

Relevamiento, estudio, clasificación y análisis de obras pictóricas para su adaptación al arte generativo

Autor: Joaquín Ibarlucía

Resumen

El presente trabajo realiza un relevamiento de obras pictóricas en su mayoría abstractas pasibles de ser reconocidas dentro de una serie de obras similares realizadas por un mismo artista, durante cierto período de su trayectoria. En base a estas series se realiza un estudio formal y comparativo con el objetivo de encontrar características y criterios adecuados para diferenciarlas según su complejidad. El propósito es descubrir o desarrollar algoritmos generativos capaces de reproducir las distintas obras de cada serie. Identificados estos criterios se logra exitosamente diseñar una clasificación que resulta útil para diferenciar sus algoritmos y ayuda a implementarlos, creando seis aplicaciones que los muestran en acción y que comprueban que el análisis resultó efectivo.

arte pictórico
arte generativo
relevamiento
complejidad
programación

1. Introducción

El arte pictórico, uno de los más importantes en la historia de la humanidad, ha sido la base y el sustento de muchas otras artes que con el tiempo se han despegado de sus raíces formando su propio universo y gramática. El arte generativo se extiende más allá de las bellas artes y las atraviesa transversalmente a todas, desarrollando una gran diversidad de tipologías en diferentes ámbitos. Por este motivo, es un arte abordable desde muchos puntos e intereses. Este trabajo se propone estudiar obras pictóricas generalmente abstractas pertenecientes a una serie de obras similares de un mismo realizador, y analizarlas con el fin de desarrollar algoritmos generativos capaces de crear dichas pinturas y similares. Para esto es necesario realizar un relevamiento de una gran cantidad de series de obras, estudiarlas y clasificarlas buscando criterios que sean útiles para desarrollar un algoritmo a partir de ellas. Una vez terminado esto, se generan aplicaciones que sean capaces de reproducir algunas de las series analizadas. Se divide el proceso entonces en cinco etapas: Relevamiento, Estudio, Clasificación, Análisis y Programación.

2. Relevamiento

Recolecté imágenes e información de 55 artistas pictóricos o afines relevantes para investigar y analizar formalmente en miras de intentar relacionar sus obras con técnicas de arte generativo. Es importante destacar que lo relevado en realidad son series de obras similares de un mismo artista pero que, como muchas veces estas series no están definidas como tal, o no poseen un nombre aceptado o conocido, decidí emplear simplemente el nombre del artista. De dos artistas tomé dos series y las analicé por separado, por lo que en total son 57 las series relevadas.

Hubo más artistas que indagué puesto que pensé que podrían llegar a ser útiles en la investigación pero luego de observar un poco sus obras, no resultaron serlo. De estos, tomé 21 que me parecieron pertinentes de aclarar porque consideré que no servían para el estudio del arte generativo, y lo expliqué en cada caso.

Una parte representativa del relevamiento y otros materiales de la investigación se encuentran al final del informe.

3. Estudio

Una vez terminado el relevamiento, procedí a examinar las obras recolectadas de cada artista y pensar una forma de clasificación que pudiera ser útil para su conversión a arte generativo. Todavía no sabía qué criterios iba a emplear, qué factores eran los más importantes a tomar en cuenta, si establecer niveles o hacer un “ranking”, pero comparando poco a poco a las series entre sí, fueron apareciendo las primeras pistas. Sabía que uno de los factores

más importantes es la complejidad, pero me di cuenta que este parámetro puede resultar muy subjetivo si no se lo explica con propiedad.

Lo primero que advertí es que había obras que, a pesar de ser lo suficientemente abstractas como para ser estudiadas, correspondían a una lógica semántica o figurativa, lo cual volvía fútil su análisis algorítmico. Otro aspecto que noté es que otras obras que parecían similares y que pertenecían claramente a una serie o a un estilo, tenían un universo de elementos y características tan amplio y cambiante que no permitía establecer comparaciones más que estilísticas. A estos dos conjuntos que no me resultaban útiles para esta investigación, decidí colocarlos en un mismo grupo.

Luego comencé a separar los artistas por lo que yo intuía que era su nivel de complejidad, basándome sobre todo en la cantidad de elementos y en la similitud de las obras dentro de cada serie. Mientras más parecida fuera una obra a las otras, generando una baja variación en la serie, menos complejidad tendría. Así, dividí poco a poco las obras en 4 niveles. Sin embargo con el tiempo esta forma de clasificar generó numerosos inconvenientes y tuve que mejorarla.

Pasé en palabras las características que veía en común entre las distintas series de cada nivel, y las fui ajustando constantemente para que fueran más concisas. Algunas obras fueron movidas de un nivel a otro y las descripciones se fueron fortaleciendo.

Los principales aspectos que tomé en cuenta fueron:

- La cantidad de parámetros distintos interviniendo.
- La cantidad de elementos existentes.
- La variación y las diferencias entre las obras de una misma serie.
- La arbitrariedad de las decisiones empleadas en su creación.
- La importancia de la aleatoriedad en las disposiciones y formas.
- La facilidad de comprender el funcionamiento del sistema.
- La pertenencia de las obras a un universo en común o serie de obras.
- La predictibilidad de una obra con respecto a las otras.

Pensando qué tenían en común estas características llegué a una forma sintética de abordar la clasificación: La complejidad algorítmica de las series de obras está determinada por la relación entre la cantidad de constantes y de variables.

+ constantes = + parecidas y sencillas

+ variables = + distintas y complejas

Este razonamiento es interesante como una generalización abstracta, pero oculta todos los matices y rasgos reales que son importantes de estudiar para poder establecer diferencias concretas y visibles entre las obras y sus posibles algoritmos.

4. Clasificación y artistas relevados

La forma de clasificar las series de obras fue mutando a lo largo de la investigación, apuntando a encontrar el método más útil, eficaz y correspondiente con la realidad. El primer intento de clasificación consistió en dividir a los artistas en niveles numerados jerárquicamente desde los más simples a los más complejos, generando así cinco niveles. Pero con el tiempo esta clasificación mostró repetidos problemas y debió replantearse, ya que las razones que separaban a las obras en un nivel u otro no eran de igual naturaleza entre cada nivel, y se terminaban usando distintos criterios sin poder explicar de forma coherente el eje de la clasificación. Las series de obras parecían estar bien agrupadas cuando se las veía juntas (con excepción de algunas que eran más discutibles o dudosas), pero no era el mismo criterio el que separaba al nivel 1 del 2 o al 4 del 5. El nuevo patrón de clasificación buscó solucionar este problema. Siguiendo esta nueva forma, podemos considerar entonces tres grupos detallados a continuación.

4.1. Las series básicas

Son las series más simples de todas, que repiten exactamente una estructura muy básica variando dos o tres parámetros. Se corresponden al anterior nivel 1.

- Barnett Newman
- Rothko Mark
- Fontana Lucio
- Kelly Ellsworth
- Mangold Robert
- Noland Kenneth
- Louis Morris
- Motherwell Robert
- Albers
- Riley Bridget (1)
- Stella Frank (1)

4.2. Las series complejas

Son series con diversos niveles de complejidad. Se dividen a su vez en tres subgrupos que se diferencian entre sí principalmente por una cuestión de grado. Los límites entre estos subgrupos son un poco más líquidos que entre los grupos principales, pero los establecí porque hay patrones que pueden seguirse. Identifiqué esos patrones en una tabla comparativa y en las definiciones que pueden leerse en la primera clasificación realizada en los anteriores niveles 2, 3 y 4. Es necesario aclarar que el concepto “sofisticado” empleado en el tercer subgrupo hace referencia a la acepción “Dicho de un sistema o de un mecanismo: Técnicamente complejo o avanzado.” (definición de la Real Academia Española).

4.2.1. Simples

- Mondrian
- Jawlensky
- Ryman Robert
- Vasarely Victor
- Riley Bridget (2)
- Stella Frank (2)

4.2.2. Elaboradas

- Paul Klee
- Kline Franz
- Hayter Stanley William
- Nicholson Ben
- Eusebio Sempere
- Pollock Jackson
- Tobey Mark
- Hartung Hans
- Van Doesburg

4.2.3. Sofisticadas

- Baumeister Willi
- Diebenkorn Richard
- Dove Arthur

- Francis Sam
- Frantisek Kupka
- Heron Patrick
- Hofmann Hans
- Kandinsky Wassily
- Lissitzky
- Malevich Kazimir
- Miró Joan
- Moholy-Nagy
- Popova Liubov
- Poliakoff Serge
- Reinhardt Ad
- Riopelle Jean-Paul
- Still Clyfford

4.3. Las series no útiles

Son series incapaces de pertenecer a cualquiera de los grupos anteriores debido a diversos y particulares motivos que las volvía poco útiles para un análisis algorítmico. Se corresponden al anterior nivel 5.

- Auerbach Frank
- Boccioni Umberto
- Bomberg David
- Davis Stuart
- Georges Braque
- Giacomo Balla
- Gorky Arshile
- Guston Philip
- Jean Arp
- Joan Snyder
- Klein Yves
- Rodchenko Alexander
- Wilfredo Lam

4.4. Tabla comparativa de las series complejas

	Simples	Elaboradas	Sofisticadas
Elementos	Siempre están presentes todos los elementos y siempre son los mismos.	Puede faltar algún elemento pero nunca aparecen nuevos.	Aparecen y desaparecen elementos constantemente.
Agrupación	Siempre aparece el mismo único grupo de elementos.	Hay un único grupo de elementos aunque no sea siempre igual.	Hay más de un grupo de elementos interactuando.
Figura / Fondo	Siempre hay figuras y fondos reconocibles.	Siempre hay figuras y fondos reconocibles.	No siempre es posible distinguir entre figura y fondo.
Predictibilidad	Con ver una imagen, la próxima será imaginable y predecible, nunca causará sorpresa.	Las obras siguen siendo imaginables en su totalidad, pero pueden sorprender en algunos casos.	En la mayoría de los casos las obras no son predecibles y pueden causar sorpresa al variar bastante respecto a otras.
Organización	No se necesita llevar a cabo una organización compleja de los elementos para que estos funcionen correctamente.	Para poder completar la imagen, es necesario tener en cuenta el orden y la forma en que se colocarán los elementos.	La disposición de los elementos puede llevar a relaciones muy complejas entre ellos que requieren una organización bien planeada.
Semántica	Si aparecen rasgos semánticos no influyen en las decisiones a tomar para la creación de la obra.	Si aparecen rasgos semánticos no influyen en las decisiones a tomar para la creación de la obra.	Pueden aparecer rasgos semánticos en los elementos que determinan su distribución.

4.5. Anterior intento de clasificación (obsoleto)

4.5.1. Nivel 1

Obras que poseen muy poca complejidad y sus algoritmos de fabricación pueden deducirse al instante de haberlas visto. Generalmente poseen muy pocos elementos, y los distribuyen siempre del mismo modo. Básicamente repiten un motivo constantemente, variando siempre los mismos factores. Podríamos decir que están

hechas de constantes y que apenas poseen dos o tres variables. Éstas suelen ser el color, la posición y el tamaño de los elementos, que siempre poseen la misma forma. Estos parámetros, sin embargo, siguen siempre valores fácilmente controlables y predecibles.

4.5.2. Nivel 2

Obras de una complejidad simple. Siempre se utilizan los mismos elementos en todas las obras, nunca aparecen nuevos y siempre se sigue una misma estructura. Los patrones que las forman son fácilmente detectables pero poseen unos pocos factores con un rango de variación muy grande, que son los que las diferencian entre sí de una forma sustancial, generando obras bastante distintas a pesar de usar los mismos elementos. Hay un solo grupo de elementos que conforma toda la obra y es siempre notoria la división entre lo que son las figuras y el fondo.

4.5.3. Nivel 3

Obras que poseen un grupo cerrado de varios elementos muy reconocibles aunque con grandes variaciones en cada obra. Siempre están los mismos elementos aunque a veces pueden faltar algunos. Las obras, aunque reconocibles como pertenecientes a una serie, suelen ser diferentes debido a la disposición en el espacio de los elementos, lo que resulta muchas veces poco predecible. Al igual que en el nivel 2, hay solo un único grupo de elementos y siempre se pueden distinguir las figuras de los fondos.

4.5.4. Nivel 4

Es el nivel más amplio y diverso de todos. Sus obras poseen un universo de elementos que puede ser flexible, encontrándose algunos de ellos sólo en un cuadro de la serie. Estos, sin embargo, no rompen el sistema. Sus disposiciones y variaciones son bastante grandes y muy cambiantes, generando piezas totalmente particulares, muy distintas unas de otras. A diferencia de los otros dos niveles aparecen y desaparecen elementos constantemente. Pueden organizarse en más de un grupo que interactúan entre sí y no siempre es posible distinguir entre figura y fondo. También es necesario mencionar que en algunas series pueden aparecer varios rasgos semánticos que agregan complejidad.

En cualquier obra, de cualquier nivel, mientras se pinta el cuadro, es imperante saber constantemente qué se pintó ya y dónde, para poder seguir pintando. Sin embargo, en varias series del nivel 4, poder hacer un reconocimiento constante de lo realizado es un trabajo mucho más complejo ya que se debe tener un control mucho más minucioso de cada trazo, figura y color empleado, ya que estos condicionarán sustancialmente a los siguientes.

El nivel 3 y el 4 son similares en varios aspectos pero se diferencian entre sí por estos detalles mencionados, y por una cuestión de grado con respecto a cuánto se permiten diversificar sus sistemas.

4.5.5. Nivel 5

Obras que, a pesar de corresponder a un universo concreto e identificable, los límites de pertenencia a éste son muy amplios y laxos haciendo que todas las obras pueden agregar elementos o sacarlos. También pueden aparecer referencias figurativas semánticas que invocan una disposición lógica propia de los elementos, lo cual imposibilita su adaptación algorítmica desde patrones que no se basen en la pura arbitrariedad. Otras características son la falta de similitud entre las obras y la falta de obras suficientes como para establecer una serie. Es el nivel más variado de todos, y cada artista tiene sus cuestiones particulares que lo hacen estar adentro.

5. Análisis

Una vez formados los grupos, empecé a analizar algunas de las series y a describirlas semántica y algorítmicamente, para poder establecer comparaciones y descubrir en la práctica por qué las obras pertenecen a distintos grupos y también grados de complejidad. Más adelante en el relevamiento pueden leerse todos los algoritmos y descripciones realizadas. En el material digital pueden verse aplicaciones programadas para varias de estas series de artistas que generan obras similares a sus cuadros en base al estudio realizado. Las series analizadas fueron: Barnett Newman, Albers, Fontana Lucio, Rothko Mark, Mangold Robert, Mondrian, Stella Frank (2), Ryman Robert, Riley Bridget (2), Nicholson Ben, Kline Franz, Paul Klee y Malevich Kazimir.

En las series básicas me resultó relativamente fácil encontrar algoritmos que pudieran emplearse. Es preciso aclarar que no se trata de “descubrir” el algoritmo empleado por el artista, sino inventar uno que pueda amoldarse, ya que uno no tiene forma de afirmar que el artista lo hubiera pensado o realizado así. En las series más simples dentro del grupo de las complejas, todavía podía explicarse el procedimiento a seguir pero con mucha mayor dificultad, teniendo que recurrir al azar como método crucial en la toma de decisiones sobre la cantidad de variables que es mucho mayor que en las series básicas. En las series elaboradas, y en las sofisticadas aún más, la descripción procedural se complica puesto que entran en juego sistemas de reglas a aplicar y variaciones arbitrarias tan enormes que hacen que el procedimiento dependa de tomar decisiones azarosas constantemente y de encontrar soluciones a diversas situaciones que pueden generarse eventualmente al controlar tantas variables interactuando juntas. Intentar escribir sistemas tan complejos en pseudocódigo solo vale la pena en una forma resumida que muestre la estructura y lógica principal, pero de nada sirve detallar cada fragmento de forma escrita si no se va a poder ver su resultado.

Buscar inventar un algoritmo que sea capaz de realizar un determinado espectro de obras, implica que puede además generar muchas más que no son las presentes creadas por el artista sino

mezclas de ellas nunca antes inventadas, y hay que tener la seguridad de que estas nuevas obras seguirán perteneciendo al sistema y no se producirán excepciones o reglas antes no existentes. A mayor cantidad de constantes, más fácil será determinar si las nuevas obras se adecuan al sistema y menos pasos necesitará su algoritmo para funcionar. Si la cantidad de variables es mayor, sucede exactamente lo contrario.

6. Aclaraciones

6.1.1. Complejidad

El término “complejidad” resulta, aunque parezca una tautología, complejo. Debido a que lo adopté como un pilar importante para la clasificación de las obras, considero que es necesario reflexionar acerca de su significado y sus implicancias, ya que pareciera fácil entender a qué se refiere, pero es difícil explicarlo de forma exacta.

La Real Academia Española lo define de varias formas, aunque todas me parecen simples y vagas:

“1. adj. Que se compone de elementos diversos.

2. adj. complicado (|| enmarañado, difícil).

3. m. Conjunto o unión de dos o más cosas.”

(Real Academia Española)

La Wikipedia básicamente junta las tres definiciones anteriores en una sola:

“Complejidad es la cualidad de lo que está compuesto de diversos elementos. En términos generales, la complejidad tiende a ser utilizada para caracterizar algo con muchas partes que forman un conjunto intrincado.” (Wikipedia)

Entonces, podríamos decir que los niveles que yo consideré como más complejos (con más variables) son aquellos que están compuestos de más partes y de forma enmarañada o intrincada.

Philip Galanter, sin embargo, da una vuelta de tuerca al concepto. En su paper “What is Generative Art? – Complexity Theory as a Context for Art Theory” (“¿Qué es el arte generativo? – Teoría de la Complejidad como un Contexto para la Teoría del Arte”) brinda uno de los más importantes panoramas acerca del Arte Generativo y realiza un enfoque sobre teorías científicas acerca de la complejidad que pueden ser útiles para el arte.

Buscando un término científico que le sirviera, Philip encuentra el de “Complejidad efectiva”:

“What is needed is a measure of “effective complexity” (EC) such that systems that are highly ordered or disordered are given a low score, indicating simplicity, and systems that are somewhere in between are given a high score, indicating complexity” (Philip Galanter, 2003).

Lo que dice el autor es que tanto la sorpresa constante que causa un sistema completamente aleatorio como la redundancia que genera uno siempre determinado, resultan en una baja complejidad efectiva. Solo una mezcla entre ambas podrá generar un mayor nivel de complejidad.

Esto me hizo rever mi idea de que más variables (más aleatoriedad) significan más complejidad. Estudiando bien el texto de Galanter, e intentando aplicar sus ideas a las series de obras que yo estaba analizando, me di cuenta que, aunque estoy totalmente de acuerdo con su planteamiento acerca de qué es lo que vuelve más compleja una obra, creo que la diferencia está en el propósito para el cuál se está usando el término.

Philip realiza su estudio sobre la base de pensar los sistemas según cuánta información generan para los humanos, considerando que la aleatoriedad total transmite tan poca información como la repetición total, ya que ambos se vuelven sencillos de comprender y podemos extraer pocos significados de ellos. Esto podría relacionarse también con los estudios de la Gestalt acerca de la percepción humana. En cambio, mi clasificación se vale del término para medir qué tan complejo puede resultar describir ese sistema mediante un algoritmo. Para que no se generen confusiones, prefiero emplear el término de complejidad algorítmica.

Creo que la mejor forma de explicar esto es mediante un ejemplo. Supongamos una obra de arte generativo que pudiera producir absolutamente cualquier obra. Su nivel de complejidad efectiva sería bajísimo ya que nunca podríamos predecir absolutamente nada encontrándose en el extremo de lo desordenado. Sin embargo, lograr describir dicho algoritmo, sería el reto más complejo de todos ya que uno no puede simplemente programar “realice cualquier cosa”, sino que tiene que prescribir todos los pasos a seguir capaces de generar absolutamente todo lo posible. Quizás aquí se encuentre la diferencia entre el arte generativo pensado para ser resuelto por computadoras y el concebido para ser creado por humanos. En efecto, se podría argumentar que la orden “realice cualquier cosa” es en sí un paso algorítmico posible para ser ejecutado por un ser pensante. Llegamos así a la conclusión de que la complejidad no es igual para una máquina que funciona digitalmente que para un ser humano, que es la varilla que utiliza Galanter para medir, analizar y clasificar las obras de arte generativo. La varilla usada en esta investigación es la computadora y así se clarifica la disyuntiva en la utilización del término.

6.1.2. Diferentes series de un mismo artista

Dos artistas poseen dos series de obras que me interesaba analizar, pero que tuve que clasificar en distintos grupos. Debido a que no denominé las series según sus nombres, ya que no todas poseen uno, decidí colocar al lado de los nombres de estos artistas un (1) o un (2) para diferenciar las series. Estos son:

- Riley Bridget
- Stella Frank

6.1.3. Expresividad de la técnica

Un factor que suele cobrar importancia a la hora de buscar encontrar procedimientos repetidos y describir una obra de forma procedural, es la expresividad de la técnica pictórica o manual empleada. Muchas veces el empleo de la mano o la utilización de alguna herramienta le dan a las formas generadas y a la obra cierto componente azaroso o cualidades muy complejas que resultan difíciles de detallar de forma algorítmica.

Sin embargo, como estas cuestiones tienen que ver más con ciertas cualidades estilísticas de los cuadros, considerarlas como factores que afectan la complejidad (que de verdad lo son), generaría una distracción para analizar y comparar algoritmos de forma productiva. Pensemos que si decidiera tenerlo en cuenta, la gran mayoría de las obras, al haber sido hechas por manos humanas y herramientas analógicas, tendrían niveles altos de complejidad, quedando solo las obras con líneas y formas geométricas ubicadas en los niveles sencillos. De esta forma, estaría clasificando los cuadros inconscientemente entre los que poseen “trazos limpios” y “trazos sucios”, lo que se aleja considerablemente de lo que busco hacer. Es una decisión como todas arbitraria, pero me parece la más útil para mis propósitos.

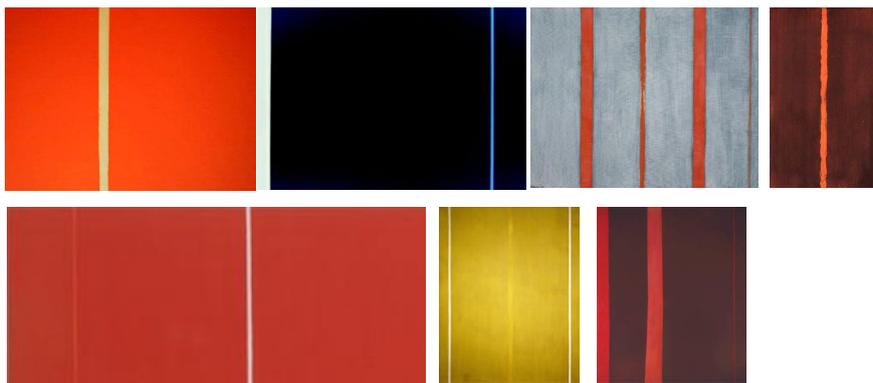
7. Relevamiento y algoritmos

A continuación se podrá ver una selección de las series de obras relevadas, clasificadas en sus grupos, subgrupos, series y artistas correspondientes. Se eligieron las más representativas para cada grupo. En algunas series podrá leerse un análisis semántico, algorítmico o ambos, y en algunos casos redacté también el proceso de cómo fue generar su aplicación.

7.1. Series básicas

7.1.1. Barnett Newman

7.1.1.1. Obras



7.1.1.2. Algoritmos

7.1.1.2.1. Descripción semántica

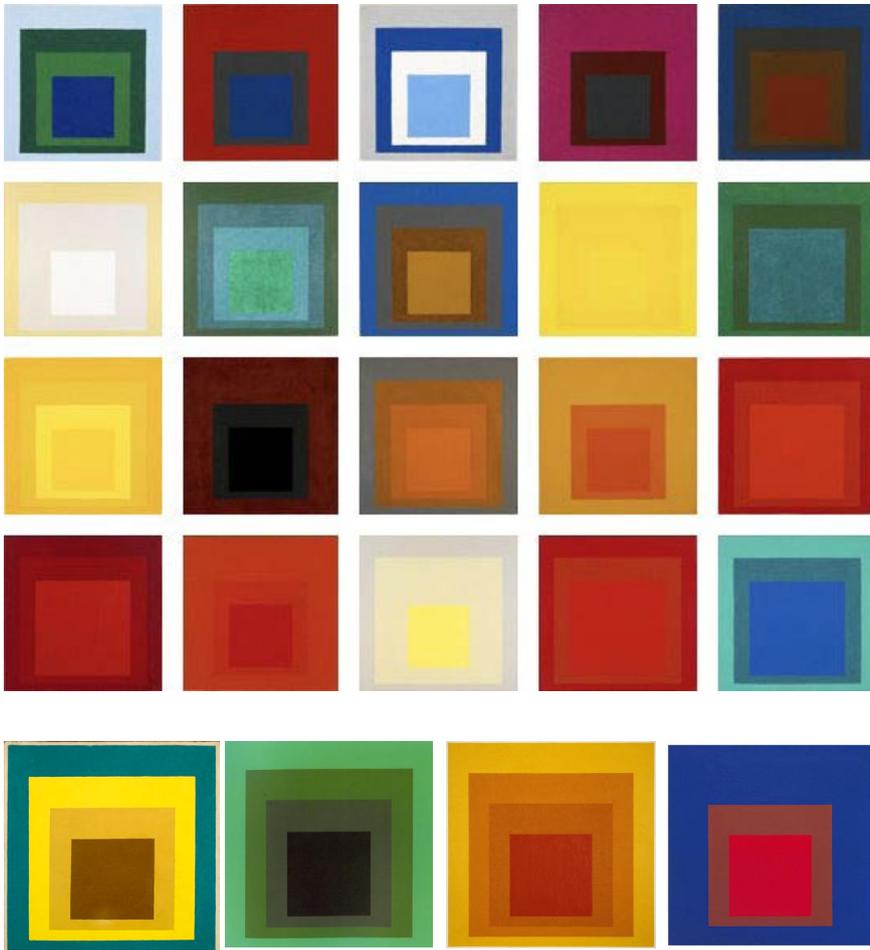
Las obras consisten siempre en fondos planos de un color que ocupan todo el marco y líneas verticales que lo atraviesan desde el borde superior hasta el inferior. Las líneas pueden variar su color y su grosor dentro del mismo cuadro e incluso hay algunas que poseen un color muy similar al fondo pero un poco más claro u oscuro. A veces las líneas están dispuestas de forma simétrica y en pocas excepciones una o más líneas están pegadas a uno de los bordes laterales del cuadro. Los lienzos pueden ser tanto apaisados como verticales.

7.1.1.2.2. Descripción procedural

- Genere un número al azar mayor a cero. Éste corresponderá a la medida de uno de los lados del lienzo.
- Genere otro número multiplicando el anterior por un valor al azar entre 1.1 y 2.3. Éste corresponderá a la medida de otro de los lados.
- Seleccione al azar: Lienzo vertical u horizontal.
- Genere un lienzo rectangular cuyos lados sean los dos valores anteriores y posicónelo según la orientación seleccionada.
- Genere un número entero al azar entre 1 y 4 (incluyendo ambos). Éste será la cantidad de líneas a dibujar.
- Genere un número al azar mayor a cero y menor a $1/3$ del ancho del lienzo. Éste será el grosor de la primera línea a dibujar.
- Si hay una segunda línea, calcule un valor entero al azar entre 1 y 2 (incluyendo ambos). Si el valor es dos, el grosor de la línea será igual al grosor de una de las líneas anteriores elegida al azar. De lo contrario calcule un nuevo grosor siguiendo el paso anterior.
- Repita el último paso por las líneas que queden restantes.
- Seleccione un color al azar para el color del fondo. Pinte el fondo con este color.
- Repita el mismo procedimiento usado para calcular los grosores, pero con los colores de las líneas, asegurándose que ningún color se asemeje demasiado al color del fondo en base a un umbral determinado.
- Por cada línea y en orden, calcule un valor para su posición en el eje X, asegurándose que su ancho no choque con ninguna línea colocada anteriormente, y deje un margen mínimo de distancia igual al menor de todos los grosores existentes entre las líneas.
- Coloque las líneas sobre el lienzo de forma vertical, llegando desde el extremo superior al inferior, en su posición X respectiva.

7.1.2. Albers

7.1.2.1. Obras



7.1.2.2. Algoritmos

7.1.2.2.1. Descripción semántica

Toda la serie de obras es extremadamente parecida, siguiendo una estructura formal fija de tres o cuatro cuadrados superpuestos con las mismas relaciones de tamaño y posición en todas las obras. El único factor que varía y le otorga personalidad y singularidad a las obras es el color, a veces elegido siguiendo paletas de colores complementarios y a veces rompiendo con éstas. En algunos casos, se realizan transiciones entre un color ubicado en el cuadrado mayor y otro ubicado en el central.

7.1.2.2.2. Descripción procedural

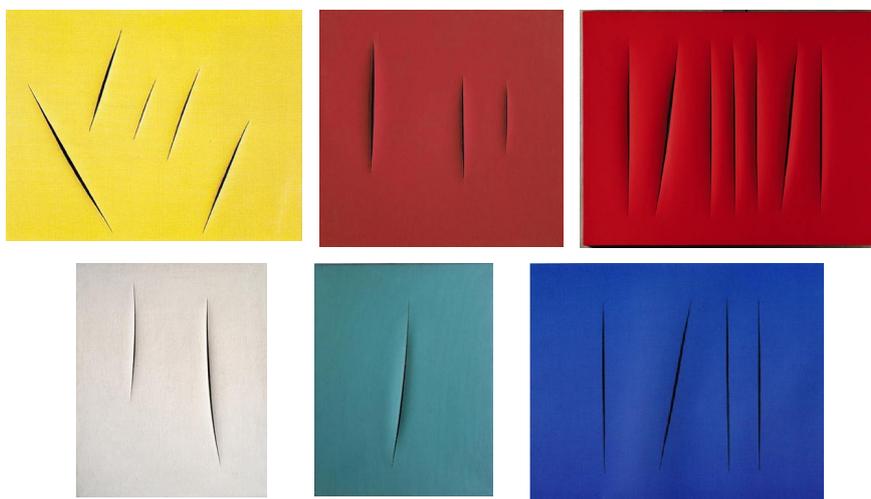
- Genere un lienzo cuadrado.
- Calcule un valor entero al azar entre 1 y 10 (incluyendo ambos). Si el valor no es 7, continúe los pasos con normalidad sin saltarse la creación de ningún cuadrado. Si el valor es 8, 9 o 10, saltee el paso que le sea indicado, generando un cuadrado menos, pero continúe con las ubicaciones absolutas de los

cuadrados de la misma manera que si no lo hubiera salteado.

- Si el valor obtenido antes es 8, saltee este paso. Genere un cuadrado que mida el 80% del lienzo total. Calculando desde el lienzo, colóquelo centrado horizontalmente dejando un margen de 10% de cada lado, y levemente corrido del centro en el eje vertical dejando un margen superior del 15% y uno inferior del 5%.
- Si el valor obtenido antes es 9, saltee este paso. Genere otro cuadrado que mida el 60% del lienzo total. Calculando desde el lienzo, colóquelo centrado horizontalmente dejando un margen de 20% de cada lado, y levemente corrido del centro en el eje vertical dejando un margen superior del 30% y uno inferior del 10%.
- Si el valor obtenido antes es 10, saltee este paso. Genere un último cuadrado que mida el 40% del lienzo total. Calculando desde el lienzo, colóquelo centrado horizontalmente dejando un margen de 30% de cada lado, y levemente corrido del centro en el eje vertical dejando un margen superior del 45% y uno inferior del 15%.
- Seleccione un color al azar para el fondo del lienzo (que podría ser considerado el cuadrado mayor), y otro para el cuadrado mas pequeño de todos (que podría ser el tercero o el cuarto según el caso).
- Calcule un valor entero al azar entre 1 y 3 (incluyendo ambos). Si el valor es 1 o 2, continúe con el siguiente paso y saltee el último. Si el valor es 3, saltee el siguiente paso.
- Seleccione el color o los dos colores faltantes como intermedios de una transición entre el color inicial y el final.
- Seleccione el color o los dos colores faltantes a partir de una paleta de colores compatibles que incluya a los dos colores ya seleccionados anteriormente. Aplique el o los colores nuevos a los dos cuadrados que faltaban rellenar.

7.1.3. Fontana Lucio

7.1.3.1. Obras



7.1.3.2. Algoritmos

7.1.3.2.1. Descripción semántica

Sobre un lienzo de tela, realiza tajos generalmente verticales que pueden tener una pequeña curvatura o ser rectos. También pueden tener ciertas inclinaciones. Generalmente todos los tajos son rectos o todos son curvos, no hay mezclas a diferencia de las inclinaciones que pueden aparecer junto a tajos rectos. Los tajos suelen estar más o menos centrados, y nunca se cruzan ni se tocan. Mantienen una distancia que seguramente se deba a que si los realizaba más cercanos, la tela podría romperse.

7.1.3.2.2. Descripción procedural

- Genere un número al azar mayor a cero. Éste corresponderá a la medida de uno de los lados del lienzo.
- Genere otro número multiplicando el anterior por un valor al azar entre 1.0 y 1.3. Éste corresponderá a la medida de otro de los lados.
- Seleccione al azar: Lienzo vertical u horizontal.
- Genere un lienzo rectangular cuyos lados sean los dos valores anteriores y posicónelo según la orientación seleccionada.
- Calcule un valor entero al azar entre 1 y 8 (incluyendo ambos). Este valor corresponderá a la cantidad de tajos a realizar sobre el lienzo.
- Calcule un valor entero al azar entre 1 y 4 (incluyendo ambos). Si el valor es 4, deberá realizar los tajos de forma curva, siempre curvándolos en el mismo sentido.
- Si el valor anterior no fue 4, calcule un nuevo valor entero al azar entre 1 y 8 (incluyendo ambos). Si el valor es 8, calcule un nuevo valor entero al azar entre 1 y 2 (incluyendo ambos). Dependiendo este último valor, 1 o 2 de los tajos tendrán una inclinación al azar entre 25° y 75° desde el eje vertical (hacia la derecha o hacia la izquierda, también decidido al azar).
- Todos los tajos que no sean afectados por el paso anterior, estarán dispuestos verticalmente, con un grado de inclinación elegido al azar entre 0° y 25° (hacia la derecha o hacia la izquierda, también decidido al azar).
- Los tajos se colocarán sobre el lienzo dejando siempre un margen mínimo respecto al borde de un 5% del lienzo total.
- Calculamos la posición en el eje Y de cada tajo mediante un valor al azar distinto generado entre el borde superior y el inferior más el margen del 5%.
- Si hay un solo tajo: lo colocamos centrándolo en el lienzo.

- Si hay más de un tajo:
 - Dividimos la mitad del ancho total del lienzo por la cantidad de tajos, y usamos este valor como el valor mínimo de distancia.
 - Dividimos el ancho total del lienzo (menos 10% de los márgenes) por la cantidad de tajos, y usamos este valor como el valor máximo de distancia.
 - Colocamos el primer tajo sobre el eje X calculando hacia su izquierda (y a partir del margen mínimo del 5%) un valor al azar entre el mínimo y el máximo conseguidos. Repetimos este paso para todos los tajos pero calculando el valor a partir del último tajo colocado en vez de hacia la pared.
 - Si los tajos no logran entrar dentro del eje X del lienzo respetando el margen del 5%, repetir el paso anterior hasta que no suceda.

7.1.4. Rothko Mark

7.1.4.1. Obras



7.1.4.2. Algoritmos

7.1.4.2.1. Descripción semántica

Estas obras se basan en un lienzo vertical cuyo fondo está pintado de un color plano. Sobre éste se colocan rectángulos apaisados que siempre dejan un borde alrededor para poder vislumbrar el fondo. Estos rectángulos, que no suelen ser más de tres, tienen colores diferentes al fondo y bordes difusos mediante el uso del pincel de forma intencionalmente “desprolija”. Los rectángulos pueden variar en sus colores y en sus dimensiones.

7.1.5. Mangold Robert

7.1.5.1. Obras



7.1.5.2. Algoritmos

7.1.5.2.1. Descripción semántica

Círculos: Cada obra es un círculo completo (estrictamente una circunferencia) que puede estar dividido verticalmente en dos semicírculos o no. También puede decirse que siempre está formado por estos semicírculos pero que muchas veces son iguales, haciendo que se vea como un círculo uniforme. Si uno de los semicírculos es más grande que el otro, el ancho puede superar al otro por el doble o por un tercio, y su color es distinto al de la otra mitad. Por dentro del círculo, hay siempre otro hecho con una línea tenue que marca la mitad del ancho. Otras líneas tenues suelen dividir los semicírculos en medios, tercios, cuartos, etc. Por último, líneas curvas más oscuras recorren los círculos describiendo ciertos movimientos sinusoidales.

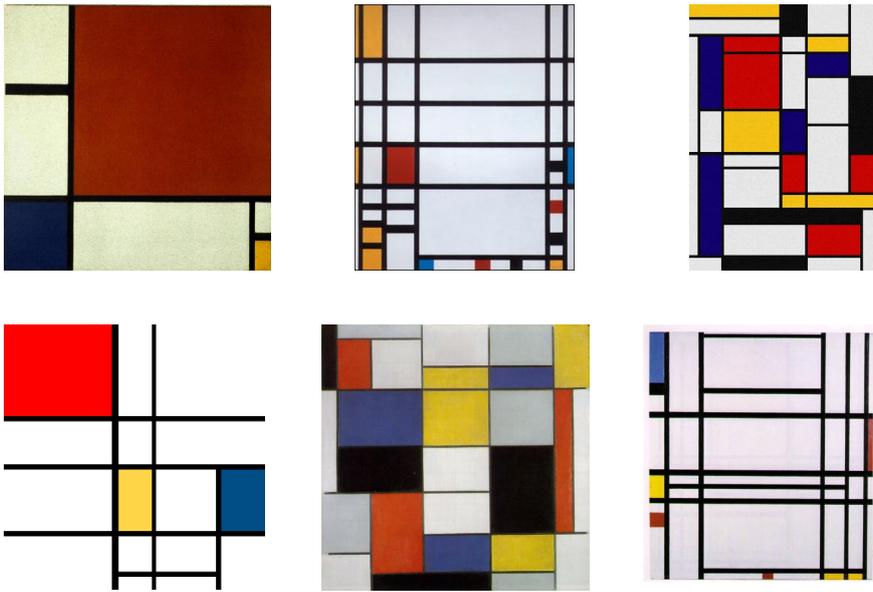
Rectángulos: Estas obras consisten en cuatro rectángulos de diferentes colores ubicados como las aristas de un rectángulo vertical. A veces las puntas encajan unas sobre otras perfectamente y a veces no. Por dentro de los rectángulos una línea negra curva describe un óvalo imperfecto que llega desde el extremo superior al inferior.

7.2. Series complejas - Subgrupo simples

7.2.1. Mondrian

7.2.1.1. Obras

7.2.1.2. Algoritmos



7.2.1.2.1. Descripción semántica

Las obras constan de un universo muy cerrado y básico de elementos: líneas negras y rectángulos rellenos con los mismos colores, sobre un fondo blanco. A pesar de esto, las variables de distribución, posición y color generan piezas distinguibles y particulares.

7.2.1.2.2. Descripción procedural

- Genere un lienzo rectangular apaisado o vertical, cuya diferencia entre los lados no supere 1x1.5.
- Genere un valor al azar entre el 0.8% del lado más largo y el 3%. Este valor será el grosor de las líneas.
- Calcule dos valores enteros al azar entre 1 y 5 (incluyendo ambos). El primer valor indicará la cantidad de líneas verticales que crucen el lienzo desde un borde al opuesto y el segundo las horizontales.
- Dibuje las líneas anteriores.
- Calcule un valor al azar entre 1 y 2 (incluyendo ambos). Si el valor es 2, elija una posición sobre el eje Y al azar y coloque una línea horizontal entre el borde izquierdo y la primera línea vertical, sobre esa altura del eje Y. Si ya hay una línea a esa altura del eje Y, genere un nuevo valor azaroso hasta que esto no suceda. Calcule un nuevo valor al azar entre 1 y 3 (incluyendo ambos). Si el valor es 3, extienda la línea creada hasta la próxima línea vertical, y vuelva a calcular otro valor y prolongue la línea hasta que no saque 3. Repita todo este paso hasta no obtener 2.
- Repita el paso anterior, pero generando líneas horizontales entre la primera línea vertical y la segunda, luego entre la segunda y la tercera, etc., hasta generar líneas entre la última línea y el lado derecho.

- Repita los dos pasos anteriores pero generando líneas en el sentido vertical en vez del horizontal.
- Cuente la cantidad de rectángulos generados entre las líneas (incluyendo los bordes).
- Genere un valor al azar entre 3 y el 60% de la cantidad total de rectángulos. Este valor será la cantidad de rectángulos a pintar.
- Seleccione una cantidad de rectángulos al azar según el valor anterior, sin repetirlos, y píntelos con un color definido al azar entre rojo (28%), azul (28%), amarillo (29%), negro (12%) y gris (3%).

7.2.2. Stella Frank (2)

7.2.2.1. Obras



7.2.2.2. Algoritmos

7.2.2.2.1. Descripción semántica

Obras que siguen siempre las mismas estructuras, jugando las relaciones geométricas entre los cuadrados y los círculos. Tienen, sin embargo, una complejidad mucho mayor de la que aparentan en una primera mirada.

7.2.2.2.2. Descripción procedural

- Genere una grilla de dos dimensiones cuya cantidad de columnas sea un valor entero al azar entre 1 y 5 (incluyendo ambos), y cuya cantidad de filas sea un valor entero al azar entre 1 (20%) y 2 (80%) (incluyendo ambos).
- Si la cantidad de filas es 1, la todas las celdas estarán llenas.
- Decidir al azar si la celda superior izquierda estará vacía o llena. Si resulta vacía, la inferior a ésta será llena.
- A partir de la celda que se haya llenado, sortear si sus celdas

consecutivas hacia la derecha, izquierda, arriba y abajo (que no hayan sido declaradas como llenas o vacías aún) serán llenas o vacías.

- Continuar aplicando el procedimiento del paso anterior a las nuevas celdas que hayan sido declaradas como llenas, e ir avanzando hacia la derecha teniendo en cuenta que siempre al menos una celda por columna deberá estar llena y que las celdas llenas deben siempre estar pegadas por alguna de sus aristas a otra celda también llena, generando una “serpiente” o un cuerpo unido.
- Generar las celdas con dimensiones cuadradas. Dentro de cada celda dibujaremos el contorno de una figura que puede tener dos formas: Cuadrada o con dos lados en ángulo recto y una curva entre los dos extremos.
- Revisar celda por celda cuáles son los contactos de sus aristas. Si una celda está pegada a otra, las aristas en contacto serán cuadradas. Si una celda está pegada al borde de la grilla, y sus otras aristas ya son rectas, se decide al azar si las aristas en cuestión serán rectas o curvas. Si dos aristas juntas no establecen contacto con nada, formarán la línea curva. Si la curva puede incluir tanto a la arista superior como a la inferior, se decidirá siempre por la superior.
- Cuando las dos aristas laterales de un cuadrado son rectas debido a que están pegadas a otras, y su arista inferior también es recta, se forma un hundimiento hacia la mitad de la arista superior, siguiendo el cruce de dos curvas.
- Rellenamos las figuras: Si la celda posee una curva, la rellenamos con siete curvas del mismo ancho del borde. Si la celda posee el hundimiento, rellenamos con siete curvas que se entrecruzan (desde arriba la primer curva izquierda es cruzada por las dos derechas, que son cruzadas por las dos izquierdas, y así hasta completar), Si la celda es cuadrada, la rellenamos con dos conjuntos de siete curvas cada uno enfrentados diagonalmente, haciéndolos coincidir con la dirección de las curvas de las celdas en contacto.
- Eligiendo amplias paletas de color, pintamos los bordes y las curvas internas, rellenando los semicírculos formados entre distintas celdas, con los mismos colores.

7.2.3. Ryman Robert

7.2.3.1. Obras



7.2.3.2. Algoritmos

7.2.3.2.1. Descripción semántica

Obras sencillas basadas principalmente en la forma de la pincelada. Siempre repiten el mismo proceso sin ninguna variante más que la azarosa forma en que se dieron las pinceladas en el momento de realizar la obra.

7.2.3.2.2. Descripción procedural

- Genere un lienzo de proporciones cuadradas.
- Pinte el fondo con algún color dentro de los grises o de los naranjas.
- Elija un grosor de pincelada entre el 2% y el 7% del ancho del lienzo. Las pinceladas se realizarán desde el borde izquierdo hasta llegar al borde derecho, pudiendo superponerse.
- Decida si realizará una primera capa de pinceladas de color verde o no. En caso afirmativo, realícelas sin llenar todo el lienzo y en menor cantidad que las blancas.
- Calcule al azar el porcentaje aproximado del lienzo que estará ocupado por pinceladas blancas, teniendo como mínimo el 60% y como máximo el 100%.
- Realice las pinceladas blancas. Según el porcentaje a llenar, habrá más espacios vacíos o más espacios pintados.

7.2.4. Riley Bridget (2)

7.2.4.1. Obras



7.2.4.2. Algoritmos

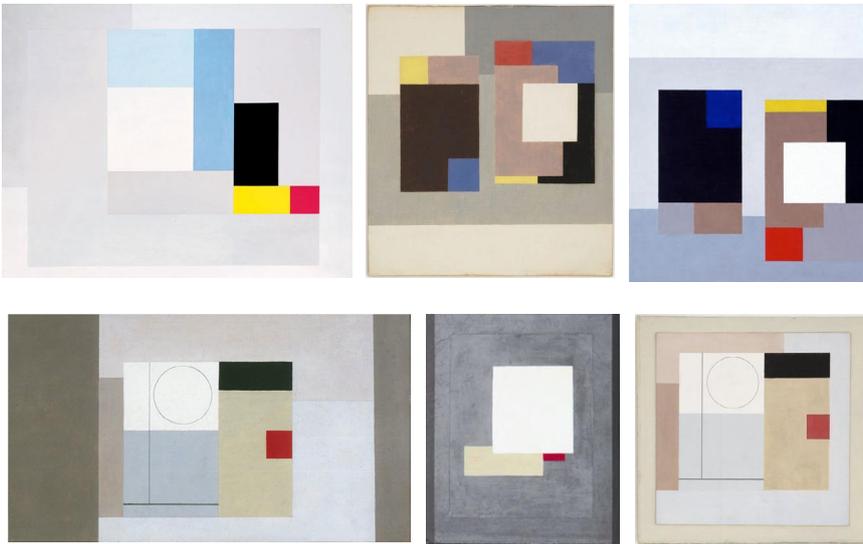
7.2.4.2.1. Descripción procedural

- Genere un lienzo apaisado de proporciones 1:1.4
- Divídalo en 20 columnas de igual medida.
- Comenzando por la columna de la izquierda y por el borde superior, rellene las columnas con cuadriláteros apaisados de forma diagonal ascendente hacia el lado derecho. Todos iguales.
- Para pintarlos, primero elija al azar si va a haber cruces entre las columnas o no, si solo habrá cruces y colores planos, y si va a haber cuadriláteros que se salgan de sus columnas o no.
- Cuando pinte un cuadrilátero elija al azar si este estará aislado o si varios subsecuentes estarán pintados del mismo color.
- Si decidió que haya cruces, elija al azar también si los siguientes cuadriláteros estarán cruzados o no, y en caso afirmativo, guarde las posiciones de los cuadriláteros de la siguiente columna que deberán ir pintados y píntelos cuando llegue allí. Lo mismo aplica si decidió que solo haya cruces y colores planos.
- Si decidió que puedan aparecer cuadriláteros que sobresalgan, cuando pinte cada uno de ellos elija al azar con un bajo porcentaje, si éste va a sobresalir o no, y en caso afirmativo, extiéndalo un poco.

7.3. Series complejas – Subgrupo elaboradas

7.3.1. Nicholson Ben

7.3.1.1. Obras



7.3.1.2. Algoritmos

7.3.1.2.1. Descripción semántica

Las obras están basadas en rectángulos, cuadrados y círculos, ubicados siempre con sus aristas paralelas a los lados del lienzo, por lo que no poseen diagonales. La cantidad de elementos, su posición, tamaño y color, definen la obra. Debido a la arbitrariedad existente sobre las decisiones de estos parámetros en cada obra, se me complicó mucho realizar una descripción procedural útil en valores algorítmicos, y terminé empleando demasiado el azar, marcando solamente patrones que deben o que pueden seguirse, según el caso.

7.3.1.2.2. Descripción procedural

- Genere un lienzo rectangular o cuadrado, apaisado o vertical.
- Decida al azar si la obra tendrá un solo conjunto de cuadrados o si poseerá dos.
- Aplique a las próximas figuras a generar las siguientes tres reglas:
- Regla 1: Siempre las aristas de los rectángulos deben ser perpendiculares a los bordes del lienzo, de modo que ninguna línea aparezca nunca en diagonal.
- Regla 2: Siempre al menos una arista de cada rectángulo debe estar apoyada sobre otra arista, evitando la presencia de figu-

ras (no circulares) flotando en el espacio.

- Regla 3: Los círculos o circunferencias nunca pueden atravesar o ser atravesados por otras figuras.
- Genere los primeros rectángulos del fondo en posiciones azarosas.
- Genere los rectángulos del conjunto principal o de los dos conjuntos, desde los más exteriores hasta los interiores.
- Genere por último los círculos y circunferencias.

7.3.2. Kline Franz

7.3.2.1. Obras



7.3.2.2. Algoritmos

7.3.2.2.1. Descripción semántica

Las obras están formadas por rayas de color negro sobre fondos de colores claros. Las disposiciones de éstas y sus formas son muy singulares en cada obra, siguiendo pocos patrones reconocibles, lo que dificulta su conversión a reglas algorítmicas.

7.3.2.2.2. Descripción procedural

- Genere un lienzo rectangular apaisado.
- Pinte el lienzo de un color claro y de forma “sucia”.
- Genere líneas de diferentes grosores siguiendo estos parámetros:
- Las líneas pueden ser rectas, quebrarse, formar curvas, variar su grosor muy gradualmente o de forma abrupta.
- Las líneas siempre serán negras.
- Las líneas deben parecer estar hechas mediante un pincel, pudiendo variar su presión sobre la hoja y cantidad de tinta, además de generar suciedad.
- Varias veces las líneas se interrumpirán al chocarse con otras.

- Al menos cinco líneas deben surgir desde los bordes del lienzo.
- Al menos una línea debe atravesar el lienzo desde un borde al opuesto.

7.3.3. Paul Klee

7.3.3.1. Obras



7.3.3.2. Memoria descriptiva de su programación

Estas obras parecen sencillas a simple vista, pero poseen una complejidad mucho mayor de la que aparentan. Al principio pensé en encarar el algoritmo ubicando rectángulos desde la esquina superior izquierda hacia abajo y, una vez completada la primera columna, seguir con la siguiente en la misma dirección, hasta completar el lienzo. Éste método simple encontraba muchas falencias en la práctica, ya que no contemplaba que los cuadrados al variar sus longitudes podrían pasar a ocupar espacios mayores o menores, encontrándose más de uno por fila y generando problemas de solapación. Decidí entonces probar dibujar estas obras a mano, sobre papel, siguiendo como algoritmo: colocar un rectángulo en el centro, luego colocar cuadrados pegados a él hasta completar sus aristas y seguir así con los siguientes cuadrados generados hasta llenar el lienzo. Parecía una técnica válida, pero tenía el problema de que siempre terminaba rellenando espacios molestos que se generaban reconociéndolos gracias a la capacidad humana y los resultados se parecían más a un cúmulo de cuadrados de diferentes tamaños que a las obras originales.

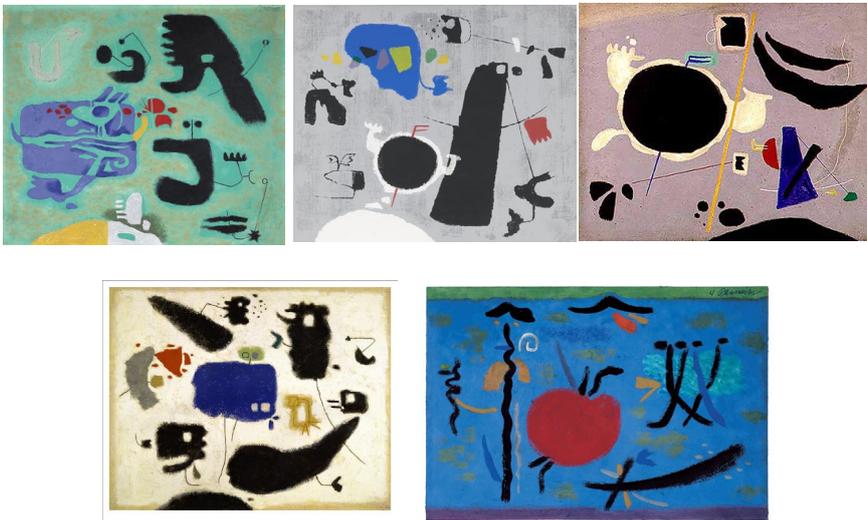
Pensando e investigando qué método podría servirme, encontré un tipo de estructura de datos que podría ser muy útil, llamado

QuadTree. Se podría resumir como la división de un espacio de forma recursiva. Es decir, a un espacio vacío lo divido en cuatro cuadrantes y a cada uno de estos cuadrantes lo vuelvo a dividir, y así sucesivamente, formando ramificaciones como un árbol. Pero es preciso aclarar que lo conveniente de esto es que no todas las ramificaciones deben tener la misma extensión, y en algunos cuadrantes uno puede optar por dejar de subdividir, generando espacios más grandes. La técnica sirvió pero tenía varios inconvenientes, como que siempre generaba imágenes muy simétricas, y que las figuras eran muy perfectas, sin aparecer dobles o inclinaciones. Para contrarrestar la simetría agrandé la imagen y cambié su posición, para que no apareciera el eje central, y para generar las imperfecciones apliqué distorsiones azarosas sobre la imagen resultado, generando líneas inclinadas y deformaciones. La aplicación lograda tiene sus problemas, sobre todo en la distorsión y en la ausencia de texturas, pero consigue varias veces generar obras similares a las originales. La dificultad enfrentada durante la programación y el resultado final demuestran que la clasificación no fue errónea y que la complejidad algorítmica aumentó un poco respecto a las aplicaciones anteriores.

7.4. Series complejas - Subgrupo sofisticadas

7.4.1. Baumeister Willi

7.4.1.1. Obras



7.4.2. Kandinsky Wassily

7.4.2.1. Obras



7.4.3. Malevich Kazimir

7.4.3.1. Obras



7.4.3.2. Memoria descriptiva de su programación

Lograr programar algo que pudiera mínimamente asemejarse a esta serie de obras fue un camino muy difícil y el resultado sigue teniendo numerosas falencias, pero su proceso fue muy rico e interesante. Empecé atolondradamente creando figuras sobre el lienzo vacío intentando acomodarlas vagamente según distintos patrones. Pero las imágenes que se generaban eran caóticas, sin sentido y una organización muy pobre. Seguí intentando sin buenos resultados hasta que me di cuenta que era necesario estudiar más las imágenes.

Si se aprecian bien las obras, éstas están compuestas por grupos de figuras bien marcados. Hay dos tipologías importantes de grupos: los conformados por una línea central atravesada por varios rectángulos o cuadriláteros y los formados por numerosos cuadriláteros de igual color que se colocan paralelamente sin entrar en contacto en la mayoría de los casos. Entonces, programé los algoritmos necesarios para crear estos dos tipos de grupos por separado y luego ubicarlos en la pantalla y orientarlos intentando que colisionen lo menos posible. Hubo muchos detalles, cambios y errores que fui corrigiendo hasta llegar al resultado actual. Uno de los problemas que encaré también fue descubrir que la serie es bastante abierta y que hay obras demasiado distintas que hasta podrían considerarse de diferentes series, por lo cual terminé programando un híbrido que tiene similitudes con algunas de las obras, pero inventa otras reglas propias. La gran diferencia en la dificultad experimentada entre desarrollar esta aplicación y las anteriores sugiere que la complejidad algorítmica es efectivamente superior y que para poder resolver esto es necesario enfrentar numerosos problemas antes no presentes. Existen varios caminos que se pueden tomar, y no todos generarán los mismos resultados.

7.4.4. Riopelle Jean-Paul

7.4.4.1. Obras



7.5. No útiles

7.5.1. Davis Stuart

7.5.1.1. Obras



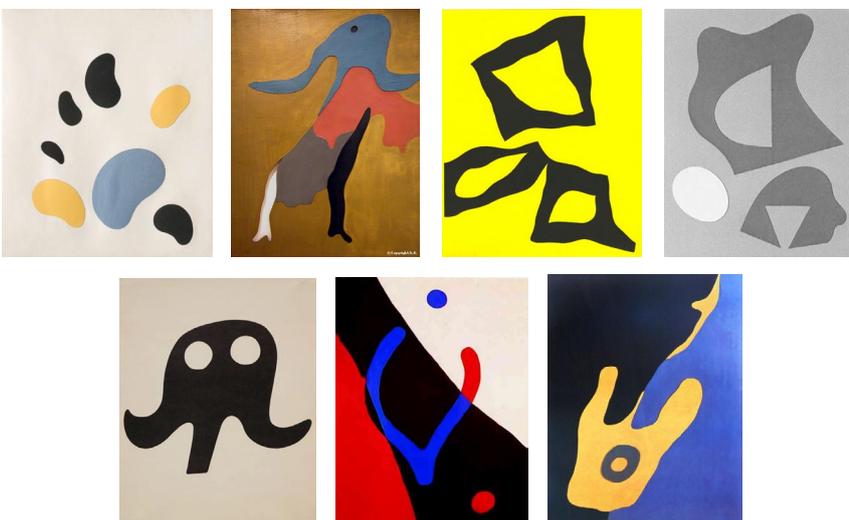
7.5.2. Guston Philip

7.5.2.1. Obras



7.5.3. Jean Arp

7.5.3.1. Obras



7.5.4. Wilfredo Lam

7.5.4.1. Obras



8. Artistas no relevados

- Georg Baselitz - Obras muy disímiles
- Feininger - Demasiado figurativo
- Peter Lanyon - Obras muy disímiles
- Signac Paul - Demasiado figurativo
- Jones Allen - Pocas obras abstractas
- Kossoff Leon - Demasiado figurativo
- Marin John - Demasiado figurativo
- Matta Echaurren - Demasiado figurativo y caótico
- Rauschenberg Robert - Obras muy disímiles y técnica collage
- de Kooning Willem - Obras muy disímiles y caóticas
- Kiefer Anselm - Demasiado figurativo
- Rosenquist James - Obras muy disímiles y técnica collage
- Schwitters Kart - Técnica collage
- Sheeler Charles - Demasiado figurativo
- Soulages Pierre - Obras basadas en el relieve y brillo de la pintura
- de Staël Nicolas - A pesar del grado de abstracción, no deja de ser figurativo
- Cy Twombly - Aunque posee varios conjuntos de obras simi-

lares, éstas se basan en la materialidad de los instrumentos utilizados. <http://www.cytwombly.info/>

- Vieira da Silva – Obras muy disímiles
- Wadsworth Edward – Demasiado figurativo
- Gris Juan – Aunque hay varias obras que comparten los mismos elementos abstractos, siempre se rigen bajo reglas del campo semántico
- Hodgkin Howard – Obras que a pesar de poseer una estructura básica muy parecida, su fuerte está basado en la propiedad acuosa de la pintura

9. Conclusión

Para concluir, 44 de las 57 series relevadas demostraron ser útiles para su análisis desde un punto de vista algorítmico, desplegando rasgos susceptibles de ser adaptados a lógicas generativas. La clasificación demostró su utilidad al momento de analizar las obras escribiendo descripciones semánticas y procedurales, y al desarrollar las aplicaciones:

Las series básicas de Albers, Fontana Lucio y Barnett Newman no supusieron problema alguno durante su programación, produciendo códigos intuitivos y fáciles de comprender. Las obras generadas son parecidas en todos los aspectos menos uno o dos factores que varían, como el color, el tamaño o la ubicación. Lo mismo sucedió con las series básicas descritas de Rothko Mark y Mangold Robert.

Entrando en las series complejas los matices y diferencias se hicieron sumamente presentes. Dentro del subgrupo de las series simples, el análisis de Mondrian, Stella Frank (2) y Ryman Robert, y la programación de Riley Bridget (2) fueron sencillos pero supusieron un planeamiento superior a las anteriores ya que aparecían muchos más elementos y las variaciones entre una obra y otra eran mayores.

Ya en el grupo de las series elaboradas estudiadas (Nicholson Ben, Kline Franz) las descripciones cobran vaguedad o son incompletas, y el desarrollo de la aplicación de Paul Klee necesitó un trabajo mayor que fue mejorando con el tiempo, llegando finalmente a un resultado óptimo. En estas obras la continuidad entre ellas no siempre es predecible, surgiendo varias sorpresas; también pueden desaparecer elementos presentes en la mayoría de los cuadros; y es necesario organizar como se distribuirán todos los elementos antes de empezar a desplegarlos, ya que las relaciones entre ellos varían y afectan el resultado final.

En el último subgrupo de las sofisticadas, la programación de Malevich Kazimir fue difícil y su resultado, aunque cercano, dista de las obras originales. Aparecen múltiples rasgos como la cualidad

abierta del universo de elementos, que admite en varias obras la presencia de componentes nuevos que no se repiten en ninguna de las otras obras; la posibilidad de dividir la serie en dos subseries distintas, debido a fundamentales diferencias entre algunos cuadros y otros; la complejidad sin pautas fijas acerca de la distribución de los elementos; y la ruptura/discontinuidad de varias reglas que parecieran formarse pero no siempre se cumplen. Se demostró así la validez de haber dividido las obras en grupos y subgrupos, manifestando que esta clasificación es útil para posteriores estudios y comprobando la capacidad de algunas obras de arte abstractas de ser generadas mediante lógicas algorítmicas.

El presente trabajo expone un criterio de análisis y clasificación que permite determinar el tipo de complejidad algorítmica necesaria (o su imposibilidad) para reproducir la estética de una serie de pinturas de un artista abstracto. Queda pendiente para futuras investigaciones establecer las estrategias de programación necesarias para abordar cada arquetipo y determinar una tipología general de estrategias que permita abordar una pieza de arte generativo en base a la estética del arte abstracto. Queda claro que esta tipología no sería exhaustiva y que cada nuevo artista que ingresara en la clasificación pondría nuevos elementos en juego, aún en los diferentes tipos de la clasificación, pero un abordaje así permitiría aprovechar y apropiarse de la experiencia de estos artistas para establecer métodos y técnicas desde los cuales emprender una obra de arte generativo.

El arte pictórico abstracto generado en los siglos XIX, XX y XXI se muestra como una fuente inagotable de información e inspiración para las artes actuales. El arte generativo crece rápidamente pero todavía tiene mucho camino por recorrer. Estudiar el pasado para encarar el presente es siempre una forma válida y recomendable para aprender y avanzar. Analizar estéticas de arte pictórico que no fueron pensadas de forma generativa pero que podrían responder a esta lógica si se las estudia, aporta conceptos, ideas y propuestas en la búsqueda de nuevas formas de desarrollar este tipo de arte.

10. Referencias bibliográficas

1. Galanter, Philip (2003) "What is Generative Art? Complexity Theory as a Context for Art Theory", BA, MFA Interactive Telecommunications Program, New York University, New York, USA.
2. Leonardo Solaas (2010) "Generatividad y molde interno: Los sistemas de reglas en el desarrollo de la forma artística"

11. Links de las imágenes

11.1. Series básicas

11.1.1. Barnett Newman

http://doctorflowers.typepad.com/photos/uncategorized/barnettnewman_1952_vir_heroicus_sublimis.jpg

<http://xgfk10fpvm.files.wordpress.com/2010/10/barnett-newman-mitternacht-blau-silkscreen-print-80856.jpg>

<http://personal.telefonica.terra.es/web/jiargote/images/00303076.jpg>

<http://www.artnet.com/Magazine/reviews/robinson/Images/robinson3-25-3.jpg>

http://www.tate.org.uk/art/images/work/T/T01/T01091_10.jpg

http://farm4.static.flickr.com/3125/3143933571_86ea5ea4a8.jpg

<http://monicadmurgia.com/wp-content/uploads/2012/04/barnett-newman-the-name-i.jpg>

11.1.2. Albers

http://4.bp.blogspot.com/_18kAfoW-tfg/SA5C4BqX-PI/AAAAAAAAABA/1cueiadsrTk/s1600/Albers.jpg

<http://heladodefresadiaz.files.wordpress.com/2010/07/1.jpg>

http://1.bp.blogspot.com/-jCSkIG4ExDg/Te9d_Dg3Drl/AAAAAAAAABdM/4nAqSwPv3DU/s400/albers.jpeg

<http://flavorwire.files.wordpress.com/2010/04/josef-albers-homage-to-the-square-glow-1966.jpg>

http://1.bp.blogspot.com/_mfMRTBDpgkM/SxL8IrxKsLI/AAAAAAAAAKDI/sdXq-S-_V3o/s1600/albers_early_sky.jpg

11.1.3. Fontana Lucio

http://www.artwireless.it/aw/images/news/2012/10ottobre/1692_fontana___concetto_spaziale__attese_1959.jpg

http://2.bp.blogspot.com/-d06CEwBQYmM/T-SWzUd6g1I/AAAAAAAAAB48/NMflu0Q5TN0/s400/lucio_fontana.jpg

http://4.bp.blogspot.com/_mZuIAh8-xtQ/TNC66R0s_TI/AAAAAAAAADIY/-Xmy3Wcv4ho/s400/cyberbluefon.jpg

http://3.bp.blogspot.com/-GiDt4GtcabU/UMp7ecF74ml/AAAAAAAAAFY/us9dW3EiuNO/s1600/%2527Concept_Spatiale%2527%252C_1959_painting_by_--Lucio_Fontana--%252C_100_x_125_cm.jpg

http://farticulate.files.wordpress.com/2010/12/artwork_images_424237643_617135_lucio-fontana.jpg?w=640

http://3.bp.blogspot.com/-Eh_C4JgFxew/T0N_9AYuzYI/AAAAAAAAACwc/MEBYBPCkYUA/s1600/luciano-fontana.jpg

11.1.4. Rothko Mark

http://humanitas.cl/web/images/stories/mark-rothko._azul_y__rojo_.jpg

<http://culturacolectiva.com/wp-content/uploads/2013/02/untitled-12.jpeg>

<http://cache2.allpostersimages.com/p/LRG/11/1170/6WHU000Z/posters/rothko-mark-yellow-and-blue.jpg>

<https://solitarioyfinal.files.wordpress.com/2012/04/mark-rothko-white-over-red.jpg?w=366>

<http://culturacolectiva.com/wp-content/uploads/2013/02/mark-rothko-untitled.jpeg>

<http://ignacioalonsofuster.files.wordpress.com/2012/02/mark-rothko-no-14-1960-7893.jpg?w=820>

<http://s139.photobucket.com/user/sebjam/media/rothko-mark-yellow-and-gold-7800021.jpg.html>

http://2.bp.blogspot.com/_YDNWMFZN_DQ/S-iG70uoJ5I/AAAAAAAAABr0/bbHQ-27TJKQ/s400/sothebys_mark_rothko_blue.jpg

11.1.5. Mangold Robert

http://24.media.tumblr.com/tumblr_l0yfadmsm11qz6xmml1_500.jpg

http://images.artnet.com/artwork_images_971_566786_robert-peter-mangold.jpg

<http://dbprng00ikc2j.cloudfront.net/work/image/194241/y8wnrh/MAN090003.jpg>

http://www.seniorandshopmaker.com/_artwork/Robert_Mangold/mang_splitringB.jpg

http://rr.img.naver.jp/mig?src=http%3A%2F%2Fimgcc.naver.jp%2Fkaze%2Fmission%2FUSER%2F20120620%2F10%2F1076150%2F3%2F400x464x9d768d3ce7db4ab5ef10dbf3.jpg%2F300%2F600&twidht=300&theight=600&qIt=80&res_format=jpg&op=r

http://www.likeyou.com/files/fullimages/likeyourobert_mangold_parasol_09.jpg

<http://arttattler.com/Images/Europe/England/London/parasol%20unit/Robert%20Mangold/Robert-Mangold,-Four-Color-Frame-Painting-10,-1985.jpg>

http://bombsite.com/images/attachments/0003/5412/Mangold_04_body.jpg

11.2. Series complejas – Subgrupo simples

11.2.1. Mondrian

http://cesarepereyra.files.wordpress.com/2012/05/400px-mondrian_lookalike-svg.png

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/f/fe/Mondrian_Composition_II_in_Red,_Blue,_and_Yellow.jpg

http://1.bp.blogspot.com/-8eBBVhwZ2qI/ULHNdm4IC3I/AAAAAAAAAPw/etZQid_5K7I/s1600/Imagen4.jpg

http://blog.glimbox.com/wp-content/uploads/2012/08/tumblr_lpbwefceV91qm6qlco1_500.gif

http://blogs.elcorreo.com/desde-getxo-a-sant-cugat-del-valles/files/mondrian_composition_a.jpg

<http://eljoenelcielo.files.wordpress.com/2012/05/trafalgarsquarebypietmondrian.jpg>

11.2.2. Stella Frank (2)

<http://martefrisnes.com/blog/wp-content/uploads/2013/05/frankstella3.jpg>

http://www.terminartors.com/files/artworks/4/3/3/4337/Stella_Frank-Raqaq_II.jpg

http://1.bp.blogspot.com/-yIWXYLjQTSO/TcvkX_8ciJI/AAAAAAAAAGVw/TsaW2UjtytE/s1600/Frank_Stella%252527s_%252527Harran_II%252527%25252C_1967.jpg

http://1.bp.blogspot.com/_OMFeVo8NW10/SYHv_GrZOTI/AAAAAAAAAJ8/_538FjnPYo4/s400/Frank+Stella.jpg

http://www.moma.org/collection_images/resized/424/w500h420/CRI_118424.jpg

11.2.3. Ryman Robert

http://2.bp.blogspot.com/-5USIBw98WkA/T3KG9O-Ow7QI/AAAAAAAAAR8/Jytse09zBFE/s640/artwork_images_161_262209_robert-ryman_1964.jpg

<http://arjay.typepad.com/.a/6a00d8341c514053ef016768d732d0970b-800wi>

<http://4.bp.blogspot.com/--qM4WiLCR9A/TceZyqo9c5I/AAAAAAAAAD44/hJQuXG4-9wc/s1600/1961+Wedding+Picture.jpg>

http://www.flashartonline.com/uploads/testi/image/Articoli/Ryman_1.jpg

<http://uploads3.wikipaintings.org/images/robert-ryman/points-1963.jpg>

11.2.4. Riley Bridget (2)

http://www.tip-berlin.de/files/mediafiles/45/riley_bridget.jpg

<http://4.bp.blogspot.com/-IINpmUHFbtc/TpGscDOI-YI/AAAAAAAAAB94/XMfOiks5yes/s1600/bridget-riley-June.jpg>

http://uemm13.wikispaces.com/file/view/g074c_riley_highsky2.jpg/45081013/268x215/g074c_riley_highsky2.jpg

<http://i730.photobucket.com/albums/ww310/GAELO/riley-fete-657-004.jpg>

11.3. Series complejas - Subgrupo elaboradas

11.3.1. Nicholson Ben

http://farm2.staticflickr.com/1223/5105605079_f152c6f8dd_z.jpg

http://farm2.staticflickr.com/1204/5102437541_c5c29f1ccb_o.jpg

<http://cache2.allpostersimages.com/p/LRG/8/810/3YSI000Z/posters/nicholson-ben-composicion-abstracta.jpg>

http://www.moma.org/collection_images/resized/944/w500h420/CRI_166944.jpg

<http://cache2.allpostersimages.com/p/LRG/45/4589/ETDFG00Z/posters/nicholson-ben-composition-c-1935-38.jpg>

http://img.ffffound.com/static-data/assets/6/c00d47eabb3896abd19ac1320add33d42273849b_m.jpg

<http://azurebumble.files.wordpress.com/2010/07/ben-nicholson-lrg.jpg?w=655>

11.3.2. Kline Franz

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/18/FKline_Chief.jpg/250px-FKline_Chief.jpg

http://4.bp.blogspot.com/-nRFA1EGaRao/UXM2S8R-DOAI/AAAAAAAAAaa/YhT8YM_xvsA/s640/artwork_images_425932294_543567_franz-kline.jpg

<http://revista-amauta.org/wp-content/uploads/2011/03/franz-kline-painting-no2.jpg>

<http://missherman.files.wordpress.com/2010/12/kline1.jpg>

http://4.bp.blogspot.com/-IlnjR3fzqTE/T7r-c1VQH0I/AAAAAAAAASo/uBENKghgLto/s1600/kline_mahoning_1956.jpg

<http://artobserved.com/artimages/2008/09/vawdavitch-franz-kline-1955-artinfo.jpg>

11.3.3. Paul Klee

<http://cache2.allpostersimages.com/p/LRG/53/5397/VQO-JG00Z/posters/klee-paul-ancient-harmony-1925.jpg>

http://artsmarket2000.com/Ven-Photos/20x24/k004-1_20x24.jpg

<http://www.allpaintings.org/d/137244-2/Paul+Klee+-+In+the+desert.jpg>

<http://artobserved.com/artimages/2009/12/P038.jpg>

http://www.paintingmania.com/arts/paul-kee/medium/harmony-squares-red-yellow-blue-white-black-115_19941.jpg

11.4. Series complejas - Subgrupo sofisticadas

11.4.1. Baumeister Willi

<http://85.214.48.237/kunst/pic570/364/101001320.jpg>

http://www.artexpertswebsite.com/pages/artists/artists_a-k/baumeister/Baumeister_GestoCosmico1950.jpg

http://www.billerantik.de/gallery2/main.php/d/22835-1/10_Baumeister_Schwarze_Drachen_45x38.jpg

http://www.artexpertswebsite.com/pages/artists/artists_a-k/baumeister/Baumeister_PhantomsOnGreen1951.jpg

http://www.press1.de/wrapper.cgi/www.press1.de/files/km_kmcfa010_1192806504.jpg

11.4.2. Kandinsky Wassily

<http://weblogs.clarin.com/revistaenie-variaciones/files/2011/04/kandinsky.jpg>

http://web.sbu.edu/theology/bychkov/kandinsky_angles.jpg

<http://www.biografiasyvidas.com/biografia/k/fotos/kandinsky.jpg>

<http://2.bp.blogspot.com/-Ins6rpdWuEA/T3M93bFPtU/AAAAAAAAAB7Y/dQr6gDLRrYs/s1600/kandinsky-wassily-1866-1944-ru-wassily-kandinsky-2273377.jpeg>

<http://uploads6.wikipaintings.org/images/wassily-kandinsky/blue-1922.jpg!xlMedium.jpg>

11.4.3. Malevich Kazimir

<http://img688.imageshack.us/img688/1299/1suprematismusupremus581.jpg>

http://25.media.tumblr.com/tumblr_m6uh4jNBrN1qc815ao1_500.jpg

http://artinvestment.ru/content/download/news_2010/20101021_malevich.jpg

<http://passapalavra.info/wp-content/uploads/2010/10/malevi2.jpg>

http://ilikethisart.net/wp-content/uploads/MalevichKazimir_103_41822000876944.jpeg

http://thevillager.com/villager_194/supre.gif

11.4.4. Riopelle Jean-Paul

<http://www.dailyartfixx.com/wp-content/uploads/2010/10/Perspectives-Jean-Paul-Riopelle-1956.jpg>

http://www.terminartors.com/files/artworks/2/6/8/26881/Riopelle_Jean-Paul-The_Wheel_II.jpg

http://www.godardgallery.com/Composition_w.jpg

http://www.godardgallery.com/Demontee_s.jpg

http://static.skynetblogs.be/media/39530/dyn008_original_475_394_pjpeg_58519_e104f518e0463d6c4ca6a865ff5130f2.jpg

<http://www.nationalgalleries.org/media/42/collection/GMA%20883.jpg>

11.5. No útiles

11.5.1. Davis Stuart

http://explorepahistory.com/kora/files/1/2/1-2-329-25-ExplorePAHistory-a0b1n6-a_349.jpg

http://25.media.tumblr.com/tumblr_lzcmvmgaaq1qzqpa6o1_1280.jpg

<http://www.ibiblio.org/wm/paint/auth/davis/mellow.jpg>

11.5.2. Guston Philip

<http://www.christies.com/lotfinderimages/d49788/d4978848r.jpg>

http://www.terminartors.com/files/artworks/3/8/6/3867/Guston_Philip-The_Clock.jpg

http://www.terminartors.com/files/artworks/1/5/6/15620/Guston_Philip-Natives_Return.jpg

11.5.3. Jean Arp

<http://lh5.ggpht.com/-248fK5CR85Q/SXFoRIW7sWI/AAAAAAAAABmA/YxsLYPPbFOQ/Arp%25252C%252520Mustache%252520Hat%2525201923.jpg?imgmax=640>

http://25.media.tumblr.com/tumblr_lzb9q7HGbz1qghk7bo1_1280.jpg

http://2.bp.blogspot.com/_D3YIHNAiHUA/TLuM7UkYYkI/AAAAAAAAADkc/AYA0s5RX0vc/s1600/arp-jean-configuration-9701411.jpg

<http://www.cursodehistoriadaarte.com.br/wp-content/uploads/Jean-Arp-Hans-Arp-Pintura-Danseuse-1925.jpg>

<http://tectonicablog.com/wp-content/uploads/2011/02/arp-hazard1.jpg>

<https://lh4.googleusercontent.com/-XprGz7jGuNk/TqnRQZbxIII/AAAAAAAAAGMTU/gnEb9tPtPME/Arp%25252C%252520Objects%252520of%252520Heracles%252527%252520Land%2525201957.jpg>

11.5.4. Wilfredo Lam

<http://www.wifredolam.net/images/stories/paintings/59.01.jpg>

<http://www.wifredolam.net/images/stories/paintings/69.56.jpg>

<http://www.wifredolam.net/images/stories/paintings/61.01.jpg>