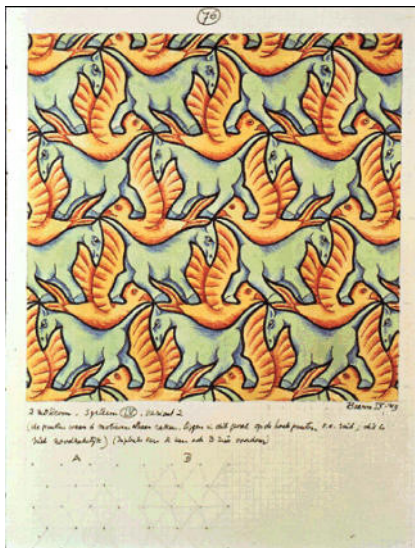
*Pez / Bote, No. 72. (1948)*



*Pez Volador, No. 73. (1949)*



*Caballo / Pájaro, No. 73. (1949)*



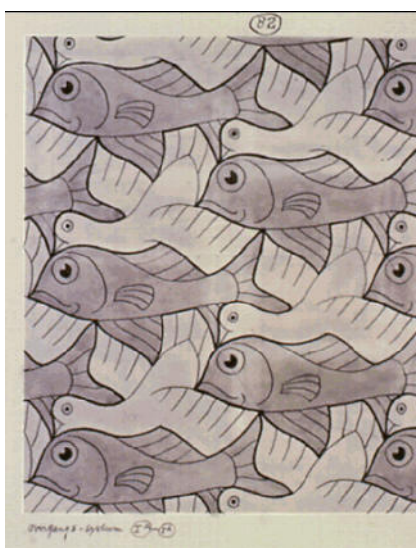
*Unicornio, No. 78. (1950)*



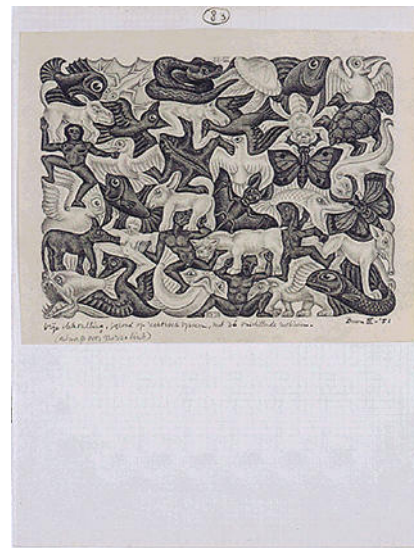
*Pez Volador / Pájaro, No. 80. (1950)*



*Pájaro / Pez, No. 78. (1950)*



*36 Motivos, No. 83. (1951)*



*Pájaro / Pez, No. 84. (1951)*



# { Simetrías de Escher: galería }

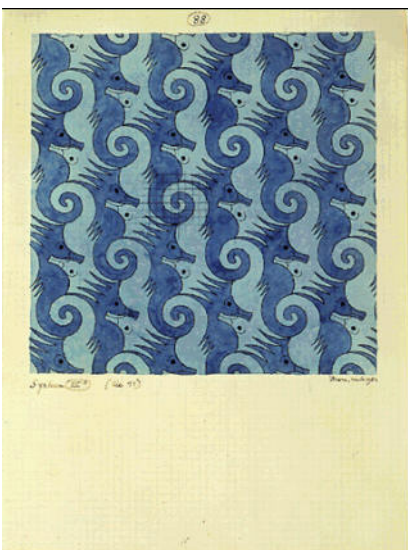
*Tres Animales, No. 85. (1952)*



*Dos Pájaros, No. 87. (1952)*



*Caballo de Mar, No. 88. (1952)*



*Escarabajos, No. 91. (1953)*



*Peces, No. 93. (1954)*



*Peces, No. 94. (1955)*



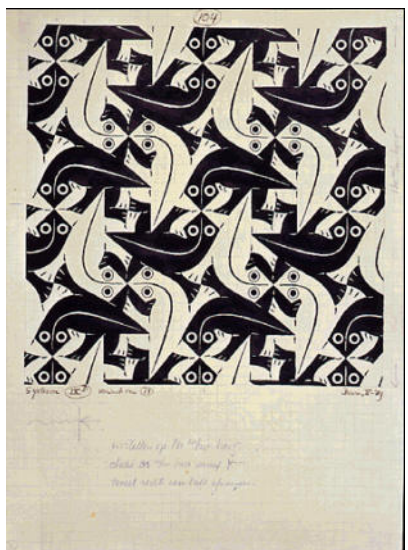
*Cisnes, No. 96. (1955)*



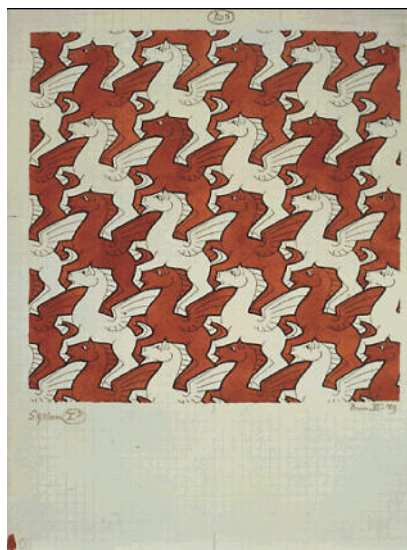
*Lagartijas, No. 101. (1956)*



*Lagartijas, No. 104. (1959)*



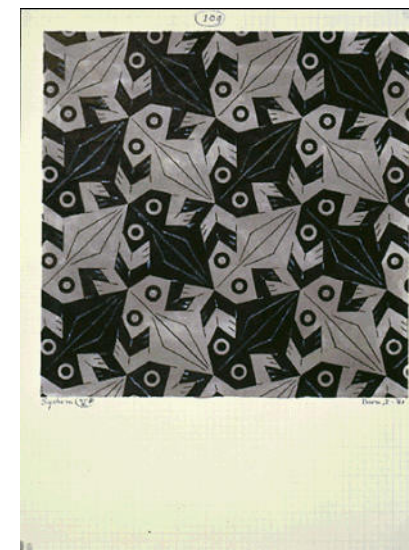
*Pegaso, No. 105. (1959)*



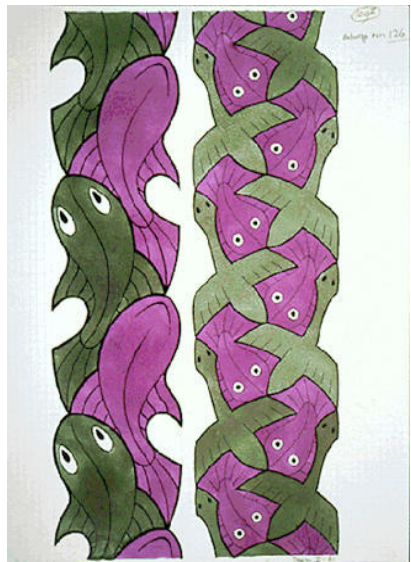
*Peces, No. 107. (1960)*



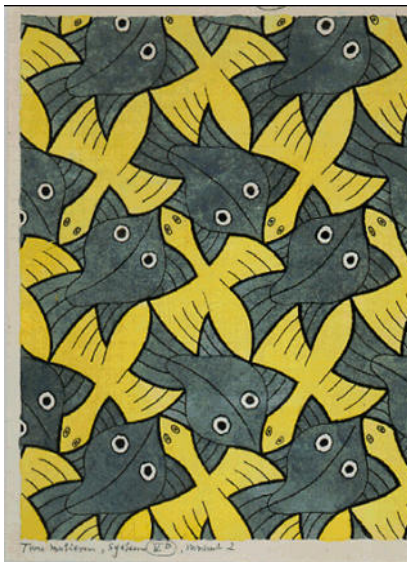
*Criaturas, No. 109. (1961)*



*Pájaro / Pez, No. 109II. (1961)*



*Pájaro / Pez, No. 110. (1961)*



*Peces Voladores, No. 123. (1964)*



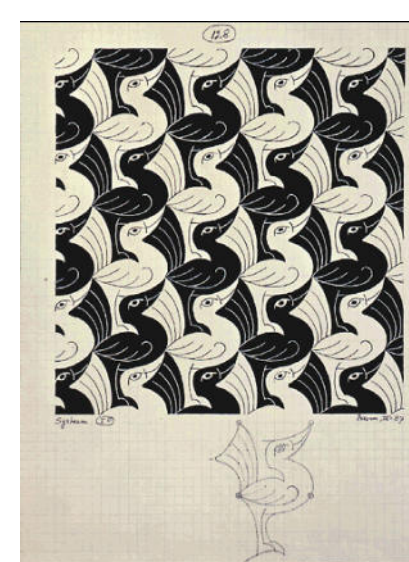
*Lagartijas, No. 124. (1965)*



*Pájaros / Peces, No. 126. (1967)*
















*Pájaros, No. 128. (1967)*

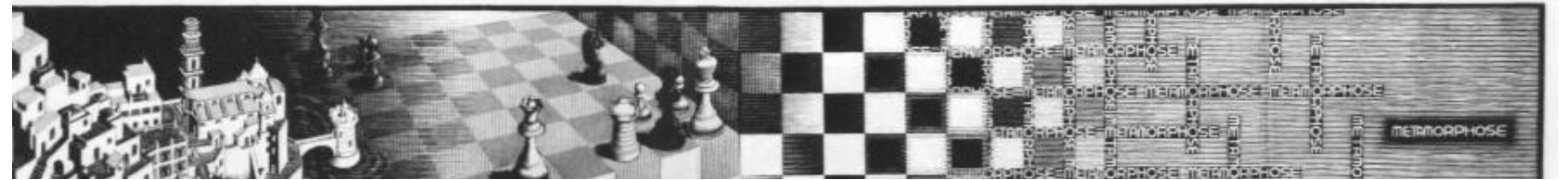
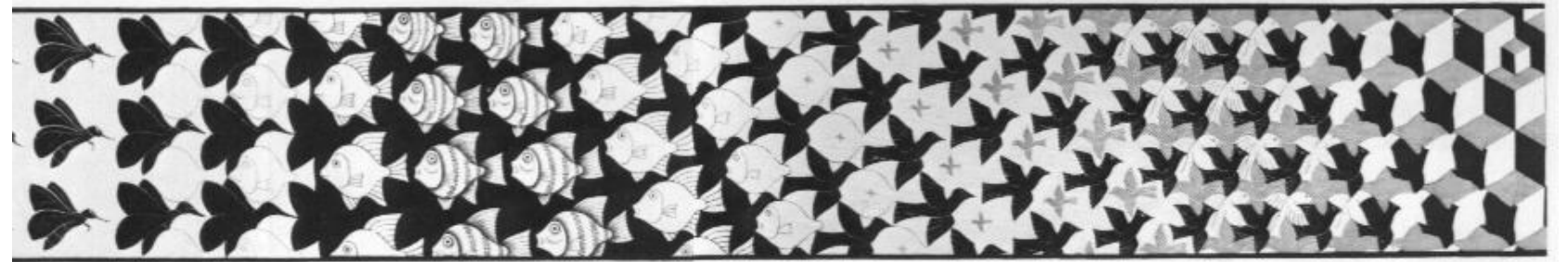
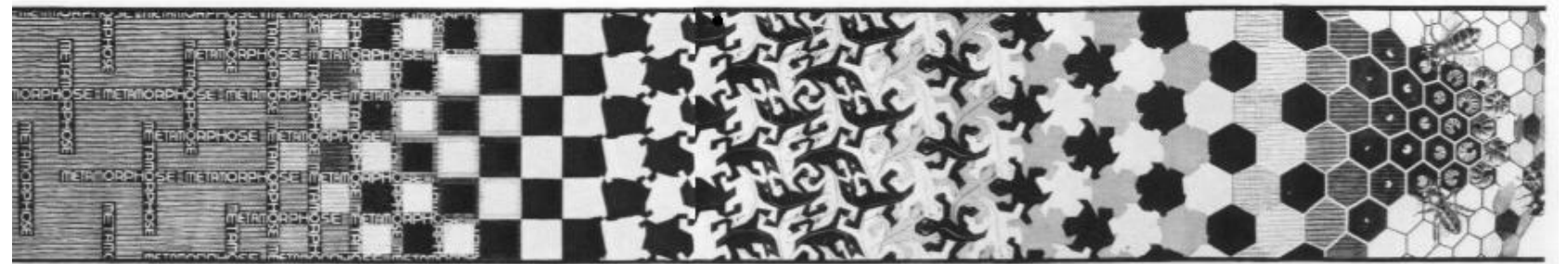
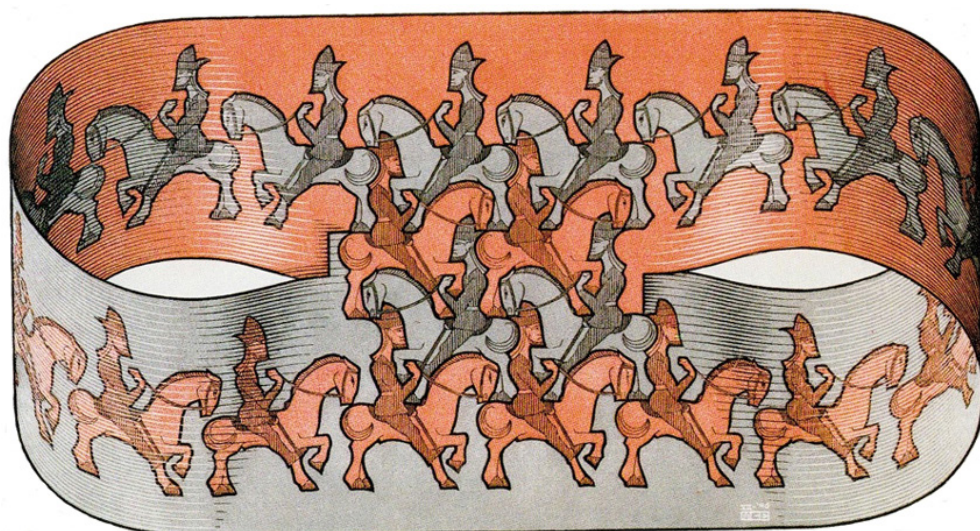


# {Referencias Escher}

## { T e x t o s }

-  Alegria, P. *Las Simetrías Y El Teorema Enorme*.
-  Amilibia, J. M. M. (2010). *Grupos Cristalográficos Y Topología En Escher*. Universidad Complutense de Madrid.
-  Emmer, M. (2005). *La perfección visible: matemática y arte*. Artnodes. UOC.
-  Escher, M. C. (2000). *MC Escher: Estampas y Dibujos*. Taschen.
-  Escher, M. C., Bussagli, M., & Giudiceandrea, F. (2014). *Escher*. Skira.
-  Gómez, R. P. *MC Escher Reflexiones sobre la División Regular del Plano*.
-  Henao Vásquez, M. (2010). *Cristalografía recreativa*. Universidad Nacional de Colombia.
-  Hofstadter, D. R. (1982). *Gödel, Escher, Bach: una eterna trenza dorada*. Consejo nacional de Ciencia y Tecnología de México.
-  Locher, J. L. (1971). *The world of MC Escher*. New York: Abrams.
-  Pineda Pulido, L. A. (2013). *Una propuesta integradora de la cristalografía y las matemáticas en el ciclo quinto del colegio Estanislao Zuleta*. Universidad Nacional de Colombia.
-  Rodríguez, C. C. (2005). *Escher I: Las matemáticas para construir*. Suma, 49, 101-108.
-  Schattschneider, D. (1990). *Visions of symmetry: Notebooks, periodic drawings, and related work of MC Escher* (Vol. 8). New York: WH Freeman.
-  Verbeek, C. L. (2011). *Escher: Una manera de mirar. Escher y sus contemporáneos*.

Escher, *Jinetes* (1946)

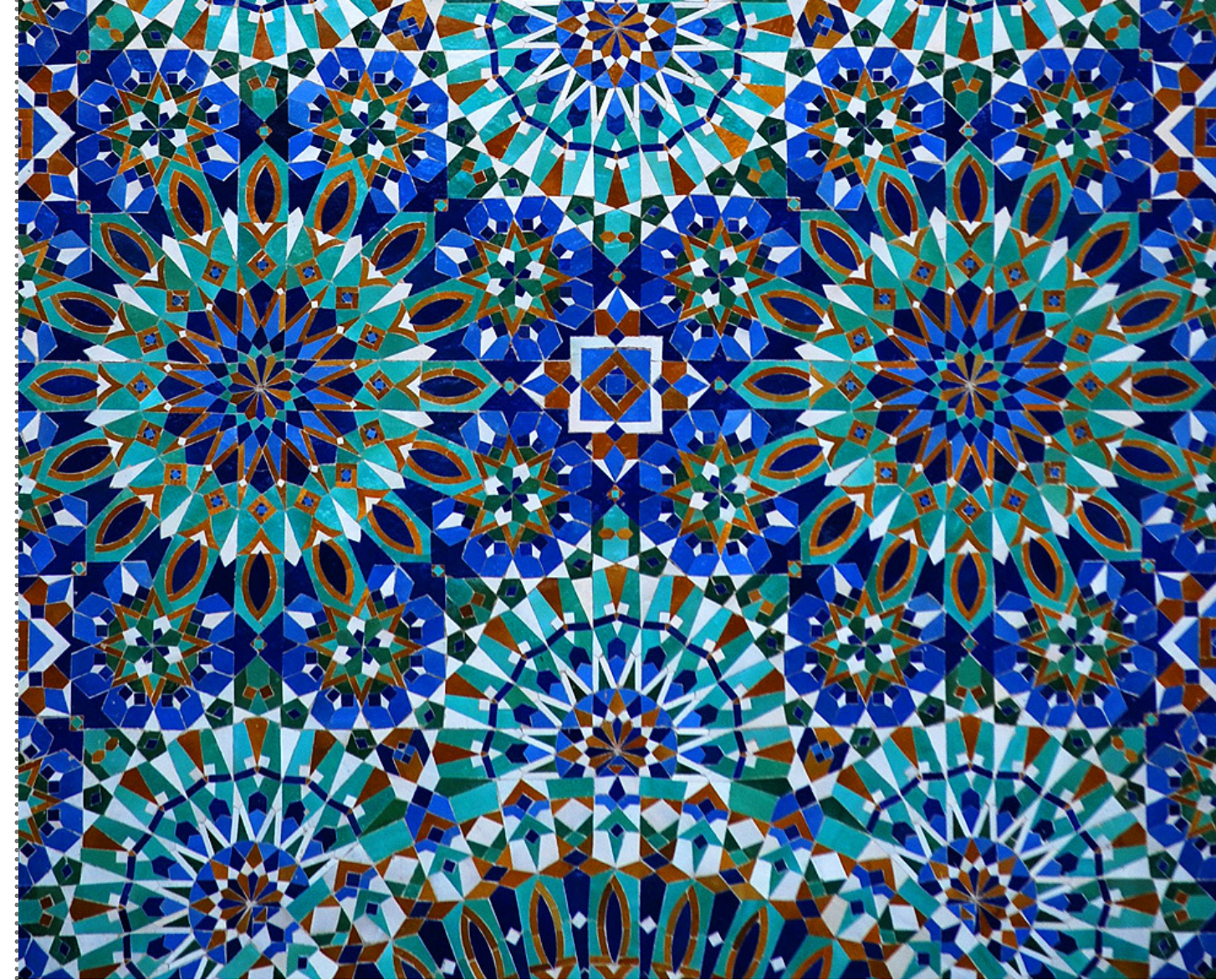


Escher, *Metamorphose* (1939 - 1940, 1967 - 1968)

## { V i d e o }

- Universidad Nacional de Educación a Distancia. [UNED]. (2017, marzo 31). La Fórmula Escher [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=rcJJDFBL\\_PM&t=17s](https://www.youtube.com/watch?v=rcJJDFBL_PM&t=17s)
- Bosdriesz, J. [ElEncantoOculto]. (2014, abril 2). M.C Escher - Metamorphose [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=TLAX\\_kPZqYY&t=3s](https://www.youtube.com/watch?v=TLAX_kPZqYY&t=3s)
- Sánchez, S & Domínguez, P. [UNED Documentos]. (2013, abril 10). Escher, Un Juego Muy Serio [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=TLAX\\_kPZqYY&t=3s](https://www.youtube.com/watch?v=TLAX_kPZqYY&t=3s)
- La Oveja Eléctrica. [Canal22]. (2015, mayo 4). Penrose, Escher y Bach: geometrías Imposibles [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=xkigMZ2DeDs>
- Van Gelder, H. [Art of East and West]. (2014, agosto 13). M.C Escher: Adventures in Perception [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Ty1twivydVA>
- Muy Interesante. [Muy Interesante]. (2016, septiembre 29). Escher y Sus Dibujos Imposibles [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=r9TfNdUn8DU>
- BBC Scotland. [Art Documentaries]. (2015, noviembre 1). 1/2 The Art of the Impossible: MC Escher and Me - Secret Knowledge [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=f7kW8xd8p4s>
- BBC Scotland. [Art Documentaries]. (2015, noviembre 1). 2/2 The Art of the Impossible: MC Escher and Me - Secret Knowledge [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=1CYrGpd8k5w>
- Penrose, R & Chapman, J. [Oxford Mathematics]. (2016, enero 5). M. C. Escher - Artist, Mathematician, Man [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=clQA6WhwCeA>
- Hart, S. [GreshamCollege]. (2017, junio 15). Escher and Coxeter - a Mathematical Conversation [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=BkxPU0y2uLA>
- Mas por Menos. [EduMates]. (2012, febrero 25). +X--.2 Movimientos en el plano [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=1qpeZwXspZI>
- Mas por Menos. [EduMates]. (2012, marzo 1). +X--.3 La geometría se Hace Arte [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=baSuNdUk1BI>
- Taylor, S. [Shawn Taylor]. (2009, mayo 18). MC Escher, Images of Mathematics [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=t-Gcz9FIB4w&t=222s>

# {Arte Islámico}



Mosaico Islámico, Mezquita de Hassan II, Casablanca - Marruecos

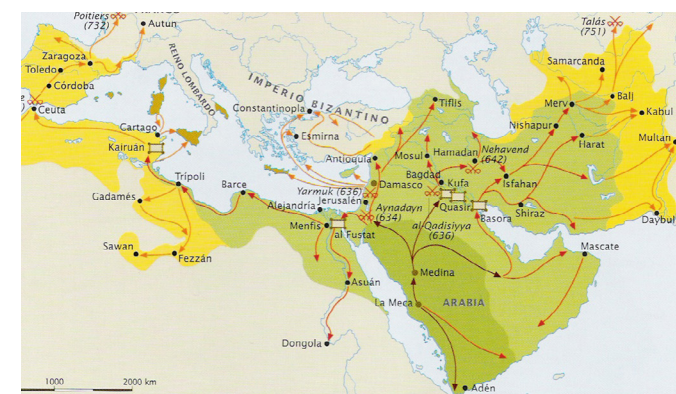
Decoraciones mezquita de Fez, Marruecos



El *Yihad*, (*al-jihad fi sabil Allah*) o el esfuerzo para llegar a Dios, es la única guerra permitida por la ley islámica, y fue utilizada como pretexto para invadir territorios con el fin de promulgar esta religión. Mahoma regresa a La Meca y entra en el *Kaaba*, representativa e icónica construcción prismática, destruyendo los ídolos paganos que eran adorados por los habitantes de la región desde la época pre-islámica; ya que según el Corán, *Alá* es único, omnipotente, omnisciente, creador y sustento del universo.

Las tropas musulmanas conquistaron Asia y oriente próximo. Lugares como Siria, Persia, Omán, Armenia, el Norte de África (Egipto, Marruecos, Argelia y Túnez) cayeron en el nombre de Alá, para luego cruzar el estrecho de Gibraltar y tomar la península hispánica. Los ejércitos cristianos de las cruzadas comienzan a recuperar los territorios tomados por los musulmanes, haciéndolos retroceder y entregar sus posiciones en la península ibérica. El Reino de Granada fue el último bastión de los musulmanes, representados para la época en la dinastía *nazarí*. Finalmente, las llaves de la ciudad fueron entregadas por el sultán Muhammad XII a los reyes católicos Fernando II e Isabel I en enero de 1492.

Durante los siglos de invasión, los musulmanes esparcieron el arte de sus decoraciones y arquitecturas en cada sitio que conquistaron. Obras de incalculable valor y belleza que en la actualidad son considerados patrimonio histórico, cultural y artístico de la humanidad.



Mapa de ocupación islámica

Tipo de arte asociado a la religión islámica fundada por el profeta Mahoma en La Meca (Arabia Saudí) en el año de 622 de nuestra era. Dicha religión tuvo gran influencia en la expresión del artista musulmán, ya que según los preceptos del Corán, libro sagrado que recoge los mensajes entregados por el arcángel Gabriel al profeta, no está permitido la representación de la figura humana ni animal; es por eso que los pilares del arte islámico están fundamentados en la decoración y la arquitectura.



## Arte Islámico

### { Decoraciones }

- Atauriques
- Lacerías
- Caligrafías

### { Arquitectura }

- Mezquitas
- Alcázares
- Alcazabas
- Medinas
- Hammam

## {Mahoma}

La Meca, Arabia Saudí, 572 - 632



Nacido en la Meca, de ocupación mercader y comerciante de caravanas. Por su labor conoció diferentes culturas y religiones que le hacían cuestionarse y meditar constantemente. Entrado en los cuarenta años, comienza a aparecersele el arcángel Gabriel para entregarle mensajes de Dios, los cuales no fueron bien recibidos por su comunidad; razón por la cual huye de La Meca a Medina (conocido como la Hégira) dando comienzo al *islam*, una de las tres grandes religiones al lado del *cristianismo* y el *judaísmo*. Consignó los mensajes de Dios en el libro sagrado, *El Corán*.

La dinastía nazarí fue el **último** reducto de los musulmanes en la península ibérica luego de haber cedido la mayor parte del territorio ante la presión de los ejércitos cristianos de los reinos de Castilla y Aragón.

El origen de esta dinastía se remonta al sultán *Muhammad Ibn Nasr*, quien tomó la ciudad de Granada, al sur de la península, y la convirtió en la capital del *Reino Nazarí de Granada*, al que después se anexaron las ciudades de Málaga y Almería.

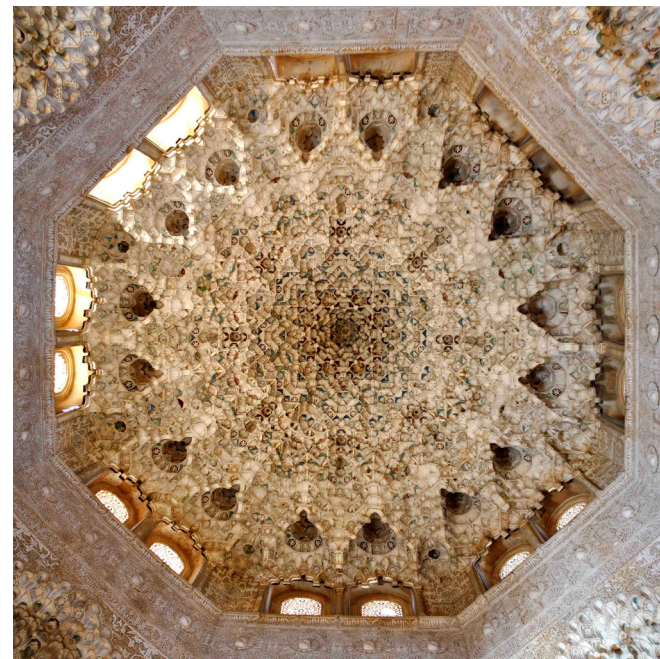
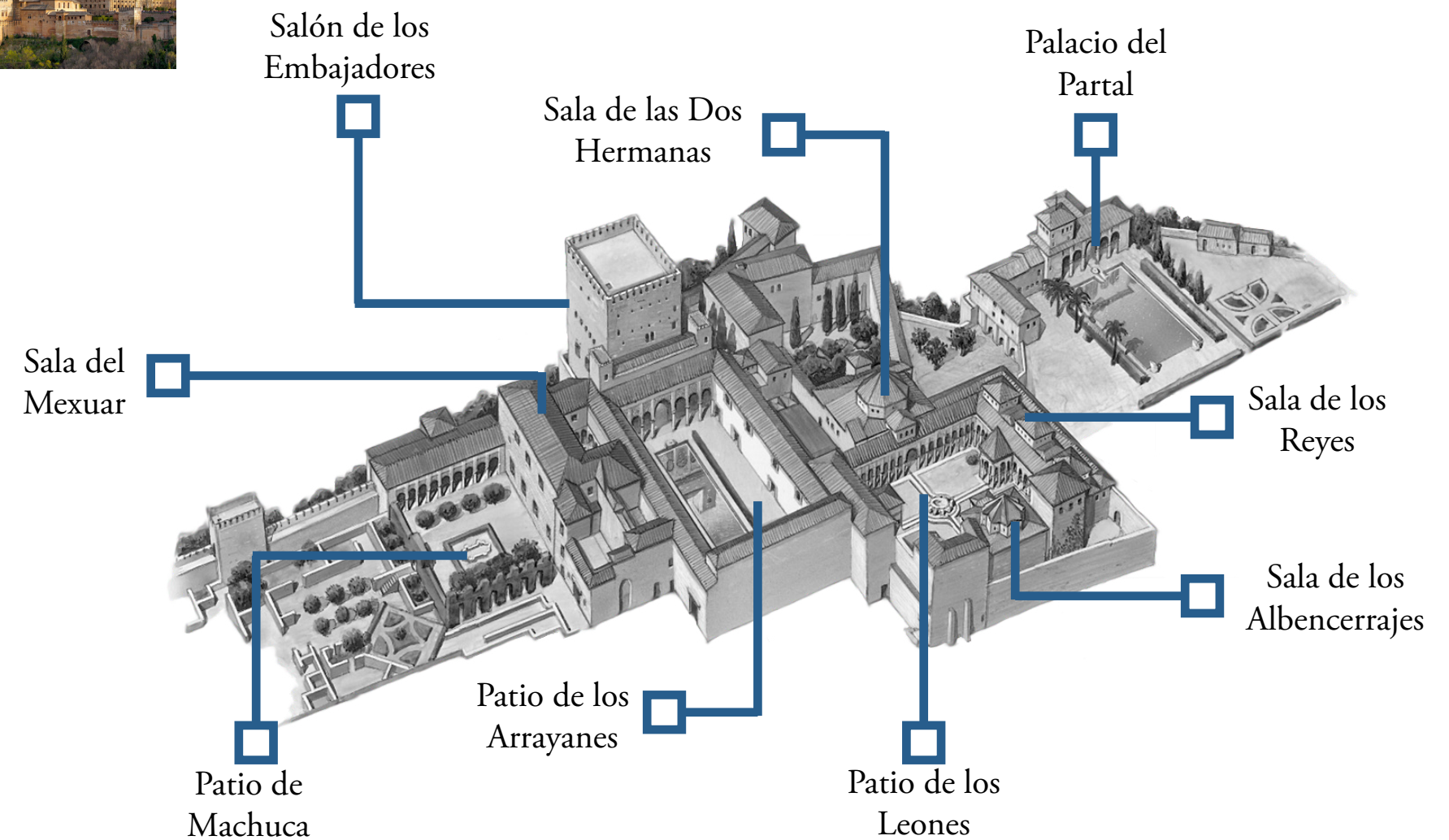
Durante este período la construcción de tipo religioso fue **relegada** en favor de la arquitectura palaciega y civil. El palacio se configura de acuerdo a las creencias musulmanas alrededor de jardines y estanques que permiten reflejar el cielo y la fachada misma.



Mosaico, La Alhambra, Granada, España

Aunque la construcción palatina nazarí se caracteriza por estar construida con materiales modestos y sencillos en su exterior, ostenta una gran **riqueza**, lujo decorativo y artístico en su interior. Las grandes bóvedas, cúpulas, mocárabes, arcos de todo tipo, atauriques, motivos epigráficos y caligráficos, mosaicos y teselados que adornan zócalos, muros y pisos; todos de gran belleza, y que hacen que el arte decorativo musulmán alcance su máximo esplendor durante este período.

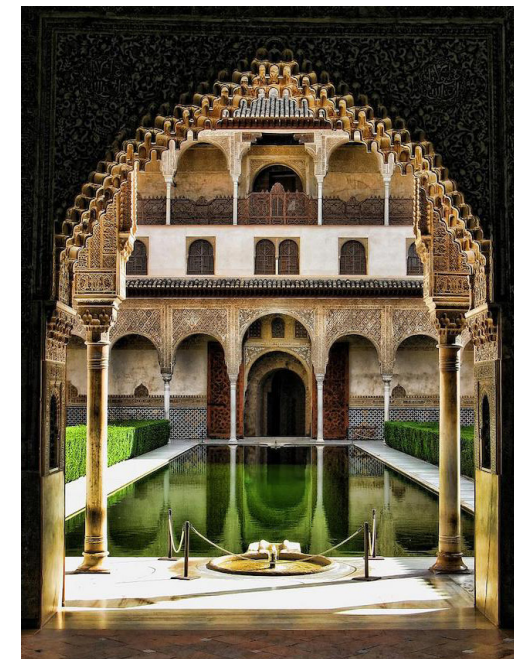
El máximo **exponente** de la dinastía nazarí en cuanto a arquitectura, expresión artística y estado de conservación, es *La Alhambra de Granada*, ciudad palatina que se asienta sobre la colina al-Sabika de esta ciudad española.



Cúpula de los 7 cielos, Sala de las Dos Hermanas  
La Alhambra, Granada, España



Patio de los Leones  
La Alhambra, Granada, España



Patio de los Arrayanes  
La Alhambra, Granada, España

# {La Mezquita}

Lugar de **oración** de los musulmanes, **conexión** entre el **cielo** y la **tierra**, y máxima expresión de la arquitectura islámica. Su interior se encuentra **decorado** con **atauriques**, **lacerías** y **caligrafías**.

Cada lugar de la mezquita tiene su finalidad y función.

## {Alminar / Minarete}

Torre y lugar que sobresale de la mezquita. Desde allí el almuédano llama a los fieles a la oración. Tiene la misma función que tendría el campanario en el templo cristiano.

## {Sabil}

Fuente de las abluciones. Lugar en donde el musulmán se purifica antes de entrar al sitio de oración.

## {Sahn}

Patio religioso rodeado de arcos en el que se encuentra el Sabil y donde se realizan las abluciones.

## {Haram}

Lugar de la mezquita donde se reúnen los fieles para postrarse en oración

## {Quibla}

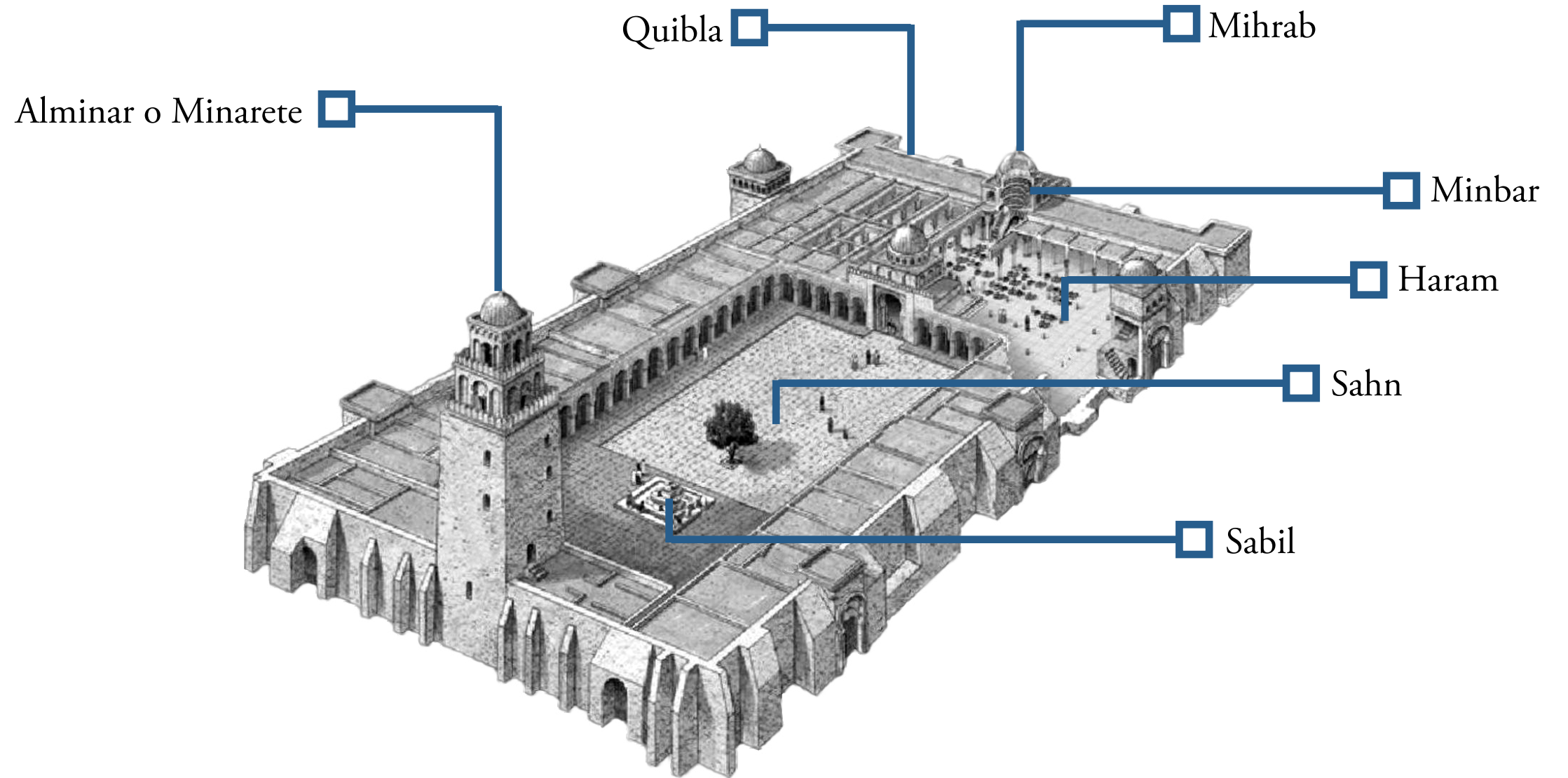
Muro principal de la mezquita orientado a La Meca y hacia donde los fieles dirigen su oración.

## {Mihrab}

Nicho ubicado en el muro de *quibla*, generalmente coronado por un arco, y que indica la dirección a La Meca y el lugar al que hay que mirar cuando se reza.

## {Minbar}

Púlpito ubicado en la *quibla* desde donde el *imán* dirige la oración.



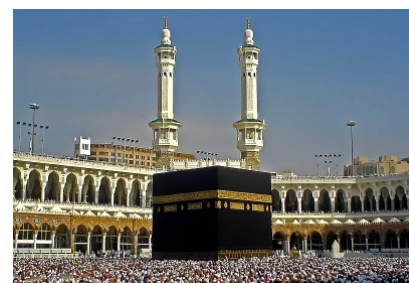
Configuración de la mezquita de sala hipóstila

## {Mezquitas}

### {Másyid al-Haram}

*La Meca, Arabia Saudí*

Es la mezquita más grande del mundo y primer lugar sagrado del islam. En el centro se encuentra el *Kaaba*, estructura cuadrangular que antes de Mahoma albergaba ídolos paganos objeto de adoración.



### {Másyid al-Haram}

*Medina, Arabia Saudí*

Segundo sitio más importante para el islam. Conocida como la *Mezquita del Profeta*, ya que fue construida originalmente por el mismo Mahoma en el año 622. Ha sido ampliada y decorada por los califas que sucedieron al profeta.



### {Mezquita - Catedral de Córdoba}

*Córdoba, España*

Construida durante la ocupación musulmana a la península ibérica sobre la Basílica de San Vicente Mártir en el año 786. Convertida nuevamente a catedral en la reconquista cristiana en el año 1236. En ella conviven cristianismo e islamismo.



### {Hagia Sofia}

*Estambul, Turquía*

Inaugurada en el año 360 como iglesia bizantina, aunque durante los años 1200 funcionó como catedral católica. Convertida a mezquita en 1453 tras la conquista del imperio otomano a Constantinopla.



### {Mezquita Ibn Tulun}

*El Cairo, Egipto*

Conserva su arquitectura original desde su construcción en el año 879. Es la mayor mezquita que puede encontrarse en la ciudad del Cairo.





# { Arte Islámico: decoraciones }

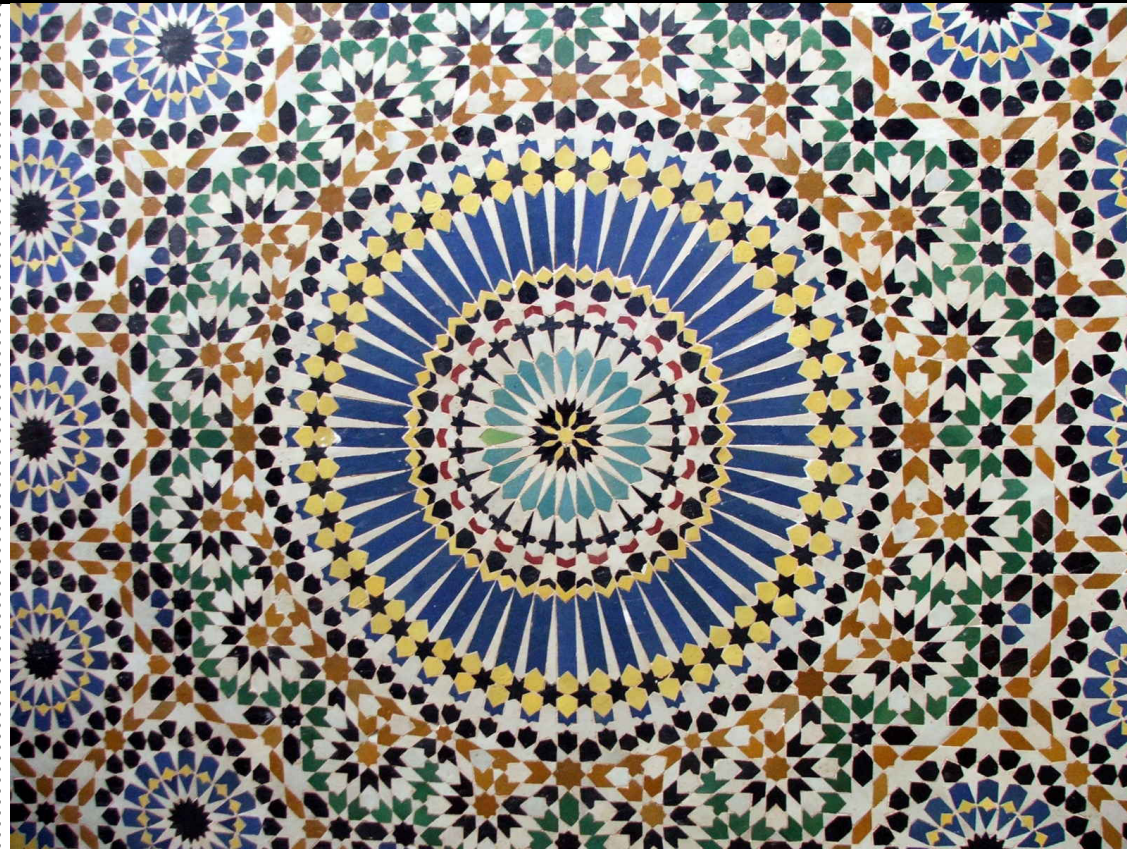
## { Mocárabes }

Según la Tradición Islámica, está **prohibido** representar a Alá, su profeta Mahoma, y en general cualquier figura humana o animal. Para los musulmanes, el dios Alá es incognoscible y cualquier representación de Él no correspondería con su grandeza, además de dar lugar a la idolatría de una falsa imagen. El Hombre y los animales son seres con alma que hacen parte de una creación divina que no se puede figurar, el hacerlo sería tratar de imitar a Dios que bajo la fe islámica es único e imposible de conocer. El arte del islam se caracterizaba entonces por ser iconoclasta.

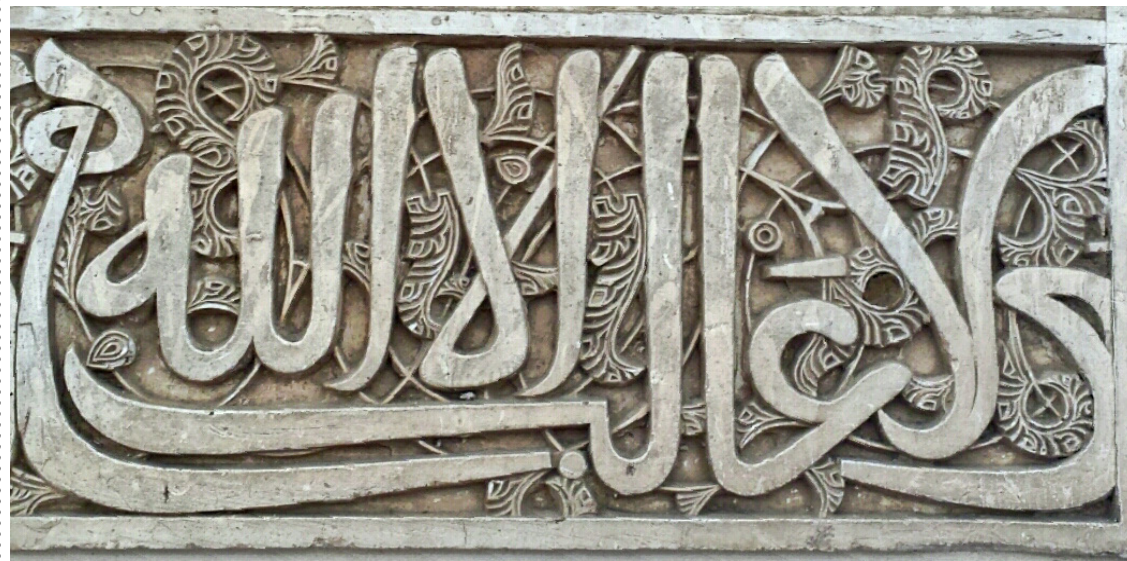
Por lo anterior, el arte musulmán **carecía** de la pintura y la escultura, y en general de toda manifestación figurativa, y por el contrario exhibía su mayor destreza en el arte decorativo (menospreciado en la cultura occidental) y la arquitectura; disciplinas en las que sin duda el artista islámico ocupaba un lugar preponderante.

Respecto a las artes decorativas, al dejar de un lado la figura divina, humana y animal, el artista islámico se dedicó a imitar la naturaleza mediante bellos **atauriques**: patrones complejos basados en acantos entrelazados infinitamente, y complementados con representaciones de frutos y vegetación; el artista tallaba en madera, moldeaba en estuco, y componía con vivos colores la superficie reflectante de baldosas de azulejo.

Los artistas musulmanes eran genios matemáticos, es por eso que su obra se caracterizaba por la gran complejidad matemática. Las **lacierías**, mosaicos, celosías, frisos, teselados y simetrías son fina y geoméricamente calculados para crear motivos que se entrecruzan y crean armonía. No se dejaba espacio sin decorar, el musulmán temía al vacío, rellenaba con **caligrafías** que citaban textos coránicos que le permitían acercarse a su dios Alá.



Mosaico islámico, La Alhambra, Granada, España



Decoración con motivos caligráficos y vegetales, La Alhambra, Granada, España



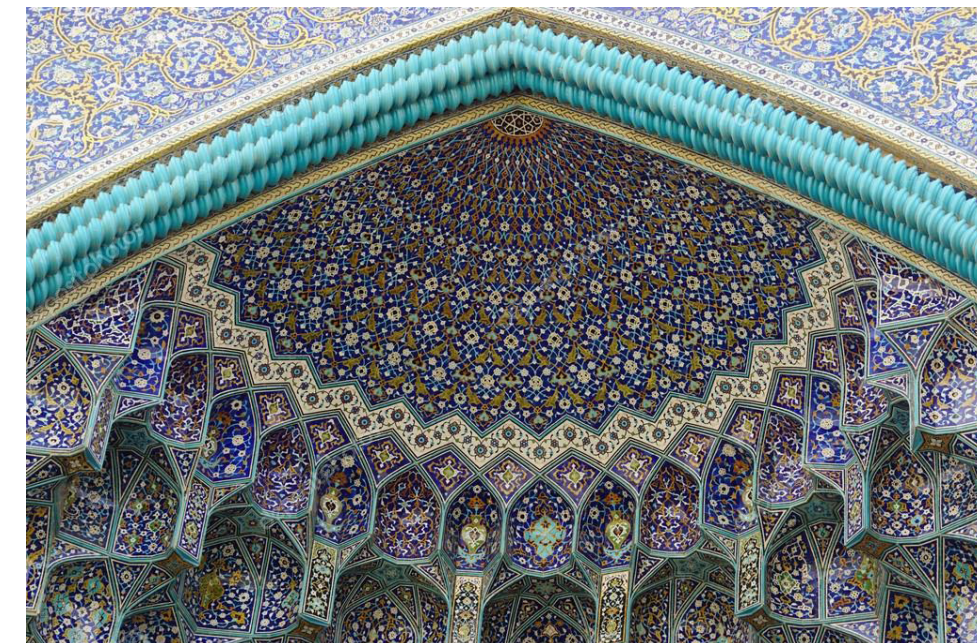
Ataurique, Medina Azahara, Córdoba, España

Los mocárabes son piezas arquitectónicas decorativas que **cuelgan** a manera de estalactitas de techos, arcos y cúpulas; embelleciendo notablemente las construcciones musulmanas. Desarrollados por los monjes **almorávides** a partir de ocho figuras prismáticas que encajan entre sí, y que a su vez podían generar estructuras periódicas de gran complejidad. Son construidos con materiales simples como el yeso y la madera, aunque en sus orígenes eran esculpidos directamente en los frisos de mármol.

Las superficies cóncavas de los **mocárabes** hacen que la luz que entra a las bóvedas musulmanas, se refleje de creando un juego de luces y sombras que varía de acuerdo a la hora del día.



Mocárabes en el techo de la Sala de las Dos Hermanas, La Alhambra, Granada, España



Mocárabes puerta de entrada mezquita de Imam Jomeini, Isfahán, Irán

## {La Estrella de Salomón}

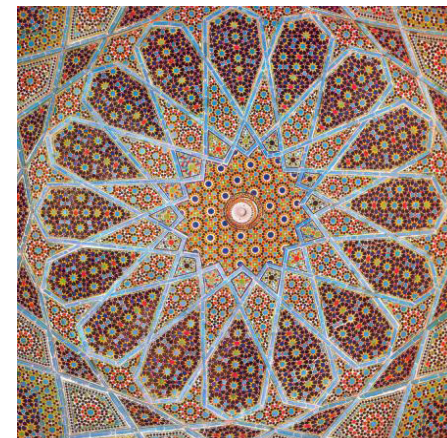
Dentro de las manifestaciones del arte islámico, donde se hacen presentes lacerías, atauriques y caligrafías, también lo hace reiteradamente un tipo de decoración que hace alusión a un símbolo compartido por las tres religiones monoteístas -cristianismo, judaísmo e islamismo- : el *Sello de Salomón*.

Existen múltiples leyendas, orígenes, interpretaciones y representaciones de este símbolo que Salomón, hijo del rey David, recibió del cielo. Simboliza armonía, magia, conexión entre lo divino y lo terrenal, sabiduría, gracia de Dios, poder sobrenatural; pero sobre todo **protección**. Su designación como “sello” le confiere características protectoras contra el maleficio.

Puede ser representado por el *pentáculo* -o estrella de cinco puntas- ligada al desarrollo de la matemática y la geometría, el hexagrama o *Estrella de David*; o la estrella de ocho puntas, conocida como la *Rub el Hizb* por el islam.

La estrella de **ocho** puntas, conocida como *Estrella de Salomón*, está construida por dos cuadrados concéntricos, uno de ellos rotado 45°. Aporta a la geometría y belleza del arte islámico, a la vez que se exalta su verdadero significado: según las creencias musulmanas, el sello representa al **Paraíso** flanqueado por ocho montañas. Este símbolo aparece también en forma de *Rub el Hizb* para poner punto final a cada uno de los capítulos del Corán.

Aunque el Sello o Estrella de Salomón no es propiamente alguna de las simetrías, tejidos vegetales o caligrafías utilizadas como ornamento en el arte islámico, si se hace presente repetidamente en monedas, joyería, zócalos, pisos, muros, celosías, fuentes, y cúpulas de mezquitas y palacios musulmanes. Su uso alcanza el máximo esplendor en la ocupación a la península ibérica, mayormente en el reino de Granada, en donde La Alhambra es el máximo guardián de estas representaciones, que más allá de su significado espiritual, son de gran belleza artística.



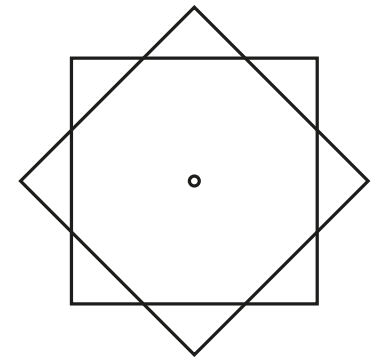
Estrellas de Salomón en decoraciones islámicas

## {Construcción geométrica}

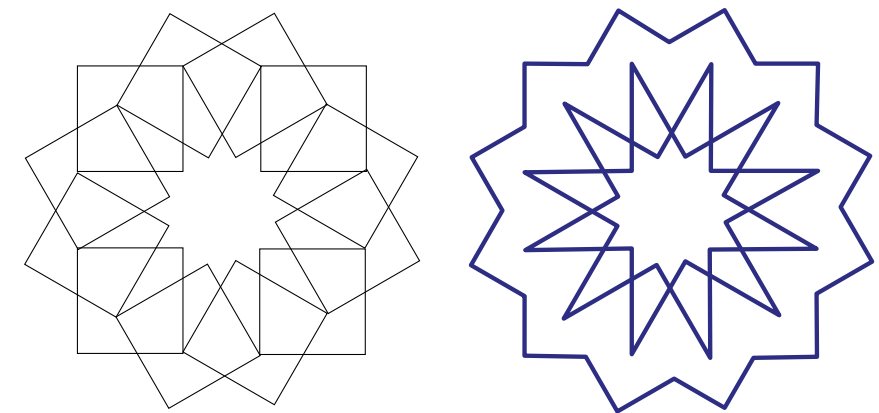
El Sello de Salomón suele confundirse con la Estrella de David, construida a partir de dos triángulos equiláteros enfrentados que comparten el centro; mientras que el símbolo de Salomón puede compararse con el **pentáculo** o estrella de cinco puntas levantada a partir de un pentágono regular.



La Estrella de Salomón se construye a partir de dos cuadrados con igual centro, pero uno girado 45° respecto al otro.

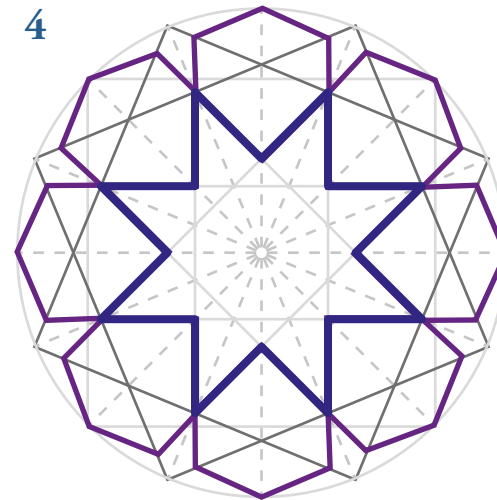
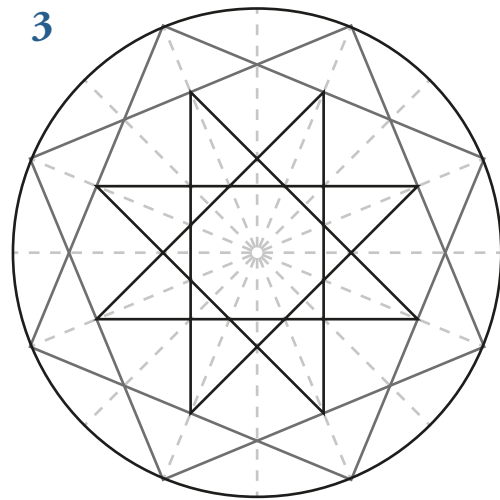
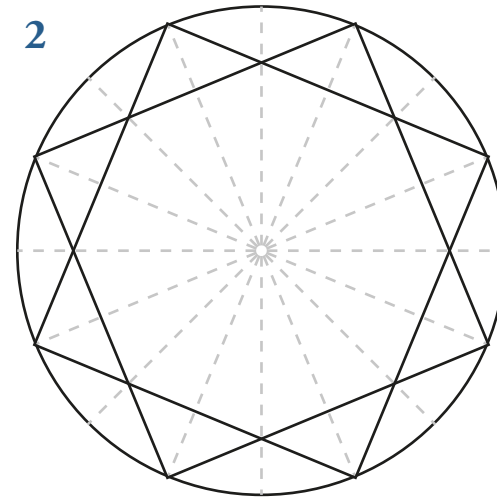
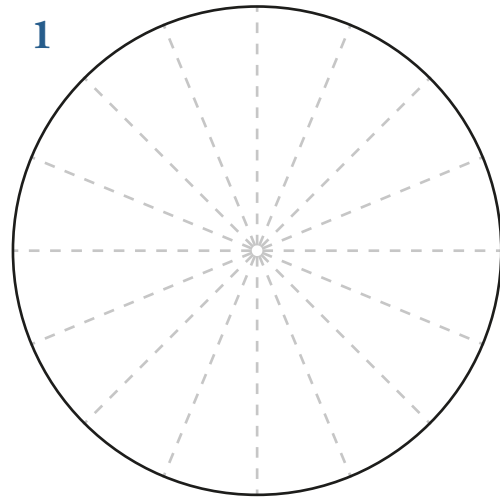


En las decoraciones islámicas se modificaba el número de cuadrados, las rotaciones, y el punto de centro de los mismos, generando patrones más complejos e interesantes, los cuales el artista musulmán ornamentaba con gran detalle.



# { Arte Islámico: construcción geométrica }

Los artistas islámicos eran genios matemáticos y geométricos. Cada una de sus obras es medida y calculada a la perfección para crear lacerías, atauriques y sellos de gran belleza. A continuación se describe el proceso para crear unas cuantas teselas presentes en los mosaicos que decoran los edificios musulmanes.



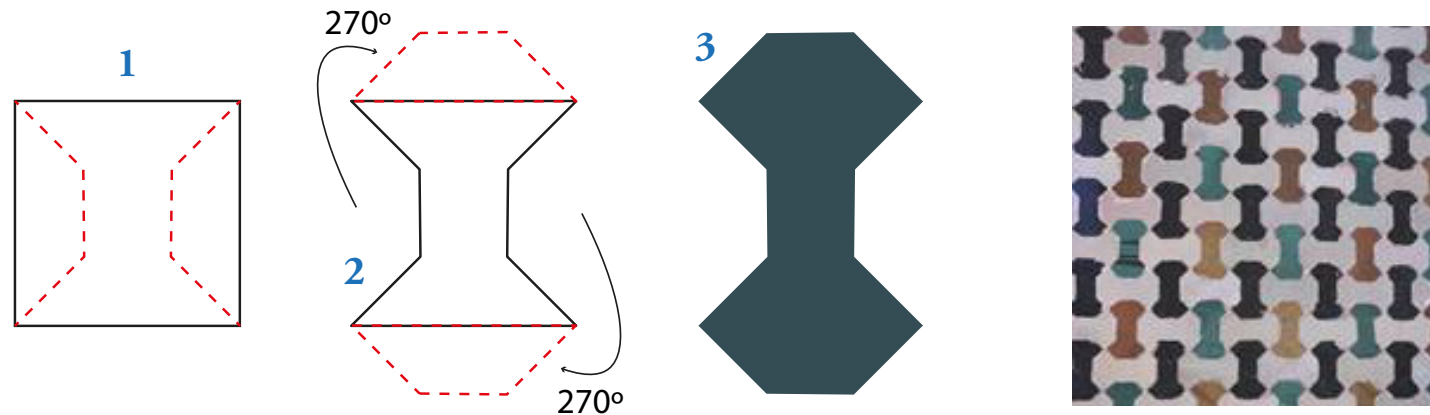
1. Se traza una circunferencia y se divide en dieciséis arcos iguales, cada uno de  $22.5^\circ$ . Se trazan los radios.
2. Se inscriben dos cuadrados en la circunferencia rotados  $22.5^\circ$  y  $-22.5^\circ$ .
3. Se unen las intersecciones de los cuadrados con los radios para formar la estrella de 8 puntas.
4. Se traza un cuadrado en la circunferencia y se unen las intersecciones de dicho cuadrado con las puntas respectivas de la estrella.



# {Arte Islámico: construcción geométrica}

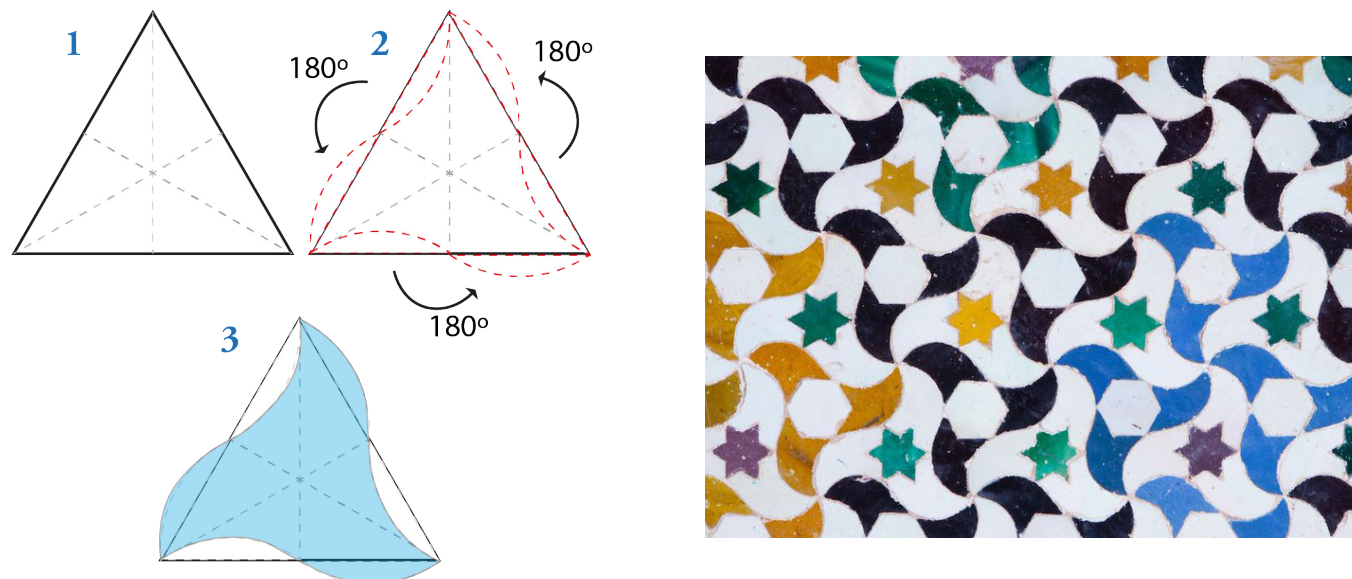
## {Hueso Nazarí}

El *Hueso Nazarí* es una tesela que tiene vectores de rotación de orden 4, es decir, giros múltiplos de  $90^\circ$ .



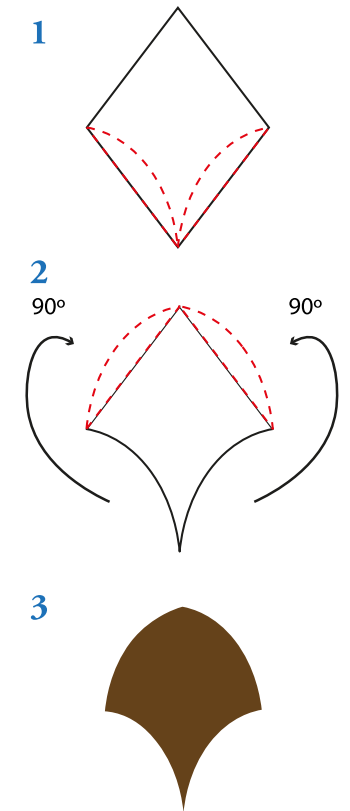
## {Pajarita Nazarí}

El mosaico de la *Pajarita Nazarí* es una de las 17 formas de teselación del plano euclideo. Denominado grupo de simetría  $p6$ , su construcción se basa en un triángulo equilátero con centros de rotación de 3 tipos.



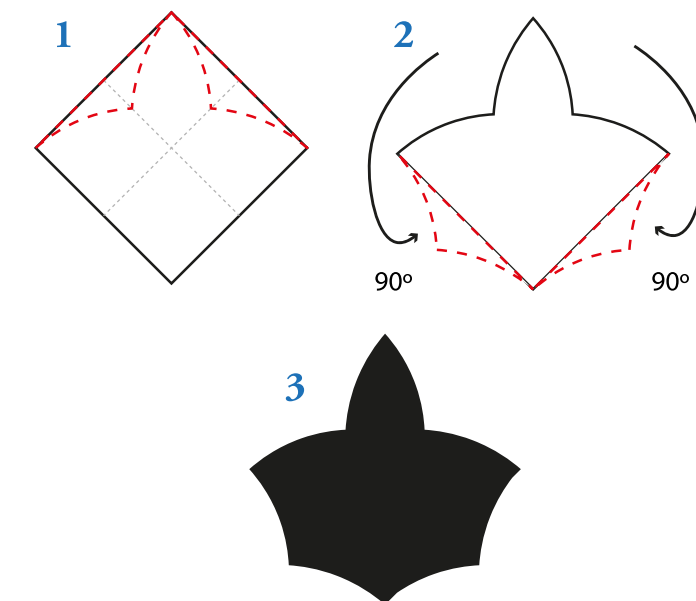
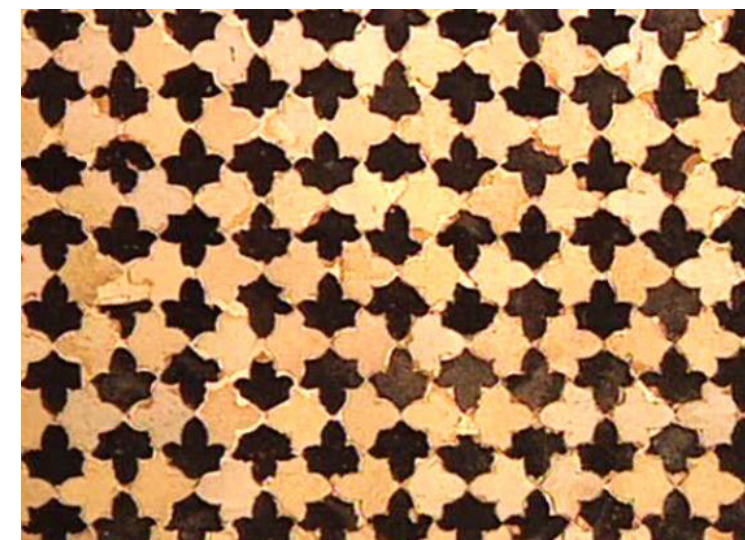
## {Pétalo Nazarí}

La tesela del Pétalo Nazarí es una simetría que se obtiene a partir de un rombo, las transformaciones se hacen a  $90^\circ$  con un único centro de rotación.



## {Pez Volador Nazarí}

El *Pez volador* es una tesela romboidal con dos centros de giro y rotaciones de  $90^\circ$ .



# {Referencias Arte Islámico}

## { T e x t o s }

Blair, S. S., & Bloom, J. M. (1999). Arte y arquitectura del Islam, 1250-1800. Anaya-Spain.

Colección Todo España (s.f). Todo Andalucía. Editorial Escudo de Oro S.A.

Fernández, A. (s.f). Arte bizantino e islámico. Ediciones Tikal.

Grabar, O., & Sabó, P. (1973). La formación del arte islámico (No. 7.033. 3). Ediciones Cátedra,

Hattstein, M., & Delius, P. (Eds.). (2001). El islam: arte y arquitectura. Könemann.

Maldonado, B. P. (1985). Arte, símbolo y emblemas en la España musulmana. al-Qantara, 6(1), 397.

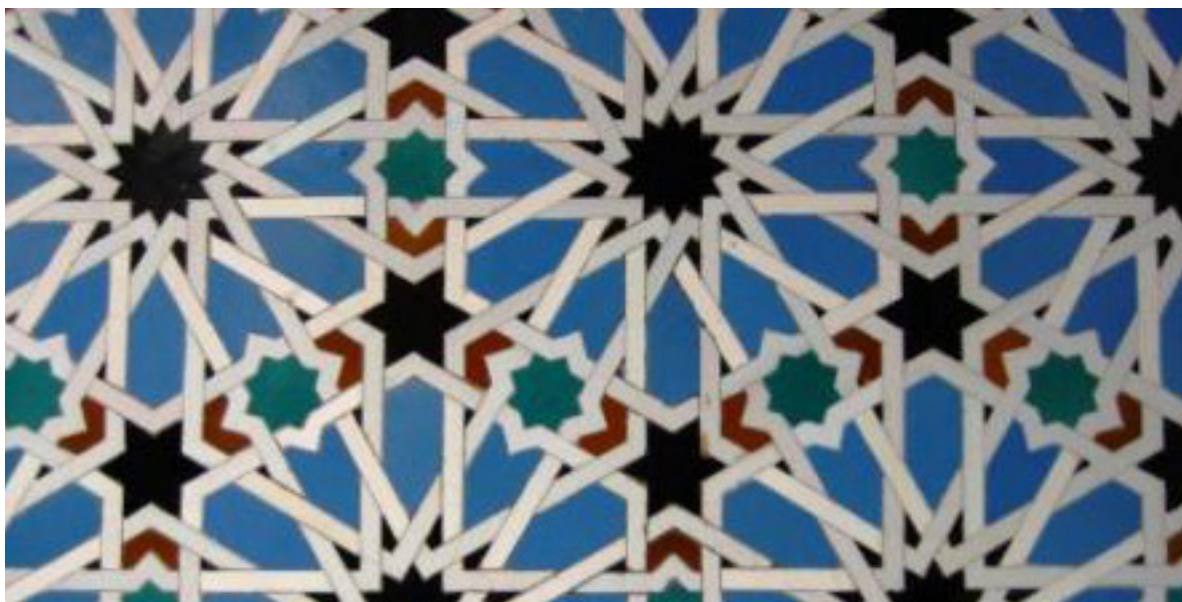
Maldonado, B. P. (1996). España y Túnez: arte y arqueología islámica. Agencia Española de Cooperación Internacional.

Mandel, G. (1978). Cómo reconocer el arte islámico. Edunsa.

Martínez, A. J. M. (1991). Las claves del arte islámico. Planeta.

Talbot Rice, D. (1967). El arte islámico. Hermes, Barcelona.

Torres Balbás, L. (1949). Arte almohade; Arte nazarí; Arte mudéjar (No. 4). Plus Ultra.



## { V i d e o }

Granada. [ARTEHISTORIA]. (2008, diciembre 10). La Granada Nazarita [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=2xMFRkMZ9Ns>

La Alhambra. [migoseivart]. (2009, marzo 31). La Alhambra, Paraíso Nazarí [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=yg5FE12l8a8&t=205s>

History Channel. [CanalGalaxia 7]. (2011, octubre 29). Muhammad - El Profeta Del Islam Canal Historia [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=TwW9Sg4L8MI>

Almagro, A. [Fundación Juan March]. (2013, mayo 23). La mezquita de Córdoba, monumento universal [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=PWNdz\\_i\\_x\\_MU&t=958s](https://www.youtube.com/watch?v=PWNdz_i_x_MU&t=958s)

Berenguer, J. [HispanTV]. (2014, agosto 10). La Mezquita catedral de Córdoba [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Pand0KvoAbo&t=909s>

Rodríguez, C. [HispanTV]. (2012, septiembre 1). Al-Ándalus - La Alhambra [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=o5UjCe0vtE8>

Martínez Lagarés, M. [Plataforma Mezquita-Catedral]. (2015, enero 26). La Catedral de Córdoba. Así borra la Iglesia la Huella islámica de la Mezquita. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=pMeNLI009Gk>

Marrón, A. [Canal Once]. (2015, septiembre 29). D Todo - Exposición Arte Islámico (28/09/2015) [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=i5KKkUDWo38>

Grupo Creha. [Jesús Martínez Verón]. (2010, diciembre 29). Islámico [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=saQSFketjN8>

RC\_Arte. [Historia del Arte 2.0]. (2016, abril 10). Historia del Arte 2.0 | La Alhambra [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=G8KBUB2Ps6k>

Canal Historia. [culturapractica]. (2017, febrero 26). Breve historia de Al-Andalus. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=RCoiIiDtN4&t=1581s>

Cano, J. [CanalGalaxia 7]. (2014, diciembre 8). El Legado Andalusi Cap 01 El Origen de Al Andalus. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=SNrM3h6Yff0&t=1s>

National Geographic. [CanalGalaxia 7]. (2014, diciembre 20). La Alhambra de Granada - Superestructuras Antiguas [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=\\_YDbPZNwz\\_M&t=187s](https://www.youtube.com/watch?v=_YDbPZNwz_M&t=187s)

Historia Universal del Arte. [Mega Arte]. (2016, abril 2). ARTE (Historia Universal 05) Arte Cristiano, Arte Islámico [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=PWGsh\\_pcLxU&t=70s](https://www.youtube.com/watch?v=PWGsh_pcLxU&t=70s)

Educatina. [Educatina]. (2013, mayo 24). Mahoma y el Islam - Historia - Educatina [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=rHeu4PFcIYk>

# {Piet Mondrian}

Su obra **abstracta** compuesta por simples formas cuadradas y rectangulares, colores primarios, y líneas horizontales y verticales, ha sido fácil de imitar por diseñadores, arquitectos y artistas gráficos que han hecho de Mondrian uno de los artistas más importantes e influyentes del arte moderno.



Mondrian estaba convencido que su arte era una nueva forma de vivir, y que este planteaba lo que sería la vida en el futuro, en la cual si la humanidad evolucionaba lo suficiente, ya no necesitaría del artista.

una doctrina calvinista le dificultó pintar figuras humanas por considerarlas blasfemas.

**Su obra era espiritual, no eran cuadrados y líneas, era una retícula cósmica.**

La obra de Mondrian comenzó con una etapa naturalista en la que pintaba paisajes de las afueras de Ámsterdam. Su formación religiosa al provenir de una familia que profesaba

Mondrian, Bosque con árboles de haya (1898)



Mondrian, Molino de viento a orillas del Gein (1907)

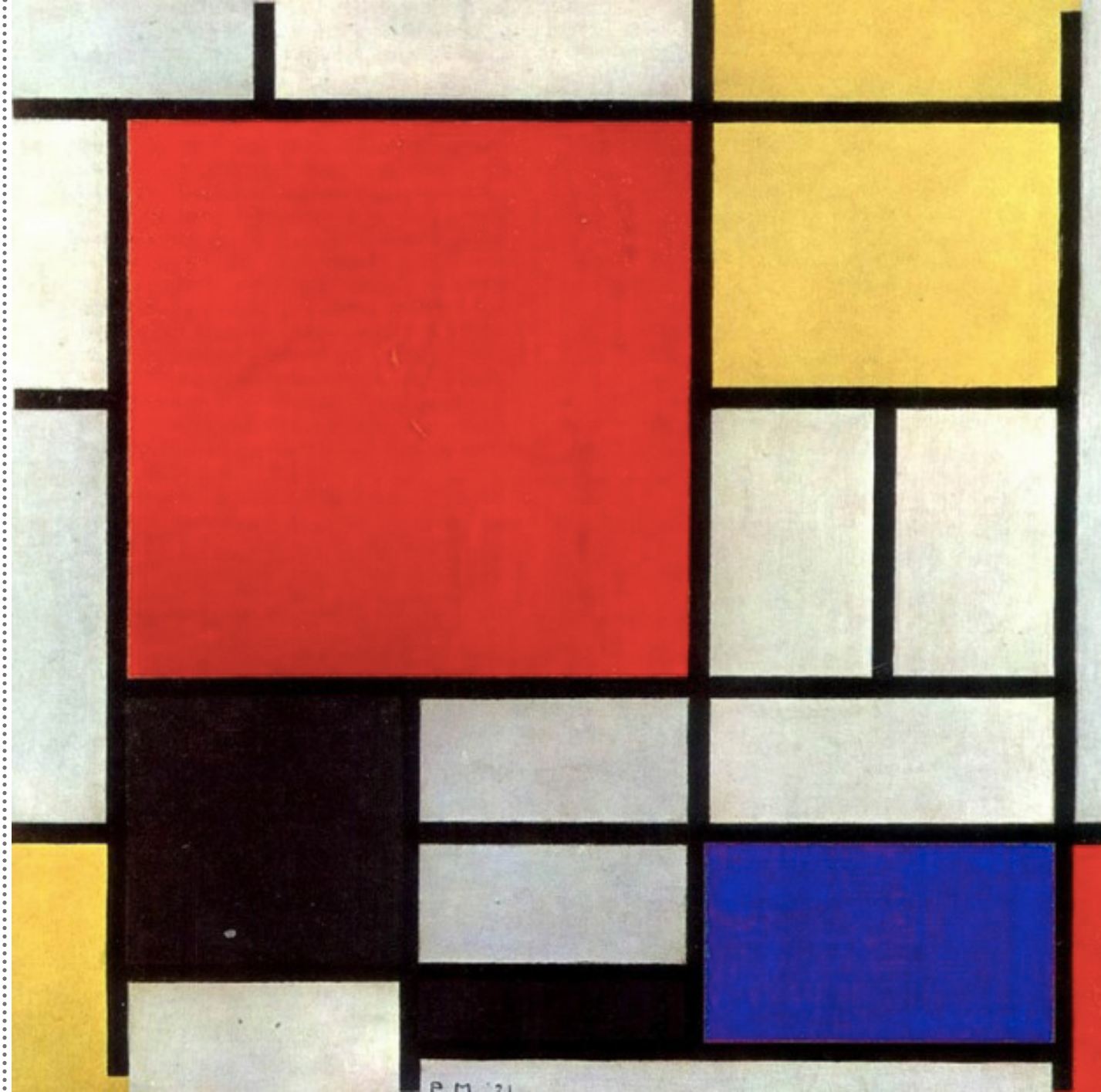


## {Pieter Cornelis Mondriaan}

Paises Bajos, 1872 - 1944.

Realizó estudios de pintura en la escuela *Rijksakademie voor Beeldende Kunst* de Ámsterdam.

Su carrera se desarrolla, primero en su país natal, para luego viajar a París (donde conoce el cubismo), y posteriormente Londres y Nueva York donde fallece a la edad de 71 años. Su obra está inspirada en sus creencias filosóficas y religiosas, desde el *Calvinismo* hasta la *Teosofía*, esta última, influenciando el movimiento De Stijl y Neoplástico.



{Composición en Rojo, Amarillo, Azul y Negro (1921)}

Composición de planos delimitados geoméricamente por líneas horizontales y verticales de color negro sobre un lienzo blanco. Los colores son primarios, sin degradación, de pinceladas generalmente verticales que el artista repasaba una y otra vez para dar fuerza a su obra abstracta.

## {Influencia en el diseño: 5 ejemplos}

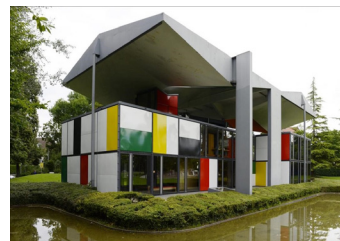


## {Influencia en la Arquitectura}

### {Galería Heidi Weber}

Zurich, Suiza  
Le Corbusier (1967)

Construida inicialmente para la galerista Heidi Weber. Actualmente funciona en ella el Centro Le Corbusier encargado de difundir la obra del arquitecto suizo.



### {Unité d'Habitation}

Marseille, Francia  
Le Corbusier (1952)

Trabajo experimental del gran arquitecto suizo. Obra que comienza a construirse luego de la segunda guerra y que da lugar a un bloque de vivienda colectiva.



### {Casa Schröder}

Utrecht, Paises Bajos  
Rietveld - Schröder (1924)

Un diseño de vivienda sin paredes y con paneles móviles que podían crear diferentes espacios. Uno de los más claros ejemplos del estilo De Stijl.



- 1 Yves Saint Laurent, Mondrian Collection
- 2 Nike, Dunk Low SB Piet Mondrian
- 3 Mavic, Comete, Rueda Tour de Francia 1986
- 4 Caroline Dechamby, Reloj Mondrian
- 5 Modrian Typewriter de Kasbah Moderne

Los paisajes de Mondrian fueron reduciéndose a figuras simples, así como a líneas horizontales y verticales. Es en ese punto, en 1909, abandonó el calvinismo inculcado por su familia y adopta la *Teosofía*; doctrina esotérica en cabeza de la mística rusa *Helena Blavatsky*.

La Real Academia Española define a la teosofía:

*“Denominación que se da a diversas doctrinas religiosas y místicas, que creen estar iluminadas por la divinidad e íntimamente unidas con ella”.*

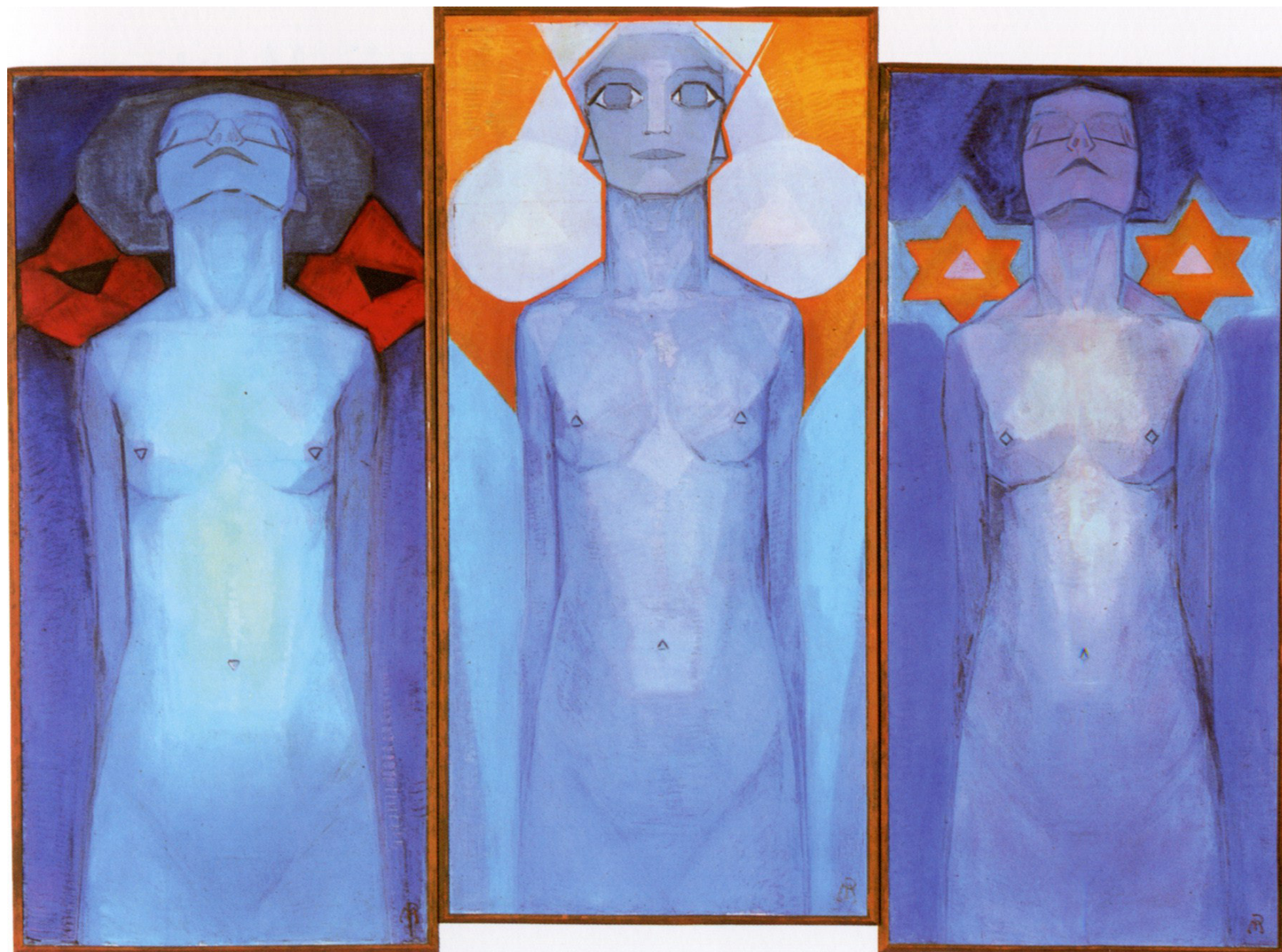
La Teosofía busca el **conocimiento de una realidad verdadera** que se encuentra oculta por el velo de diferentes doctrinas, que no dejan asimilar la enseñanza real del Universo. Se puede llegar a la iluminación y al conocimiento de Dios mediante una serie de relaciones con el otro y el mundo que nos rodea. Para ello, dentro de su doctrina, Blavatsky plantea la *Escalera de Oro*, donde cada peldaño marca los pasos que se deben de dar para llegar a la verdad: *una vida limpia, una mente abierta, un corazón puro, un intelecto ávido, una percepción espiritual sin velos, un afecto fraternal hacia el discípulo, la presteza para recibir consejo e instrucción, un leal sentido del deber hacia el instructor, una obediencia voluntaria a los mandatos de la verdad una vez que hayamos puesto nuestra confianza en ella y creemos que el instructor la posee, un valeroso ánimo para soportar las injusticias personales, una enérgica declaración de principios,*

*una valiente defensa de los que son injustamente atacados, y una mirada siempre fija en el ideal de progreso y perfección humana que revela la Ciencia Secreta.*

Al respecto, Mondrian creía en la evolución de la sociedad y en un **mundo perfecto en el futuro**. Fue influenciado por la espiritualidad de Matisse y Van Gogh, y veía su obra de arte como un camino a la iluminación espiritual, a un Universo absoluto desprovisto de apariencias, en donde el verdadero artista podría descubrir lo real.

Las leyes teosóficas fueron de gran influencia en el nuevo **arte abstracto** que tenía en el propio Mondrian, pero también en otros como *Vasili Kandinsky* y *Kazimir Malévich*, a sus máximos exponentes en las primeras décadas del siglo XX. Ideas espirituales tan complejas, eran representadas mediante trazos que componían obras abstractas.

En los años veinte, Mondrian junto a *Bart van der Leck* y *Theo van Doesburg* inician el movimiento del **Neoplasticismo** y **De Stijl** alejándose de la teosofía como doctrina rectora de sus ideas espirituales.



*Mondrian, Evolución (1911)*

**E**volución, es un tríptico en el cual Mondrian expresa sus convicciones teosóficas. El tema es la emergencia de lo nuevo a través de la renuncia de la experiencia sensorial. La evolución biológica podrá ser reemplazada por el desarrollo espiritual.

El panel izquierdo muestra una figura femenina unida a la naturaleza. Según la teosofía *“el sentimiento religioso mezclado con el miedo”*. Las flores rojas que la acompañan representan, según esta doctrina, sentimientos negativos como el *orgullo, avaricia, miedo y sensualidad*. A la derecha se presenta la segunda fase de desarrollo en la evolución, las flores rojas se convierten en estrellas amarillas que representan el *amor* y la *devoción*. La figura central, la última etapa, se presenta con los ojos abiertos en cuerpo de mujer y con las figuras geométricas alrededor de su cabeza.

(Tomado de: Mondrian, Hajo Düchting. Editorial Köneman.)

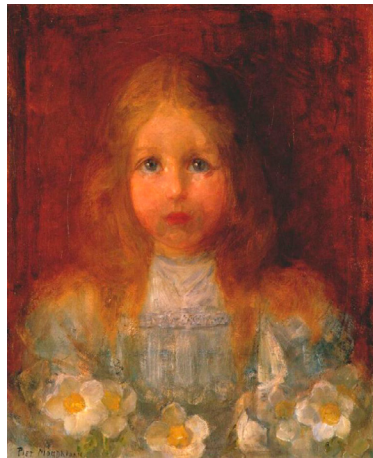
## {Países Bajos (1892 - 1911)}

La primera etapa de la carrera de Mondrian se desarrolló en su natal Holanda, comenzando con su educación en la Academia de Artes de Ámsterdam y su período en esa ciudad (1892 - 1904), en donde pintó paisajes y retratos ,siempre bajo la mirada de su familia de estrictas convicciones calvinistas.

De los años 1904 a 1909 vivió en las poblaciones de Uden y Oele donde con su pincel dibujó los paisajes rurales y los molinos de viento de la región.

De regreso a Ámsterdam (1909 - 1911) es influenciado por movimientos como el *Neoimpresionismo* de Van Gogh y Seurat, y el *Fauvismo* de Matisse; que lo hacen gozar de algo de reconocimiento.

*Mondrian, Niña pequeña*  
(1900)



*Mondrian, Granjero volviendo al campo* (1900)



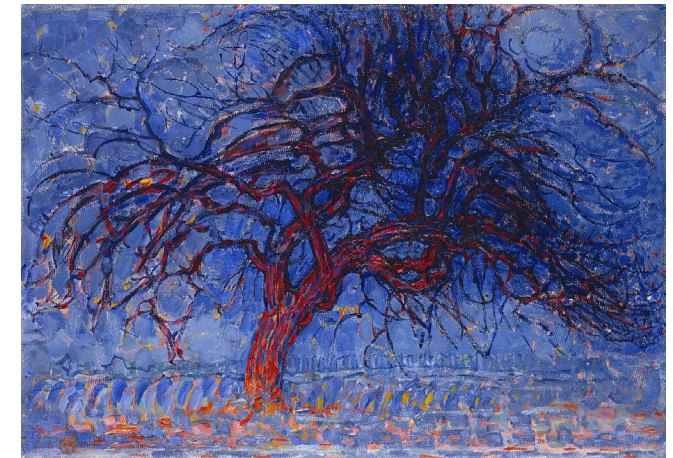
*Mondrian, El Molino*  
(1906)



*Mondrian, Pequeña casa bañada por la luz del sol* (1909)



*Mondrian, Atardecer: el árbol rojo*  
(1910)

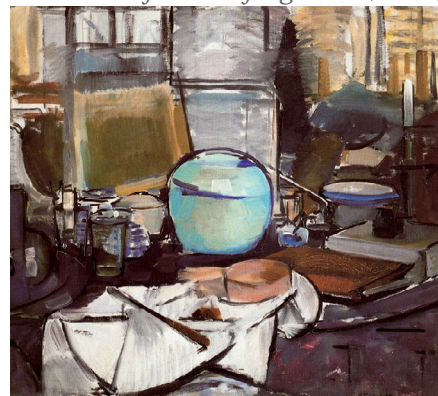


## {París, Francia (1911 - 1913)}

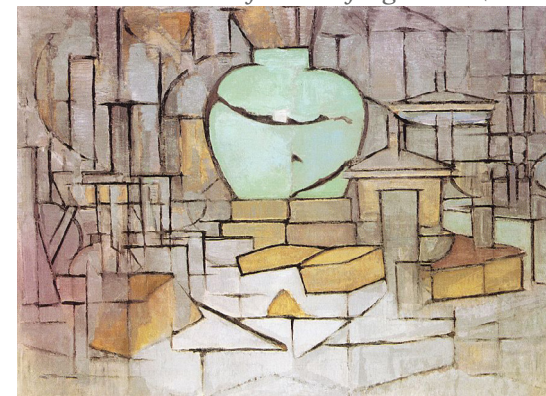
En el año de 1911 Mondrian viaja a París, centro del arte moderno en el mundo. Allí es influenciado por artistas cubistas como *Pablo Picasso* y *Georges Braque*, prueba de ello son sus obras de este estilo, siendo quizás la más relevante "*Naturaleza muerta con jarro de jengibre II*".

También en ese período, su obra *Manzanos en flor*, representa un mundo abstracto; conforme van apareciendo líneas y espacios que posteriormente harán la transformación a sus conocidas composiciones de cuadros de colores. Cada vez sus obras se volverían más elementales, simpleza que estaba en concordancia con sus creencias teosóficas. Mondrian había comenzado su camino a la abstracción.

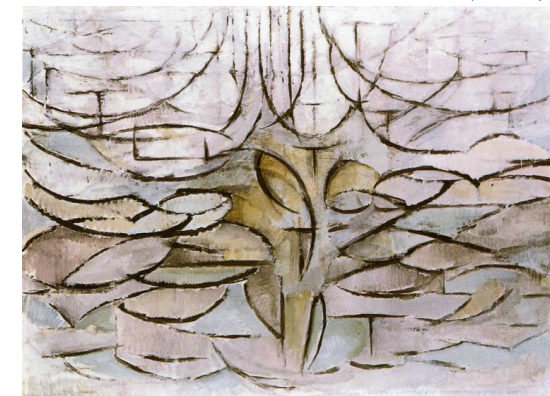
*Mondrian, Naturaleza muerta con jarro de jengibre I* (1911)



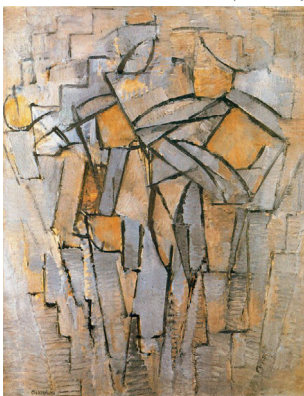
*Mondrian, Naturaleza muerta con jarro de jengibre II* (1912)



*Mondrian, Manzano en flor*  
(1912)



*Mondrian, sin identificar*  
(1913)

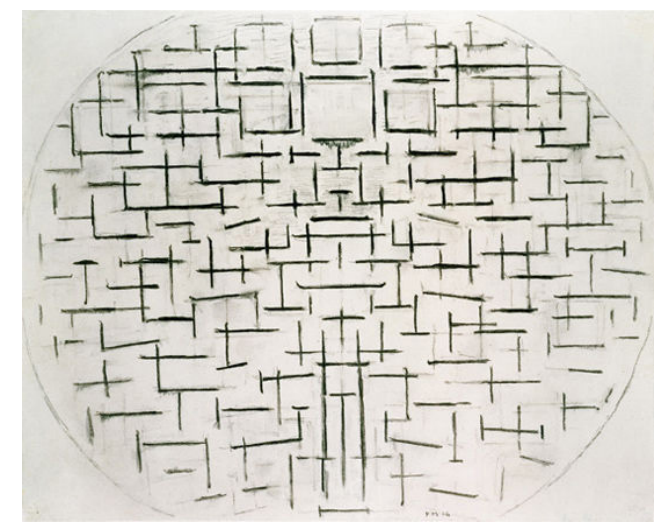




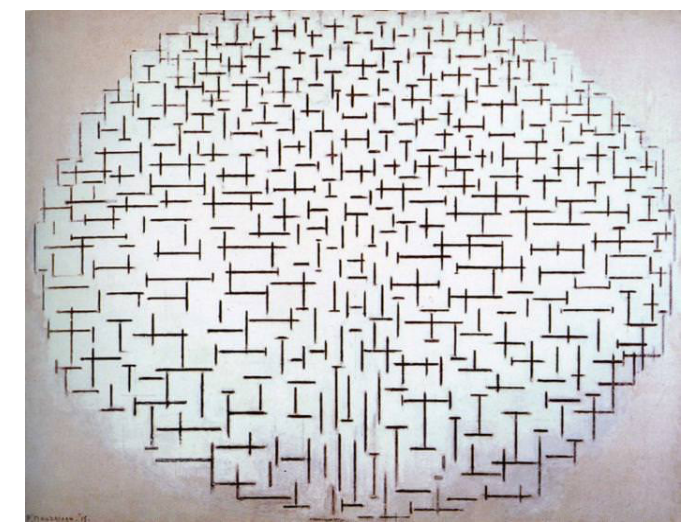
**{Laren, Países Bajos (1914 - 1916)}**

Mondrian regresa a su país huyendo de la Primera Guerra Mundial que había estallado en el año de 1914. Durante ese período, el artista es inspirado por el mar de la región norte de Holanda. Su obra es cada vez más abstracta pero cargada de contenido. Prueba de ello, una de sus grandes obras “*Composición No. 10 - Muelle y Mar*” en donde un escenario natural es abstraído a un modelo de líneas horizontales y verticales que representan un muelle que se funde en las olas del mar para desaparecer luego en el horizonte.

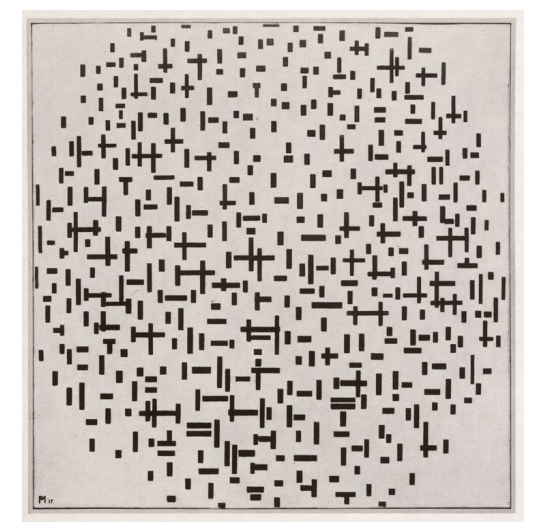
*Mondrian, Composición No. 4 Muelle y Océano (1914)*



*Mondrian, Composición No. 10 Muelle y Océano (1915)*



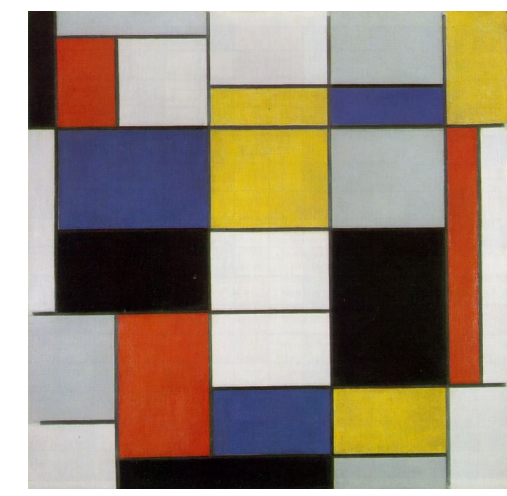
*Mondrian, Composición en líneas (1916)*



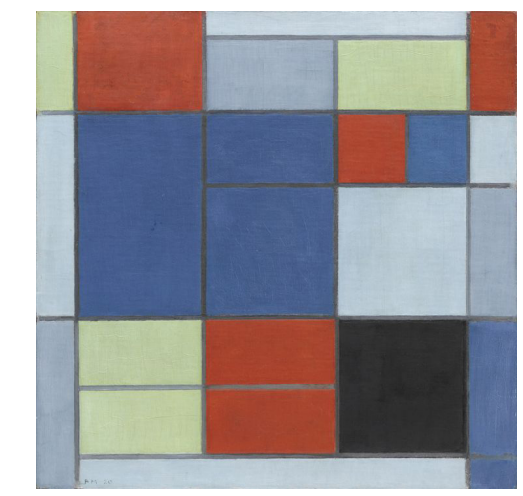
**{París, Francia (1919 - 1938)}**

En el año de 1919, Mondrian comienza una nueva etapa en París. En los años anteriores había fundado junto con Theo Van Doesburg y Gerrit Rietveld el *De Stijl*, un nuevo movimiento plástico que integraba artistas, escultores y diseñadores; y del que Mondrian junto al mismo van Doesburg habían escrito sus principios fundamentales basados en lo *natural* y el *espíritu*, lo *masculino* y *femenino*, lo *vertical* y lo *horizontal* con el fin de alcanzar un equilibrio. Es en aquella época en la que Mondrian incluye por primera vez la paleta de colores primarios en sus composiciones reticuladas dando lugar a su obras más famosas e influyentes.

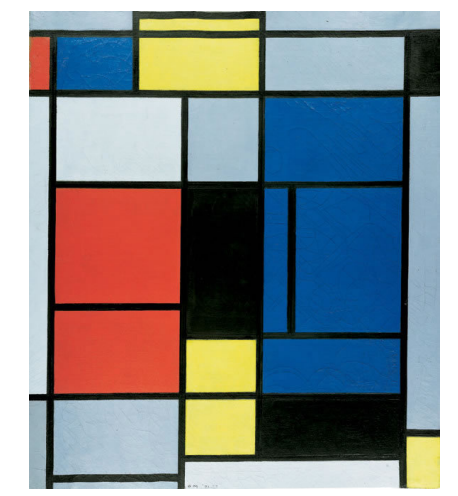
*Mondrian, Composición No. 2 (1920)*



*Mondrian, Composición C (1920)*



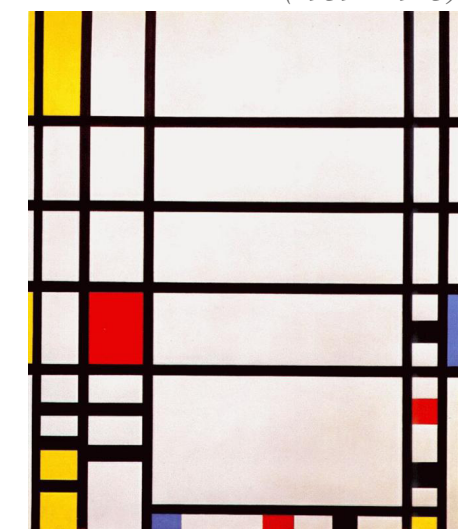
*Mondrian, Tableau I (1921)*



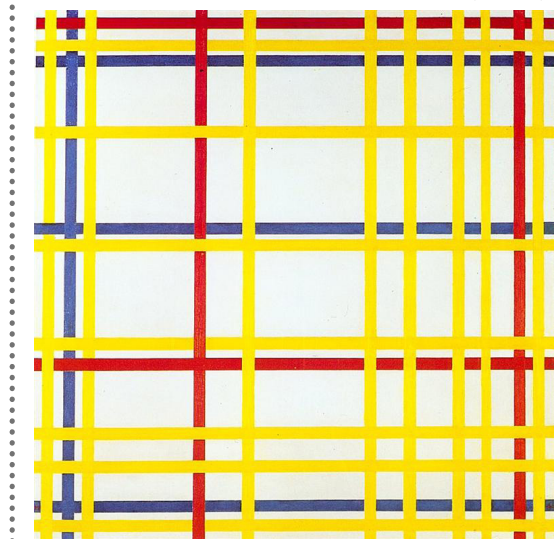
**{Londres, Reino Unido (1938 - 1940)}**

Con la amenaza de la guerra, Mondrian llega a Londres, sin embargo su estadía allí no dura sino un par de años. Una bomba alemana cae en su vivienda haciéndole huir hacia América. De su etapa en la capital inglesa, quedan trabajos como Trafalgar Square y Plaza de la Concordia.

*Trafalgar Square (1939 - 1943)*

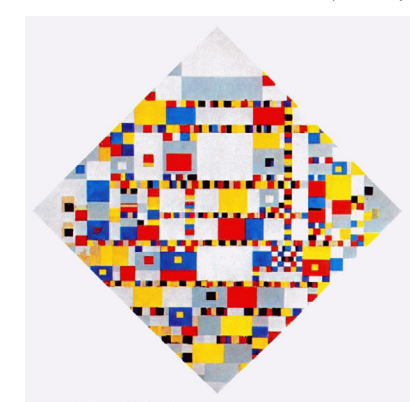


*New York City I (1942)*



**{Nueva York, EEUU (1940 - 1944)}**

*Victory Boogie-Woogie (1944)*



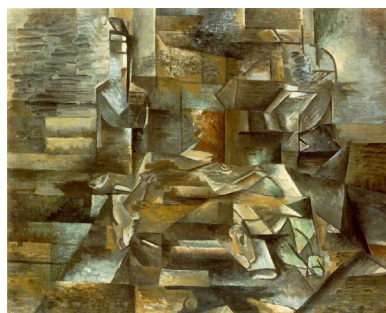
La influencia de la ciudad de Nueva York y su música se hicieron presentes en la obra de Mondrian. Las líneas verticales y horizontales que antes eran oscuras, ahora son cintas adhesivas de colores que permiten al artista componer y recomponer la retícula a su antojo mientras los cuadros y planos se solapan sobre esta. La obra ahora parece bailar a ritmo de *Boogie - Woogie*.

# { Neoplasticismo }

En 1917, Mondrian y Theo van Doesburg fundan el estilo *De Stijl* que era divulgado mediante la publicación de una revista que llevaba el mismo nombre. El grupo, en el que convivían las nuevas ideas de lo que el arte debería de ser, conformó la integración entre artistas, arquitectos y diseñadores que compartían su *visión del futuro* y sus aspiraciones de rediseñar el mundo.

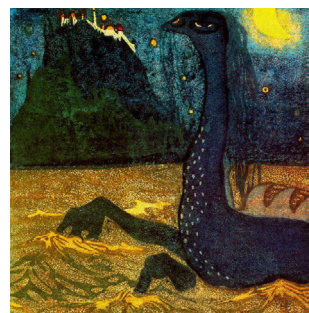
Mondrian adopta el neoplasticismo como forma de expresión en la década de los veinte, reemplazando así a la teosofía como motivadora de sus ideas espirituales. Los artistas de este nuevo estilo pensaban que el cubismo no era lo suficientemente abstracto, mientras que el expresionismo era muy subjetivo.

## {Cubismo}



Braque, *Botella y peces* (1907)

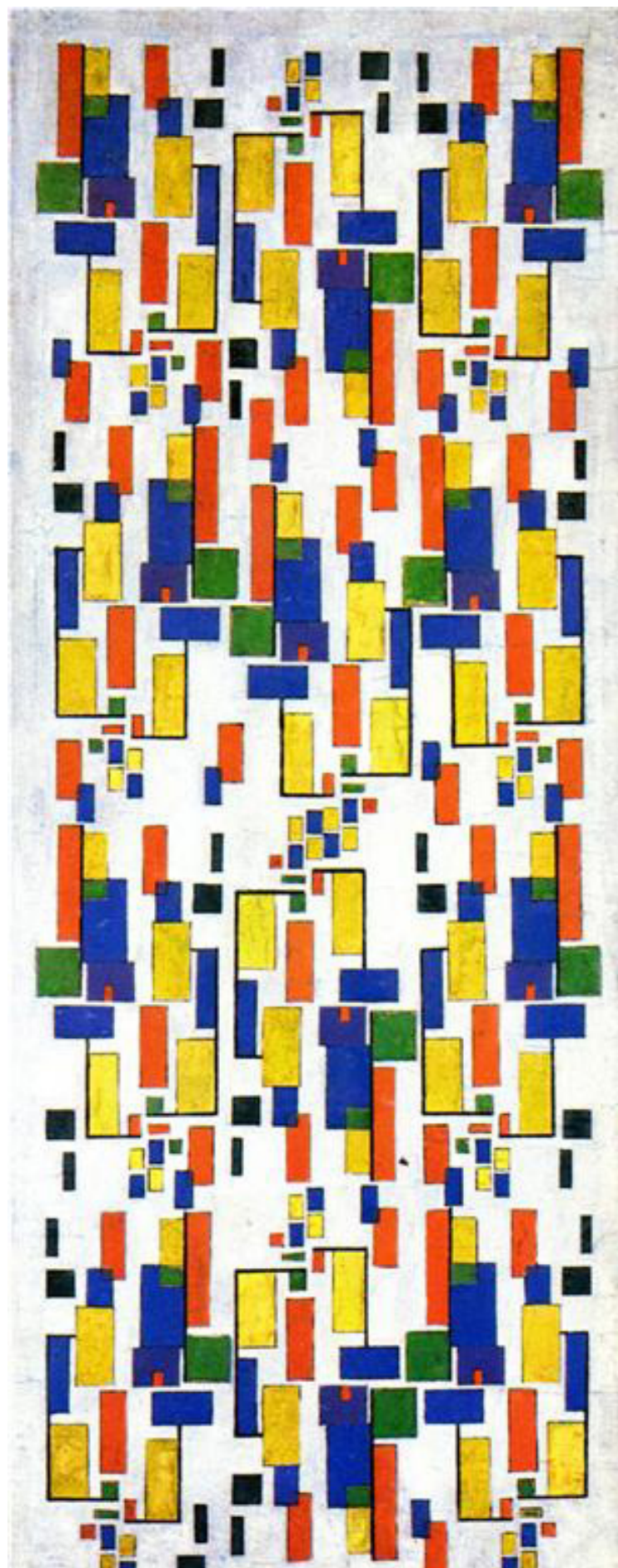
## {Expresionismo}



Kandinsky, *Noche de luna* (1907)

Mondrian formuló los conceptos fundamentales del movimiento entre los años 1913 y 1917, mediante ensayos y escritos que según él contenían el gran mensaje de las obras abstractas; mientras que Theo van Doesburg se convirtió en el teórico y divulgador del estilo.

**El manifiesto del neoplasticismo fue publicado en el primer número de De Stijl.**

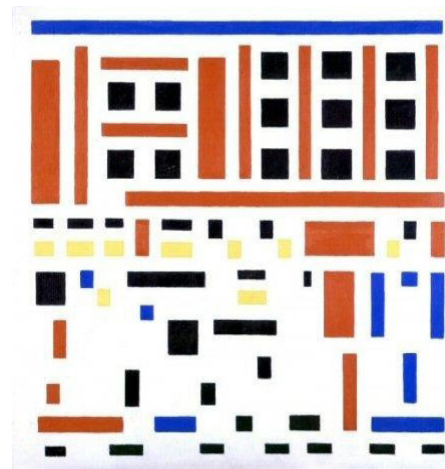


van Doesburg, *Diseño de colores para chimenea* (1917)

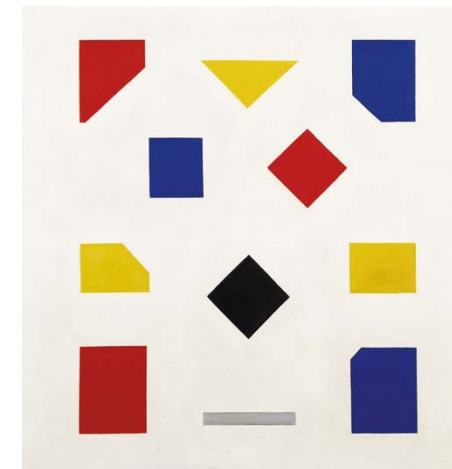
En el neoplasticismo se *prescinde* de las formas miméticas y en lugar de ello se abstraen las ideas hasta reducirlas a las geometrías más elementales, que componen un perfecto equilibrio y armonía mediante la horizontalidad y verticalidad de las líneas que forman vértices que son rellenos con colores primarios, vivos, saturados, sin gradientes; de gran valor artístico y siempre sobre lienzos que tienden al blanco. Esta simpleza, de gran valor artístico, es la que ha convertido a este estilo en gran referente de diseñadores, arquitectos y artistas modernos.

Aparte de Mondrian, otros importantes artistas han hecho grandes contribuciones al movimiento neoplástico, entre ellos están el mismo van Doesburg, así como *Gerrit Rietveld*, *Bart van der Leck*, *Georges Vantongerloo*, y *Vilmos Huszár*.

## { Obras Neoplásticas }

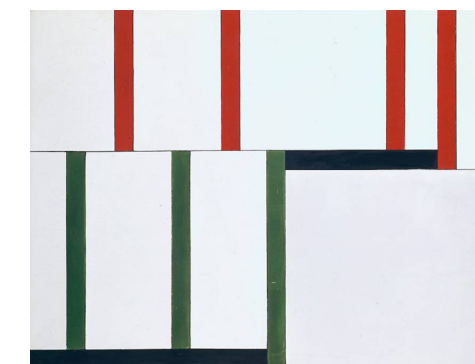


van der Leck, *Composición No. 4* (1917)



van der Leck, *Composición con una raya gris* (1958)

Vantongerloo, *No. 98 2478 Rojo-135 Verde* (1936)



Huszár, *Composición* (1955)



Huszár, *Composición* (1955)

Rietveld, *Silla roja y azul* (1917)

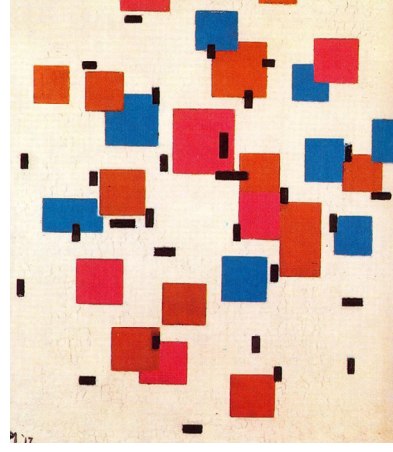


# {Mondrian, obra neoplátística, De Stijl: galería}

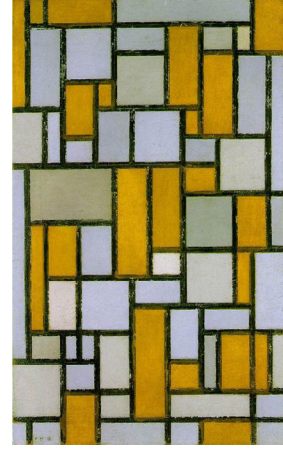
*Composición en óvalo con colores planos II (1914)*



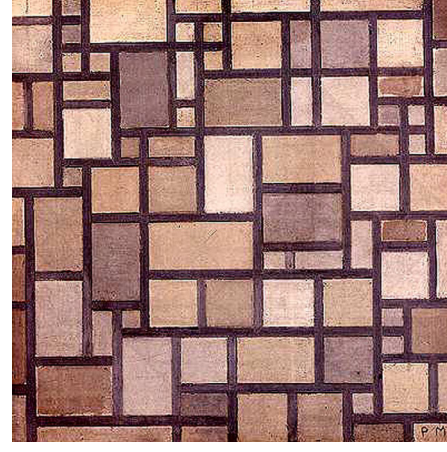
*Composición en color A (1917)*



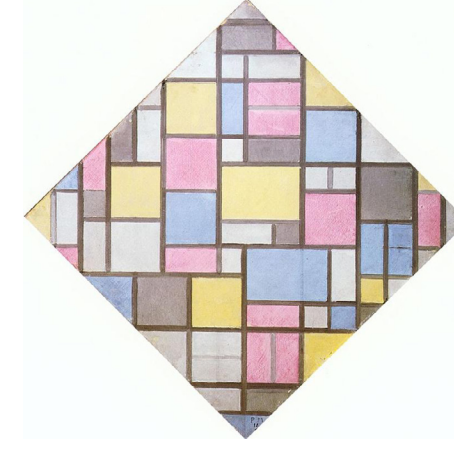
*Composición con gris y café claro (1918)*



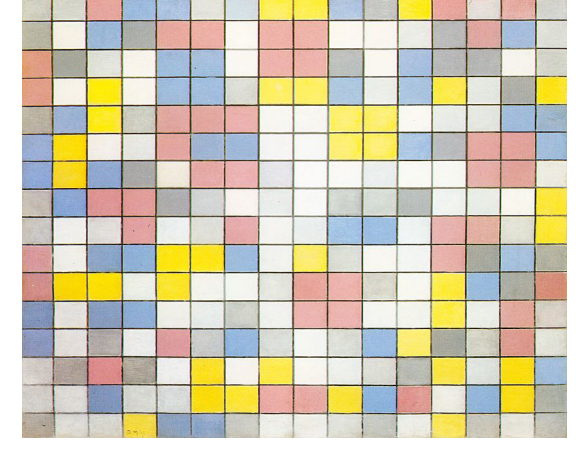
*Composición en planos de color claro y contornos grises (1919)*



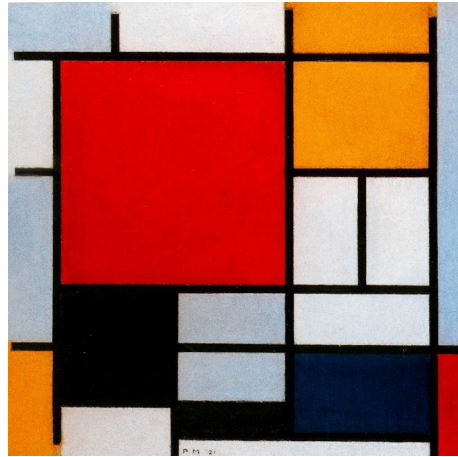
*Composición con cuadrícula VII (1919)*



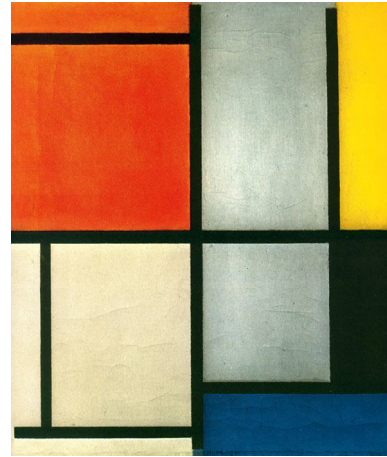
*Composición con cuadrícula IX (1919)*



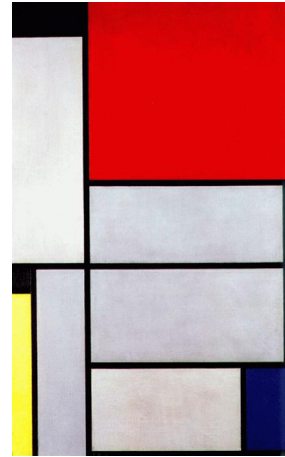
*Composición con gran plano rojo, amarillo, negro, gris y azul (1921)*



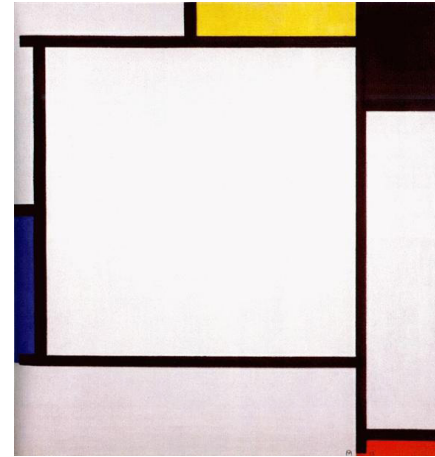
*Mesa 3 con naranja - rojo, amarillo, negro, azul y gris (1921)*



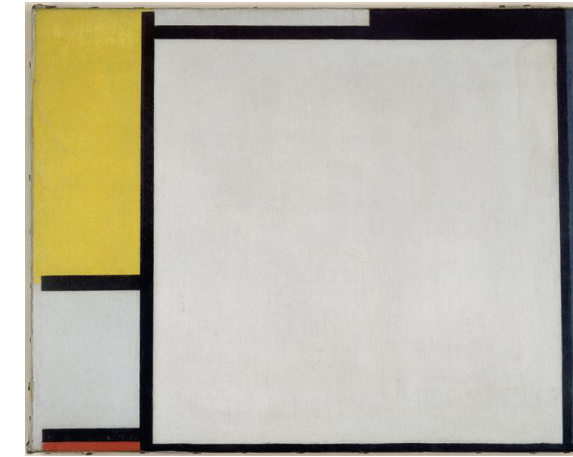
*Mesa I (1921)*



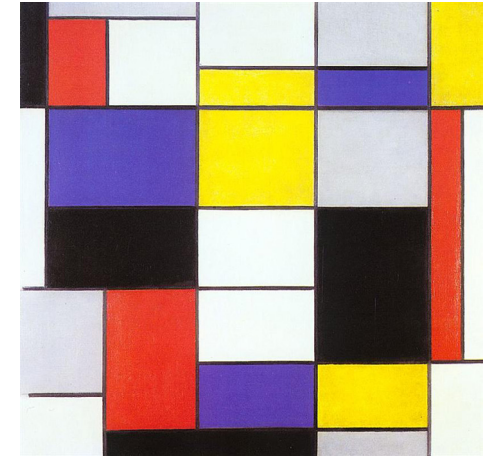
*Composición (1922)*



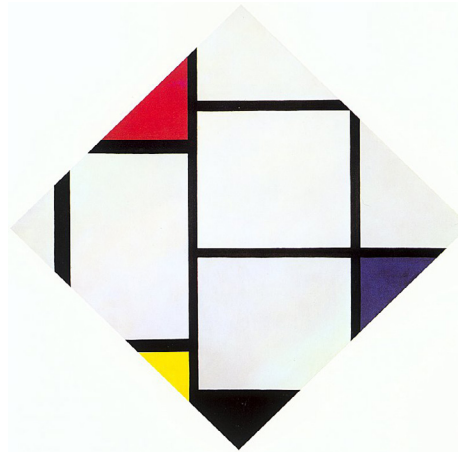
*Composición en rojo, amarillo y azul (1922)*



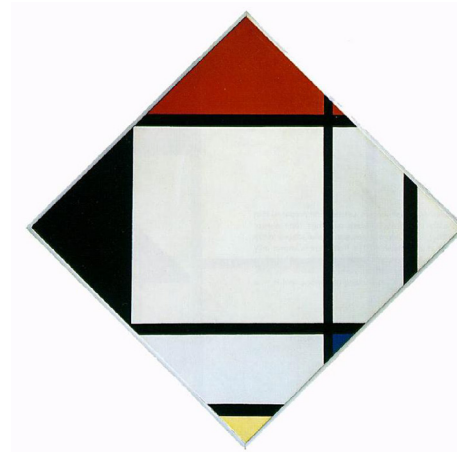
*Composición A (1923)*



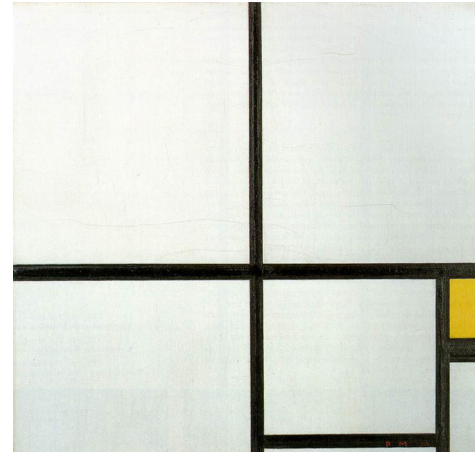
*Pastilla de composición con rojo, gris, azul, amarillo y negro (1924-1925)*



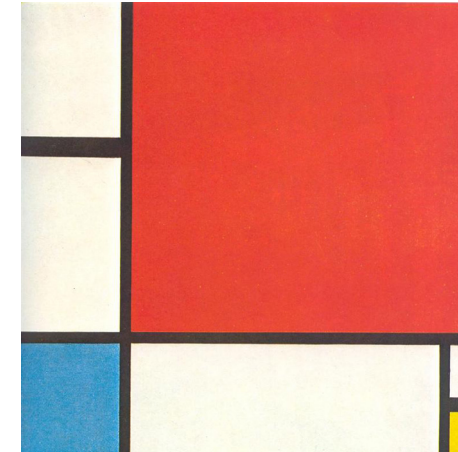
*Pastilla de composición con rojo, negro, azul y amarillo (1925)*



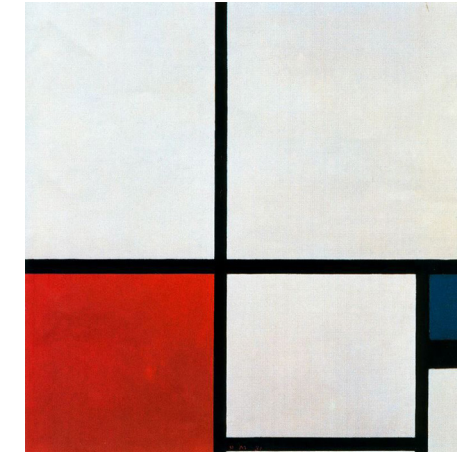
*Composiición con parche amarillo (1930)*



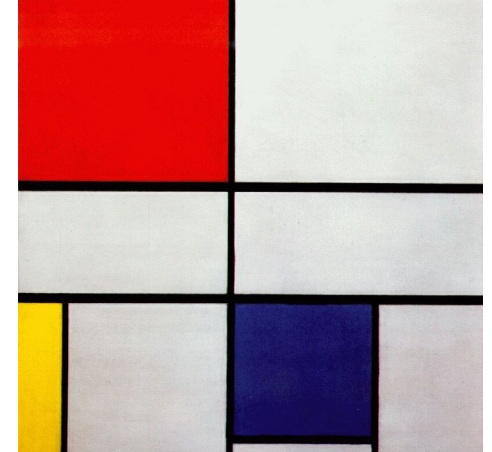
*Composiición con rojo, azul y amarillo (1930)*



*Composición No. 1 con rojo y azul (1931)*

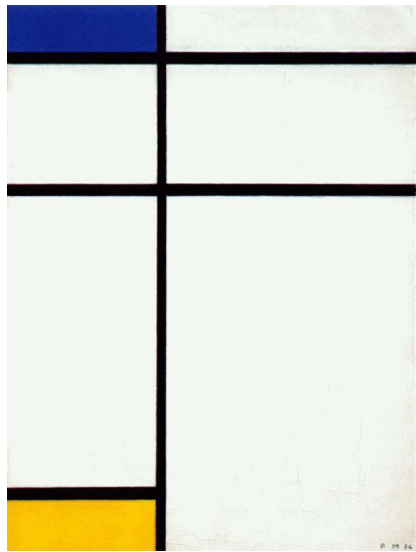


*Composición C (No.III) con rojo, amarillo y azul (1935)*

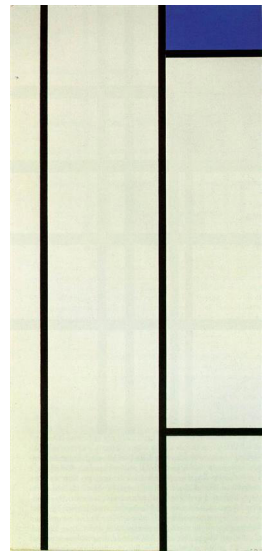


# {Mondrian, obra neoplátística, De Stijl: galería}

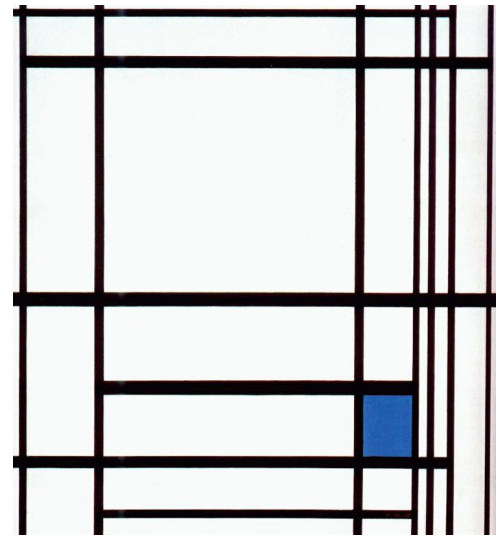
Composición III con azul, amarillo y blanco (1936)



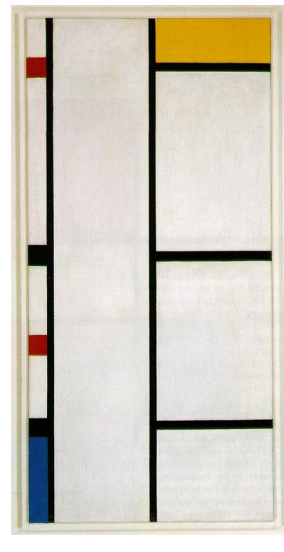
Composición vertical con azul y blanco (1936)



Composición con azul (1937)



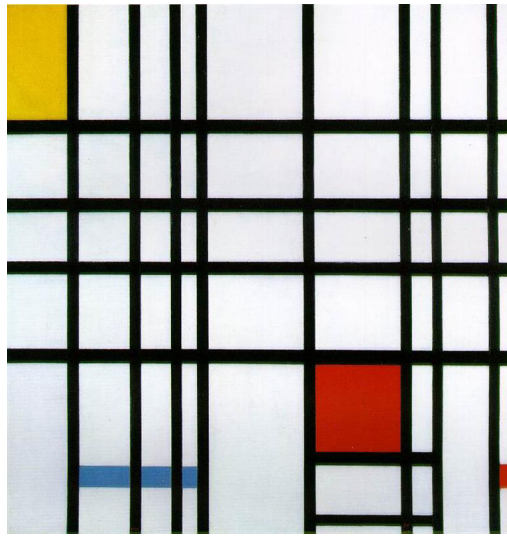
Composición No. III Blanco - Amarillo (1935-1942)



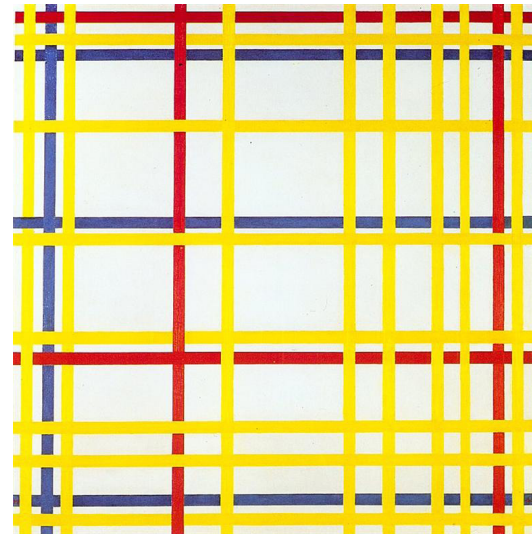
Broadway Boogie-Woogie (1942-1943)

Pintura abstracta, una de las últimas obras del artista, y lograda durante su período en New York. Óleo sobre lienzo que representa las calles y los bloques de la reticulada isla de Manhattan, mientras que dispersos por el *canvas* suenan los colores a ritmo de *Boogie Woogie*; vertiente del Blues que el artista disfrutaba bailar en los antros de la Gran Manzana.

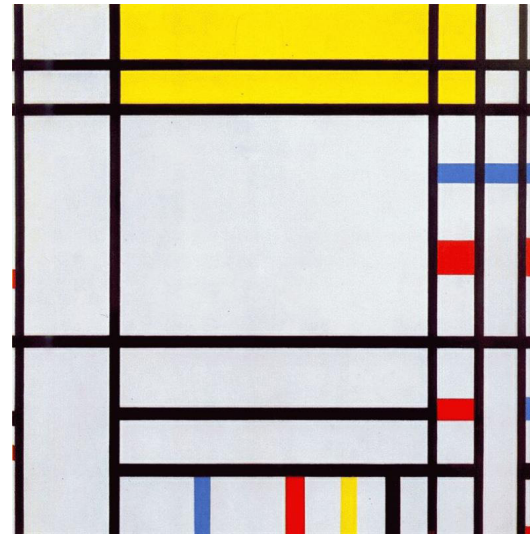
Composición en rojo, amarillo y azul (1937-1942)



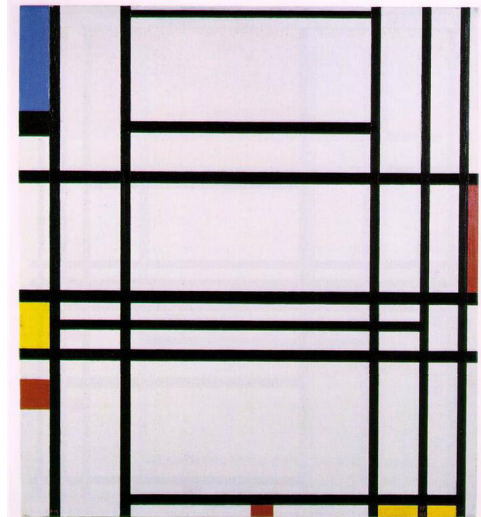
New York City I (1942)



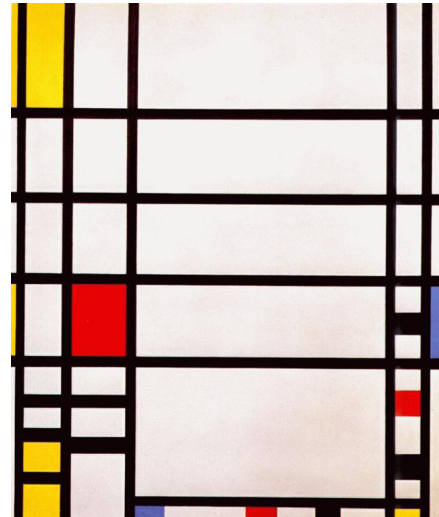
Plaza de la Concordia (1938.1943)



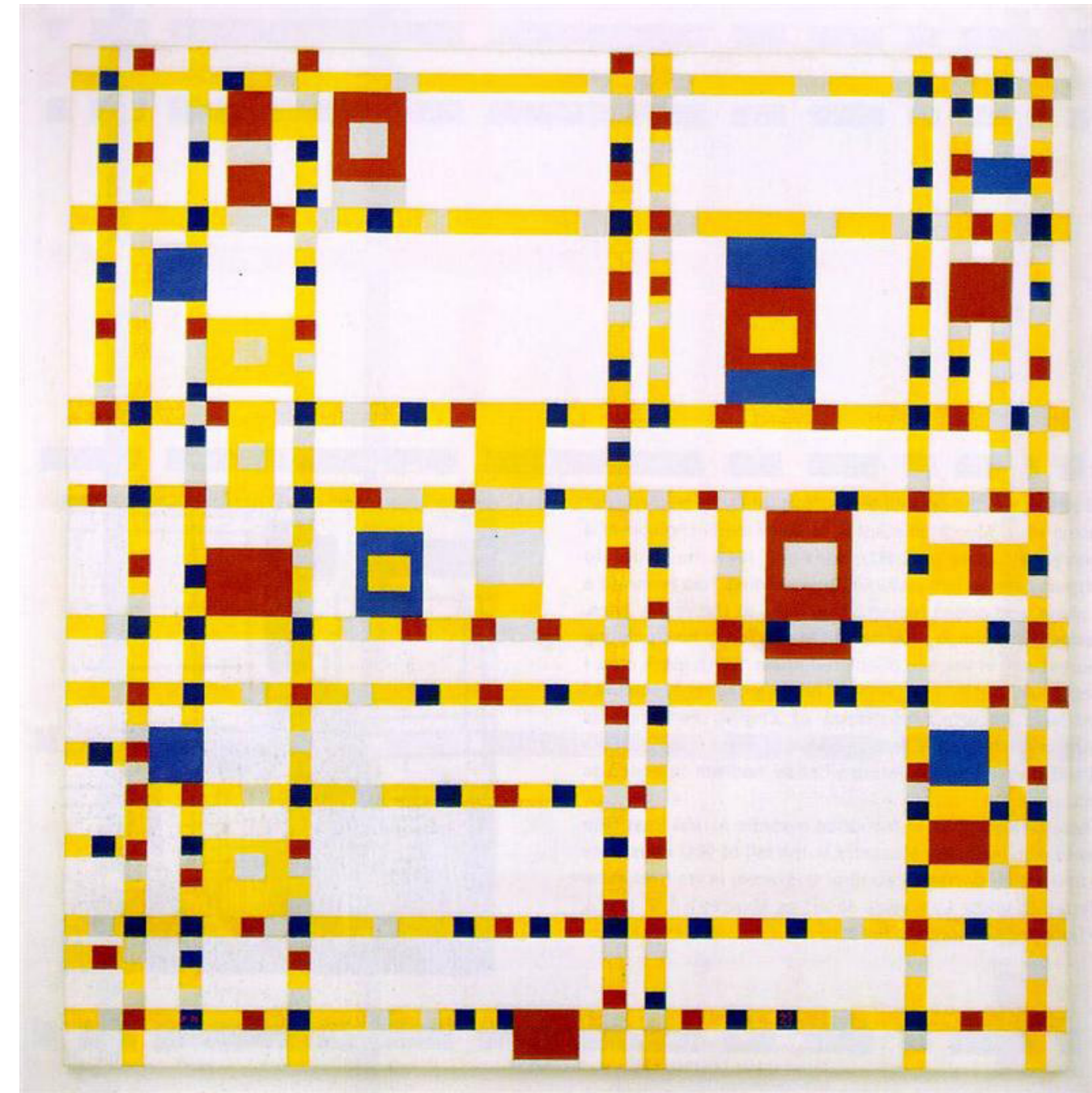
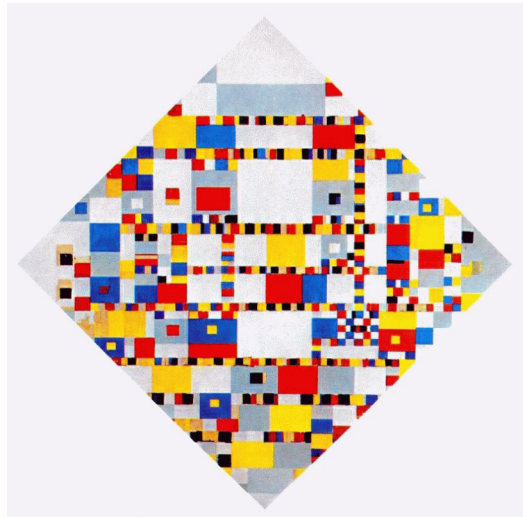
Composición No. 10 (1939.1942)



Trafalgar Square (1939 - 1943)



Victory Boogie-Woogie (1944)



# {Referencias Mondrian}

## { T e x t o s }

Blotkamp, C. (2001). *Mondrian: The art of destruction*. Reaktion Books.

Bris Marino, P. (2014). The influence of Theosophy on Mondrian's neoplastic work. *Arte, individuo y sociedad*, 26(3), 489-504.

Deicher, S. (1999). *Piet Mondrian, 1872-1944: structures in space*. Taschen.

Düchting, H. (2016). *Piet Mondrian*. Könemann.

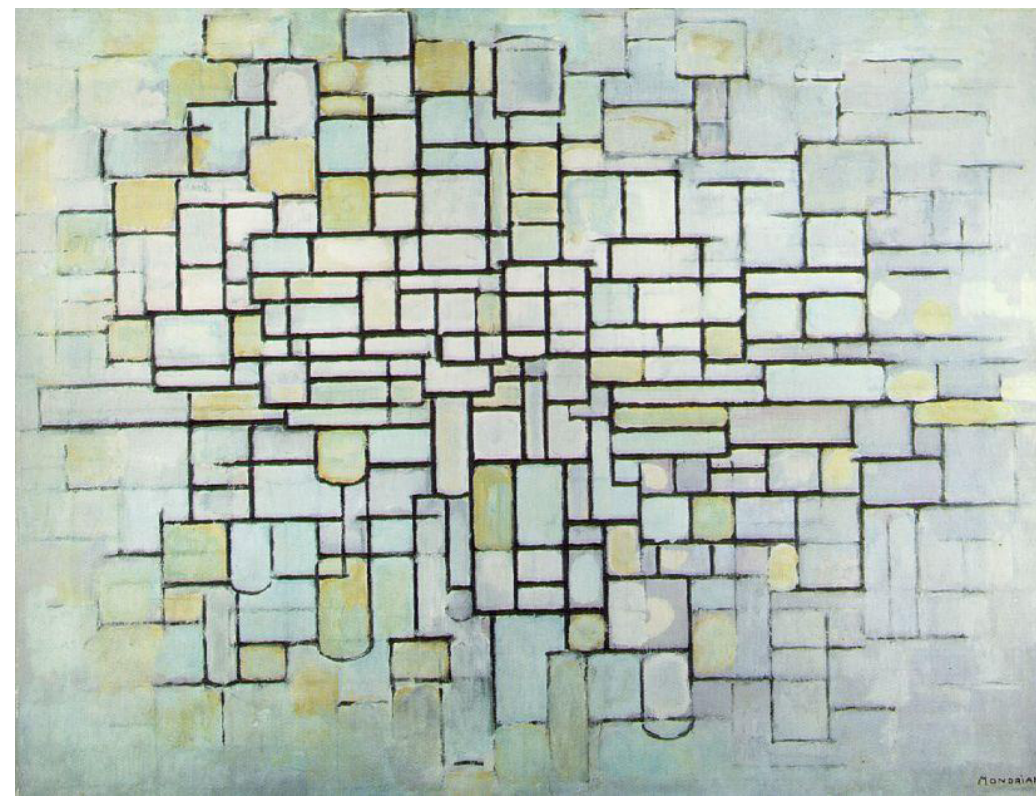
Milner, J. (1992). *Mondrian*. Phaidon.

Mondrian, P. (1961). *Arte plástico y arte plástico puro*.

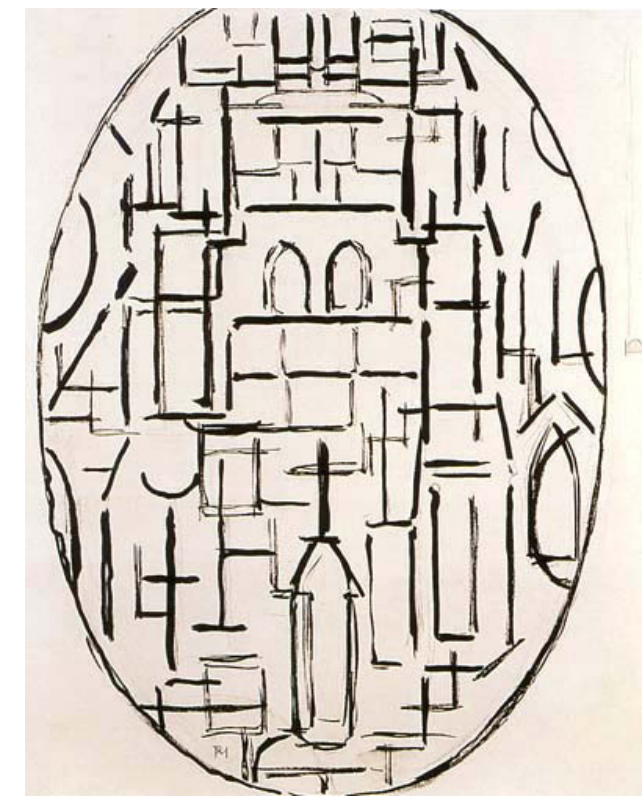
Mondrian, P., & Torroella, R. S. (1989). *Realidad natural y realidad abstracta*. Debate.

Seuphor, M., & Mondrian, P. (1956). *Piet Mondrian: life and work*. HN Abrams.

Tomassoni, I., & Mondrian, P. (1970). *Mondrian*. P. Hamlyn.



Mondrian, *Composición No. 2* (1913)



Mondrian, *Iglesia de Domburg* (1914)

## { V i d e o }

Mister Boogie Woogie Man. [EgonSchiele2]. (2009, julio 16). Piet Mondrian 1 de 6 [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=S74KsagbY\\_0&t=415s](https://www.youtube.com/watch?v=S74KsagbY_0&t=415s)

Mister Boogie Woogie Man. [EgonSchiele2]. (2009, julio 16). Piet Mondrian 2 de 6 [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=cdIIYRgBG\\_Y&t=303s](https://www.youtube.com/watch?v=cdIIYRgBG_Y&t=303s)

Mister Boogie Woogie Man. [EgonSchiele2]. (2009, julio 16). Piet Mondrian 3 de 6 [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=15bjEVsVdGs>

Mister Boogie Woogie Man. [EgonSchiele2]. (2009, julio 16). Piet Mondrian 4 de 6 [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=NfQorDjnhGc>

Mister Boogie Woogie Man. [EgonSchiele2]. (2009, julio 16). Piet Mondrian 5 de 6 [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=yBUs0770I4U>

Mister Boogie Woogie Man. [EgonSchiele2]. (2009, julio 16). Piet Mondrian 6 de 6 [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=4AdrNg9Djd0>

Artists of the 20th Century Art Documentary Series. [artandfilm21]. (2015, diciembre 18). Episode 14: Piet Mondrian [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=WDWzY95EEbA>

Wall Street Journal. [Wall Street Journal]. (2017, agosto 21). Deconstructing Mondrian: The Story Behind an Iconic Design [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=1x8m-7N-Kjo>

CBS. [CBS Sunday Morning]. (2017, octubre 1). Celebrating Mondrian's art [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=CFk8D8xlnMo>

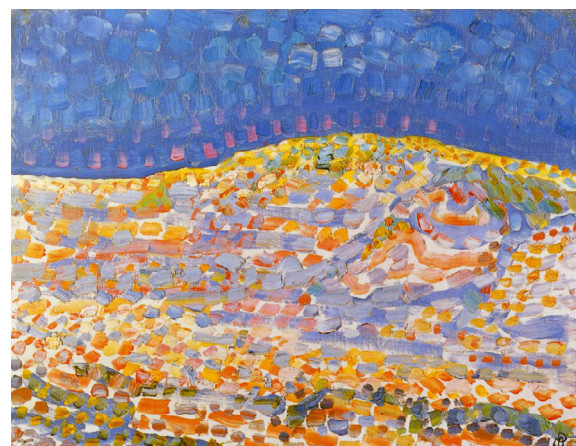
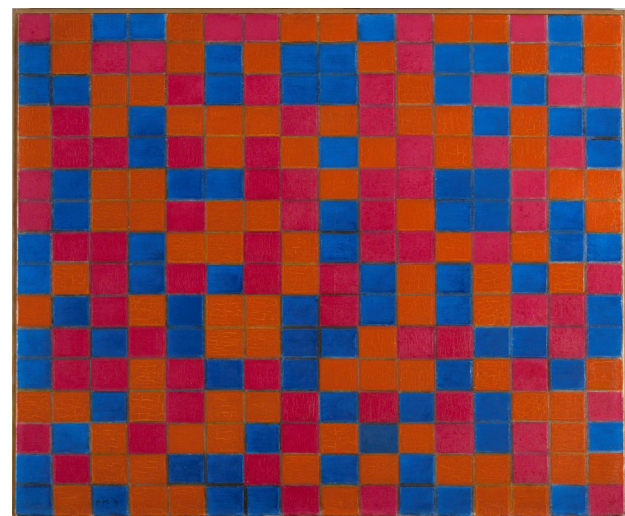
Sheila Graber. [Sheila Graber]. (2012, abril 6). Mondrian [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=iSCmWnIoRpI>

Gárgola Films. [Gargolafilms]. (2014, diciembre 8). Piet Mondrian un Lenguaje Puro [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=5t92s08UV0Y>

Kenney Mencher. [Bauhaus Möbel & Designermöbel]. (2014, diciembre 15). PArchitecture in the Early 20th Century, Modernism, Bauhaus, DeStijl and International Style [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=jrol0WsehTM>

Quantum TV. [Education Channel]. (2017, julio 22). History of Modern Art Documentary [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Jb1nqgNmmmU>

Mondrian, *Duna II* (1909)



# { 5. Diseño de la Interfaz }

---

Como lo dijo Walter Benjamin, un arte distinto trae una percepción distinta. Es así también como se pierde lo que este autor llama el aura de la obra de arte. Eso que se transporta al aquí y al ahora; aquello que indica las motivaciones, el destino y el lugar de nacimiento, en otras palabras: el *porqué, para qué y para quién* de la creación artística. Es así como dicha obra se va alejando de ese carácter mágico y ritual que la escondía del público, y que ahora la exhibe coqueta ante él.

Para el lunes 27 de septiembre de 1940, La llave estadounidense de Shockley, Bardeen y Brattain aún no inventaba el transistor; y restaban los mismos siete años para que su compatriota, John Turkey, acuñara el término bit –como contracción de dígito binario-. Es posible que lo anterior no pasara desapercibido para Benjamin; pero claro, moría ese mismo día en el municipio catalán de Port Bou.

Desde las ideas de Alan Turing, Norbert Wiener y Claude Shannon, hasta las investigaciones más recientes, se ha buscado dotar a las máquinas de inteligencia similar a la humana. Con la creación de las primeras computadoras al final de la década de los cuarenta del siglo pasado, comienza una nueva experimentación artística, en la cual la máquina es partícipe en la creación. El arte por computador despunta nuevas formas estéticas, en donde oleadas de electrones golpean láminas de fósforo y plomo produciendo movimientos armónicos-aleatorios de figuras que resplandecen en el cristal de la pantalla. Surgen especies de vanguardias que basan su manifiesto en el software, el cual desde su alter ego, labora para el arte: arte por computador, arte creado para la red.

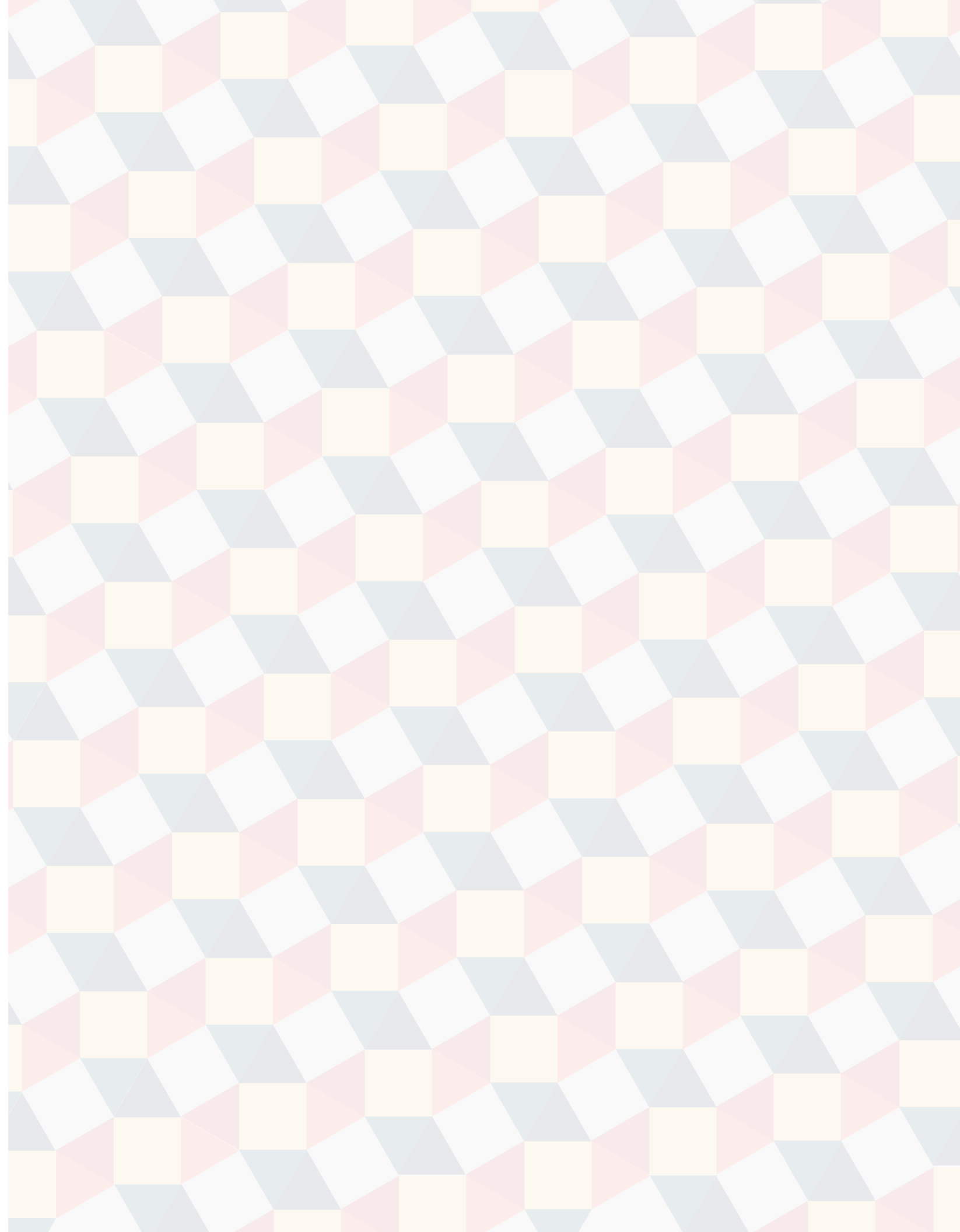
Como bien lo decía Benjamin en “*La obra de Arte en la Época de su Reproductibilidad Técnica*”, el actor de teatro se expone al público, y el de cine al lente y mecanismo. Podría decirse, post Benjamin, que el artista digital se expondrá a la interfaz: capa o filtro que cubre y resignifica la sucesión de unos y ceros. El bit, la unidad básica de información, irreducible e indivisible, dígito binario, promiscuo y libertino que se aparea y reproduce sin ningún pudor bajo el alcahueteo de la nueva instrumentación tecnológica. Baudelaire, si pudiera verlo, tal vez dijera: *la bit flâneur*, que se pasea y vagabundea por las calles de la información. Son los utillajes técnicos los que permiten que cualquiera lo administre, manipule y haga gala de él a través de la pantalla. Las masas son ahora, más que nunca, partícipes de este festín.

Este nuevo arte digital se propaga a grandes velocidades, viaja rueda a rueda con la luz. Privilegiada sea tal obra de arte, no existe nada que viaje más rápido que ella. Esos minúsculos fotones carentes de masa (atómica) son recibidos y consumidos por otra masa aún más grande; una más imponente que la que consumía fotografía y cine. Este viaje, con destino a lugares topológicos inhóspitos -inaccesibles por un mundo macro-, rompe el aura, la originalidad y unicidad. De hecho, ya estaba rota con elementos, aunque reproducibles técnicamente, no dispersaban su prole con tal facilidad. Lo anterior se hace válido despertando a Benjamin de su sueño, y trayéndole a nuestra época.

Sin embargo, para Boris Groys en “*Arte en Flujo*” (2016), una de las formas de resaltar la diferencia entre lo moderno y lo contemporáneo es el modo de reproducción de la obra de arte, que pasa de mecánica a digital. Según el escritor alemán, la humanidad está interesada en su propia contemporaneidad, que no es otra que el efecto de las redes globales de información que nos sirven a la carta eventos en tiempo real que ocurren en cualquier parte del mundo.

Considerando que los pequeños dígitos binarios conformarán una creación artística, en idea de Benjamin, dicha obra nacerá sin el aura -el proceso artístico digital dará a luz una obra sin el aquí y el ahora-. Sin embargo, como también lo dice Groys, para la vanguardia artística ser original va en contra de lo planteado por Benjamin, es decir, ser original no implica ser natural, ni inimitable ni irreproducible, únicamente ser históricamente nuevo. De hecho, esta declaración es más aguzada en las vanguardias radicales de Mondrian, Malevich y Marinetti, que querían una obra de arte con nuevas y antinaturales formas. Las coloridas y rectangulares figuras del gran pintor neerlandés, perfectamente podrían encajar en un pensamiento matemático.

Es aquí donde el arte digital podría desprenderse de las afirmaciones de Benjamin, y tener el camino abierto para recuperar el aura, sin que esto tenga que ver con su reproducción. La facilidad de lo digital lo hace reproducible, es la reducción de la que habla el arte de vanguardia –aunque su manifiesto repose en un archivo al que aún no tenemos acceso-. Estamos en la vanguardia a la velocidad de la luz.



El desarrollo de la interfaz que servirá de soporte para la obra de arte digital sigue una metodología de diseño por fases, donde cada una de ellas está conformada por un conjunto de tareas que tienen como objetivo final la consecución de una **experiencia interactiva** de tres actividades diferentes que pretenden **motivar** en niños el desarrollo de las primeras habilidades del pensamiento lógico matemático.

**Presentar una interfaz multimedial que permita a los niños interactuar mediante gestos y movimientos con obras de arte digital que permitan fomentar y motivar habilidades básicas de pensamiento lógico matemáticas a nivel de construcción y organización del conocimiento, dentro de las que se pretende activar la observación, la comparación, la relación y la clasificación.**

## { F a s e s d e D i s e ñ o }

### Fase 1

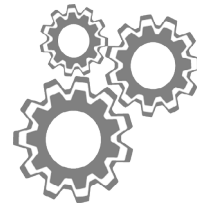
Desarrollo de Concepto



1. Identificación de necesidades
2. Entrevistas
3. Estado de la técnica
4. Estado del Arte
5. Matriz de necesidades
6. Diagrama funcional
7. Diagrama de concepto

### Fase 2

Diseño de Subsistemas



1. Definición sub problemas
2. Elección de los elementos
3. Diseño de interacción
4. Diseño de la experiencia

### Fase 3

Diseño de Detalle



1. Etapas del software
2. Diseño de actividades
3. Requisitos
4. Diagramas de flujo
5. Estructura del programa
6. Diseño de las actividades

### Fase 4

Pruebas y Optimización



1. Pruebas de desempeño
2. Evaluación de la experiencia

# { Identificación de Necesidades: formato de encuesta }

## Encuesta de Identificación de Necesidades

"Las artes digitales como herramientas de apoyo para promover el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico matemático en niños del primer ciclo de básica primaria"  
J.D. Correa Blair - Maestría en Artes Digitales  
Instituto Tecnológico Metropolitano

1 Indique el cargo que desempeña

Docente de aula     Practicante     Coordinador

2 Indique el grado de primaria en el que enseña

Grado 1°     Grado 2°     Grado 3°     Grado 4°     Grado 5°

3 ¿Usa herramientas tradicionales para la enseñanza de las matemáticas?

Sí     No

4 ¿Qué tipo de herramientas tradicionales usa para la enseñanza de habilidades lógico matemáticas?

Regletas de Cuisenaire      Bloques para Armar  
Bloque Lógicos      Textos Escolares  
Ábaco      Rompecabezas (Tangram, Jenga, o similar.)  
Juegos de Mesa      Otros

5 ¿Usa herramientas digitales para la enseñanza de las matemáticas?

Sí     No

6 ¿Qué tipo de herramientas digitales usa para la enseñanza de habilidades lógico matemáticas?

Programas de Computador      Videojuegos  
Videos / YouTube      Experiencias Interactivas  
Aplicaciones Móviles      Otros Medios Audiovisuales

7 ¿Qué dificultades presentan actualmente los niños en la consecución de habilidades lógico matemáticas?

---

---

---

---

---

8 ¿Qué motivaría a los niños a la hora de acercarse a la consecución de habilidades lógico matemáticas?

---

---

---

---

---

9 En una herramienta digital con interfaz gestual, ¿Qué tipo de habilidades podrían desarrollarse?

---

---

---

---

---

10 ¿Cuáles serían las ventajas para el niño en utilizar gestos y movimientos a la hora de adquirir habilidades lógico matemáticas?

---

---

---

---

---

11 ¿Cuáles serían las características que debería tener un dispositivo de este tipo en la enseñanza de habilidades lógico matemáticas?

---

---

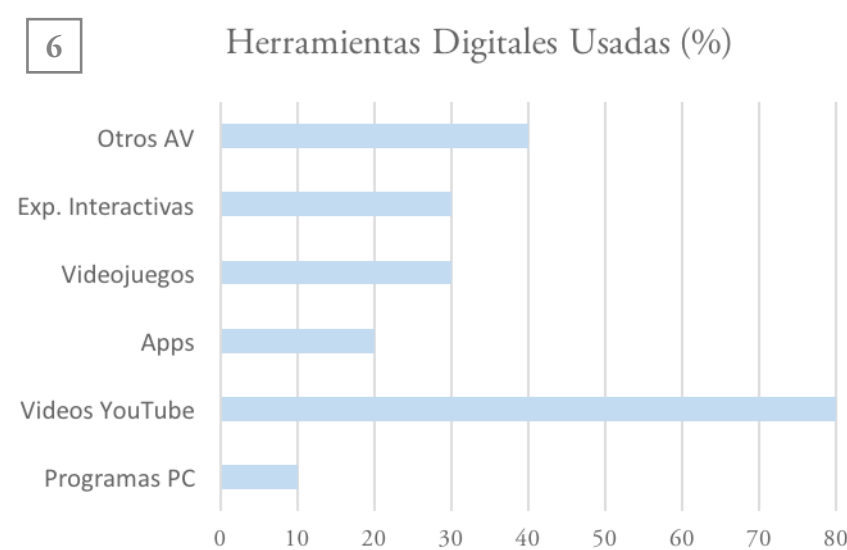
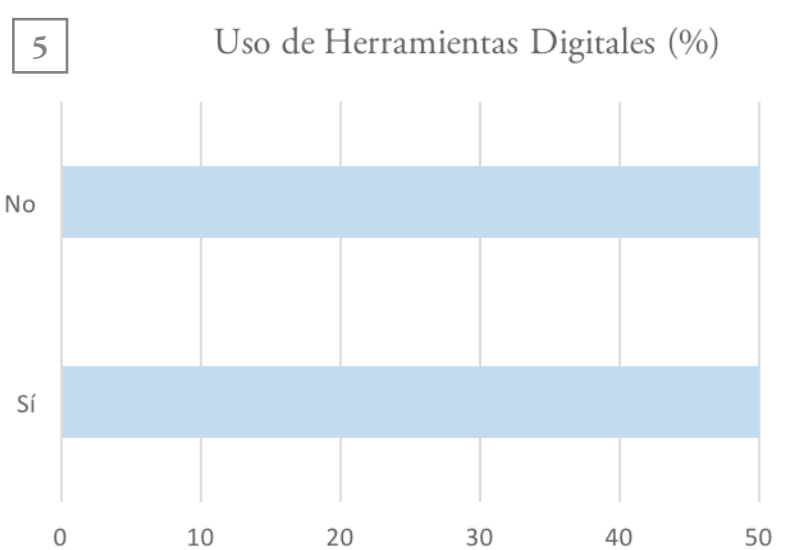
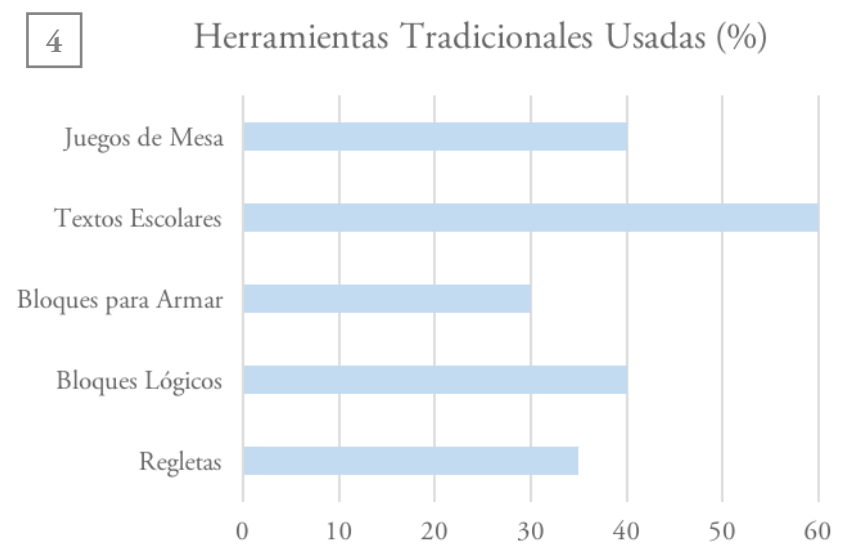
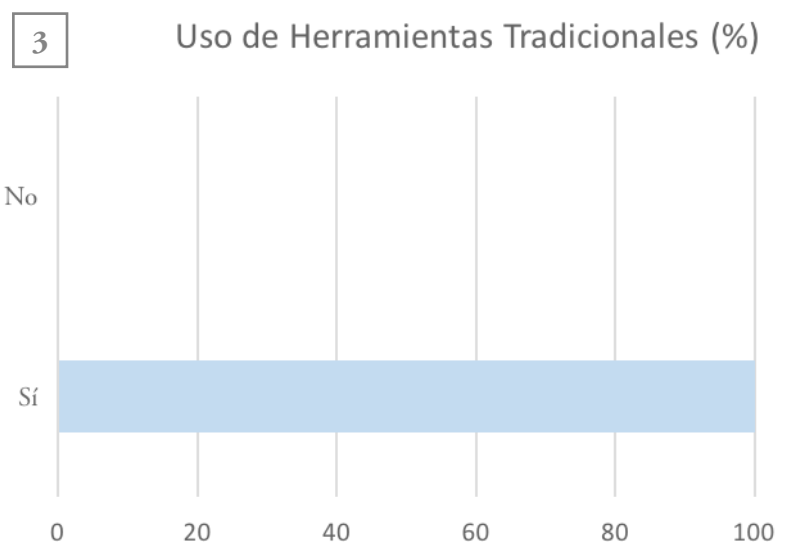
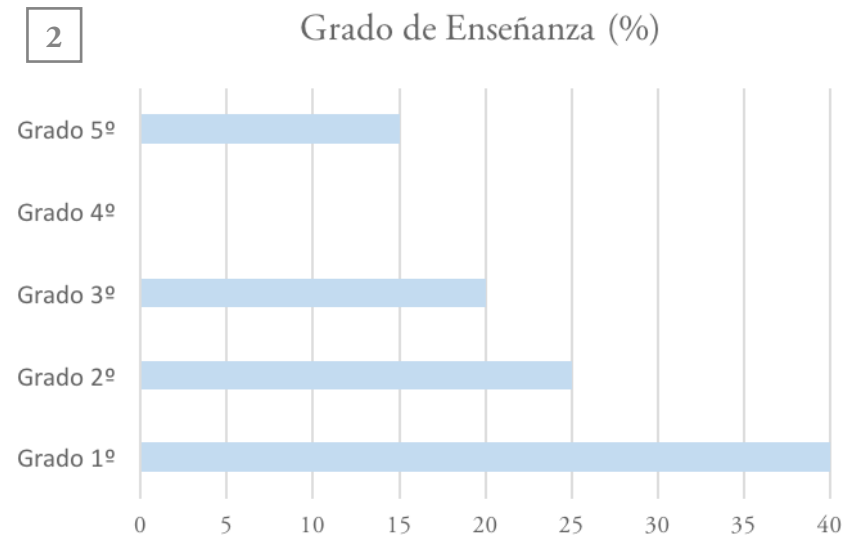
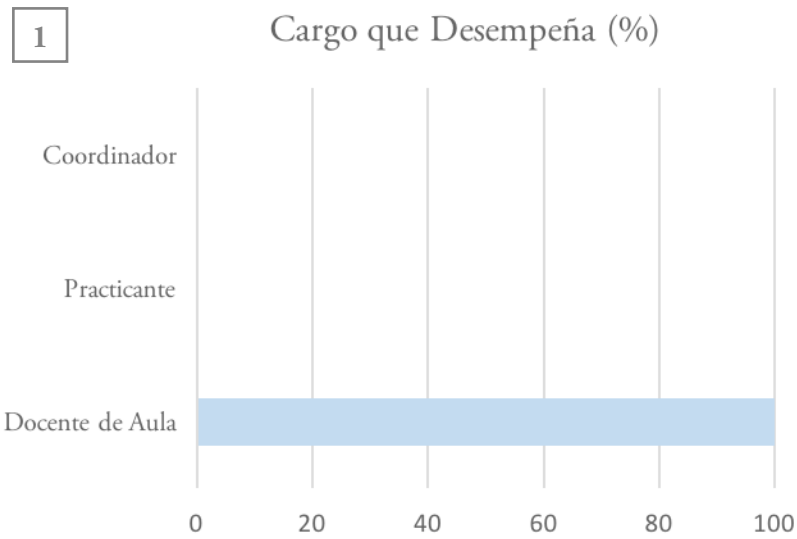
---

---

---



# { Resultados }



- 7**
- La estructura educativa nacional no permite desarrollar en tiempo amplio las habilidades básicas de pensamiento porque se debe regir por estándares.
  - Carencia de herramientas llamativas que motiven el trabajo didáctico en el aula.
  - La cantidad de niños por grado no permite tener en cuenta el trabajo diferenciado.
  - Falta de interés en las matemáticas.
  - Se desconoce la importancia de las matemáticas para la vida.
  - Creencia por parte de los niños que las matemáticas son difíciles y aburridas.
  - Falta de materiales atractivos y motivadores que hablen el mismo idioma de los niños.

- 8**
- Como son niños de era tecnológica, herramientas de tipo digital afines a su época.
  - Herramientas visuales y concretas que permitan acercar a los niños al desarrollo lógico matemático.
  - Herramientas que les permitan a ellos manipular los elementos.
  - Herramientas propias al mundo en el que están creciendo.
  - Actividades que puedan tocar en una pantalla.
  - Actividades lúdicas que fomenten su desarrollo, aprender mientras juegan.

- 9**
- Habilidades de pensamiento.
  - Habilidades psico – motoras.
  - Creatividad.
  - Solución de problemas.
  - Atención y motivación al aprendizaje.

- 10**
- Pasaría de ser un ente pasivo que solo recibe información a ser un ente activo que le permite interactuar directamente con el conocimiento.
  - Es una forma de aprender significativamente por que lo involucra a él directamente.
  - Incorporar y relacionar conocimientos a los ya adquiridos.
  - Ser protagonista directo de su aprendizaje.
  - Motivación a aprender y adquirir nuevos conocimientos.

- 11**
- Que sea seguro para el niño
  - Que no ponga en riesgo su integridad
  - Que sea inclusivo para cualquier tipo de niño.
  - Que sea llamativo.
  - Que estimule el interés de los niños
  - Que sea claro y no complicado, preciso, directo y que el niño lo pueda entender con facilidad.
  - Que sea fácil de sumergirse en él.
  - Que no presente peligro alguno para él.
  - Que pueda recibir retroalimentación de la experiencia.
  - Que se divierta y produzca bienestar.
  - Que se presente en un lenguaje apropiado para ellos.
  - Que sea intuitivo en su utilización.

Desarrollo de habilidades lógico matemáticas



Vygotski, L. S. (1984)

Fernández Bravo, J. (2005)

González, A. (2005)

Baqués, M., & Goycoolea, M. (2005)

Serrano, J. M.; Pons, R. M.; Ortiz, M. E. (2011)

González-Tejero, J. M. S., Parra, R. M. P., & Padilla, M. E. (2011)

Sánchez Esteban, N. (2014)

Espinoza, J., Lupiáñez, J. L., & Segovia, I. (2014)

Herramientas digitales para desarrollo de habilidades lógico matemáticas



Orozco, C; Labrador, M. E. (2006)

Olkun, S., Altun, A., & Deryakulu, D. (2009)

Moreira, M. A. (2010)

Leal, D. (2012)

Infantil, C. E. (2014)

Cuesta, H; Aguiar, M. V; Marchena, M. R. (2015)

Zapata-Ros, M. (2015)

Interacción con Sensores



Khoshelham, K. (2011)

Xia, L., Chen, C. C., & Aggarwal, J. K. (2011).

Ren, Z., Meng, J., Yuan, J., & Zhang, Z. (2011)

Biswas, K. K., & Basu, S. K. (2011)

Raheja, J. L., Chaudhary, A., & Singal, K. (2011)

Frati, V., & Prattichizzo, D. (2011)

Leyvand, T., Meekhof, C., Wei, Y. C., Sun, J., & Guo, B. (2011)

Khoshelham, K., & Elberink, S. O. (2012)

Zhang, Z. (2012)

Han, J., Shao, L., Xu, D., & Shotton, J. (2013)

Wang, C., Liu, Z., & Chan, S. C. (2015)

Programación de Interactividad



Curien, P. L. (2003)

Noble, J. (2009)

Shiffman, D. (2009)

Giles, J. (2010)

Webb, J., & Ashley, J. (2012)

Kramer, J., Burrus, N., Echtler, F, Daniel, H. C., & Parker, M. (2012)

Shiffman, D., Fry, S., & Marsh, Z. (2012)

Reas, C., & Fry, B. (2015)

Relación Arte - Matemática



Coxeter, H. S. M. (1986)

Mondrian, P., & Holtzman, H. (1987)

Pérez-Gómez, R. (1987)

Schattschneider, D. (1990)

Klamkin, M. S., & Liu, A. (1992)

Emmer, M. (2005)

Henao Vásquez, M (2010)

Montesinos-Amilibia, J. M. (2012)

Pineda Pulido, L. A (2013)

Lince-Salazar, S. (2014)

# { Matriz de Necesidades / Métricas }

La matriz de necesidades métricas es una tabla del tipo QFD (*Quality Function Deployment*), que sirve como herramienta en el diseño de productos.

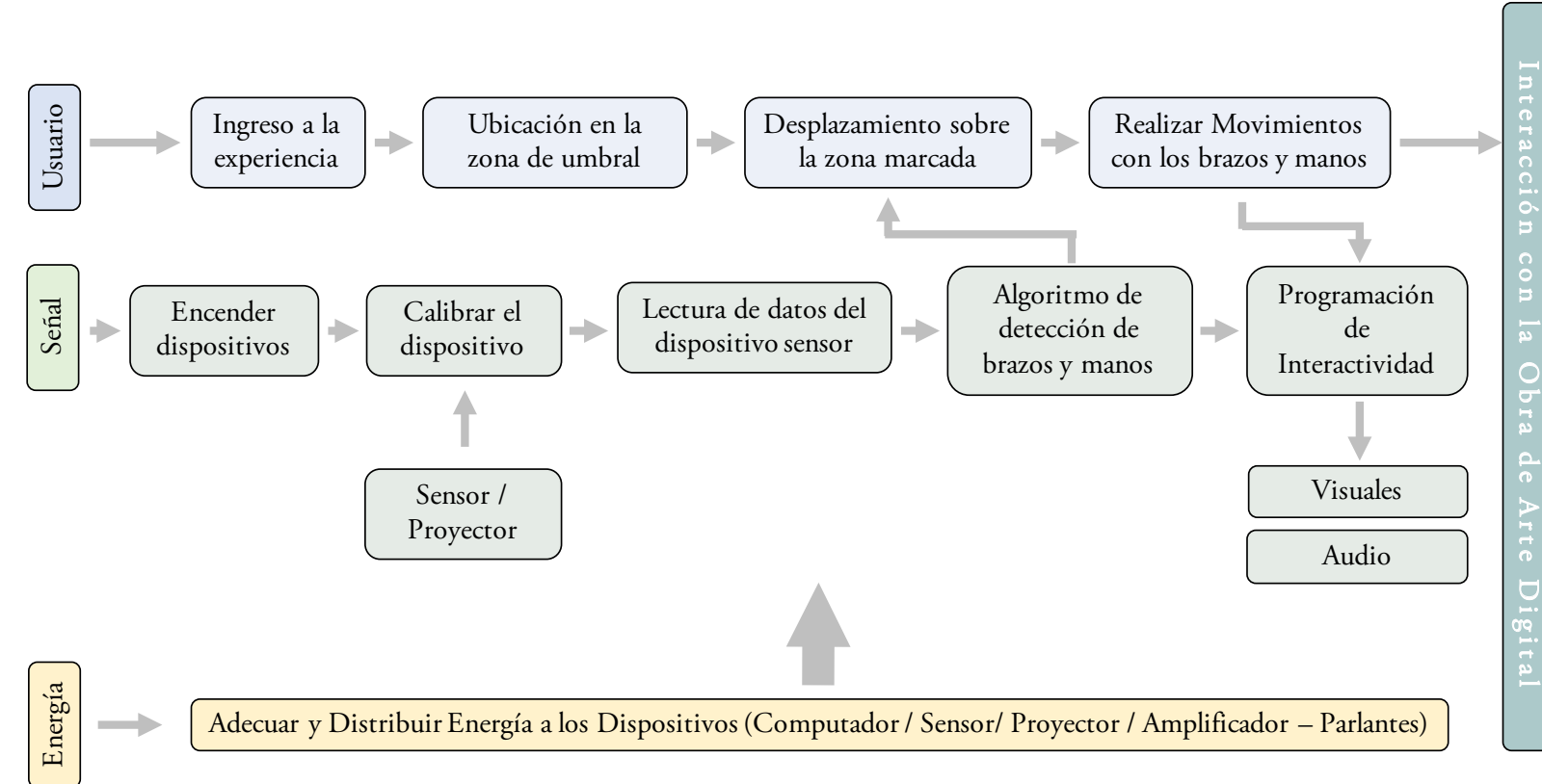
En la matriz se consignan atributos medibles del producto final (interfaz) que reflejan el grado de satisfacción de las necesidades planteadas.

En ella se muestran las características de la interfaz, con el fin de que estas se adapten a las necesidades de un usuario.

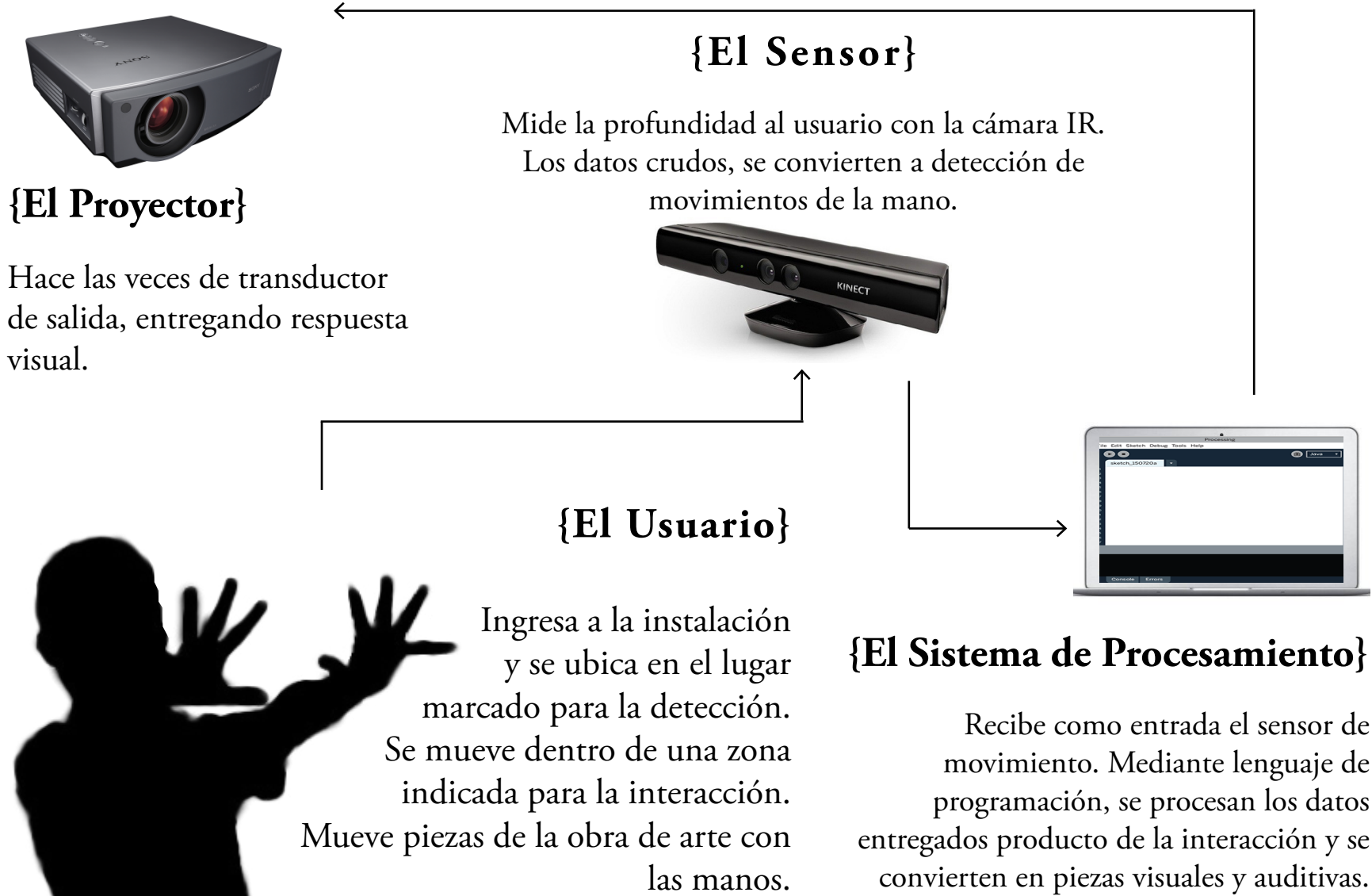
Métrica	Unidad	1	2	3	4	5	6	7
Identificación del usuario	[si / no]							
Umbral de detección	[m]							
Señales visuales / auditivas	[si / no]							
Tamaño del dispositivo	[m]							
Área de instalación	[m <sup>2</sup> ]							
Cantidad de elementos	[ ]							
Tiempo de aprendizaje	[h]							

	Necesidad	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Detección de un usuario dentro de un espacio	●							
2	Detección de Movimientos de la mano dentro de un umbral	●	●						
3	Presentación de visuales atractivas para los usuarios			●					
4	Facilidad de manejo. Uso intuitivo							●	
5	Su uso no sea invasivo para los usuarios				●		●		
6	No se ponga en riesgo la seguridad del usuario					●			
7	Se debe brindar realimentación y estímulos en las actividades presentadas			●					
8	La instalación debe de ser sencilla y requerir de pocos elementos					●	●		

## { Diagrama de Funciones }



## { Diseño del Concepto }



# { Criterios de Selección: Dispositivo Sensor }

## { Subproblema No. 1 }

Detectar movimientos de los brazos de una persona (niño) dentro de una instalación interactiva.

## { Solución Propuesta }

Implementar un dispositivo que pueda sentir el movimiento de los brazos de un niño, con el fin de ubicar piezas de una obra de arte interactiva.

## { Posibles Elementos }

- Acelerómetros.
- Palancas tipo Joystick.
- Cámara + algoritmos de open CV.
- Sensores IMU
- Wii Mote <sup>®</sup>(Nintendo)
- Leap Motion <sup>®</sup> (Leap Motion, INC)
- Kinect (Microsoft)
- PlayStation EyeToy <sup>®</sup> - PS2 (Sony)
- PlayStation Eye <sup>®</sup> - PS3 (Sony)
- PlayStation Move <sup>®</sup> - PS3, PS4 (Sony)
- PlayStation Camera <sup>®</sup> - PS4 (Sony)
- Cámaras Infrarrojas
- Sistemas de tracking con marcadores
- Detección de señales electromiográficas - Brazaletes (MYO)
- Sensores de RV (HTC Vive)

### { Algunos sensores comerciales }

#### { Sony PS4 Eye }

Incluye dos cámaras con resolución de 1280 x 800 píxeles con ángulo de visión de 85°, que pueden ser utilizadas para medir profundidad, detectar movimiento o grabar video.

#### { Asus Xtion Pro }

Posee un sensor de infrarrojos y una cámara RGB que permiten hacer la detección de gestos de un usuario. Con su arreglo de micrófonos se pueden reconocer sonidos para controlar parámetros con la voz.

#### { Microsoft Kinect }

La primera versión incluye una cámara RGB y una infrarroja de 640 x 480 píxeles de resolución con un campo de visión de 57° en la horizontal. La detección se hace mediante los datos de profundidad obtenidos a partir del sensor IR.

Definición Criterios de Selección – Subproblema 1	
Criterio	Características
1. Facilidad de programación del dispositivo (PROG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Librerías disponibles</li> <li>▪ Hacks</li> <li>▪ facilidad de lectura de datos</li> <li>▪ plataformas disponibles para la programación</li> <li>▪ documentación y soporte</li> </ul>
2. Implementación simple (IMPLM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pocos cables</li> <li>▪ facilidad de ubicación en una instalación</li> </ul>
3. Robustez y confiabilidad (ROB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funcionalidad en todos los casos</li> <li>▪ Detección simple</li> <li>▪ Velocidad de respuesta</li> </ul>
4. Uso intuitivo (USO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Curva de aprendizaje corta</li> <li>▪ simplicidad en instructivos para los niños</li> </ul>
5. Costo y economía (COST)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bajo consumo energético</li> <li>▪ No requiere hardware adicional</li> <li>▪ Bajos requerimientos de hardware</li> <li>▪ Bajo costo y facilidad de consecución</li> </ul>

### { Matriz de Rúbricas }

ELEMENTOS	PROG.	IMPLM.	ROB.	USO.	COST.	TOTAL
Acelerómetros	0	0	1	-1	0	0
Palancas tipo Joystick	1	0	0	1	0	2
Cámara + OpenCV	-1	1	0	0	0	0
Sensores IMU	1	1	1	0	0	3
Nintendo Wii Mote	0	1	0	1	0	2
Microsoft Kinect	1	1	0	1	1	4
Sony PlayStation Eye	1	0	1	0	0	2
Sony PlayStation EyeToy	1	0	1	0	0	2
Sony PlayStation Move	0	1	0	1	0	2
Sony PlayStation Camera	-1	0	0	0	-1	-2
Leap Motion	0	0	1	0	0	1
MYO Sensor EMG	0	0	1	0	-1	0
Marker tracking	-1	-1	0	-1	-1	-4
HTC Vive sensor VR	-1	0	0	0	-1	-2

### { Rúbricas }

1 = La mejor opción

0 = Neutral

-1 = La peor opción

### Elección:

Microsoft Kinect (V1)



## { Subproblema No. 2 }

Realizar la detección y programación del sensor en un lenguaje computacional

## { Solución Propuesta }


Elegir una plataforma de programación con el fin de leer y procesar los datos que entrega el sensor.

## { Posibles Elementos }

- Open Frameworks
- Processing
- Windows Kinect SDK
- Unity + Asset Kinect

## { Algunas plataformas de Programación }

### { OpenFrameworks }

 Herramienta o *framework* de código abierto que trabaja bajo lenguaje de programación C++ y especificación OpenGL diseñada para programación creativa. Fue creado en 2005 por Zachary Lieberman en la Escuela Parsons de Diseño en New York.

### { Processing }



Entorno de desarrollo integrado de código abierto basado en el lenguaje de programación *Java*. Fue creado por Ben Fry y Casey Reas en el Instituto Tecnológico de Massachusetts en el año 2001 con el fin de servir a artistas y diseñadores que quisieran incursionar en el mundo de la programación.

### { Unity 3D }



Es un motor gráfico multiplataforma que permite el desarrollo y la programación de videojuegos. Puede usarse con otras plataformas para la integración de modelos 3D, aplicaciones de realidad virtual y aumentada, entre otras.

Definición Criterios de Selección – Sub problema 2	
Criterio	Características
1. Librerías y documentación disponibles (LIBDOC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Librerías disponibles</li> <li>▪ <i>Hacks</i></li> <li>▪ Documentación disponible</li> <li>▪ Soporte</li> <li>▪ Ejemplos y casos resueltos</li> </ul>
2. Facilidad de programación (PROG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uso de clases y métodos</li> <li>▪ Sintaxis</li> </ul>
3. Estabilidad del lenguaje (ESTB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Detección del sensor</li> <li>▪ Latencia</li> <li>▪ Velocidad de compilación</li> </ul>
4. Consumo de recursos (REC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Requisitos de hardware</li> <li>▪ Velocidad de respuesta</li> </ul>
5. Interacción gráfica y Sistemas operativos (IGSO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funciona en todos los sistemas operativos</li> <li>▪ Programación de elementos gráficos</li> <li>▪ Programación de interacción</li> </ul>

## { Matriz de Rúbricas }

ELEMENTOS	LIBDOC.	PROG.	ESTBL.	REC.	IGSO.	TOTAL
Open Frameworks	1	0	0	1	1	3
Processing ●	0	1	1	1	1	4
Windows Kinect SDK	1	1	1	0	-1	2
Unity + Asset Kinect	1	1	1	0	-1	2

### { Rúbricas }

1 = La mejor opción

0 = Neutral

-1 = La peor opción

**Elección:**  
Processing



# { Criterios de Selección: Librerías y Detección Sensor Kinect }

## { Subproblema No. 3 }

Programar el dispositivo sensor desde el lenguaje elegido.

### { Solución Propuesta }

Elegir la librería adecuada para la detección y manipulación de los datos del sensor.

### { Posibles Elementos }

- Open Kinect for Processing
- Simple Open NI
- Open NI

.....

## { Subproblema No. 4 }

Interpretar los datos del dispositivo sensor.

### { Solución Propuesta }

Elegir la forma más adecuada de interpretar los datos que entrega el dispositivo sensor.

### { Posibles Elementos }

- Detección de gestos
- Detección de esqueleto
- Detección de profundidad en umbral

## { Librerías para Kinect }

### { OpenNI }

OpenNI (*Open Natural Interaction*) es una organización encargada de acoger empresas desarrolladoras de elementos de interacción humano - máquina. Dentro de estas se encontraba *PrimeSense* (adquirida por Apple) quienes diseñaron el dispositivo Kinect para Microsoft. El software o librería de OpenNI permite el reconocimiento de gestos y seguimiento del esqueleto.

### { Open Kinect }

Librería para Processing desarrollada por Daniel Shiffman y Thomas Sánchez. No permite directamente el reconocimiento de gestos y seguimiento de esqueleto, sin embargo incluye múltiples ejemplos en los cuales mediante los datos crudos de profundidad del sensor, se pueden conseguir aplicaciones avanzadas con interacción gestual.

### { Kinect SDK Windows }

Lanzado por Microsoft dentro de su paquetes de desarrollo de software (*Software Development Kit*) con funcionamiento exclusivo para *Windows*. La ejecución en equipos con este sistema operativo es bastante estable. Incluye gran cantidad de ejemplos, aplicaciones, además de compatibilidad con diferentes plataformas de desarrollo; entre ellas Unity 3D.

## { Subproblema No. 3 }

Definición Criterios de Selección – Sub problema 3	
Criterio	Características
1. Disponibilidad de la versión (VERS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Disponibilidad de la librería</li> <li>▪ Versiones actualizadas</li> <li>▪ Documentación disponible</li> <li>▪ Soporte</li> <li>▪ Ejemplos y casos resueltos</li> </ul>
2. Compatibilidad de la librería con el sensor (COMPSENS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funcionamiento de la librería con la versión del sensor</li> </ul>
3. Compatibilidad de la librería con el sistema operativo (COMPSO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funcionamiento de la librería con el sistema operativo</li> </ul>
4. Estabilidad librería (EST)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Confiabilidad</li> <li>▪ Velocidad de respuesta</li> </ul>

## { Subproblema No. 4 }

Definición Criterios de Selección – Sub problema 4	
Criterio	Características
1. Estabilidad (EST)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Confiabilidad de funcionamiento del sensor</li> <li>▪ Confiabilidad de funcionamiento del software</li> <li>▪ Velocidad de respuesta</li> </ul>
2. Facilidad de programación (PROG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uso de clases y métodos</li> <li>▪ Sintaxis</li> </ul>
3. Detección (DETC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Detección de movimientos dentro de una zona</li> <li>▪ Velocidad de respuesta</li> <li>▪ Comodidad de uso</li> </ul>

## { Matriz de Rúbricas }

### { Subproblema No. 3 }

ELEMENTOS	VERS.	COMPSENS.	COMPSO.	EST.	TOTAL
Simple Open NI	-1	0	0	1	0
Open NI	-1	-1	0	1	-1
Open Kinect	1	1	1	1	4

### { Rúbricas }

1 = La mejor opción

0 = Neutral

-1 = La peor opción

## { Subproblema No. 4 }

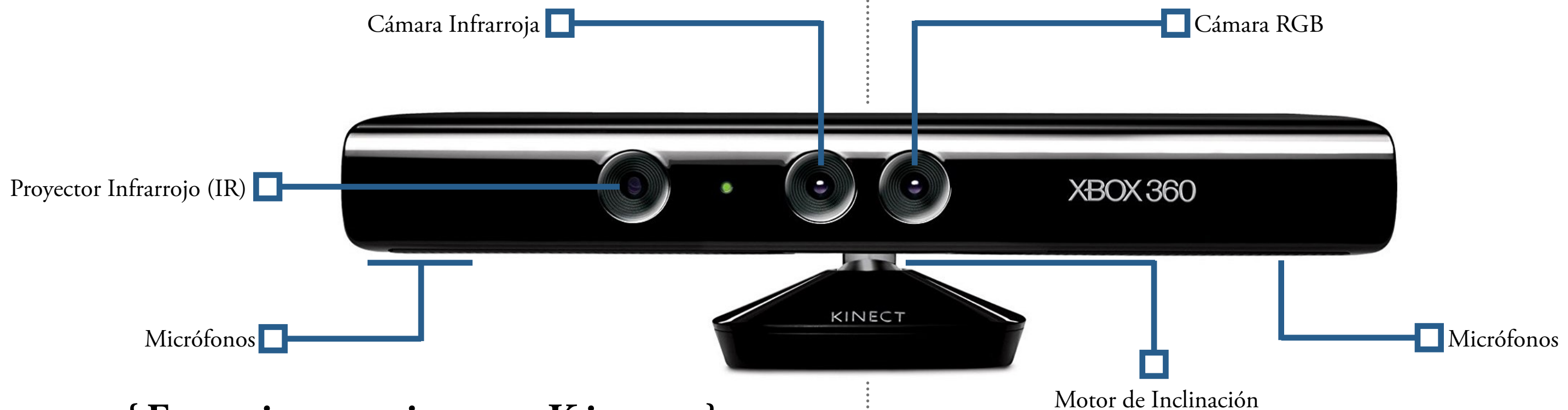
ELEMENTOS	EST.	PROG.	DETC.	TOTAL
Detección de gestos	1	-1	0	0
Detección Esqueleto	0	-1	1	0
Detección de profundidad	0	1	1	1



### Elección:

{S3}: Open Kinect for Processing

{S4}: Detección de profundidad



## { Funcionamiento Kinect }

- 1 El emisor infrarrojo (IR) del Kinect proyecta múltiples rayos en el espacio.
- 2 Los rayos infrarrojos (que tienen longitudes de onda que nos son perceptibles por el ojo humano) se reflejan en los objetos del lugar.
- 3 La cámara o sensor IR capta la luz reflejada por los sujetos y se calcula la distancia a los objetos mediante los diferentes tiempos de salida y llegada al sensor.
- 4 Se asignan valores a los píxeles de 0 a 2048 (Kinect V1) o de 0 a 4500 (Kinect V2) de acuerdo la distancia a la que se encuentren los objetos (entre más cerca, menor el valor asignado). A esto se le conoce como los "Datos Crudos" (Raw Data) del dispositivo.
- 5 Con los datos crudos del dispositivo se puede crear un mapa de profundidad de los elementos del lugar.
- 6 Un algoritmo de Visión por Computador procesa el mapa de profundidad para detectar diferentes elementos del sujeto: esqueleto, gestos, movimientos de extremidades, etc.
- 7 Se procesan los movimientos o gestos del usuario como elementos de interacción que producen una respuesta en la aplicación final.

Microsoft. [XboxE3]. (2009, junio 1). Project Natal [Archivo de video].  
Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=g\\_txF7iETX0](https://www.youtube.com/watch?v=g_txF7iETX0)

## { Especificaciones Técnicas (V1) }

- Nombre original: *Project Natal*
- Campo de visión: 58° horizontal, 45° vertical
- Resolución de imagen: 640 x 480 píxeles
- Ángulo físico de inclinación: 27°
- Resolución espacial X/Y: 3 mm
- Resolución en Z (profundidad): 1 cm
- Frame Rate máximo: 60 fps
- Rango operacional de distancia: 0.8 m - 3,5 m
- Audio: 4 micrófonos
- Interface: USB 2.0

### { Versión 1 }

La versión 1 del Kinect (Kinect V1) tiene dos modelos, el 1414 y el 1473. Las librerías o *hackings* desarrollados para este dispositivo son más estables con el primero. Requiere de un adaptador para conectar al puerto usb del computador dado que la alimentación del dispositivo es de 12 V, y no se provee por el USB 2.0.



### { Versión 2 }

A diferencia de la versión 1 del Kinect, la segunda versión tiene resolución *full HD* (1920 x 1080 píxeles). Igualmente aumenta el rango de distancia de operación de 0.5 hasta 4 metros. No incluye motor para el tilt, y la inclinación debe ajustarse manualmente. Viene listo para trabajar en computadores con *Windows 10*, aunque requiere del adaptador para el puerto USB 3.0.



## { Programación básica del Kinect en Processing (open Kinect) }

1 Importar librería en el processing.

```
import org.openkinect.freenect.*;
import org.openkinect.processing.*;
```

2 Se declara un objeto de la clase Kinect.

```
Kinect kinect;
```

3 Se inicializa el objeto kinect de la clase Kinect dentro del setup del programa, así como la cámaras RGB (funcionamiento como cámara web) y de profundidad.

```
kinect = new Kinect(this);
kinect.initDepth();
kinect.initVideo();
```

4 Se almacenan los pixeles leídos en la variable **PImage**, y se visualizan con la función **image**.

```
void draw() {
    background(0);
    image(kinect.getVideoImage(), 0, 0);
    image(kinect.getDepthImage(), 640, 0);
}
```

5 Se puede cambiar la imagen de la cámara RGB por el mapa de proyecciones infrarrojas mediante el método **enableIR()**.

```
kinect.enableIR(true);
```

### { Imágenes Cámaras Kinect }

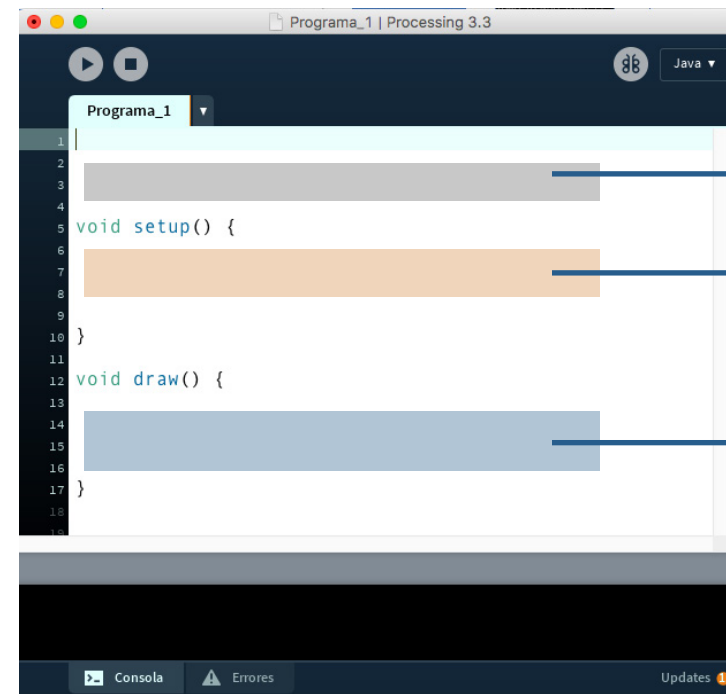


Cámara RGB

Cámara Profundidad

Cámara IR

## { Estructura general del programa en Processing }



**Declaraciones:** Se importan librerías, se declaran variables y objetos de las clases.

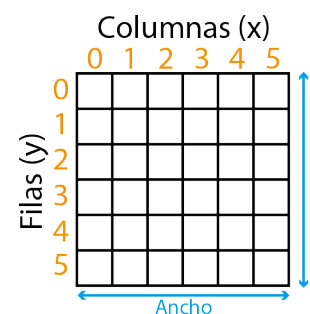
**Setup (Inicialización):** Se inicializan las condiciones generales del programa, así como variables globales y objetos de las clases. Se ejecuta una sola vez y al principio del programa.

**Draw:** En esta sección del programa va todo el código que va ser ejecutado repetidamente, generalmente es la parte central del *sketch*.

## { Procesamiento de datos crudos (Raw Data) }

Los datos crudos del Kinect son almacenados en un arreglo unidimensional que representa la matriz de pixeles de la imagen en el sensor del dispositivo. Para acceder a esos datos se utiliza el método **getRowDepth()** de la clase Kinect.

```
int[] depth = kinect.getRowDepth();
```



Una imagen esta formada por una matriz bidimensional de pixeles con una relación de ancho (*width*) por alto (*height*). Para acceder a cualquier pixel en el arreglo unidimensional, se puede aplicar la fórmula:

```
int pixelIndex = x + y * width;
```

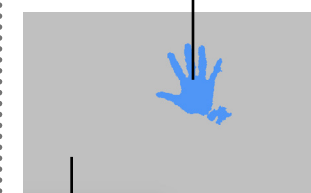
Se obtienen los valores de profundidad (entre 0 y 2048) para cada pixel sentido por la cámara. Para ello, se programan iteraciones en el código que permitan recorrer todos los pixeles de la imagen y almacenar su valor en profundidad.

```
int[] depth = kinect.getRowDepth();

for(int x = 0; x < kinect.width; x++){
    for(int y = 0; y < kinect.height; y++){
        int offset = x + y * kinect.width;
        int distance = depth[offset];
    }
}
```

### { Umbral y AVG Tracking }

**Cuerpo dentro del umbral**



**Fuera del umbral**

Para los valores de profundidad (*distance*) entre 0 y 2048, se define un **umbral**, por ejemplo un umbral bajo (*lowTh*) de 500 y uno alto (*hiTh*) de 750. Esto indica que toda imagen que esté entre esos valores se le hará el seguimiento o *tracking*, las que estén por fuera no. Este umbral se puede calibrar según las necesidades.

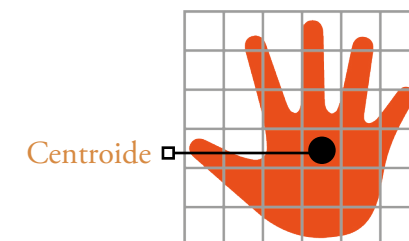
```
if(distance > lowTh && distance < hiTh){
    //Pintar Imagen
}
```

Para realizar el seguimiento o *tracking* de un cuerpo con mayor precisión, debe hacerse un **promedio** de los pixeles que están dentro del **umbral**. Para ello se suman todos los pixeles en *x*, todos los pixeles en *y*, para luego dividirse por la cantidad total en la imagen y obtener así su **centroide**.

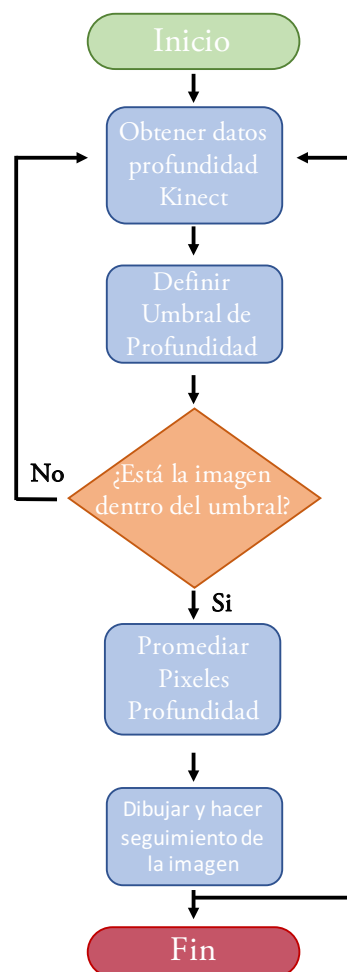
```
float sumX;
float sumY;
float totalPix;

if(umbral...){
    sumX+=x;
    sumY+=y;
    totalPix++;
}

float avgX = sumX/totalPix;
float avgY = sumY/totalPix;
```

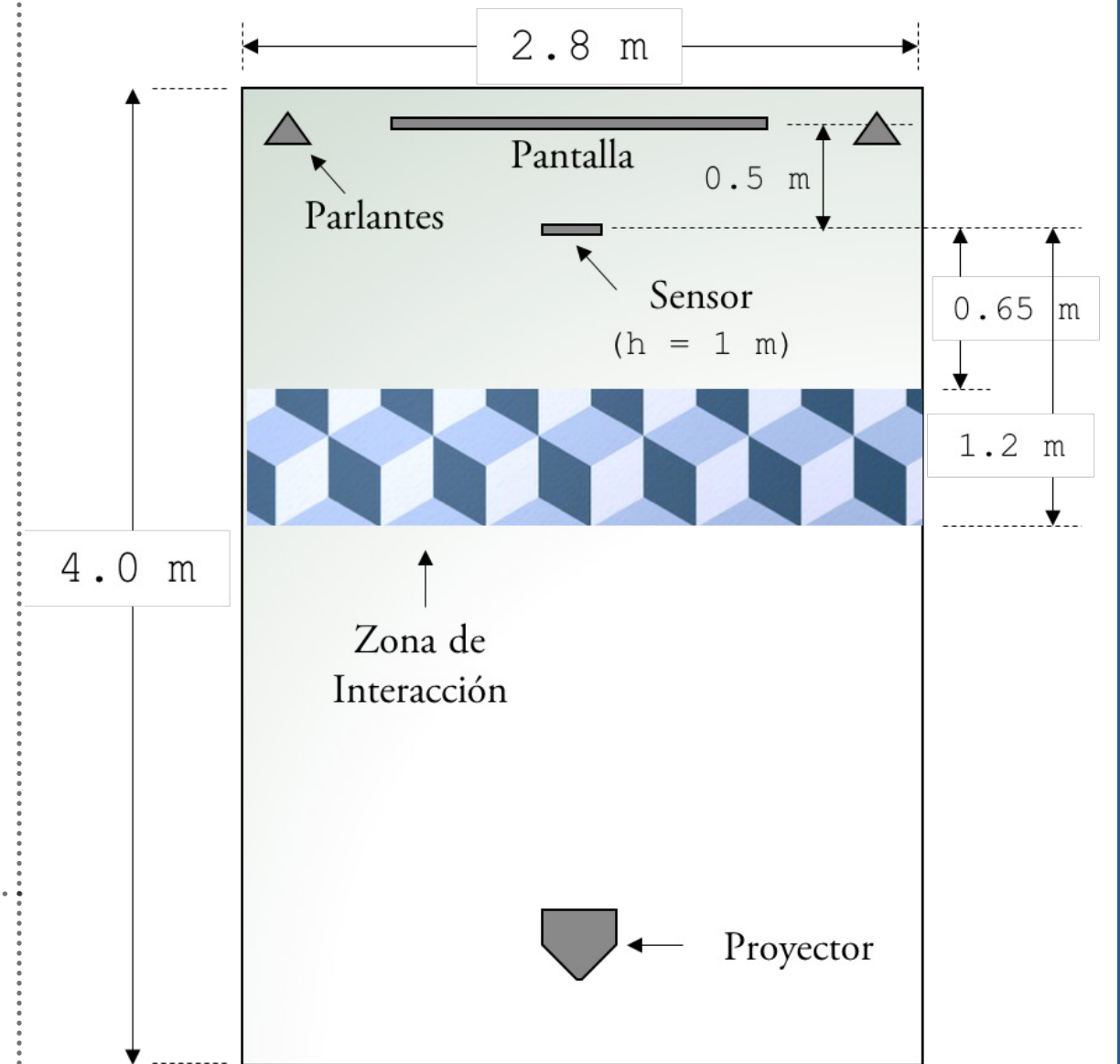
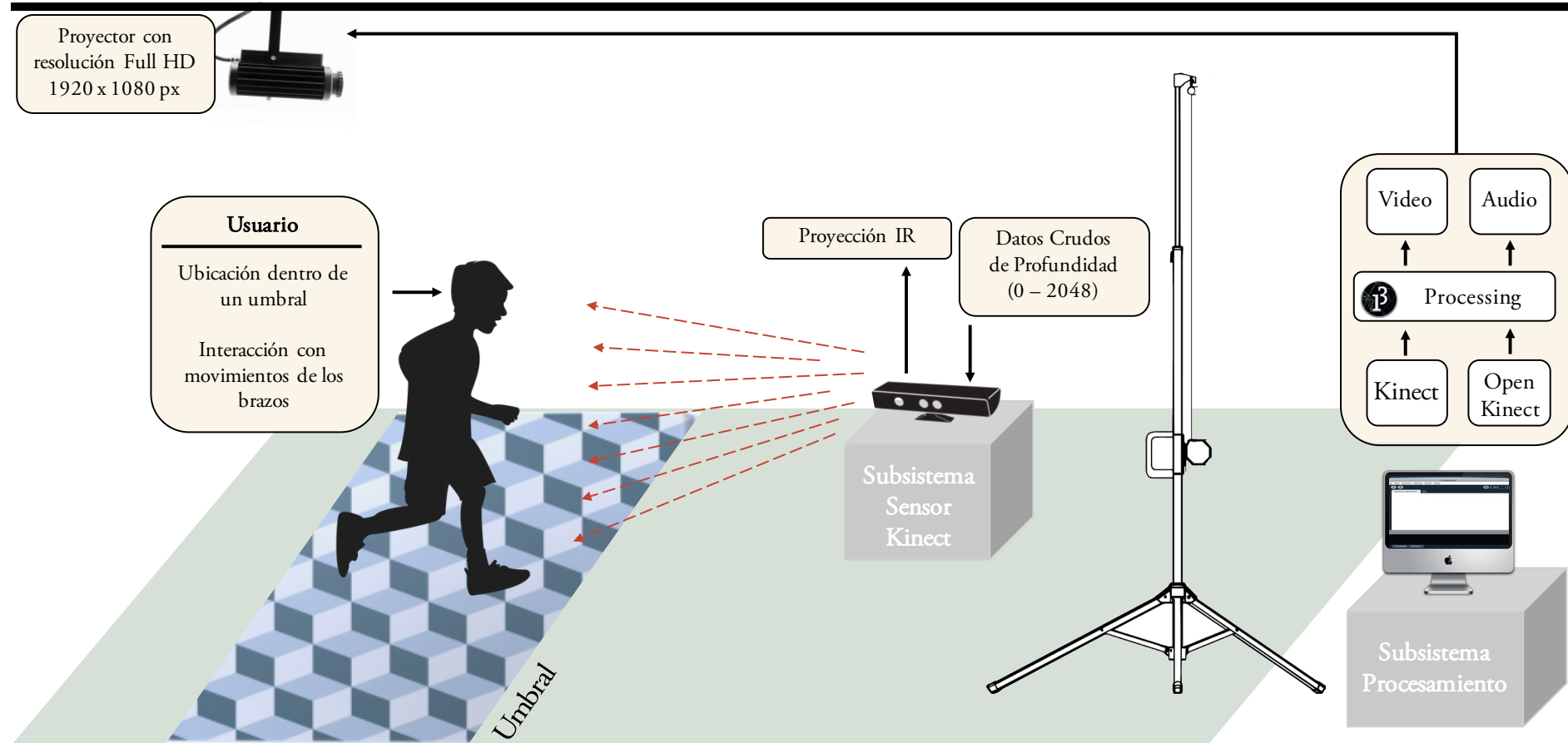


### { Diagrama de flujo }





# { Diseño y arquitectura de la experiencia }



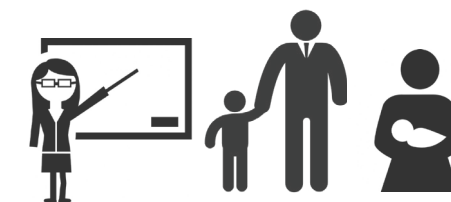
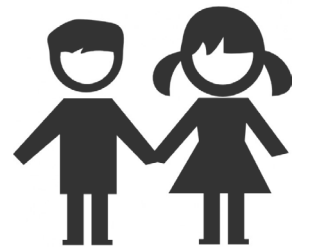
{ Planos de la Experiencia }

- Computador Apple IMac / MacBook Pro / MacBook Air / (8 GB Ram, Intel Core i5 o Intel Core i7)
- Processing V 3.3
- Open Kinect for Processing
- Microsoft Kinect V1 modelo 1414 o 1473
- Adaptador Kinect / USB
- Proyector Led Full HD o TV Led Full HD 60"
- Pantalla o pared para proyección de 60"
- Adaptador Thunderbolt - HDMI
- Sistema de monitores de audio autoamplificados
- Cable HDMI y RCA a TRS 1/8"
- Soportes o bases para Kinect / Proyector / Parlantes / TV
- Toma de energía 110 V<sub>RMS</sub> @ 60 Hz, potencia de 1 kW.

{ Usuarios }

## { Potenciales }

Edad: 7 a 9 años  
 Estrato socio – económico: cualquiera  
 Grado escolar: primero – tercero.  
 Inclusivo: Sí (no para baja visión o compromiso cognitivo)



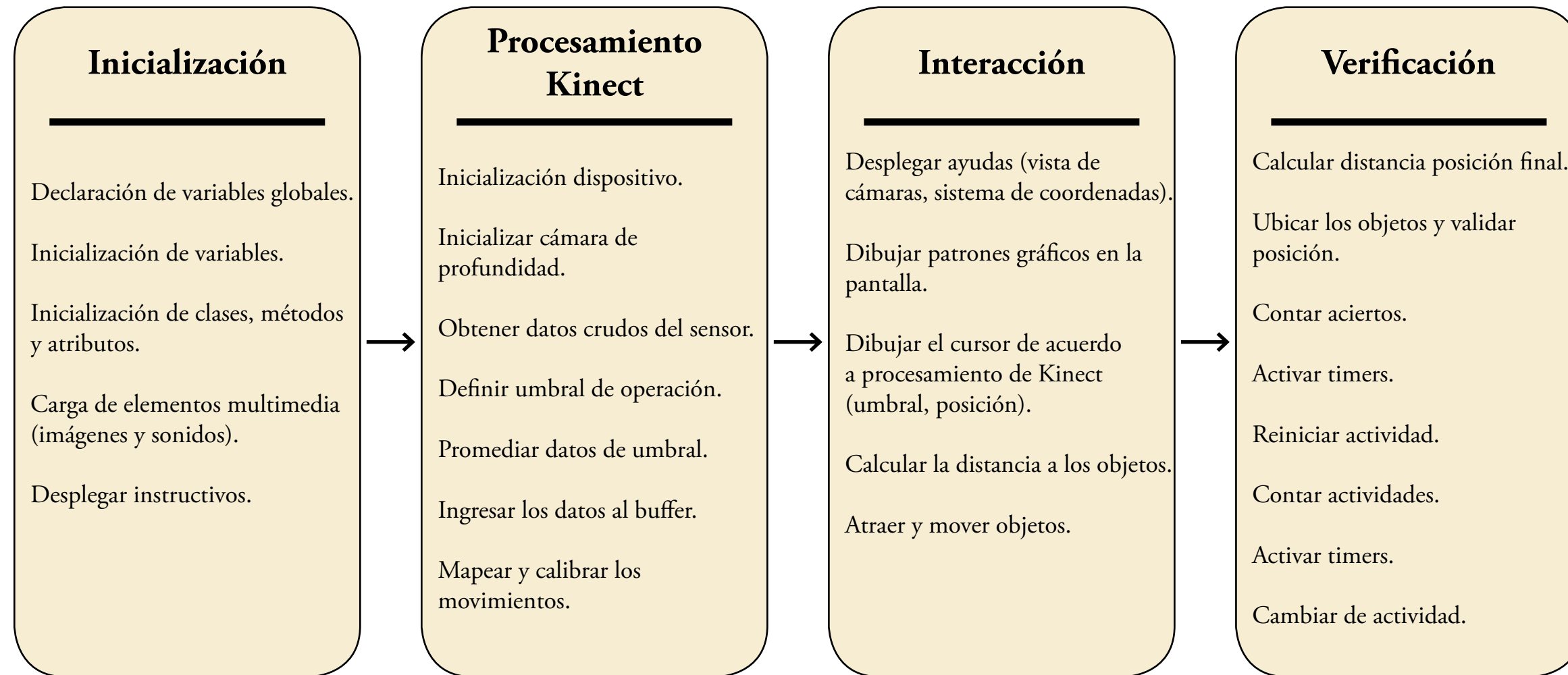
## { Incidentales }

Profesores / Padres de Familia / Niños por fuera de edad objetivo / visitantes a la experiencia / curiosos.

{ Elementos de la Instalación }

# {Diseño de Detalle: Estructura del Software}

## {Etapas del Software}



## {Estructura del Código}

```

// Declaración de variables
// Declaración de objetos de las clases

void setup() {
  size(1920, 1080);
  //Inicialización métodos, atributos, variables
}
void draw() {
  procesarKinect();
  switch(estados) {

    case = 0:
      // funciones para la interacción
      break;

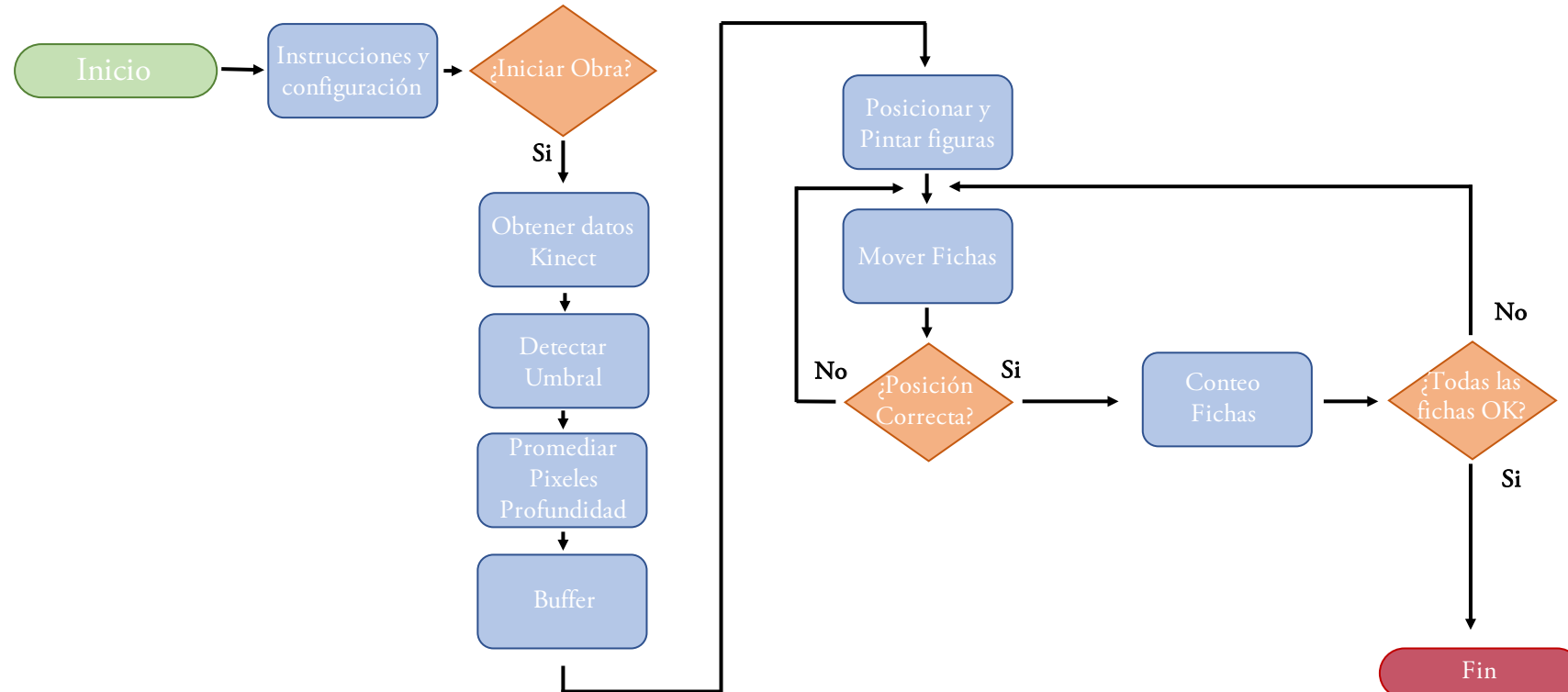
    case = n:
      // funciones para la interacción
      break;
  }

  verificar();
}

void procesarKinect() {
  // Leer datos crudos del sensor
  // Definir el umbral
  // Promediar pixeles dentro del umbral
  // Dibujar pixeles dentro del umbral
}

void verificar() {
  // Rutina de verificación
  // Cambiar Estados
}
  
```

Estructura general del programa en Processing



El programa funciona mediante estados que son controlados por la interacción actual, pero también por la que ya ha transcurrido. Esto permite almacenar en variables los resultados del comportamiento del usuario con la obra de arte y controlar de manera adecuada las transiciones de dicha obra en cuanto a movimiento de piezas, elementos visuales, efectos sonoros, validación de resultados, despliegue de ayudas, e inicio y finalización del proceso.

```

class Clase_1 {
  // Declaración de atributos

  Clase_1() {
    // Constructor
    // Inicialización de atributos
  }

  void metodo_1() {
    // Rutinas
  }

  void metodo_2() {
    // Rutinas
  }
}
  
```

Estructura de las clases en Processing

# {6. Diseño de la obra de arte digital}

---

La exhibición del artista digital será mediada por el código, ese conjunto de instrucciones que crean y dan pinceladas cuánticas. Se expresa ante un público que no es otro que la máquina, un mecanismo numérico. El bit se viste de etiqueta para presentarse ante la audiencia. Maravillosa y sensual es su fisonomía poliédrica en la película *Tron* (Steven Lisberger, 1982), su forma geométrica, la del sólido platónico, representa al mismo Dios -y al elemento agua- con sus formas de dodecaedro e icosaedro.

Y hablando de patrones geométricos, entran nuevamente matemáticos y geómetras a inmiscuirse en las figuras artísticas, ahora con el aval de las nuevas herramientas. Según Emmer (2005), con la revolución informática, fenómenos matemáticos complejos pudieron visualizarse con un indiscutible efecto estético, allanando nuevamente el camino de colaboración entre matemática y arte.

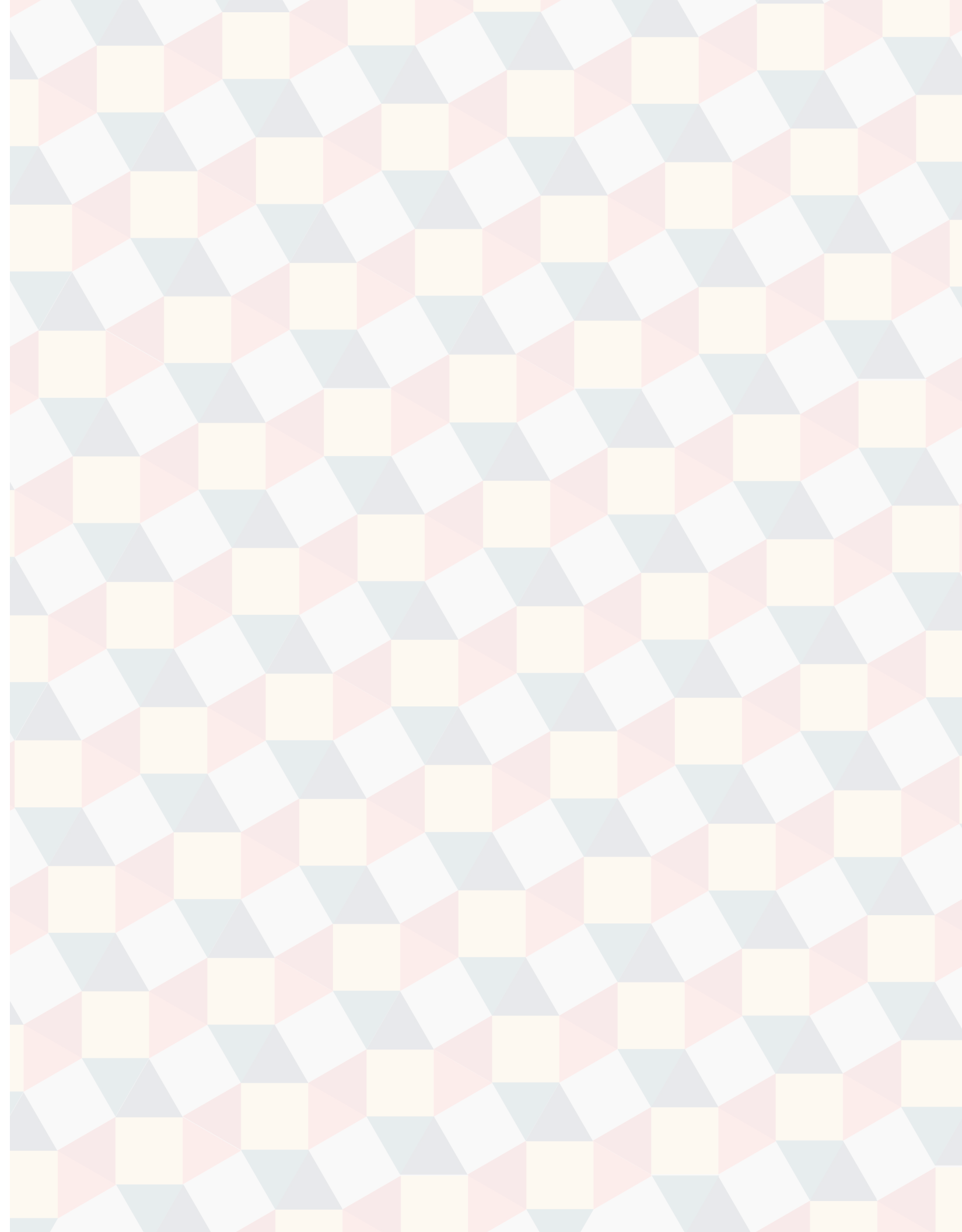
El arte fractal, derivado del conjunto desarrollado por el matemático polaco Benoît Mandelbrot en los años sesenta, danza de figuras geométricas y recursivas en donde también aportan los conjuntos del francés Gaston Julia, la Curva de Gosper, la Curva del Dragón, el Copo de Nieve de Koch, la Circunferencia de Apolonio, la Alfombra de Sierpinsky, la Curva de Levy, solo por mencionar algunas topologías; todas de enorme belleza matemática, pero también artística. Tanto así, que algunos matemáticos han llegado a ostentar como artistas visuales gracias al impulso de los ordenadores a la hora de plasmar sus trabajos. Caso es el de los matemáticos alemanes Heinz-Otto Peitgen y Peter Richter, que además de presentarse como tal en su obra “La belleza de los fractales” también lo hacen como artistas. El mismo Mandelbrot lo afirmaba en su tratado de 1989, “Geometría de la Naturaleza” al decir que, con la geometría fractal se estaba al frente de un nuevo tipo de arte.

El nuevo arte digital, involucra una interacción bidireccional de múltiples interpretaciones y resignificaciones de una masa multicultural. Cada asistente a la exposición artística, tiene la posibilidad de acceder e intervenir el código abierto. Se modulan algoritmos que modifican formas, colores, y velocidades; se crean patrones estroboscópicos al borde de lo hipnótico y letárgico. Así como lo dice Groys: “La digitalización ha convertido las artes visuales en artes performáticas”. Pensamiento igual al de Pau Alsina, historiador del arte y estética español, que en su ensayo *Introducción al arte digital* (2004), afirma que el nuevo tipo de arte por ordenador dio lugar a los *performances*, *happenings* e instalaciones. El catalán también asevera que la intersección entre arte y medios digitales son preludeo de nuevas teorías científicas, nuevos desarrollos tecnológicos o nuevas creaciones artísticas que sacuden nuestra manera de ver y vivir el mundo.

Retomando las líneas de este texto, y los aportes que la relación matemática y arte convergen en el mismo, podemos vislumbrar que en el arte digital con modificar unas cuantas líneas de código, operar variables, bucles y condicionales, puede cambiarse el significado y la percepción. Articular y desarticular formas, que como ejércitos de figuras primitivas desfilan ante la pantalla para abrir la mente a un pensamiento lógico matemático, a despertar habilidades de observación, comparación, relación y clasificación.

La imagen en la época de la herramienta digital, se nos acerca más hoy que en cualquier otro período, es por eso la necesidad de aprovecharla para impactar de forma positiva, claro, si ya no hay más remedio que convivir con ella. El hacker puede ser el artista, conoce y descifra el código. La masa demodula las pulsiones de la obra de arte.

Los hilos que conectan la obra de arte y matemática desde la estética, reproducción e interpretación, se encuentran entrelazados por los sistemas computacionales. Es evidente que estos artefactos están listos para ofrecer sus servicios a la belleza, el orden (o el caos) o a la proporción, pero también a nuevas opciones en procesos motivacionales a nivel de construcción y organización del conocimiento. Con la aquiescencia del bit, deben aprovecharse los atributos de los universos digitales para reproducir y difundir alternativas en la activación de habilidades lógico-matemáticas, pues hay que cambiar el paradigma en la manera de ver esta noble forma de pensamiento; como lo decía Le Lionnais al referirse a ellas como “el banquete de los dioses”. Vencer el temor, Descartes citaba: “la matemática es la ciencia del orden y la medida, de bellas cadenas de razonamientos, todos sencillos, todos fáciles”.

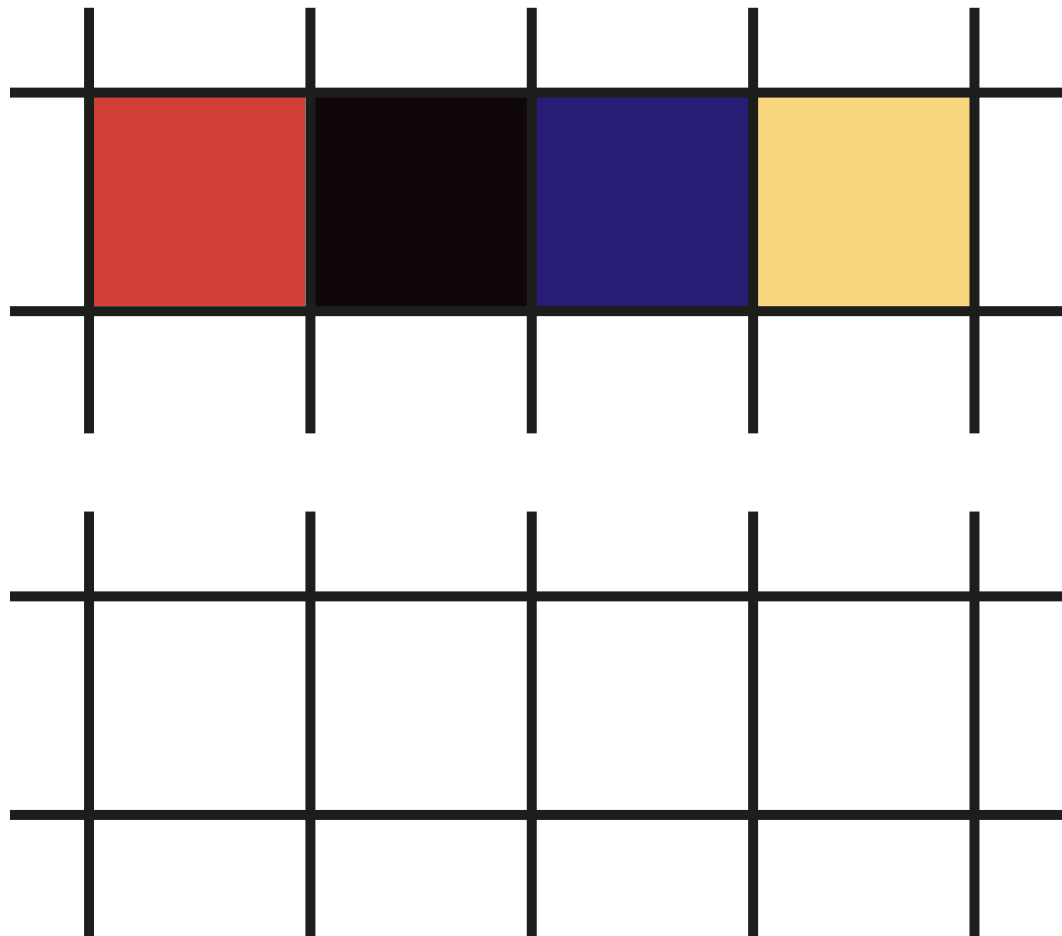


# { Actividad 1 }

La actividad #1 tiene como objetivo la reproducción de **algoritmos simples** que permitirán al niño potenciar habilidades básicas como la *observación*, la *comparación*, la *relación* y la *clasificación*. Dichas habilidades en el contexto de la aplicación planteada facultan al menor en fijar la atención en formas geométricas, eventos y situaciones que hacen un guiño a la obra de Piet Mondrian; y a partir de la interacción con la obra de arte digital, el infante **identifica características, establece diferencias y semejanzas, agrupa y compara** fichas de acuerdo a sus particularidades .

## { Propósito }

Completar la cuadrícula a partir de la observación, comparación y relación de un patrón de muestra que tiene como referente artístico las composiciones basadas en líneas y cuadros de colores de Piet Mondrian.



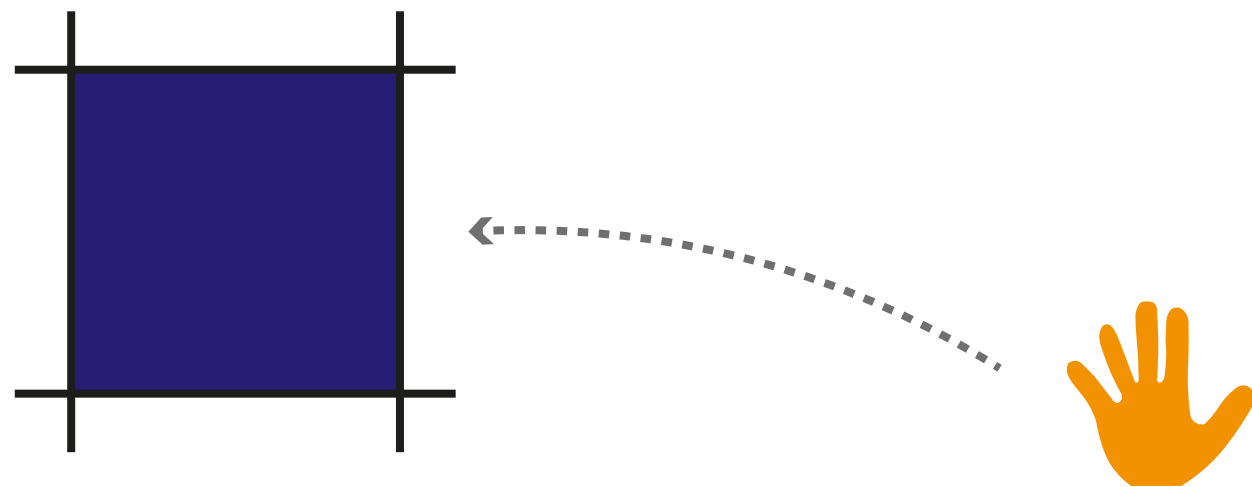
- Deben existir **instrucciones** para la actividad que incluyan el propósito de la misma, la forma de interacción, el referente artístico y animación explicativa.
- Una vez iniciada la obra, las fichas en cada uno de los niveles deberán ubicarse **aleatoriamente** al comienzo de las actividades.
- En el **primer nivel** de dificultad tendrá una cuadrícula de **4 posiciones**.
- En el **segundo nivel** se dispondrá una matriz de **3 x 3**, para **9 fichas diferentes** en total.
- En el **tercer nivel** se generará una cuadrícula aleatoria de **10 x 10** con **10 fichas** de colores ubicadas en cualquier lugar de la retícula.
- Para cada nivel se generarán **copias vacías de las retículas** con el fin de **completar el patrón** de fichas mediante la interacción.
- Los **colores** para las fichas es acorde a la **paleta** primaria de **Mondrian**: *blanco, negro, azul, amarillo y rojo*; con la opacidad propia de las composiciones del artista.
- La interacción con la obra se hará mediante **movimiento de los brazos** del niño respecto a la cámara de profundidad de un **sensor Kinect** ubicado dentro de la instalación.
- La **detección de movimiento** se realizará dentro de un **umbral** (rango de distancias) definido en la programación y marcado debidamente en la instalación.
- El movimiento de los brazos **activará** un puntero en forma de mano que podrá **atrapar** y **soltar** las fichas de la obra de arte.
- Para **atrapar una ficha** se debe acercar la *mano puntero* hasta su ubicación y la figura se atraerá permitiendo el **movimiento** de la misma por todo el lienzo digital.
- Las fichas se **liberarán** del puntero una vez el niño las haya ubicado en la **posición correcta**.
- Una vez colocadas en su **posición de destino**, las fichas **no podrán** moverse más.
- Se pueden **soltar las fichas** en cualquier momento, incluso sin llegar a su destino, **retirando** o **bajando** los brazos.
- Una vez completada la actividad, se **reincia** con **nuevas ubicaciones** (aleatorias) para las fichas.
- El **primer nivel** debe realizarse **tres veces** para pasar al **segundo nivel**.
- El **segundo nivel** debe realizarse **tres veces** para pasar al **tercer nivel**.
- El **tercer nivel** debe realizarse **tres veces**, luego de esto, la **obra termina** y puede **reiniciarse** desde el primer nivel.
- El número de **repeticiones por nivel** podrá **configurarse** desde la programación de la aplicación.
- Las actividades contarán con **ayuda** para los niños.
- La ayuda consistirá en un **sistema coordinado** que permite hacer la **relación** entre las fichas y su ubicación de **origen** y **destino**.
- En **cualquier momento** durante la ejecución de la aplicación podrá visualizarse la imagen que **captura** el sensor Kinect con fin de **reubicar** la posición del niño dentro de la experiencia.
- Con fines de **calibración del sensor**, la aplicación debe permitir **graduar el ángulo** de orientación del dispositivo.
- La obra debe contar con **música de fondo** apropiada para la actividad y **diseño sonoro** que refuerce las acciones dentro de la interacción (atrapar, soltar, posición correcta, etc.).
- Las visuales de la aplicación deben hacer referencia a la obra del artista.

La interacción con la obra de arte consiste en **ubicar** las fichas mediante los movimientos de las manos del niño, que se encuentra ubicado en una zona marcada como “*zona de interacción*”. A continuación se describe dicho proceso.



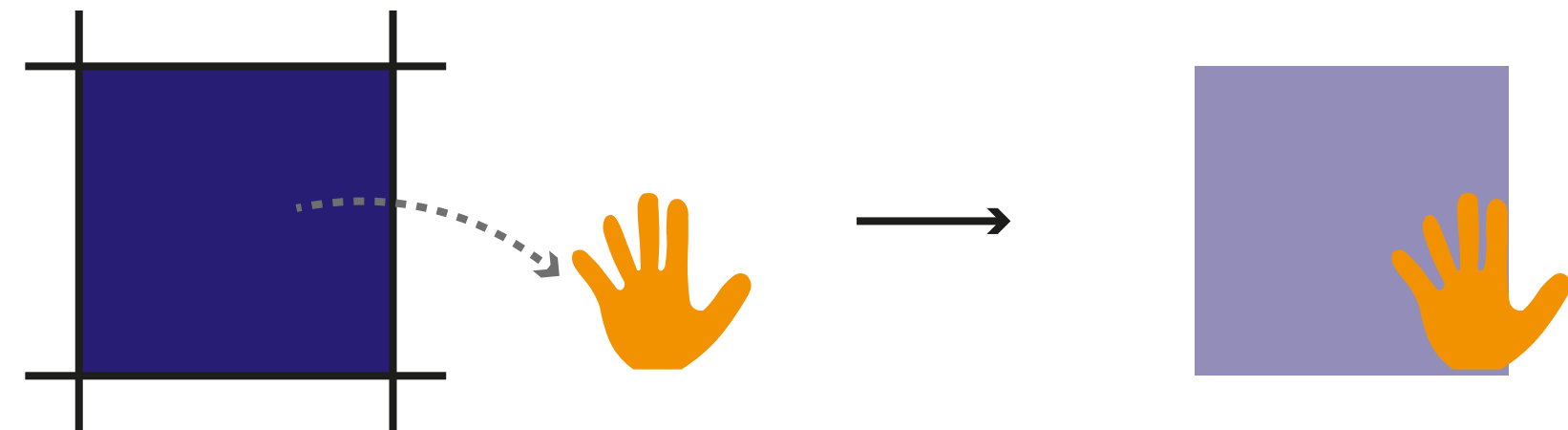
1

Una vez ubicado el niño en la zona de interacción, aparece en la obra de arte digital el **puntero** de color naranja en forma de mano, el cual puede ser controlado con los movimientos de los brazos y las manos del usuario. Se pueden usar indistintamente cualquiera de las dos extremidades, derecha o izquierda; pero con la restricción de solo una a la vez. El sistema, por el método de detección de presencia, no admite dos movimientos simultáneos.



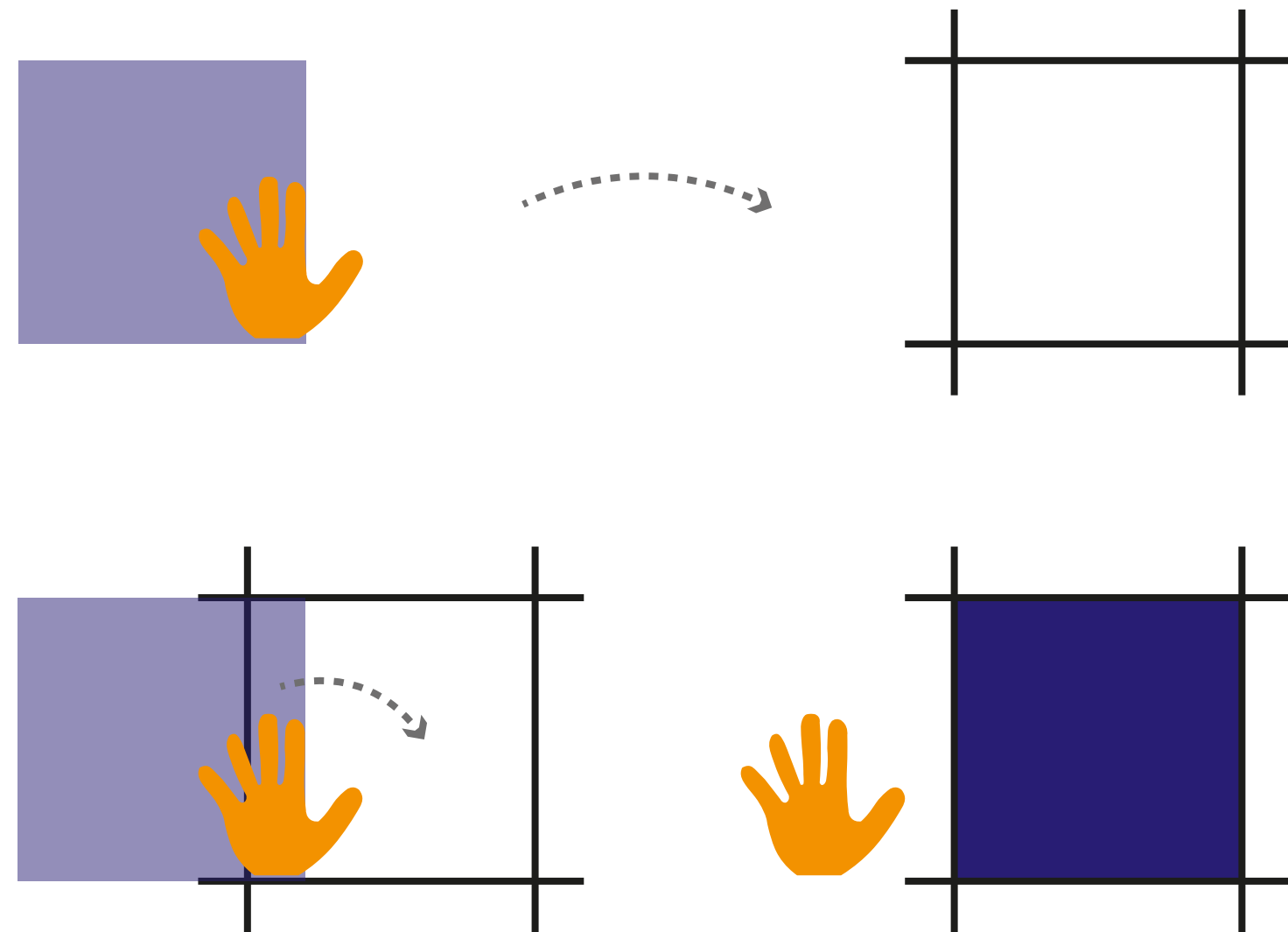
2

Cuando el puntero controlado por el movimiento de los brazos del niño se acerca a una ficha, esta se atrae hacia la posición de la “**mano naranja**”, una vez esto ocurra, la ficha queda enganchada, cambiará de opacidad y podrá moverse sin restricciones por el lienzo digital. La ficha podrá soltarse en cualquier momento al retirar la mano, bajar el brazo o salir de la zona de interacción. Hay refuerzo de la acción mediante sonido.



3

Al acercarse a la casilla correcta, la ficha se atraerá hacia el espacio vacío y se ubicará en este. El color de la figura vuelve a ser el original como indicativo del acierto. Una vez la ficha esté en el lugar correspondiente no podrá moverse más ni ser atrapada de ninguna manera. Hay refuerzo de la acción mediante efecto sonoro.



{ R e g i s t r o e n V i d e o }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 25). Actividad 1 - Mondrian (Interacción / Atrapar Fichas) [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=4BylhqsB7w>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 26). Actividad 1 - Mondrian (Interacción / Ubicar Fichas) [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=xpyNLxDKcyc>

La pantalla de **instrucciones** es la primera en visualizarse en la obra. En ella se hace explícito el **propósito** de la actividad y el referente artístico en la que se basa, además de presentarse un conjunto de instrucciones acompañadas de una animación explicativa que ayudarán al niño a completar el ejercicio.



{ Pantalla de Instrucciones }

**¡JUEGA AQUÍ!**

ESTA OBRA FOMENTA EL DESARROLLO DE HABILIDADES BÁSICAS DE PENSAMIENTO LÓGICO MATEMÁTICO A NIVEL DE CONSTRUCCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE CONOCIMIENTO.

**ACTIVARÁS:**

- LA OBSERVACIÓN
- LA COMPARACIÓN
- LAS RELACIONES
- LA CLASIFICACIÓN

**¡ADELANTE!**

**{ INSTRUCCIONES }**

- **¡OBSERVA!**
- **¡UBÍCATE EN LA ZONA INDICADA!**
- **¡USA LAS MANOS PARA COMPLETAR LA OBRA COMO LA DE LA MUESTRA!**

**¡PRESIONA [ESPACIO] PARA COMENZAR!**

**{ REFERENTE ARTÍSTICO }**

**PIET MODRIAN (1872 - 1944)**  
PINTOR VANGUARDISTA HOLANDÉS QUE ABORDÓ SU OBRA DESDE EL NATURALISMO, EL SIMBOLISMO HASTA LA ABSTRACCIÓN. SU PALETA DE COLORES ESTÁ COMPUESTA BÁSICAMENTE DE COLORES PRIMARIOS (AMARILLO, AZUL Y ROJO), Y BLANCO Y NEGRO QUE REPRESENTAN TODO EL COLOR Y LA AUSENCIA DE ESTE.  
MONDRIAN PLASMA FIGURAS GEOMÉTRICAS EN LO QUE ÉL LLAMÓ LA "RETÍCULA CÓSMICA", QUE DESDE SU FILOSOFÍA, ES LA REPRESENTACIÓN DEL UNIVERSO.

**COMPOSICIÓN XIV (1913)**    **COMPOSICIÓN EN COLOR A (1917)**    **COMPOSICIÓN EN CAMPOS DE COLOR (1917)**    **COMPOSICIÓN EN ROJO, AMARILLO, AZUL Y NEGRO (1921)**

**{ OBRAS }**

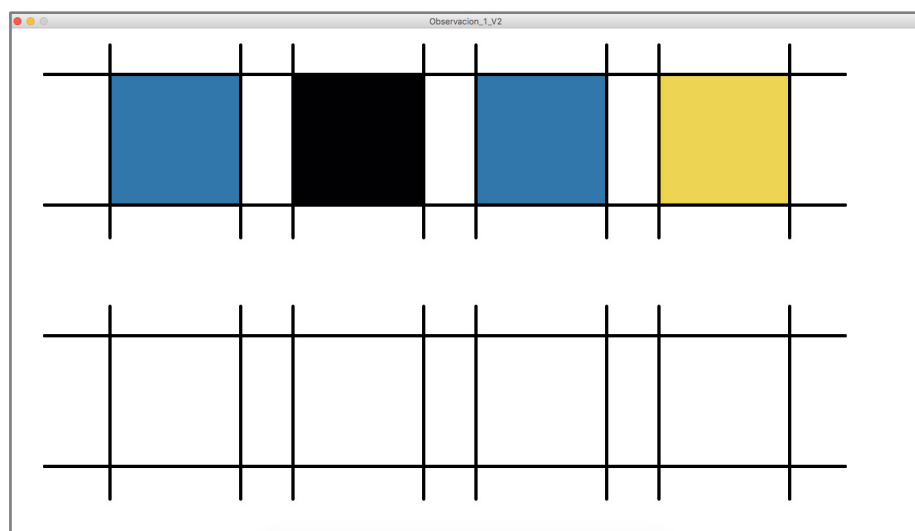
Referente artístico de la obra

Habilidades a fomentar

Invitación a comenzar la obra

Instrucciones para completar la obra / animación explicativa

## { Nivel de dificultad 1 }



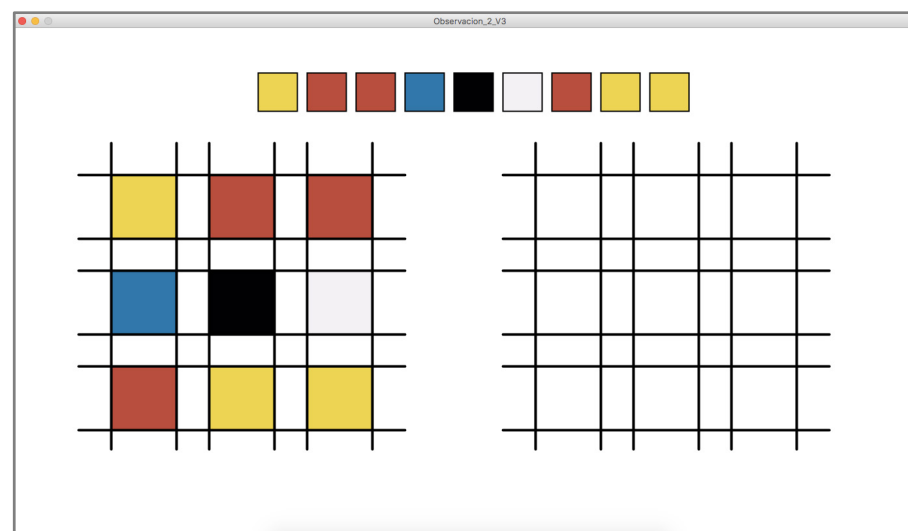
La obra comienza con un nivel de dificultad tal que permite al niño realizar la actividad con bastante **facilidad**. Los cuadros de colores, que hacen referencia de manera implícita a la obra de Mondrian, son de gran tamaño, **fáciles de atrapar**, y cómodos para ubicar en las casillas que se encuentran debajo de las respectivas fichas. Este nivel permite potenciar habilidades como la observación y la relación.

Aunque la cantidad de repeticiones del primer nivel es configurable mediante la programación del software, este debe ejecutarse tres veces para conseguir **acceder al segundo** problema. Cada iteración implica una nueva distribución aleatoria de las fichas de colores en la retícula.

### { Registro en Video }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 26). Actividad 1: Mondrian (Nivel de dificultad #1).[Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=mjzZV6ggZx8>

## { Nivel de dificultad 2 }



Una vez concluido el primer ejercicio, se accede a un segundo nivel que está compuesto por una retícula de 3 x 3, con un total de 9 fichas. El niño deberá **replicar el algoritmo** propuesto aleatoriamente por la máquina en la zona izquierda de la pantalla. Para esto, deberá atrapar cada uno de los colores que se encuentran en la paleta dispuesta en la parte superior del lienzo.

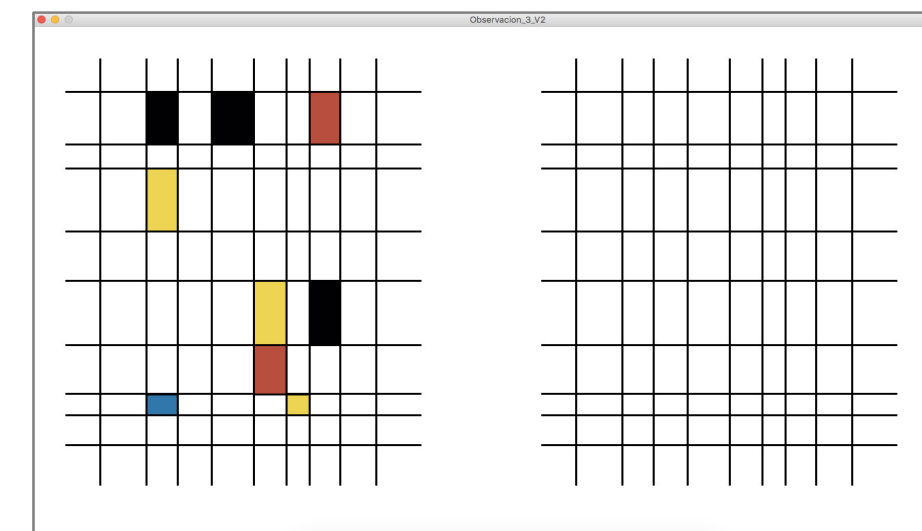
Esta actividad implica una mayor **motricidad** en el infante para atrapar la ficha y acompañarla con el movimiento de los brazos en todo el recorrido, hasta que sea ubicada y atraída al lugar que le corresponde en la retícula vacía trazada en la zona derecha de la pantalla.

Un número mayor de fichas para los mismos cinco colores, hace que algunos de estos se repitan casualmente. Es labor del niño, en busca de motivar **habilidades lógicas**, encontrar cuál es el lugar en la cuadrícula de cada uno de los colores repetidos. Una vez terminada la actividad, las fichas se mezclan para dar lugar a un nuevo patrón.

### { Registro en Video }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 26). Actividad 1: Mondrian (Nivel de dificultad #2).[Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=kDPRpgwU8zk>

## { Nivel de dificultad 3 }



Al tercer nivel se accede luego de **completar** los dos anteriores. En este último se hace referencia más explícita a las composiciones artísticas de Piet Mondrian, conservando la paleta de colores, y la verticalidad y horizontalidad en las líneas que fueron un clásico en el pintor neerlandés.

Este nivel requiere del niño mayor comprensión del reto que tiene enfrente. Habilidades como la observación la relación y la comparación se ven **motivadas** en esta actividad, que favorece además, la motricidad del menor.

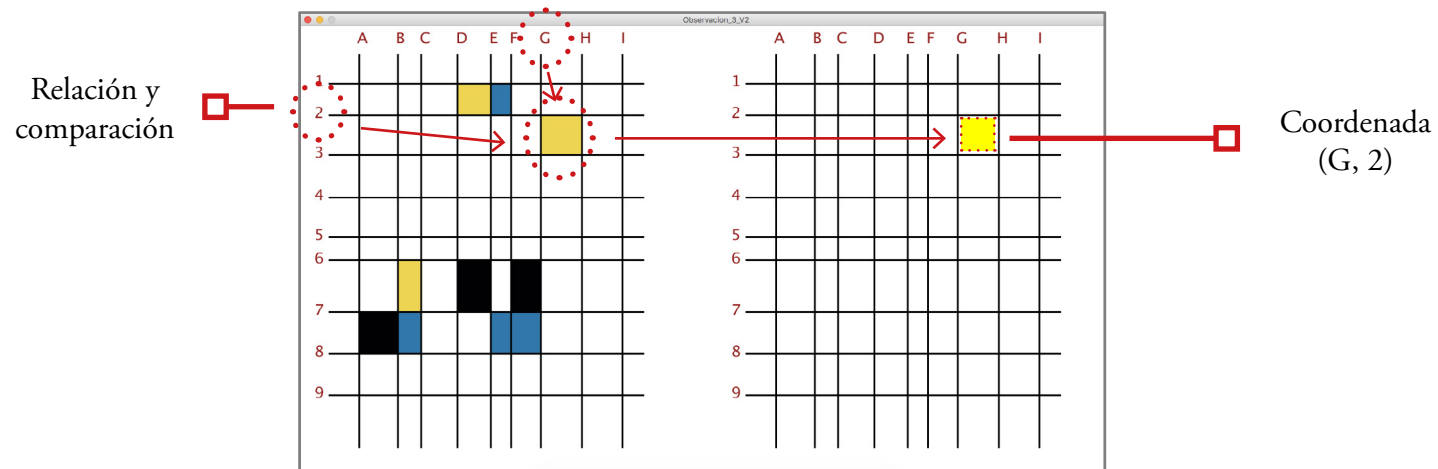
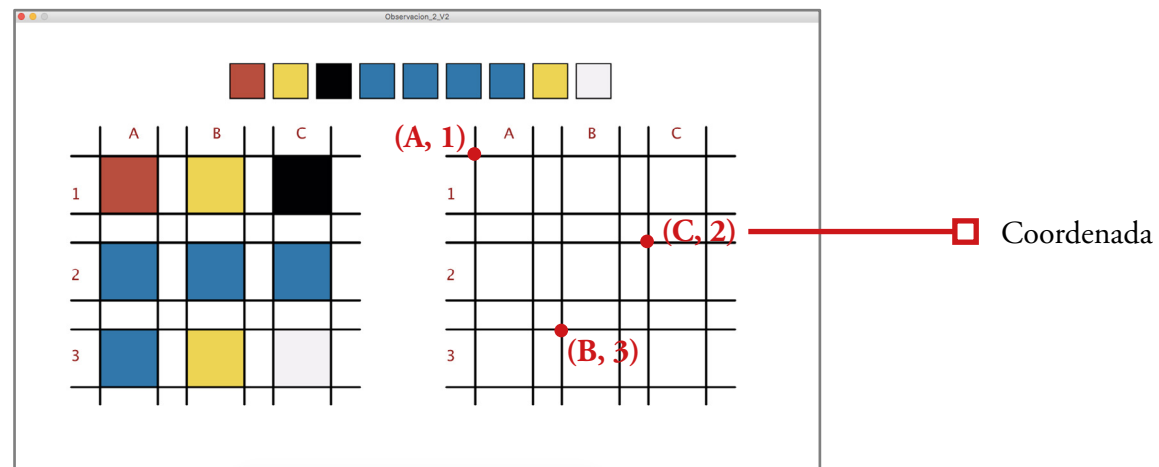
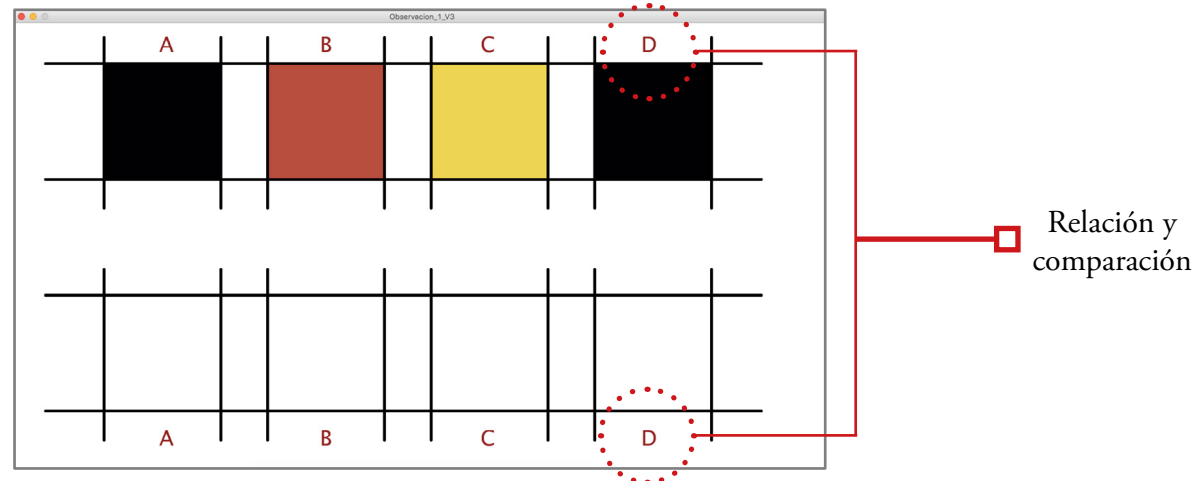
La máquina propone una retícula aleatoria de 10 x 10 en la cual se ubican de la misma forma cuadros de colores en **10 intersecciones** elegidas también por el programa.

Para finalizar la obra, el niño debe **extraer la ficha** desde la posición original en la cuadrícula a la izquierda de la pantalla, y llevarla a la ubicación correspondiente en el patrón vacío a la derecha de la misma. El tamaño de las fichas y la gran cantidad de espacios en blanco hacen que esta sea la actividad de **mayor dificultad** en la obra.

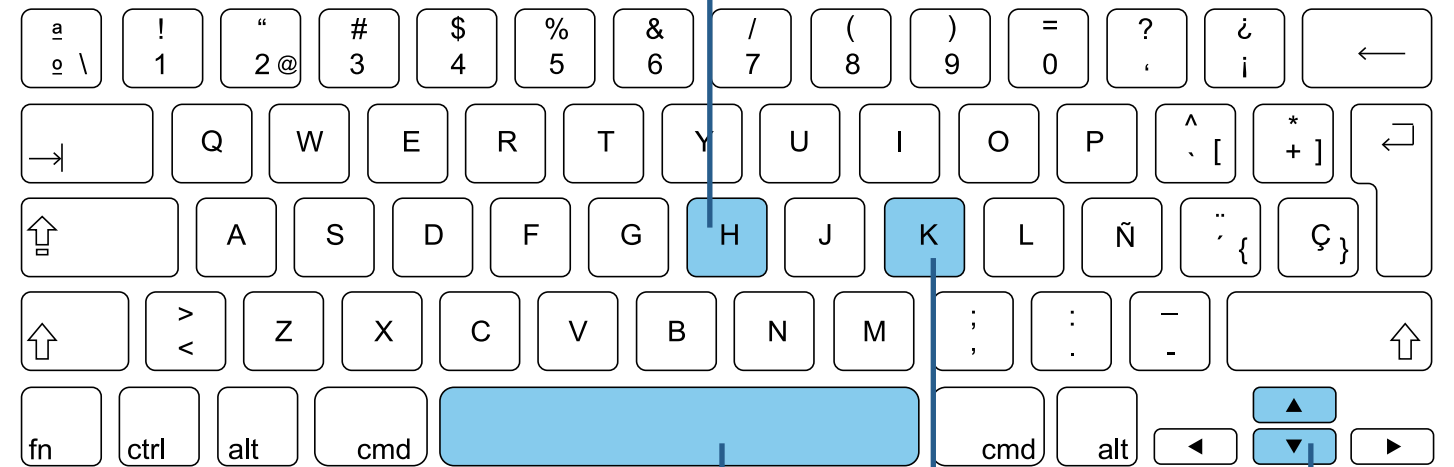
### { Registro en Video }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 26). Actividad 1: Mondrian (Nivel de dificultad #3).[Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=qWj1xjT3cPQ>

La ayuda para el niño en la obra interactiva consiste en un **sistema coordinado** compuesto de letras y números que le permite **comparar** y **relacionar** las fichas de colores desde su ubicación original hasta su posición de destino. Este sistema de ayudas también permite fomentar **habilidades lógicas** como la **relación**, en donde pares de características son conectadas con el concepto de **"igual a"**, además de la habilidad de la **comparación** que permite establecer semejanzas y diferencias entre situaciones.

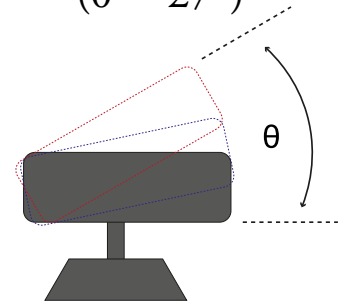


Visualización de ayudas



Inicio / reinicio de la obra

Inclinación del sensor Kinect en el eje vertical (0° - 27°)

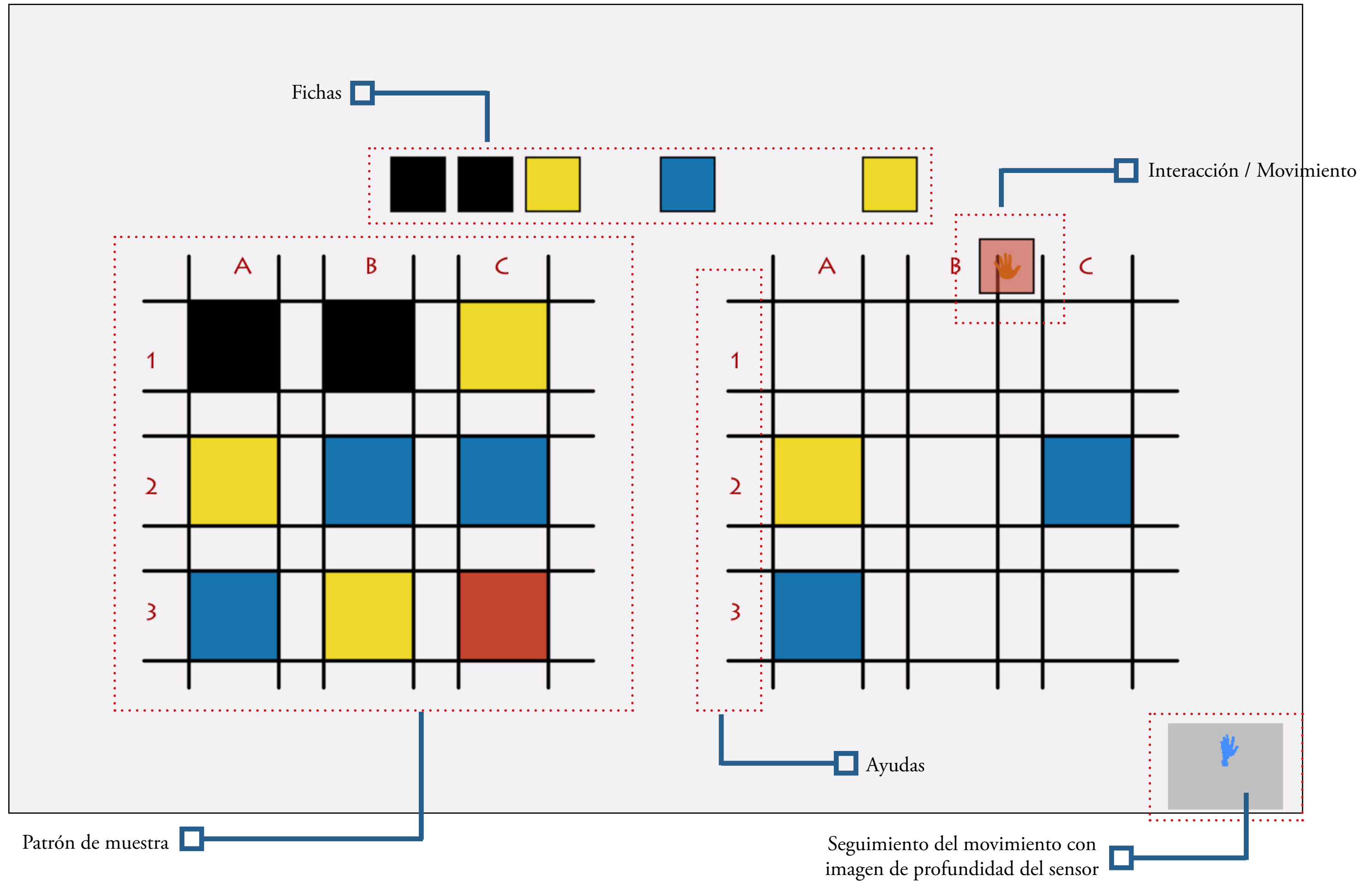


Visualización de la imagen en profundidad del kinect



La visualización de la imagen en profundidad permite conocer la ubicación del niño dentro de la experiencia. Dicha imagen en tiempo real es útil dado que permite ajustar la posición y los movimientos del usuario con el fin de lograr una interacción apropiada.

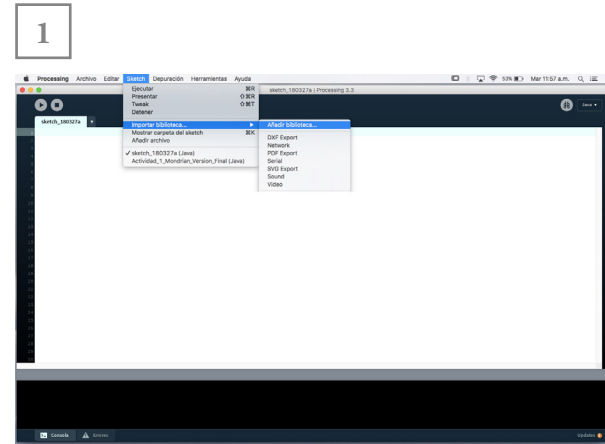




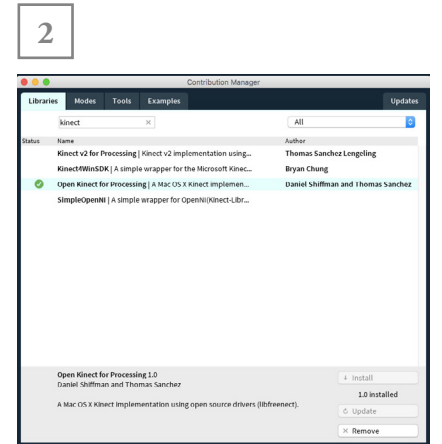
Los recursos de software y hardware necesarios para la ejecución de la obra son los que se especifican en el apartado de “Diseño y arquitectura de la experiencia”.

La version 3.3 del Processing requiere de las librerías *Open Kinect for Processing* para la programación del dispositivo sensor, *Minim* para la ejecución del audio del diseño sonoro, y *Processing Video* que permite la reproducción del video explicativo de las instrucciones.

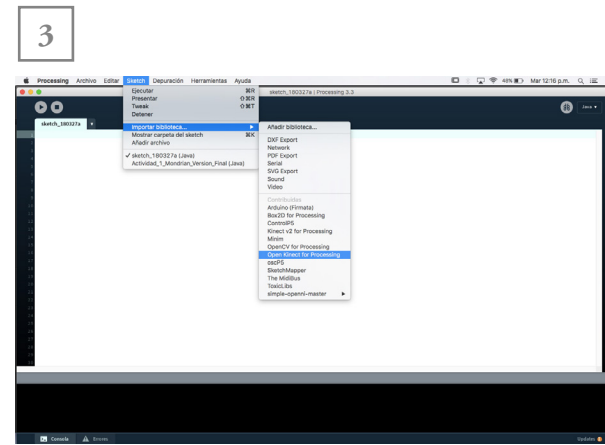
Para la instalación de las librerías, se realiza el siguiente procedimiento.



En el menú principal del Processing seguir la ruta: **Sketck / Importar biblioteca / Añadir biblioteca /**.



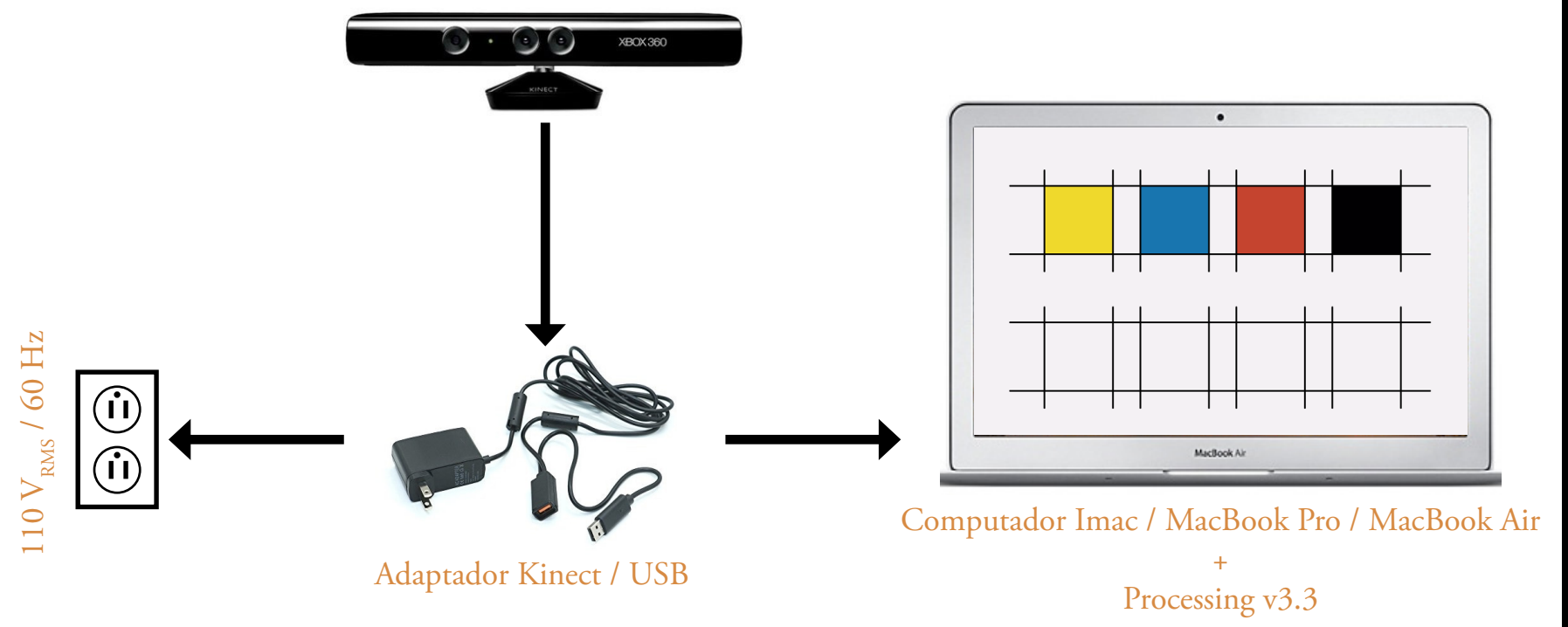
En el buscador con el término de referencia “Kinect” puede elegirse la librería *Open Kinect for Processing*, luego el botón de instalar. Al completar el progreso la librería aparecerá instalada.



La librería ya puede ser utilizada, o bien, el Processing puede interpretar cualquier programa realizado usando las librerías instaladas.

```
import org.openkinect.freenect.*;
import org.openkinect.freenect2.*;
import org.openkinect.processing.*;
import org.openkinect.tests.*;
import ddf.minim.*;
import processing.video.*;
```

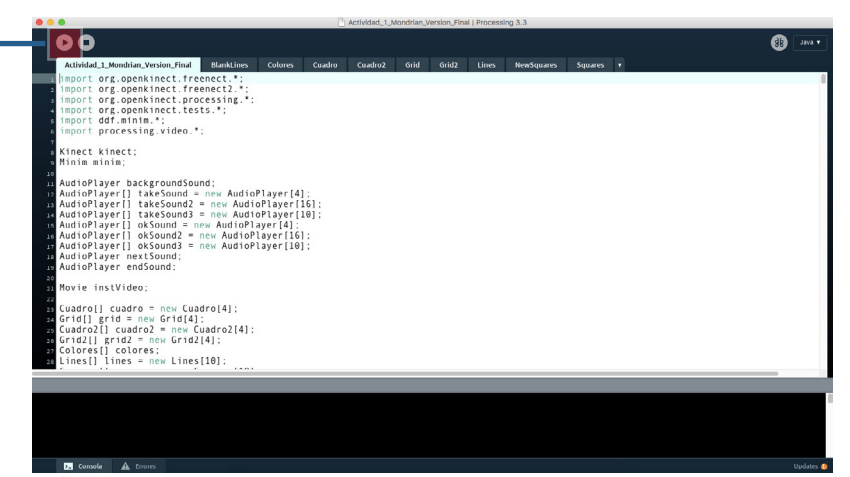
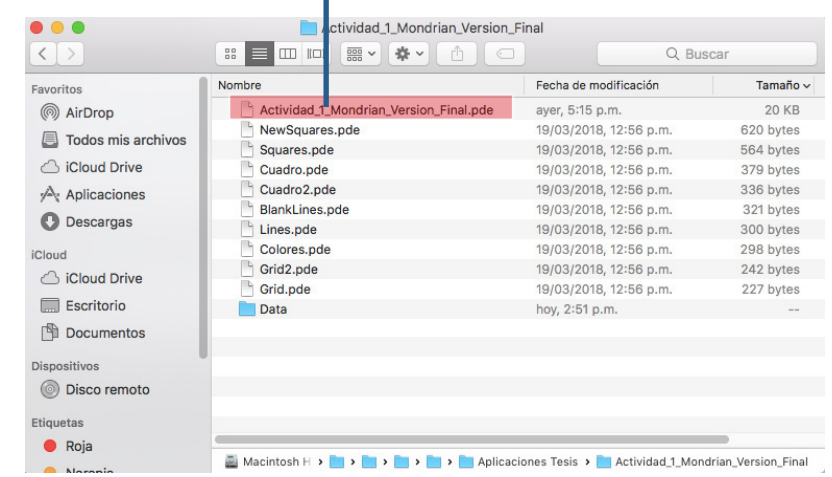
Kinect V1 - Modelo 1414 / 1473



110 V RMS / 60 Hz

{ Carga del Programa }

Abrir el archivo **Actividad\_1\_Mondrian\_Version\_Final.pde**



Ejecutar el programa con el botón de reproducción.

El diseño sonoro es una pieza de suma importancia en la actividad, ya que es con este que se refuerzan las acciones del niño con la obra digital, se indican los momentos clave en el desarrollo de la misma y sirve como guía para la interacción.

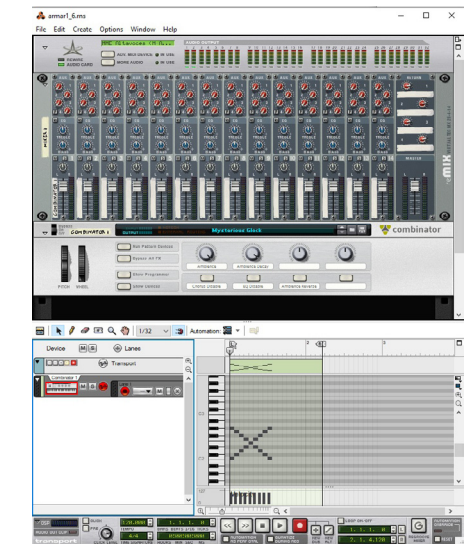
Durante el proceso de creación de la obra, se ensayaron gran cantidad de programaciones con diferentes configuraciones y disposiciones de fichas, siempre teniendo como referente las composiciones de colores de Piet Mondrian. A medida que la actividad evolucionaba, dichas aplicaciones fueron descartándose y depurándose; siempre en función de la respuesta visual, interacción, optimización de código, y por supuesto, en coherencia con las habilidades lógico matemáticas que se pretenden motivar.

{ Obra "descartada" }

{ Recursos Utilizados }

- Reason 4
- Abbey Road Keyboards Refill
- Reason Ethnic Refill
- M-Audio Oxygen 8 Midi Controller
- M-Audio Fast Track Audio Interface

Diseño sonoro de la obra en Reason



{ Banda Sonora }

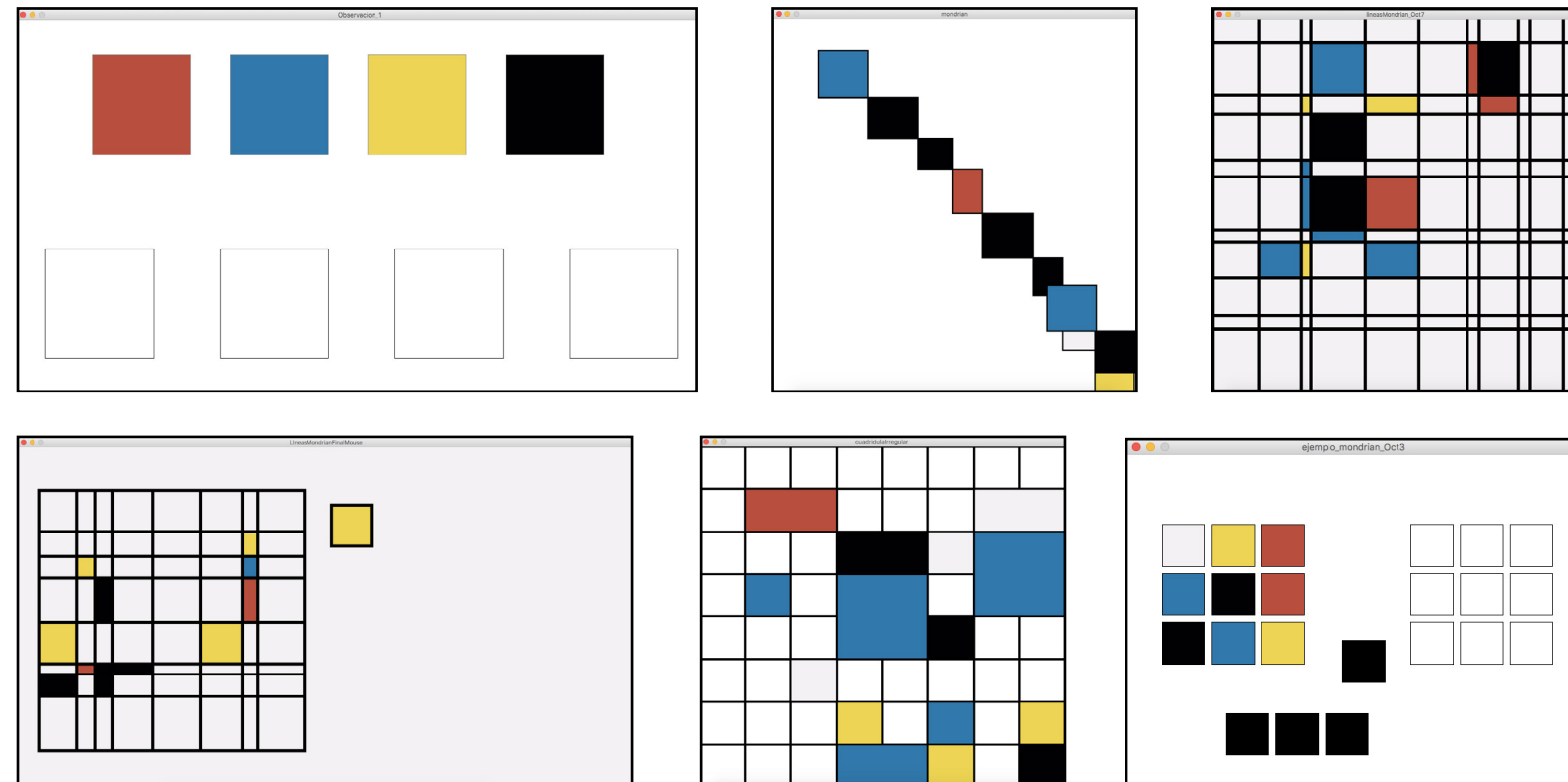
La banda sonora o música de fondo fue tomada del sitio [www.freemusicarchive.org](http://www.freemusicarchive.org). Para efectos de la licencia Creative Commons se acredita al autor de la obra musical.

Artista: Ori & Humanfobia

Título: Dark Glitch Spiral

Álbum: Obscure Matrix

Link de descarga: <https://freemusicarchive.org/music/download/15a3ea40cb0e5785dea33bf9b52f0a8d94371f90>



En el enlace de video a continuación, se presenta la captura de pantalla de la obra completa en tiempo real. Se realiza mostrando las ayudas disponibles y la imagen en profundidad que provee el sensor Kinect.

Cartel de fin de la obra / reiniciar actividad



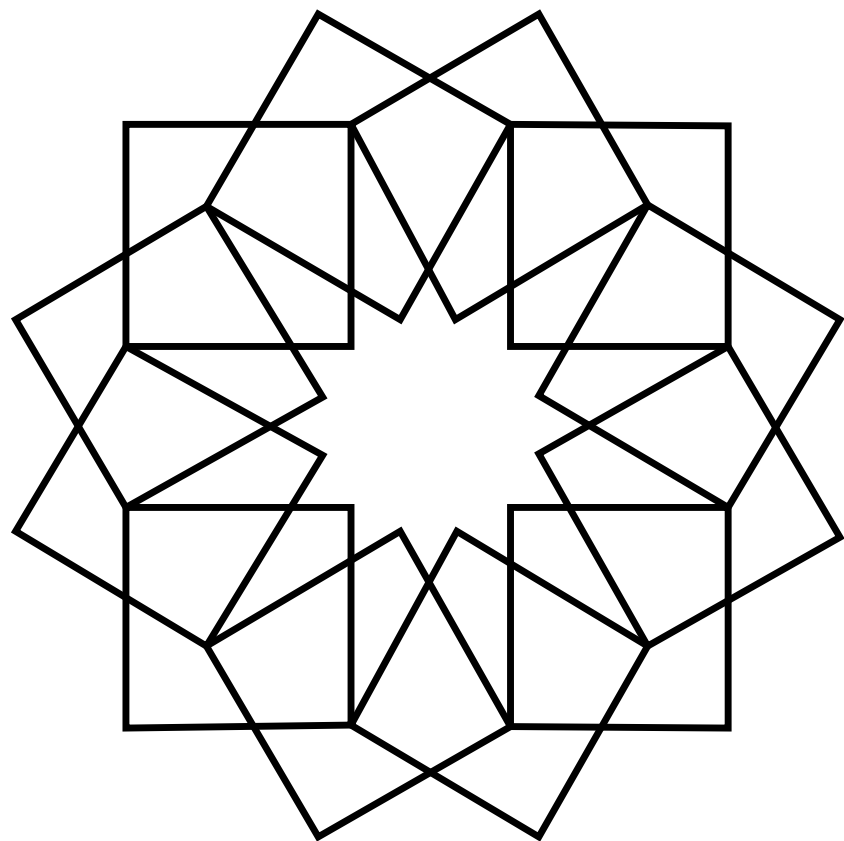
Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 27). **Actividad 1: Mondrian (Obra Completa)**. [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=OX6d\\_Pm-JVU](https://www.youtube.com/watch?v=OX6d_Pm-JVU)

# { Actividad 2 }

La actividad #2 tiene como objetivo la aplicación de **transformaciones** sucesivas a formas geométricas simples (cuadrados) con el fin de obtener figuras más complejas e interesantes visualmente. Lo anterior permitirá al niño potenciar habilidades básicas como la *observación*, la *comparación*, la *relación* y la *clasificación*. Estas aptitudes pretenden ser motivadas en el menor por medio de una figura llamativa que es construida a partir de acciones matemáticas sencillas que facultan al infante, mediante la interacción con la obra de arte digital, para **identificar características**, establecer **diferencias**, **semejanzas** y **comparar** patrones de acuerdo a sus particularidades. Esta obra tiene como referencia al arte islámico, en el cual a partir de **simetrías geométricas** se creaban, entre otros exquisitos mosaicos, los Sellos o **Estrellas de Salomón**; finas obras de arte decorativo.

## { Propósito }

Construir los mosaicos (Estrellas de Salomón) a partir de la intersección de cuadrados y la interacción con botones de transformación.



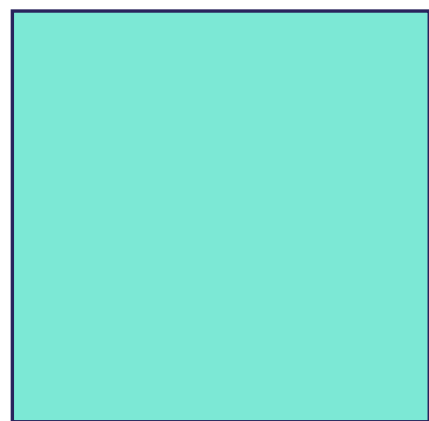
- Deben existir **instrucciones** para la actividad que incluyan el propósito de la misma, forma de interacción, referente artístico y animación explicativa.
- La obra deberá contar con **3 niveles** de dificultad. Cada nivel se especificará con un **color diferente** en la actividad.
- Una vez iniciada la obra, se creará una figura aleatoria basada en **intersecciones de cuadrados**. Un nuevo patrón, **también aleatorio**, se creará cada vez que se complete el anterior.
- En el **primer nivel** de dificultad se formarán **mosaicos simples** a los que únicamente se les podrá modificar el **tamaño** de los cuadros y la **rotación** de los mismos.
- En el **segundo nivel** se crearán mosaicos más **complejos**, a los que además de **tamaño** y **rotación**, podrán agregarse hasta tres **capas** de cuadrados.
- En el **tercer nivel** se generarán mosaicos aleatorios más complicados a los que se les podrá modificar **tamaño**, **rotación**, **número de capas** y **separación** de las mismas.
- El punto de **inicio** de cada iteración será un **patrón de 4 cuadrados** a la **derecha** de la pantalla y dispuestos a 90°.
- Para cada nivel se generará aleatoriamente un **patrón de muestra** a la izquierda de la pantalla, que deberá **replicarse** mediante la interacción con **4 botones** que guardan las acciones de **escala**, **rotación**, **tamaño** y **número de capas**.
- La interacción con la obra se hará mediante **movimiento de los brazos** del niño respecto a la cámara de profundidad de un **sensor Kinect** ubicado dentro de la instalación.
- La **detección de movimiento** se realizará dentro de un **umbral** (rango de distancias) definido en la programación y marcado debidamente en la instalación.
- El movimiento de los brazos **activará** un puntero en forma de mano que podrá **presionar** los **botones** que crearán la interacción.
- Para **presionar un botón** se deberá tocar con el puntero. Dicho botón se activará **cambiando de tamaño** y activando una **barra de progreso** que al completarse realizará la acción.
- Para una **nueva acción**, el botón deberá activarse otra vez para repetir el proceso del punto anterior.
- Con el fin de mejorar la **experiencia** del niño, en cada actividad solo deberán estar **activos los botones necesarios**. Los demás se encontrarán **desactivados**, indicándose en un color más claro, solo estarán disponibles cuando la figura lo requiera.
- Una vez se hayan **completado** las acciones de un botón este se **desactivará**, y no estará disponible sino hasta una nueva figura.
- De acuerdo al nivel de dificultad, se pueden requerir desde dos hasta cuatro botones simultáneamente, que pueden presionarse varias veces cada uno hasta completar la actividad.
- El **primer nivel** debe realizarse **cuatro veces** para pasar al **segundo nivel**.
- El **segundo nivel** debe realizarse **cuatro veces** para pasar al **tercer nivel**.
- El **tercer nivel** debe realizarse **cuatro veces**, luego de esto, la **obra termina** y puede **reiniciarse** desde el primer nivel.
- Una vez realizadas las **transformaciones** necesarias para crear la figura, como ejemplo se dibujará un mosaico decorado en el cual se evidencien las figuras internas que crean las intersecciones de los cuadrados.
- Las actividades contarán con **ayuda** para los niños.
- La ayuda consistirá en un **contador** que permitirá calcular el número de operaciones restantes en cada acción / transformación para obtener un mosaico igual al de la muestra.
- En **cualquier momento** durante la ejecución de la aplicación podrá visualizarse la imagen que **captura** el sensor Kinect con el fin de **reubicar** la posición del niño dentro de la experiencia.
- Con fines de **calibración del sensor**, la aplicación debe permitir **graduar el ángulo** de orientación del dispositivo.
- La obra debe contar con **música de fondo** apropiada para la actividad y **diseño sonoro** que refuerce las acciones dentro de la interacción (presionar botón, cambiar figura, fin del mosaico, etc.).
- Las visuales de la aplicación deben ser coherentes con el referente artístico elegido.

La interacción con la obra de arte consiste en **tocar los botones** (que ejecutarán las acciones) mediante los movimientos de las manos del niño que se encuentra ubicado en una zona marcada como “zona de interacción”. A continuación se describe el proceso.



1

Una vez ubicado el niño en la zona de interacción, aparece en la obra de arte digital el puntero color naranja en forma de **mano**, el cual puede ser controlado con los movimientos de los brazos y las manos del usuario. Se pueden usar indistintamente cualquiera de las dos extremidades, derecha o izquierda; pero con la restricción de solo una a la vez. El sistema, por el método de detección de presencia, no admite dos movimientos simultáneos.

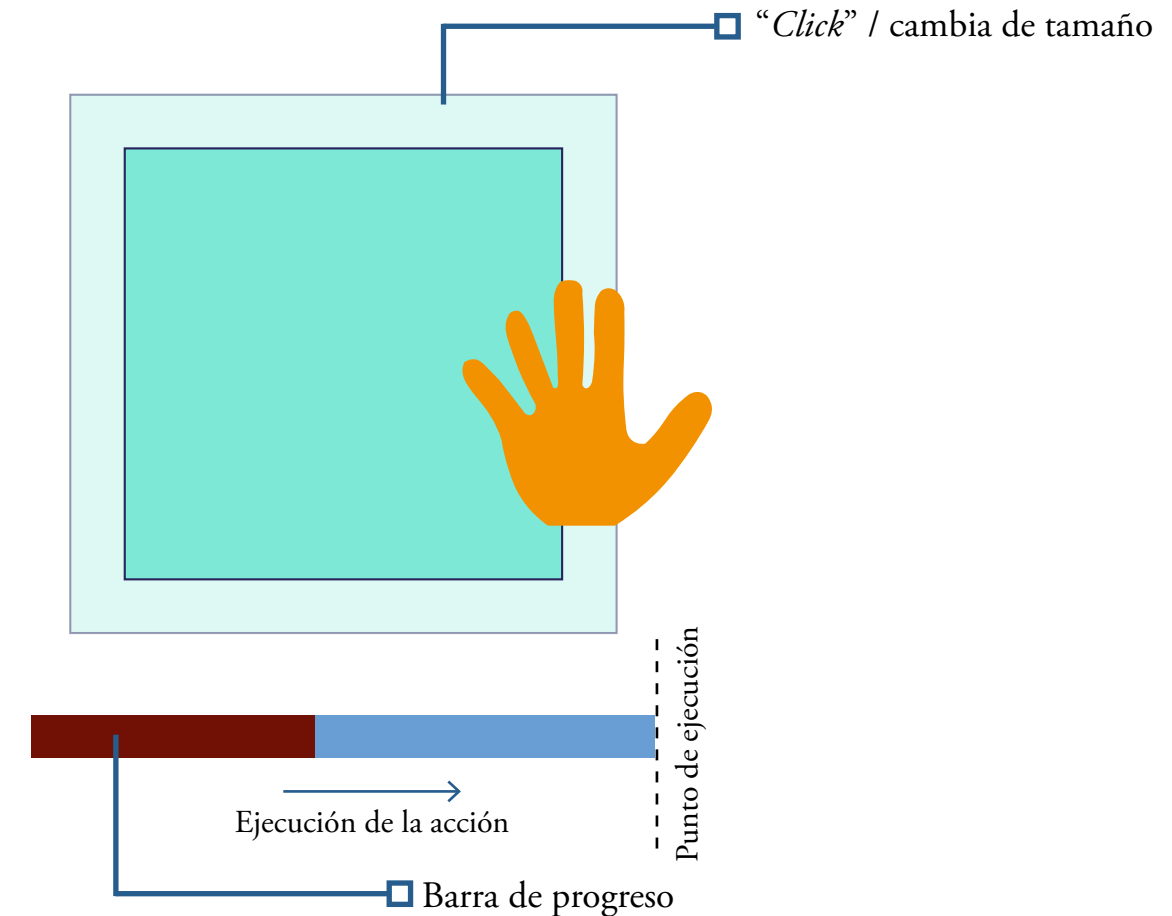


Botón



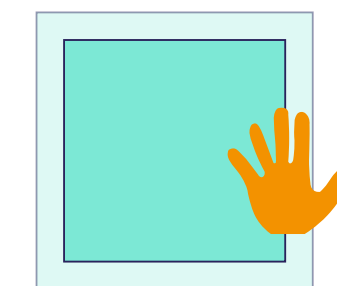
2

Cuando el puntero -controlado por el movimiento de los brazos del niño- se ubica sobre uno de los botones disponibles, este se activa aumentando de tamaño como indicativo de interacción, y a continuación se visualiza la **barra de progreso** que carga la acción correspondiente. La adición de este elemento es de suma importancia ya que permite controlar uno a uno los eventos asociados al botón. Solo se ejecutarán cambios en la figura cuando se llene completamente el indicador, antes no. Para realizar una nueva transformación basta con retirar el “puntero mano” del botón y repetir el proceso. Una vez no existan más acciones asociadas a este, se desactivará cambiando a color transparente y no será susceptible de interacción. Hay refuerzo de las acciones mediante sonido.



3

Los botones permanecerán activos o inactivos en función de las acciones pendientes en la creación de la figura. Un botón activo es de color y sensible al puntero que responde a los movimientos del niño en la instalación, mientras que uno inactivo es color grisáceo, indicando que las acciones que realiza no son necesarias para la creación del mosaico de la muestra; no será sensible a la interacción.



Botón activo



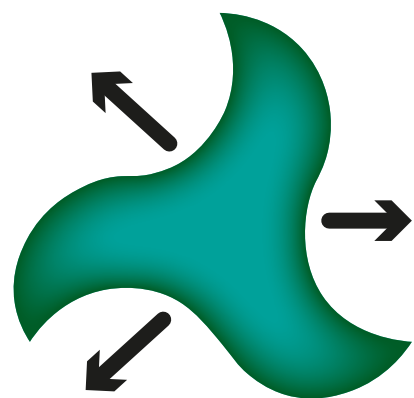
Botón inactivo

{ R e g i s t r o e n V i d e o }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 28). Actividad 2: Arte Islámico (Interacción / Botón). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=8y5m66SiuR0>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 26). Actividad 2: Arte Islámico (Botón Desactivado). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=190SfkoIXVo>

### { Botón "Pajarita" }



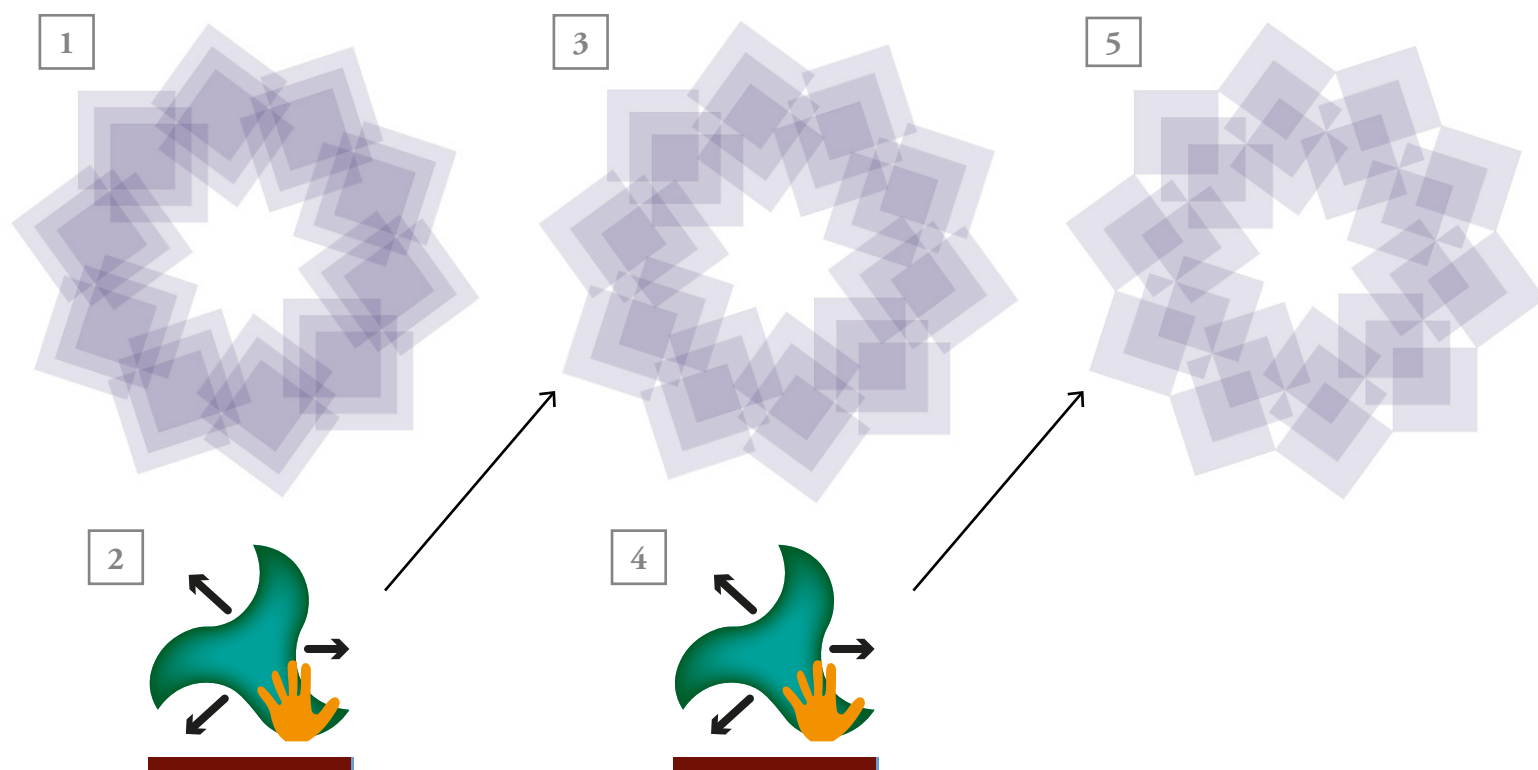
El primer botón que se encuentra en la obra tiene la forma de una **Pajarita Nazarí**, figura muy común en las simetrías que decoraban los palacios musulmanes. Dentro de la actividad tiene la función de **modificar la separación** entre las fichas cuadradas que conforman el mosaico.

El botón de separación solo está disponible en los niveles dos y tres que conllevan mayor complejidad, mientras que para el primero se encuentra desactivado.

### { Valores de separación }

Los valores para la separación entre fichas que se muestran debajo en **"Ejemplo Secuencia Interacción"** fueron **calibrados** desde la programación en función de la resolución, la complejidad y el resultado visual (*7 pixeles*). Dichos valores permanecen constantes para todos los niveles y según el grado de dificultad de la actividad, el botón puede ser operado 0, 1 o 2 veces; siempre y cuando existan capas de cuadrados para separar.

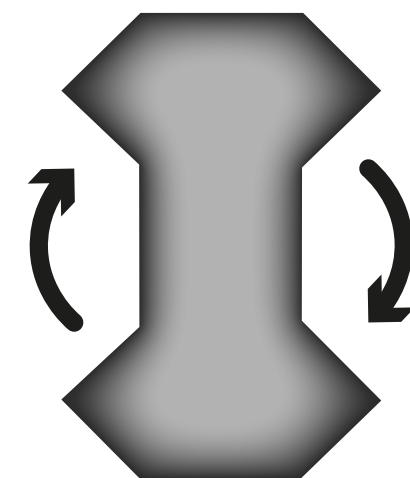
### { Ejemplo Secuencia Interacción }



### { Registro en Video }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 28). Actividad 2: Arte Islámico (Botón Pajarita - Escala). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Iu9zLs6uLjQ>

### { Botón "Hueso" }

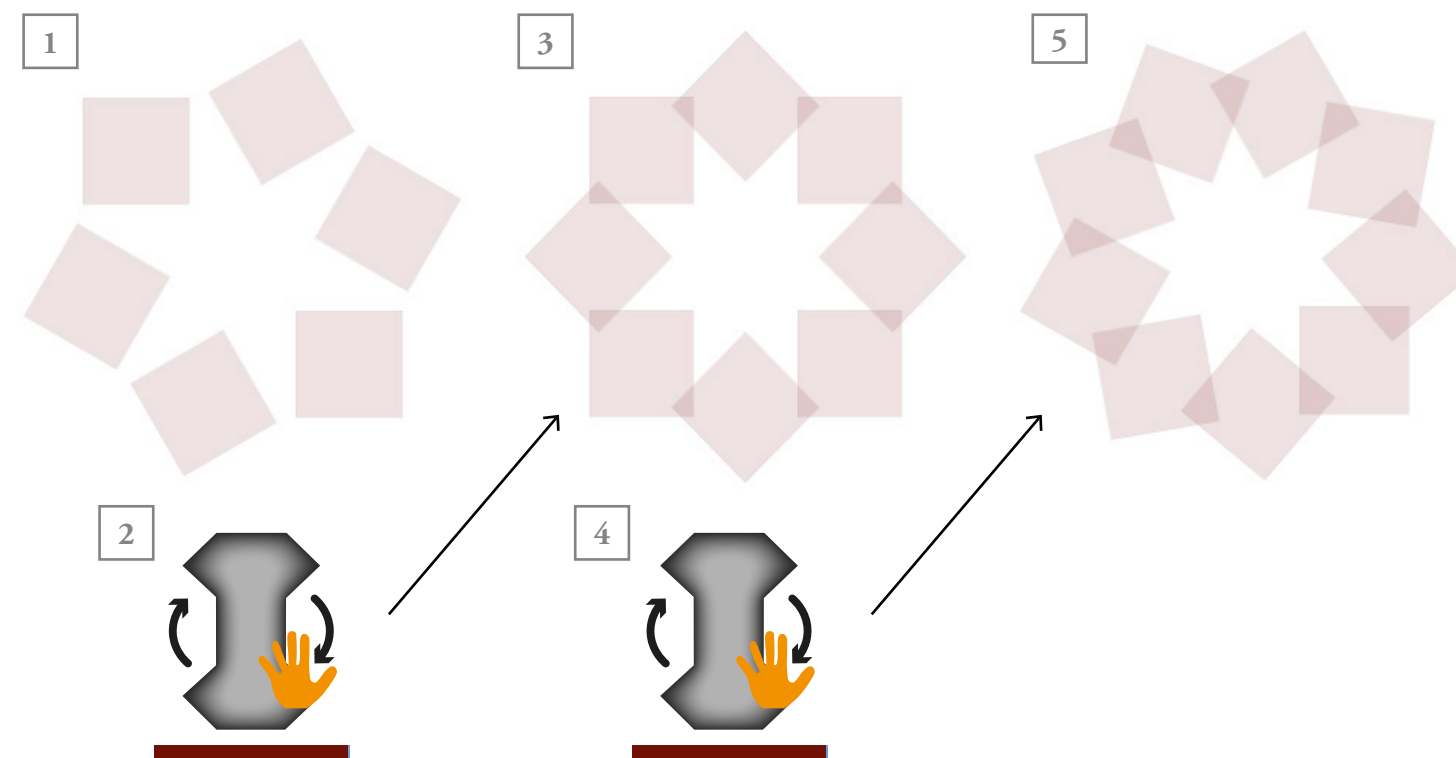


El botón en forma de **Hueso Nazarí** controla la **rotación** de los cuadros del mosaico, teniendo en cuenta que al hacerlo se aumenta la cantidad de estos en la figura. De manera que, los 360 grados dividido entre el ángulo de rotación, tiene como resultado un valor entero que corresponde al número de cuadrados que se distribuyen uniformemente en la circunferencia de rotación.

### { Ángulos de Rotación }

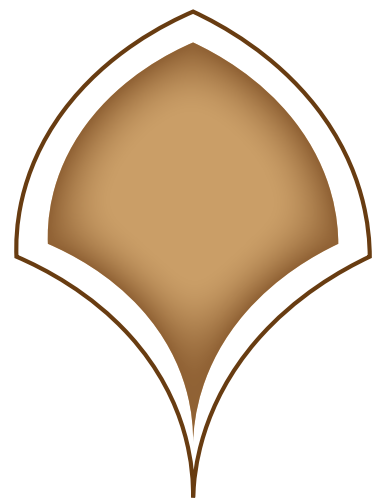
90°	→	360°/90° = 4 cuadros en el mosaico
60°	→	360°/60° = 6 cuadros en el mosaico
45°	→	360°/45° = 8 cuadros en el mosaico
40°	→	360°/40° = 9 cuadros en el mosaico
36°	→	360°/36° = 10 cuadros en el mosaico
30°	→	360°/30° = 12 cuadros en el mosaico
24°	→	360°/24° = 15 cuadros en el mosaico
20°	→	360°/20° = 18 cuadros en el mosaico

### { Ejemplo Secuencia Interacción }



### { Registro en Video }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 28). Actividad 2: Arte Islámico (Botón Hueso - Rotación). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=sx9GrzymfkE>



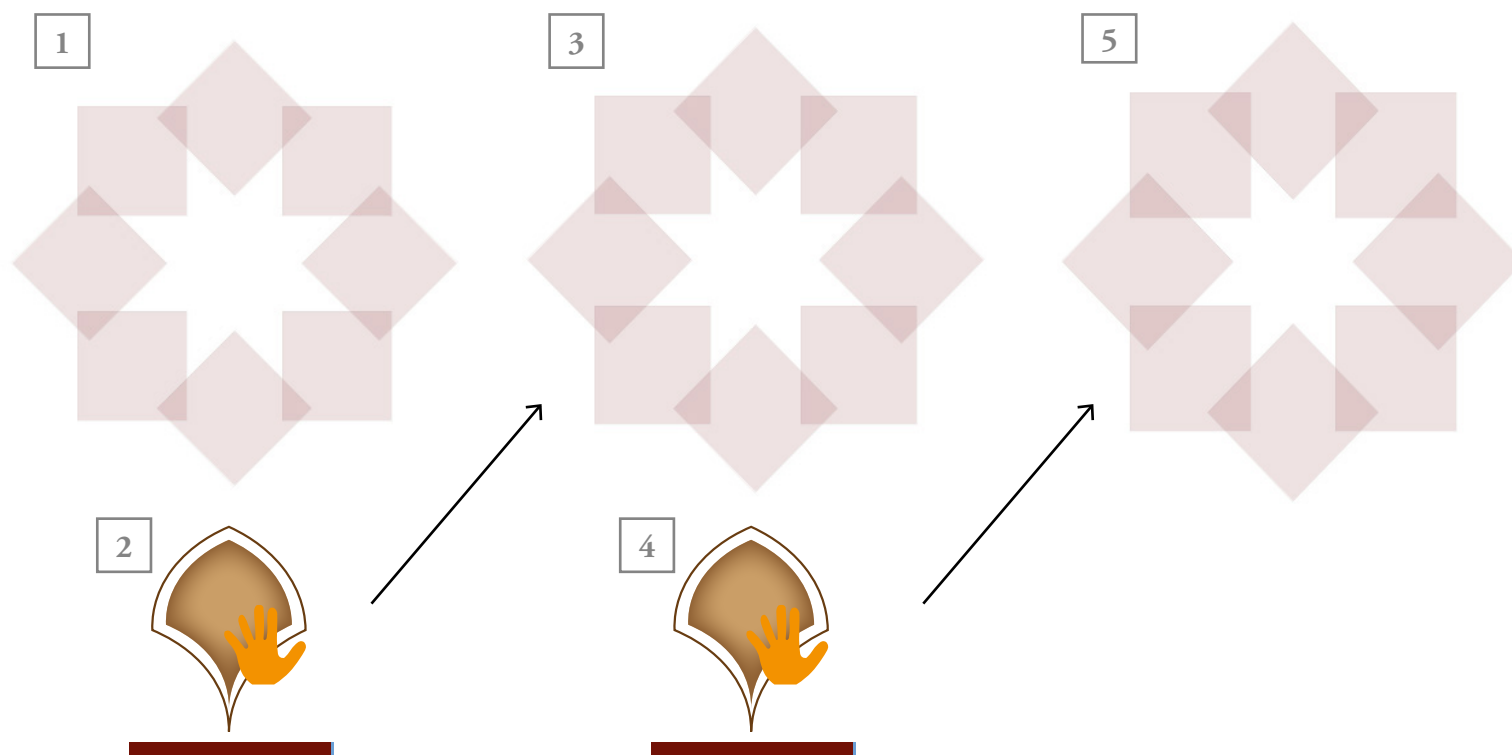
### { Botón "Pétalo" }

Para cambiar el **tamaño** de cada uno de los cuadrados que forman la figura, se usa el botón con forma de **Pétalo Nazarí**. La transformación sobre el mosaico, aunque simple, puede modificar notoriamente el resultado visual final. El botón de "tamaño" se encuentra disponible en los 3 niveles de dificultad de la obra.

### { Tamaños del cuadrado }

Cada interacción con el botón implica un incremento de *10 píxeles* en el tamaño del cuadrado. Estos valores fueron **calibrados** desde la programación de la obra con el fin de producir un resultado visual coherente con el referente artístico.

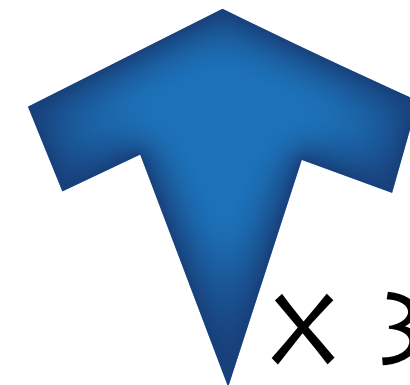
### { Ejemplo Secuencia Interacción }



### { Registro en Video }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 28). Actividad 2: Arte Islámico (Botón Pétalo - Tamaño). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=wIe3qywVFk0>

### { Botón "Pez Volador" }

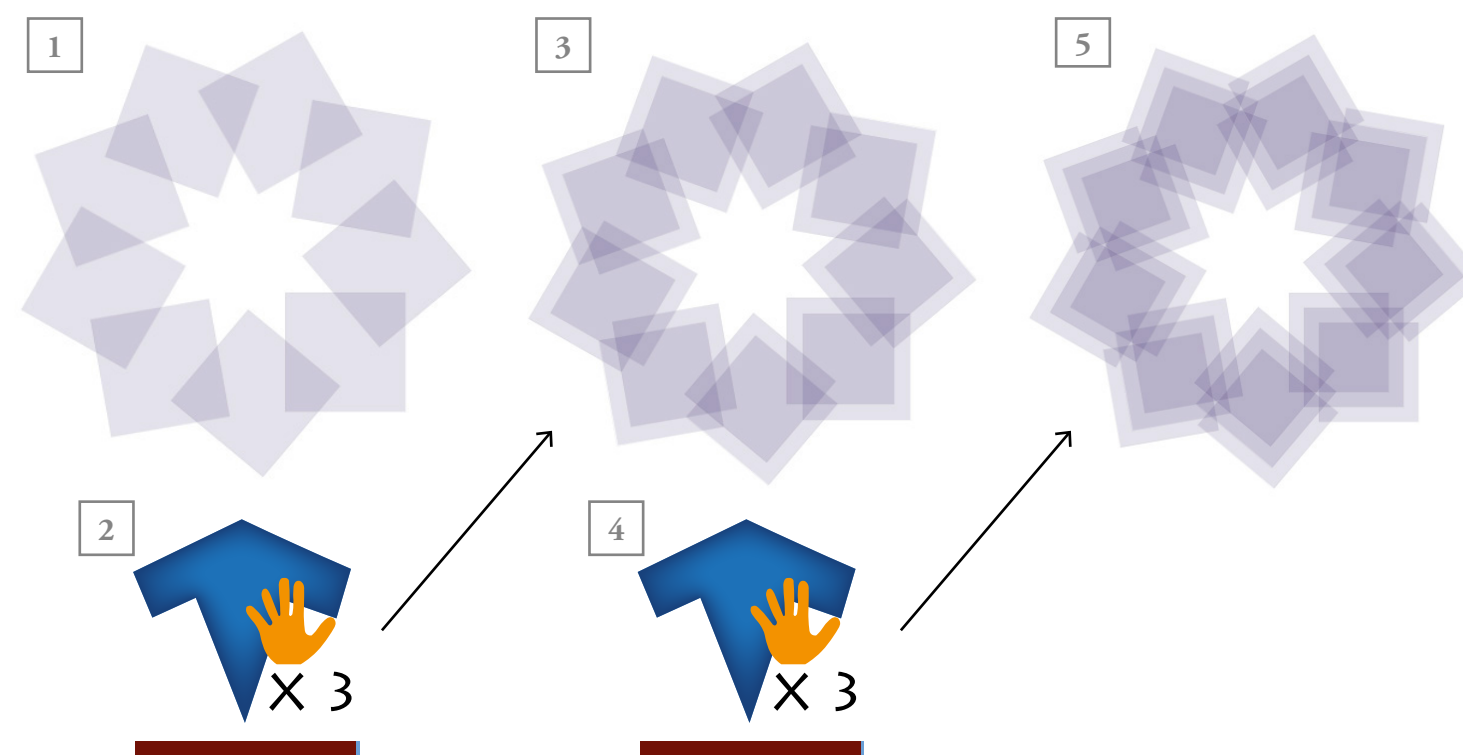


El botón conocido como **Pez Volador** o también "el **Avión**" modifica la **cantidad de capas** de cuadrados que se superponen unas otras. Para el primer nivel de la obra, existe una sola capa de cuadrados, mientras que en el segundo hay 2 y 3 capas respectivamente (ver "Ejemplo Secuencia Interacción"). Es por eso que el botón se encuentra desactivado en el primer grado de dificultad.

### { Número de capas }

El número de capas puede ser **determinado desde la programación** de la obra de arte. Por resultado visual, complejidad de la obra y facilidad de interacción con la misma, se limitó a 3 capas de cuadros.

### { Ejemplo Secuencia Interacción }



### { Registro en Video }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 28). Actividad 2: Arte Islámico (Botón Pez - Número). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=EmP8OXri494>

La pantalla de **instrucciones** es la primera en visualizarse en la obra. En ella se hace explícito el **propósito** de la misma y el referente artístico en la que se basa, además de presentarse un conjunto de instrucciones acompañadas de una animación explicativa que ayudarán al niño a completar el ejercicio.



{ Pantalla de Instrucciones }

Referente artístico de la obra

## ¡JUEGA AQUÍ!

ESTA OBRA FOMENTA EL DESARROLLO DE HABILIDADES BÁSICAS DE PENSAMIENTO LÓGICO MATEMÁTICO A NIVEL DE CONSTRUCCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE CONOCIMIENTO.

**ACTIVARÁS:**

- LA OBSERVACIÓN
- LA COMPARACIÓN
- LAS RELACIONES
- LA CLASIFICACIÓN

**¡ADELANTE!**

**{ REFERENTE ARTÍSTICO }**

**ARTE NAZARÍ (S. XIII - S. XV)**

ÚLTIMA ETAPA DEL ARTE HISPANO ISLÁMICO. SE CARACTERIZA POR SUS MOSAICOS Y TESELACIONES, LAS CUALES ABARCAN LAS 17 DIFERENTES FORMAS POSIBLES DE DIVISIÓN REGULAR DEL PLANO.



**MOSAICOS NAZARÍES, LA ALHAMBRA, GRANADA, ESPAÑA**



**{ OBRAS }**

**FIGURAS NAZARÍES: PAJARITA, HUESO, PÉTALO, PEZ VOLADOR**

{ INSTRUCCIONES }

- **¡OBSERVA!**
- **¡UBÍCATE EN LA ZONA INDICADA!**
- **¡TOCA LOS BOTONES NAZARÍES PARA TRANSFORMAR UNA FIGURA!**
- **¡ESPERA!**
- **¡TOCA TANTAS VECES COMO NECESITES!**
- **¡TE PUEDES GUIAR DE LOS NÚMEROS PARA LAS TRANSFORMACIONES FALTANTES!**



¡PRESIONA [ESPACIO] PARA COMENZAR!

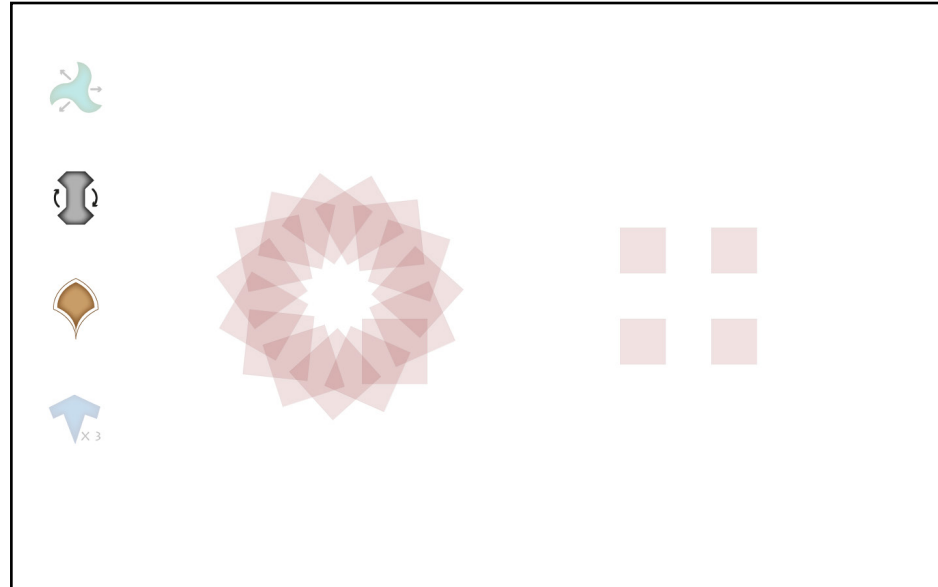
Invitación a comenzar la obra

Instrucciones para completar la obra / animación explicativa

Habilidades a fomentar



{ Nivel de dificultad 1 }



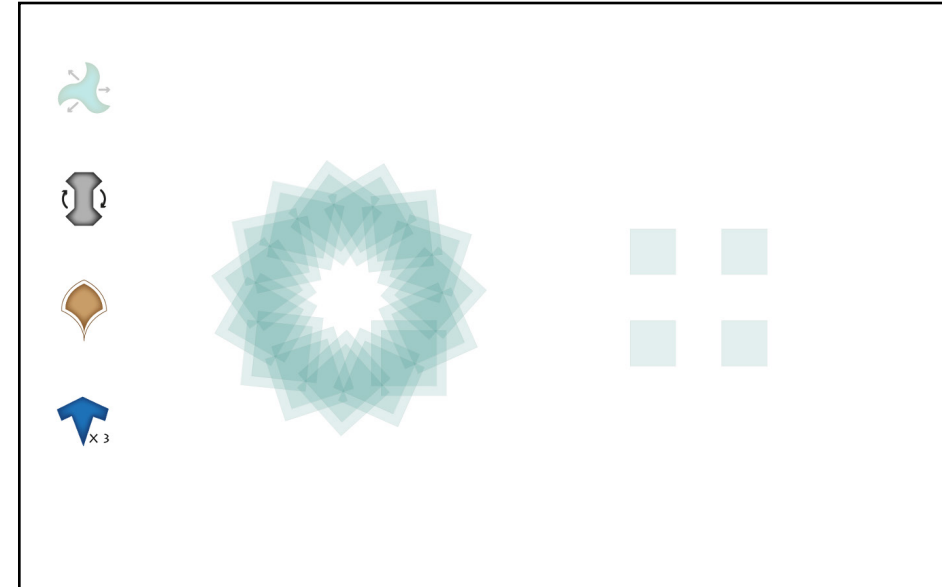
El primer nivel de dificultad de la obra se indica con figuras de color rojo. El niño interactúa únicamente con **dos botones** (*Hueso* y *Pétalo Nazari*) que modifican la **rotación** de los cuadros y el **tamaño** de los mismos, lo que permite al menor completar la obra con facilidad; y lo que es más importante, visualizar como a partir de transformaciones geométricas sencillas se pueden crear patrones visualmente llamativos. Este nivel permite potenciar habilidades básicas de observación, comparación y relación.

La cantidad de ejercicios en el primer nivel fue fijada desde la programación del software en cuatro repeticiones, en cada una de las cuales, la disposición de los cuadros es determinada aleatoriamente. Una vez completados los mosaicos correspondientes, se accede al **segundo nivel**.

{ Registro en Video }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 29). Actividad 2: Arte Islámico (Nivel de dificultad #1). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=L2OP8AHSmJY>

{ Nivel de dificultad 2 }



Para el segundo nivel de dificultad de la obra se activa un **tercer botón** (*Pez Volador*), que sumado a los dos del primero permiten además de modificar la rotación y el tamaño, **cambiar la cantidad de capas** o “anillos” de cuadrados en la figura. Se indica mediante el color verde en el mosaico.

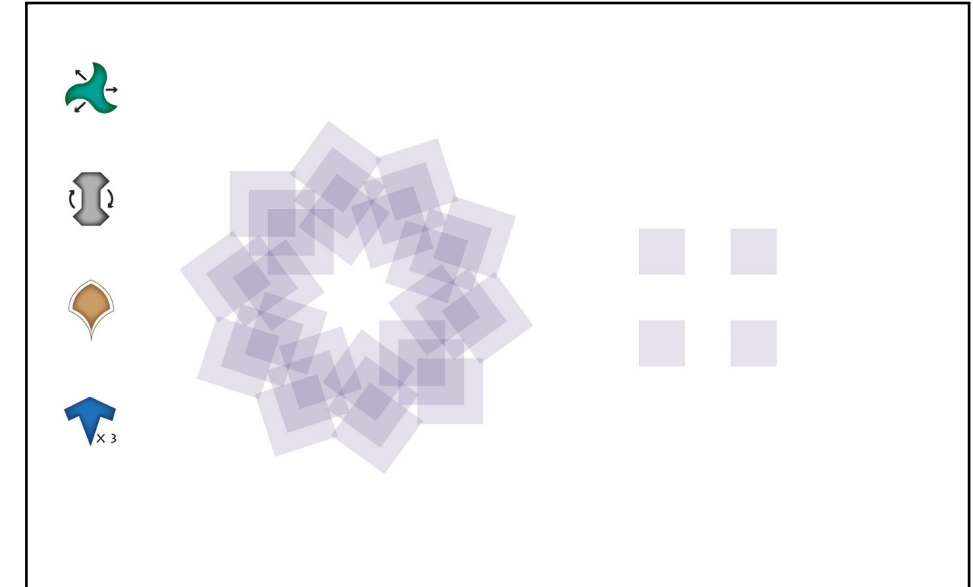
Este nivel permite al niño obtener figuras de mayor **interés visual**, que son construidas a partir de intersecciones más complejas entre cuadrados; lo que permite al menor activar habilidades de observación, comparación y relación.

En el segundo nivel se construyen cuatro figuras que son determinadas aleatoriamente a partir del código del programa. Al ser completadas, se continúa con el último grado de dificultad de la obra.

{ Registro en Video }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 29). Actividad 2: Arte Islámico (Nivel de dificultad #2). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ziFYDXZ2E4Y>

{ Nivel de dificultad 3 }



El último nivel de la obra involucra transformaciones de **rotación**, **tamaño**, **cantidad** de capas y **separación** entre las mismas, que son controladas por sendos botones. Se activa el botón *Pajarita* para modificar la distancia entre los niveles de cuadrados. El color violeta distingue este tramo final de la obra.

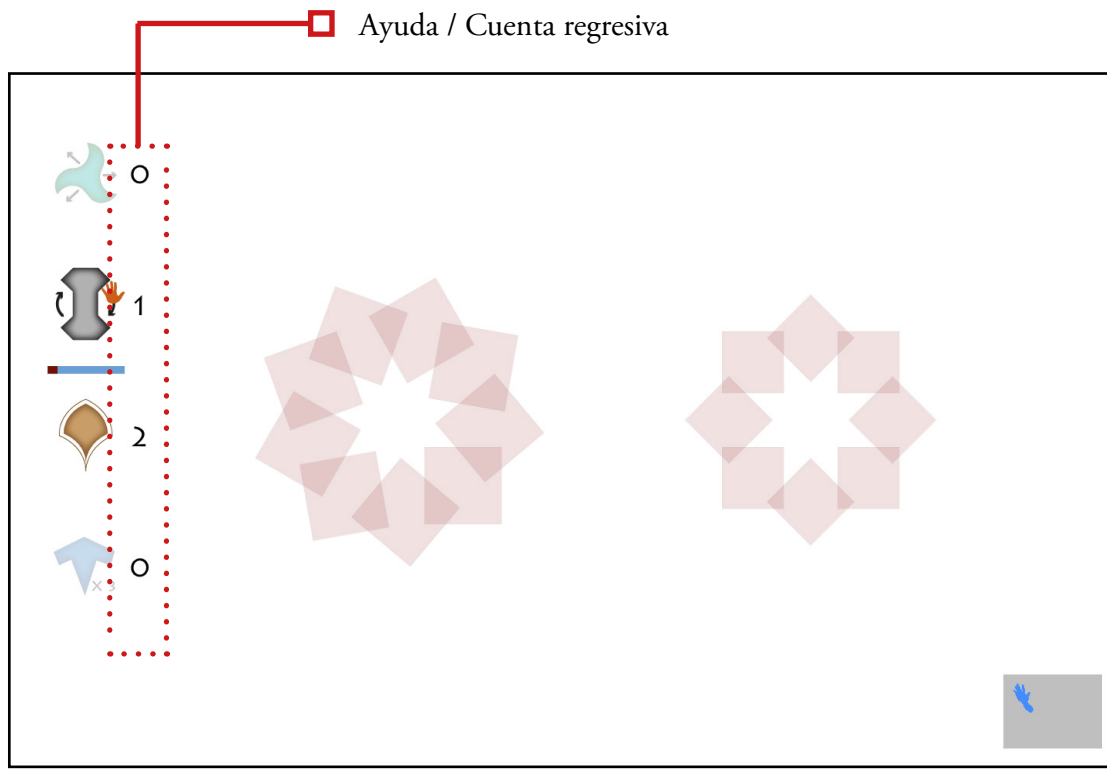
El niño consigue mediante la interacción con los botones, intersecciones de **gran complejidad**, pero que a su vez, producen resultados visuales muy atractivos para él. Al igual que en los dos niveles anteriores, se favorecen las habilidades de observación, comparación y relación.

Una vez el nivel se haya ejecutado 4 veces, todas con patrones aleatorios predeterminados en la programación, se concluye la obra con una cartela de finalización; pero con la posibilidad de un reinicio que revele nuevos mosaicos.

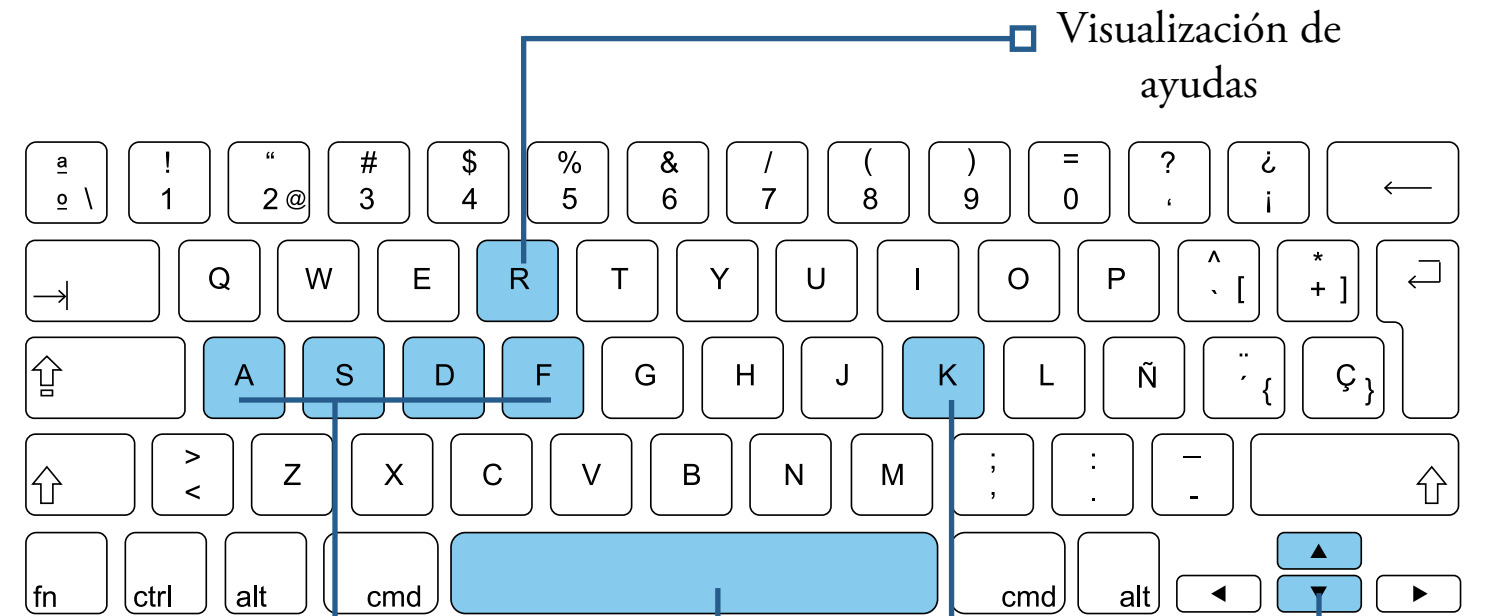
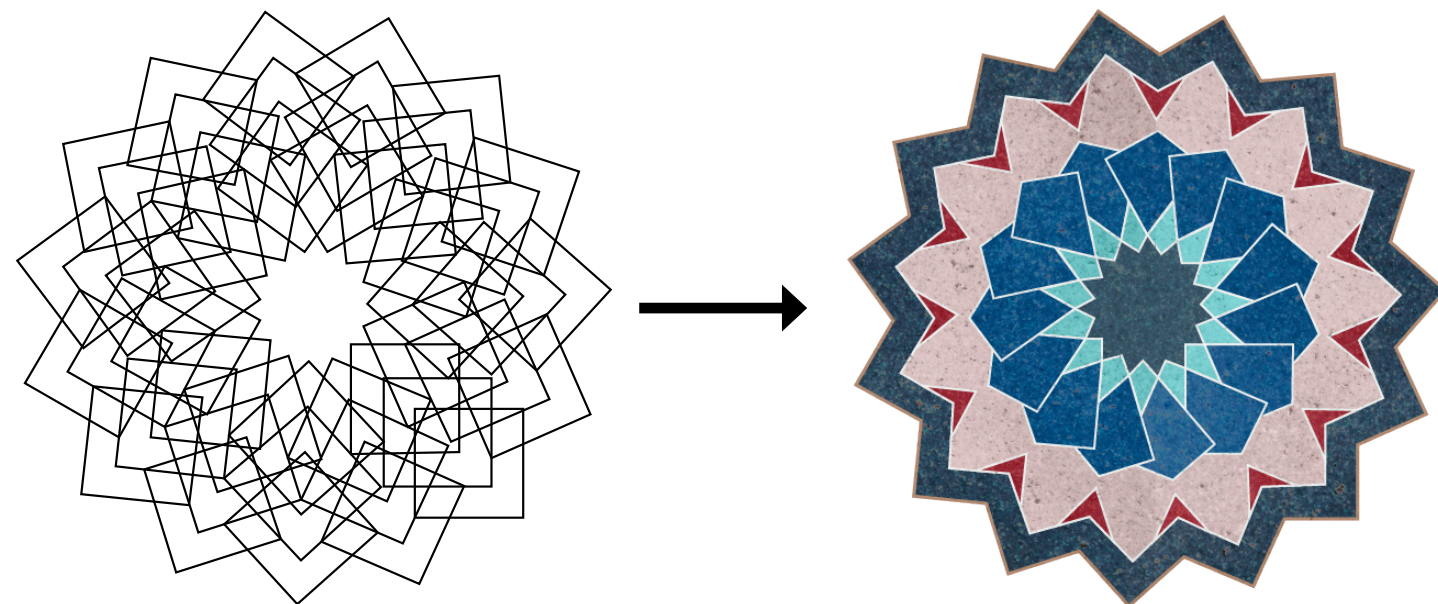
{ Registro en Video }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 29). Actividad 2: Arte Islámico (Nivel de dificultad #3). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=gy9-ss5Z64o>

La ayuda para el niño en la obra consiste en una **cuenta regresiva** que es mostrada a la derecha de cada botón. Este sistema permite al menor activar otras habilidades matemáticas básicas como el **conteo**, indicando este en la obra, como la cantidad de veces que hay que interactuar con el botón para conseguir la figura que se exhibe al lado izquierdo de la pantalla. Al final de cada ejercicio, como ayuda extra, y con el fin de entregar un resultado más atractivo visualmente, se presenta en pantalla un mosaico con una propuesta de **decoración** de las intersecciones generadas por los cuadrados.



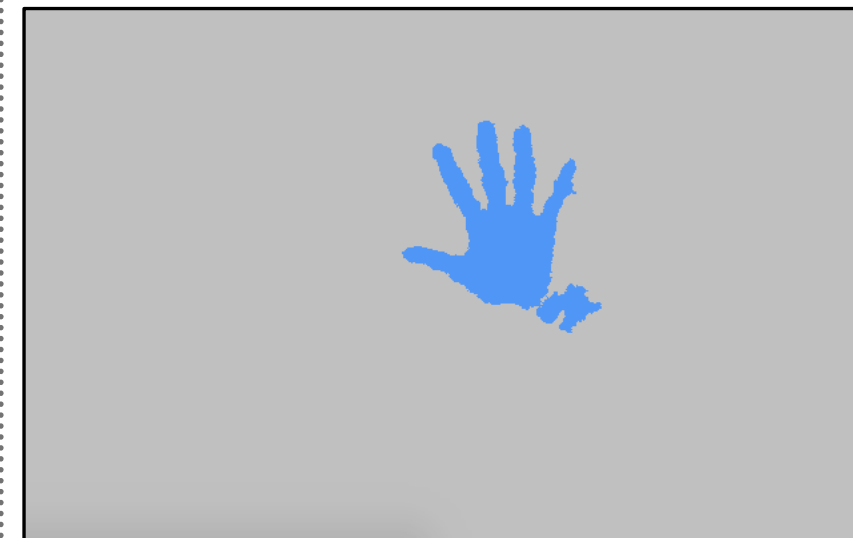
{ Resultado visual }



Trasformar manualmente:

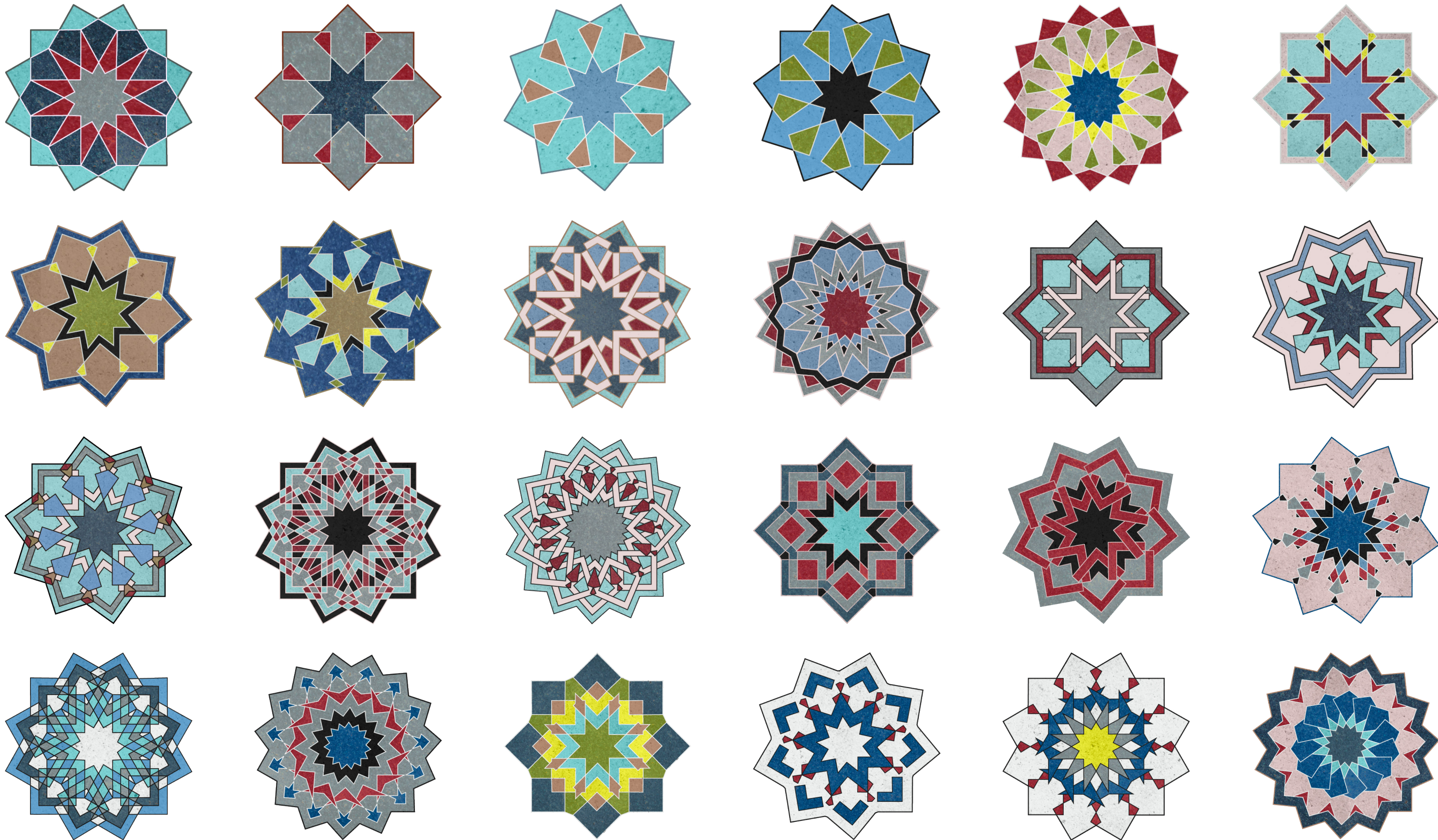
- **a:** separación
- **s:** rotación
- **d:** tamaño
- **f:** número de cuadros

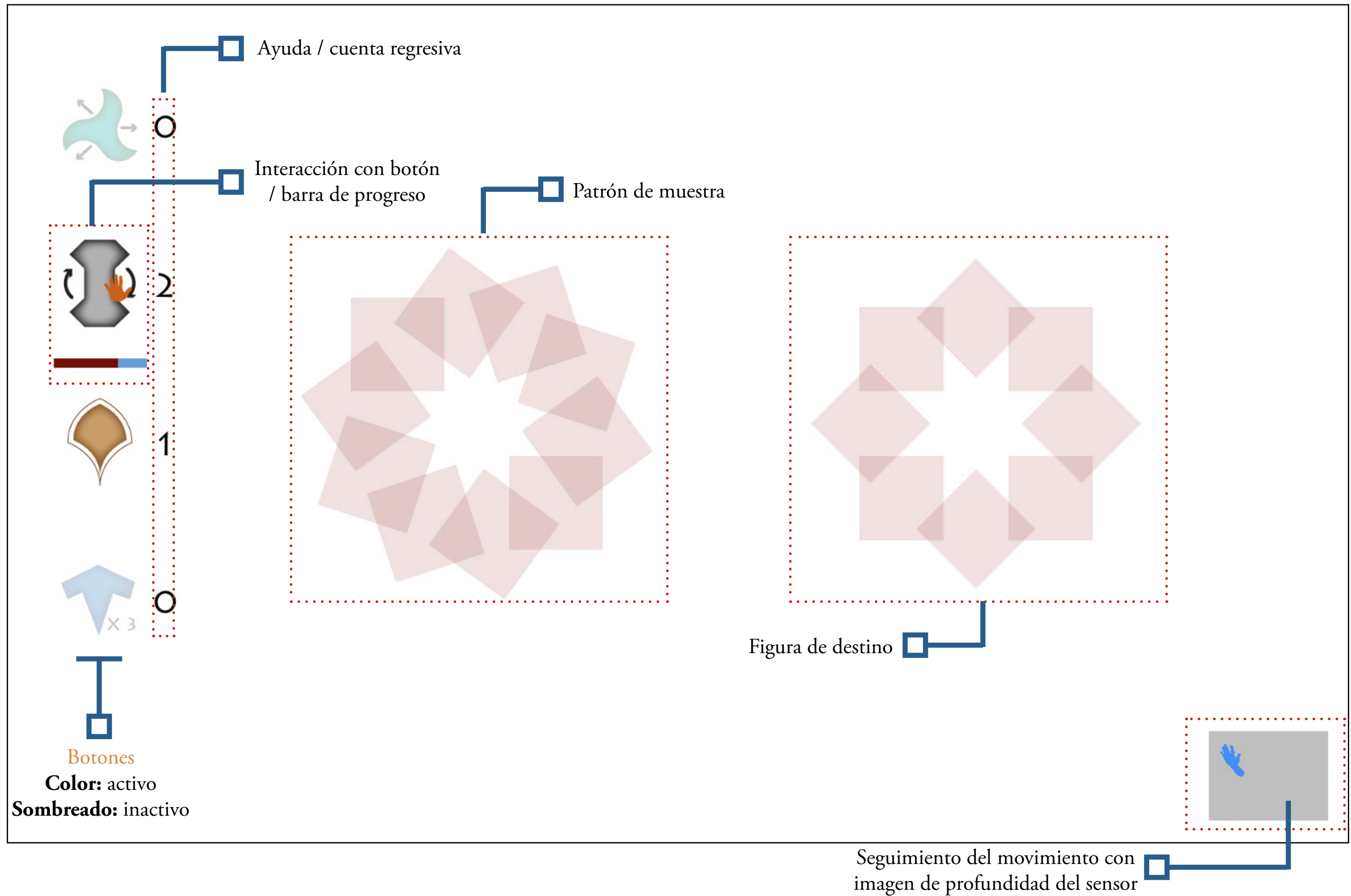
Visualización de la imagen en profundidad del kinect



La visualización de la imagen en profundidad permite conocer la ubicación del niño dentro de la experiencia. Dicha imagen en tiempo real es útil dado que permite ajustar la posición y los movimientos del usuario con el fin de lograr una interacción apropiada.

En la obra se presentan una totalidad de 25 mosaicos que hacen referencia a las **Estrellas de Salomón** representadas, entre otros, por los musulmanes en las simetrías que forman parte del arte islámico. Las figuras mostradas al niño al final de cada iteración varían en complejidad en función de las intersecciones entre cuadrados, y son la interpretación del autor del presente estudio a un hecho geométrico; siempre intentando que el resultado visual sea atractivo para los menores que interactuarán con la actividad.

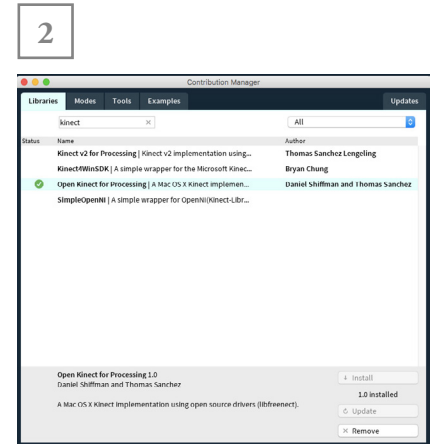
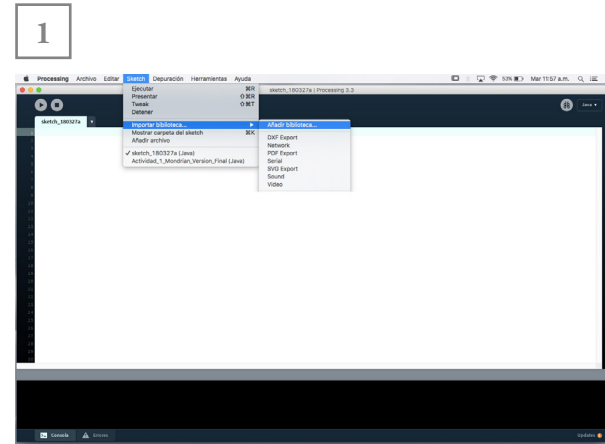




Los recursos de software y hardware necesarios para la ejecución de la obra son los que se especifican en el apartado de “Diseño y arquitectura de la experiencia”.

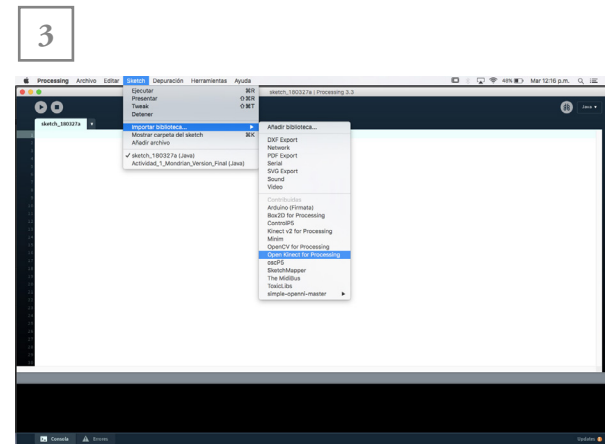
La version 3.3 del Processing requiere de las librerías *Open Kinect for Processing* para la programación del dispositivo sensor, *Minim* para la ejecución del audio del diseño sonoro, y *Processing Video* que permite la reproducción del video explicativo de las instrucciones.

Para la instalación de las librerías, se se realiza el siguiente procedimiento.



En el menú principal del Processing seguir la ruta: **Sketch / Importar biblioteca / Añadir biblioteca /**.

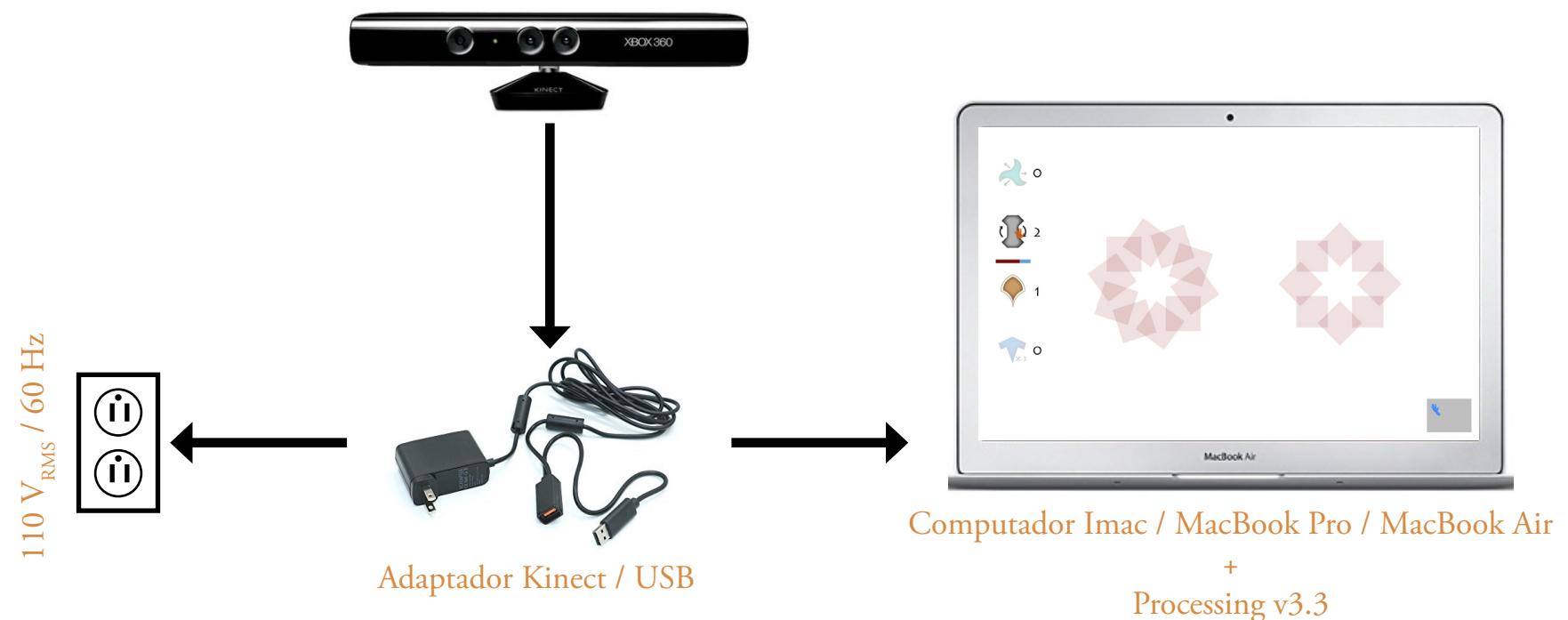
En el buscador con el término de referencia “Kinect” se puede elegir la librería *Open Kinect for Processing*, luego el botón de instalar, y al completar el progreso la librería aparecerá instalada.



La librería ya puede ser utilizada, o bien, el Processing puede interpretar cualquier programa realizado usando las librerías instaladas.

```
import org.openkinect.freenect.*;
import org.openkinect.freenect2.*;
import org.openkinect.processing.*;
import org.openkinect.tests.*;
import ddf.minim.*;
import processing.video.*;
```

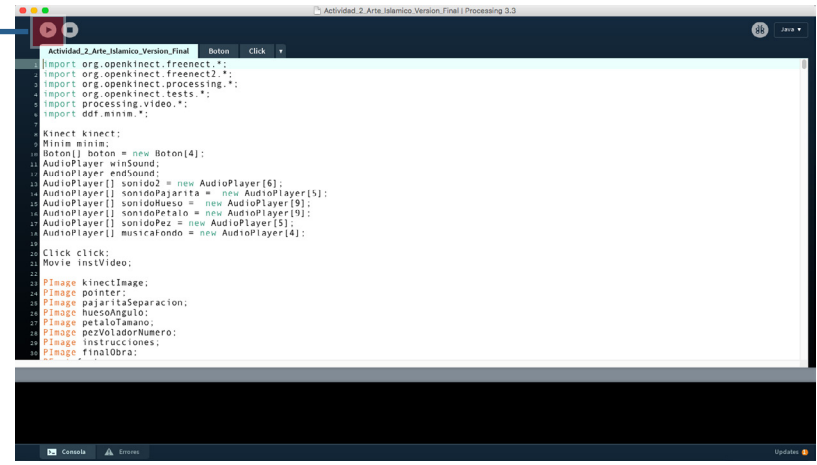
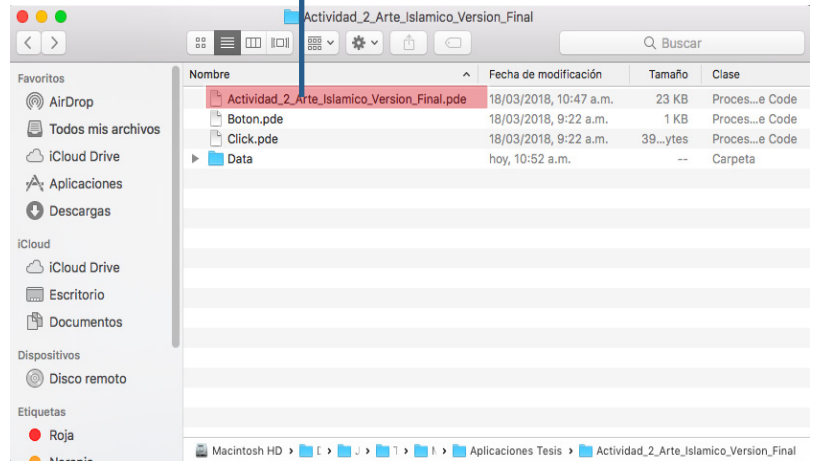
Kinect V1 - Modelo 1414 / 1473



110 V RMS / 60 Hz      Adaptador Kinect / USB      Computador Imac / MacBook Pro / MacBook Air + Processing v3.3

{ Carga del Programa }

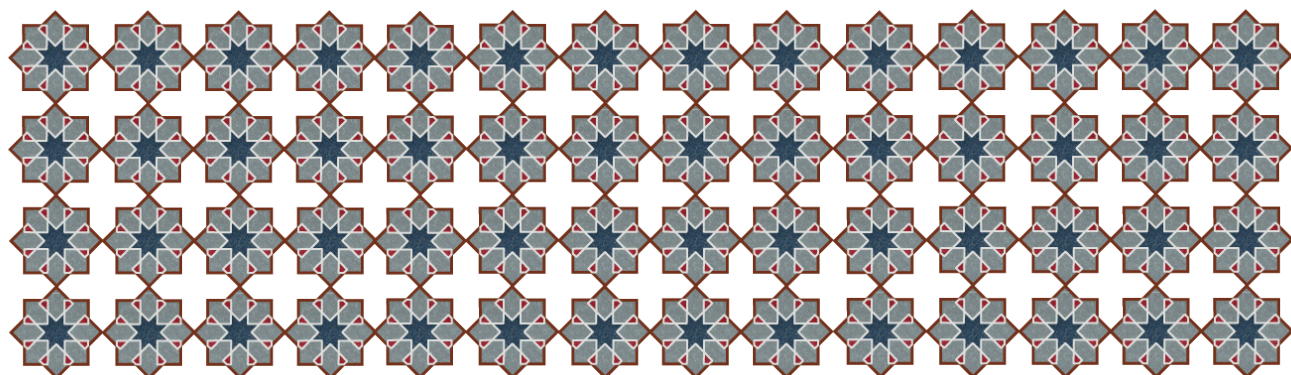
Abrir el archivo **Actividad\_2\_Arte\_Islamico\_Version\_Final.pde**



Ejecutar el programa con el botón de reproducción.

Cartel de fin de la obra /  
reiniciar actividad

# ¡OBRA DE ARTE TERMINADA!



**-PRESIONA [ESPACIO] PARA INICIAR-**

El diseño sonoro es una pieza de suma importancia en la actividad, ya que es con este que se **refuerzan las acciones** del niño con la obra digital, se indican los momentos clave en el desarrollo de la misma y sirve como guía para la interacción.



## { Recursos Utilizados }

- Reason 4
- Abbey Road Keyboards Refill
- Reason Ethnic Refill
- M-Audio Oxygen 8 Midi Controller
- M-Audio Fast Track Audio Interface

Diseño sonoro de la obra en Reason



## { Banda Sonora }

La banda sonora o música de fondo fue tomada del sitio [www.freemusicarchive.org](http://www.freemusicarchive.org). Para efectos de la licencia Creative Commons se acredita al autor de la obra musical.

Artista: Ehl-i Kayif

Título: Nihavent Oyun Havasi

Álbum: Ehl-i Kayif

Link de descarga: <https://freemusicarchive.org/music/download/ec77c83241c3c9fc6dd03831d9440cf2fe5f7e87>

En el enlace de video a continuación, se presenta la **captura de pantalla** de la **obra completa en tiempo real**. Se realiza mostrando las ayudas disponibles, y la imagen en profundidad que provee el sensor Kinect.



Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 30). **Actividad 2: Arte Islámico (Obra Completa)**. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=d6m8-ZtLXpg>

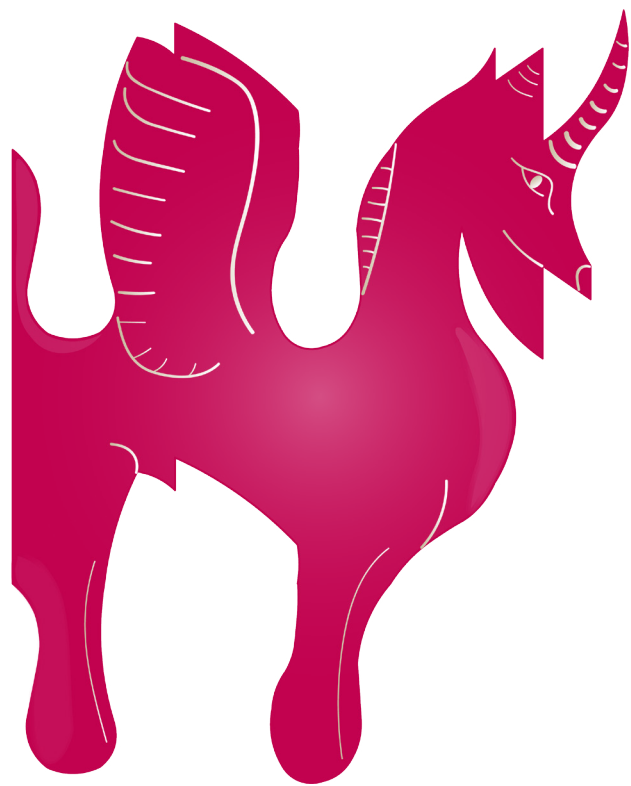
# { Actividad 3 }

La actividad #3 tiene como objetivo la construcción -paso a paso- de rompecabezas a partir de **simetrías matemáticas** que están basadas en parte de la extensa obra del artista holandés Maurits Cornelis Escher. Lo anterior permitirá al niño potenciar habilidades básicas como la *observación*, la *comparación*, la *relación* y la *clasificación*.

Partiendo de una baldosa rectangular o triangular, el menor interactúa con la obra aplicando transformaciones como **corte**, **traslación** y **rotación** sobre una ficha, que poco a poco se irá convirtiendo en una figura animal que guarda relación visual con las simetrías propuestas por el gran grabador neerlandés. Al final de cada ejercicio se propone una **teselación** en forma de rompecabezas que favorece que el niño **identifique características**, establezca **diferencias**, **semejanzas** y **compare** patrones de acuerdo a sus particularidades.

## { Propósito }

Formar los rompecabezas y mosaicos basados en simetrías matemáticas, y a partir de la interacción con los botones de acción.



- Deben existir **instrucciones** para la actividad que incluyan el propósito de la misma, la forma de interacción, el referente artístico y una animación explicativa.
- La obra deberá contar con **5 mosaicos** de diferente complejidad cada uno.
- Una vez iniciada la obra, se creará la primera ficha a partir de la cual se obtendrá el primer rompecabezas.
- Los mosaicos siempre se ejecutarán en orden, **no habrá condiciones aleatorias** en la obra.
- La obra deberá contar con **5 botones** a la izquierda de la pantalla, y **uno más** en la parte inferior de la pantalla.
- La interacción con la obra se hará mediante **movimiento de los brazos** del niño respecto a la cámara de profundidad de un **sensor Kinect** ubicado dentro de la instalación.
- La **detección de movimiento** se realizará dentro de un **umbral** (rango de distancias) definido en la programación y marcado debidamente en la instalación.
- El movimiento de los brazos **activará** un puntero en forma de mano que podrá **presionar** los **botones** que crearán la interacción.
- Para **presionar un botón** se deberá tocar con el puntero, dicho botón se activará **cambiando de tamaño** y activando una **barra de progreso** que al completarse realizará la acción.
- Para una **nueva acción**, el botón deberá activarse otra vez para repetir el proceso del punto anterior.
- Con el fin de mejorar la **experiencia** del niño, en cada actividad solo deberán estar **activos los botones necesarios**, los demás se encontrarán **desactivados**, indicándose en un color más claro y solo estarán disponibles cuando la figura lo requiera.
- Una vez se hayan **completado** las acciones de un botón, este se **desactivará** y no estará disponible sino hasta una nueva figura.
- Solo habrá un botón activo a la vez.
- Los botones serán para las acciones de **cortar**, **trasladar**, **rotar**, **colorear**, **armar rompecabezas** y **siguiente**.
- Cada botón debe activar una animación que va indicando paso a paso la construcción de un mosaico o rompecabezas.
- Cada animación desplegada en la obra corresponde a un recurso de video creado por fuera del programa.
- En **cualquier momento** durante la ejecución de la aplicación podrá visualizarse la imagen que **captura** el sensor Kinect con fin de **reubicar** la posición del niño dentro de la experiencia.
- Con fines de **calibración del sensor**, la aplicación debe permitir **graduar el ángulo** de orientación del dispositivo.
- La obra deberá contar con **música de fondo** apropiada para la actividad y **diseño sonoro** que refuerce las acciones dentro de la interacción (presionar botón, cambiar de botón, transformaciones de la figura, sonidos del animal, etc.).
- Las visuales de la aplicación deben ser coherentes con el referente artístico elegido.

La interacción con la obra de arte consiste en **tocar los botones** (que ejecutarán las acciones) mediante los movimientos de las manos del niño que se encuentra ubicado en una zona marcada como “zona de interacción”. A continuación se describe el proceso.



1

Una vez ubicado el niño en la zona de interacción, aparece en la obra de arte digital el puntero color naranja en forma de **mano**, el cual puede ser controlado con los movimientos de los brazos y las manos del usuario. Se pueden usar indistintamente cualquiera de las dos extremidades, derecha o izquierda; pero con la restricción de solo una a la vez. El sistema, por el método de detección de presencia, no admite dos movimientos simultáneos.

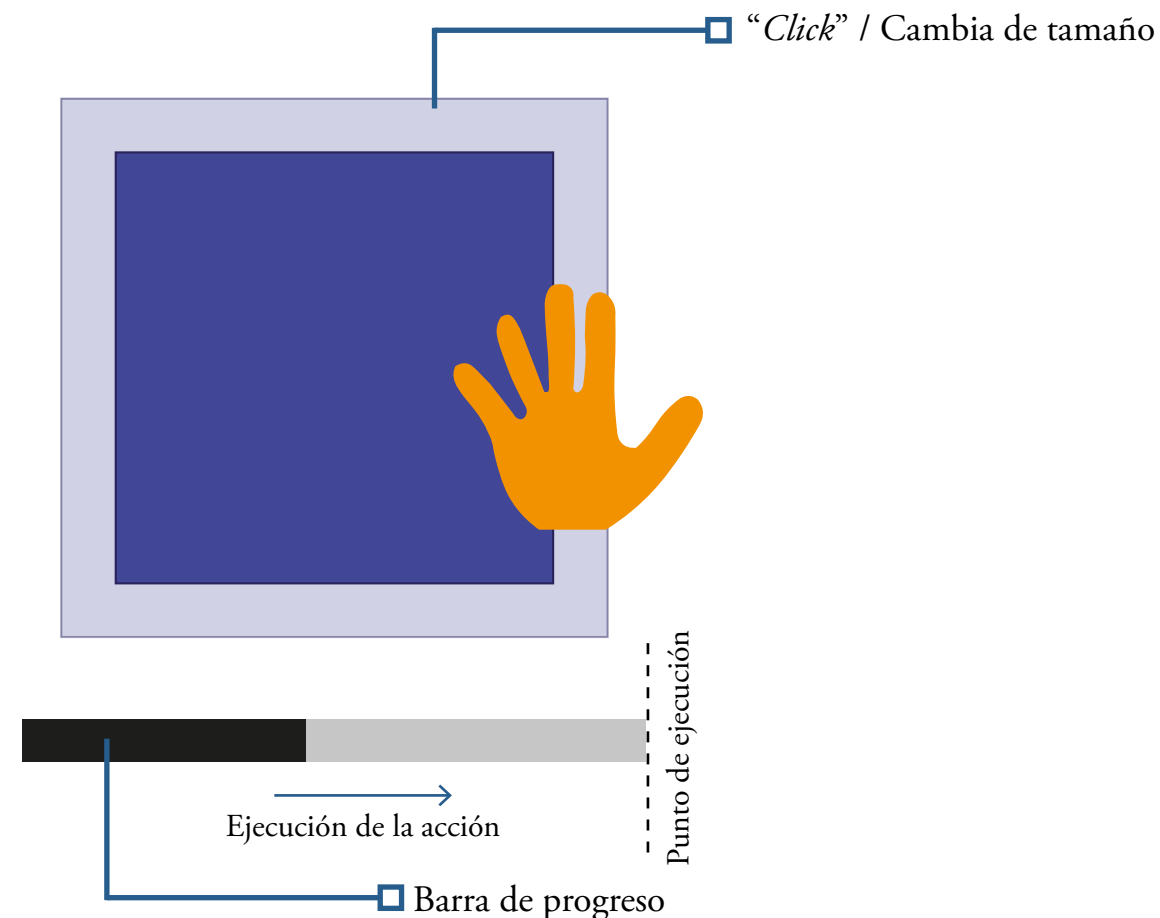


Botón



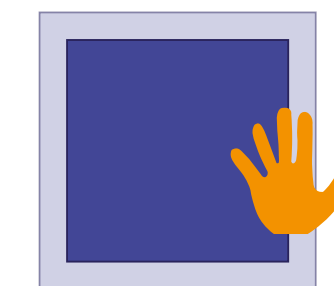
2

Cuando el puntero -controlado por el movimiento de los brazos del niño- se ubica sobre uno de los botones disponibles, este se activa aumentando de tamaño como indicativo de interacción, y a continuación se visualiza la **barra de progreso** que carga la acción correspondiente. La adición de este elemento es de suma importancia ya que permite controlar uno a uno los eventos asociados al botón. Solo se ejecutarán cambios en la figura cuando se llene completamente el indicador, antes no. Para realizar una nueva transformación basta con retirar el “puntero mano” del botón y repetir el proceso. Una vez no existan más acciones asociadas a este, se desactivará cambiando a color transparente y no será susceptible de interacción. Hay refuerzo de las acciones mediante sonido.

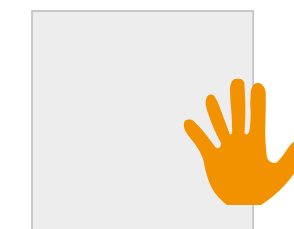


3

Los botones permanecerán activos o inactivos en función de las acciones pendientes en la creación de la figura. Un botón activo es de color y sensible al puntero que responde a los movimientos del niño en la instalación, mientras que uno inactivo es color grisáceo, indicando que las acciones que realiza no son necesarias para la creación del mosaico de la muestra; no será sensible a la interacción.



Botón activo



Botón inactivo

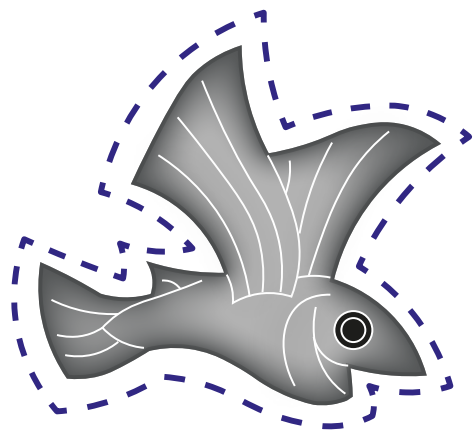
{ R e g i s t r o e n V i d e o }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 28). Actividad 3: Simetrías Escher (Interacción / Botón). [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=eb9S3p\\_imKI](https://www.youtube.com/watch?v=eb9S3p_imKI)

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 26). Actividad 3: Simetrías Escher (Botón Desactivado). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=tZ4D9jEzW14>

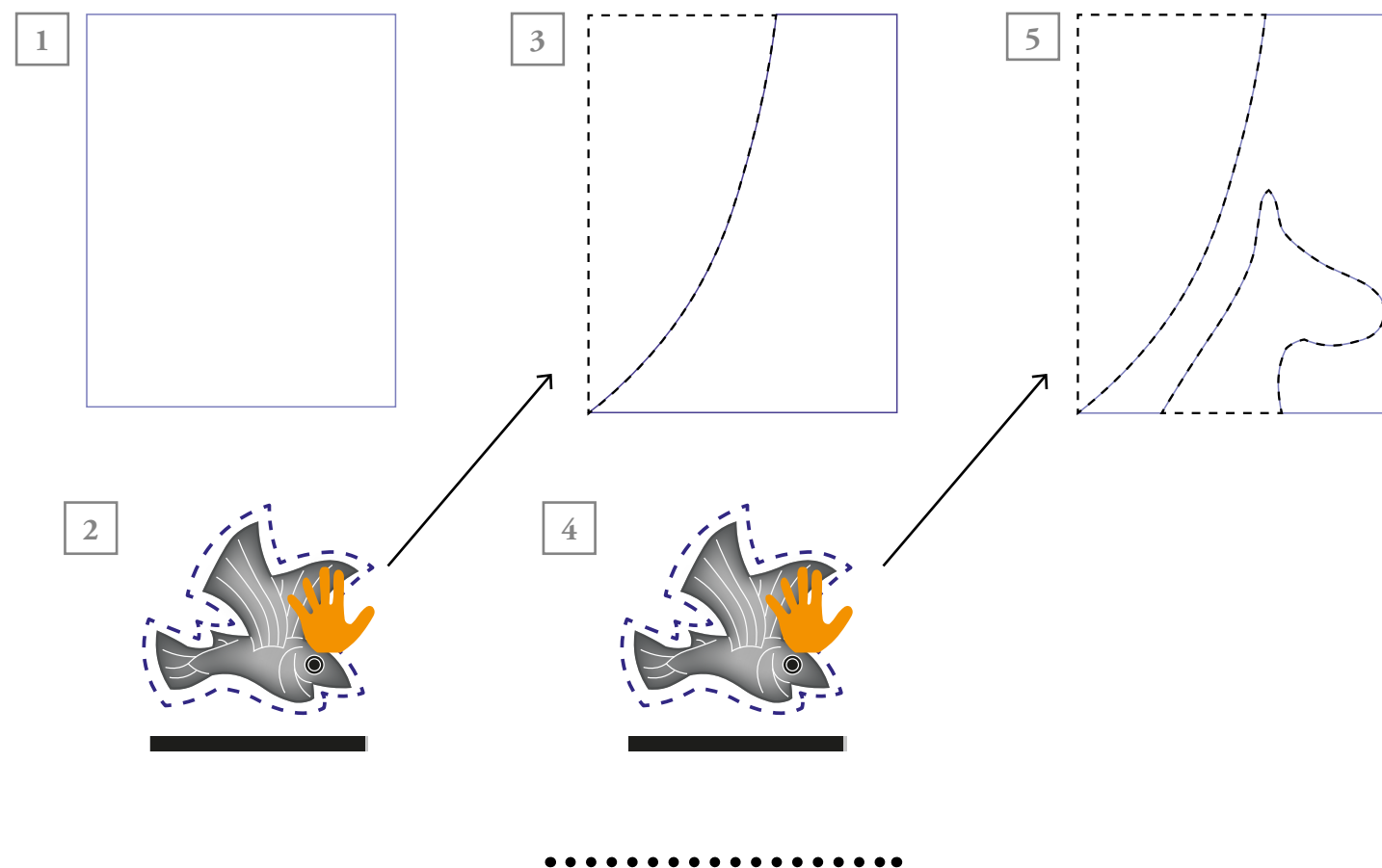


{ Botón "Cortar" }



El botón en forma de "Pez volador" hace referencia al mosaico No. 73 (1950) de Escher. Al interactuar con el botón, el niño **divide** la baldosa en secciones a las que se luego se le aplicarán otras transformaciones.

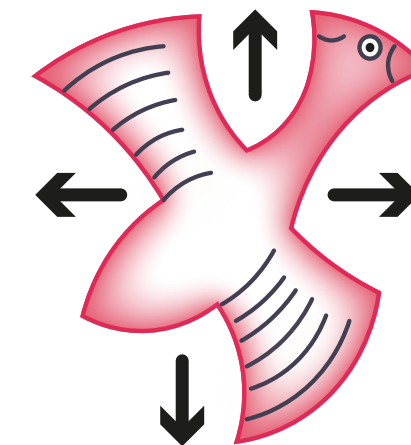
{ Ejemplo Secuencia Interacción }



{ Registro en Video }

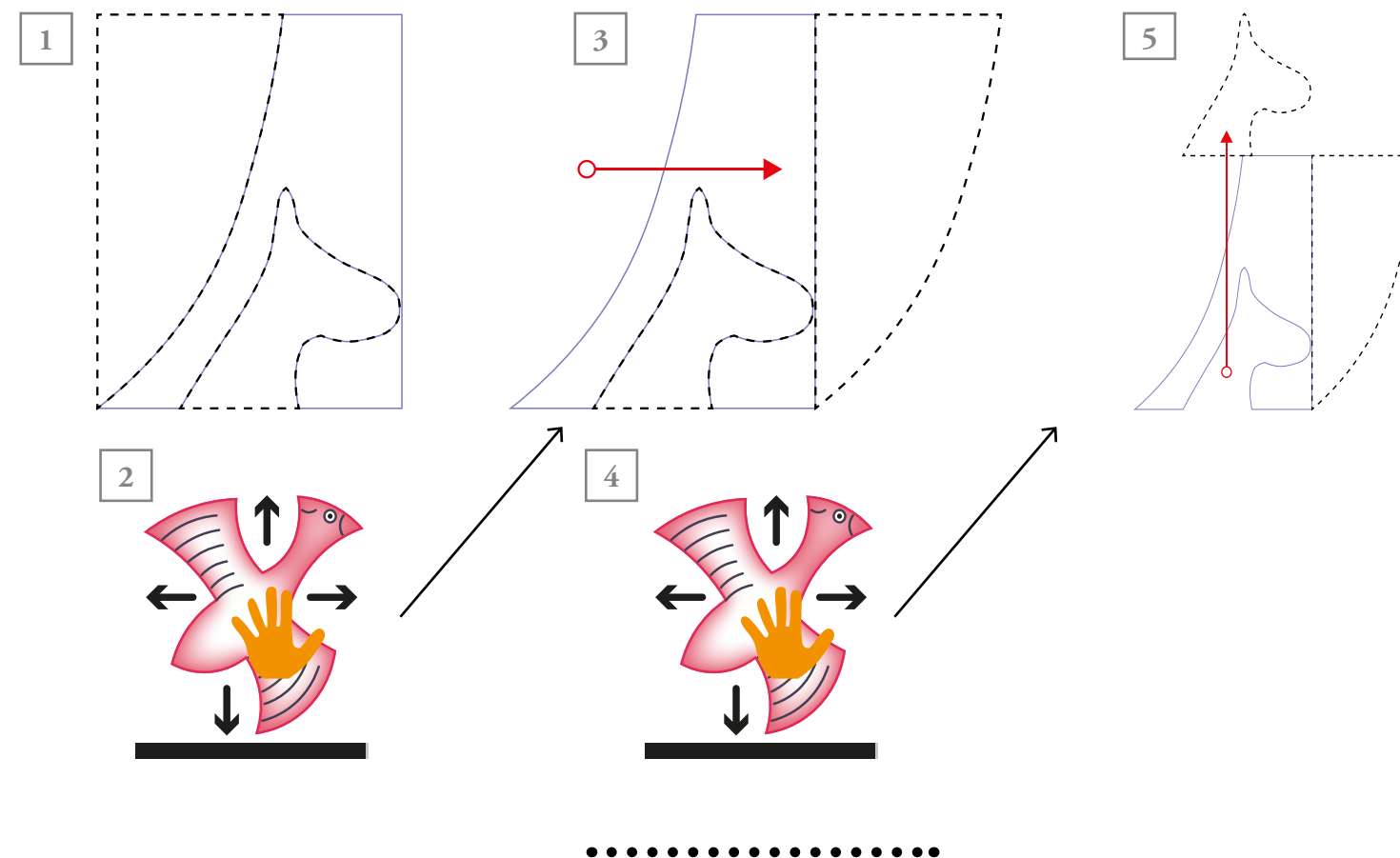
Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 31). Actividad 3: Simetrías Escher (Botón Cortar). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=FfIYiZLFsGQ>

{ Botón "Trasladar" }



El botón "Pájaro" forma parte de la simetría No. 78 (Pájaros / Peces, 1950) de Escher. Tiene la función de **trasladar** las secciones de la baldosa para ir conformando la ficha del rompecabezas.

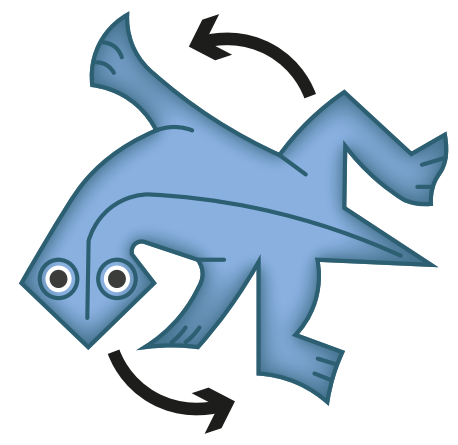
{ Ejemplo Secuencia Interacción }



{ Registro en Video }

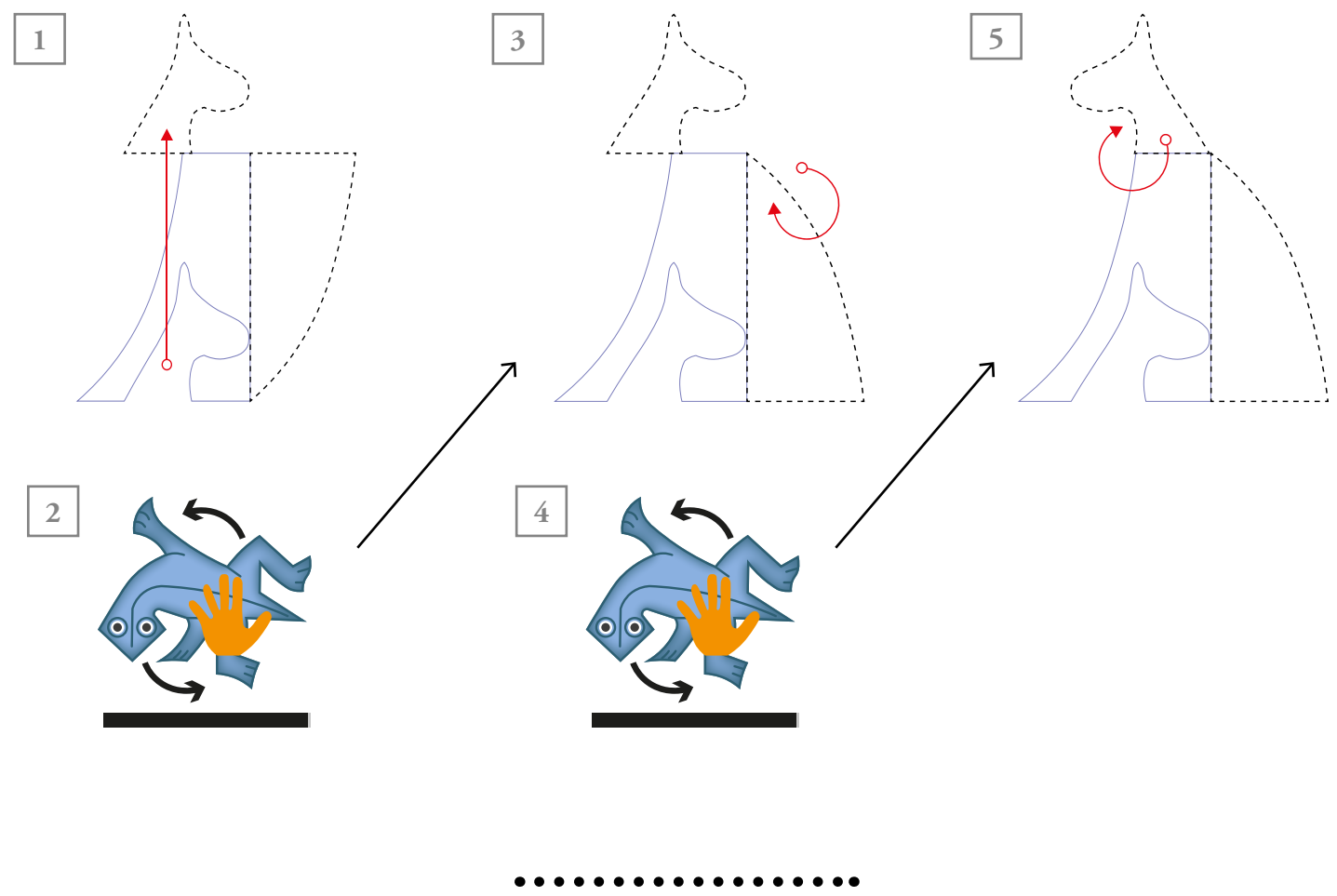
Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 31). Actividad 3: Simetrías Escher (Botón Trasladar). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=siM1ArF3UmU>

{ Botón "Rotar" }



Los giros necesarios para crear la figura del mosaico se hacen por medio del botón "Lagartija" de rotación. Dicho botón hace referencia a la simetría de Escher No. 104 de 1952.

{ Ejemplo Secuencia Interacción }



{ Registro en Video }

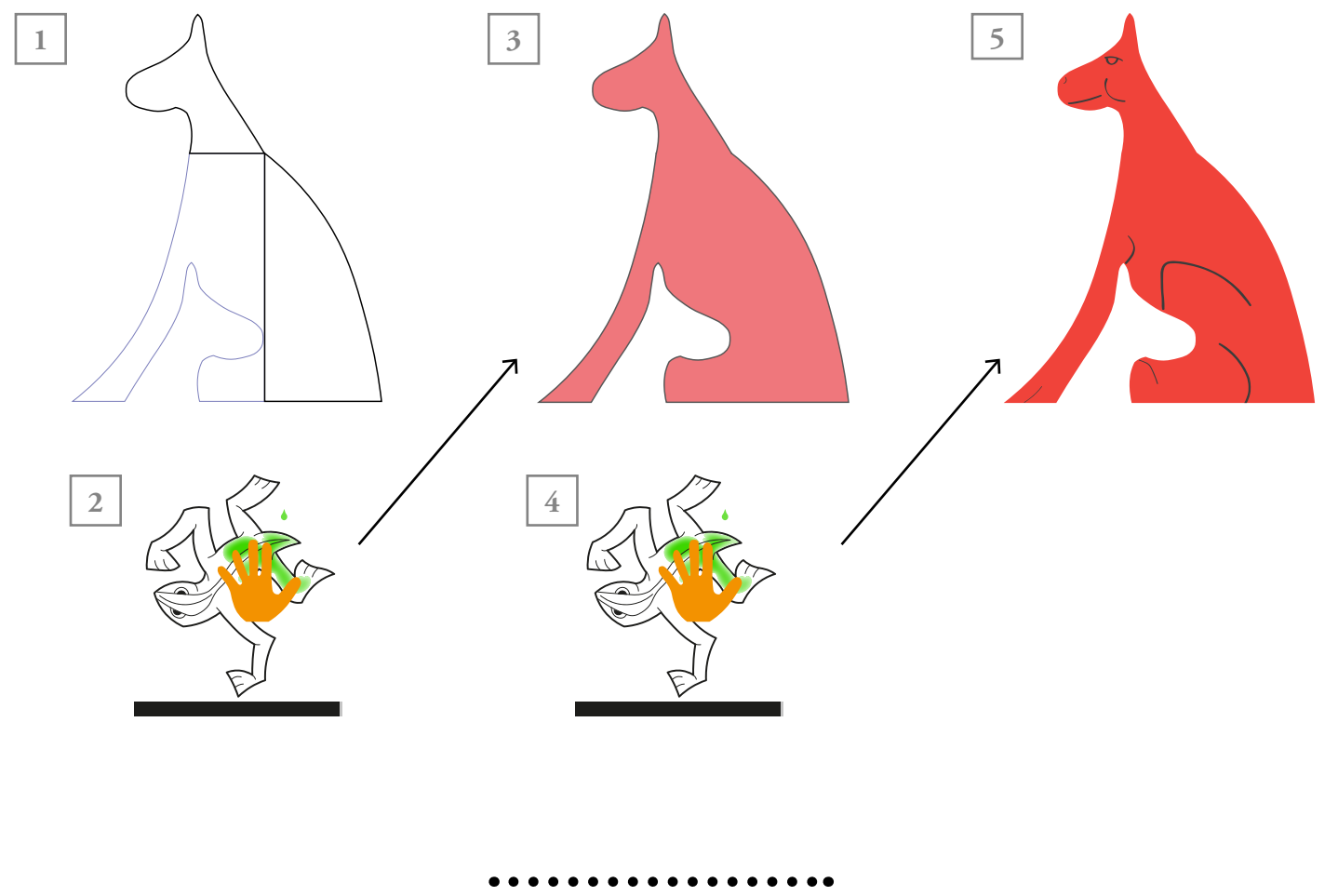
Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 31). Actividad 3: Simetrías Escher (Botón Rotar). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=-dmT-YUdEOE>

{ Botón "Color" }



Una vez creada la ficha, el niño procede a su decoración. El botón color, primero pinta la figura, y luego la decora dando la apariencia final del animal. El botón para colorear está basado en el mosaico No. 46 de Escher (Lagartijas, 1948).

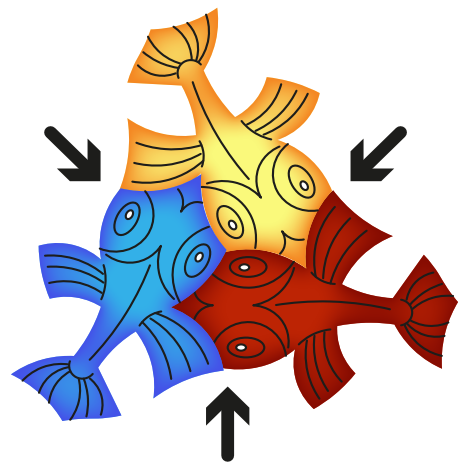
{ Ejemplo Secuencia Interacción }



{ Registro en Video }

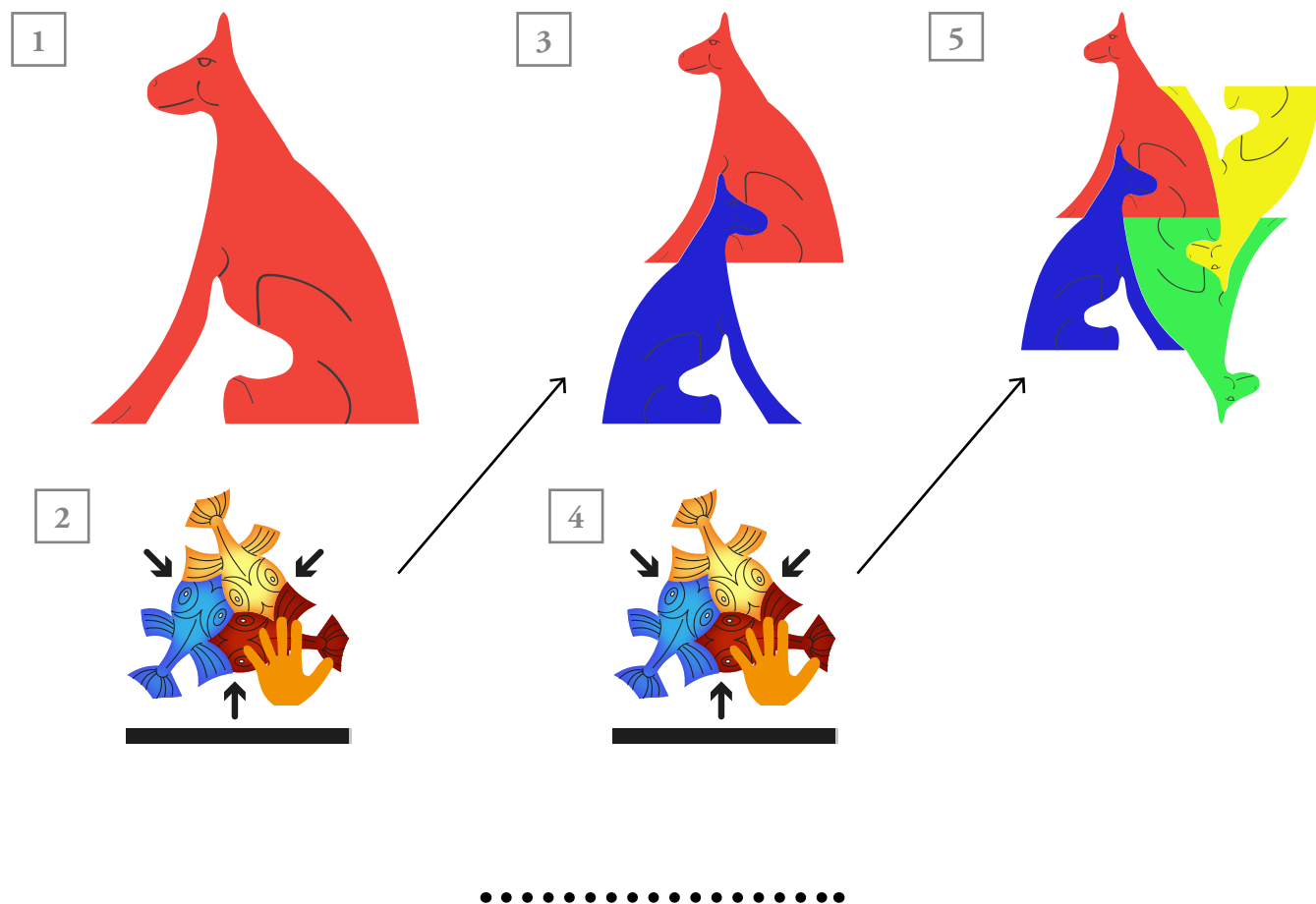
Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 31). Actividad 3: Simetrías Escher (Botón Color). [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=m3H13\\_nfrR8](https://www.youtube.com/watch?v=m3H13_nfrR8)

{ Botón "Armar" }



El botón **Armar** crea **rompecabezas** a partir de la tesela obtenida en las etapas anteriores de la actividad. Mediante la interacción con el botón en forma de "Peces" (tomado de la simetría No. 55 de Escher de 1942), el niño podrá encajar las figuras para generar mosaicos periódicos que hacen una clara referencia al artista.

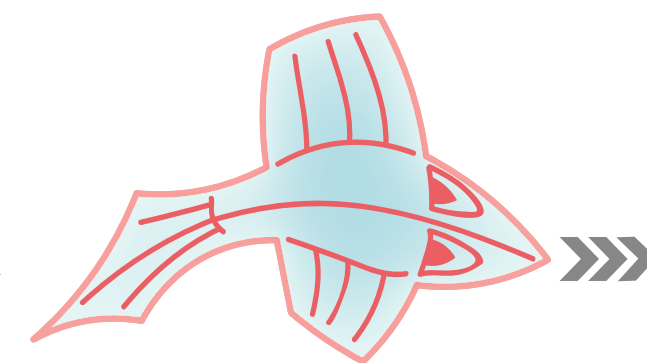
{ Ejemplo Secuencia Interacción }



{ Registro en Video }

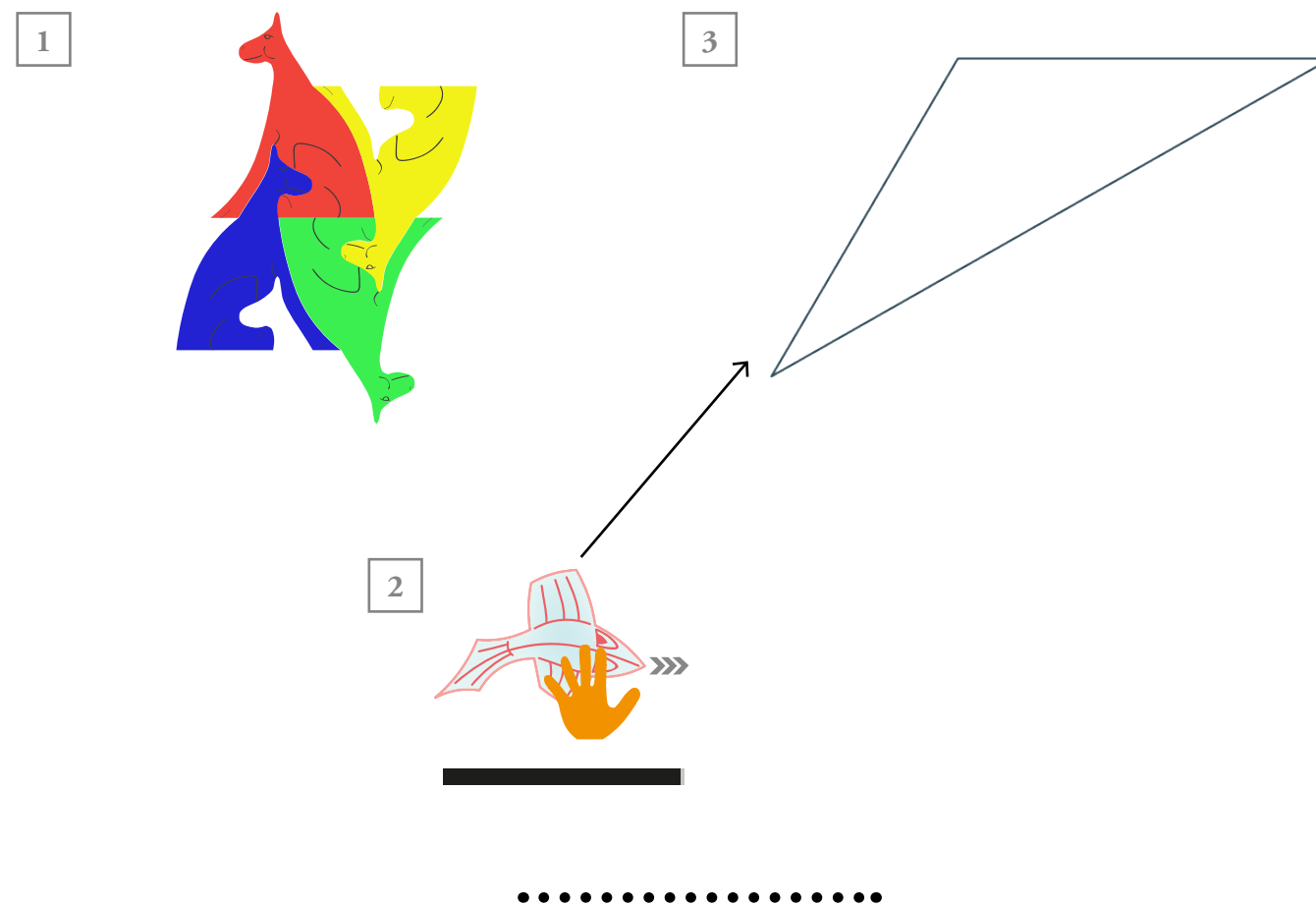
Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 31). Actividad 3: Simetrías Escher (Botón Armar). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ogyhYKBvYws>

{ Botón "Siguiente" }



El botón del "Pez Volador" (Escher, mosaico No. 123 de 1964) permite pasar a una **nueva actividad** una vez concluida la anterior. En la quinta actividad, el botón **siguiente** da paso a la cartela de conclusión de la obra, que a su vez, permite reiniciar el ejercicio desde el comienzo.

{ Ejemplo Secuencia Interacción }



{ Registro en Video }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 31). Actividad 3: Simetrías Escher (Botón Siguiente). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=6azDjSydUV4>

La pantalla de **instrucciones** es la primera en visualizarse en la obra. En ella se hace explícito el **propósito** de la misma y el referente artístico en la que se basa, además de presentarse un conjunto de instrucciones acompañadas de una animación explicativa que ayudarán al niño a completar el ejercicio.

{ Pantalla de Instrucciones }

**¡JUEGA AQUÍ!**

ESTA OBRA FOMENTA EL DESARROLLO DE HABILIDADES BÁSICAS DE PENSAMIENTO LÓGICO MATEMÁTICO A NIVEL DE CONSTRUCCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE CONOCIMIENTO.

**ACTIVARÁS:**

- LA OBSERVACIÓN
- LA COMPARACIÓN
- LAS RELACIONES
- LA CLASIFICACIÓN

**¡ADELANTE!**

**{REFERENTE ARTÍSTICO}**

**M.C ESCHER (1898 - 1972)**

ADEMÁS DE SUS OBJETOS IMPOSIBLES Y PAISAJES, ESTUDIÓ LA DIVISIÓN REGULAR DEL PLANO Y SUS 17 FORMAS POSIBLES DE SUBDIVISIÓN, QUE LUEGO COMPLEMENTÓ CON EL ESTUDIO DE LOS DIFERENTES GRUPOS CRISTALOGRAFICOS QUE LE PERMITIERON REPRESENTAR MUNDOS SIMÉTRICOS Y PERIÓDICOS EN SUS DIBUJOS, MOSAICOS Y TESELACIONES.

**EL DÍA Y LA NOCHE (1938)**   **EL SOL Y LA LUNA (1938)**   **JINETES (1946)**   **PECES (1964)**

**{ OBRAS }**

**{ INSTRUCCIONES }**

- **¡OBSERVA!**
- **¡UBÍCATE EN LA ZONA INDICADA!**
- **¡TOCA LOS BOTONES PARA CREAR EL ROMPECABEZAS**
- **¡ESPERA!**
- **¡TOCA TANTAS VECES COMO NECESITES!**
- **¡CORTA, MUEVE, COLOREA Y ARMA LAS FICHAS!**

**¡PRESIONA [ESPACIO] PARA COMENZAR!**

Habilidades a fomentar

Referente artístico de la obra

Invitación a comenzar la obra

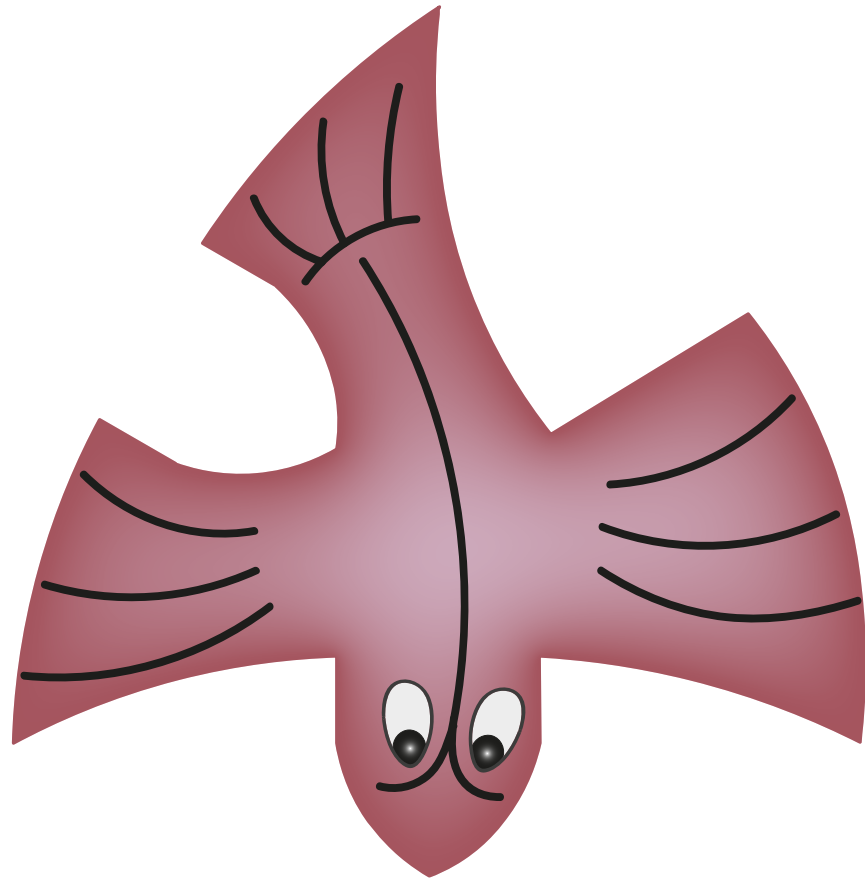
Instrucciones para completar la obra / animación explicativa



En el enlace de video a continuación, se presenta la **captura de pantalla** de la **primera** actividad de la obra; construcción del mosaico # 1 (*Escher, Aves - Simetría No. 128, 1967*).

.....

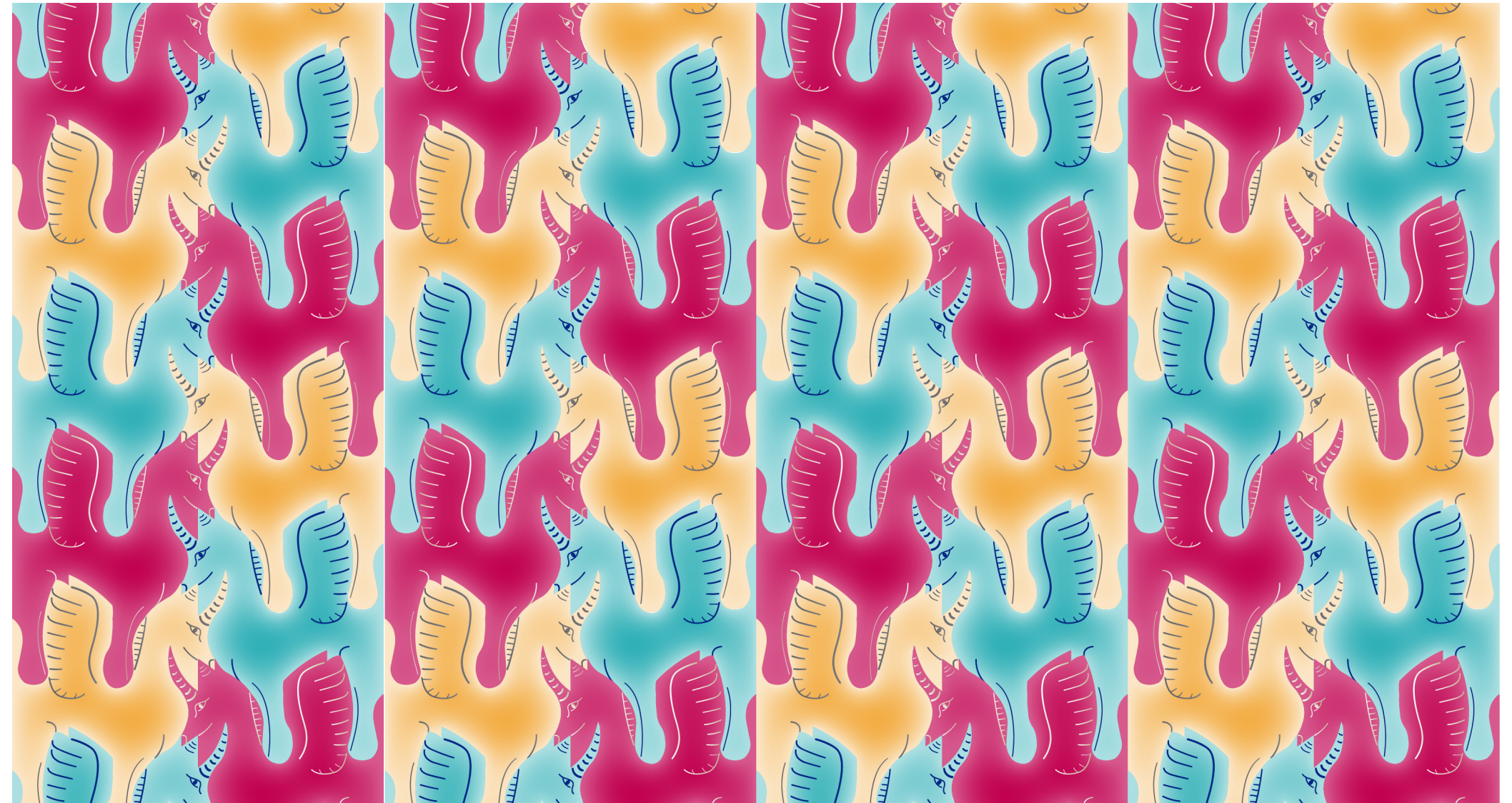
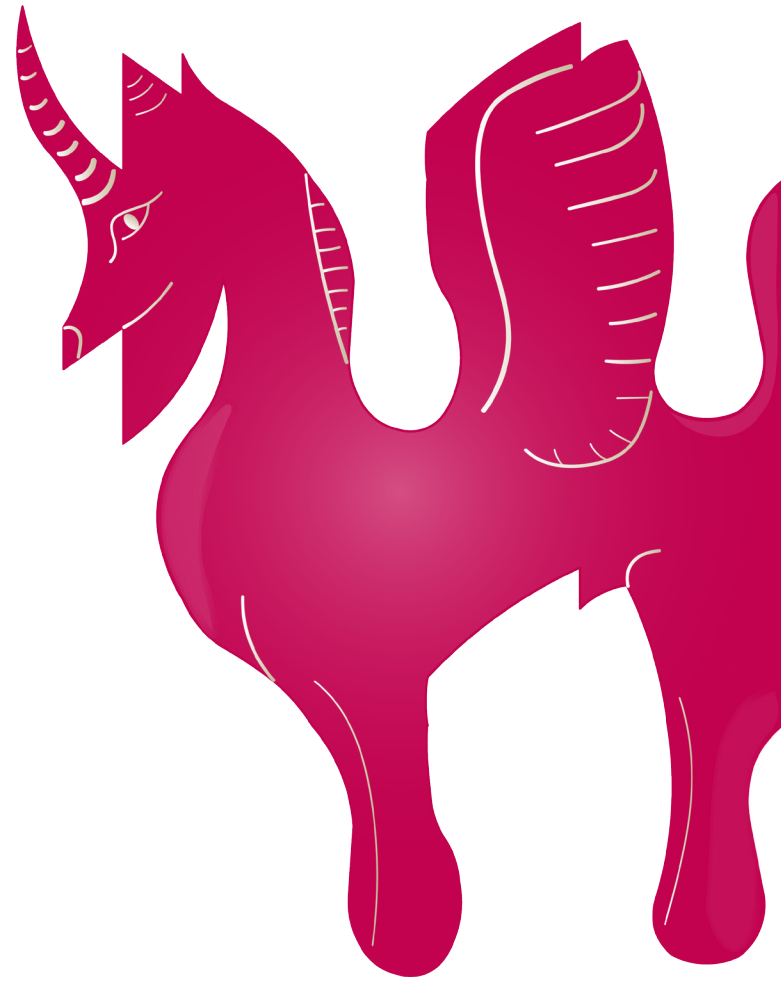
Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 30). **Actividad 3: Simetrías de Escher (Mosaico 1)**. [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=hySu\\_Gb\\_V14&t=8s](https://www.youtube.com/watch?v=hySu_Gb_V14&t=8s)



En el enlace de video a continuación, se presenta la **captura de pantalla** de la **segunda** actividad de la obra; construcción del mosaico # 2 (*Escher, Pájaros - Simetría No. 44, 1941*).

.....

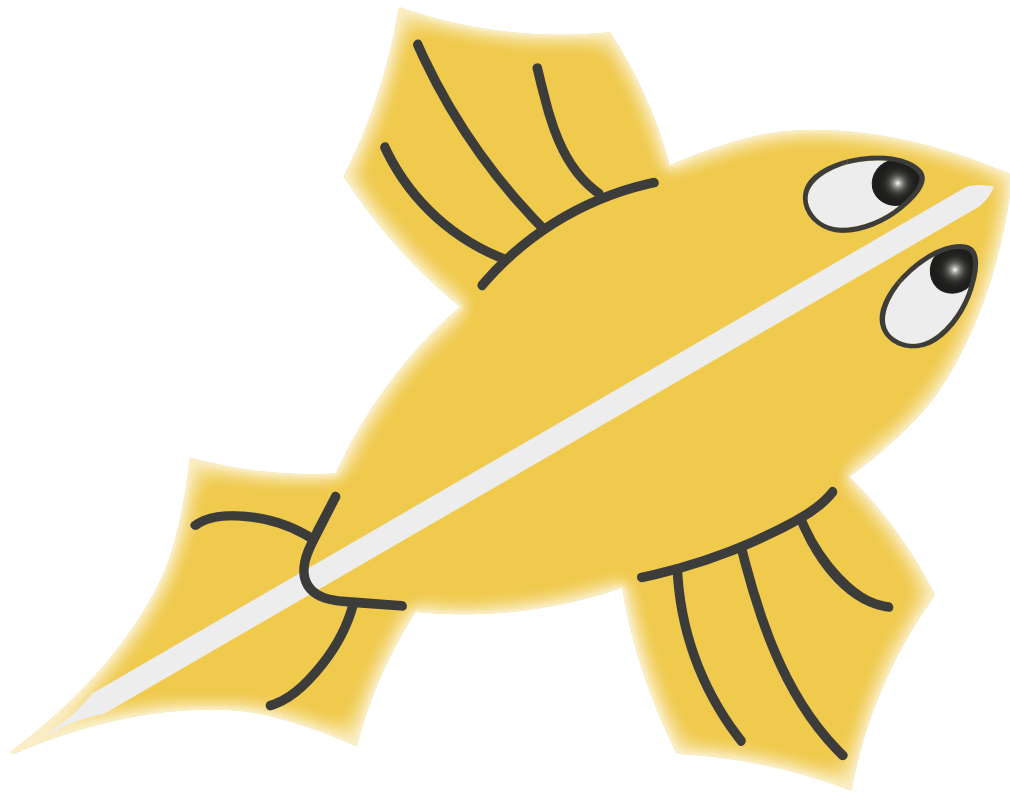
Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 30). **Actividad 3: Simetrías de Escher (Mosaico 2)**. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=lhbmcYSBqF8>



En el enlace de video a continuación, se presenta la **captura de pantalla** de la **tercera** actividad de la obra; construcción del mosaico # 3 (*Escher, Unicornios - Simetría No. 78, 1950*).

.....

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 30). **Actividad 3: Simetrías de Escher (Mosaico 3)**. [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=FJxlRf1Yv\\_0](https://www.youtube.com/watch?v=FJxlRf1Yv_0)

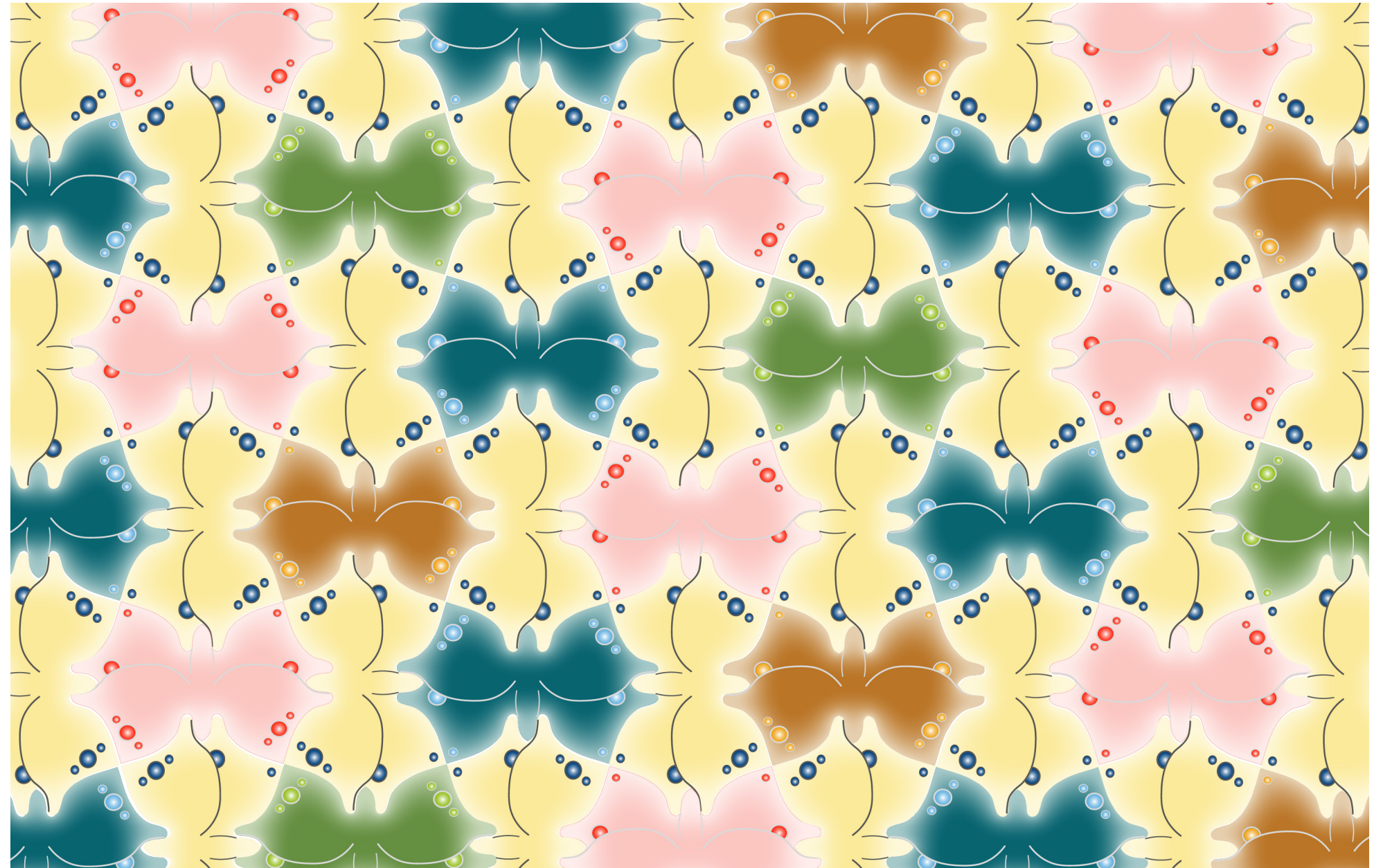
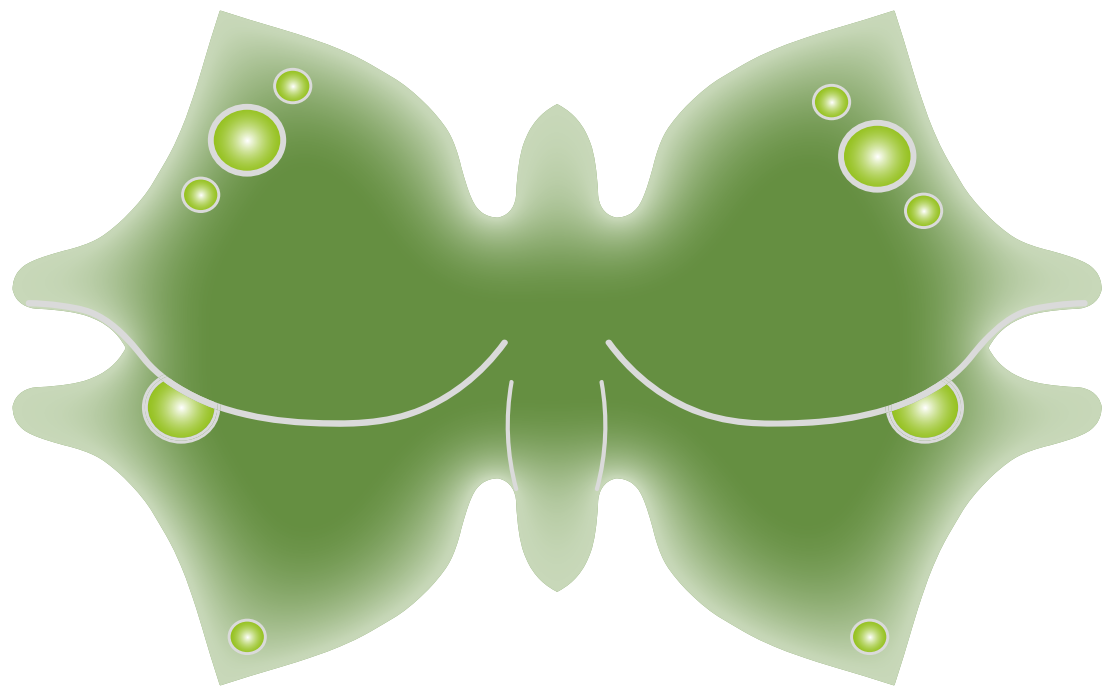


En el enlace de video a continuación, se presenta la **captura de pantalla** de la **cuarta** actividad de la obra; construcción del mosaico # 4 (*Escher, Peces Voladores - Simetría No. 123, 1964*).

.....

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 30). **Actividad 3: Simetrías de Escher (Mosaico 4)**. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=EXzKGke40pM>

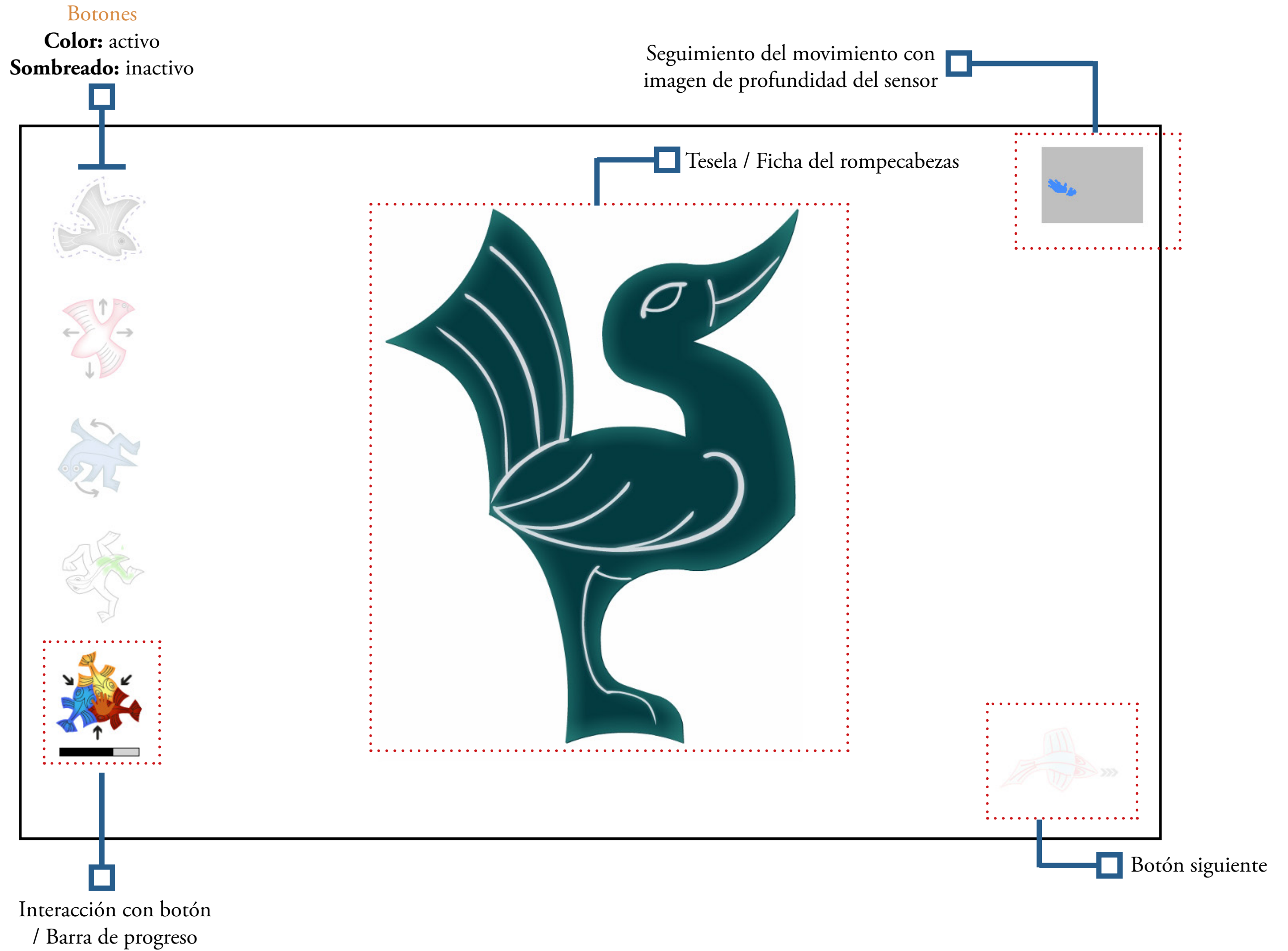


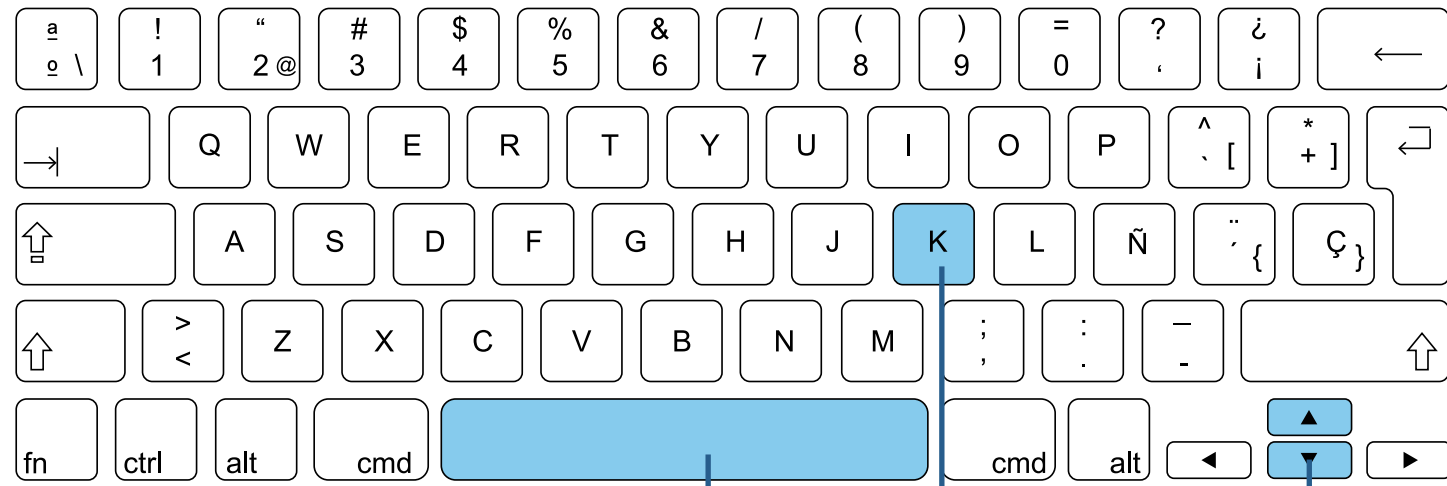


En el enlace de video a continuación, se presenta la **captura de pantalla** de la **quinta** actividad de la obra; construcción del mosaico # 5 (*Escher, Mariposas - Simetría No. 12, 1937*).



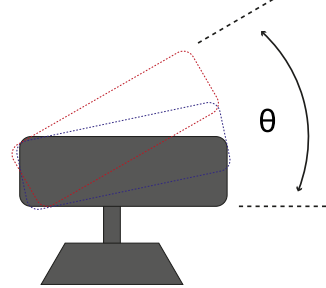
Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Marzo 30). **Actividad 3: Simetrías de Escher (Mosaico 5)**. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=97Sez-9Qg5Q>



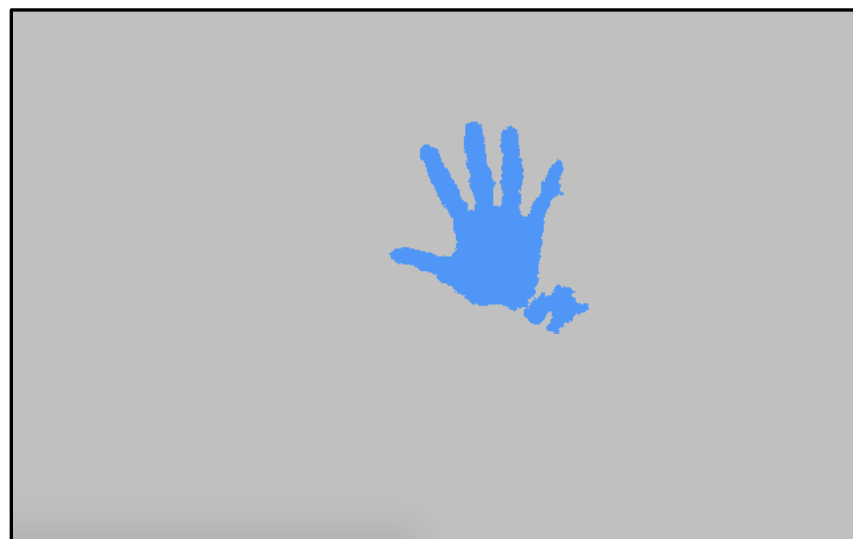


Inicio / reinicio de la obra

Inclinación del sensor Kinect en el eje vertical (0° - 27°)



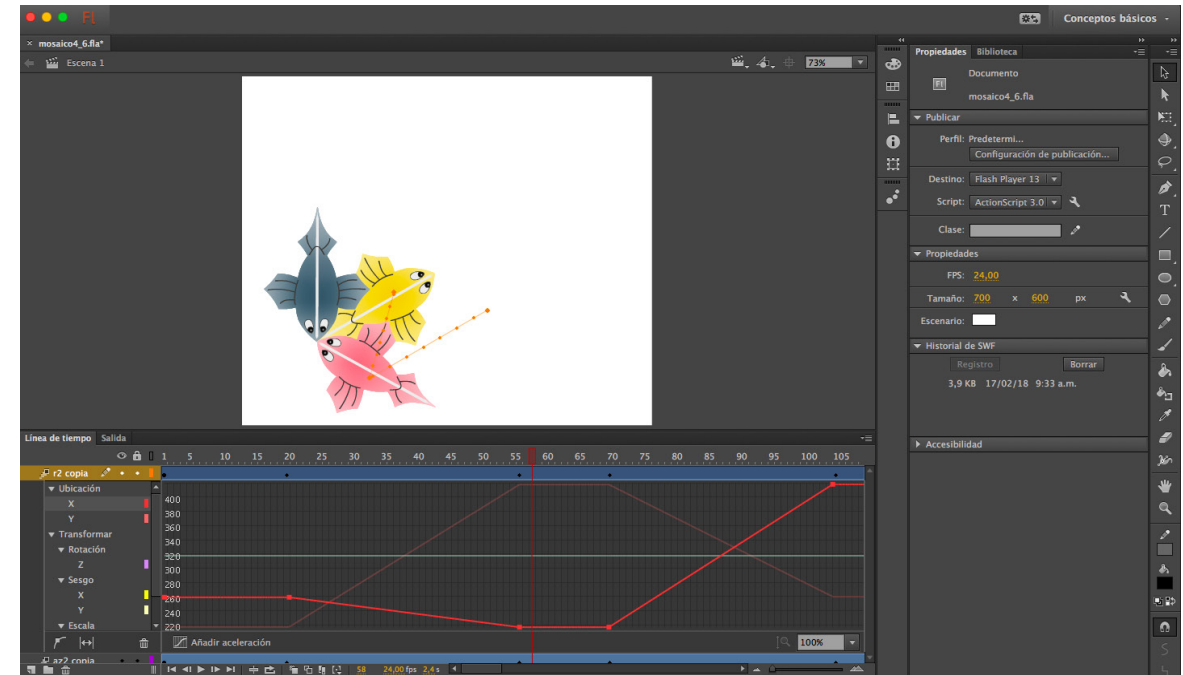
Visualización de la imagen en profundidad del kinect



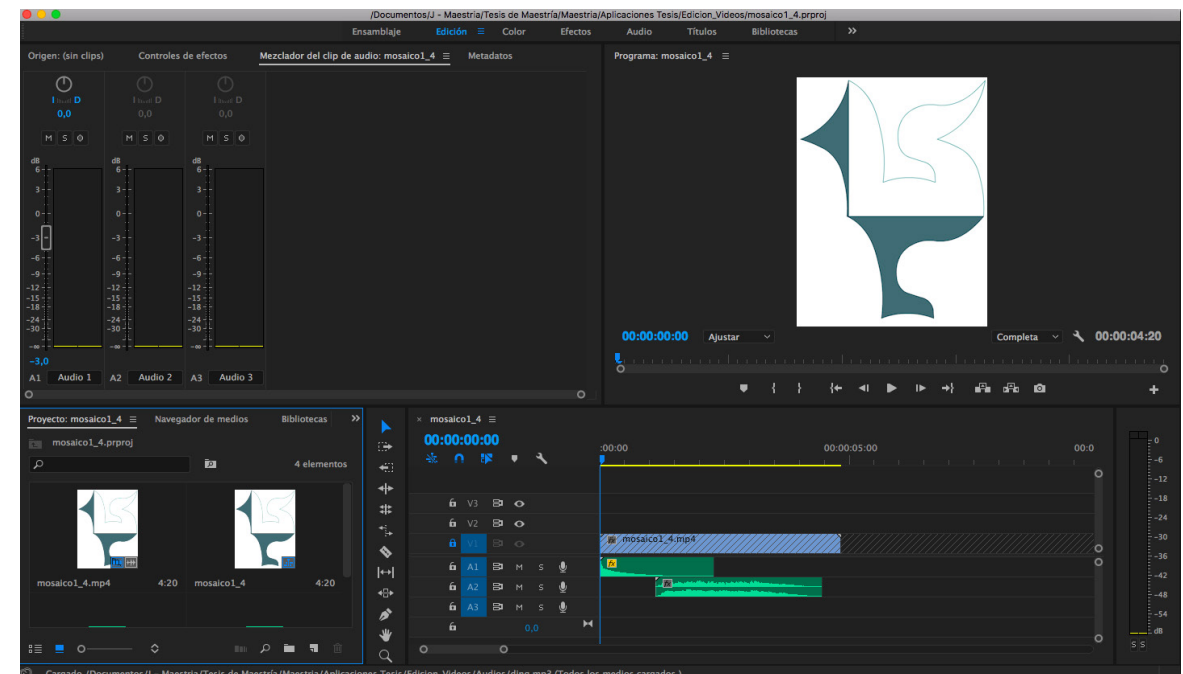
La visualización de la imagen en profundidad permite conocer la ubicación del niño dentro de la experiencia. Dicha imagen en tiempo real es útil dado que permite ajustar la posición y los movimientos del usuario con el fin de lograr una interacción apropiada.

La construcción de cada mosaico de la obra fue realizado mediante animaciones para cada una de las acciones y transiciones, y fueron creadas fotograma a fotograma mediante el programa Adobe Flash Profesional CC 2014. El diseño sonoro fue sincronizado mediante el Adobe Premier Pro CC 2017.

{ Animación en Adobe Flash Professional }



{ Animación en Adobe Premiere Pro }



{ Configuración de la Obra }

{ Recursos de la Obra }

**{ Mosaico 1: aves }**

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 1 - Aves (parte 1/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=OdgG-9pp1Tk>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 1 - Aves (parte 2/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=XzWUr7wL9XA>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 1 - Aves (parte 3/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=7k3UsH9I1r0>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 1 - Aves (parte 4/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=PH3olxeKHq8>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 1 - Aves (parte 5/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=IX65exqID5E>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 1 - Aves (parte 6/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=LBMqiXm3O24>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 1 - Aves (parte 7/9). [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=I9zFMtqvZ\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=I9zFMtqvZ_o)

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 1 - Aves (parte 8/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=QRfZ6Gv3k4I>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 1 - Aves (parte 9/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=2Vmgj3xsUek>

**{ Mosaico 1: Pájaros }**

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 2 - Pájaros (parte 1/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=XxyvustgEQ0>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 2 - Pájaros (parte 2/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=rpyew80VuvY>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 2 - Pájaros (parte 3/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=LHYGE7ZYGA0>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 2 - Pájaros (parte 4/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=0GuJzQYjZBc>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 2 - Pájaros (parte 5/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ISQQ6sm5OsE>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 2 - Pájaros (parte 6/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=NWaiOOQqxuE>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 2 - Pájaros (parte 7/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=J7hrS10OeOI>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 2 - Pájaros (parte 8/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=88y1XEDUCbI>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 2 - Pájaros (parte 9/13). [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=S6f6FOx3\\_98](https://www.youtube.com/watch?v=S6f6FOx3_98)

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 2 - Pájaros (parte 10/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=fWq7KinQGG0>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 2 - Pájaros (parte 11/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=fWq7KinQGG0>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 2 - Pájaros (parte 12/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ggEMaccaLh8>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 2 - Pájaros (parte 13/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=IxyficStgn8>

## { Mosaico 3: Unicornios }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 3 - Unicornios (parte 1/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Fy7bR1i1u1A>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 3 - Unicornios (parte 2/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=OQN-EbJOse4>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 3 - Unicornios (parte 3/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=vIhzVrHrOvY>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 3 - Unicornios (parte 4/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=pY0Pv7j3GxE>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 3 - Unicornios (parte 5/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=fYq9ngRaNcg>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 3 - Unicornios (parte 6/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=pVDDPJQmY54>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 3 - Unicornios (parte 7/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=dWhpkfSRuZA>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 3 - Unicornios (parte 8/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=bp5N2fZTFyU>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 3 - Unicornios (parte 9/13). [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=-U\\_zj1uzUd4](https://www.youtube.com/watch?v=-U_zj1uzUd4)

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 3 - Unicornios (parte 10/13). [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=bL1z5y\\_CY5U](https://www.youtube.com/watch?v=bL1z5y_CY5U)

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 3 - Unicornios (parte 11/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=VpVT5BYf-4g>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 3 - Unicornios (parte 12/13). [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=YIc\\_wahaM6o](https://www.youtube.com/watch?v=YIc_wahaM6o)

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 3 - Unicornios (parte 13/13). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=TIxnouEX9tY>

## { Mosaico 4: Peces }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 4 - Peces (parte 1/8). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=gIqgVluHBZ0>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 4 - Peces (parte 2/8). [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=O16jpC7mm\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=O16jpC7mm_Q)

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 4 - Peces (parte 3/8). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=n2hkF6JZs4Q>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 4 - Peces (parte 4/8). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=7jTn8zsS1ks>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 4 - Peces (parte 5/8). [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=YF5PWp\\_u0\\_w](https://www.youtube.com/watch?v=YF5PWp_u0_w)

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 4 - Peces (parte 6/8). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=a-IAjduXibI>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 4 - Peces (parte 7/8). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ldYh0aXfoSQ>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 4 - Peces (parte 8/8). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=op08541mBcM>

## { Mosaico 5: Mariposas }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 5 - Mariposas (parte 1/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=oetpl1qW2v8>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 5 - Mariposas (parte 2/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=fNksZwnYEXY>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 5 - Mariposas (parte 3/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=00XJGgr-VhA>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 5 - Mariposas (parte 4/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=am8RMWXSuVo>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 5 - Mariposas (parte 5/9). [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=neYs\\_5\\_v4lo](https://www.youtube.com/watch?v=neYs_5_v4lo)

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 5 - Mariposas (parte 6/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=dZ8fZznmaQM>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 5 - Mariposas (parte 7/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=fpmzX7knmcc>

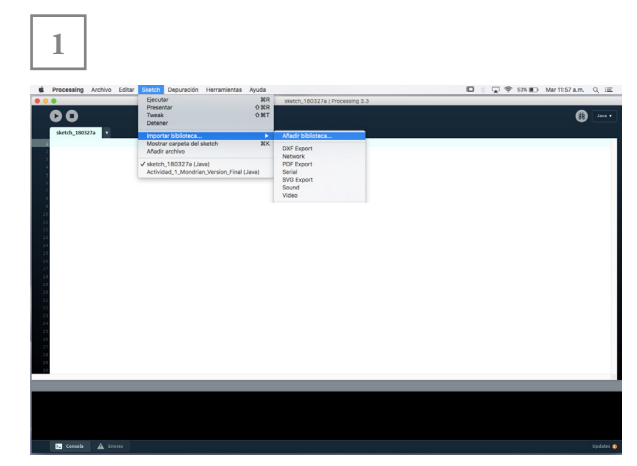
Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 5 - Mariposas (parte 8/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=QM8RPTTQpgE>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 7). Actividad 3: Simetrías Escher: Mosaico 5 - Mariposas (parte 9/9). [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=N9gjemtY7a0>

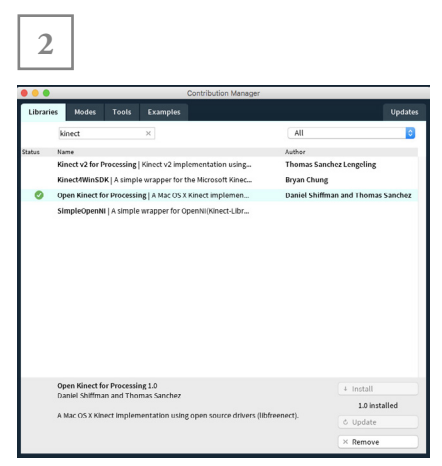
Los recursos de software y hardware necesarios para la ejecución de la obra son los que se especifican en el apartado de “Diseño y arquitectura de la experiencia”.

La version 3.3 del Processing requiere de las librerías *Open Kinect for Processing* para la programación del dispositivo sensor, *Minim* para la ejecución del audio del diseño sonoro, y *Processing Video* que permite la reproducción del video explicativo de las instrucciones y cada una de las animaciones de las teselas.

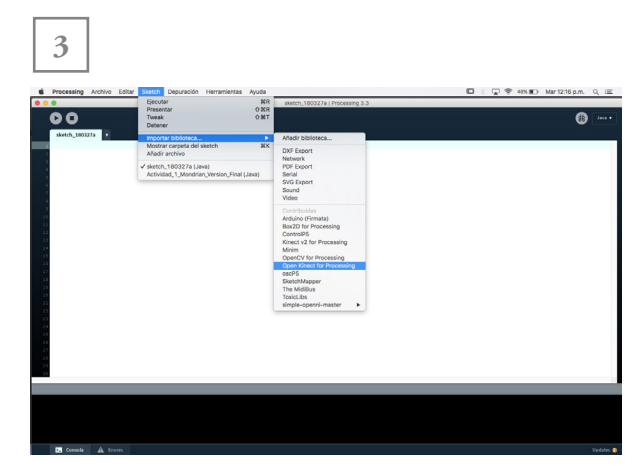
Para la instalación de las librerías, se sigue el siguiente procedimiento.



En el menú principal del Processing seguir la ruta: **Sketch / Importar biblioteca / Añadir biblioteca /**.



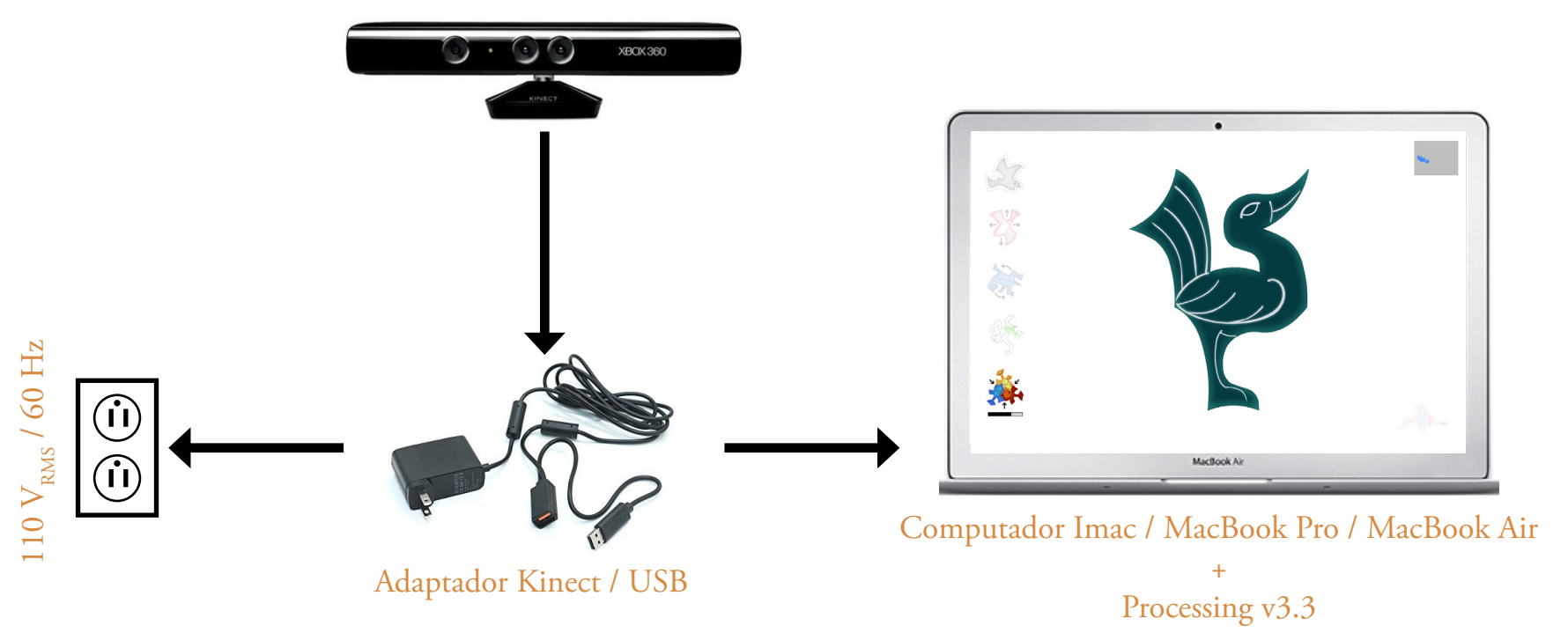
En el buscador con el término de referencia “Kinect” se puede elegir la librería *Open Kinect for Processing*, luego el botón de instalar, y al completar el progreso la librería aparecerá instalada.



La librería ya puede ser utilizada, o bien, el Processing puede interpretar cualquier programa realizado usando las librerías instaladas.

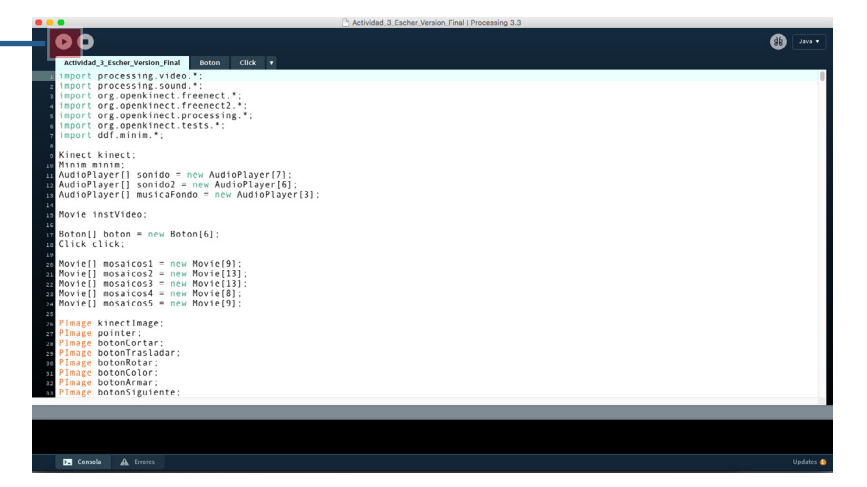
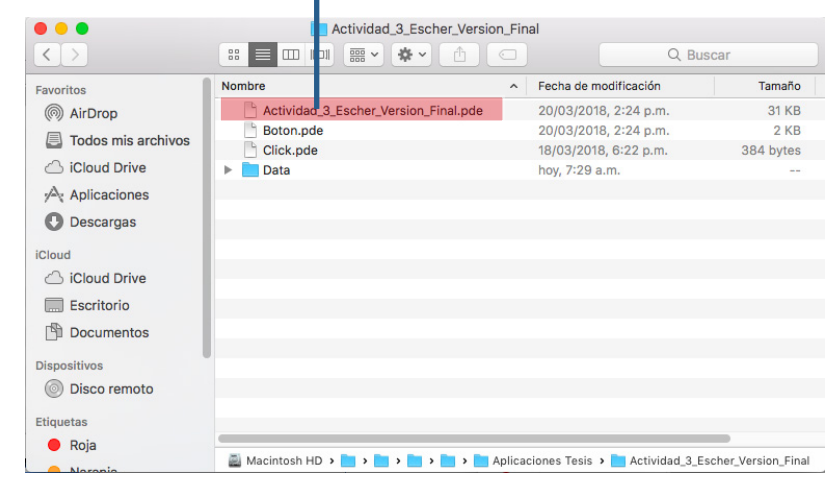
```
import org.openkinect.freenect.*;
import org.openkinect.freenect2.*;
import org.openkinect.processing.*;
import org.openkinect.tests.*;
import ddf.minim.*;
import processing.video.*;
```

Kinect V1 - Modelo 1414 / 1473



{ Carga del Programa }

Abrir el archivo **Actividad\_3\_Escher\_Version\_Final.pde**



Ejecutar el programa con el botón de reproducción.

Cartel de fin de la obra /  
reiniciar actividad



El diseño sonoro es una pieza de suma importancia en la actividad, ya que es con este que se **refuerzan las acciones** del niño con la obra digital, se indican los momentos clave en el desarrollo de la misma y sirve como guía para la interacción.



**{ Recursos Utilizados }**

- Reason 4
- Abbey Road Keyboards Refill
- Reason Ethnic Refill
- M-Audio Oxygen 8 Midi Controller
- M-Audio Fast Track Audio Interface

Diseño sonoro de la obra en Reason



**{ Banda Sonora }**

La banda sonora o música de fondo fue tomada del sitio [www.freemusicarchive.org](http://www.freemusicarchive.org). Para efectos de la licencia Crative Commons se acredita al autor de la obra musical.

Artista: All-Star Trio  
 Título: Oh! By Jingo!  
 Álbum: Antique Phonograph Music Program  
 Link de descarga: <https://freemusicarchive.org/music/download/eac8c5b8d8cc320f575068806b86daadee7bd76b>

En el enlace de video a continuación, se presenta la **captura de pantalla** de la **obra completa en tiempo real**. Se realiza mostrando las ayudas disponibles, y la imagen en profundidad que provee el sensor Kinect.



Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Abril 1). **Actividad 3: Simetrías de Escher (Obra Completa)**. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ozca-8uO08s>

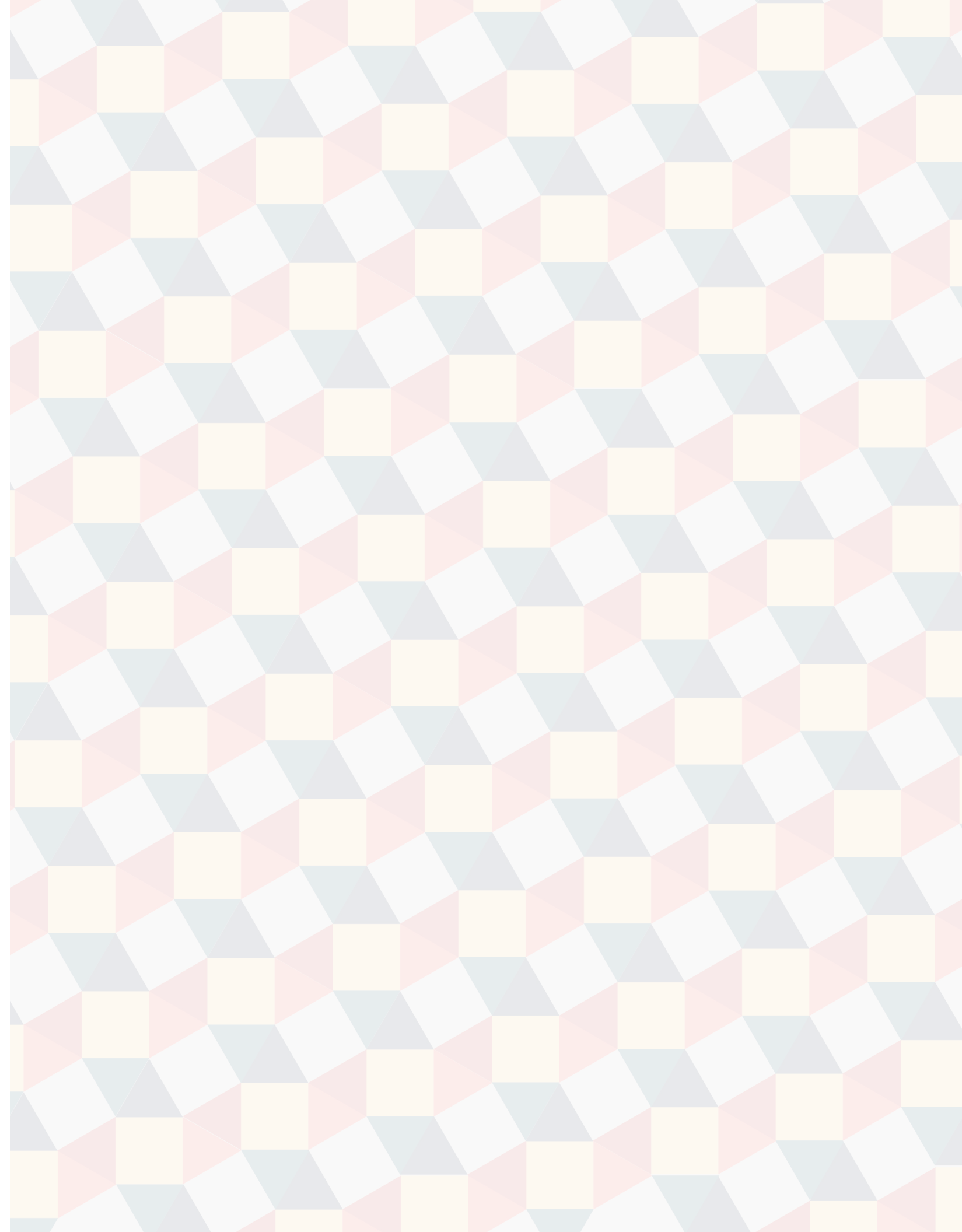
## {7. Evaluación de la obra}

---

Después de la exploración, de la inquietud, de buscar y encontrar relaciones arte – matemática, de artistas geniales, de programar algoritmos, de más de tres mil líneas de código, de actuar ante el Kinect, después de un año; llega el momento de probar la obra con los niños. La emoción de verlos curiosos pararse sobre las huellas adhesivas que marcan el punto de interacción con la experiencia, de ser espectador de su comportamiento ante ella, de ver sus ganas de participar, de jugar, de hacer preguntas, ser testigo de cómo ellos mismos se las hacen, de oírlos gritar ¡Yo!

A continuación, se presenta el registro del proceso de evaluación de la obra digital que busca promover habilidades de pensamiento lógico–matemático. Una experiencia que se valora desde la observación del comportamiento de los niños y su motivación para participar en ella, con el fin de encontrar el significado que guarda. Se relata lo acontecido y se sacan las conclusiones que serán un aporte para el proceso y posibles trabajos futuros.

---





Las obras interactivas producto de la investigación “Las artes digitales como herramientas de apoyo para promover el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico-matemático en niños del primer ciclo de básica primaria” fueron evaluadas en dos momentos por 17 niños con edades comprendidas entre 6 y 9 años que cursan el primer ciclo de básica primaria.

### { Prueba # 1 }

La primera prueba fue realizada por fuera del ambiente escolar el sábado 28 de abril de 2018, y fue practicada a dos niñas de los grados segundo y tercero de instituciones privadas de la ciudad de Medellín.

**Fecha:** abril 28 de 2018.

**Hora:** 3:00 pm

**Lugar:** Urbanización Laureles Campestre, Medellín, Colombia.

**Niños evaluados:** 2.

**Duración de la prueba:** 1 hora.

### { Prueba # 2 }

La segunda prueba fue realizada el lunes 7 de mayo de 2018 dentro del ambiente escolar, y con el apoyo de la docente de aula. Para dicha evaluación se dividió la población de estudiantes en dos grupos, el primero de siete niños, y el segundo de ocho. Durante una hora cada grupo interactuó con cada una de las obras o actividades de la experiencia. Los niños participantes pertenecen al primer ciclo de básica primaria, que comprende los grados primero, segundo y tercero.

**Fecha:** mayo 7 de 2018.

**Hora:** 3:00 pm

**Lugar:** I.E Francisco Luis Hernández Betancur, Medellín, Colombia.

**Niños evaluados:** 15.

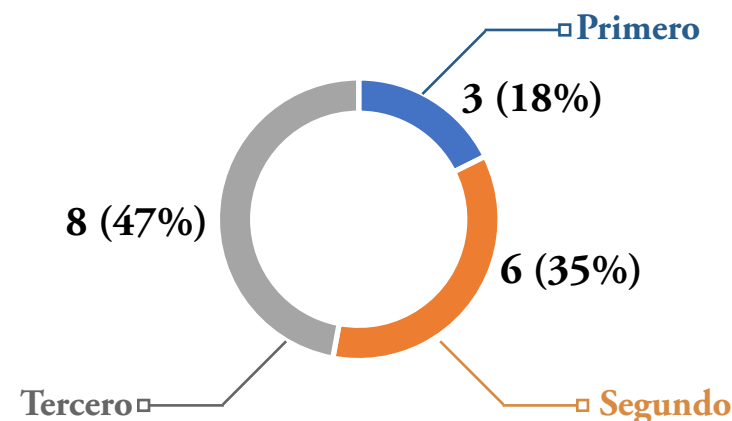
**Duración de la prueba:** 2 horas.

.....

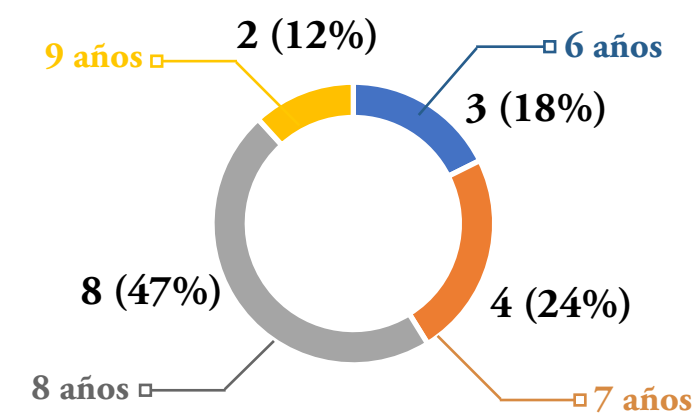
Para ambos casos, los padres firmaron el asentimiento informado el cual describe el objeto de la investigación, así como las condiciones éticas de la misma. Los acudientes fueron notificados debidamente sobre la participación de sus hijos, la necesidad de ser grabados en fotografía y video, como también la importancia que tiene el uso de la información resultante como insumo para el presente trabajo.

## { Datos demográficos }

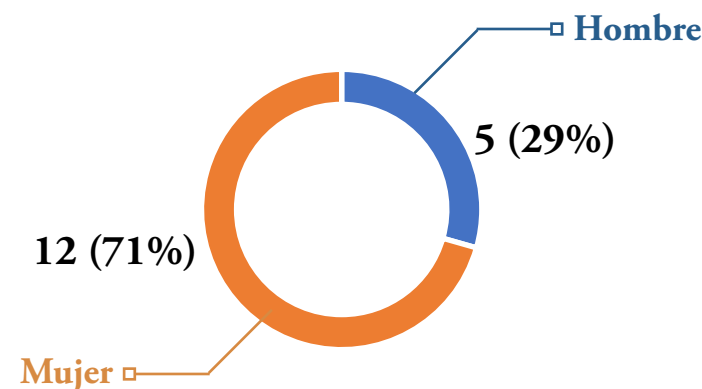
### { Niños por grado }



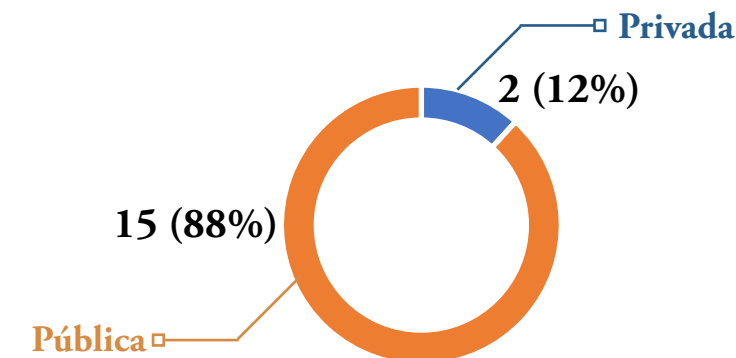
### { Niños por edad }



### { Niños por sexo }



### { Niños por institución }



### { Cuadro demográfico }

	Niñas	Niños	Edad				Institución Pública	Institución Privada
			6 años	7 años	8 años	9 años		
Primero de primaria	3	3					3	
Segundo de primaria	3	3	4	2			5	1
Tercero de primaria	6	2			6	2	7	1



INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO  
FACULTAD DE ARTES Y HUMANIDADES  
MAESTRÍA EN ARTES DIGITALES

### ASENTIMIENTO INFORMADO

*“Las artes digitales como herramientas de apoyo para promover el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico matemático en niños del primer ciclo de básica primaria”*

#### Investigador:

Juan Diego Correa Blair  
Estudiante Maestría en Artes Digitales

#### Asesor:

M.Sc. Antonio Escamilla Pinilla

#### DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio, busca centrar la mirada en los procesos de formación inicial que se tienen a nivel educativo para promover el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico-matemático, y a partir de ellos desarrollar una herramienta de arte digital que sirva como apoyo para dinamizar y motivar dicho desarrollo en estudiantes del primer ciclo de básica primaria. El fin del mismo pretende a través de una obra de arte digital basada en un referente artístico que establezca relaciones arte – matemáticas, ofrecer alternativas didácticas que impacten en los estudiantes como una opción para mejorar la experiencia en la consecución de pensamiento, y en particular del lógico-matemático, porque la deserción escolar, la desmotivación académica y los bajos niveles estadísticos en el área, son el horizonte que muestra nuestro sistema educativo en lo regional y nacional. Dichos datos son un referente de estudio que requiere de estrategias llamativas e innovadoras aprovechando el interés tecnológico y digital que el medio actual nos brinda a generaciones nuevas y antiguas.

El pensamiento lógico matemático a diferencia de lo que piensa la generalidad, es mucho más que un simple conteo numérico, el desarrollo de este pensamiento permea todas las áreas del ser humano y nos faculta para interactuar en el mundo de manera pertinente, autónoma, creativa y dinámica; por tanto, el no fomentarlo desde las primeras edades de forma adecuada, limita el modo cómo nos desenvolvemos y relacionamos en un contexto escolar y social. Es por esto, que debe ser relevante centrar la mirada en los procesos de formación inicial y recurrir a lo que nos ofrece el medio actual a través de las artes digitales, para dinamizar el desarrollo de esta forma de

pensamiento y cambiar el paradigma reduccionista, poco llamativo, difícil y hasta tedioso con el que se ha mirado y que ha tenido hasta el momento el aprendizaje matemático.

Estamos viviendo una era enmarcada en el predominio digital que permea todas las esferas del ser humano, es por esto que la escuela no puede quedarse relegada ante dicho auge transformador. El acceso a este nuevo paradigma es sustancial para ser parte de la civilización de nuestro tiempo, porque las nuevas generaciones reclaman, muestran y desean ser formados bajo ese lenguaje tecnológico que les permite entender y afrontar no solo a la sociedad, sino al conocimiento mismo. Sin embargo, nuestros modelos educativos evolucionan de manera lenta y siguen desconociendo o temiendo a la nueva manera de aprender y promover el desarrollo del pensamiento.

Para la evaluación de la obra digital se requiere que el niño participe de una experiencia interactiva basada en sensor Kinect, en la cual mediante el movimiento de los brazos modificará obras de arte que buscan promover el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico matemático en los niveles de observación, comparación, relación y clasificación.

El investigador tomará registro en fotografía y video, y complementando con preguntas sencillas a los niños, tendrá los insumos necesarios para obtener los resultados y las conclusiones de la investigación.

La participación en este proyecto no implica ningún riesgo físico o psicológico para quien participa.

#### CONDICIONES ÉTICAS DE LA INVESTIGACIÓN:

Dentro de las condiciones éticas para este estudio se encuentran las siguientes:

- **Derecho a la no - participación:** los participantes, al estar informados de la investigación y el procedimiento, tienen plena libertad para abstenerse de participar total o parcialmente y a prescindir de su colaboración cuando a bien lo consideren.
- **Derecho a la información:** los participantes podrán solicitar la información que consideren necesaria con relación a los propósitos, procedimientos, instrumentos de recopilación de datos y la proyección y/o socialización de la investigación cuando lo estimen conveniente.
- **Remuneración:** la colaboración de los participantes en esta investigación es totalmente voluntaria y no tiene ningún tipo de contraprestación económica ni de otra índole.
- **Divulgación:** la devolución de los resultados será presentada (por escrito u oralmente) a la institución para que sean conocidos por la comunidad. Los resultados de la investigación serán divulgados en diferentes medios y posiblemente publicados.



### ASENTIMIENTO INFORMADO

*“Las artes digitales como herramientas de apoyo para promover el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico matemático en niños del primer ciclo de básica primaria”*

Yo \_\_\_\_\_ identificado(a) con cédula de ciudadanía número \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, actuando como padre, madre o acudiente de \_\_\_\_\_, certifico que he sido informado(a) con la claridad y la veracidad debida respecto al curso y proceso de la investigación, sus objetivos y procedimientos.

Que actúo consciente, libre, voluntariamente y permito que mi hijo(a) o sea grabado(a) en foto y video, y que sus imágenes sean utilizadas en la construcción del documento donde se consignarán los resultados de la investigación “Las artes digitales como herramientas de apoyo para promover el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico matemático en niños del primer ciclo de básica primaria”. Soy conocedor(a) de la autonomía suficiente que poseo para no permitir que mi hijo(a) colabore cuando bien lo considere y sin necesidad de justificación alguna.

Que la colaboración de esta investigación es totalmente voluntaria y no tiene ningún tipo de contraprestación económica ni de otra índole. Que se actúa de buena fe, y que se respetará la seguridad física y psicológica de mi hijo(a).

Fecha: Día \_\_\_\_\_ Mes \_\_\_\_\_ Año: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Firma del responsable del menor  
C.C.

\_\_\_\_\_  
Firma del Investigador  
C.C.

# { D í a 1 }

Relato por Juan Diego Correa Blair, abril 28 de 2018

Era la primera vez. Hasta ese sábado 28 de abril de 2018 me había parado hasta el cansancio enfrente del sensor Kinect de segunda mano que había comprado un año atrás, y había hecho mi número: interactuar con las obras una y otra vez. Cada vez la completaba más rápido, con la velocidad y agilidad que dan meses de práctica. Ya todo estaba listo, eran las 11 de la mañana y sobre una mesa de vidrio estaban todos los elementos necesarios para exponer por primera vez la obra ante su exigente público. Computador y programa, trípodes, cargadores de baterías, extensión eléctrica, libreta de notas, tarjetas de memoria, cables de conexión, dos sensores Kinect (había que ser precavido); repasaba una y otra vez la lista escrita con bolígrafo rojo en un pequeño papel amarillo cuadriculado mientras calzaba el lente analógico de 50 mm/ f 1.4 a la modesta cámara DSLR que me serviría para registrar en video todo cuanto acontecía en la instalación. Estaba tranquilo con eso de tomar imágenes, en mi poder tenía ya los asentimientos informados firmados por las madres de las dos primeras niñas en participar en la experiencia. Empaco todo en mi mochila y en un par de bolsas de una conocida y repetitiva tienda de ropa de la ciudad.

Cuando menos lo pienso me encuentro recorriendo la carrera 80 de Medellín hacia el norte y en dirección a una urbanización en el barrio Almería de la ciudad. Me acompaña mi esposa, fiel compañera, y soporte invaluable en este proyecto. Ella en su calidad de docente de aula de básica primaria era la persona perfecta para ayudarme a validar las obras con las niñas. En el camino me hacía miles de preguntas: ¿les gustará? ¿Podrán interactuar con ella tan bien como yo lo puedo hacer? ¿se me olvidará algo?. En poco tiempo tendría la respuesta.

Llegamos y las niñas nos esperaban ansiosas. El espacio era perfecto para la instalación, una gran sala abierta sin muebles, solo una biblioteca que soportaba un pequeño televisor de pantalla plana que esperaba no me diera problemas para realizar mi presentación. Descargo todos los elementos en la mesa de vidrio al lado izquierdo de la puerta de entrada, mientras desde el fondo aparecen las dos madres, que seguramente estaban haciendo digestión al almuerzo mientras pasaban canales en la televisión.



Observo el espacio, lo analizo, enciendo la televisión, y en una pequeña butaca ubico el computador. Mientras enciende, hago las conexiones, ajusto el trípode que servirá de soporte al sensor Kinect; un par de tiras de velcro lo fijan a la zapata y con la pequeña manivela ajusto la altura apropiada para mis espectadoras. Ejecuto el programa, y el aparece el primer problema, aunque fácil de solucionar: la resolución de la pantalla del televisor era más baja que el “Full HD” de la obra; hago los ajustes necesarios interviniendo unas pocas líneas de código, mientras lo hago, las niñas curiosean por el lugar y hacen preguntas: “¿falta mucho? ¿ya vamos a empezar? Estaban impacientes.

Una vez ajustado el código a las condiciones disponibles, hago la primera prueba, tomo medidas, y a continuación defino la zona de interacción; se las marco a las niñas pegando unas divertidas huellas sobre el piso de madera. Mientras se ubican, armo rápidamente otro trípode y monto la cámara, encuadro, acomodo el diafragma y el foco de la vieja óptica Nikkor de 50 milímetros. Al presionar el botón rojo de grabación, comienza el registro.



La primera obra en exhibirse es la basada en el arte islámico, más concretamente en las Estrellas de Salomón que decoran repetidamente las estancias de las edificaciones musulmanas. Las niñas leen con atención las instrucciones para la interacción, la docente acompaña este proceso y parecen entenderlo a la perfección. Les hago la aclaración que deben estar siempre en la zona de interacción, y para ello uso el primer comodín de la obra: un

pequeño cuadro que se dibuja en la parte inferior derecha de la pantalla y que les muestra su ubicación en la experiencia.

Por espacio de 15 minutos exploran entusiasmadas cada uno de los 12 niveles que tiene la obra. Durante ese tiempo fueron capaces también de analizar lo que estaba sucediendo, y cómo se formaban las estrellas de ocho y más puntas. “¡Este botón las gira!”, “¡Este las agranda!”, “¡Este las separa!”, “¡Este las duplica!”. “¡Woow, un mandala!” Fue la expresión de una de ellas cuando vio por primera vez como esas intersecciones de cuadrados eran coloreadas. Aplaudieron emocionadas con cada nueva decoración y se turnaban para completar cada nivel; ¡Es música árabe! También decían.

Aparece el cartel de “Final de la Obra”, sonrín, esperan la siguiente actividad. Me voy tranquilizando, pienso “¡les gustó!”. Fue fácil de realizar para ellas, en ningún momento tuvieron problemas para la interacción, y lo mejor de todo, sabían lo que ocurría: observaron, compararon, relacionaron, clasificaron; eran las habilidades de pensamiento lógico matemático.

→  
Continúa...

Voy hasta el computador y ejecuto la obra que tengo marcada como la tercera, en realidad fue la última en crearse, por eso su asignación de número; pero podía presentarse de segunda sin ningún problema. Más adelante las niñas la llamaron, “la de los animalitos”, pero en realidad era basada en las simetrías y mosaicos del gran Escher, aunque claro, eran animales.

Nuevamente la docente las invita a leer en voz alta las instrucciones y parecen comprenderlas bien, de hecho, la interacción es igual que en la anterior; deben presionar los botones y esperar hasta que se ejecute la acción. Les recuerdo permanecer en la zona de experiencia, que miren las huellas en el piso, asienten y arrancamos. Se viene una tanda de preguntas orientadoras: “¿Qué crees que está pasando?”, “se partió” responde avispadamente la primera en participar al ver las primeras líneas



punteadas sobre la tesela cuadrada que da inicio a la obra; ¿y ahí? “se movió de acá para allá”, ¿y este? “Giró”. Una y otra se turnaban para ir formando cada uno de los “rompecabezas” como luego ellas mismas los llamaron. La obra se convirtió en un juego para las niñas, en un juego que consistía en adivinar el próximo animal. “Es un gallo” “un perro” “un caballo”, pero al final acertaron en todos: ¡un pato!, ¡Un pájaro!, ¡Un unicornio!, ¡Un pez!, ¡Una mariposa! Aparece de nuevo la cartela de “fin de la obra”.

A diferencia del primer ejercicio, debían presionar seis botones en lugar de cuatro, algo que consiguieron con facilidad. Las dos primeras obras funcionaron muy bien, nuevamente sin problemas con la interacción,

Me alisto para preparar la última obra. Esta vez la propuesta visual se basa en cuadros de colores que hacen referencia a la época neoplástica de Mondrian. Después de aproximadamente 35 minutos de actividad, las niñas caminan de un lado al otro de la sala, una de ellas se sienta en una pequeña butaca de madera decorada con mariposas de colores; les pregunto si están cansadas, siguen eufóricas, podíamos continuar. Seleccione y ejecuto el algoritmo, aparecen en la pantalla las instrucciones, son leídas con atención por las niñas y la profesora.



Para esta actividad utilizo otro comodín: el de la ayuda disponible; el sistema coordinado permitirá a las niñas comparar y relacionar los espacios de origen y destino. Primer nivel, cuatro cuadrados grandes de colores neoplásticos y enmarcados en líneas horizontales y verticales se dibujan en la pantalla del televisor; las figuras son movidas por las niñas con gran destreza. Luego de cuatro intervenciones, los cuadrados grandes dan paso a nueve más chicos que ya presentan a las niñas un desafío mayor en motricidad. Lo mismo ocurre en el tercer nivel, los movimientos de manos son ahora más finos y calculados; sin embargo, las niñas logran establecer los lugares asignados a las fichas y llevarlas delicadamente hasta allí.



Fin de la obra, terminó el primer día de evaluación con muy buenas sensaciones. La obra realmente funciona y pone a pensar a los niños, lo que va en pro a desarrollar habilidades de pensamiento. Me dispongo a desconectar, una de ellas me pide repetir “la obra de los animalitos”. Por supuesto, la realiza con gran pericia y aplaude a cada animal que aparece y como este va encajando con otro similar a la par que emiten alusivos sonidos. Las madres salen de su encierro atraídas por la algarabía y dispuestas a participar, le dan unas cuantas movidas a la obra y la celebran.



Les pregunto cuál obra les gusta más, - ¡Los animales! Responde una de ellas, - ¡los mandalas! Interpela la otra. ¿Y la más difícil? – ¡Los cuadrados! Contestan al unísono ¿Les gustó la experiencia? - ¡Si! Gritan ambas. Desmonto, voy recogiendo el equipo, mientras lo hago me piden que deje las huellas pegadas en el piso para seguir jugando.

### { Registro en Video }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Mayo 13). Evaluación de la Obra. Día 1: actividad # 1. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=1V-hcgrjLnU>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Mayo 13). Evaluación de la Obra. Día 1: actividad # 2. [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=q4-g5XIZp90>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Mayo 13). Evaluación de la Obra. Día 1: actividad # 3. [Archivo de video]. Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=xM\\_EjGgFtzI](https://www.youtube.com/watch?v=xM_EjGgFtzI)

# { D í a 2 }

Relato por Juan Diego Correa Blair, mayo 7 de 2018

Había pasado la mañana de ese lunes 7 de mayo de 2018 ultimando los detalles para la presentación de la obra en el contexto escolar. Revisaba los asentimientos informados como quien cuenta una colección de estampas: eran quince, 15 niños me esperaban ese día a las 3 de la tarde para participar de la experiencia.

Tenía que llegar temprano, los niños se encontrarían en recreo y debía tener todo listo antes del repicar de la campana. Voy conduciendo en piloto automático, mi cerebro está concentrado en los pormenores del encuentro, mientras esquivo buses y motociclistas imprudentes que transitan por la Avenida Venezuela en dirección al barrio Aranjuez, lugar donde se encuentra la Institución Educativa Francisco Luis Hernández Betancur y sitio de la exposición. En un dos por tres estoy detrás de la verja verde que separa una estrecha calle de la hermosa construcción antigua en ladrillo y tapia del centro educativo. El encargado de seguridad se asoma por una de las rendijas al tiempo que por el pasillo que comunica con la caseta de vigilancia aparece la profesora encargada de colaborar ese día, viene caminando velozmente con un niño en cada mano y enfundada en su delantal rosa de corazones. Luego de una indicación a la autoridad, la reja se abre y estoy adentro.



Voy caminando ataviado con todo lo necesario para presentar mi obra, la profesora me acompaña mientras atravesamos el patio central de la institución, a lado y lado los niños dispersos en la plazoleta miran al extraño que los visita. Rápidamente subimos las escaleras y a mano izquierda nos espera una vieja puerta de madera marcada con el número 52, la docente saca un manojito de llaves e inserta la que nos abriría nuestra galería de hoy. El aula, a pesar de lo viejo y deteriorado de la construcción, se encuentra perfectamente ordenada, las pequeñas mesas están dispuestas en forma de U y sobre ellas algunos de los útiles de los pequeños, que para ese momento se encuentran yendo al restaurante escolar donde tomarán el refrigerio de arroz con leche que les ofrece la

institución ese lunes. El espacio es amplio, está rematado por cuatro ventanas batientes que reciben a esa hora del día el sol desde el occidente que ilumina todo el lugar. En una de las paredes cuelgan sendas carteleras; una de color rosa con las fotos de los niños y sus respectivas fechas de cumpleaños, mientras que la otra, verde y fucsia, soporta el calendario escolar. Un armario metálico bajo llave en la pared opuesta custodia los materiales de clase; además de eso, un pequeño escritorio con dos sillas en el puesto del profesor, el tradicional tablero verde para tiza, un espejo y un televisor pantalla plana de 50 pulgadas que me serviría para exponer la obra interactiva a los infantiles.

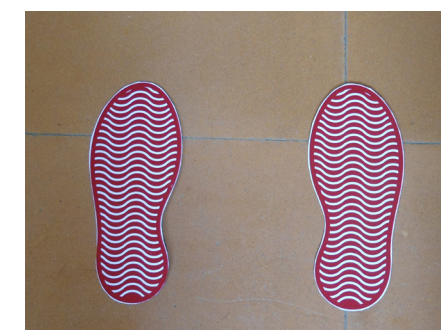
Antes de irse a acompañar el refrigerio, la profesora me ayuda a desarmar el arreglo de mesas y arrumarlas en el costado izquierdo del aula, mientras yo apilo una a una las diminutas sillas metálicas con asiento y espaldar plástico de color verde. Niños rondan el lugar, entran y salen curiosos preguntando qué vamos a hacer, o quién soy yo; contesto con monosílabos, resultado ser más tímido que ellos.

Me quedo solo en el lugar, y con toda calma comienzo a organizar los implementos para la instalación, aún tengo una hora antes que lleguen mis visitantes. Enciendo computador, abro los programas de las obras, y conecto a la pantalla; luego de unos ajustes de resolución en el menú del televisor, las obras se visualizan perfectamente, justo como las quería y las había calculado. Unas mediciones sencillas y me arrodillo en el piso para ubicar las huellas -esta vez de color rojo- que servirán de punto de referencia para la interacción. Faltan 20 minutos para comenzar, los niños se encuentran nuevamente dispersos por todo el colegio jugando después de haber tomado los alimentos, tengo el tiempo preciso para probar que todo funcione perfectamente; Mondrian: ok,



estrellas: ok, Escher: no funciona. ¡No funciona!, Primera vez en un año que el programa no corre, no lo podía creer; la consola del lenguaje de programación me indicaba un error crítico. La angustia se apodera de mí, el servicio de Internet en el colegio se encuentra restringido por lo que no tenía acceso a la red para buscar una solución, solo me queda una opción: reinstalar la librería que maneja el motor de video a partir de la red de datos celular; luego de una descarga que pareció eterna, el problema estaba solucionado ¡qué alivio! No podía dejar de presentarla, por

la experiencia previa con las dos niñas ya evaluadas, sabía lo llamativo e importante que era presentar esa obra hoy. Ya estaban por llegar, solo me quedaba armar el trípode en una esquina del salón y montar la cámara para el registro de video; luego de un cambio de óptica por la estándar 18 – 55 milímetros, ajusto distancia, apertura, encuadre, enfoque, y a grabar.



Continúa...

Espero unos cuantos minutos y llega nuevamente la docente, esta vez acompañada de los niños. Cursan tercero de primaria, están inquietos y bulliciosos; una de las niñas va directamente a saludar la cámara. Llamado al orden, la profesora los reúne, y toma lista utilizando un pequeño papel escrito a lapicero; pregunta la edad a cada uno y anota. Es la primera tanda, son siete en total, no falta ninguno.

Comenzamos, hago la inducción de lo que vamos a hacer mientras la profesora mueve sillas para acomodar a la joven audiencia. Al igual que en el primer día de evaluación, la obra escogida para

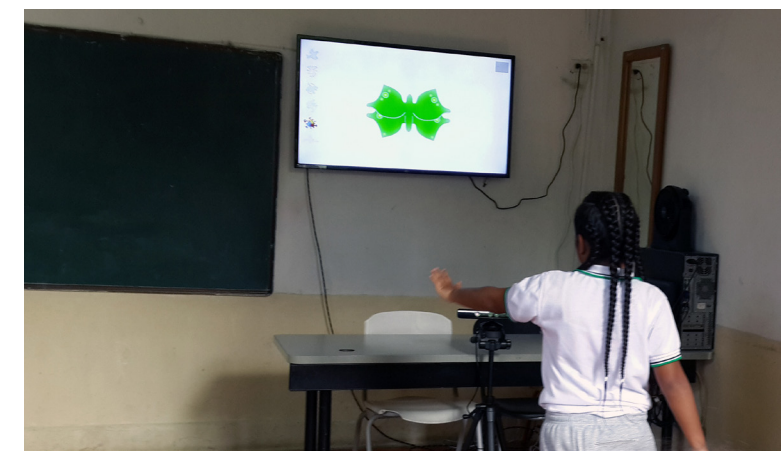


empezar es la basada en el arte islámico. ¿Quién quiere empezar?, al unísono todos se levantan de la silla con un sonoro ¡Yo! El primer elegido es el más pequeño en estatura, nuevamente le doy las indicaciones del lugar donde debe pararse mientras hago aparecer el recuadro de ayuda donde podrá verse y acciono la pequeña manivela del trípode que carga el sensor para ajustar a la altura adecuada. El televisor empotrado en la pared está un poco alto para él, la docente guía su mano para que pueda alcanzar los

botones más altos. Los niños son despiertos, inmediatamente descubren lo que ocurre: - ¡los cuadros se voltean! - ¡Se hacen más grandes! Dicen entre ellos; llega el momento de la verdad, el pequeño que ya opera los botones con facilidad, hace aparecer la primera estrella decorada al estilo musulmán. Y si, reaccionan igual a las dos primeras niñas: ¡es un mandala!, El niño lo celebra. ¿Quién quiere seguir?, pregunto, todos se amontonan alrededor de las huellas en el piso y halan del delantal a la profesora al tiempo que levantan la otra mano, todos querían ser los próximos. Durante 15 minutos se intercambian el accionar de los botones a medida que van descubriendo las figuras formadas a partir de la intersección de los cuadrados; todos participan y se encuentran muy entusiasmados.



Los niños son inquietos, se paran constantemente en la zona de interacción queriendo “jugar”, no se mueven de allí mientras abro y ejecuto la segunda obra: “la de los animalitos” nuevamente la llaman de esa manera. Luego de asignar el primer turno, aparecen las teselas: - ¡es un pato!, dicen de la primera, saben exactamente qué es lo que pasa, - ¡aquí se divide!, - ¡Aquí se mueve!, ¡es un rompecabezas!, ¿Vieron que encajan perfectamente uno en el otro?, les pregunta la profesora - ¡qué bonito! Dice una de las más activas. ¿Qué saldrá de ese triángulo? ¿Qué será esto? Indagamos, - ¡una ballena!, - ¡Un pez!, - ¡son como hojas multicolores!; Lo difícil era escoger un niño para participar, todos querían hacerlo. Respecto a la interacción, sus diferentes estaturas requerían de ajustes constantes en la altura del sensor, pero todos pudieron hacerlo, y lo mejor de todo, siempre lo hacían alegremente. Aparece el último mosaico: - ¡es una copa!, - ¡Un murciélago!, - ¡Una mariposa!, - ¡Mariposas, mariposas, mariposas! - Coreaban todos; la profesora y yo nos emocionamos en ese momento.



Aparece la cartela de fin de la obra, y nuevamente todos saltan de sus sillas, unos se acercan a pedir el turno, y otros curiosean detrás de la cámara, me dicen - ¿profe, me deja tomar una foto?; los dejo participar en el registro de lo que acontece, les entrego mi cámara compacta a unos, mi teléfono celular a otros, las dos niñas más inquietas se hacen detrás del visualizador de video y agarran en sus manos la palanca del trípode. A partir de ese momento, las fotografías son cortesía de ellos.



Última obra, se muestran en pantalla las instrucciones, algunos las leen, otros escuchan a la docente mientras las recita, ¿qué hay que hacer?, pregunta - ¡mover los cuadros a su lugar! - contestan. Casi que haciendo fila, unos van pasando detrás de los otros moviendo los cuadrados sin ningún



problema, logran descubrir las posiciones a donde deben ir las “mondrianescas” fichas. Ha pasado una hora desde que los niños ingresaron al salón, deben irse para clase ya, el segundo grupo aguarda en la puerta; miran curiosos lo que pasa adentro. Termina la obra, los reúno a todos al frente del televisor y disparo un par de fotografías para el recuerdo. Se despiden agitados preguntando cuándo volverán.



El segundo grupo está compuesto de ocho niños, tres del grado primero y cinco del segundo. Entran curiosos, y en contraste con los anteriores, llegan silenciosos, tranquilos. El grupo de 1A restante espera sentado junto a las mesas arrumadas al lado izquierdo del salón. Luego del llamado a lista, comienzo con los más pequeños; a diferencia del momento evaluativo anterior, la obra elegida para empezar es la más básica visualmente, los cuadrados de Mondrian.



Ajusto la altura del sensor y comienzan a mover las fichas de un lado al otro hasta llevarlas al cajón que les corresponde, celebran sonrientes. Uno por uno va pasando todo el grupo hasta completar la actividad. Todos quieren jugar y piden su respectivo turno.

El resto de la exposición transcurre con normalidad. Este segundo grupo es más calmado, organizado, al parecer, un tanto tímido. Sin embargo, esto no les impide participar con alegría. Celebraron los “mandalas”, y adivinaron los animales; fueron capaces de responder a las preguntas orientadoras. Son las 4:40pm, los niños son recogidos por su docente de aula, les pido una última foto y salen del salón.



Termina así la evaluación de la obra interactiva a 15 niños, me voy con muy buenas sensaciones y contento con el resultado; la actividad es estimulante para ellos, los atrapa y los incita a participar y a hacerse preguntas mientras se divierten. La respuesta de los niños es muy positiva. Pasados los días, me cuenta la profesora, los niños la buscan, la abrazan y le preguntan - ¿cuándo volvemos a jugar?



## { Registro en Video }

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Mayo 13). Evaluación de la Obra. Día 2: grupo 1. [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=9b-0O2OrXGA>

Correa Blair, J.D. [Juan Diego Correa Blair] (2018, Mayo 13). Evaluación de la Obra. Día 2: grupo 2. [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=X3YmRmu-hME>

Finalmente, al presentar las tres obras propuestas en este trabajo a 17 estudiantes pertenecientes al primer ciclo de básica primaria, se analiza el tercer objetivo específico trazado en la investigación, y se despeja el camino para responder a la pregunta formulada en el estudio que consistía en indagar -Cómo una herramienta de arte digital puede promover el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico-matemático en niños de primer ciclo de básica primaria-. Los resultados expuestos, abren opciones a futuro para seguir detallando en otros estudios el impacto que dichas actividades pueden tener para desarrollar habilidades de pensamiento lógico-matemático en un grupo estudiantil mayoritario, ya que en la presente investigación la cantidad no es una prioridad.



Para responder al objetivo específico que hace referencia a evaluar cualitativamente el uso de la herramienta de arte digital mediante la instalación de una experiencia interactiva y la relación de ésta con los niños; se escogieron al azar 21 estudiantes

pertenecientes a los grados 1°, 2° y 3° de básica primaria, de los cuales, 17 devolvieron el asentimiento informado. Las razones dadas por los restantes fueron diversas, como olvido, inasistencia de los estudiantes o realización de otras actividades alternas que se cruzaban al momento de vivenciar la experiencia. 15 de los estudiantes participantes, son de la Institución Educativa Francisco Luis Hernández Betancur, que es de carácter público, está adscrita a la Secretaría de Educación de Medellín y se encuentra ubicada en el barrio Aranjuez. La mayoría de los estudiantes pertenecientes a dicho establecimiento viven en estratos 1 y 2 de la ciudad. Los otros 2 estudiantes participantes, pertenecen a estratos 5 y 6 de la ciudad y estudian en instituciones privadas. La experiencia fue ejecutada en días distintos y en escenarios diferentes por dificultades para acordar un horario común entre los estudiantes de la institución pública y privada. Sin embargo, dicho panorama alimenta el análisis ya que permite tener otras miradas o establecer diferencias desde la interacción con la herramienta, como también, desde el propósito particular que consiste en el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico-matemático a partir del arte digital independiente de la institución o estrato social al que pertenezcan.

En el registro fotográfico se evidencia la curiosidad propia de los primeros años. En general todos los participantes se mostraron motivados, emocionados por la actividad y deseosos de participar, lo más difícil -y que resultó ser la constante- era que debían esperar el turno para volver a realizar la obra. Además, el televisor de la institución estaba muy alto, lo que dificultaba la interacción a los más pequeños.

Desde lo dinámico y didáctico de la herramienta, se puede entrever que no solo la era digital es un medio que puede ser usado en el aula para dinamizar procesos, sino que permea todas las esferas socioeconómicas, siendo accesible, estimulante y significativo para todas las personas, y en este caso particular, para cada uno de los niños.

Los participantes relacionaban sus saberes previos con las preguntas que se les hacían para ir armando su propia experiencia o impresión de lo vivido, por ejemplo resulta interesante como dos niñas de contextos dispares (una de institución pública y otra privada) y en días diferentes, pudieran decir algo igual al participar en la obra basada en el arte islámico, ellas se refirieron a la actividad o relacionaron lo visto como “mandalas”, es decir que de la información que ya tenían por experiencias pasadas la vincularon a otros esquemas cuando percibieron lo que pasaba al momento de realizarla. Esto también demuestra que el desarrollo de la pieza de arte digital propuesta es para cualquier público.

Resulta difícil poder establecer una obra con mayor preferencia por parte de los estudiantes participantes, ya que en general no mostraron diferencias ante ellas. Cada una de las obras era elegida por unos y otros como su favorita.







Al analizar la obra desde lo artístico, se puede decir que logra cautivar desde lo visual y auditivo, los niños relacionaban lo que escuchaban y veían, y le asignaban un significado propio. Por ejemplo, unos decían que tal o cual sonido era relajante, otros que parecía del medio oriente, otros que era misterioso, o alegre. Desde lo visual, los colores eran agradables y los niños expresaban

frases tiernas al ver los animales, las formas y los colores que contenían al finalizar cada una de las actividades. Los referentes artísticos dieron soporte a la relación de la obra con las habilidades de pensamiento. Los trabajos de Escher que fueron calculados de acuerdo a cánones matemáticos, se tradujeron para ellos en simpáticos rompecabezas que partían de una simple ficha geométrica para luego convertirse en figuras de animales que encajaban unas con otras. La simpleza de la obra de

Mondrian también promueve en ellos dichas habilidades; los pequeños asociaban los cuadrados entre sí para completar algoritmos que iban desde lo más simple hasta lo más complejo, resultando en una retícula que hacía referencia clara a la obra neoplástica del artista neerlandés. De la perfección geométrica y matemática de los artistas islámicos, con lacerías y atauriques tan complejos como hermosos, los niños manifestaban su encanto con las construcción de las figuras que eran decoradas con llamativos colores; “los mandalas” como ellos mismos lo llamaron, pero que se conocen como las Estrellas de Salomón. Lo anterior indica que es posible no solo desarrollar una herramienta para promover habilidades de pensamiento en niños, sino que es factible acercarlos al arte dada la sensibilidad y encanto que se percibe con los sentidos.



Desde las referencias dadas en la investigación, se analizan también las operaciones mentales que cada participante pone a prueba y que constituyen el propósito del estudio, ya que a partir de ellas y por medio de esta obra es como se pretende desarrollar habilidades de pensamiento lógico-matemático en niños.

Según Fernández (2008) y Coral (2014), las imágenes mentales se dan a través de la estructura cognitiva de cada sujeto pone a prueba para representar y comprender un contexto específico, es por esto que con esta herramienta se promueve la observación, la comparación, la relación y la clasificación a partir de la ejecución de cada obra digital.



Con la participación por parte de los niños se evidencia cómo por medio de la observación adquieren la información necesaria para emprender una acción determinada afianzando la atención. Esto sin duda activa los sentidos no solo usando la visión al transformar las imágenes en representaciones, sino que experimentan desde lo auditivo y físico al moverse y controlar el espacio cuando usan su cuerpo. La observación que cada niño realiza en cada obra, le permite establecer una idea, construir un significado

y ejecutar una acción -diferenciando el objeto del sujeto- para finalmente recibir o evidenciar el producto de su actuación. Dicha puesta en escena no solo se da de manera particular cuando un niño ejecuta la obra, sino que también se da de manera general cuando los demás compañeros son los espectadores. De la observación, como primer elemento para promover habilidades de pensamiento lógico-matemático avanza o evoluciona a la identificación ya que explora o contempla una realidad a partir de sus particularidades ya sean concretas o reales, como también análogas o virtuales.



La comparación y la relación actúan por medio de la percepción y son comprobadas cuando los niños reflexionan sobre semejanzas y diferencias de manera inmediata al ejecutar una acción. Cada una de las obras permiten que los participantes consideren las características presentes en ellas, es decir que desde los primeros años ya pueden comprender el concepto de variable -aunque no sea usado en esos términos-, esto sin duda los prepara para tener aprendizajes significativos y para adquirir nociones de pensamiento superiores. La comparación y la relación se evidencia en los estudiantes participantes cuando establecen semejanzas y diferencias del paso a paso de las acciones a realizar en cada obra.

La clasificación, como acción mental que faculta el establecimiento de categorías se ve reflejada en los registros de los estudiantes participantes cuando decretan los atributos necesarios y propios para la consecución de cada obra, como también, para la comprensión del propósito de la misma. Los niños establecieron clases o grupos sin dificultad, interpretando la finalidad del ejercicio. Aunque esta habilidad está presente en las tres obras, se puede decir que se evidencia con mayor relevancia en la obra basada en Escher porque los participantes utilizan los conocimientos que ya tienen para reconocer, comparar y relacionar la información que la obra les va dando hasta abstraer y deducir el animal que se forma. Para lograrlo, pusieron a prueba sus habilidades para configurar grupos, clases y categorías conceptuales de acuerdo con los atributos propios de cada animal.

Es así como el diseño de la herramienta didáctica de arte digital propuesta, promueve el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico-matemático en los niños de primer ciclo de básica primaria porque va de lo simple a lo complejo, cada sujeto a medida que se divierte ejecutando la obra, comprende el proceso, participa de manera activa y sigue las indicaciones pues estas son accesibles para todos los niños. La obra no solo es estéticamente agradable para todos, sino que a través de acciones simples, potencia sus capacidades, favorece el desarrollo de habilidades (como la observación, la comparación, relación, y clasificación) y facilita la internalización de conocimientos para que sean utilizados en todo momento.

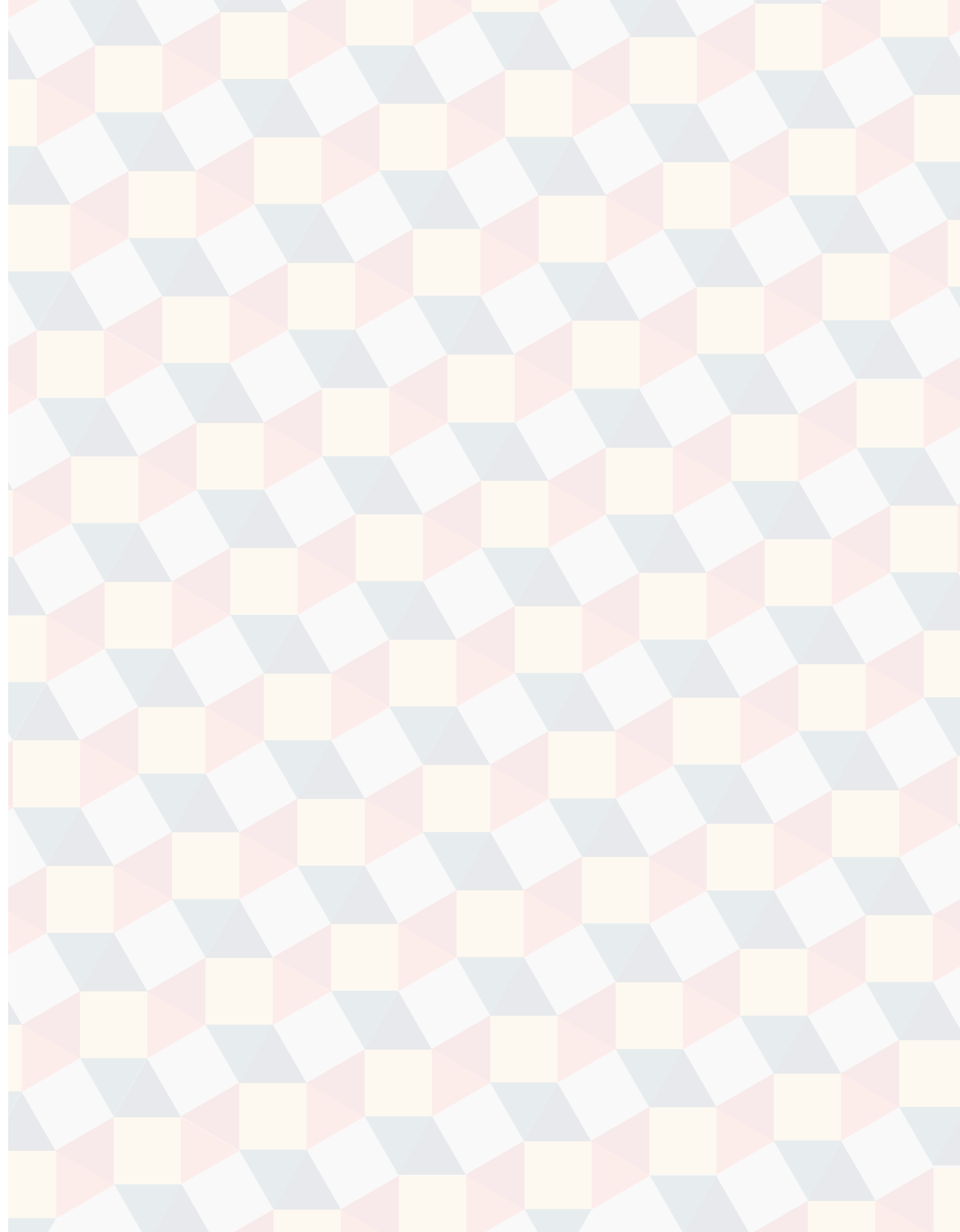


{ Galería de imágenes }



## { 8 . Referencias }

---



Alegria, P. *Las Simetrías Y El Teorema Enorme*.

Alsina, P. (2004). Introducción al arte digital. Boletín Iberoamericano de Gestión Cultural, 10.

Amilibia, J. M. M. (2010). *Grupos Cristalográficos Y Topología En Escher*. Universidad Complutense de Madrid.

Andersen, M. R., Jensen, T., Lisouski, P., Mortensen, A. K., Hansen, M. K., Gregersen, T., & Ahrendt, P. (2012). Kinect depth sensor evaluation for computer vision applications. Electrical and Computer Engineering Technical Report ECE-TR-6.

Arenas, L. (2011). La Ciudad y los cuerpos: metáforas (post) humanistas en la metrópoli contemporánea.

Baqués, M., & Goycoolea, M. (2005). Proyecto de activación de la inteligencia, 6: primaria: guía didáctica: libro del maestro. SM Eds..

Benjamin, W. (1936). La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica.

Biswas, K. K., & Basu, S. K. (2011, December). Gesture recognition using microsoft kinect®. In Automation, Robotics and Applications (ICARA), 2011 5th International Conference on (pp. 100-103). IEEE.

Blair, S. S., & Bloom, J. M. (1999). Arte y arquitectura del Islam, 1250-1800. Anaya-Spain.

Blotkamp, C. (2001). Mondrian: The art of destruction. Reaktion Books.

Bonell, C. (1999). La divina proporción. Las formas geométricas. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Boyer Carl, B. (1999). Historia de la Matemática. Alianza Editorial. Madrid, España.

Brihuega, J. (1996). Las vanguardias históricas: teorías y estrategias.

Bris Marino, P. (2014). The influence of Theosophy on Mondrian's neoplastic work. Arte, individuo y sociedad, 26(3), 489-504.

Brissiaud, R., Clerc, P., Ouzouilas, A., Maya Gómez, F. J. (1991). APrendo Matemáticas . Larousse.

Buendía, L.; Colás, M.P.; Hernández, F. (1998). Métodos de investigación en psicopedagogía. McGraww-Hill. Interamericana de España.

Catalán, M. C. M. Las regletas de Cuisenaire (Números en color).

Centeno Rojas, R. (2007). Mi Matemática 1, desarrollo del pensamiento conceptual. Editorial Libros y Libros S.A.

Colección Todo España (s.f). Todo Andalucía. Editorial Escudo de Oro S.A.

Coral, A. L. (2014). Desarrollo de habilidades de pensamiento y creatividad como potenciadores de aprendizaje. Revista Unimar, 30(1).

Corbalán, F. (2010). La proporción áurea. RBA Coleccionables SA.

Corbalán, F. C. (2007). Matemáticas de la vida misma (Vol. 237). Grao.

Coxeter, H. S. M. (1986). MC Escher: Art and science. In Proceedings of the International Congress on MC Escher, held in Rome, Italy, March 26-28, 1985, Amsterdam: North-Holland, 1986, edited by Coxeter, HSM.

Crilly, T. (50). Mathematics Ideas You Really Need To Know (50 ideas). Book Sales. Inc.

Cucker, F. (2013). Manifold mirrors: the crossing paths of the arts and mathematics. Cambridge University Press.

Curien, P. L. (2003). Symmetry and interactivity in programming. Bulletin of Symbolic Logic, 169-180.

Cuesta, H; Aguiar, M. V; Marchena, M. R. (2015). Desarrollo de los razonamientos matemático y verbal a través de las TIC: descripción de una experiencia educativa. Issue 46, p39-50. 12p. Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación.

Cuisenaire, G., & Gattegno, C. (1957). Numbers in colour. Heinemann.

De Castellanos, M. V. (s.f). Proyecto matemático 1, hacia el desarrollo de la habilidad del pensamiento lógico matemático. Editorial Libros y Libros S.A.

Debray, R. Introducción a la mediología. Barcelona: Paidós.

Deicher, S. (1999). Piet Mondrian, 1872-1944: structures in space. Taschen.

Düchting, H. (2016). *Piet Mondrian*. Könemann

Dunlap, R. A. (1997). The golden ratio and Fibonacci numbers. World Scientific.

Emmer, M. (2005). *La perfección visible: matemática y arte*. Artnodes. UOC.

Escher, M. C., Bussagli, M., & Giudiceandrea, F. (2014). *Escher*. Skira.

Escher, M. C. (2000). *MC Escher: Estampas y Dibujos*. Taschen.

Espinoza, J., Lupiáñez, J. L., & Segovia, I. (2014). La invención de problemas y sus ámbitos de investigación en educación matemática. Revista Digital: Matemática, Educación e Internet, 14(2).

Euclides. (300 a.C). Elementos.

Fernández, A. (s.f). Arte bizantino e islámico. Ediciones Tikal.

Fernández Bravo, J. A. (2008). Desarrollo del pensamiento lógico y matemático. JA Bravo, Desarrollo del pensamiento lógico y matemático.

Fernández Bravo, J. A. (2005). Desarrollo del pensamiento matemático en educación infantil.

Flores, P., Lupiáñez, J. L., Berenguer, L., Marín, A. y Molina, M. (2011). Materiales y recursos en el aula de matemáticas. Granada. Universidad de Granada.

Fрати, V., & Prattichizzo, D. (2011, June). Using Kinect for hand tracking and rendering in wearable haptics. In World Haptics Conference (WHC), 2011 IEEE (pp. 317-321). IEEE.

Ghyka, M. C., & Ghyka, M. C. (1977). Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes/ Esthétique des proportions dans la nature et dans les arts (No. 7.013). Poseidón,.

Ghyka, M. C. (1968). El número de oro. Editorial Poseidón.

Ghyka, M. C. (1946). The geometry of art and life. Courier Corporation.

Giles, J. (2010). Inside the race to hack the Kinect.

Gómez, R. P. *MC Escher Reflexiones sobre la División Regular del Plano*.

González-Tejero, J. M. S., Parra, R. M. P., & Padilla, M. E. O. (2011). El desarrollo del conocimiento matemático Psicogente, 14(26).

González, A. (2005). Motivación académica. Teoría, aplicación y evaluación. Madrid: Ediciones Pirámide. p68-73.

Grabar, O., & Sabó, P. (1973). La formación del arte islámico (No. 7.033. 3). Ediciones Cátedra.

Gray, C.; Malins, J. (1993). Procedimientos / Metodología de Investigación para Artistas y Diseñadores. Traducido por A. Sancho 2013. University, Aberdeen, Scotland, UK

Groys, B. (2016). Arte en flujo. Buenos Aires: Caja Negra.

Han, J., Shao, L., Xu, D., & Shotton, J. (2013). Enhanced computer vision with microsoft kinect sensor: A review. IEEE transactions on cybernetics, 43(5), 1318-1334.

Hattstein, M., & Delius, P. (Eds.). (2001). El islam: arte y arquitectura. Könemann.

Henoa Vásquez, M. (2010). *Cristalografía recreativa*. Universidad Nacional de Colombia.

Hofstadter, D. R. (1982). *Gódel, Escher, Bach: una eterna trenza dorada*. Consejo nacional de Ciencia y Tecnología de México.

- Infantil, C. E. (2014). Recursos educativos digitales para la educación infantil (REDEI). Zona Próxima, (20).
- Khoshelham, K., & Elberink, S. O. (2012). Accuracy and resolution of kinect depth data for indoor mapping applications. *Sensors*, 12(2), 1437-1454.
- Khoshelham, K. (2011, August). Accuracy analysis of kinect depth data. In *ISPRS workshop laser scanning* (Vol. 38, No. 5, p. W12).
- Klamkin, M. S., & Liu, A. (1992). Simultaneous generalizations of the theorems of Ceva and Menelaus. *Mathematics Magazine*, 65(1), 48-52.
- Kramer, J., Burrus, N., Echtler, F., Daniel, H. C., & Parker, M. (2012). *Hacking the Kinect* (Vol. 268). New York, NY, USA:: Apress.
- Leal, D. (2012). En busca del sentido del desarrollo profesional docente en el uso de Tecnologías de Información y Comunicación. Libro tendencias emergentes en educación con TIC. Asociación Espiral, Educación y Tecnología Espacio CIEMEN
- Leyvand, T., Meekhof, C., Wei, Y. C., Sun, J., & Guo, B. (2011). Kinect identity: Technology and experience. *Computer*, 44(4), 94-96.
- Lince-Salazar, S. (2014). Significado y referencia en el arte. El caso de las artes electrónicas y digitales. *Revista Filosofía UIS*, 13(1), 225-242.
- Locher, J. L. (1971). *The world of MC Escher*. New York: Abrams.
- Luelmo, M. J. (1986). Geometría en la Naturaleza. Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid.
- Maldonado, B. P. (1985). Arte, símbolo y emblemas en la España musulmana. *al-Qantara*, 6(1), 397.
- Maldonado, B. P. (1996). España y Túnez: arte y arqueología islámica. Agencia Española de Cooperación Internacional.
- Mandel, G. (1978). *Cómo reconocer el arte islámico*. Edunsa.
- Martín Adrián, A. R. (1999). Las regletas de Cuisenaire. Actividades sobre longitud, área, perímetro y volumen. *Números*, (37), 19-28.
- Martínez, A. J. M. (1991). *Las claves del arte islámico*. Planeta.
- Mateo, S. E., & Laguna, P. T. (2014). Los materiales en el aprendizaje de las matemáticas. Universidad de la Rioja.
- Meng, M., Fallavollita, P., Blum, T., Eck, U., Sandor, C., Weidert, S., ... & Navab, N. (2013, October). Kinect for interactive AR anatomy learning. In *Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2013 IEEE International Symposium on* (pp. 277-278). IEEE.
- Milner, J. (1992). *Mondrian*. Phaidon.
- Mondrian, P. (1961). *Arte plástico y arte plástico puro*.
- Mondrian, P., & Torroella, R. S. (1989). Realidad natural y realidad abstracta. *Debate*.
- Mondrian, P., & Holtzman, H. (1987). *The new art-the new life: the collected writings of Piet Mondrian*. Thames and Hudson.
- Montesinos Amilibia, J. M. (2010). Grupos cristalográficos y Topología en Escher. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 104(1), 27-47.
- Montesinos-Amilibia, J. M. (2012). Classical tessellations and three-manifolds. Springer Science & Business Media
- Moreira, M. A. (2010). Tecnologías digitales, multialfabetización y bibliotecas en la escuela del siglo XXI [i]. *Boletín de la Asociación Andaluza de Bibliotecarios*, (98-99), 39-52
- Noble, J. (2009). *Programming Interactivity: A Designer's Guide to Processing, Arduino, and Openframeworks*. O'Reilly Media, Inc.
- Olkun, S., Altun, A., & Deryakulu, D. (2009). Development and evaluation of a case-based digital learning tool about children's mathematical thinking for elementary school teachers (L-TEST). *European Journal of Teacher Education*, 32(2), 151-165.
- Orozco, C; Labrador, M. E. (2006). La tecnología digital en educación: implicaciones en el desarrollo del pensamiento matemático del estudiante. *Ciencia, Arte y Humanidades*. Vol. 15 Issue 2, p81-89. 9p.
- Pacioli, L. (1991): *La Divina proporción*, Ediciones Akal, Madrid.
- Pérez-Gómez, R. (1987). The four regular mosaics missing in the Alhambra. *Computers & Mathematics with Applications*, 14(2), 133-137.
- Pineda Pulido, L. A. (2013). *Una propuesta integradora de la cristalografía y las matemáticas en el ciclo quinto del colegio Estanislao Zuleta*. Universidad Nacional de Colombia.
- Raheja, J. L., Chaudhary, A., & Singal, K. (2011, September). Tracking of fingertips and centers of palm using kinect. In *Computational intelligence, modelling and simulation (CIMSIM), 2011 third international conference on* (pp. 248-252). IEEE.
- Reas, C., & Fry, B. (2015). *Getting Started with Processing: A Hands-On Introduction to Making Interactive Graphics*. Maker Media, Inc..
- Ren, Z., Meng, J., Yuan, J., & Zhang, Z. (2011, November). Robust hand gesture recognition with kinect sensor. In *Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia* (pp. 759-760). ACM.
- Rodríguez, C. C. (2005). *Escher I: Las matemáticas para construir*. Suma, 49, 101-108.
- Schattschneider, D. (1990). *Visions of symmetry: Notebooks, periodic drawings, and related work of MC Escher* (Vol. 8). New York: WH Freeman.
- Seuphor, M., & Mondrian, P. (1956). *Piet Mondrian: life and work*. HN Abrams.
- Serrano, J. M.; Pons, R. M.; Ortiz, M. E. (2011). El desarrollo del conocimiento matemático. *Psicogente*. Vol. 14 Issue 26, p269-293.
- Seuphor, M. (1964). *Abstract Painting: Fifty Years of Accomplishment, from Kandinsky to Jackson Pollock*. Dell Publishing Company.
- Shiffman, D. (2009). *Learning Processing: a beginner's guide to programming images, animation, and interaction*. Morgan Kaufmann.
- Shiffman, D., Fry, S., & Marsh, Z. (2012). The nature of code (pp. 323-330). D. Shiffman.
- Talbot Rice, D. (1967). *El arte islámico*. Hermes, Barcelona.
- Tomassoni, I., & Mondrian, P. (1970). *Mondrian*. P. Hamlyn.
- Thompson, D. (2003). *Sobre el crecimiento y la forma*, Ediciones Akal, Madrid.
- Torres Balbás, L. (1949). *Arte almohade; Arte nazarí; Arte mudéjar* (No. 4). Plus Ultra.
- Verbeek, C. L. (2011). *Escher: Una manera de mirar. Escher y sus contemporáneos*.
- Vygotski, L. S. (1984). Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar. *Infancia y aprendizaje*, 7(27-28), 105-116.
- Wang, C., Liu, Z., & Chan, S. C. (2015). Superpixel-based hand gesture recognition with kinect depth camera. *IEEE transactions on multimedia*, 17(1), 29-39.
- Webb, J., & Ashley, J. (2012). *Beginning Kinect Programming with the Microsoft Kinect SDK*. Apress.
- Xia, L., Chen, C. C., & Aggarwal, J. K. (2011, June). Human detection using depth information by kinect. In *Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2011 IEEE Computer Society Conference on* (pp. 15-22). IEEE.
- Zhang, Z. (2012). Microsoft kinect sensor and its effect. *IEEE multimedia*, 19(2), 4-10.
- Zea, A., Riveros, O., De Castellanos, V. (s.f). *Habilidades Matemáticas 1*. Editorial Libros y Libros S.A.

{Fin...}

---

“Las matemáticas son el alfabeto  
con el cual Dios ha escrito el  
universo”

---

*Galileo Galilei*

