

INVASIÓN GENERATIVA

Fronteras de la generatividad
en las tres dimensiones, la robótica
y la realidad aumentada.

Compilador: Emiliano Causa

+ alvarez lojo
+ bedoian
+ castillo
+ causa
+ ibarluçía
+ joselevich
+ puiggrós
+ rivero
+ silva
+ solaas
+ uzal

STAFF

Director

Emiliano Causa | emiliano.causa@gmail.com | emiliano-causa.com.ar

Comité Editorial

David Bedoian | bedoiandavid@gmail.com | bedoiandavid.com.ar/wp

Paula Castillo | info@paucast.com.ar | paucast.com.ar

Federico Joselevich Puiggros | ludic.cc | f@ludic.cc

Ezequiel Rivero | mannezik@gmail.com | mannezik.com.ar

Christian Silva | entorno3@gmail.com | hipertextos.com.ar

Colaboran en este número

Francisco Alvarez Lojo

David Bedoian

Paula Castillo

Emiliano Causa

Joaquin Ibarlucia

Federico Joselevich Puiggros

Ezequiel Rivero

Christian Silva

Leonardo Solaas

Ariel Uzal

Diseño de cubierta e interiores

Paula Castillo

Todos los derechos reservados

ISSN: 2362-3381

La Plata, Buenos Aires, Argentina, mayo de 2014

Año 1 - N° 1



Editorial Invasores de la Generatividad

Calle 500 N° 867 Gonnet

CP 1897, La Plata, Bs. As., Argentina

invasiongenerativa.com.ar



PROLOGO

Este libro nace de dos investigaciones: el proyecto “*Nuevos territorios de la Generatividad en las Artes Electrónicas: su convergencia con la Robótica, la Realidad Aumentada y el Net.Art*” dirigido por quien escribe, en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Nacional de La Plata (Argentina), y el proyecto “*El Arte Generativo en las Artes Multimediales*” dirigido por Carmelo Saitta y con la codirección a mi cargo, en el Área Transdepartamental de Artes Multimediales del Instituto Universitario Nacional del Arte (Buenos Aires, Argentina). La mayoría de los textos, a excepción del escrito por Leonardo Solaas, quien amablemente sumó su trabajo a este compendio, pertenecen a estos proyectos.

Durante el desarrollo de la última de estas investigaciones, la desarrollada en la UNLP, pensamos en escribir un libro que recopilara los resultados de nuestros trabajos y que difundiera el tema. Esta decisión se fundó en algunas causas: la primera fue que notamos que la bibliografía en habla hispana del tema es escasa, la segunda, que no tenía sentido realizar dichas investigaciones sin que esto sirviera luego para un trabajo de difusión, y la tercera es que nuestro enfoque del tema no deja de ser particular (sin que esto le otorgue un valor extraordinario) y por ello sirve para enriquecer la diversidad de problemáticas planteadas.

Como siempre, a la hora de emprender la empresa de hacer un libro, surge la exigencia de presentar un producto acabado, debidamente revisado y corregido. En nuestro caso, intentar llegar a dicho nivel de realización, atenta con los tiempos de que disponemos y nos obligaría a realizar este proyecto dentro de unos años, por eso priorizamos mostrar un producto más crudo, pero que rápidamente pudiera difundir el momento actual de nuestro trabajo.

El título del libro “*Invasión Generativa*” se debe a que la generatividad como concepto y modalidad está atravesando cada vez más prácticas artísticas, muchas de ellas vinculadas a las artes electrónicas y por eso en nuestra última investigación nos interesó explorar su desarrollo en tres espacios: 1) el de la conectividad y el arte en red, 2) el de la producción de formas tridimensionales (la arquitectura y la escultura) y 3) el de la robótica. Es así que en vez de tomar como objeto de estudio la generatividad desde su centralidad, muchas veces preferimos explorar los territorios ale-

daños en los que la articulación entre lo generativo y algún campo artístico aún está en construcción. En esta actitud de exploración estamos empezando a hacer un mapa incompleto pero prometedo, y que seguramente nos llevará varios libros como éste, para poder parcelar adecuada y exhaustivamente su territorio. Debido a esta exploración de los márgenes, algunos textos pueden parecer no vincularse directamente con el tema de la generatividad, pero sí lo hacen con los temas satélites como el de la conectividad la producción de formas tridimensionales y la robótica.

El presente trabajo se organiza en dos principales secciones “pensar” y “hacer”. Durante el trabajo de compilación notamos que muchos textos se orientaban a una reflexión sobre el campo, mientras que otros se abocaban directamente al desarrollo de una práctica concreta. Por esto decidimos poner en evidencia esta clasificación casi natural, intuyendo que la misma puede orientar la lectura, sin jamás creer que estas orientaciones son excluyente una de otra: no queremos hacer sin pensar, ni lo inverso.

Tenemos la esperanza de que el lector pueda disfrutar de esta bitácora del inicio de nuestro viaje.

Emiliano Causa
diciembre 2013

INDICE

PENSAR

LEONARDO SOLAAS Generatividad y molde interno Los sistemas de reglas en el desarrollo de la forma artística	9
EZEQUIEL RIVERO El Arte cinético como precedente del arte generativo	25
JOAQUIN IBARLUCIA Relevamiento, estudio, clasificación y análisis de obras pictóricas para su adaptación al arte generativo	46
PAULA CASTILLO Máquinas vivientes	86
PAULA CASTILLO R+V=La clave de la ilusión	113
CHRISTIAN SILVA Visualización y generatividad	126

HACER

- EMILIANO CAUSA
Los Algoritmos Genéticos y su Aplicación al Arte Generativo 135
- EMILIANO CAUSA
Algoritmos Genéticos aplicados a la generación
y producción de formas escultóricas 162
- FRANCISCO ALVAREZ LOJO, EZEQUIEL RIVERO, ARIEL UZAL
Proyecto mOpP
Desarrollo de una herramienta para proyecciones de video
sobre un volúmen. 198
- FEDERICO JOSELEVICH PUIGGRÓS
INTIMatic, una obra de net art 216
- DAVID BEDOIAN
Video mapping sobre escultura inflable 225

PENSAR

Generatividad y molde interno

Los sistemas de reglas en el desarrollo de la forma artística

Leonardo Solaas

Odiábamos a la Bauhaus. Fue una mala época para la arquitectura. Simplemente carecían de talento. No tenían más que reglas. Incluso para los cuchillos y los tenedores tenían reglas. Picasso nunca hubiera aceptado reglas. ¿Es la casa como una máquina? ¡No! Lo mecánico es feo. La regla es lo peor. Todo lo que querés hacer es romperla.

Oscar Niemayer[1]

El problema de la forma viva

La diversidad de los seres vivos fue uno de los primeros desafíos con los que el pensamiento científico, todavía incipiente, se enfrentó durante la modernidad temprana. Ante el ojo de la razón, la tradicional doctrina bíblica de la Creación Separada, según la cual Dios había creado a las criaturas una a una, para organizarlas después en una cadena del ser o jerarquía en la que el hombre ocupaba el lugar supremo, se revelaba de pronto insuficiente. Varias preguntas aguardaban respuesta: ¿cómo llegaba a ser la delicada y compleja estructura de un organismo vivo?, ¿dónde estaba guardado ese orden antes de que la concepción y el desarrollo lo desplegaran en un cuerpo?, ¿qué relación guardaban entre sí las distintas especies, y cómo dar cuenta de sus parecidos y diferencias?, ¿habían sido tal y como las conocemos desde el principio de los tiempos, o eran capaces de cambio?

Tanto en el plano del desarrollo de un individuo como en la transmisión de caracteres dentro de una especie a través del tiempo, había numerosos motivos para la perplejidad. Es en el seno de esta discusión, y 100 años antes de Darwin, que Georges-Louis Leclerc, Conde de Buffon, propuso una idea peculiar: el molde interno. Se trataba de una novedosa explicación de la generación de los animales por la combinación de dos semillas, que daban origen al embrión mediante la mezcla mecánica de sus partes. Las partículas de estas semillas se organizaban en un todo estructurado por la acción de microfuerzas, concebidas por analogía con las fuerzas de atracción de Newton. Este campo de fuerzas organizado, o molde interno, tenía la propiedad de asimilar materia en el orden indicado para el desarrollo del embrión.

Con esta idea Buffon respondía a las diversas variantes de la teoría de la pre-existencia, que sostenían que el cuerpo en toda su complejidad ya estaba presente en miniatura en el óvulo o el esperma. Era la forma más inmediata de resolver el complicado problema de cómo un cuerpo, al ser un todo conformado por partes interdependientes entre sí, podía empezar a desarrollarse por algún lado – al tiempo que conducía a esfuerzos de la imaginación tales como pensar todos los gérmenes de las generaciones sucesivas, hasta el fin de los tiempos, encajados unos dentro de otros en el momento de la creación como una mamushka infinita o, diríamos hoy, fractal.[2]

Buffon estaba en una posición inmejorable para introducir una nueva idea en la corriente principal de la ciencia de su época. Había nacido en 1707 en el seno de la aristocracia francesa. Desarrolló una exitosa carrera que lo convirtió en miembro de la Academia de Ciencias de Francia y en director del Jardín du Roi, puesto que conservó hasta su muerte. Dejó registrado su saber enciclopédico en los 36 volúmenes de la *Histoire naturelle, générale et particulière*[3], publicados entre 1749 y 1788. Es en el tomo II de esta obra donde por primera vez expone su idea del molde interno. Apenas la ha introducido, se apresura a notar que puede parecer contradictoria, ya que

“...[la idea de] molde no puede referirse más que a la superficie, y la de interior debe por el contrario estar relacionada con la masa. Es como si uno quisiera juntar la idea de la superficie con la idea de la masa, y pudiera decir con igual facilidad ‘superficie masiva’ que ‘molde interno’”. [4]

La contradicción es, sin embargo, tan solo una cuestión de palabras, porque se trata en el fondo de una idea simple; incluso necesaria si se trata de dar cuenta del desarrollo de un organismo: ¿Cómo podría la materia asimilarse y encontrar su lugar, de modo que todas las partes aumenten proporcionadamente, si no fuera porque algún mecanismo la distribuye de acuerdo a un cierto plan preestablecido? Ahora bien, resulta evidente que no hay un molde que opere desde afuera para darle su forma a cada criatura viva. Es, por lo tanto, un molde interno: un principio formal que está integrado en la masa viva como una cualidad inseparable de ella.

Este concepto abrió un camino nuevo en el pensamiento moderno por el cual después transitaron la teoría de la evolución de Darwin, las leyes de la herencia de Mendel y, más cerca de nosotros, el descubrimiento del código genético por parte de Watson y Crick. Pero, en un plano más abstracto, es uno de los primeros intentos de concebir un principio de organización material que no tiene que ver con sustancias espirituales ni con la inteligencia divina. Se abre la posibilidad de que sea la materia misma la que, sin la intervención de un agente exterior, contenga los principios que dan origen en la asombrosa diversidad de los seres vivos.

El demiurgo jubilado

La fascinante historia de la reflexión sobre el problema de la forma viva puede ser un contrapunto productivo para pensar en otro problema que, según cómo se lo vea, está íntimamente asociado o es completamente diferente: a saber, el surgimiento de la forma artística.

En el punto en el que nos sitúa la idea de Buffon, la oposición es estricta: para él resultaba claro que no se podía pensar en el desarrollo de un organismo en los mismos términos en que un pintor hace un cuadro o un escultor una estatua. Justamente, se trataba de romper con la larga tradición que, al menos desde Platón, no hacía más que insistir en esa analogía: la idea inteligible es como un molde para la forma sensible, y Dios es el Gran Artista que incansablemente moldea la materia informe en objetos y criaturas, el demiurgo que da cuenta del pasaje y el enlace entre el plan inmaterial y la cosa extensa que resulta de él.

En el arte que hacen los hombres, podemos concebir dos maneras prototípicas de llegar a la forma: por adición o por sustracción. Los paradigmas correspondientes serían la pintura, en que el artista añade sucesivamente los colores sobre la tela; y la escultura, en la que quita lo que “sobra” a un bloque de materia bruta.

El concepto de molde interno dispone un tercer mecanismo: la

incorporación espontánea de materia a un orden preexistente, tal vez como partículas que quedan atrapadas en un campo de fuerzas, en una cierta gravedad o magnetismo que les confiere su sitio en un múltiple organizado que a partir de ese momento contribuyen a reforzar y aumentar. Ya no hablamos de adición ni de sustracción, sino de desarrollo. Ya no se trata de la manipulación directa de la forma, sino de la disposición de un sistema que, de algún modo y en razón de ciertas leyes, hace forma por sí solo.

Completando el círculo, podemos hacer retornar al arte esta idea del desarrollo de la forma. Es en esa zona de colisión donde tiene lugar el llamado arte generativo. Se trata de una tendencia que en nuestro tiempo ha cobrado visibilidad e impulso por la proliferación de las computadoras como herramientas al alcance de todos. Estas “máquinas programables” son dispositivos ideales para echar a andar sistemas de reglas relativamente elaborados que, entre muchas otras posibilidades, pueden orientarse a la creación de forma visual y sonora. La capacidad de los sistemas digitales para ejecutar una gran cantidad de instrucciones con gran precisión y a gran velocidad los convierte en ayudantes ideales para la ejecución de planes tan complejos que su resultado final es muchas veces totalmente impredecible.

En torno a la aparición de las computadoras y su efecto en la práctica artística han surgido una serie de denominaciones más o menos nebulosas y, en muchos casos, parcialmente equivalentes: arte digital, arte electrónico, arte de nuevos medios, software art, net art, etc. Creo por mi parte que, en este contexto, el concepto de arte generativo sólo puede volverse un objeto de reflexión interesante si: (a) es posible encontrar una definición específica que establezca su alcance y lo separe con claridad de otras denominaciones, y (b) esa definición entraña que es algo más que un capítulo o subgénero del arte hecho en computadoras. Si este fuera el caso, tanto su historia posible como su interés para el pensamiento se verían seriamente limitados.

Mi punto de partida en esta exploración es que los procesos generativos en el arte son un fenómeno que no tiene ninguna relación de necesidad con las tecnologías digitales, que existen desde hace mucho y que pueden tomar muchas formas posibles. En este sentido sigo a Philip Galanter, que ha ofrecido lo que hasta ahora, en la cortísima historia de la reflexión sobre el tema, funciona como una definición bastante canónica de la generatividad: “Arte generativo” se refiere a cualquier práctica artística en la que el artista usa un sistema, como un conjunto de reglas del lenguaje natural, un programa de computación, una máquina, u otra invención procedural, que es puesta en movimiento con un cierto grado de autonomía contribuyendo a o resultando en un trabajo artístico terminado.[5]

Es una proposición estimulante que al mismo tiempo nos provoca a recorrerla con cierto detenimiento. Nos enteramos primero de que lo que está en juego es el uso de un sistema – y hacia el final, de que ese sistema ha de ser “en cierto grado” autónomo. Entre

medio, no obtenemos la certeza de qué es ese sistema, sino una lista abierta de ejemplos que tal vez nos dejen inducirlo. Está claro, en todo caso, que los programas de computación son apenas una de las alternativas posibles.

A la hora de precisar un criterio que nos permita reconocer a estos “sistemas autónomos”, la noción de molde interno puede revelarse útil. La autonomía sería entonces el punto en el que un sistema, del tipo que fuere, hace forma por sí mismo, es decir, en razón de su organización interna, y no como resultado de la intervención directa de la mano del artista.

De esto se sigue naturalmente que no estamos tratando con un sistema inerte. Por el contrario, resulta esencial que contenga algún principio activo: aquello que produce la forma. Para Buffon eran las microfuerzas. En una máquina puede tratarse de la acción coordinada de sus engranajes. Más en general, se trata de que el sistema sea capaz de dar respuestas diferentes a distintos estímulos del entorno o inputs. Hay un proceso regulado que sostiene la producción de forma. Estamos hablando, entonces, de sistemas de reglas, considerando a esta última palabra de la manera más amplia y agnóstica posible. Propositiones expresadas en palabras, código computacional, fuerzas de atracción y repulsión, transmisión de impulsos entre partes físicas: todo puede ser una regla si cumple el requisito de transformar o traducir un orden en otro, de generar un output con cierta organización formal a partir de un input de información, materia o energía.

En las modalidades tradicionales de adición y sustracción, es el artista quien decide a cada paso qué se añade o qué se quita para llegar a la forma que su espíritu, intuición, inspiración, idea o instinto le dictan. Por ende, él está presente en persona en cada trazo, pincelada, curva o acorde. Todo es huella de su paso. De cualquier parte de la obra puede decirse: “el artista estuvo ahí”. Existe una contigüidad física entre el artista y la obra que se vuelve uno de los principios fundamentales del arte: es lo que llamamos la autoría.

El molde interno, en tanto agregado de reglas, por contraste, entraña una cierta impersonalidad. El sistema hace por sí solo, en ausencia de todo control externo o decisión humana. Alguien pone materia, o la sustrae, pero algo se desarrolla.

La semilla revolucionaria del concepto de molde interno es el colapso de la idea sobre la materia. Mientras ambas permanecían separadas, como toda la historia del pensamiento occidental daba por sentado, había necesidad de un intermediario, un demiurgo, que se dedicara laboriosamente a unir esa forma o plan abstracto con la sustancia que lo corporizara. Pero si el plan está en la materia misma, como una cualidad inseparable de ella, el topos uranus prescribe, el mundo de las ideas se vuelve innecesario y el demiurgo se queda sin trabajo.

El delicado arte de perder el control

Llegados a este punto, estamos en condiciones de proponer una definición alternativa del arte generativo, que discurriría más o menos en estos términos: es una colaboración creativa entre un artista humano y un agente no humano. Es tal vez una reformulación más breve de la de Galanter. También deja más al descubierto una cadena de problemas que se abren en el punto preciso de conjunción y frontera entre lo “humano” y lo “no-humano”.

Lo primero que hay que descartar es que el arte generativo sea una especie de creación automatizada en la que no hay artista. Después de todo el sistema, por muy autónomo que sea, ha sido diseñado y puesto en movimiento por alguien, que sigue siendo en última instancia el autor. Como decía Mitchell Whitelaw en un diálogo que compartimos[6], el arte generativo sigue siendo un asunto humano, y la afirmación, que alguna vez se escucha, de que “la computadora lo hace sola” es simplemente ingenua o estúpida y no puede ser tomada en serio. Por un lado, todavía no hemos llegado al punto en que las computadoras hagan nada sin el impulso inicial de una voluntad humana. Por otro, el mundo está lleno de formas que se hacen sin intervención humana: montañas, hojas de árbol y arrecifes de coral – pero, justamente, no llamamos “arte” a esas cosas.

En segundo término podemos preguntarnos: ¿qué es lo que NO es autónomo? ¿No podríamos decir acaso que la materia está ante nosotros en un estado de perpetua rebelión? Como bien sabe cualquier estudiante de arte, incluso una sustancia tan dócil como la pintura puede tener una voluntad propia, y requiere todo un aprendizaje, la adquisición de un oficio, llegar a imponerle la de uno.

Además de, y en relación a estas cuestiones, hay otro asunto espinoso. Nuevamente, la pregunta se formula como ¿Qué es el arte generativo?, pero esta vez en el sentido siguiente: ¿es un movimiento?, ¿una escuela?, ¿un género?, ¿una técnica? La respuesta parece ser en cada caso negativa. No hay un “manifiesto generativo”: no es un movimiento, ni muchísimo menos una vanguardia. Las preocupaciones, estéticas y herramientas a las que acuden quienes hacen arte generativo son de lo más variadas y no revelan un proyecto común. Tampoco cuenta con la unidad que confiere un procedimiento técnico como, digamos, la fotografía, porque los dispositivos generativos pueden ser muy distintos y no siguen norma alguna.

De esto se sigue la notable ineficacia del término “arte generativo” para organizar un campo artístico en cualquier sentido tradicional. Su productividad como clasificación es escasa. Personalmente, esa es para mí una nota positiva. Más que delimitar a un conjunto para separarlo del resto, es un concepto que enhebra producciones diversas, extendidas en el tiempo, el espacio y el contexto cultural, abriendo un recorrido posible para el pensamiento.

Quisiera proponer, entonces, que la generatividad no es un movimiento, género ni técnica, sino en todo caso una manera de hacer las cosas, o bien una actitud. Regresando al caso del estudiante

de pintura, es un hecho que todo artista entra en relación con la “voluntad autónoma” del material con el que trabaja. La diferencia pasa tal vez entre la intención de dominar esa voluntad y la de liberarla: es decir, de trabajar contra o con el material, de concebir esa relación como una lucha o como una colaboración.

Tal es, por ejemplo, el movimiento de Max Ernst al emplear la técnica de la decalcomanía, consistente en aplastar pintura fresca entre dos superficies para esparcirla y mezclarla azarosamente[7] . Se trata de un dispositivo sencillo para que la materia haga lo suyo y cree una base sobre la cual el artista retoma luego su oficio de modo tradicional, pero estimulado por esa inyección de azar inicial que proporciona la acción no controlada de la pintura misma.

Una vez más, no se trata aquí simplemente de perder el control por completo: la generatividad es más bien una regulación de la dialéctica entre control y descontrol. En un proceso de creación generativa habrá uno o más momentos en los que el artista, por así decir, da un paso atrás, se retira y ve que pasa, convirtiéndose temporariamente en espectador de su propia obra. En muchos casos, la labor artística se convertirá en un proceso iterativo de experimentación, en la que el autor pone en marcha variantes de un proceso, selecciona resultados, dispone una nueva generación, y así sucesivamente.

El diálogo que de tal modo se establece entre las partes humana y no-humana de la dupla creadora es profundamente diferente de los procedimientos típicos del genio romántico que constituye, todavía hoy, el arquetipo del artista en el imaginario de nuestra cultura. Hay entre uno y otro un cambio de aire, de clima mental. Ya no es más un asunto de inspiración, de sensibilidad privilegiada o de talento extraordinario para dominar la materia y darle expresión sensible a una idea. Más en general, hay una ruptura con la obsesión occidental con el control, que tiene en el centro a un sujeto que domina la naturaleza por medio de la voluntad y la razón. Sin desaparecer, esa ansia de control entra en relación con un momento en el que el sujeto se permite ceder, soltar o retirarse. O bien, para usar una palabra feliz de Brian Eno: surrender.

El autómata íntimo

Hemos recorrido entonces el borde del primer concepto fundamental de nuestra definición, el de autonomía. El peligro de ese concepto se expresaría así: en un extremo, todo material es autónomo. Podríamos interrogar de la misma manera a la segunda característica que atribuíamos a los sistemas generativos, a saber, la impersonalidad o no-humanidad. Entrando en zonas todavía más inciertas, creo que podríamos detectar allí un peligro simétrico, que se manifiesta en la pregunta: ¿qué es lo humano?, ¿qué es lo personal?

Un artista que sin duda ha trabajado sobre estas preguntas con mucha profundidad es Sol LeWitt. Encontramos a lo largo de su obra distintas versiones posibles de la impersonalidad. Están, por

una parte, los sistemas geométricos combinatorios, como por ejemplo las Variations of Incomplete Open Cubes, donde la estructura formal de la obra se delega en un sistema geométrico sencillo. Están los dibujos que contienen sus propias instrucciones de construcción, que disponen una coexistencia del plan, programa o algoritmo con su resultado en un mismo plano. Y están por supuesto los murales ejecutados a partir de instrucciones por sus ayudantes, como una especie de performance in absentia, donde lo notable es la retirada de la mano del artista y la distancia que se abre entre su persona y la obra.

Se trata de toda una variedad de dispositivos o máquinas conceptuales orientadas a poner en cuestión, de distintas formas, esa figura del creador como origen insondable de la obra de la que hablábamos recién. Son demostraciones de la separabilidad del artista y su obra. En palabras del propio LeWitt: “La idea es una máquina que hace el arte”[8]. O bien: “La voluntad del artista es secundaria en el proceso que echa a andar, de la idea al resultado”[9].

Pensemos, para establecer un contraste, en el canon del arte moderno. Nos sirve cualquier obra clásica, nuestro Rembrandt o nuestro Velázquez favorito. Obras, en cualquier caso, de las que nadie que hable hoy de generatividad diría que son generativas. ¿Significa eso que carecen completamente de reglas? ¿Qué son, entonces, totalmente irregulares? Tal vez. Eso no estaría muy lejos de una concepción romántica de la obra de arte como excepción, como cosa extraordinaria que es una especie de infiltración de un orden superior, de fulguración o acontecimiento imprevisible en medio de un mundo hecho de regularidades mediocres. Si tal es el caso, en un punto la obra y el artista son indistinguibles: la primera se vuelve inexplicable sin acudir al segundo como su origen. Es tan personal que no puede separarse de la persona, se vuelve casi un atributo de ella, y su grado de autonomía tiende a cero.

Es claro que ya no podemos pensar así. Durante el siglo XX han sucedido cosas: por ejemplo, Barthes y La muerte del autor[10], el estructuralismo entero y sus consecuencias, incluyendo a Derrida. Hemos ido más allá de esa idea romántica de la obra como emanación de la persona-autor. Pero, ¿hemos terminado de recorrer ese camino hasta donde sea que nos lleve? En particular, además de permitirnos pensar la obra en su autonomía, ¿qué implica para la figura del artista?

Implica, claramente, que desde el punto de vista del arte el artista en tanto persona no importa nada. Entonces, Velázquez o Rembrandt serían los nombres propios, no de personas, sino de unos programas, de unas funciones particulares, de unas máquinas de arte que procesan de una manera singularísima (pero pensable) los más variados inputs sensibles, conceptuales, históricos, sociales, emocionales y físicos para producir una síntesis material determinada llamada obra.

En otras palabras, podemos pensar que en toda obra, como en los Incomplete open cubes, el artista le presta su mano, con mayor o

menor éxito, a un sistema de reglas abstracto, que es en sí mismo perfectamente impersonal, completamente autónomo. Tal vez sea eso lo que LeWitt estaba una y otra vez tratando de decirnos. Llegaríamos entonces al extremo en que podemos afirmar que todo arte es generativo.

En 1903 Henri Bergson proponía en su Introducción a la metafísica[11] una especie singular de entidad que es un acompañante inseparable de todo filósofo: aún más, es aquello que lo hace filósofo, al tiempo que puede pensarse con independencia de él en tanto persona. Esto es lo que dio en llamar la “intuición filosófica”. Se trata de algo “simple, infinitamente simple, tan extraordinariamente simple que el filósofo jamás ha logrado decirlo”. La intuición bergsonianalejos de ser un conjunto de reglas o algoritmo: su puntualidad adimensional le quita toda posibilidad de estructura interna y articulación. No obstante, tiene en común con él el hecho de ser principio productivo:

“Un filósofo digno de este nombre jamás ha dicho sino una cosa: aún ha intentado más decirla que la ha dicho verdaderamente; y ha dicho una sola cosa porque no ha visto más que un punto, que también fue menos una visión que un contacto, el cual ocasionó un impulso, y este un movimiento...[...]” [12]

Cuando Bergson intenta aproximarse en palabras a esa intuición originaria de tal o cual filósofo pars ejemplificar su idea, llega sin embargo a algo que se parece bastante a una fórmula. Por ejemplo hablando del obispo Berkeley, su intuición sería que “la materia es una delgada película transparente situada entre el hombre y Dios”, o bien, en una trasposición auditiva de esa imagen, que “la materia es una lengua que Dios nos habla”. A partir de ahí, toda la obra del filósofo consiste en el despliegue de esa intuición, que es algo así como un archivo infinitamente comprimido, un molde interno conceptual que nunca cesa de asimilar lo que encuentra a su paso como material útil para expresar su forma.

Veo a Bergson como un punto de transición o de incertidumbre entre la inspiración romántica y la productividad impersonal de un sistema de reglas. Está, por un lado, lo inefable, pero por otro la idea del filósofo como máquina expresiva o función de ese punto originario.

Para un ejemplo nítido de una concepción algorítmica del arte, podemos dar otro salto en el tiempo y acudir a la imaginación visionaria de Stanislaw Lem, escritor de ciencia ficción polaco, que en 1973 publicó una colección de prólogos a libros inexistentes bajo el título de “Un valor imaginario”[13]. Entre ellos está el de “Introducción a la literatura bítica (en cinco volúmenes)”, una enciclopedia del futuro dedicada al análisis de “toda obra literaria de procedencia no humana”, es decir, escrita por computadoras.

Según nos relata el prólogo, introduciéndonos en esta difícil disciplina, la literatura bítica se divide en varios géneros. De entre ellos, nos interesa en particular el llamado “Mimesis”, que surgió como un resultado secundario e imprevisto de la traducción de textos por máquinas. Lem escribía esta ficción futurista mucho antes de que

existiera nada parecido a una traducción automatizada, pero sabía ya que las traducciones debían operarse “en la esfera de los conceptos, y no en el de las palabras o frases”. Como paso intermedio de ese proceso, se nos explica, las computadoras representaban un texto en “un espacio interno conceptual” como un plexo de miles de millones de “curvas significativas”, dando como resultado un “complicado sólido policristalino, aperiódico, alternativamente sincrónico”. La relación entre este “cuerpo N-ecoico de reflexión” y el texto original “es paralela a la que existe entre un organismo y su embrión”. El despliegue de ese nudo de significados en el ámbito de un nuevo lenguaje es lo que da una traducción acabada.

La primera obra bítica de fama mundial fue una novela producida por una computadora encargada de la traducción al inglés de la obra completa de Dostoievski. El caso es que la obra del gran escritor ruso forma, en el espacio de significados, una figura geométrica incompleta, una suerte de toro entreabierto, que la máquina se limitó a completar, produciendo de ese modo la novela *La Niña* (“*Dievochka*”), que para los críticos especializados resulta incluso más dostoievskiana que la verdadera novela inconclusa “*El emperador*”.

Hay que acudir al texto para disfrutar de las maravillosas derivaciones que imagina Lem a partir de esta idea, como la posibilidad de comprar los “cuerpos de reflexión” de la *Summa Teologica* o la *Crítica de la razón pura* bajo la forma de pisapapeles de variados tamaños y colores.

La visión disparatada de Lem va cobrando, con el avance implacable de la tecnología, una vigencia cada vez más inquietante. ¿Podremos alguna vez tener un Dostoievski artificial? ¿Un algoritmo que lo simule con verosimilitud convincente? Esta pregunta está evidentemente relacionada con un campo de investigación que desde hace décadas se hace notar principalmente por sus frustraciones y promesas incumplidas: la inteligencia artificial. Todavía no contamos con una máquina que hable en ningún sentido humanamente decente de la palabra: mucho menos podríamos esperar un gran escritor de silicio. La historia de los desencantos de la inteligencia artificial es compleja e instructiva, pero por lejos que estemos de parar en esa estación, eso no impide que nos planteemos la cuestión de fondo: ¿Es el pseudo-Dostoievski siquiera posible? ¿Estamos hablando de un proyecto racional o de una alucinación positivista?

La era de la simulación

He aquí cómo, recurriendo a una dosis de ciencia-ficción, hemos llegado al extremo del segundo peligro del que hablábamos, que se expresa como: Todo arte es impersonal. O bien, en otras palabras: no hay acontecimiento artístico, entendido como algo que se sustrae a la regla y que es un atributo único e intransferible del autor. Como hemos notado, la consecuencia de este principio es que, bajo nuestra definición, nos veríamos llevados a decir que todo arte es generativo: producto de la colaboración creadora entre un humano y un sistema autónomo impersonal.

Nos interesa rechazar esa posibilidad por motivos prácticos: estamos a la busca de una especificidad de lo generativo, no de su disolución en la generalidad del arte. Si todo arte es generativo, el término 'arte generativo' no denomina nada y se vuelve inútil.

Ante la proposición extrema de que "todo material es autónomo" ofrecíamos el criterio de que no importa tanto valorar el grado de esa autonomía como atender a la relación que el artista-humano entabla con ella. La generatividad se vuelve entonces una cuestión de procedimiento o actitud. De manera análoga, responderemos a la posibilidad de que toda obra sea el producto de un sistema de reglas impersonal con la siguiente propuesta: lo que está en juego en aquello que llamamos 'arte generativo' no es la presencia de un autómatas creador, por oposición a un 'arte en general' donde estaría ausente, sino su puesta en escena. La diferencia, por ende, es que el arte generativo muestra al sistema autónomo en la obra, lo convierte en parte manifiesta de su materialidad sensible, e incluso en su tema.

Si, por ejemplo, un artista empleara procedimientos generativos en la intimidad de su taller, pero ellos no dejaran ninguna marca sensible en la obra, si resultaran en definitiva invisibles, no llamaríamos generativo a ese trabajo. Lo que el artista hace en la soledad de su labor productiva le atañe sólo a él. Lo que aparece ante nosotros como proposición es la obra.

Dicho esto, hay un sentido en el que la tesis "todo arte es generativo" puede tener su productividad propia. Se trataría ya, no de la finalidad declarada de este artículo, que es circunscribir un conjunto de prácticas, sino de un posible punto de vista sobre el arte en general. Se trataría de acercarse a él con un cierto espíritu científico, con el ánimo de postular las reglas implícitas en su presencia sensible, de encontrar las leyes que den cuenta de su despliegue, con el fin último de su reproducción experimental. Como la máquina traductora de Lem, hallar el molde interno que es a la vez la síntesis abstracta y la clave productiva de un múltiple organizado que clasificamos como arte.

La hipótesis que hace esto posible es que nada es arbitrario, que aún el gesto más alocado es el resultado de un cálculo más profundo[14], que la creación no habita en el territorio de lo impensable o del misterio, y que es posible remontarse de la materialidad ya desplegada de una obra al sistema de reglas abstracto o algoritmo que la pliega.

Se trataría a la vez de un proceso de objetivación de lo subjetivo, o de despersonalización. Comprimida en un conjunto de reglas, la obra puede al fin separarse del nombre propio de su creador, y de todo lo que viene adjunto: su personalidad, su biografía. Es cualidad esencial de un algoritmo poder ser ejecutado múltiples veces, en contextos y por agentes distintos. En ese sentido es anónimo: de la misma manera en que una metáfora se despersonaliza cuando se olvida su autor y pasa a formar parte del lenguaje corriente - cuando se vuelve común o de dominio público. Desde esta pers-

pectiva, la generatividad sería una tarea de reconstrucción open source de sistemas propietarios: una puesta en común de lo que tenía dueño.

Se me dirá que la crítica, o la teoría del arte, desempeñan desde hace muchísimo tiempo un papel parecido: dar cuenta de la obra por otros medios, pensar cómo y por qué llegó a ser lo que es, explicarla. Algo hay en común, y sin embargo el abordaje generativo es diferente. Un algoritmo no es una explicación. Por el contrario, puede ser sumamente oscuro, impenetrable. Y tiene además una doble cara que le falta a la interpretación o a la crítica. No sólo es una suerte de síntesis, de 'archivo comprimido' de la multiplicidad sensible de una obra, sino que es una máquina productiva. Estamos en el particular terreno de la simulación.

En el ámbito de las ciencias, y especialmente en el de las llamadas "ciencias duras", la división del trabajo entre científicos teóricos y experimentalistas estaba tradicionalmente bien establecida. La aparición, relativamente reciente, de los simulacionistas ha venido a perturbar esa diáfana oposición, que tanto recuerda a la dualidad cartesiana de la materia y el espíritu. El simulacionista es un espécimen híbrido, que combina principios teóricos con metodologías experimentales para diseñar pequeños mundos artificiales que viven en la computadora.

No se ensucia las manos con el mundo material, pero tampoco se encierra en una torre de ecuaciones vacías de contenido. Está en un puente o punto de pasaje que representa un enlace nuevo de la teoría y de la práctica. La heterodoxia de esa posición queda legitimada por su enorme eficacia en los ámbitos más diversos: ecosistemas, mercados, proteínas, epidemias, redes viales, estructuras, sistemas de distribución, bombas de hidrógeno, cada vez más cosas pueden ser 'reproducidas a escala' en unos mundos virtuales, simplificados pero útiles a la hora tanto de comprender un sistema como de imaginar sus posibles desarrollos en el tiempo.

La generatividad debe ser comprendida en el marco más amplio de la simulación. Es por eso que resulta posible llegar a ella por dos caminos: desde la teoría, como la actividad de exploración y síntesis de los principios productivos de un sistema complejo, y desde la práctica, como la actividad de diseñar situaciones experimentales donde esos principios se ponen en marcha.

Una estética híbrida

La primera parte de la actual "época digital" de la generatividad estuvo caracterizada por la exploración de algoritmos relativamente simples que representan aproximaciones a fenómenos de los ámbitos más diversos de la naturaleza: autómatas celulares, fractales, modelos de ramificación y crecimiento, modelos de producción de patrones por difusión química, sistemas de atracción y repulsión entre partículas, etcétera. Se trató de una revisión más o menos sistemática de un repertorio de procedimientos no lineales para la

producción de forma. Hasta este punto, el arte generativo responde plenamente a la concepción clásica del arte como *imitatio naturae*.

Ciertamente, muchas veces parece fiel a la vieja idea pitagórica de la belleza como armonía matemática. Se trata de una estética clasicista que deriva con facilidad en una suerte de “kitsch digital”, cuyo epítome son las incontables renderizaciones del conjunto de Mandelbrot.

El camino que sugiere Lem con su Dostoievski artificial es sin duda distinto. Pasaríamos de la imitación de la naturaleza a la imitación del arte. Si acordamos en que el arte contemporáneo es mayormente autofágico, en el sentido de que se alimenta incesantemente de su propia historia, con este giro la generatividad conseguiría tal vez ponerse a la altura del arte en general.

Sin embargo, la simple mimesis del arte tradicional también puede ser una receta para el kitsch: ya no el de las bellas proporciones matemáticas, sino el del canon de la belleza pictórica. En la generatividad actual también hay ejemplos de este deseo de investirse de “lo artístico” en un sentido mayormente acrítico y retrógrado. Parece haber a menudo un entusiasmo ingenuo con la posibilidad de hacer ‘bellos cuadros’ poniendo en juego procesos computacionales, como si todo el sentido de la llegada de lo digital a nuestras vidas fuera la posibilidad de hacer lo mismo por otros medios. Sin una idea clara de la diferencia que introduce el procedimiento generativo, esto sólo puede derivar en una cierta decoratividad automatizada.

¿Qué le queda entonces de específico al arte generativo? Sin duda, aquello que sólo deviene posible por la conjunción de una persona con un autómata. El desafío propio del arte generativo es desarrollar una estética que sea, por así decir, ni demasiado humana ni demasiado inhumana. Ni la impersonalidad vacía de un despliegue matemático, ni apropiación acrítica de “lo artístico” en sentido clásico. En lugar de eso, un verdadero híbrido, una quimera estética. Un cyborg artístico que integra su doble origen en un cuerpo humanamente reconocible pero aún así extraño, que transita el borde entre lo familiar y lo desconocido.

Es este desafío lo que hace al arte generativo rigurosamente contemporáneo. Vivimos un momento muy particular, que la imaginación científica adelantó incontables veces: a saber, el encuentro con una inteligencia alienígena, el choque de civilizaciones. El hecho es que los aliens están entre nosotros. Nosotros los hemos creado, los reproducimos y los alimentamos. Con naturalidad (?), casi sin notarlos, nos vamos adaptando a la convivencia cotidiana con un tipo de inteligencia que es radicalmente diferente de la nuestra (en síntesis, ellas son mayormente seriales, nosotros mayormente paralelos). Se trata, por supuesto, de las computadoras, de los procesadores digitales incrustados en cada vez más objetos de nuestro entorno. El resultado de esta simbiosis carbono-silicio es una inteligencia híbrida, que resulta de la composición de nuestras capacidades con las suyas.

Si nos atenemos a la definición que hemos planteado, y nos asomamos fuera del círculo mágico del arte, tendríamos que decir que

muchas de nuestras actividades diarias se han vuelto generativas, porque son posibles sólo en virtud de nuestra colaboración con un sistema inhumano relativamente autónomo. Una persona con un, así llamado, “teléfono inteligente” es más que simplemente una persona en el alcance de sus posibilidades – pero a la vez, creo yo, menos que el ideal del sujeto moderno: unificado, autosuficiente y racional. Es un sujeto en red.

Entonces, no cabe duda de que el arte generativo sigue siendo humano. El punto clave está en que no es sólo humano. Un autómata hace algo que nosotros no podemos hacer directamente. Expande nuestras posibilidades. En el curso de la modernidad, el arte ha sido esencial y completamente humano. Por medio de la inspiración y el talento, el artista era la fuente primaria e insustituible de la obra. Asistimos ahora a una secundarización de la persona-artista, en la medida en que se interpone un dispositivo entre la obra y ella. Ésta debe, por lo tanto, ser pensada en relación al múltiple humano-no-humano del cual surgió.

En la estela del molde interno

Hemos recorrido entonces, tal vez no hasta el final pero sí al menos un buen trecho, las líneas tendidas por los dos núcleos conceptuales que hallamos en la definición de Galanter: autonomía e impersonalidad. En ambos casos hemos observado que no se trata de buscar el borde de lo generativo imponiéndose la tarea imposible de discernir cuándo un material se vuelve autónomo o cuándo la creación pone en juego un sistema impersonal que puede separarse del artista. Se trata en cambio de atender a dos cosas: desde el punto de vista del proceso creador, si hay un diálogo efectivo entre el artista y algún tipo de autómata material o abstracto, que implique el desplazamiento temporario del primero de la posición de control y lo encuentre como espectador de un despliegue que no depende de su acción inmediata. Desde el punto de vista de la relación del espectador con la obra terminada, si es legible el hecho de que algo en esa obra se desarrolló solo, si hay por consiguiente una puesta en escena del autómata y queda a la vista la colaboración con una entidad inhumana que la hizo posible.

Creo que nadie duda que vivimos tiempos de cambio. A veces parece, sin embargo, que nuestros cuerpos cambiaran más rápido que nuestras mentes. Cuando estamos ya sumergidos en una suerte de ciberósfera que nos ha convertido en nodos de una compleja red electrónica y ha modificado el campo de nuestras posibilidades y acciones cotidianas de manera radical, seguimos a menudo pensando en términos que se han vuelto incompatibles con esta realidad. En el campo artístico, eso se ve en la persistencia de una figura del Autor que lo pinta como origen unívoco de esa substancia inefable llamada Arte. Naturalmente, esa figura no cesa de ser puesta en cuestión, sobre todo en el seno de la intelligentsia heredera de las vanguardias del siglo XX, pero tampoco termina nunca de morir.

Creo que estamos necesitados de un nombre para eso que viene después de la modernidad pero que no es la posmodernidad – una manera de actuar y de concebir el mundo que sustituye estructuras jerárquicas por sistemas complejos, principios globales por reglas locales, control centralizado por autoorganización, planificación por experimentación, conjuntos por redes, identidades por relaciones, unidad por multiplicidad, y un largo etcétera. Es una ola de cambio que tiene su origen en el seno mismo del esplendor de la modernidad, y de la cual la idea de molde interno fue quizás una de las primeras manifestaciones. Todo empieza por pensar la posibilidad de un orden sin Dios, sin plan, sin intención y sin finalidad. Una organización que no puede distinguirse de la materia, y que se genera y perpetúa a sí misma. Todavía estamos pensando las ramificaciones de esta idea en toda su profundidad. La generatividad puede ser un recurso para que el arte se mantenga a la altura de su tiempo y extienda a la vista de todos los innumerables problemas e incertidumbres asociados a esta segunda naturaleza que la tecnología despliega inexorablemente ante nosotros, y en la que todos nos estamos internando con más o menos entusiasmo e inconsciencia.

Leonardo Solaas, octubre de 2010

// NOTAS

1. NIEMEYER, Oscar (1907). Arquitecto brasileño, autor de los edificios públicos de Brasilia y la sede de las Naciones Unidas en Nueva York, entre otras obras icónicas del siglo XX. Cita tomada de http://entertainment.timesonline.co.uk/tol/arts_and_entertainment/visual_arts/architecture_and_design/article3035080.ece. Traducción propia.
2. Ver <http://plato.stanford.edu/entries/evolution/>
3. LECLERC, George-Louis. *Histoire naturelle, générale et particulière*. Disponible en línea en <http://www.buffon.cnrs.fr/> (edición original en francés)
4. Op. cit, tomo II, pág. 35. Traducción propia.
5. GALANTER, Philip. What is Generative Art? Complexity theory as a context for art theory. International Conference on Generative Art. Milano, 2003. Disponible en línea en http://www.philipgalanter.com/downloads/ga2003_paper.pdf
6. Generative Practice: The State of the Art, en *Digimag* 57, septiembre de 2010. Diálogo coordinado por Jeremy Levine, con la participación de Marius Watz, Mitchell Whitelaw y el autor. <http://www.digicult.it/digimag/article.asp?id=1878>
7. Max Ernst hizo uso también de otras técnicas, como el frottage y el grattage, que formaron parte del arsenal con el que el

Surrealismo persiguió la liberación del inconsciente y el automatismo. Véase http://en.wikipedia.org/wiki/Surrealist_techniques

8. Paragraphs on Conceptual Art, en revista Artforum, junio de 1967. Disponible online en <http://www.rednoise.org/pdal/uploads/Paragraphs.Conceptual.Lewitt.html>
9. Sentences on Conceptual Art, en O-9, Nueva York, 1969 y Art-Language, Inglaterra, 1969. Disponible online en <http://www.altx.com/vizarts/conceptual.html>
10. BARTHES, Roland. La muerte del autor. 1968. <http://www.enriquevilamatas.com/textbarthes.html>
11. BERGSON, Henri. Introducción a la metafísica. Ed. Porrúa, México DF, 1986.
12. Op.cit, pág. 33
13. LEM, Stanislaw. Historia de la literatura bítica. En Un valor imaginario, Editorial Bruguera, Buenos Aires, 1971
14. Sobre la oposición entre gesto y cálculo, véase BOURRIAUD, Nicolás: Estética relacional. Adriana Hidalgo Editora, Buenos Aires, 2008, pág. 85.

El Arte cinético como precedente del arte generativo

Autor: Ezequiel Rivero

mannezik@gmail.com

Proyecto de investigación “Nuevos territorios de la generatividad en las artes electrónicas: su convergencia con la robótica, la Realidad Aumentada y el Net.Art.” - Director Emiliano Causa-
Facultad de Bellas Artes de la Universidad Nacional de La Plata
(Argentina) - Diag.78 N° 680 Ciudad de La Plata.

Resumen

Basados en la definición de Arte Generativo enunciada por Philip Galanter, se expondrán en esta investigación antecedentes de piezas artísticas propias del movimiento cinetista que compartan rasgos definitorios o hayan establecido un contexto propicio para el desarrollo de la generatividad en el arte.

Durante el análisis de distintos exponentes extraídos a lo largo de la historia de esta rama del arte contemporáneo, se evaluará el grado de incidencia de los elementos o caracteres mencionados por Galanter necesarios para la existencia de generatividad en el arte.

Así se analizará sobre el grado de automatismo que la obra posee, y sobre cuanto de su proceso regido por un sistema de reglas es variable y transformado por factores externos a la obra.

A partir de esto último, se trabajará en el análisis e historia del arte cinético, desde sus inicios, en la década de 1920, y terminando en obras de artistas contemporáneos que desarrollen sus trabajos a través de esta corriente.

arte cinético

generativo

arte y movimiento

cinetismo

generatividad

INTRODUCCIÓN

El arte cinético es una rama del arte que trabaja en la exploración de la estética del movimiento. Aquí las obras tienen movimiento como elemento plástico o generan la ilusión de tenerlo a través de recursos de desestabilización óptica.

El término “cinético” proviene del griego “κίνητικός que significa que se mueve)”¹

En la escultura, las obras suelen contener elementos móviles que son los mayores portadores de sentido, mientras que en el campo de la plástica, el movimiento se logra a expensas de la creación de ilusiones ópticas, basadas en fenómenos propios del ojo humano tales como la vibración retiniana frente a tramas complejas, y su imposibilidad de enfocar simultáneamente dos superficies cromáticamente contrastadas.

Los primeros artistas que comenzaron a producir obras con estas características fueron Larionov, Archipenko, Marcel Duchamp, Francis Picabia, varios de ellos integrantes del movimiento futurista italiano y ruso, por mediados de la década de 1910, y continuaron autores como Alexander Calder, algunas décadas después.

En la década de 1920 comienza a hablarse de cinetismo pero circunscrito a la ingeniería mecánica, en una subdisciplina que estudiaría “los cuerpos sometidos a fuerzas no equilibradas, que por tanto, tendrán movimientos no uniformes, es decir, acelerados.”² y recién desde 1954 comienza a denominarse a este tipo de obras de arte con la expresión *Arte Cinético*.

Esta corriente se instala como manifestación de la influencia del ambiente tecnológico de la década de 1950, siendo muchas obras expuestas en la Galería Denise René de París en 1955 bajo el título de “Le Mouvement”. Diez años más tarde la exposición “The Responsive Eye”, en el Museum of Modern Art de Nueva York (MoMA), supone la consagración oficial del arte cinético.³

En las décadas próximas aumenta el número de productores de este tipo de arte tanto en Europa como en América y se alcanza un máximo nivel de adhesión en las décadas 1960 y 1970.

Características del Arte cinético

Además del tratamiento especial que recibe la estética del movimiento, el arte cinético como corriente se ha caracterizado por otros elementos de carácter discursivo.

Entre las características del arte cinético se destacan el rechazo a cualquier referente narrativo, literario o anecdótico; la desvinculación de la obra de arte con respecto a su creador, la abolición del soporte tradicional del cuadro, la incorporación de materiales

inéditos para la creación artística, (plásticos, circuitos eléctricos, etc.) y la intención de insertarse en la vida pública de la ciudad, formando parte del urbanismo.⁴

El arte cinético introduce la interacción con el espectador. En gran variedad de obras es éste quien tiene que desarrollar una acción para que la pieza se mueva o genere la ilusión de estar haciéndolo.

El carácter interactivo-reactivo es una de las grandes novedades de este movimiento, ahora las obras se tocan, hay un juego sinérgico con el público que antes no había.

Según el historiador Frank Popper -el mayor estudioso del Arte Cinético- "todas las tipologías mencionadas corresponden a esta tendencia artística, pues lo esencial es la sensación que se produce en el observador".⁵

Todos estos caracteres dotan al hecho artístico de una gran capacidad de variación determinada, por un lado, por los condicionamientos estructurales, físicos o mecánicos que el autor definió durante el diseño y construcción de la obra, y por otro lado, el espectro de acción que posee el usuario.

La combinación de estos elementos produce resultados únicos para cada experiencia artística, pudiendo considerarse este fenómeno como un precursor de la generatividad, dado por su proximidad a un sistema de reglas al cual se le ingresan variables que condicionan un resultado final.

Clasificación

De acuerdo a la relación que las piezas de arte tengan con el movimiento y el origen del mismo, las obras de arte cinético pueden clasificarse en:

- Obras cuyo movimiento es óptico y virtual, y está determinado por el desplazamiento del espectador.
- Obras cuyo movimiento es óptico y virtual, y está determinado por fenómenos ópticos como la vibración retiniana, y su imposibilidad de enfocar simultáneamente dos superficies cromáticamente contrastadas. (opArt)
- Obras con objetos en movimiento, ya sea que se muevan por sí mismos o por agentes externos no humanos.
- Obras con objetos en movimiento que se mueven por acción del usuario.

Artistas

Aquí se expone una selección de artistas representativos en el área. Los criterios que fundamentan la misma se designan para lograr la cobertura de las diferentes tipologías descritas en la clasificación anterior.

Julio Le Parc:

Pintor cinético, dibujante y grabador argentino formado en Francia. Nació en Argentina en 1928.

Realizó investigaciones en el terreno de lo visual, la luz y el movimiento, y tomó parte activa del grupo Nueva Tendencia. La obra se convierte así, no en un hecho exterior al espectador, sino en un ambiente en el que este último participa.⁶

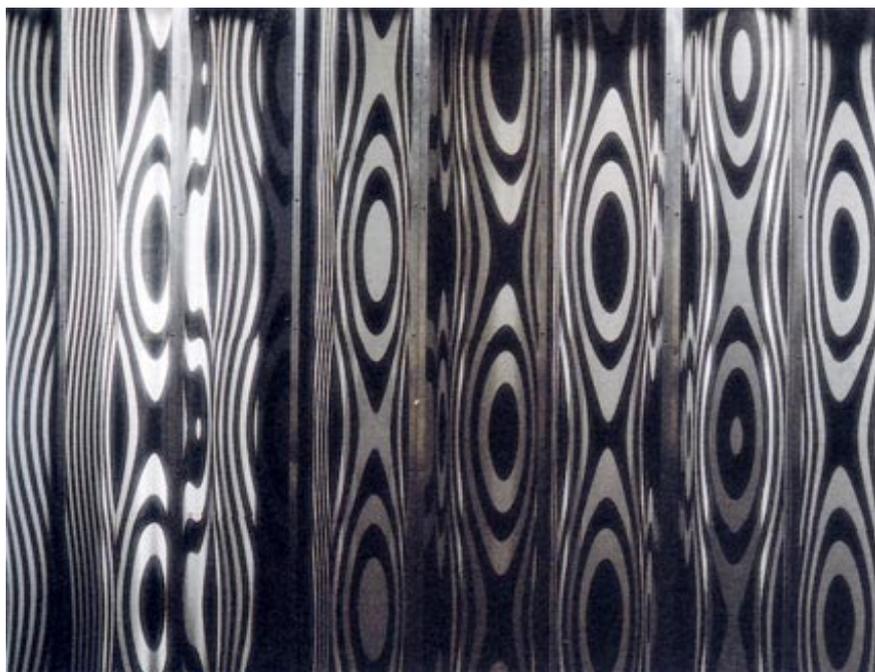


Figura 1

Julio Le Parc

fuelle:
<http://artecomplemento.files.wordpress.com/2009/04/z-depalcement-5.jpg>

Alexander Calder:

Nació el 22 de julio de 1898, Lawnton, Pensilvania - 11 de noviembre de 1976, Nueva York. Fue un escultor estadounidense. Hijo y nieto de escultores, siendo su madre pintora, estudió ingeniería mecánica y en 1923, asistió a la Liga de Estudiantes de Arte de Nueva York, donde fue influenciado por artistas de la escuela Ashcan.

En 1924, contribuyó con ilustraciones para la National Police Gazette. En 1926, se trasladó a París y comenzó a crear figurillas de animales de madera y alambre; de aquí fue que desarrolló sus famosas miniaturas circenses. En los años 1930, se hizo célebre en París y los Estados Unidos por sus esculturas de alambre, al igual que por sus retratos, sus bosquejos de línea continua y sus abstractas construcciones motorizadas.

Es mejor conocido como el inventor del móvil o mobile (juguete móvil colgante), un precursor de la escultura cinética. También elaboró obras esculturales inmóviles, conocidas como stables. Aunque los primeros móviles y stables de Calder fueron relativamente pequeños, poco a poco fue dirigiéndose hacia la monumentalidad en sus trabajos posteriores. Su arte fue reconocido con muchas exhibiciones de gran envergadura.



Figura 2

Alexander Calder

fuelle:

http://artecomplemento.files.wordpress.com/2009/04/23513_alexander_calder1.jpg

Carlos Cruz-Diez:

Nació en Caracas, Venezuela, el 17 de agosto de 1923. Junto con Jesús Soto es uno de los artistas cinéticos más importantes de Venezuela.

Estudió en la escuela de Bellas Artes de Caracas, donde también fue profesor de Historia de Artes Aplicadas, y luego subdirector y profesor de pintura. Enseñó técnicas cinéticas en la Escuela Superior de Bellas Artes, París. Es presidente de la fundación Museo de la Estampa y del Diseño Carlos Cruz-Diez.

Ha tenido exposiciones individuales en el Museo de Bellas Artes, Caracas (MBA), Museo de Arte Contemporáneo de Caracas, Museo Jacobo Borges, Caracas, Museo de Arte Contemporánea de Bogotá, Museo de Arte Moderno de Bogotá, Museo de Arte Moderno de México, Quadrat Josef Albers Museum, Bottrop, Alemania. Museum am Ostwall, Dortmund, Alemania, Musée de la Chaux des Fonds, Suiza, y muchos otros.



Figura 3

Carlos Cruz-Diez

fuelle: http://www.cruz-diez.com/media_files/CCDWEB_201211_77.jpg

Gyula Kosice:

es un escultor, plástico, teórico y poeta argentino, uno de los precursores del arte cinético y lumínico.

Nació el 26 de abril de 1924 en Košice, Checoslovaquia (actualmente Eslovaquia). Tres o cuatro años después de haber nacido, sus padres emigraron a la Argentina, donde se establecieron e inscribieron a su hijo bajo el nombre de Fernando Fallik.

Utilizó como nombre de artista su ciudad natal. Fue uno de los iniciadores del arte abstracto no figurativo en América Latina. Utilizó, por primera vez en el plano mundial, el agua y el gas neón como parte de sus obras artísticas. También se



Figura 4

Gyula Kosice

fuelle: <http://www.malba.org.ar/malbacoleccion/assets/userfiles/obras/58-1-1308672001-500.jpg>:

valió de otros elementos novedosos en el ambiente como la luz, y el movimiento.

Ha realizado esculturas monumentales, recorridos hidroespaciales, hidromurales, etcétera. Intervino en 40 exposiciones individuales y más de 500 muestras colectivas.

Yaacov Agam:

Artista israelí destacado del arte cinético, del que fue pionero. Ya desde el principio de su carrera su objetivo era producir una reacción espontánea entre el observador y el artista. Experimentó con las formas constantemente a través de nuevos medios expresivos.

Agam, cuyo nombre verdadero es Yaacov Gipstein, nació en Rishon le-Zion, Palestina. Estudió con Mordechai Ardon en la Escuela de Artes y Oficios de Bezalel antes de ir a Zurich y de allí a la Academia de Arte Abstracto de París. A principios de la década de 1950 experimentó por primera vez con el movimiento; en 1953 realizó su primera exposición individual y en 1955 participó en la primera exposición internacional de arte cinético, que tuvo lugar en la galería Denise René de París. Su obra se expuso en la Bienal de París de 1959, en la muestra 'El Movimiento en el Arte', de Amsterdam y en la Bienal de São Paulo en 1963, donde ganó el primer premio.

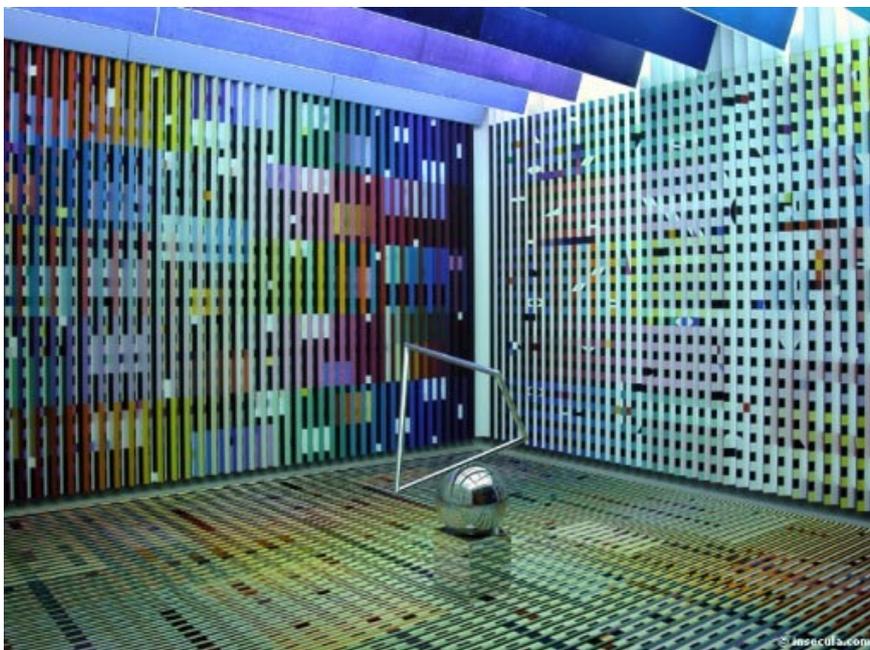


Figura 5

Yaacov Agam

fuelle: <http://www.epdlp.com/fotos/agam2.jpg>

Marcel Duchamp:

Algunas de las obras de este artista, pueden integrar el conjunto de obras de ámbito cinetista, puesto que el público debe interactuar con estas y en ellas se puede generar cierto movimiento.



Figura 6

Marcel Duchamp

fuelle: <http://artecomplemento.files.wordpress.com/2009/04/duchamp.jpg>

Duchamp nos ofrece una puerta abierta para que entendamos que el arte está en los objetos cotidianos, en los taburetes y en las bicicletas. El espectador interactúa con la obra y ella genera una imagen circular, que con la fuerza cinética y la luz, tiene cierto brillo y color. Es una imagen estética. Eso es lo que busca el artista, el arte en los elementos cotidianos

Theo Jansen:

Es un artista y escultor cinético, vive y trabaja en Holanda. Construye grandes figuras que remiten esqueletos de animales que son capaces de caminar usando la fuerza del viento de las playas holandesas. Sus trabajos son una fusión de arte e ingeniería. En un anuncio de BMW, Jansen dijo: "Las barreras entre el arte y la ingeniería existen sólo en nuestra mente".

Jansen se dedica a crear vida artificial mediante el uso de algoritmos genéticos. Estos programas poseen evolución dentro de su



Figura 7

Theo Jansen

fuelle: http://theredlist.fr/media/database/fine_arts/artistes-contemporains/netherlands/theo-jansen/O12-theo-jansen-theredlist.png

código. Los algoritmos genéticos se pueden modificar para solucionar variedad de problemas incluyendo diseños de circuitos, y en el caso de las creaciones de Theo Jansen, sistemas muy complejos.

Lyman Whitaker:

Escultor Estadounidense que en los últimos 20 años se ha centrado en la creación de esculturas mecánicas accionadas por el viento, producidas artesanalmente.

La receptividad de su trabajo ha permitido al autor crear un estudio en el sur de Utah con representación en galerías de arte de todo el país. Además, existen instalaciones públicas y privadas en los Estados Unidos, Canadá, Europa y Australia.⁷



Figura 8

Lyman Whitaker

fuelle: http://vindskulpturer.no/SVENDOLENIELSENAS/content/text_82a9536b-e739-485d-8473-228cfc6e01a7/1342074319629/edit-forsidebilde.jpg

Víctor Vasarely:

Artista húngaro nacido en 1908, “ha sido considerado por la historiografía del arte contemporáneo como el padre del Arte Cinético. Llevó a cabo sus estudios en su país de origen, y su asistencia al “Mühely”, fundado en 1928, permite afirmar la influencia de la Bauhaus en su formación. La escuela Mühely había sido creada por el profesor Alexander Bortnyik en Budapest, y seguía el modelo de la escuela estatal alemana de la Bauhaus.⁸”

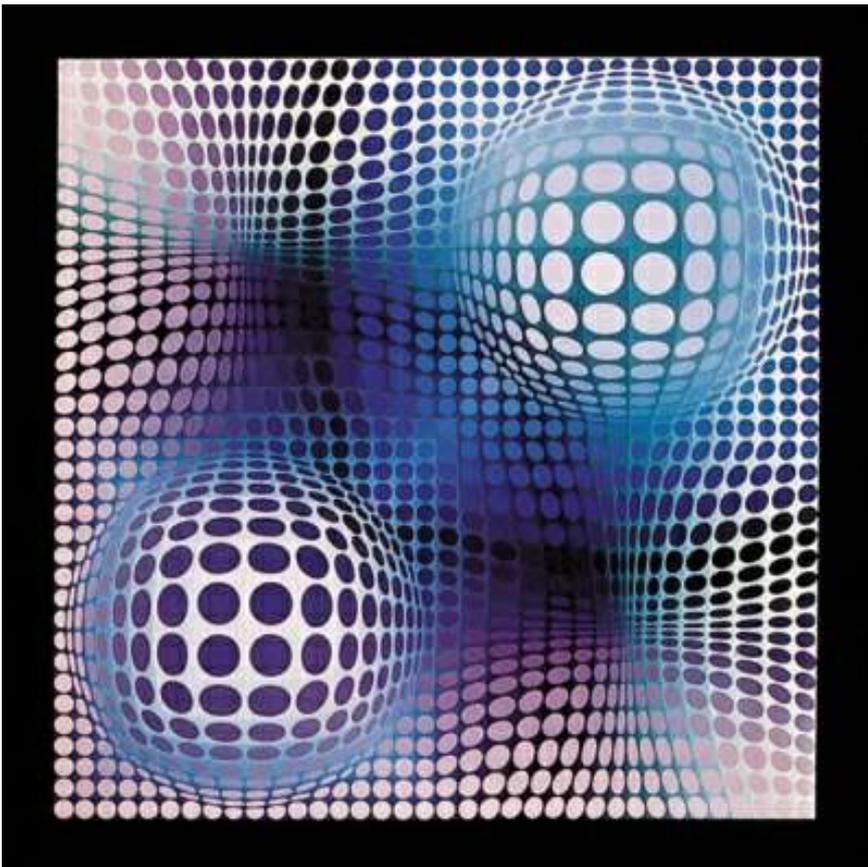


Figura 9

Víctor Vasarely

fuelle: <http://static-enet.toolip.gr/resources/2013-02/18-1--4-thumb-large.jpg>

Jean Tinguely:

Nace en 1925 en Friburgo, Suiza. Muere en 1991 en Berna.

Fue un pintor y escultor suizo. Es famoso por sus “máquinas escultura” o arte cinético, entroncado en la tradición Dada; conocido oficialmente como metamecánica. A través de su arte Tinguely satirizó la sobreproducción sin sentido de bienes materiales por parte de la sociedad industrial avanzada.

Tinguely creció en Basilea, pero se mudó a Francia en su juventud para desarrollar su carrera artística. Perteneció al movimiento de avantgarde parisino de mediados de siglo XX y fue uno de los artistas que firmó el manifiesto Neorealista (Nouveau réalisme) en 1960.⁹



Figura 10

Jean Tinguely

fuelle: http://www.tinguely.ch/en/museum_sammlung/jean_tinguely/mainColumnParagraphs/03/imageBoxSubParagraph/02/image/011226_bb.jpg

**Jean Tinguely - Le Cyclop / La Tête, 1970 - Museum Tinguely, Basel
Donation Niki de Saint Phalle - Photo: Christian Baur, Basel
© VBK Vienna, 2008**

Anne Lilly:

Escultora cinética estadounidense. Sus piezas están trabajadas con tanta precisión que parecen irreales, como si estuvieran determinadas bajo otras reglas que no son las de la física formal. Desafían la gravedad, se burlan del variable temporal y proponen una misteriosa relación interactiva con el espectador.

Anne Lilly fue nominada en 2010 para el Premio del Instituto de arte contemporáneo de Boston. Su trabajo fue incluido en la Exposición Anual 2007 DeCordova, en Lincoln; en el Middlebury College Museum of Art.¹⁰



Figura 11

Anne Lilly

fuelle: <http://designyoutrust.com/wp-content/uploads/2011/02/Anne-Lilly-600x600.jpg>

OBRAS

Metamatics: (Jean Tinguely)

Metamatics es una serie de obras que impulsadas por la acción de un usuario generan un dibujo abstracto en un lienzo.

Tinguely creó sus esculturas Metamatic entre los años 1955 y 1959. Estas esculturas fueron modeladas de forma que se asemeja a la estética de la revolución industrial.

Los dibujos imitaban la abstracción gestual de mediados de siglo pasado. Los dibujos abstractos eran producidos por medio de un brazo motorizado, que contenía instrumentos de dibujos a elección del espectador frente a una hoja de papel. El resultado es una composición aleatoria de líneas y puntos en los colores elegidos por el usuario.

Su Metamatic más famoso fue el número 17, que fue creado especialmente para la bienal de París, del año 1959.

La primera gran exposición de Tinguely de estas obras tuvo lugar en el año 1959, en la Galerie Iris Clert en París. ¹¹

La obra puede considerarse un antecedente del arte generativo, ya que posee un gran paralelismo a los caracteres que definen esta rama artística.

Como expone Philip Galanter, un sistema de reglas (en este caso



Figura 12

Metamatics
(Jean Tinguely)

fuelle> http://www.xradiograph.com/projects/xradiograph.com/wiki/uploads/VisualAddiction/tinguely_cylco_gravure.jpg

mecánicas) determina la producción de un resultado pictórico, a expensas del accionamiento, por parte de un usuario, de una máquina dotada de automatismo, combinando variables de comportamiento propias del artefacto y otras ingresadas por un usuario.

Pulse Room: (Almacén de Corazonadas - Rafael Lozano Hemmer)

“Pulse Room” es una instalación interactiva con 1300 bombillas incandescentes colgadas de sus cables a una altura de tres metros. Las bombillas están distribuidas uniformemente en la sala de exposiciones, llenándola por completo. Una interfaz colocada en un lado de la habitación tiene un sensor que detecta la frecuencia cardíaca de los participantes. Cuando alguien sostiene la interfaz,



Figura 13

Pulse Room
(Almacén de Corazonadas - Rafael Lozano Hemmer)

fuelle: http://static1.artsy.net/additional_images/4e7f5c75f15cc80001036450/1/medium.jpg

un ordenador detecta su pulso y pone en marcha inmediatamente el bulbo más cercano a parpadear en el ritmo exacto de su corazón.

Aquí la obra propone un sistema que determina la distribución de los ritmos parpadeantes y presenta un ingreso de variables dado por el ritmo cardíaco sensado de los usuarios.

La composición determinada por las lámparas a lo largo del espacio y del tiempo nunca será la misma, ya que depende de la cantidad de usuarios interviniendo, el orden en el que acceden y la frecuencia cardíaca que presentan al momento de interactuar.

La obra posee un cierto grado de automatismo, aunque las grandes variaciones son ejecutadas por los nuevos usuarios que interactúan.

Dynamic Structure 10: (Willem van Weeghel) ¹²

Dynamic Structure 10 es una obra cinética bidimensional no interactiva. Se compone de una serie de varas negras móviles que giran sobre distintos ejes en un fondo blanco.

El movimiento constante y simultáneo de las mismas determina en cada momento la composición de una imagen diferente.

Los movimientos de las varas son controlados a través de un sistema de computadoras integradas, invisibles al usuario.

La obra puede considerarse muy cercana al arte generativo, ya que posee algunas características que la vinculan con esta disciplina, como son un grado de automatización total y el hecho de que la imagen resultante no se repite jamás, gracias a las variables en los puntos de giro que el sistema posee.

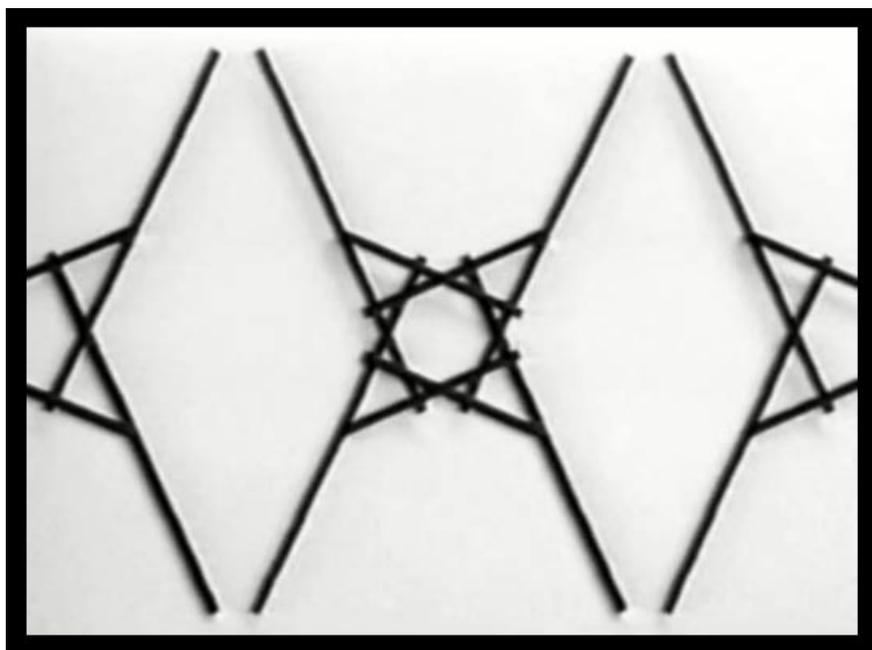


Figura 14

Dynamic Structure 10
(Willem van Weeghel)

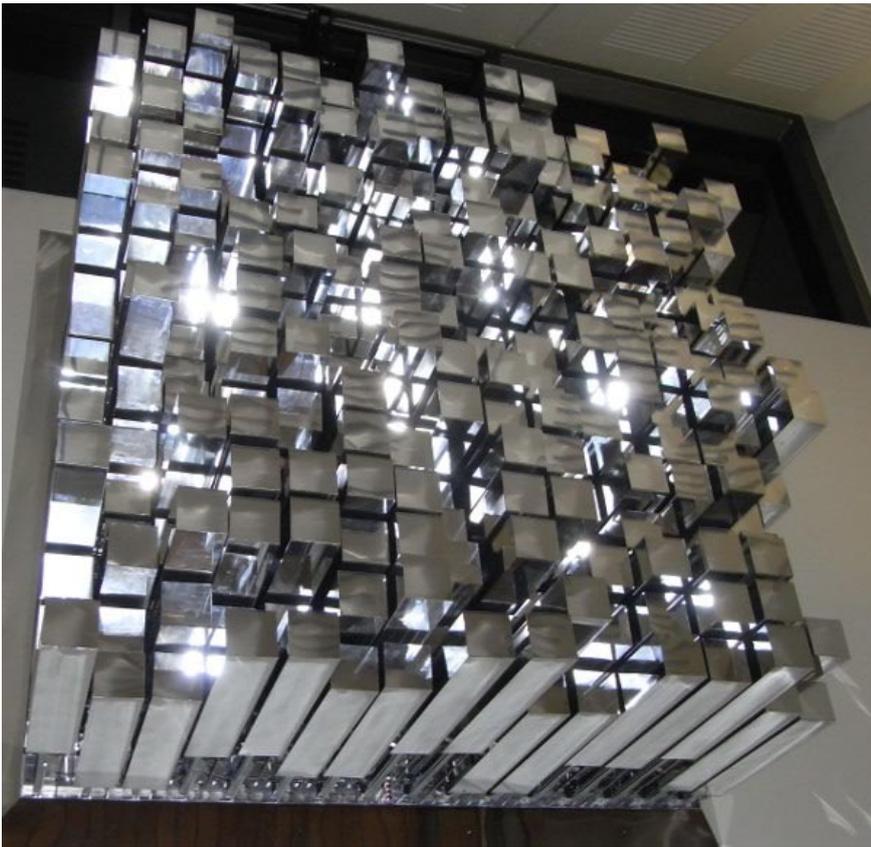


Figura 15

Headspace
(Geoffrey Drake-Brockman)

fuelle: <http://www.drake-brockman.com.au/Headspace.JPG>

Headspace: (Geoffrey Drake-Brockman) ¹³

Headspace es una matriz de 256 varillas motorizadas. Cada varilla es capaz de extruir unos 400 mm. Se trata de una escultura cinética interactiva con cuatro detectores de movimiento capaces de detectar la presencia humana. Se instaló de forma permanente en el Christ Church Grammar School, en Perth, Australia Occidental.

El sistema se carga con datos de escaneos 3D basados en las caras de más de 700 niños en edad escolar, la matriz de barras es capaz de asumir las formas de las caras y realizar transiciones geométricas.

Esta obra cinética se encuentra estrechamente ligada al arte generativo, ya que de igual manera que la obra de Van Weeghel, posee un gran nivel de automatización en la generación de la variable topografía de su superficie, definiendo distintas composiciones o relieves que varían por decisiones tomadas por el sistema y por la interacción de los usuarios.

El movimiento de las varas es constante y las transiciones que integran las representaciones de las formas escaneadas dotan a la obra de un comportamiento orgánico y siempre diferente a los estados que le anteceden.



Figura 16

Scribe
(Jonathan Auger)

fuelle: http://www.jonathanauger.com/images/new/sml/IMG_2001b.jpg

Scribe: (Jonathan Auger) ¹⁴

Scribe es una escultura mecánica fabricada con partes móviles que repiten una coreografía para crear un dibujo. La máquina emula las manos del artista, por lo que se convierte en la creadora de la obra de arte.

Los movimientos repetitivos parecen precisos, pero cada uno presenta distintas imperfecciones que conducen a generar dibujos únicos y originales.

Los gráficos resultantes son el producto de una sofisticada colaboración entre el artista y la máquina y hacen hincapié en el acto de la creación.

La obra puede considerarse un ejemplo cinético de arte generativo, y su gran proximidad al mismo es incrementada porque al igual

que la obra *Metamatics*, de Tinguely ingresa al área de la generación de composiciones visuales gráficas, un campo que ha sido muy explorado por los artistas que desarrollan algoritmos generativos, y que han llegado a resultados pictóricos semejantes.

Este tipo de recurso de salida gráfica abre un espacio común entre las obras cinéticas, robóticas y algorítmicas que devuelven una impresión, ya sea en pantalla o soporte físico tangible. Cualquiera sea el caso, la imagen resultante queda determinada por un sistema de reglas internas lógicas o mecánicas, y que en algunos casos se complejizan aún más por la adición de decisiones variables, donde puede intervenir el azar, un cálculo matemático o la intervención de un agente externo, como puede ser un usuario.

Ada: (Karina Smigla-Bobinski) ¹⁵

Ada es una máquina interactiva que genera dibujos. Se trata de una esfera plástica transparente llena de helio, que flota libremente en el espacio, está recubierta con carboncillos que dejan marcas en las paredes, techos y pisos. Las marcas que Ada genera son pictogramas abstractos que logra de manera autónoma o cuando es movida por un visitante.

Al poner en acción la esfera, se genera una composición de líneas y puntos, que sigue siendo impredecible en su intensidad, expresión, forma aunque el visitante intente controlarla.

Aquí el sistema que rige no está en gran parte determinado por la obra misma, sino que se rige directamente bajo las leyes de la física. La esfera se libera en el espacio con un peso al aire que ocupa el espacio y eso determina gran parte de su comportamiento.

El comportamiento extra definido por el usuario no es más que la imprimación de movimiento en todas las variables que puedas lograr, avance, giros sobre su eje, descensos que interactuen con la gravedad o ascensos que generen rebotes en el techo.

De todo esto, y del estado de reposo que la esfera pueda lograr, se genera el registro pictórico en toda la superficie que la obra haya tocado.

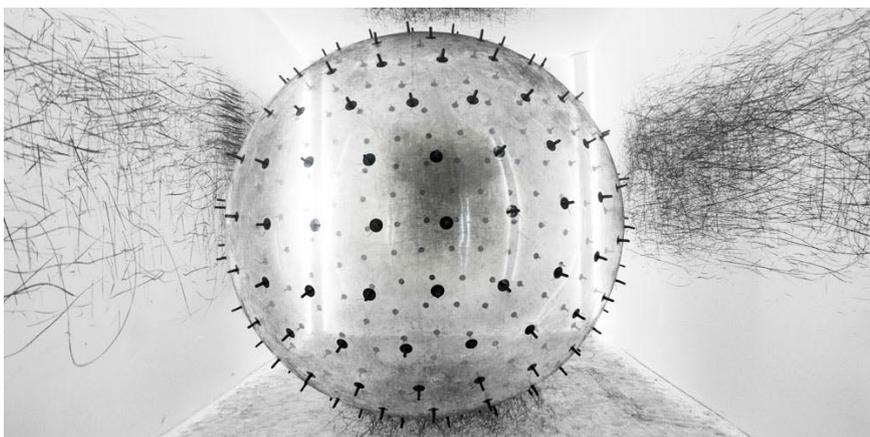


Figura 17

Ada
(Karina Smigla-Bobinski)

fuelle: <http://www.smigla-bobinski.com/deutsch/works/ADA/ada-01.jpg>

Como en obras anteriores, aquí también nos encontramos en presencia de una obra que genera una salida gráfica pictórica, por lo cual el resultado nos recuerda visualmente a los algoritmos generativos del arte digital, pero en este caso generados a expensas de reglas universales como son las de la física.

The Particle: (Alex Posada) ¹⁶

The Particle es una escultura cinética que experimenta con el color, el sonido y el movimiento. La continua rotación, la velocidad y la luz crean efectos visuales POV¹⁷, que definen la estructura espacial del objeto.

La piel traslúcida creada a partir de la luz en movimiento se hace visible, modificando la forma y el volumen, tanto dentro como fuera del objeto.

La luz emerge de cada uno de los anillos cuando hay un cambio en las condiciones externas, determinada por el movimiento de los visitantes, y además existe una mutación aleatoria que reacciona mediante la generación de eventos que modulan el sonido y la forma.

La vibración de sonido, color y patrones visuales evolucionan hacia el caos o el orden según los algoritmos evolutivos que la gobiernan. Las estructuras generadas en este proceso no se pueden anticipar y evolucionan a través de continuas alteraciones de los programas y la interacción con el usuario.

Aquí estamos en presencia de una obra que genera una respuesta visual única en cada momento, gracias a que en su composición intervienen todos los factores antes mencionados.

El grado de automatización que presenta es significativo o casi total y el nivel de variabilidad por parte de la interacción con un usuario no está ligada en términos semánticos, sino que la sola presencia o cualquier tipo de movimiento por parte del usuario determinará cambios en la generación de su forma, sin permitir el reconocimiento y control de las operaciones modificadoras.



Figura 18

The Particle
(Alex Posada)

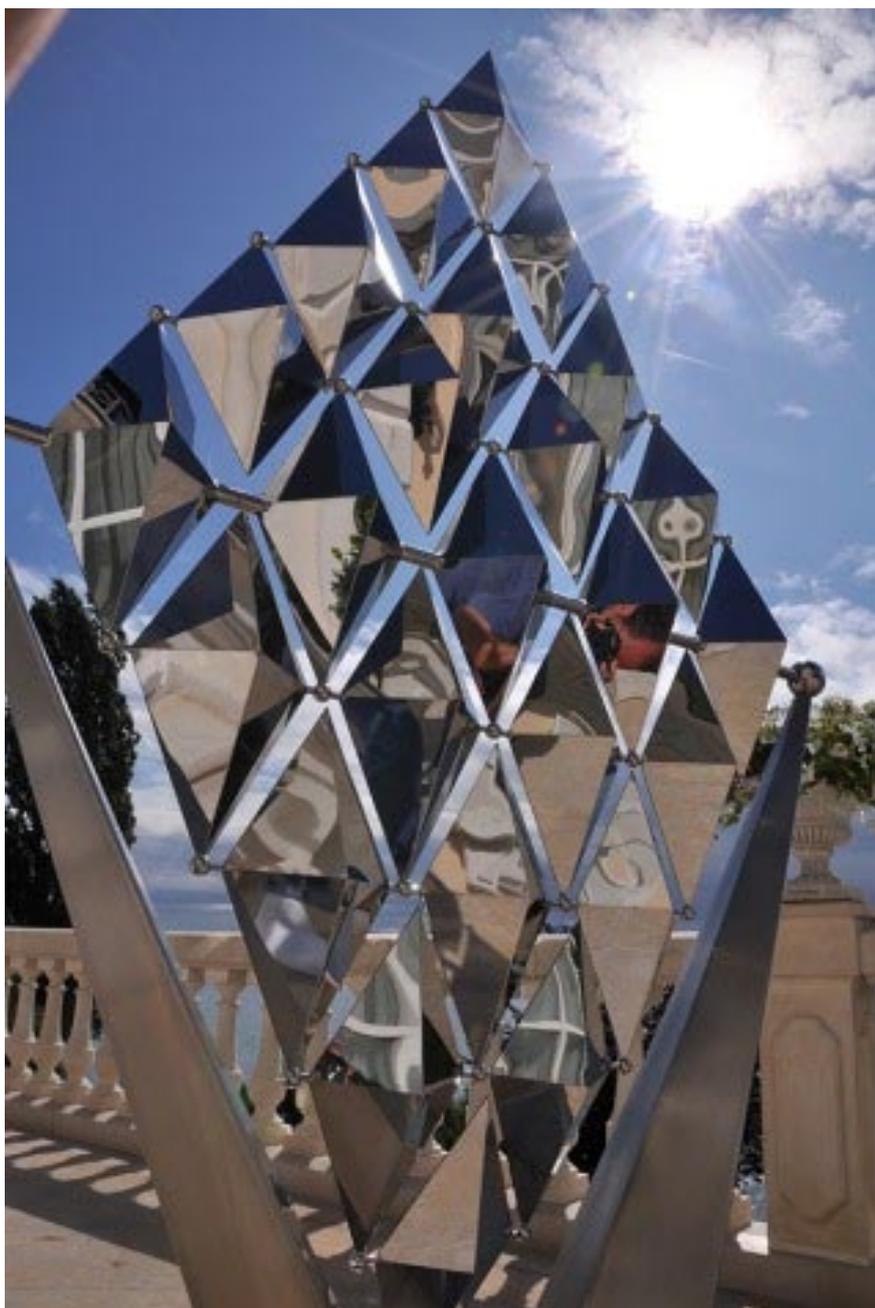


Figura 19

Karo #1
(Ralfonso Karo)

Karo #1: (Ralfonso Karo) ¹⁸

Karo #1 es una escultura cinética diseñada para funcionar en aire libre, siendo accionada con el viento.

Está constituida por un soporte y veintiséis elementos móviles de acero inoxidable que componen una forma de diamante en constante cambio altamente reflectante.

El viento empuja los segmentos del diamante y estos comienzan a inclinarse. Los movimientos de ida y vuelta, en diferentes grados y velocidades sobre cada uno de los veintiséis segmentos generan en la escultura una oscilación armónica con el viento.

Por reflejo del entorno que lo rodea y la variación de las angulaciones de las piezas, la obra genera composiciones visuales que se modifican constantemente.

Aquí no existe una propuesta de interacción con el usuario, sino que los agentes externos que intervienen son los fenómenos meteorológicos del lugar, que determinan la fluctuación de la topografía de la obra, y los cambios del entorno determinarán modificaciones de la composición visual que se logre.

Como en las obras anteriores, aquí la composición lograda nunca será la misma, ya que para su resolución han intervenido factores que controlan las angulaciones de reflexión, además de las variaciones propias del entorno.

La automatización de la pieza es parcial, simplemente se tomaron las decisiones de diseño necesarias para que la misma quede controlada a expensas del viento, y las variables de visualización por modificaciones del entorno cercano.

CONCLUSIÓN

Como sucede con múltiples corrientes artísticas, los orígenes de las mismas no datan de las primeras apariciones de referentes significativos, sino, de la focalización que realizan los artistas hacia esa característica determinante que incluye a la obra en un nuevo subgrupo de disciplina, dicha focalización o desarrollo consiente debe considerarse como elemento de origen.

Es decir, en la historia del arte siempre encontraremos exponentes que cumplan con las condiciones necesarias para poder ocupar lugares en campos o vanguardias que no correspondan a su tiempo o a su corriente, y esto no será un determinante para su inclusión en ellos.

Lo que determina la entrada de una obra a un nuevo campo será el trabajo sobre la problemática que este nuevo espacio propone.

En el caso de este trabajo de investigación, la focalización por parte del autor de la obra de arte en la producción de una respuesta generada a expensas de un sistema de reglas diseñado para tal función, y no el hallazgo casual de una composición fluctuante como consecuencia secundaria del desarrollo de la obra.

Basándonos en todo esto podemos decir que aunque no consideremos a estas obras cinéticas seleccionadas como parte del campo del arte generativo, si han sido determinantes para la generación de un espacio propicio para el desarrollo de la nueva corriente.

Observando y entendiendo el funcionamiento de estas obras resulta muy previsible el desarrollo de este nuevo arte donde la máquina oficia de artista y el autor y el usuario, si lo hubiere, simplemente cumplen un rol de condicionantes.

// Notas

1. Según la Real Academia Española - <http://lema.rae.es/drae/?val=cin%C3%A9tico>
2. Capítulo I - Texto Mecánica de Sólidos I - Setiembre 2012 - www.unac.edu.pe
3. Fuente: http://www.masdearte.com/index.php?option=com_content&view=article&id=7847&Itemid=8
4. Fuente: <http://artecomplemento.wordpress.com/cinetismo/>
5. Fuente: <http://historiadelarte4.blogspot.com.ar/2007/07/arte-cinetico-el-concepto-cinetico-se.html>
6. Fuente: <http://artecomplemento.wordpress.com/cinetismo>
7. Fuente: <http://www.whitakerstudio.com/artist.html>
8. Fuente: <http://historiadelarte4.blogspot.com.ar/2007/07/arte-cinetico-el-concepto-cinetico-se.html>
9. Fuente - http://es.wikipedia.org/wiki/Jean_Tinguely / http://www.imageandart.com/tutoriales/historia_arte/cinetico.html
10. Fuente: <http://www.annelilly.com>
11. Fuente: <http://www.arqhys.com/contenidos/metamatic.html>
12. Fuente: <http://www.willemvanweeghel.nl/work/en>
13. Fuente: <http://www.drake-brockman.com.au/>
14. Fuente: <http://www.jonathanauger.com/images/new/scribe.html>
15. Fuente: <http://www.smigla-bobinski.com/works/ada.html>
16. Fuente: <http://alexposada.net/?p=97&lang=en>
17. El POV (Persistence Of Vision) es un fenómeno visual descubierto por el científico belga Joseph Plateau que demuestra cómo una imagen permanece en la retina humana una décima de segundo antes de desaparecer completamente. Esto permite que veamos la realidad como una secuencia de imágenes que el cerebro “enlaza” como una sola imagen visual móvil y continua.
18. Fuente: <http://www.ralfonso.com/portfolio/sculptures/wind-sculptures/item/202-karo>

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 figures y fondos reconocibles.	Siempre hay figures 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.

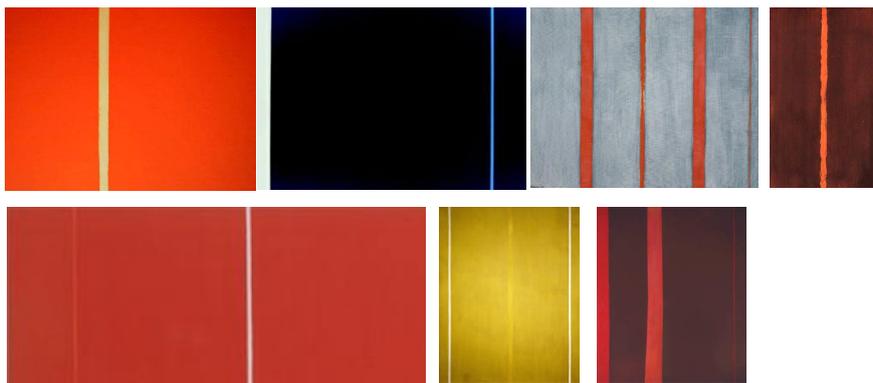
7. Relevamiento y algoritmos

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

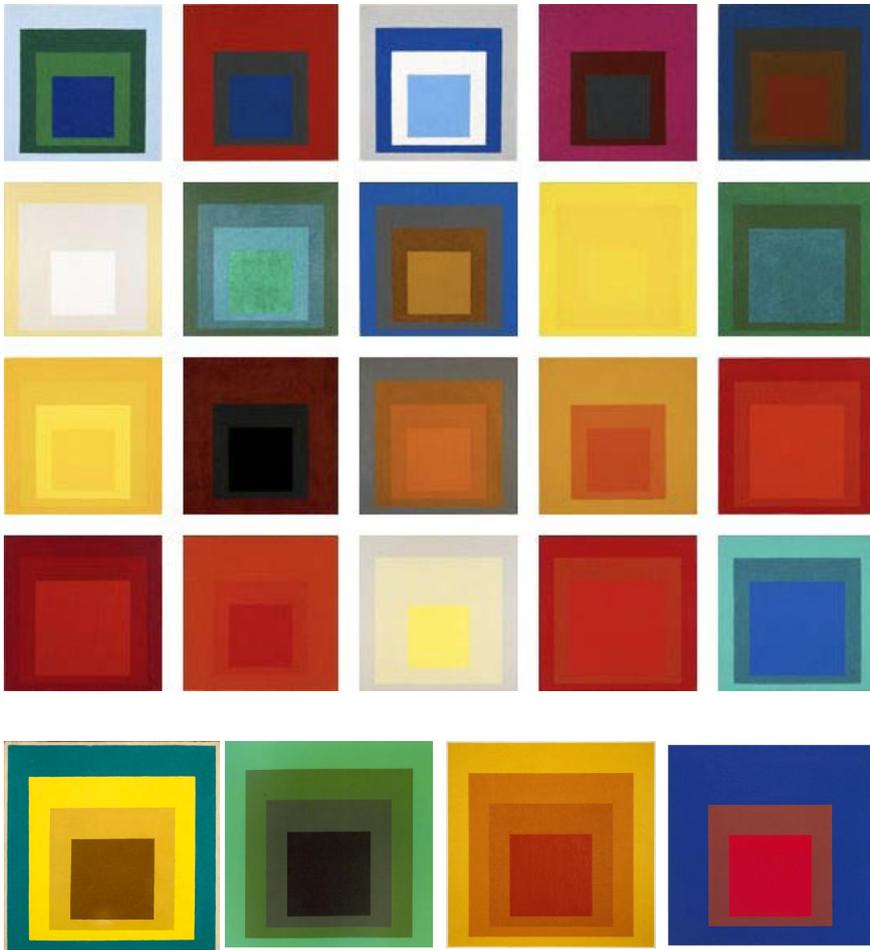
Las obras consisten siempre en fondos planos de un color que ocupan todo el marco y líneas verticales que lo atraviesan desde el borde superior hasta el inferior. Las líneas pueden variar su color y su grosor dentro del mismo cuadro e incluso hay algunas que poseen un color muy similar al fondo pero 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.

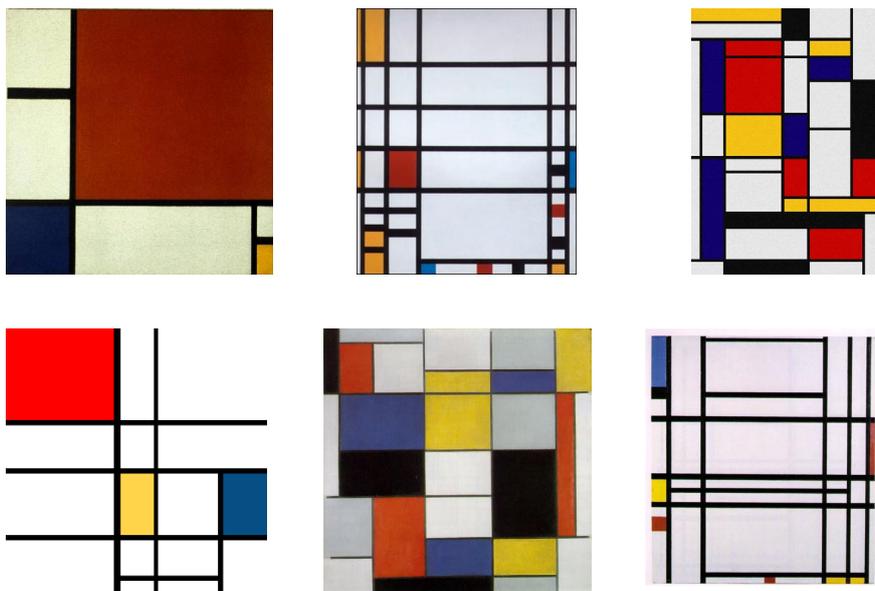
Rectángulos: Estas obras consisten en cuatro rectángulos de diferentes colores ubicados como las aristas de un rectángulo vertical. A veces las puntas encajan unas sobre otras perfectamente y a veces no. Por dentro de los rectángulos una línea negra curva describe un óvalo imperfecto que llega desde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

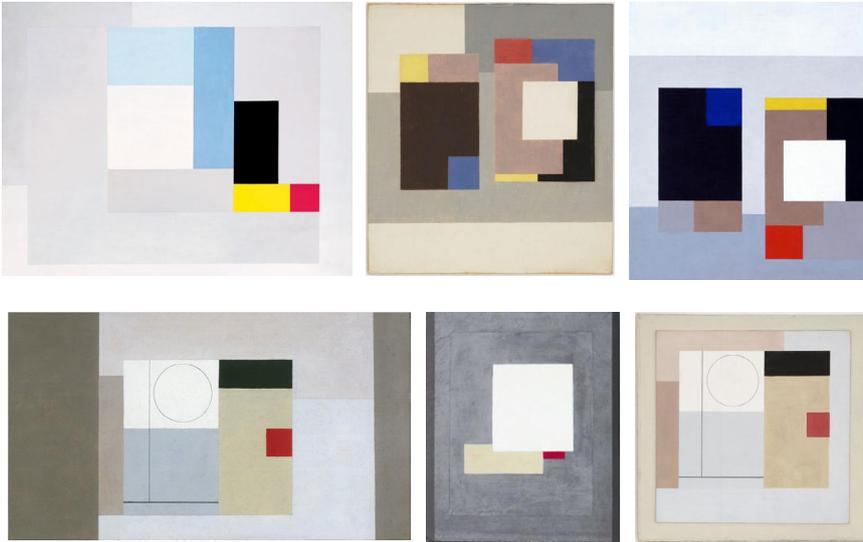
7.2.4.2.1. Descripción procedural

- 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 pínelos 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.

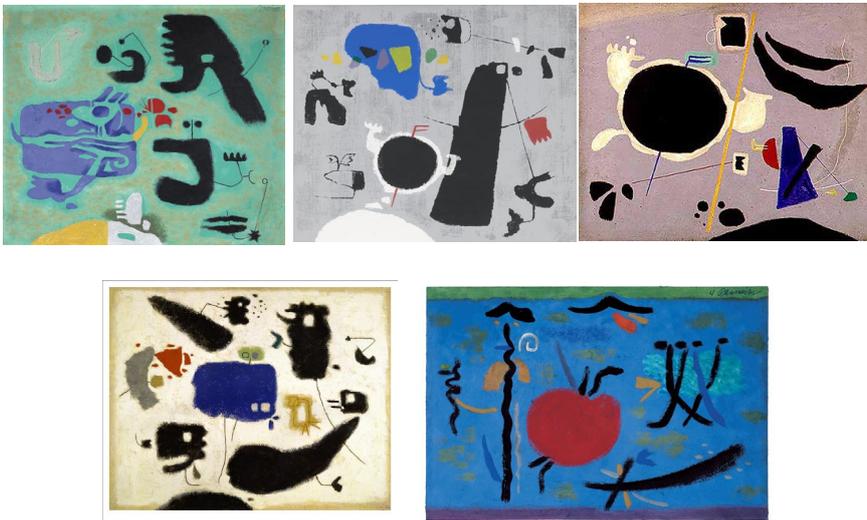
Pensando e investigando qué método podría servirme, encontré un tipo de estructura de datos que podría ser muy útil, llamado

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



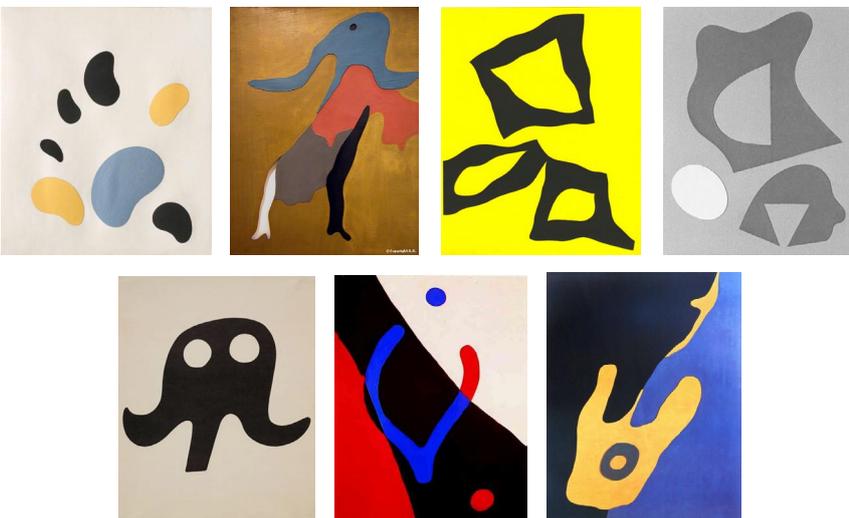
7.5.2. Guston Philip

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.fffffound.com/static-data/assets/6/c00d47eabb3896abd19ac1320add33d42273849b_m.jpg

<http://azurebuble.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/-IInjR3fzqTE/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/AAAAAAAAABmHA/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>

Máquinas vivientes

Autor: Paula Castillo

info@paucast.com.ar

Este trabajo se hizo en el marco de los proyectos de investigación “Nuevos territorios de la generatividad en las artes electrónicas: su convergencia con la robótica, la Realidad Aumentada y el Net.Art.” - Director Emiliano Causa- Facultad de Bellas Artes de la Universidad Nacional de La Plata (Argentina) - Diag.78 N° 680 Ciudad de La Plata.

Resumen

La robótica emplea procedimientos automáticos como sustrato, que hibridados con otros medios, contextos y formas, traza nuevos paradigmas en el terreno artístico. La forma estética de la obra ya no es el epicentro de la creación, sino su comportamiento; la generatividad expresada como sistema de reglas capaces de brindarle autonomía y respuesta perceptiva a estímulos externos. Para abordar el estado del arte robótico, se realizó una línea temporal dividida por edades, basadas en el predominio de rasgos comunes (tecnológicos, conceptuales, temáticos, funcionales, geográficos), la labor de artistas destacados y sus antecedentes históricos.

marioneta

autómata

robot

mímesis

bio-métrica

bio-cibernética

generatividad

1. Introducción

La historia del arte ha desplegado una persistente inquietud por la fiel mimesis de la realidad. Dan cuenta de ello todas las técnicas e invenciones que engloban desde la perspectiva hasta el holograma, pasando por la pintura al óleo, la fotografía, el cine, el arte genético y la robótica. Con el paso del tiempo se han sumado dimensiones, perfeccionado las técnicas de representación, dotado de vida a objetos inanimados y se han creado nuevos dispositivos capaces de romper la cuarta pared permitiendo que el espectador, antaño destinado a la mera contemplación de la obra, pueda interactuar con ella y magnificar su experiencia.

Dominados por la idea de crear mecanismos que destellen un aura de vida se diseñan máquinas cuyo carácter orgánico emula comportamientos propios de la naturaleza. El poder del arte es la creación, la extinción de las barreras entre el hombre y los objetos creados a su semejanza. La robótica permite la re-creación humana, otorgando “vida” a objetos inanimados mediante algoritmos y piezas electromecánicas capaces de dotarles comportamiento, inteligencia e independencia. La desconcertante extrañeza de vernos a nosotros mismos representados mecánicamente, de que algo que nos resulta familiar nos es ajeno al mismo tiempo, da lugar a una sensación incómodamente extraña o familiarmente incómoda. Esta disonancia cognitiva se debe a la naturaleza paradójica de ser atraídos pero rechazados por un objeto al mismo tiempo. Freud, en su teoría de Lo Siniestro afirma que: *“...Ernst Jentsch destacó, como caso por excelencia de lo siniestro, la «duda de que un ser aparentemente animado, sea en efecto viviente; y a la inversa: de que un objeto sin vida esté en alguna forma animado, advirtiendo con tal fin, la impresión que despiertan las figuras de cera, las muñecas «sabias» y los autómatas. Compara esta impresión con la que producen las crisis epilépticas y las manifestaciones de la demencia, pues tales fenómenos evocarían en nosotros vagas nociones de procesos automáticos, mecánicos, que podrían ocultarse bajo el cuadro habitual de nuestra vida.”*²

La expresión “uncanny valley” (en español: *valle inquietante*) es evocada para denominar la sensación espeluznante y siniestra que despiertan ciertas réplicas humanas hiperrealistas, ya sean robóticas o generadas por CGI, que no logran del todo igualar el aspecto, movimiento, halo de vida y carácter humano. Esta respuesta repulsiva se produce porque dichas simulaciones se alejan del nivel de semejanza humana tolerado.

El cerebro humano aloja una especie de neuronas “espejo” que son activadas cuando se genera una suerte de identificación imaginaria con un ser artificial, y se espera que reaccione humanamente en aspecto y comportamiento. Por lo tanto un robot hiperrealista genera una “brecha de expectativa” que podría desencadenar una actividad cerebral extra y producir sensaciones de extrañeza.

El matemático británico Alan Turing, a partir de la premisa “¿pue-

den pensar las máquinas?” desarrolla en 1950 un test que permite comprobar si una máquina puede mantener una conversación “creíble” con un ser humano. Un juez humano se involucra en una conversación con un humano y una máquina; si el primero es incapaz de diferenciar cuál es cuál, entonces la máquina pasa la prueba. El objetivo del test no radica en comprobar la capacidad de dar la respuesta correcta, sino en cuán semejante es a la típica respuesta humana. Si bien por ese entonces el test era difícil de pasar, Alan Turing predijo que en el año 2000 las computadoras estarían dotadas de suficiente memoria y capacidad de procesamiento para pasar la prueba.

De la misma manera que el ADN³ es un programa diseñado para conferir estructura y auto conservación de las especies vivientes, los organismos artificiales poseen un sistema de instrucciones pre-programadas que les proporciona estructura, comportamiento y capacidad de realizar acciones adaptativas para responder a situaciones cada vez más complejas. A este concepto lo emparento con la definición que Philip Galanter otorga al Arte Generativo refiriéndose a tal como “...cualquier práctica artística donde el artista crea un proceso, como un conjunto de reglas del lenguaje natural, un programa de ordenador, una máquina, u otros procedimientos de invención, que luego se pone en marcha con cierto grado de autonomía contribuyendo o resultando en una obra de arte completa”.⁴

El avance tecnológico y la consecuente acumulación incalculable de datos ha dado lugar a un sistema de memoria, a una lógica de pensamiento *informático* paralelo al *humano*, que muchos artistas sueñan hibridar para dar origen a una nueva especie que contenga las virtudes de ambas.

2. Línea evolutiva del Arte Robótico

El imaginario mitológico, literario, cinematográfico y científico promovió a lo largo del tiempo, el caldo de cultivo óptimo para la gestación del Arte Robótico que hoy en día conocemos. Se transitaron muchas generaciones de experimentos con títeres, marionetas y autómatas para llegar a la creación de robots comandado por células vivas, capaces de tener independencia, inteligencia y discernimiento propios. A continuación se detalla una cronología donde se especifican las características, artistas y obras destacadas de cada edad:

2.1. Edad de las marionetas

Los orígenes del arte robótico y el teatro se encuentran muy emparentados. El concepto de manipulación de seres sin alma a modo de avatar o replicante humano se remonta 6.000 años atrás. El teatro de marionetas, reservado a la transmisión de valores culturales e historias en rituales, celebraciones o meramente por entretenimiento, es una actividad teatral consistente en la animación de

objetos carentes de vida mediante la intervención activa de una persona operante viva. Las primeras marionetas estaban construidas con fragmentos articulados de madera, terracota o marfil accionado por cadenas o alambres. La marioneta desempeña el rol de sustituto humano, aunque disminuida y artificial, requiere de fuerzas superiores o seres que lo manejen, estableciéndose una relación simbiótica entre ambos.

2.2. Edad de los autómatas: magia, vapor y poleas

En la antigüedad se construyen artefactos, como la rueda, el engranaje, el molino y la catapulta, que permiten desempeñar aquellas tareas cotidianas repetitivas que demandan demasiado tiempo y esfuerzo humano. Dichas tecnologías fueron aplicadas en la construcción de autómatas, ya no con fines utilitarios sino religiosos, artísticos y lúdicos; estas figuras mecánicas diseñadas para asemejarse en aspecto y comportamiento a animales, plantas y personas están “programadas” para realizar tareas fijas, como la repetición de un movimiento, la emisión de un sonido o la demostración de algún principio científico básico. Su estructura interna, compuesta por engranajes y válvulas, es activada por flujos de aire, agua caliente, palancas, poleas y contrapesos para dar vida a pequeños artefactos antropo o zoomorfos, a grandes espacios, jardines y monumentos, todos ellos dotados de un halo de “vida”.

En el año 1500AC el ingeniero Amenhotep construye una estatua para el Rey Memon de Etiopía, que emitía sonidos al ser iluminada por rayos solares del amanecer.⁵ Este y muchos otros artefactos mecánicos creados en el antiguo Egipto, la mayoría asociados a cultos religiosos adoptando la forma de estatuas, reyes o dioses, emitían fuego por sus ojos o poseían articulaciones móviles, que activadas por autoridades de algún templo, generaban el asombro y temor de los fieles que la contemplaban.

En la *Ilíada* de Homero se narra que Hefesto, dios del fuego y la forja, construye además de tronos y accesorios de orfebrería para los dioses, dos sirvientas autómatas forjadas en oro para su servicio, con el aspecto de jóvenes mujeres vivas dotadas de inteligencia, fuerza y el don del habla.

El filósofo y matemático griego Archytas de Tarento, fundador de la mecánica matemática y pionero en la construcción de máquinas automáticas crea el primer artefacto volador autopropulsado a vapor con forma de paloma, contenía en sus entrañas un globo de aire que le permitía sostenerse en el aire.

En China, en el siglo III AC, para entretenimiento del emperador Mu, el artesano e ingeniero Yan Shi construye una orquesta mecánica y juguetes autómatas a escala real, utilizando cuero, madera, goma y laca de colores. El emperador, maravillado no podía creer que esas criaturas fueran creadas artificialmente y se comportaran como seres reales.⁶

En el siglo I DC el poeta romano Petronius narra la historia de una

muñeca plateada que posee escala y movimientos humanos. Paralelamente, el matemático e ingeniero griego Heron de Alexandria, mecánico y constructor de figuras movidas por vapor, construye un teatro de autómatas accionado por pesas y depósitos de arena.⁷

En el siglo XIII DC el pensador musulmán al-Jazari experimenta con relojes de agua y mecanismos hidráulicos; en su manuscrito *“El Libro del Conocimiento de ingeniosos dispositivos mecánicos”*⁸, describe los autómatas y artefactos mecánicos utilizados en el islam primitivo como el Reloj Elefante y Servidores de vino. Sus experimentos y métodos posiblemente hayan inspirado la obra de Da Vinci.

2.3. Edad de la relojería

En la Edad Media se construyen muñecos autómatas a partir de mecanismos de relojería, capaces de recrear situaciones reales, como tocar instrumentos, escribir o danzar.

En el siglo XV se construye en Praga el reloj astronómico, *“Orloj”*, cuyo mecanismo está compuesto principalmente por un cuadrante astronómico que representa la posición del Sol y la Luna, figuras animatrónicas en movimiento, y un disco-calendario con medallones que representan los meses del año. Mientras tanto, en Milán Leonardo Da Vinci diseña una serie de autómatas programables, una de sus principales figuras es el león, construida para dar la bienvenida al rey Ludwig XII.

En el siglo XIV el relojero suizo Pierre Jaquet-Droz construye una serie de muñecos autómatas con memoria programable [Figura 1], lo que podría considerarse los orígenes de la computación, puesto que tenían un dispositivo de entrada (fichas pre-programadas que activan determinadas acciones en el autómatas) una serie de recámaras que analizan las fichas programadas, y una pluma con



Figura 1

*Autómata escribiente
(Vista frontal y estructura interna)
Pierre Jaquet-Droz
1770*

fuelle:
<http://www.ablogtowatch.com/jaquet-droz-the-writer-automata-awesome-antique-android/>

un tintero como la salida. Dicho dispositivo fue creado varias décadas antes que Charles Babbage creara la “Máquina Analítica”. Posteriormente desarrolla un reloj autómatas con piezas reactivas a la presión del usuario. Aún hoy siguen funcionando en el museo de Arte e Historia de Neuchâtel en Suiza.

En el siglo XVII comienzan a fabricarse en Japón unos pequeños autómatas llamados “Karakuri Ningyo” (Karakuri: dispositivo mecánico para burlar, engañar o sorprender empleando elementos misteriosos, mágicos u ocultos; Ningyo: marioneta o muñeco) Estos pequeños autómatas poseen movimientos mecánicos suaves y sutiles. Existen tres categorías de Karakuri: Butai Karakuri, utilizados para espectáculos teatrales, Zashiki Karakuri pequeños autómatas domésticos para el servicio y entretenimiento de los feudales, y Dashi Karakuri, grandes carrozas de autómatas de madera para festivales religiosos o representaciones de cuentos y leyendas tradicionales. Los más populares son los que se dedican a llevar el té a las habitaciones, para entretenimiento de los huéspedes; camina en línea recta, agacha la cabeza a modo de reverencia cuando llega a destino, cuando se termina de beber la infusión y coloca de nuevo la taza en la bandeja, el karakuri levanta la cabeza y regresa por donde ha venido.

En el siglo XVIII Jacques de Vaucanson [figura 2], inventor y artista francés, responsable de la creación de autómatas y androides destinados al trabajo, desarrolla “The Canard Digérateur”. Es un autómata con forma de pato que puede alimentarse, beber y hacer la digestión. Está construido enteramente en bronce y posee más de 400 partes móviles que permiten el movimiento de sus alas y el procesamiento de alimentos y líquidos.

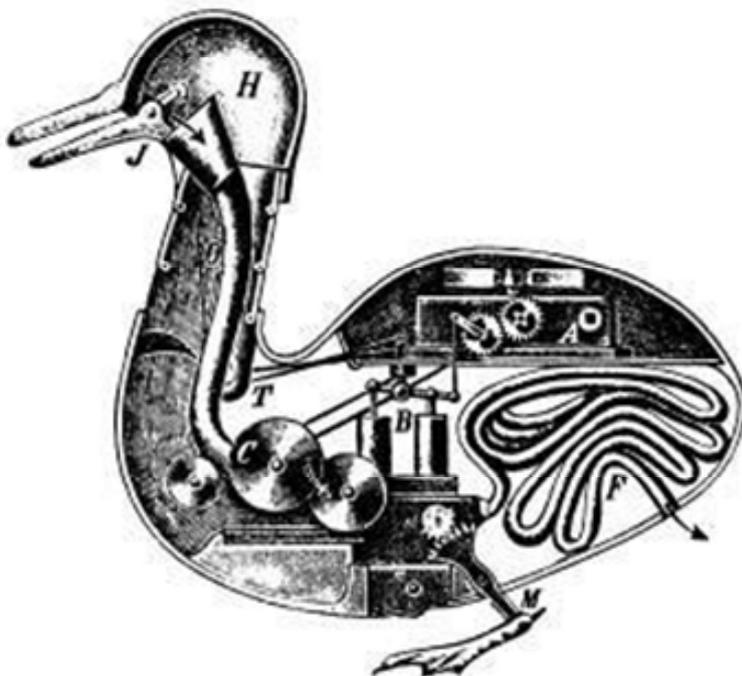


Figura 2

“The Canard Digérateur”
Jacques de Vaucanson
Siglo XVIII

Fuente: http://fr.wikipedia.org/wiki/Canard_dig%C3%A9rateur

2.4. Edad de la electricidad: Nacimiento del Robot

A continuación de las bellas muñecas autómatas construidas con preciosismo artesanal de genios relojeros, surge una nueva generación de figuras móviles programadas. La creciente industrialización permite la creación de figuras robóticas andróides construidas con mecanismos, materiales y técnicas industriales más sólidas y resistentes, alimentados con corriente eléctrica, son estéticamente más toscos, pero más inteligentes y con más autonomía que los autómatas de la generación anterior.

El término Robot proviene del checo “robota” y significa esclavo o trabajo forzoso. El término fue acuñado por primera vez en 1920 por el escritor Karel Čapek ⁹ en su obra teatral RUR, donde narra una historia que transcurre en una fábrica que elabora personas artificiales, a partir de materiales orgánicos y sintéticos, a los que llama: “Robot” que permitían realizar tareas forzosas pero a menor costo que un humano. Un robot es una máquina electromecánica capaz de interactuar con objetos físicos, responder a estímulos, tomar decisiones y realizar tareas de manera autónoma, semi autónoma o controlado remotamente. Al estar programados bajo criterios “biológicos” poseen la capacidad de imitar aspectos naturales y transmitir la sensación de poseer voluntad e inteligencia propias. Con el crecimiento industrial aumenta la producción de robots que permitan suplantar el esfuerzo físico y realizar tareas repetitivas y peligrosas. El escritor ruso Isaac Asimov, creador de infinidad de obras literarias de ciencia ficción plantea un conjunto de “formulaciones matemáticas impresas en los senderos positrónicos del cerebro” de los robots, que funcionaba como código moral de los robots y medida de protección para los humanos. “...
Ley 1: Un robot no debe dañar a un ser humano o, por su inacción, dejar que un ser humano sufra daño. Ley 2: Un robot debe obedecer las órdenes que le son dadas por un ser humano, excepto si estas órdenes entran en conflicto con la Primera Ley. Ley 3: Un robot debe proteger su propia existencia, hasta donde esta protección no entre en conflicto con la Primera o la Segunda Ley”.

Los robots fueron creados para hacer trabajos duros, suplantar al esfuerzo humano e inclusive, durante la primera mitad del siglo XX muchas de las invenciones tecnológicas en el campo de la robótica, fueron aplicadas a los fines bélicos. Recién en la segunda mitad del siglo XX robótica y arte caminaron de la mano como nuevo sustrato de experimentación y soporte de sentido, capaz de generar un diálogo más intenso con el público, dando vida a objetos antaño destinados a su fría y distante contemplación.

Las primeras obras de arte robótico están dotadas de sensores ópticos o sonoros, capaz de comandar movimiento a través de estímulos simples como el movimiento o la voz de los espectadores. En el siglo XIX Tesla, uno de los más grandes ingenieros eléctricos de los EE. UU, creador de la corriente alterna, el abuelo de la radio, el radar, las resonancias magnéticas y las armas con mando a distancia, contribuye al nacimiento de la Segunda Revolución Industrial. Para demostrar sus teorías desarrolla un pequeño barco de acero

propulsado y direccionado, entre otras acciones y accesorios, con radiocontrol inalámbrico. Actualmente se considera a Tesla como el padre de la robótica, pese a que sus invenciones fueran tan adelantadas a su tiempo que aquellos que las observaron no podía imaginar que sus aplicaciones prácticas.

En 1912, durante la Primera Guerra Mundial, John Hays Hammond Jr y Benjamin desarrollan un perro robótico al que llamaron “Selene”, cuya principal capacidad es seguir un foco de luz puntual, fue creado como prototipo para el desarrollo de torpedos auto-dirigidos. “El perro eléctrico, en un principio una “curiosidad científica”, puede en un futuro muy próximo ser un verdadero “perro de guerra”, sin miedo, sin corazón, sin el elemento humano susceptible a engaño, con un solo propósito: alcanzar y matar a todo lo que esté dentro del alcance de sus sentidos a la voluntad de su amo.”

En 1970, Edward Ihnatowicz, crea “Senster” [figura 3], Es una escultura cibernética interactiva construida con sensores computarizados y radares que permiten ver y oír lo que sucede a su de redor: se acerca al público cuando éstos emiten un sonido, pero se aleja, si ese sonido es demasiado fuerte, lo mismo sucede cuando se lo intenta tocar. Ha marcado un hito por ser la primera pieza de arte controlada por una computadora, fue expuesta al público desde 1970 a 1975 en la entrada de Evoluon¹⁰.

El británico William Grey Walter desarrolla investigaciones en el campo de la neurología y la medición de ondas cerebrales mediante electroencefalogramas topográficos¹¹ y la aplicación de luces estroboscópicas para generar estímulos sensoriales. Construye uno de los primeros robots autónomos enteramente electrónicos, para demostrar cómo la conexión entre un pequeño número de células cerebrales puede dar lugar a comportamientos complejos, llegando al postulado de que el cerebro funciona según la manera en que se conecta. Deseoso de crear una nueva especie

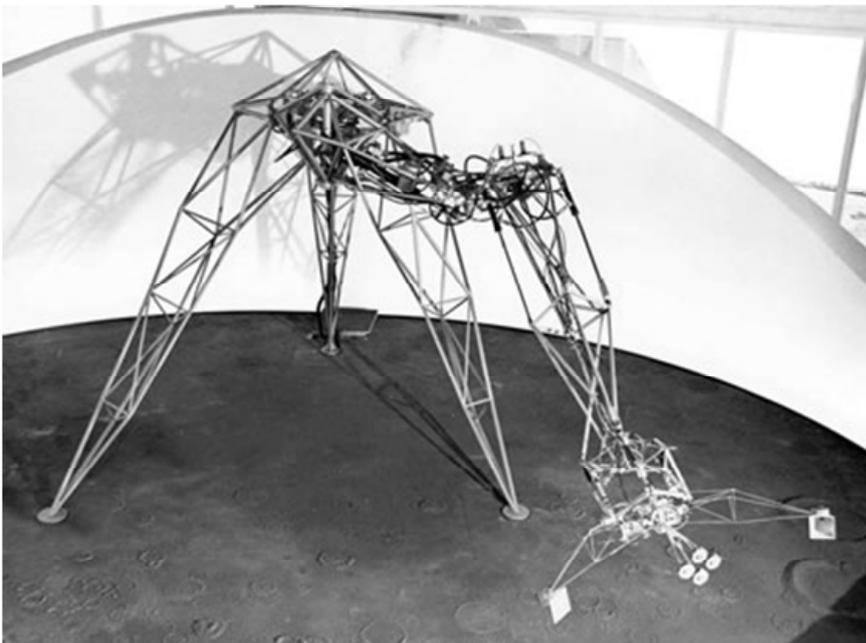


Figura 3

“Senster “
Edward Ihnatowicz
(1970)

Fuente: <http://www.senster.com/ihnatowicz/senster/sensterphotos/>

zoológica desarrolla "*Machina Speculatrix*", un pequeño robot zomorfo con "autoconciencia" artificial y comportamiento similar a cualquier criatura la naturaleza. Su principal capacidad es la de responder, ante determinados estímulos con un comportamiento específico. Posteriormente perfecciona su obra y crea "*La máquina dócil*" capaz de incorporar comportamiento aprendido a partir de reflejos condicionados por silbidos, basándose en la teoría de Pavlov, quien investigó acerca de los reflejos de los animales. Existen reflejos innatos referidos a conductas naturales instintivas, y reflejos condicionados, producto de la adaptación del organismo a cierto medio ambiente a través de la cual permiten la preservación de su existencia; estos últimos son reflejos que producen una respuesta natural pero a un estímulo que no debiera promoverla y con la repetición se fija en la memoria y se aprehende. El principal requerimiento para que dicha asociación se produzca consiste en un complejo mecanismo de memoria que permita almacenar ambas series de eventos.

A partir del trabajo de William Grey Walter, el artista Norman T. White desarrolla desde 1970 una serie de robots cuyo comportamiento orgánico responde a la luz. Experimenta con cinética electrónica y trabaja bajo criterios de electrónica "vintage", rescata las máquinas que la gente descarta por obsoleta y las utiliza como materia prima de sus obras, recreando los atributos y aspectos de los organismos vivos. Prioriza la lógica interna y el funcionamiento de la obra, que su aspecto estético o atractivo visual. El autor tiene un particular interés por explorar una variedad de complejos comportamientos generados a partir de reglas y parámetros simples. Es uno de los pioneros en la experimentación con autómatas celulares. Norman considera que la preocupación del arte no debe ser netamente estética sino centrarse en el comportamiento, la interacción y la economía de recursos. Considera que cuando el arte circula por fuera de las galerías y museos funciona mejor, pues llega a toda la gente de manera anónima, sin etiquetas, explicaciones ni filtros. Es uno de los pioneros en considerar las capacidades ilimitadas de las computadoras.

Petit Mal [figura 4], es una obra de arte robótico autónomo desarrollada en 1989 por Simon Penny, que explora el espacio arquitectónico persiguiendo y reaccionando a las personas que circulan a su alrededor. Compuesto por un par de ruedas, un péndulo y un pequeño sensor, no posee comportamiento antropomórfico o zomorfo como las obras anteriores, ni respeta los cánones de estética de los demás robots. Intenta estudiar la naturaleza física y estética de las máquinas, haciendo hincapié en las implicaciones sociales y culturales de la "vida artificial". Mientras los demás robots están programados para ejecutar tareas complejas, Petit mal posee una mínima reacción. En la jerga psicoanalítica "petit mal" es un trastorno epiléptico infantil asociado al cambio de la actividad muscular, la pérdida de la conciencia y la memoria temporal. Este robot padece una "pérdida de memoria" e interactúa torpe y descontroladamente con el público, haciendo analogía con las teorías opresivas existentes en las ciencias de la computación.



Figura 4

“Petit Mal “
Simon Penny
1989

Fuente: <http://simonpenny.net/works/petitmal.html>

En 1995 investigadores de la Universidad del Sur de California (Ken Goldberg, Joseph Santarromana, George Bekey, Steven Gentner, Rosamary Morris, Carl Sutter, y Jeff Wiegley), desarrollan “Telegarden” [figura 5] un robot manejado por operadores remotos que permite crear y mantener un jardín con plantas vivas través de internet. Los usuarios pueden sembrar semillas, regar y controlar el progreso de sus plantines a través del movimiento de un brazo robótico. Basándose en el concepto de trabajo común y supervivencia.



Figura 5

“Telegarden”
1995

Fuente: <http://goldberg.berkeley.edu/garden/Ars/>

2.5. Edad de la simbiosis cuerpo-máquina

El Accionismo Vienés es un movimiento artístico del siglo XX que surge en los '60 como reacción al arte institucionalizado. La idea primal del movimiento es la ruptura de las reglas y valores morales del *stablishment*, con puestas en escena transgresoras, agresivas y con contenido sexual notable. El uso de animales en pseudo-rituales religiosos produjo una hostilidad de los defensores de la decencia social y las sociedades protectoras de animales, generando intensos debates sobre los límites del arte. Sus principales exponentes fueron Günter Brus, Otto Mühl, Nitsch Hermann y Schwarzkogler Rudolf.

En esta etapa los artistas comienzan a involucrar el cuerpo humano en realidades mixtas para amplificar o acelerar sus capacidades físicas, intelectuales y psicológicas naturales a través de máquinas que en algunos casos son controladas remotamente mediante dispositivos físicos o virtuales, transformando sus cuerpos en agentes manipulados por la acción de otros. La preocupación de esta época es el transhumanismo (H+), la obsolescencia del cuerpo humano, que necesita de máquinas protésicas capaces de extender sus funcionalidades biológicas. El *body-art* fue un ejemplo extremo del apego a la subjetividad precaria y el esencialismo físico del ego. Mientras se utilizaban medios para demostrar la presencia e importancia del cuerpo, exploraban la inmaterialidad y el gradual desvanecimiento del cuerpo real a causa de los medios de comunicación.

La instrumentalización y visualización del cuerpo se ha ido perfeccionando con el tiempo. Los artistas lograron, a través de sensores, interfaces e implantes, la generación de imagen en tiempo real en performances e instalaciones participativas con sistemas de circuito cerrado. En la década del '90, los avances en el campo de la bio-ingeniería provocan un mayor interés en la relación de los seres humanos y las máquinas como seres híbridos.

"...El hombre está empezando a llevar su cerebro fuera de su cráneo y sus nervios fuera de su piel: las nuevas tecnologías engendran un nuevo hombre". [Marshall McLuhan]

"...La carne está circulando. Los órganos se extraen y se intercambian. Las ramas desprendidas de un cuerpo muerto puede ser reanimado en un cuerpo vivo. El rostro de un donante se convierte en una tercera cara en el receptor. Los cadáveres se pueden conservar para siempre con la plastinación, mientras que los cuerpos en estado de coma puede sostenerse indefinidamente mediante sistemas de soporte de vida. Cuerpos en suspensión criogénica esperan reanimación en algún futuro imaginado. Los muertos, los casi muertos y los que aún no han nacido existen al mismo tiempo. El cuerpo es una quimera, una construcción de la carne, el metal y el código." [Stelarc]

El Cyborg-conceptualista Stelios Arcadiou, popularmente conocido como Stelarc, es un performer que trabaja con máquinas y exoesqueletos para extender las capacidades de su cuerpo, bajo su premisa de que el cuerpo humano es un dispositivo obsole-



Figura 6

Araña mecánica de seis pies
Stelarc
2003

Fuente: <http://daygreenberg.com/2011/12/02/repost-a-brief-history-of-exoskeletons/>

to, en sus obras se expone a sí mismo colgado o suspendido de ganchos perforando su piel, o sometido a electro-estimuladores manejados por usuarios remotos a través de internet. También ha actuado con un tercer brazo robótico y una araña neumática con 360° de movimiento [figura 6].

Por su parte, Marcel.li Antunez Roca, artista español cuya obra incluye performances mecatrónicas, robots, instalaciones interactivas, colabora con el colectivo la Fura dels Baus del que fue fundador y líder en los años ochenta. Desarrolló "Epizoo". El actor se ofrecía a los espectadores para que éstos, por medio de una especie de control remoto, activen determinados mecanismos sujetos a su cuerpo, para manipular a voluntad su carne: abrir las fosas nasales, golpear sus nalgas, elevar su pecho, estirar los labios... Y así el inventor del mecanismo cedía el pensamiento al espectador y se reducía a sí mismo a carne.

El concepto de hibridación cuerpo-máquina es trabajado también por artistas como Giger y Beksiński. Mientras que el artista surrealista suizo H. R. Giger recrea en sus obras paisajes pesadillezcos y "biomecanoides", neologismo con que designa a las representaciones de cuerpos humanos combinados con máquinas con un alto grado de fetichismo y simbología sexual subliminal, el artista

polaco Zdzisław Beksiński pintor, fotógrafo y escultor trabaja desde la pintura bajo la misma premisa de obsolescencia del cuerpo humano que requiere ser combinado con máquinas para su trascendencia. Creó imágenes perturbadoras, mostrando un mundo surrealista y post-apocalíptico, pormenorizando escenas de muerte, putrefacción, paisajes repletos de calaveras, figuras deformadas y desiertos. “Deseo pintar de la misma forma como si estuviese fotografiando los sueños”.

Chico MacMurtrie, Director Artístico del colectivo neoyorquino Amorphic Robot Works (ARW), que desde los 1990 llevan a cabo una investigación sobre la condición humana en el siglo XXI, incorporando numerosos estudios de mecánica, neumática, hidráulica, programación, morfología escultórica, durabilidad mecánica, interacción y performance, que ha desembocado en más de 400 esculturas robóticas que asumen formas tanto antropomórficas como abstractas. Una de sus obras, *Growing, raining tree* (2007) [figura 7], es un árbol robótico que responde a los mismos estímulos biológicos y con las mismas necesidades de regado y luz solar que un árbol real, mediante componentes neumáticos, hidráulicos, mecánicos y electrónicos que censan los movimientos tanto de la gente como del agua, para dan acción al tronco y sus ramas.

La obra “Seek” (1970) de Nicholas Negroponte junto a Architecture Machine Group del MIT (investigadores de sistemas informáticos que ayudan a los arquitectos a resolver problemas de diseño a nivel arquitectónico y urbano), consiste en un cubículo de plexiglass que encierra un entorno de cubos metálicos, una pequeña colonia de jerbos que cambian constantemente la posición de los bloques y un brazo robótico que reorganiza los bloques según patrones específico pre-programados. Una vez que los jerbos desordenaban la disposición de los bloques, el brazo robótico configura los bloques prediciendo los patrones de comportamiento del animal. Dicho sistema no logró anticipar la acción de los animales, que a menudo más inteligentes que la computadora, generaban un completo desarreglo en el espacio. Esta obra desencadenó la siguiente formulación: “¿Puede una computadora ser programada para responder inteligentemente a eventos inesperados? Una ciudad construida con bloques de juguete fue el escenario de experimentación de la competencia entre SEEK, un simple soft, y una pequeña colonia de jerbos. El sistema puede mantener la ciudad en orden, pero los jerbos juguetones (como metáfora de lo humano) no cooperan.

Ken Rinaldo, artista y teórico, desarrolla obras de arte electrónico interactivo que ponen de manifiesto las difusas barreras entre la materia orgánica e inorgánica. Trabaja desde la intersección entre el arte y la biología, la robótica interactiva, el arte bio-generativo, la vida artificial y la comunicación interespecies. Su obra “Autotelematic Spider Bots” del 2006, es una instalación compuesta por 10 esculturas robóticas con formas de araña, con las cual el público puede interactuar en tiempo real y modificar su comportamiento en función de su interacción con el espectador, entre ellos mismos, su entorno y su fuente de alimento.



Figura 7

"Growing, raining tree"
Chico MacMurtrie
2007

Fuente: <http://amorphicrobotworks.org/works/grt/>

"Adelbrecht" es una obra de Martin Spanjaard, consiste en una esfera robótica parlante que posee en su interior una serie de motores y sensores conectados a una mini computadora interna, que dotan al robot de personalidad y comportamiento, otorgándole la capacidad de desplazarse por un espacio, detectar colisiones con otros objetos e interactuar con la gente mediante el lenguaje verbal. Pide ayuda cuando se atasca, es sensible a las caricias de los usuarios y si está solo por un tiempo se pone a dormir.

Por la década de 1990, las obras de arte robótico comienzan a desenvolverse e interactuar en espacios virtuales y pantallas de video de diversos dispositivos de pequeña y gran escala.

La artista alemana Ulrike Gabriel desarrolla instalaciones interactivas con sistemas de realidad virtual y pantallas de gran escala que

muestran información en tiempo real, introduce sistemas robóticos con ondas cerebrales como motor de la acción de robots.

Nicolas Schöffer, pintor, escultor, arquitecto, urbanista y teórico de arte, es el padre del videoarte, el arte cibernético y de la consecuente “interactividad”. Todas sus acciones artísticas se realizaron en la búsqueda de un dinamismo y tridimensionalidad en el arte. Influenciado por movimientos como el cubismo, futurismo y constructivismo ruso, desarrolla teorías cibernéticas de captación de interactividad y trabaja sobre las bases del matemático Norbert Wiener (considerado el creador de la cibernética, la formalización de la noción de feedback, y el estudio de procesos estocásticos y ruido). Para la creación de procesos artísticos vinculados a la organización de sistemas de causalidad circular, retroalimentación y loop. La cibernética ayuda a elucidar las complejas relaciones artísticas desde dentro de la propia obra. Su obra *CYSP 1* (1956), considerada la primera escultura cibernética de la historia, está montada sobre una base con 4 rodillos que alojan tanto el mecanismo como el cerebro electrónico de la obra. Posee una serie de placas accionadas por pequeños motores que responden al sensado de las variaciones cromáticas, intensidad de la luz y sonido del espacio que lo circunda mediante foto-células y micrófonos.

El artista David Karave, quien considera que la robótica es el último eslabón evolutivo del arte, desarrolla obras que combinan cine, esculturas animatrónicas, paisajes sonoros, música, teatro y pirotecnia. Los temas sobre los que trabaja son la publicidad, la naturaleza de la guerra y la lucha por la autonomía humana. Convierte los conocidos “Crash Test Dummies” en robots animatrónicos que parodian situaciones hogareñas, familiares.

Desde 1990 el artista multidisciplinar canadiense Bill Vorn desarrolla piezas de arte robótico vinculadas con la vida artificial; sus instalaciones y performances involucran robótica, control de movimiento y procesamiento de sonido, luz y video mediante procesos cibernéticos que actúan en respuesta de la audiencia para generar interacción e inmersión. Los universos creados por Bill Vorn generan la inmersión surrealista donde los interactuantes que son exploradores e intrusos simultáneamente generan empatía con las especies zoomorfas, “animats” cargadas de “dolor y sufrimiento” que los habita.

La obra de los holandeses Erwin Driessens y Maria Verstappen combina el bio arte y el arte cinético. Mediante soportes y materiales cotidianos observan los cambios silenciosos de la naturaleza y su evolución. Una de sus obras “Hot Pool” (2011) es un pequeño diorama en el que un paisaje artificial de parafina se transforma continuamente bajo la influencia de los fenómenos de fusión y solidificación. Posee un sistema de calentamiento activado mediante una serie de algoritmos que encienden y apagan determinadas resistencias para que la cera se derrita y solidifique por zonas, generando paisajes en constante metamorfosis. “Hay elementos básicos encerrados en una caja. El diorama permite una visión imaginaria de un mundo que prevalece sobre otro. Los cambios de intensidad

y la iluminación permiten observar tormentas, avalanchas, incluso calma y la erosión de una superficie sólida”, señalan los autores. Poseen una serie de obras basadas en el seguimiento del crecimiento de especies vegetales, como tomates y tulipanes) a través de periódicos videos y fotografías a los que se puede acceder a través de internet.¹² En el 2008 presenta la obra “E-volved Cultures XXW”, una instalación en la que crece un paisaje artificial en tiempo real mediante la interacción de ocho organismos virtuales que dejan rastros de su paso y cuya actividad genera un ecosistema que avanza interconectadamente. Los espectadores pueden observar en una pantalla una secuencia de movimiento constante e infinito inspirado en la dinámica de la naturaleza, como la formación de nubes, tejidos vivos, procesos geológicos, crecimiento de hongos, etc. “El sistema E-volved se aplica en genética artificial y en técnicas evolutivas, primero forma líneas incoherentes, puntos y planos de color. A medida que aparecen patrones de comportamiento, se organiza y regenera códigos que se visualizan en una secuencia interactiva.”

2.6. Edad de la gran escala: Robótica aplicada a la escena

Survival Research Laboratories (Laboratorio de investigación e supervivencia), fundado por Mark Pauline en 1978 es un colectivo de artistas cuyas obras se fundamentan en un re-direccionamiento conceptual de técnicas, herramientas y principios de la ciencia y la industria bélica, recontextualizando sus respectivas manifestaciones de practicidad, producción o guerra orientadas hacia la producción artística. Cada presentación se compone de un conjunto de interacciones entre máquinas, robots y dispositivos de efectos especiales, empleadas como crítica socio-política. Los espectadores pueden simplemente estar presentes como observadores o bien como operadores de los comportamiento de los robots.

Las figuras animatrónicas son marionetas mecatrónicas (mecánica + electrónica) que parecieran estar “animadas” (anima: alma en latín). Son robots diseñados para asemejarse a plantas, animales y personas. Utilizados en cine de Cs. Ficción y en parques temáticos, poseen escala, dimensiones y movimientos de criaturas vivientes, gracias a miembros y actuadores musculares accionados por mecanismos hidráulicos, neumáticos o eléctricos, generalmente operados remotamente por controles computarizados. Para aumentar su realismo, están recubiertos con una “piel” sintética a base de latex, con detalles de pelos y plumas. Si bien el Lion autómatas de Leonardo Da Vinci es el primer “animatronic” de la historia, recién en los años años `60 Walt Disney acuña el término por primera vez. El proceso de producción de una figura animatrónica es bastante complejo, posee una etapa mecánica, en la que ingenieros construyen el sistema mecánico con engranajes hidráulicos, una etapa electrónica, consistente en el desarrollo del sistema de control electrónico para operar remotamente el dispositivo animatrónico, la conformación de la estructura donde se modelan todos los componentes mecánicos y electrónicos contenidos por un “es-

queleto” metálico y una “piel” plástica para dar forma a la figura y dotarla de realismo y por último el tratamiento superficial. La cobertura de estas figuras está generalmente construida por moldados de gomas, silicona, uretano y latex líquido, posteriormente lijados y para recubrir las partes se suele utilizar y telas engomadas, permitiéndole flexibilidad.

“Les Máquinas de l’Ile de Nantes” [figura 8] surge en la ciudad de Nantes, Francia, en el año 2007 como parte de un mega proyecto de regeneración urbana, con la idea de fundar un centro artístico, turístico y cultural en el que converjan la cultura, la ciencia y la tecnología, emplazado en el espacio en que hasta el año 1987 funcionaban los antiguos astilleros, la meca de la construcción naval de Nantes, respetando su historia, pero reconvirtiéndolo en un espacio cultural, sus creadores, François y Pierre Orefice Delarozière se inspiraron en los mundos fantásticos de Julio Verne, el universo mecánico de Leonardo da Vinci, la historial industrial de Francia y

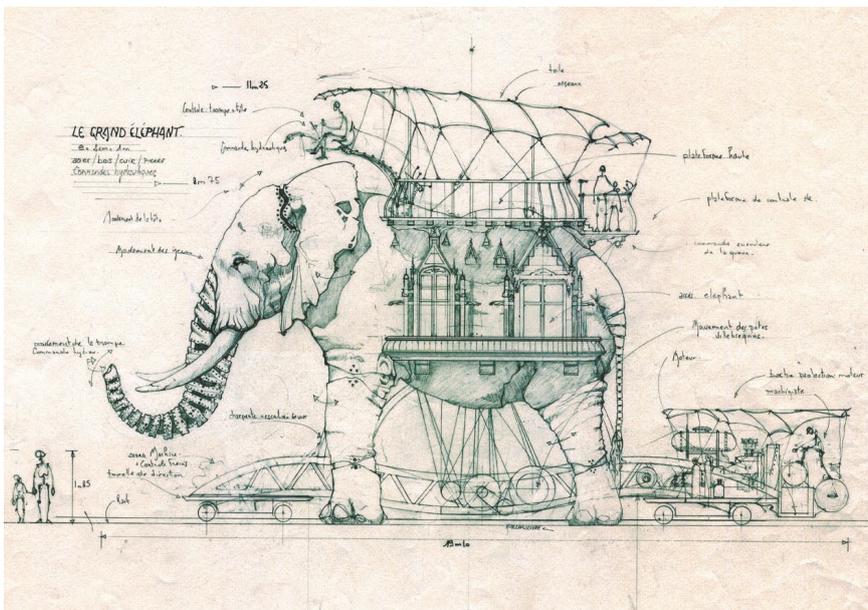


Figura 8

“El gran Elefante”.

Arriba: Croquis

(François Delarozière)

Abajo: Robot en funcionamiento

Fuente: <http://www.lesmachines-nantes.fr/es/les-machines-de-l-ile/la-galeria-de-las-maquinas/>





Figura 9

"Hylozoic Soil"
Philip Beesley
2007

Fuente: http://philip-beesleyarchitect.com/sculptures/0935mexicocity_hylozoicsoil/PBAI_07.jpg

el arte callejero. La isla está poblada por una decena de curiosas y monumentales esculturas mecánicas móviles y piloteables, entre ellas el elefante, serpiente de los mares, calamar, manta raya, construidas en acero y madera.

"Hylozoic Soil" (Terreno hilozoico), [figura 9] creado por el arquitecto canadiense Philip Beesley en el año 2007, es un bosque artificial compuesto por membranas flexibles sensibles al tacto, actuadores, sensores de proximidad y microprocesadores, que producen un entorno robótico reactivo capaz de detectar la presencia de los visitantes, activar diminutas estructuras montadas en una red enmarañada de "nubes" y agitarse. Esta acción permite que se extingan las fronteras entre los visitantes y la vegetación que reacciona a su llegada, recreando un espacio pacífico donde el centro y la periferia, el organismo y su entorno se unen en uno solo. El autor, inspirado por la biomimética¹³, propone conciliar los procesos naturales con el mundo artificial a través de una "arquitectura sensible" que diluya las barreras entre sujeto y objeto, yo y otro, forma y función, orgánico e inorgánico, estático y dinámico.

2.7. Edad de la conciencia ecológica. Oda al low-tech

Con el aumento de la industrialización y el consecuente abuso de los recursos naturales "...se ha producido un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial..."¹⁴. El cuidado del medioambiente se ha convertido en un tema recurrente en el arte como alarma generadora de conciencia. Los artistas interesados en el tema, acercan sus producciones como diálogo conciliador entre lo artificial y lo natural, lo artificial supeditado a lo natural.

En Japón, en 1964 Nam June Paik y Shuya Abe construyen "k-456", el primer robot antropomórfico con intenciones artísticas/performativas, pensado para pasear por las calles e ir reproduciendo y grabando conversaciones de la gente que circula para generar de esta manera un efecto de sorpresa y humor. "k-456, realizado a

partir de desechos industriales, proponía una paradoja tecnicista: frente a las políticas utópicas que auguraban el reemplazo del trabajo humano por el de los robots, Paik creaba un robot totalmente dependiente de sus usuarios, dotado de una torpeza tal que sus acciones le quitan el velo de alta eficiencia tecnológica de los robots que está instalado en el imaginario colectivo, ironizando acerca del ideal utópico de desarrollo tecnológico. “... Ya no se trata sólo de cuestionar el impacto de lo tecnológico sobre la sociedad y finalmente sobre la humanidad toda, o la ideología de la panacea del confort, sino de preguntarse sobre la necesidad y los límites de una tecnologización creciente de la vida, motor frecuentemente acrítico que rige la promoción del desarrollo científico.”¹⁵

El artista mexicano Gilberto Esparza elabora organismos, sistemas e instalaciones robóticas para intervenir el espacio público combinando tecnología con desechos industriales. El eje conceptual de su obra es el impacto de la tecnología en la vida cotidiana, las relaciones sociales, el medio ambiente y la estructura urbana. En su obra *Parásitos Urbanos* desarrolla formas de vida que subsisten de las fuentes de energía generadas por la especie humana. Es un conjunto de parásitos robóticos, producto de la hibridación de desechos tecnológicos de diversa índole, que habitan y pululan por la ciudad interviniendo el paisaje urbano con su presencia y mediante emisiones sonoras. Clgd, moscas, ppndr-s, dblt, autótrofos inorgánicos y mrrñ se localizan en diferentes partes de la ciudad, en el tendido eléctrico, en semáforos, en el césped, sobre montículos de basura, etc. Otra de sus obras “*Plantas Nómadas*”, “... como metáfora de la condición humana alienada y del impacto que genera su actividad en la naturaleza... busca generar reflexiones críticas sobre la ambigüedad de la fuerza que detenta la tecnología: como herramienta del poder ó por su potencial de transformar el orden del mundo en otros posibles mejores.” Es un ecosistema alojado en un robot, conformado por plantas y microorganismos, se desplaza para encontrar agua y la procesa para poder transformar nutrientes en energía, cumpliendo así sus ciclos vitales.



Figura 10

“Plantas nómadas”
Gilberto Esparza
2010

Fuente: <http://www.neo2.es/blog/2010/03/plantas-nomadas/>

Alan Rath, ingeniero del MIT y posteriormente escultor, influenciado por la obra de Jean Tinguely; arrojando una mirada fría en las utópicas promesas de la tecnología que auguran una mejora de la calidad de vida acabando por esclavizar a la humanidad con su sobrecarga de información, desarrolla obras robóticas antropomorfas que parecieran estar vivas. Este carácter que poseen sus máquinas indaga la manera en que la gente proyecta cualidades humanas en los equipos y cómo las máquinas son percibidas como si tuvieran personalidad. Rath emplea las posibilidades escultóricas de hardware electrónico para ironizar acerca del universo tecnológico, en el que las sensaciones, imágenes, emociones y acontecimientos pueden ser aleatorios y sin sentido. Mediante la ironía y el humor, de sus obras basadas en las limitaciones de la tecnología, y sus amenazas profundas a nuestra privacidad, sexualidad e identidad corporal.

2.8. Edad de los robots dotados de capacidades creativas

El “armonógrafo” [figura 11], creado a mediados del siglo XIX por el matemático escocés Hugh Blackburn, es el antecesor de los robots generadores de arte, está compuesto por una serie de péndulos cuyos movimientos controlan la posición de una pluma y un papel, de esta manera se generan imágenes geométricas de gran complejidad.

Harold Cohen es uno de los pocos artistas plásticos que se abocan de lleno en la creación de obras basadas en sistemas de vida e inteligencia artificial. En la década del 1970 desarrolla “AARON”, un robot autónomo capaz de generar arte. Su desarrollo comienza bajo la siguiente premisa: ¿Cuál es la condición mínima bajo la cual un conjunto de marcas funciona como una imagen? El resultado que obtuvo es un sistema con capacidades cognitivas que le permitan entender e interpretar imágenes. Este sistema no posee creatividad propia no “hace arte” “... ¿Si lo que hace AARON no es arte, qué hace exactamente, y de qué manera, que no sea su origen, se diferencia de la cosa real? ¿Si no lo está pensando, qué está haciendo? En conclusión, AARON está simplemente siguiendo las instrucciones de procedimiento y patrones estilísticos, el verdadero artista detrás de cada pieza es Harold Cohen, su creador. Al día de hoy, AARON es considerado el programa más antiguo en continuo desarrollo en la historia de la informática.

“Drawbots” es un equipo de artistas, científicos, filósofos y teóricos que investigan la convergencia entre Inteligencia artificial, creatividad y cognición a través de la creación de robots dibujantes, capaces de explicar los mecanismos de la creatividad humana. Fundamentalmente, el proyecto aborda la creación de robots dotados de comportamiento creativo. El objetivo del proyecto es investigar los conocimientos existentes entre el comportamiento creativo, los sistemas evolutivos y adaptativos capaces de crear sistemas autónomos, físicos y virtuales, capaces de manifestar comportamientos creativos. El desarrollo de agentes autónomos (a-life automata) capaces de crear obras de arte de manera automática.

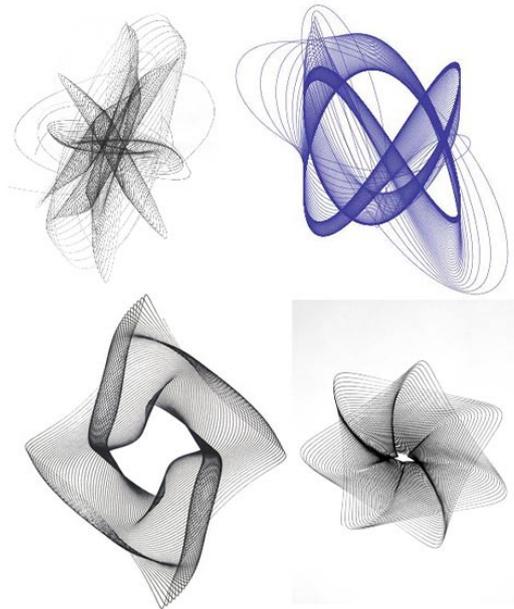


Figura 11

“Armonógrafo”
Hugh Blackburn
Siglo XIX

Fuente: <http://ludoforum.com/wp-content/uploads/armon%C3%B3grafo.jpg>

Benjamin Grosser, artista multidisciplinario que combina artes visuales, música y tecnología para crear obras que exploren la relación entre la cultura y la tecnología, especialmente, la manera en que la tecnología cambia nuestra apreciación del mundo. Benjamín es el creador del “Robot de pintura interactiva” (2011). El sistema posee un algoritmo para generar pinceladas como respuesta al sonido.

El escultor español Carlos Corpa, inspirado en las esculturas cinéticas de Jean Tinguely, desarrolla robots humanoides con “capacidades creativas” a partir de máquinas desguazadas. De la misma manera que Alan Rath, desarrolla robots ruinosos y disfuncionales con una postura crítica al avance tecnológico. Una de sus obras “Automatic Noise Ensemble” (2005) es una orquesta de bailarines y músicos robóticos disonantes. Contrabajo eléctrico, violoncelo, guitarra flamenca, teclados, percusión y cantante; la obra tiene dos modalidades de funcionamiento, como instalación los robots tocan sus instrumentos mediante un sistema informático que los controla, y a modo de performance con un operador humano en vivo que realiza la mezcla de sonido aplicando efectos por consola.

El excéntrico y poco popular artista Bruce Lacey es el creador de una serie de esculturas cibernéticas entre la que se destaca “Rosa Bosom” (1966), una actriz robótica construida para desempeñar el rol de la reina de Francia en la obra teatral “Los tres mosqueteros”. El robot posee sensores ultrasónicos e infrarrojos y puede ser controlado por radio o responder a las señales acústicas y movimientos del entorno e interactuar con la gente.

2.9. Edad de la Bio-cibernética

La combinación de la tecnología con las ciencias biológicas ha dado impulso a la ingeniería genética y la clonación, que sumada a factores político-económicos han transformando la condición de

todos los organismos vivos. El término cibernética proviene del griego κυβερνήτης y significa timonel, gobernador o piloto, por ende, sugiere que se trata de una disciplina de control, por otro lado Biología es la rama de la ciencia que estudia los organismos vivos (incluyendo su estructura, funciones, crecimiento, origen, evolución, distribución y taxonomía) en este sentido se refiere a los organismos sometidos a ser controlados. La bio-cibernética plantea la fusión de lo mecánico con lo orgánico, no solo que los seres vivos se hibriden con máquinas, sino que las máquinas se comporten como seres vivos. La literatura y el cine cyberpunk han provocado un imaginario colectivo respecto de la bio-cibernética como causal del renacimiento de muertos y especies extintas, la pérdida de la identidad de las especies, la mutabilidad infinita, la proliferación de órganos protésicos para aumentar la percepción, la maleabilidad de la mente y el cuerpo humano.

Actualmente, el artista es mago y cirujano¹⁶ simultáneamente, ha modificado su relación con la obra, las herramientas y las máquinas que utiliza para la creación. Uno de los pioneros en el arte bio-cibernético es Eduardo Kac, quien generó obras de arte transgénicas cuyo ADN es manipulado a través de internet con un simple “click” de los usuarios. Por otro lado, la materia de la obra de Stelarc es su propio cuerpo, sometido a cirugías, implantes de extremidades adicionales, prótesis y cables que conectan su cuerpo con la red para ser manipulado remotamente por usuarios de todo el mundo.

La obra “MEART - The Semi Living Artist” desarrollada en el año 2001 conjuntamente por el colectivo SymbioticA y el Laboratorio de Arte y Ciencia de la Universidad de Australia, es una obra de arte bio-cibernético que explora aspectos de creatividad mediante técnicas biológicas. Es una instalación fragmentada cuyas partes están distribuidas. Está conformado por un “cerebro” compuesto por el cultivo de las células nerviosas de una rata embrionaria que crecen y se desarrollan en un laboratorio de Atlanta, un brazo

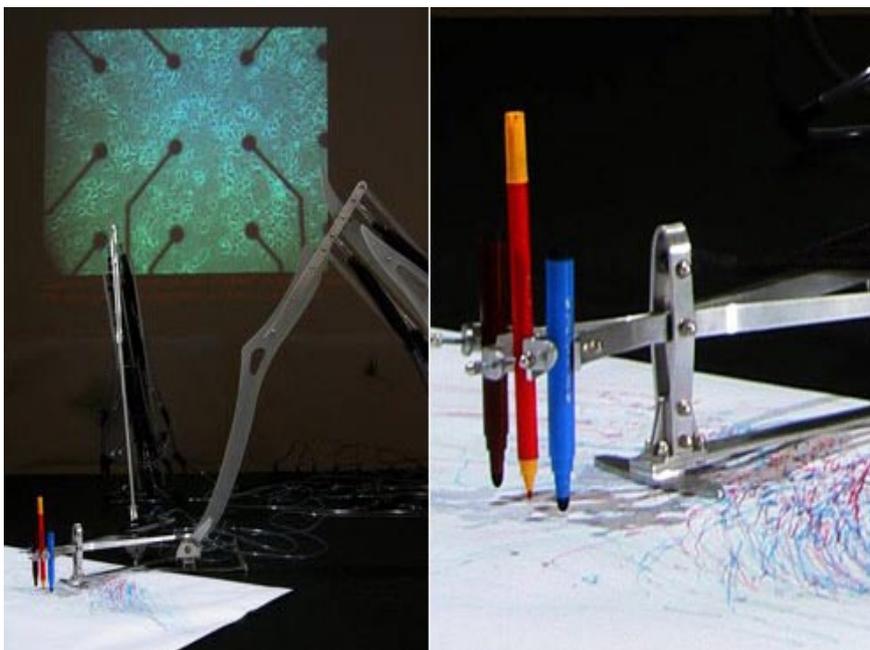


Figura 11

“MEART - The Semi Living Artist”
2001

Fuente: <http://www.treasures.uwa.edu.au/treasures/74/>

robótico capaz de producir dibujos bidimensionales y una interfaz digital alojada en internet que permite que ambas partes se comunican entre sí en tiempo real. Los autores de la obra afirman que los cultivos neuronales tienen las potencialidades de aprender y crear: “... MEART tiene la capacidad para procesar lo que ve a través de las neuronas que actúan como su cerebro. Tiene la capacidad para reaccionar en consecuencia a través del brazo robótico dibujo que actúa como su cuerpo. Las funciones de Internet son su sistema nervioso”. De esta hibridación wetware-software-hardware surge una nueva especie construida con partes artificiales y partes vivas creadas artificialmente, y poseer la cualidad humana de crear arte.

3. Conclusión

Los avances en el campo científico, tecnológico e industrial sumado al ingenio creativo de artistas preocupados por generar la ilusión de realidad en concordancia con ingenieros e informáticos, dieron origen al arte robótico, pilar fundamental del arte generativo. Se diseñaron especies y espacios con inteligencia propia, criaturas artificiales capaces de vincularse y dialogar con el público, de poseer capacidades creativas, elogiar la tecnofilia y repudiar los abusos del medioambiente criticando incluso a la misma tecnología que les dio vida. Si bien los creemos poseedores de alma y conciencia propia, los robots son títeres electrónicos, piezas de arte manejadas a nuestro antojo para proyectarnos a nosotros mismos a través de ellos.

4. Referencias bibliográficas

1. Gaby Wood, *Edison's Eve: a Magical History of the Quest for Mechanical Life*
2. Hr. Giger ARh+ - Taschen
3. *Ghost in the Shell* (1995) Kôkaku kidôtai
4. Chris Hillman: animatronics: <http://www.christopherhillman.com/links.html>,
5. Shai Shih t'u Ching / *Book of Hydraulic Excellencies*
6. *Human Automata in Classical Tradition and Mediaeval Romance* - J. Douglas Bruce - The University of Chicago Press
7. Abū al-'Iz Ibn Ismā'īl ibn al-Razāz al-Jazarī(1206) *al-Jāmi' bain al-'ilm wa al-'amal al-nāfi' fī šinā'at al-ḥiyal* (El Libro del Conocimiento de ingeniosos dispositivos mecánicos) Siria
8. W. J. T. Mitchell (2003) “The Work of Art in the Age of Biocynbernetic Reproduction” Hopkins University Press, USA
9. Charo Grego, *Perversa y utópica, la muñeca el maniquí y el robot en el arte del siglo XXI*. Abada Editores (2007)

5. Sitios consultados:

1. <http://www.mechanical-toys.com/History%20page.htm>
2. <http://tecniarts.com>
3. <http://www.mlahanas.de/Greeks/HeronAlexandria2.htm>
4. <http://www.pawfal.org/dave/index.cgi?Projects/AI%20Jazari>
5. <http://www.aliak.com/content/the-book-knowledge-ingenious-mechanical-devices-al-jazari-1206>
6. http://automata.cps.unizar.es/Historia/Webs/automatas_en_la_historia.htm
7. <http://history-computer.com/Dreamers/Jaquet-Droz.html>
8. <http://www.karakuri.info/>
9. <http://ounomachi.wordpress.com/2011/12/14/karakuri-ningyo/>
10. <http://ebooks.adelaide.edu.au/c/capek/karel/rur/>], consultada en julio/2012
11. http://www.pbs.org/tesla/II/II_colspr.html
12. <http://davidbuckley.net/DB/HistoryMakers/HM-Electric-Dog1912.htm>
13. <http://orionrobots.co.uk/William+Grey+Walter>
14. <http://cyberneticzoo.com/?tag=m-docilis>
15. <http://www.horizonzero.ca/textsite/mimic.php?is=2&file=7>
16. <http://www.normill.ca/>
17. <http://www.usc.edu/dept/garden/>
18. http://dreher.netzliteratur.net/2_Performance_Aktionismus.html
19. <http://d-sites.net/english/nitsch.htm>
20. http://www.medienkunstnetz.de/themes/overview_of_media_art/performance/22/
21. http://stelarc.org/__.swf
22. <http://www.marceliantunez.com/>
23. <http://www.beksinski.pl/>
24. <http://amorphicrobotworks.org/works/index.htm>
25. <http://cyberneticzoo.com/?p=3794>
26. <http://kenrinaldo.com/index.html>
27. <http://www.crashingart.com/>
28. <http://billvorn.concordia.ca/menuall.html>

29. <http://www.chrismcmullenproductions.com/index.html>
30. <http://notnot.home.xs4all.nl/foodprint/foodprintfilms.html>
31. <http://www.fishandchips.uwa.edu.au/project.html>
32. <http://srl.org/index.html>
33. http://www.processing-plant.com/web_csi/index.html#project=calendar
34. <http://www.lesmachines-nantes.fr/>
35. <http://www.fondation-langlois.org/e-art/e/philip-beesley.html>
36. <http://artelectronicmedia.com/artwork/robot-k456>
37. <http://www.gilbertoesparza.blogspot.com.ar/>
38. <http://www.parasitosurbanos.com/>
39. <http://www.alanrath.org/>
40. <http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/geometry/harmonograph/>
41. <http://robertbunney.com/Harmonograph.html>
42. http://www.kurzweilcyberart.com/aaron/hi_essays.html
43. http://www.arts-humanities.net/casestudy/drawbots_project_computational_intelligence_creativity_cognition_multidisciplinary_investi
44. <http://bengrosser.com/>
45. <http://www.carloscorpa.net/>
46. http://www.roalonso.net/es/arte_y_tec/low_tech.php
47. <http://conferencias2pei2010.blogspot.com.ar/p/mariela-yeregui.html>
48. <http://andreangaritach.blogspot.com.ar/2010/05/conferencias-maryela.html>
49. <http://mactonnies.com/trans.html>
50. http://libarynth.org/category_robotics
51. http://libarynth.org/art_robots
52. http://www.senster.com/robots_in_art/
53. <http://www.anthrobot.com/anth/>
54. http://www.lamachine.co.uk/index.php/la_machine/
55. <http://www.lamachine.fr/realisations/>
56. <http://www.youtube.com/watch?v=4TLFSUI4kOs&feature=related>
57. <http://www.alanrath.org/>

58. http://www.pbs.org/tesla/II/II_robots.html
59. <http://www.fundacion.telefonica.com/es/at/vida/vida10/paginas/ev2.html>
60. <http://www.omnicircus.com/index2.html>
61. <http://www.pilgrimwatersdesign.com/faceanimation/index.html>
62. <http://www.codact.ch/>

// Notas

1. *Ernst Jentsch, psiquiatra alemán autor de “Una psicología de lo siniestro” (1906). Quien identifica por primera vez el estado de lo siniestro.*
2. *Sigmund Freud, Obras Completas de Freud, CIX - LO SINIESTRO 1919*
3. *El ADN es un compuesto químico formado por unidades estructurales iteradas que constituyen el material genético de las células de los seres vivos; posee diversas propiedades y funciones entre las cuales se destacan el control de la actividad celular, la capacidad de ser único e invariable, proporciona una “huella genética” que permite distinguir la identidad de todos los individuos de cada especie y otorga un sistema de memoria de datos genéticos transferibles de generación en generación.*
4. *Philip Galanter, “What is Generative Art? Complexity Theory as a Context for Art Theory”*
5. *Luis Pedraza - SLAM Geométrico - Tesis Doctoral - 2009 [http://es.scribd.com/doc/56237525/2/La-motivacion-historica, consultada en julio/2012, actualmente en línea]*
6. *Needham, Joseph (1986). Science and Civilization in China: Volume 2. Taipei: Caves Books Ltd.*
7. *Robert S. Brumbaugh, Thomas Y Crowell Company, 1966, Ancient Greek Gadgets and Machines*
8. *Abū al-'Iz Ibn Ismā'īl ibn al-Razāz al-Jazarī, al-Jāmi' bain al-'ilm wa al-'amal al-nāfi'fi šinā'at al-ḥiyal (The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices) - 1206*
9. *Karel Čapek (1890 - 1938) escritor checo, cuya obra se caracteriza por su precisa descripción de la realidad. Es el fundador de la ciencia ficción, antes que la ciencia ficción sea un género separado. En muchas de sus obras se discuten aspectos éticos de las invenciones y procesos industriales previstos en la primera mitad del siglo XX como ser la producción en masa, las armas nucleares, la inteligencia robótica y el adiestramiento de salamandras con fines bélicos.*
10. *Evoluon, construido en el año 1966 por la compañía global Phi-*

lips NV en la ciudad de Eindhoven, Países Bajos, en conmemoración de su 75º Aniversario de fundación, es un centro dedicado al arte, ciencia y tecnología.

11. *El Electroencefalograma topográfico censa las ondas cerebrales y representa su nivel de actividad neuronal mediante colores: por ejemplo, negro y azul podría representar la amplitud de EEG bajo, mientras que el amarillo y el rojo puede representar mayores amplitudes.*
12. *“Tomato habitus” sitio web desde donde se puede ver el crecimiento de una planta de tomates <http://notnot.home.xs4all.nl/foodprint/foodprintfilms.html>, consultada en julio/2012, actualmente en línea*
13. *La biomimética es la ciencia que estudia a la naturaleza como fuente de inspiración para la resolución de problemas humanos. La naturaleza, creativa por necesidad ha resuelto durante millones de años infinidad de problemas para su subsistencia. Dicho genio, emulado por el hombre permite dar forma a sistemas, procesos, mecanismos, principios organizativos y elementos, aplicables a sistemas sociales, económicos, tecnológicos e ingenieriles.*
14. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*
15. *Rodrigo Alonso - Elogio al Low-tech - 2009.*
16. *Walter Benjamin*

R + V = Ilusión

Autor: Paula Castillo

info@paucast.com.ar

Proyecto de investigación “Nuevos territorios de la generatividad en las artes electrónicas: su convergencia con la robótica, la Realidad Aumentada y el Net.Art.” – Director Emiliano Causa-
Facultad de Bellas Artes de la Universidad Nacional de La Plata
(Argentina) – Diag.78 N° 680 Ciudad de La Plata.

Resumen

Entre los mundos reales y los virtuales existe un amplio espectro de variantes que combina diversos grados de realidad y virtualidad. En el caso de la realidad virtual, el interactor pierde la referencialidad de su contexto físico y se sumerge por completo en un mundo simulado, mientras que las obras de realidad aumentada, el interactor conserva su referencia del mundo real con el agregado de una capa virtual que aumenta la información de dicho espacio, le aporta nuevas características.

realidad

virtualidad

ilusionismo

arte generativo

1. Introducción

Vivimos en un mundo mediado por la tecnología. Percibimos nuestro entorno a través de capas de información virtual que aumentan nuestro entorno físico. Las piezas de arte generativo basados en la realidad aumentada, nos plantean mundos ideales que nos hacen sentir que podemos acceder, manipular e incluso personalizar para que se adapte a nuestras necesidades, en una suerte de ilusa ubicuidad y omnipresencia. Los entornos semi-digitales o semi-físicos o, mejor dicho, los mundos reales aumentados digitalmente están conformados por la coexistencia de patrones que les permitan funcionar simultáneamente, a responder a la interacción humana en tiempo real y fusionar ambos mundos en uno nuevo que sustente las propiedades de ambas.

La generatividad propuesta por Phillip Galanter se aplica a la realidad aumentada como la serie de patrones que otorgan funcionamiento e independencia a los sistemas, que sumados a la calidad de representación que permitan las máquinas de la época, permitan sumergirnos en una realidad mixta simulada.

Para lograr la ilusión se requieren de dos elementos: A y B (átomos y bits), las unidades mínimas de las realidades mixtas.

2. Realidades mixtas

Con el desarrollo de las interfaces multiusuario interactuamos cada vez más con máquinas que nos conectan con otras personas e incluso con otras máquinas.

Paul Milgram y Fumio Kishino acuñan el concepto “*Virtuality Continuum*” para definir las realidades mixtas, las cuales fusionan mundos reales con virtuales para generar nuevos ambientes donde objetos físicos conviven con virtuales e interactúan en tiempo real. De esa fusión surge la realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual.

Mientras que en la realidad aumentada la capa digital permite percibir el mundo real con un plus digital que aumenta sus propiedades, en la realidad virtual se pierde completamente el contexto real para sumergir al usuario en un mundo completamente ficticio, emulando los aspectos y cualidades de algunos ambientes reales, como ser las leyes físicas, el tiempo, la mecánica y las propiedades de los materiales.

Realidades mixtas



Ambiente real Realidad aumentada Virtualidad aumentada Realidad Virtual

Las realidades mixtas son convergencias de eventos virtuales en el mundo material de nano estructuras y sistemas vivos. [Roy Ascott]

Nuestra manera de acercarnos al mundo virtual se limitó a pantallas rectangulares. Nuestros ojos se sumergen en mundos virtuales mientras que nuestro cuerpo permanece en el mundo físico. Mediante la Tangibilidad se da forma física a la información digital. Bits + atomos [Hiroshi Ishii]

2.1. Las sutiles diferencias entre lo real y lo virtual:

Para abordar el concepto de realidades mixtas es necesario definir lo real de lo virtual. Los mundos virtuales, creados artificialmente o sintetizados por computadoras, pretenden generar la sensación de ser “reales”, para que el interactor tenga la ilusión de estar realmente inmerso dentro de un mundo real.

Mientras que los objetos reales poseen una existencia objetiva, física, tangible y real, los virtuales existen en esencia o efecto, pero no de manera formal. Los objetos reales pueden ser observados directamente o bien representados mediante sistemas que permitan visualizarlos resampleados.

Muchas veces la calidad de la imagen virtual asociada a su grado de “realismo” y su carácter de verosimilitud con los entornos reales y genera una confusión paradójica entre lo real y lo virtual. La eterna preocupación por la ciencia, el arte y la técnica para lograr la fiel mimesis de la realidad, permitieron el desarrollo de tecnologías capaces de producir imágenes que luzcan “reales” tomando como estándar comparativo el realismo de la visión directa de un objeto real a modo de realidad no mediada.¹ La visión no directa de un objeto real se efectúa mediante cámaras, scanners o lasers que capturan el objeto real y lo reconstruyen digitalmente, es decir, lo representan numéricamente², para ser visualizados y



Figura 1

“La trahison des images”
René Magritte
(1928-1929)

manipulados análogamente por pantalla de video o bien digitalmente por monitores, pantallas sensibles, proyectores digitales u hologramas. En conclusión, el carácter “realista” de la representación de un objeto virtual no lo convierte en “real”, sino en una fiel representación de sí mismo.

A partir de la obra “*La traición de las imágenes*” [figura 1] el surrealista Rene Magritte inicia una serie de “cuadros de motivación lingüística”, donde ilustra su interés reflexivo y preocupación estética por la relación entre la realidad y la obra de arte, entre lo representado y su representación. El autor “...confronta una afirmación pictórica y otra lingüística que aparecen excluirse mutuamente. A través del lenguaje limita el contenido de realidad y por consiguiente, de veracidad, de su propio medio expresivo: la imagen pictórica. Esto no es una pipa, sino la representación de la pipa”. Demuestra que el cuadro funciona a un nivel de realidad distinto del de lo representado, es decir del objeto llamado pipa...”³ Esta obra se inspira en las teorías de la representación semiótica de la realidad en el lenguaje y la imagen. Para representar algo se construye un signo que al ser utilizado para reemplazar ese algo, pierde su carácter de realidad. La representación no es idéntica a lo representado, por más fiel que sea su mimesis. “... Todo parece indicar que apenas existe relación entre el objeto y aquello que lo representa”⁴ Los signos identifican los objetos reales, son sus representantes. Por ende, el signo y la representación constituyen un medio para evocar la imagen del objeto, sin identificarse con él. La preocupación de la obra de Magritte fue el fortalecimiento de la conciencia a partir de la perturbación del inconsciente, mediante lo sorprendente, lo desconocido y lo polisémico.

El carácter inmersivo de los mundos virtuales se debe a la combinación de tres factores: el grado de conocimiento del mundo, la fidelidad de reproducción y la metáfora de presencia.

En el mundo real los objetos ocupan un espacio, poseen dimensión, geometría, morfología, materialidad y peso. La perspectiva, la distancia y el ángulo con que se observa al mundo permiten generar una ilusión óptica capaz de ayudarnos a determinar la profundidad, posición y distancia de los objetos en el espacio.

Estas variables son los ingredientes principales para mimetizar la realidad y al aplicar sus leyes a los entornos virtuales, el usuario tendrá la ilusión de estar inmerso en un mundo real.

Las relaciones de causalidad, los tiempos de respuesta y la calidad con que percibimos fisiológicamente los objetos del mundo real es otra de las cualidades que definen e inspiran a los objetos virtuales. Cuanto mayor es la calidad de la imagen y menor, el tiempo de retardo entre una acción y su respuesta, el carácter inmersivo de un objeto o espacio virtual se potencia significativamente.

Los patrones previos otorgados por la generatividad permiten brindar un halo de libertad de acción y movimiento, rasgos característicos de los mundos reales que se aplican a los entornos virtuales para ofrecer al usuario un rango de posibilidades que le

permitan el libre albedrío de manejarse a su antojo dentro de un espacio virtual. Cada entorno real posee rasgos propios, propiedades, temporalidades y modalidades de respuesta; para emular las características materiales de los espacios es necesario controlar la metáfora de presencia: el grado en que se quiere que el usuario esté presente en la escena e interactúe con ella en tiempo real.

En síntesis, las cualidades representativas de la realidad no mediada deberían ser indistinguibles de la visualización directa de un espacio real para que su carácter inmersivo sumerja al interactor dentro de un mundo virtual y lo viva como si fuera real.

3. Realidad aumentada, antecedentes

Como todas las invenciones y tecnologías, la realidad aumentada se gesta muy tempranamente en la mente de escritores y cineastas. A principios de 1900, la novela "The Master Key" del escritor Lyman Frank Baum, narra la historia de un personaje que entre otros artilugios eléctricos posee un aparato que le permite reco-



Figura 2

"Sensorama"
Morton Heilig
(1950)

fuelle: <http://www.mortonheilig.com/InventorVR.html>

nocer la personalidad de las personas imprimiendo “virtualmente” una letra identificatoria en sus respectivas frentes. En la saga Dragon Ball de Akira Toriyama, a mediados de 1980, ciertos personajes poseen un dispositivo llamado “Scouter”, compuesto por una mini pantalla que se coloca en la oreja izquierda y permite visualizar ver los poderes de los personajes.

Uno de las primeras tecnologías capaces de sumergir a los espectadores en mundos virtuales multisensoriales e inmersivos es el Sensorama⁵ [figura 2]. Este “teatro de la experiencia”⁶ creado en 1950, ofrece un espectáculo donde el usuario puede disfrutar de un paseo en moto por New York, sintiendo el aire en la cara y aromas pulverizados para proporcionar una experiencia más real. El sistema completamente mecánico, está compuesto por imágenes estereoscópicas en 3D, sonido estéreo, sistema de vibración e inclinación y pistas especiales para disparar viento y aromas durante la película.

En 1968 el norteamericano Ivan Sutherland desarrolla el primer dispositivo de realidad virtual y aumentada que permitía a los usuarios ocupar el mismo espacio que los objetos virtuales. Compuesto por una pantalla acoplable a la cabeza, su grado de realismo y diseño de interfaz era precario, y por su elevado peso, debía estar suspendido del techo. Dicho sistema se aplica posteriormente a la arquitectura, la simulación, la educación y el entretenimiento.

En 1999 Steven Feiner, desarrolla #KARMA (Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance). Steven considera que uno de los usos más poderosos de los mundos virtuales no implica el reemplazo del mundo real, sino la aumentación de la visión del mundo real con información adicional. Esta concepción, introducida previamente por Sutherland, origina a la realidad aumentada propiamente dicha.

4. Aumentación de objetos

Llegaste con la brisa (2001) es una obra de Mariana Rondón que trata acerca del imaginario genético. La obra está compuesta por un sistema robótico que sopla una burbuja gigante de jabón sobre la que se proyectan videos de organismos vivos. La obra, cuyo emplazamiento tiene reminiscencias de laboratorio genético, produce en los interactuantes la simulación de crear materia orgánica a partir de lo materia inorgánica. El sistema robótico genera burbujas/bolsas uterinas de 2 mts de diámetro, sobre las que se proyecta un nuevo ser híbrido, trangénico, monstruoso y onírico, un accidente genético producto de la fusión genética entre animales y humanos, que lucha por sobrevivir a la interacción del usuario que consiste en pinchar dichas burbujas.

Otro ejemplo de la aumentación de objetos es la obra “Augmented shadows” (sombras aumentadas), que surge en el año 2010 como proyecto de tesis de MFA Diseño y Tecnología en Parsons. Juega con la generación de sombras análogas al del mundo real, pero ficticias, simuladas mediante una proyección contrapicada sobre



▶
"Llegaste con la brisa"
Mariana Rondón
(2001)

fuelle: <http://marianarondon.com/>

una superficie que aloja una serie de cubos blancos que el usuario puede manipular para generar un ecosistema con objetos y seres imaginarios, como casas, árboles, aves y personas. Las sombras reales de los cubos coexisten con las virtuales, cada una de ellas influye en el ciclo de vida de la otra. La luz y la sombra, como concepto metafórico, juegan el rol de representar de una manera crítica las acciones de este mundo que causan reacciones en cadena entre los mundos virtuales.



▶
"Augmented shadows"
Joon Y. Moon
(2010)

fuelle: <http://joonmoon.net/>

Por otro lado, la obra "Efecto mariposa" de Patricio González Vivo, construida con las cenizas del volcán Puyehue, (ubicado en la cordillera de los Andes en la Región de Los Ríos, Chile) recolectadas luego de su fatal erupción en junio del 2011. Dicho desastre natural produjo la muerte de miles de especies naturales pero paradójicamente el sustento fértil de la zona en el futuro. Efecto mariposa combina infinita y recursivamente los conceptos de destrucción y creación, como así también la capacidad de la vida para supe-

rar las adversidades y adaptarse a sus nuevas condiciones. Dichas cenizas, proyectadas cenitalmente, simulan un ecosistema natural con el cual el usuario puede interactuar, modificando la topografía con sus manos, desencadenando cambios ambientales. De esta combinación los mundos digitales son modificados a partir de la interacción con los objetos físicos

5. Performances

5.1. Teatro digital

La magia o ilusionismo es una rama del arte escénico que consiste en atrapar al público mediante trucos, efectos e ilusiones en apariencia “sobrenaturales”. Las primeras experiencias de ilusionismo se desarrollan en el antiguo Egipto, para entretenimiento de la corte del Faraón Khufu, hace aproximadamente 4000 años. Dicho espectáculo se extiende a las calles, mercados y teatros de Grecia, Roma e India. En el siglo XV, especialmente en Italia, Francia e Inglaterra, dichas experiencias se vuelven muy populares, pese a que el público acusara sus actos de “brujería” por el velo sobrenatural que generaban.

En el siglo XVI el ilusionismo se empieza a utilizar como técnica artística para generar efectos de reversibilidad espacial, mimesis y holografía: piezas bidimensionales adquieren carácter tridimensional al ser observadas a determinada distancia, mediante técnicas como la perspectiva, anamorfosis, trompe-l’oeil, arte óptico sumado al juego de espejos y luces con que simulaban la telepresencia de un personaje escondido fuera del escenario. Ciertas técnicas ilusionistas se aplican al teatro, la pintura y escultura.

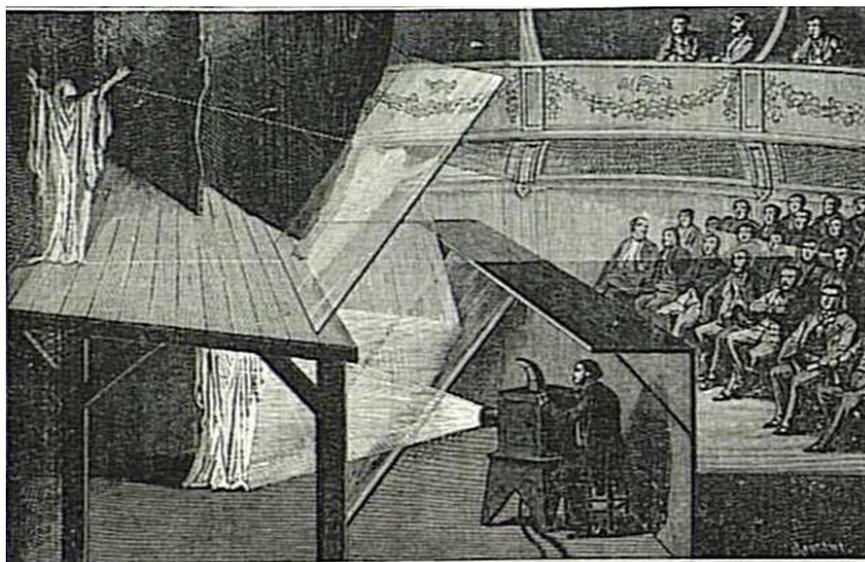
El artista alemán Samuel Dirksz van Hoogstraten, construye “Peepshow-box” [figura 3] (cajas de perspectiva), son cajas que poseen pequeñas mirillas por las que el observador puede “espiar” un espacio que genera la ilusión de ser tridimensional, pero no lo es.



Figura 3

Izquierda:
“Peepshow-box”
Samuel van Hoogstraten
(1650)
Fuente: <http://Orchid-thief.livejournal.com/647773.html?thread=3097949>

Derecha:
“Peepshow-box”
(litografía a mano en seis secciones)
Londres (1851)
Fuente: <http://www.sciencemuseum.org.uk/images/1061/10326481.aspx>



John Henry 'Professor' Pepper creando ilusiones fantasmagóricas.

Fuente: <http://museumvictoria.com.au/collections/items/376496/print-theatre-performance-of-pepper-s-ghost-showing-audience-production-of-illusion-circa-1860-1900>

Por el siglo XVIII los Ilusionistas comienzan a ganar respetabilidad y status, actúan en grandes teatros capitalizando interés del público en la ciencia, puesto que sus shows combinan conferencias con performances de magia científica, es el caso del Ilusionista Katterfelto, quien utiliza un microscopio solar para mostrar miles de pequeñas criaturas escondidas dentro de una gota de agua, leche o cualquier otro líquido.

Cuando las prácticas teatrales de truca e ilusionismo se combinan con tecnologías digitales y técnicas de proyección, surge el Teatro digital. Dicha performance consiste en la coexistencia de actores reales que interactúan en tiempo real con actores y escenarios virtuales/holográficos y el público. La programación (soft y hard) debe tener la agilidad y versatilidad suficiente que permita su procesamiento en tiempo real, permitiendo generar modificaciones de imágenes, luz, sonido, vídeo, y animación (2D / 3D).

*Troika Ranch*⁸, cofundada en 1994 por Dawn Stoppiello y Mark Coniglio, con bases en New York y Berlin, es un colectivo de artistas que realizan obras de danza contemporánea hibridando el cuerpo en movimiento y su relación con la tecnología mediante la combinación de performances multimedia, instalaciones y video digital. El nombre del colectivo tiene su origen en la metodología de trabajo, que involucra tres disciplinas artísticas: danza/teatro/media (*Troika*) en una colaborativa interacción (*Ranch*).

La compañía australiana *Chunky move* fundado por Gideon Obarzanek en 1995, desarrolla obras de danza para el teatro, site specific⁹ e instalaciones. Actualmente, dirigidos por el coreógrafo Anouk van Dijk. Sus principales obras son *Mortal Engine*, *Faker* y *Connected*. *Mortal Engine* (Motor mortal) [figura 5] es un espectáculo que combina danza, video, música a cargo de Ben Frost y láser con captura de movimiento. Conceptualmente la obra intenta reflejar los cambiantes y trémulos límites del cuerpo humano y el carácter siniestro del alma. Se genera una metamorfosis entre la figura humana, la imagen, la luz y el sonido.



Figura 4

"Future of memory"
Troika Ranch
(2003)

Fuente: <http://www.troikaranch.org/galleryFuture/g-future.html>



Figura 5

"Mortal Engine"
Chunky Move
(2009)

Fuente: <http://www.chunkymove.com/Our-Works/Current-Productions/Mortal-Engine.aspx>



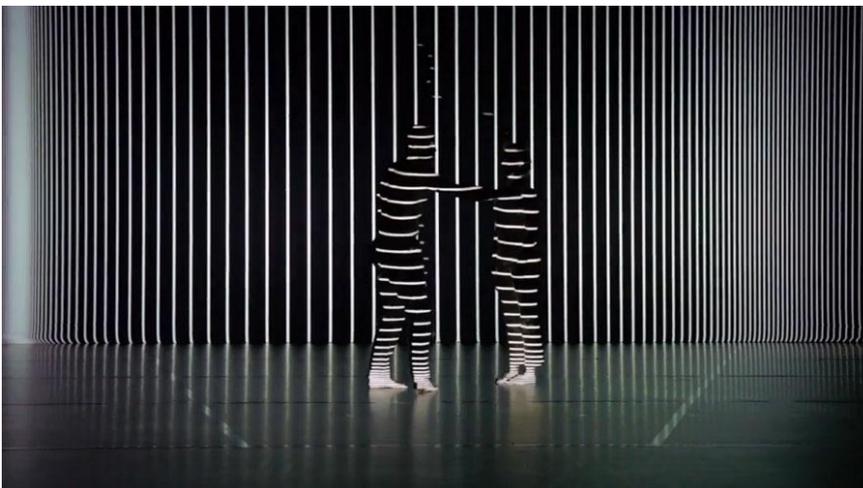
▶
"Biped"

Merce Cunningham
(1999)

Fuente: <http://dancecapsules.mercecunningham.org/overview.cfm?capid=46049>

El coreógrafo Merce Cunningham trabaja desde 1990 en la inclusión de la tecnología en la danza, como herramienta coreográfica, "Lo más escalofriante de la obra de Cunningham es la ausencia de emoción. Sus bailarines se mueven como colecciones bien ensamblados de partes del cuerpo, impulsado por la fuerza de la naturaleza o de la mecánica, pero sin la voluntad o el deseo de los suyos"¹⁰ Realiza obras que combinan realidad aumentada y danza poniendo de manifiesto la relación fría y manipuladora entre tecnología y humanidad.

La obra "Apparition" de Klaus Obermaier + Ars Electronica Futurelab combina danza con tecnología, para crear un sistema interactivo que modelan y simulan la física del mundo real creando un espacio cinético donde la belleza y la dinámica del cuerpo humano y su calidad de movimiento se amplían y se transfieren al mundo virtual. La obra plantea los siguientes interrogantes "¿Lo coreografía surge cuando el software es su socio? ¿Cuándo la imagen del espacio virtual y real comparten la misma física? ¿Cuándo todo lo que se mueve en el escenario es a la vez interactivo e independiente? ¿ los bailarines se pueden transformar en una superficie de proyección cinética?"



▶
"Apparition"

Klaus Obermaier + Ars Electronica
Futurelab
(2012)

Fuente: <http://www.exile.at/apparition/photos.html>

6. Conclusión

Todo esto es una ilusión. Consecuencia de la credibilidad consagrada por los artilugios provistos por el arte generativo, capaz de dotar a un puñado de bits el carácter de autoconciencia, de hacernos sentir que podemos tocar todo, incluso lo intangible. Ese racimo de líneas de código que corren por las venas de los sistemas para dotarlos de vida, independencia e inteligencia, son inspirados por el comportamiento de la materia (viva y física), y es por esa razón que son capaces de engañar nuestros sentidos e inducirnos hipnóticamente en un mundo nuevo, producto de la coexistencia de dos realidades simultáneas: la física y la virtual.

7. Referencias bibliográficas

1. W. J. T. Mitchell (2003) "The Work of Art in the Age of Biocybernetic Reproduction" Hopkins University Press, USA
2. Roy Ascott, the composite state of being, notes on the technoetic implications of mixed reality
3. Lived in mixed realities
4. René Magritte, *Leben und Werk*, Editorial Labor, Barcelona, 1978
5. Las bodas alquímicas de Christian Rosenkreutz, *Chymische Hochzeit, Johann V. Andreae, 1616* [<http://www.fraternidadrosacruzmadrid.com/libros/LAS%20BODAS%20ALQUIMICAS%20DE%20CHRISTIAN%20ROSENKREUTZ.pdf>]
6. Displacing 'Humans': Merce Cunningham's *Crowds* - Dee Reynolds [<http://people.brunel.ac.uk/bst/vol0101/DEEreynolds.htm>]

8. Sitios consultados:

1. http://netzspannung.org/version1/extensions/cast01-proceedings/pdf/cast01_proceedings_bw.pdf
2. <http://hmi.ewi.utwente.nl/chi2005-conference/AntonNijholt.pdf>
3. <http://es.scribd.com/doc/32618447/La-Expansion-del-Bit-Autores-Laura-Maiori-Andrea-Sosa>
4. http://etclab.mie.utoronto.ca/people/paul_dir/IEICE94/ieice.html
5. <http://hmi.ewi.utwente.nl/chi2005-conference/AntonNijholt.pdf>
6. http://www.magicexhibit.org/story/story_hist_1930.html
7. <http://www.headroom.ws/serendipitart/?p=597>
8. <http://www.chunkymove.com/ActOfNow/>
9. <http://www.exile.at/apparition/>

// Notas

1. *Naimark.*
2. *Lev Manovich*
3. *René Magritte, Leben und Werk, Editorial Labor, Barcelona, 1978*
4. *René Magritte*
5. *Sensorama, diseñada por Morton Leonard Heilig en 1955*
6. *Morton Leonard Heilig*
7. *HMD (Head-Mounted-Display - Pantalla montada en la cabeza)*
8. <http://www.troikaranch.org/>
9. *También llamado "Teatro ambiental", es un tipo de producción teatral, generalmente interactiva, diseñada para ser implementada en un lugar único y específico, no necesariamente teatral, elegido por sus valores morfológicos, arquitectónicos o por las implicaciones históricas del lugar.*
10. *Tresca Weinstein (1998)*
11. *Klaus Obermaier*

Visualización y generatividad

Hacia una relación posible, el ejemplo de
la obra de Jonathan Harris

Autor: Christian Silva

entorno3@gmail.com

Proyecto de investigación “Nuevos territorios de la generatividad en las artes electrónicas: su convergencia con la robótica, la Realidad Aumentada y el Net.Art.” – Director Emiliano Causa-
Facultad de Bellas Artes de la Universidad Nacional de La Plata
(Argentina) – Diag.78 N° 680 Ciudad de La Plata.

Resumen

En este texto se rastrean algunos antecedentes y definiciones del concepto visualización de información, partiendo de la aproximación que se viene trabajando desde el diseño de información, a partir de la obra de Edward Tufte. Luego se buscan posibles relaciones con el arte generativo y con las técnicas con se utilizan para trabajar en dicho ámbito. Para finalizar con el análisis de obras de Jonathan Harris que nos permiten reflexionar sobre esta posible relación entre estos ámbitos que exploran y trabajan con complejos caudales de información emergente.

Diseño de información

Visualización de información

Infovis

Arte generativo

Jonathan Harris.

Una respuesta a la infoxicación

Vivimos inmersos, ya sea como individuos, instituciones o como colectivos sociales, en una complejidad informativa sin precedentes. Ya en el año 1996, Alfons Cornella, introdujo el concepto de infoxicación a la discusión sobre comunicación en la era de Internet. Este autor, que basa su propuesta en la obra del psicólogo británico David Lewis, nos alerta sobre nuestro limitado ancho de banda, entendido como cantidad de información que podemos interpretar en un tiempo acotado, para procesar las grandes cantidades de información a las que estamos expuestos.

Las consecuencias de este exceso de información pueden ser nocivas o contraproducentes para aquellos que no dispongan de capacidades (herramientas y recursos) para procesar este caudal de datos. Es cada vez más evidente la necesidad de contar con instrumentos que nos ayuden a interpretar: ordenar, filtrar, clasificar, estos flujos complejos de información para convertirlos en conocimiento.

Es en este contexto que surge, se populariza, la noción de visualización de información, a la que podemos identificar como una disciplina horizontal que atraviesa (y tiene antecedentes en) la estadística, la cartografía, la comunicación, la informática y que se nutre de conceptos provenientes tanto del diseño gráfico como de interacción; transdisciplina que propone una serie de recursos conceptuales y técnicos que nos ayudan a administrar la saturación de datos en que estamos inmersos y que nos permiten procesar y descubrir información emergente: nuevos conocimientos.

Un autor/ realizador pionero para entender las posibilidades de la visualización es Edward Tufte, estadista, diseñador de información y profesor de Yale. En sus obras (*The Visual Display of Quantitative Information*, *Envisioning Information* y *Visual Explanations*) se encuentran antecedentes que evidencian la preocupación histórica del hombre por sacar partido del manejo adecuado de la información. Así nos enteramos que los militares europeos del siglo XVIII aumentaron la información cartográfica con esquemas para efectivizar sus tácticas y su comunicación, encontramos, además, varios ejemplos que muestran cómo diferentes culturas exploraron las posibilidades de la representación de información para descubrir nuevas relaciones de significado.

Tufte no habla, puntualmente, de visualización, pero podemos encontrar en su enfoque, centrado en el tratamiento visual de la información, los antecedentes de esta disciplina emergente que busca simplificar la complejidad sin perder profundidad y que busca, además, descubrir conocimiento emergente, inaccesible con recursos tradicionales de procesamiento de información.

En este ámbito podemos encontrar los pilares de lo que hoy entendemos como visualización de información, las primeras manifestaciones que supieron identificar las posibilidades y limitaciones de la representación visual de la información. Pero allí se queda, en

la disciplina que hoy se conoce como Diseño de información, disciplina que parte del Diseño gráfico y de la Documentación y que tiene un fuerte impacto en los medios de comunicación a través de las llamadas infografías o en la comunicación científico/ técnica a través de la esquemática.

Para poder definir el concepto visualización de información tenemos que hablar de una serie de atributos que se incorporan gradualmente, desde mediados del siglo XX, con los avances de la informática y las tecnologías digitales. Estos atributos son:

- a) Maneja datos complejos y voluminosos (generalmente provenientes de grandes bases de datos)
- b) Estos datos deberían ser interactivos, navegables, consideran las posibilidades de interacción del usuario, para acceder a determinada información hay que manipular (relacionar) contenidos.
- c) Transcurren en tiempo real.

La visualización se caracteriza, además, por utilizar técnicas híbridas como la Minería de datos (o Data Mining) que ayudan a indagar (procesar y recuperar información) en grandes conjuntos de datos generalmente almacenados en bases de datos, utilizando técnicas que articulan metodologías estadísticas y herramientas informáticas.

¿Podemos relacionar la Visualización con el Arte generativo?

El artista argentino Leonardo Solaas en su artículo Moldeo Interno propone una interpretación abierta del Arte generativo que nos ayuda a identificar puntos de contacto entre estas disciplinas que aprovechan las computadoras:

Estas máquinas programables son dispositivos ideales para echar a andar sistemas de reglas relativamente elaborados que, entre muchas otras posibilidades, pueden orientarse a la creación de forma visual y sonora. La capacidad de los sistemas digitales para ejecutar una gran cantidad de instrucciones con gran precisión y a gran velocidad los convierte en ayudantes ideales para la ejecución de planes tan complejos que su resultado final es muchas veces totalmente impredecible.

Si pensamos al arte generativo, como hace Solaas y como propone la investigación El arte generativo en las artes multimediales, desde la definición clásica de Philip Galanter:

“Arte generativo se refiere a cualquier práctica artística en la que el artista usa un sistema, como un conjunto de reglas del lenguaje natural, un programa de computación, una máquina, u otra invención procedural, que es puesta en movimiento con un cierto grado de autonomía contribuyendo a un resultando en un trabajo artístico terminado.”

Y lo relacionamos con los presupuestos necesarios para que haya visualización de información (manejar datos complejos y voluminosos que deberían ser interactivos, navegables y que transcurren en tiempo real) podemos llegar a pensar en la generatividad como una posibilidad para intervenir en dicho proceso, como una técnica para abordar la presentación de esos grandes caudales de información que queremos convertir en conocimiento. Siguiendo la reflexión de Solaas/ Galanter: para que haya generatividad (y/o visualización, según nuestro enfoque) necesitamos un conjunto de reglas (criterios de clasificación/ selección para infovis) para transformar un input de información en un output con “cierta organización formal”.

No es casual que los artistas pioneros que ayudaron a definir la idea de visualización desde la práctica experimental, Ben Fry, Bradford Paley, Martin Wattenberg, sean los mismos que hayan desarrollado herramientas y recursos para trabajar con la generatividad y hayan sensibilizado sobre la importancia de la automatización de la información y sobre la capacidad expresiva de los medios interactivos.

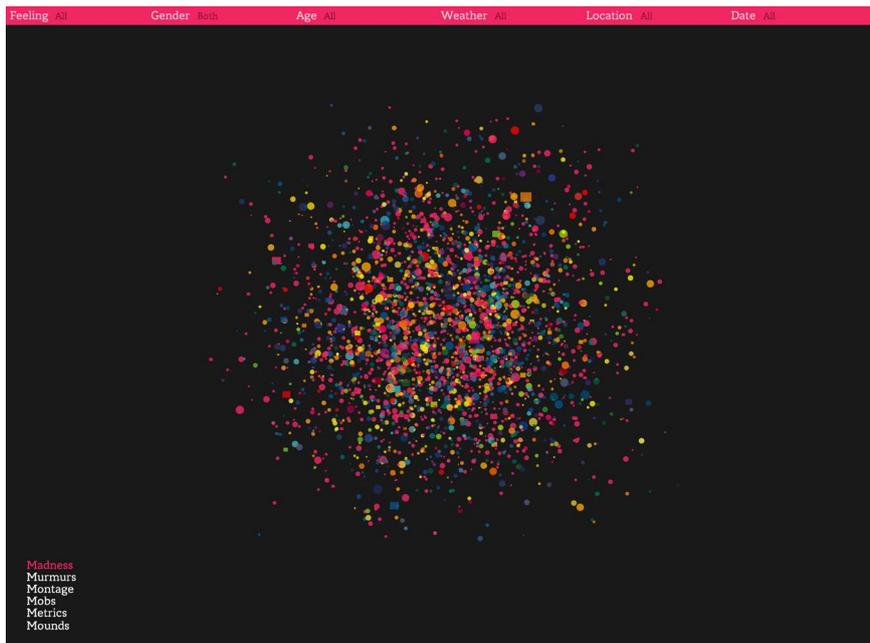
Quizá el punto crítico de esta relación posible entre los sistemas complejos que ofrecen la generatividad por un lado y visualización por otro esté en lo limitado de la autonomía del resultado final de la obra. El output de una obra de arte generativo es, más bien, desconocido, solo conocemos las reglas y el escenario. En una visualización tenemos reglas/ pautas/ criterios/ filtros necesarios para organizar la información (input) y un escenario o espacio de presentación pautado, acotado donde mostrar dicho output.

Es interesante relacionar, y creemos que allí se pueden encontrar las conexiones más ricas, este output característico de las obras de arte generativo, inesperado, automático, con el conocimiento emergente, esas nuevas relaciones de significado que propone la visualización de datos a través de las técnicas de filtrado y clasificación de información.

Esta inquietud es la que nos lleva a buscar referencias en el mundo de la ciencia, el arte y la tecnología de obras o experiencias que articulen esta relación posible entre generatividad y visualización. Esta búsqueda es la que nos permitirá confirmar nuestra hipótesis: la generatividad ofrece procedimientos y técnicas útiles para pensar y articular procesos de visualización de información.

3) Visualización y generatividad en la obra de Jonathan Harris

Si bien contamos con una serie de antecedentes importantes en la obra de pioneros de la visualización, como es el caso de Ben Fry, Bradford Paley y Martin Wattenberg es en la obra del norteamericano Jonathan Harris donde creemos mejor se articulan las posibilidades de la generatividad en la visualización. Creemos que la obra de Harris es la que mejor permite explicar esta relación ya

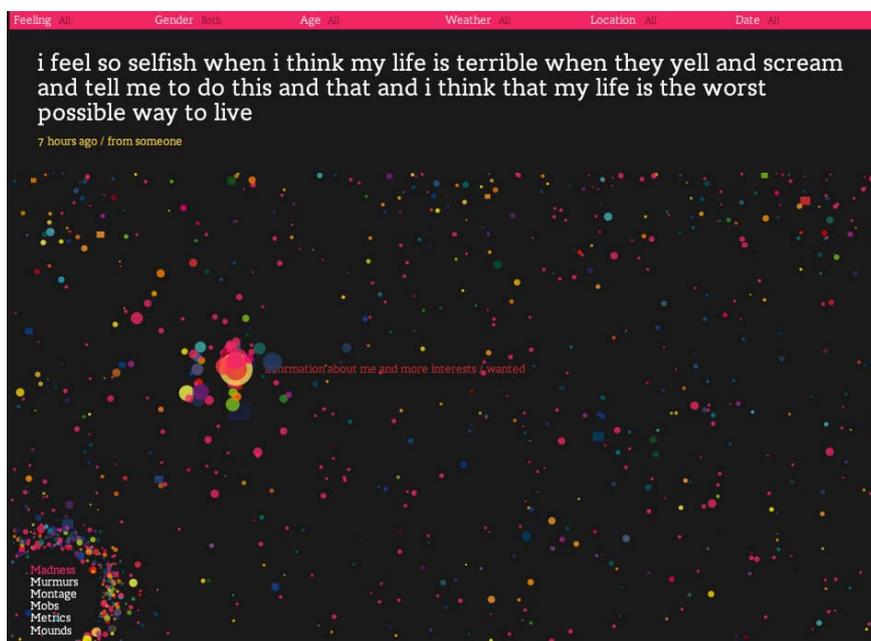


que parte de conceptos simples y trabaja con una serie de metáforas que ayudan a transparentar un proceso que en otras obras es demasiado abstracto.

El premiado artista norteamericano Jonathan Harris, que se define como “explorador e intérprete de la humanidad”, trabaja, casi exclusivamente, en proyectos para la web. La mayor parte de su producción está centrada en proyectos de visualización de información pero a diferencia de la mayoría de los proyectos de este tipo, su producción, está centrada en la visualización de comportamientos humanos. En su ponencia para TED 2007 de Monterey, California, empieza su ponencia diciendo:

“En realidad me considero un narrador de historias. Pero, no las narro como usualmente se hace, en el sentido de que casi nunca cuento mis propias historias. En lugar de eso, me interesa construir herramientas que le permitan a un gran número de personas contar sus historias a la gente de todo el mundo. Hago esto porque creo que la gente tiene mucho en común. Pienso que la gente es muy similar, pero también pienso que nos cuesta trabajo verlo. Y, cuando echo un vistazo al mundo veo muchos huecos, y creo que todos vemos muchos huecos. Y ellos nos definen. Hay huecos en el lenguaje, hay huecos en el origen étnico y racial, existen en la edad, en materia de género y de sexualidad, existen en la riqueza y en el dinero, existen en la educación, y también existen en materia religiosa. Y, tenemos todos estos huecos y creo que nos gustan estos huecos porque nos hacen sentir que nos identificamos con algo, con una pequeña comunidad. Pero creo que en realidad, a pesar de nuestros huecos, tenemos mucho en común. Y pienso que una cosa que tenemos en común es una profunda necesidad de expresarnos. Pienso que es un deseo humano muy antiguo. No es nada nuevo.”

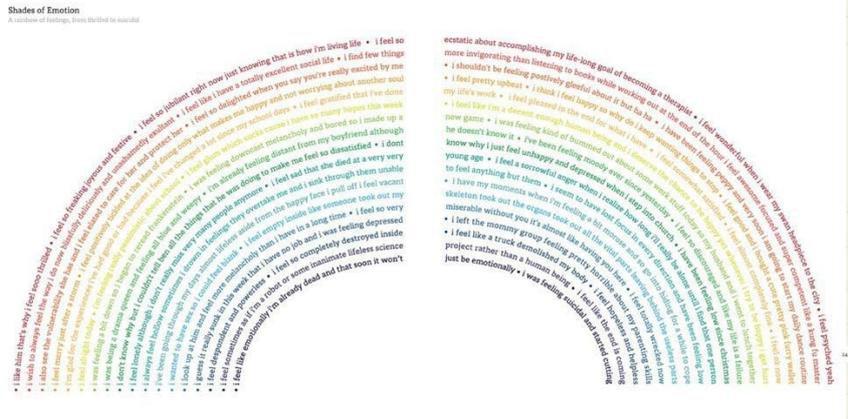
We feel fine



La obra que nos interesa destacar, para ilustrar nuestra hipótesis se llama We feel fine y es de 2005. El proyecto es, básicamente, una base de datos inagotable, un mapa mundial que busca reflejar el sentir de la humanidad en un momento en particular. Centralizado en un portal, el proyecto, analiza la web cada 10 minutos buscando sentimientos y emociones humanas publicadas en formato de textos e imágenes. Luego de filtrarlos e identificarlos, según reglas y patrones, los procesa y organiza para representar visualmente los diferentes estado de ánimo del momento.

Quizá lo más interesante del proyecto sea que permite, al usuario, realizar una segmentación y una búsqueda por indicadores demográficos, tales como edad, género, ubicación geográfica, y hasta relacionarlos con informes del tiempo local (vinculando el clima con las emociones humanas: una regla automática). Los datos de We feel fine se consiguen aprovechando la arquitectura informacional característica de los blogs o bitácoras que siguen un patrón similar de estructura: posts, categorías, palabras clave, etc.

El potencial narrativa del proyecto dio lugar, en 2009, a un libro: Review copy: We Feel Fine, donde el mismo Harris colabora con Sep Kamvar. Y a una serie de muestras en museos, la más destacada fue la que se realizó (2012-2013) en el Design Museum Holon de Israel.



Los proyectos de visualización de Harris (otro similar e igualmente interesante es Universe) tienen una concepción generativa. Podemos apreciar en la génesis misma de We feel fine una inquietud reveladora. En la presentación de la obra el autor comenta que se propone visualizar los “huecos” de la humanidad, los espacios vacíos que nuestros lenguajes no llegan representar ¿no es la misma intención que tiene el arte generativo? ¿No es la misma búsqueda abierta, autónoma, interpersonal de expresión/ conocimiento emergente que se busca cuando trabajamos con un sistema y un conjunto de reglas?

Si entendemos al arte generativo como aquel que busca un nuevo tipo de expresión automática podemos afirmar que esta visualización de sentimientos, que trata de representar estados de ánimo sociales, con su propio lenguaje/ dispositivo y sus propias reglas entra en esa categoría.

Conclusiones

“La generatividad puede ser un recurso para que el arte se mantenga a la altura de su tiempo y extienda a la vista de todos los innumerables problemas e incertidumbres asociados a esta segunda naturaleza que la tecnología despliega inexorablemente ante nosotros, y en la que todos nos estamos internando con más o menos entusiasmo e inconsciencia.” (Solaas)

La visualización de información y el arte generativo son disciplinas y campos de estudio muy recientes, a pesar de los antecedentes mencionados, ya sea por Tufte en el caso de la representación visual de la información y/o por Solaas en el caso de la generatividad, como para poder dar precisiones concretas sobre sus particularidades. Además hace poco tiempo que disponemos de los recursos técnicos y conceptuales adecuados para poder experimentar y materializar producciones y experiencias. Estas notas son una aproximación a la problemática y buscan definir una agenda para futuras investigaciones que se puedan centrar en las posibilidades de construir conocimiento, ya sea desde el arte o de la ciencia, con las posibilidades de la visualización de información mediada por la generatividad.

Bibliografía

Cornella, Alfons en Extra!-Net (Mensaje 187), (1996) Revista de Infonomía,

http://www.infonomia.com/pdf/1996_12_16_extranet.187.infoxicacion.pdf

Tufte, Edward R, Visual Explanations: Images and Quantities, Evidence and Narrative, Cheshire, (1997) CT: Graphics Press. EE.UU.

Tufte, Edward R, The Visual Display of Quantitative Information (2nd ed.), Cheshire, (2001) CT: Graphics Press. EE.UU.

Solaas, Leonardo, Generatividad y molde interno: Los sistemas de reglas en el desarrollo de la forma artística. (2010) En http://solaas.com.ar/generativos/files/generatividad_y_molde_interno-solaas.pdf

HACER

Los Algoritmos Genéticos y su Aplicación al Arte Generativo

Autor: Emiliano Causa | 2011

emiliano.causa@gmail.com

Resumen

En este trabajo se aborda la forma de aplicar Algoritmos Genéticos a trabajos de Arte Generativo, atendiendo a la forma en que debe ser generado el proceso de herencia. Durante el trabajo se verá un caso en que esta técnica se aplica a una aplicación capaz de generar cuadros con la estética de Victor Vasarely. Posteriormente se tratará otro caso en que la técnica se aplica a imágenes fractales. En este último ejemplo se profundizará en su implementación a nivel de programación. Por último se discutirán los criterios para la representación de los genes en el proceso.

algoritmos genéticos

crossover

genes

Victor Vasarely

fractales

Introducción

El presente texto es una nueva versión mi texto “Vasarely Genético”, escrito en 2003. Por esto, grandes partes de este texto están extraídas del anterior, pero en la actual versión intento corregir algunas nociones erróneas del anterior, así como dar a luz cuestiones técnicas implicadas en este tipo de proceso. Por otra parte, en este trabajo, no se basa exclusivamente en el trabajo “Vasarely Genético” sino que aborda nuevos ejemplos y expande la problemática a cuestiones más universales.

Antecedentes en el arte genético

“La naturaleza utiliza potentes medios para impulsar la evolución satisfactoria de los organismos. Los organismos que son poco aptos para un determinado ambiente mueren, en tanto que los que están bien adaptados para vivir, se reproducen. Los hijos son semejantes a sus padres, por lo que cada nueva generación tiene organismos semejantes a los miembros bien dotados de la generación anterior.” (Russel y Norvig, 1996)

Los algoritmos genéticos son una técnica de la Inteligencia Artificial, que simula el proceso evolutivo de los seres vivos y lo aplica a la búsqueda de soluciones y optimización, en la resolución de problemas. El arte genético es generado por computadora a partir de algoritmos genéticos. Ejemplos de la aplicación de los algoritmos genéticos la podemos encontrar en Genetic Images de Karl Sims, “es una instalación multimedia en la que los visitantes pueden interactuar en el proceso evolutivo de imágenes abstractas. Una supercomputadora genera y muestra imágenes en 16 pantallas situadas en el espacio en forma de arco. Los visitantes se paran sobre sensores frente a las imágenes que les resultan de mayor belleza, y así seleccionan las imágenes que sobrevivirán y se reproducirán en una nueva generación” (Sims,1993). “Genetic Images, Particle Dreams y Panspermia, obras de Karl Sims, junto con The Process Of The Evolution de Will Lantham o Mutations de Yoichiro Kawaguchi” (Macchi, 2002), son obras de arte genético que fueron expuestas en el Centro Georges Pompidou durante la Revue Virtuelle de 1993.

Vasarely Genético

Durante el 2003 desarrollé, en mi trabajo dentro del grupo Proyecto Biopus - www.biopus.com.ar-, un trabajo llamado Vasarely Genético. El objetivo del proyecto fue realizar una obra interactiva de arte genético para la participación colectiva (a través de Internet u otros medios) basada en cuadros de arte-óptico generados por computadora, que imitan la estética de Victor Vasarely. Los usuarios podían recorrer una colección de cuadros, y seleccionar dos, para que se reproduzcan genéticamente. La reproducción daba como resultado un tercer cuadro que heredaba y combinaba las

características de sus progenitores. Dicho procedimiento hacía que la colección evolucione según el gusto de los usuarios. En las siguientes páginas, utilizaré este trabajo para ejemplificar la aplicación de algoritmos genéticos al arte (las técnicas del arte genético).

El proceso evolutivo

¿Puede una obra de arte (o un fenómeno estético cualquiera) evolucionar por sus propios medios de la misma forma que lo hacen los seres vivos? El proceso evolutivo de los seres vivos, nos fascina por su capacidad de auto-construirse, auto-modificarse y encontrar el diseño adecuado para cada medio ambiente, diseño no falto de belleza ni variedad. Intuyo que esa característica es la que nos invita a copiarlo y aplicarlo al arte, para que nuestras obras evolucionen independientes de nosotros, sus autores. Los algoritmos genéticos son las técnicas que nos permiten simular el proceso evolutivo y aplicarlo a sistemas artificiales.

En este trabajo, el sistema en cuestión es una colección de pinturas de arte óptico. Para lograr la simulación, los elementos de nuestro sistema tienen que comportarse, con la lógica del proceso evolutivo, como si fueran actores dispuestos a representar el juego de la evolución. Para que esto suceda, debemos decidir que papel le toca a cada actor. ¿Cuáles son nuestros actores y sus papeles? Los protagonistas de este trabajo son los cuadros (las pinturas), y a ellos les toca el papel de individuos. La colección es la población. ¿Quién sería entonces el medio ambiente, a cargo de la selección natural? o dicho de otra forma ¿según qué criterio debe evolucionar esta población? El público hará de medio ambiente y a través de sus elecciones realizará la selección natural. Repartidos los papeles, nos queda profundizar en dos procesos: el de la reproducción genética (que nos permite heredar las características de los progenitores y combinarlas para potenciarlas) y el proceso de selección natural que permite que sólo sobrevivan los aptos.

La reproducción genética y la herencia

En la reproducción se encuentran dos individuos que combinan su material genético para heredar sus características y combinarlas. ¿Cómo se realiza esto? El material genético de cada individuo está en el cromosoma, organizado en una colección de genes, durante la reproducción se toma al azar, genes de uno u otro progenitor (a esta operación se la denomina crossover) y se construye el nuevo material genético mezclando los cromosomas. Por lo tanto, para poder reproducir los cuadros, debemos preguntarnos ¿cuál es su material genético? y ¿cómo se organiza este material en genes? Estas dos preguntas son el tema central de este trabajo.

El material genético

En el material genético (el genotipo) están escritas las instrucciones para construir el individuo (el fenotipo), por lo tanto, para poder representarlo en los términos de los algoritmos genéticos, en este material genético debería estar escrito el plan de construcción de un cuadro con la estética de Vasarely. ¿Cuáles son las instrucciones para construir un cuadro con esta estética? Para responder esta pregunta fue necesario realizar un análisis de los cuadros. Cabe aquí una aclaración, para la realización de este trabajo se analizaron 8 pinturas (de los primeros períodos del artista), y por tanto la estética de este trabajo se restringe a este pequeño conjunto y no a la basta obra de este artista; sin embargo descubriremos que este pequeño conjunto posee un gran potencial.

El análisis dio el siguiente resultado: Los cuadros están conformados por una grilla de cuadrados, en donde en cada cuadrado existe una figura interna más chica (que puede ser cuadrada o circular), a su vez, esta figura puede poseer (no siempre se da) una interior (también cuadrada o circular), todas concéntricas con la figura a la que pertenecen. A la grilla la llamaremos primer estrato, a las figuras interiores, segundo estrato, y las interiores a estas, tercer estrato. Cada figura posee un color que se continúa en las figuras del mismo estrato, variando paulatinamente, generando un degradé que posee una dirección y un grado de variación. Las figuras de un mismo estrato tienen la misma figura, o cuadrado o círculo. La configuración que hasta aquí hemos descrito es lo que denominamos lienzo inicial, el cual manifiesta continuidad en cada uno de sus estratos. El resultado se hace interesante cuando se combinan todos los estratos con los distintos degradé y figuras. La figura 1 muestra los tres estratos por separados, (A) el primero, (B) el segundo, (C) el tercero, y el cuadro completo (D). En ella se puede observar la dirección de cada degradé y la forma en que se combinan.

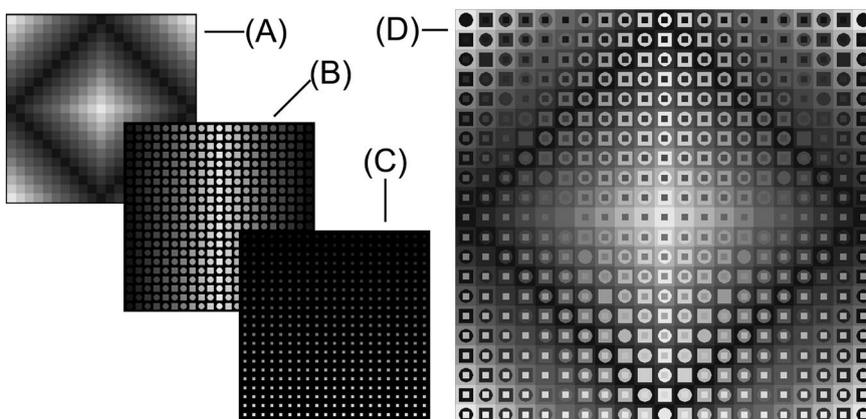
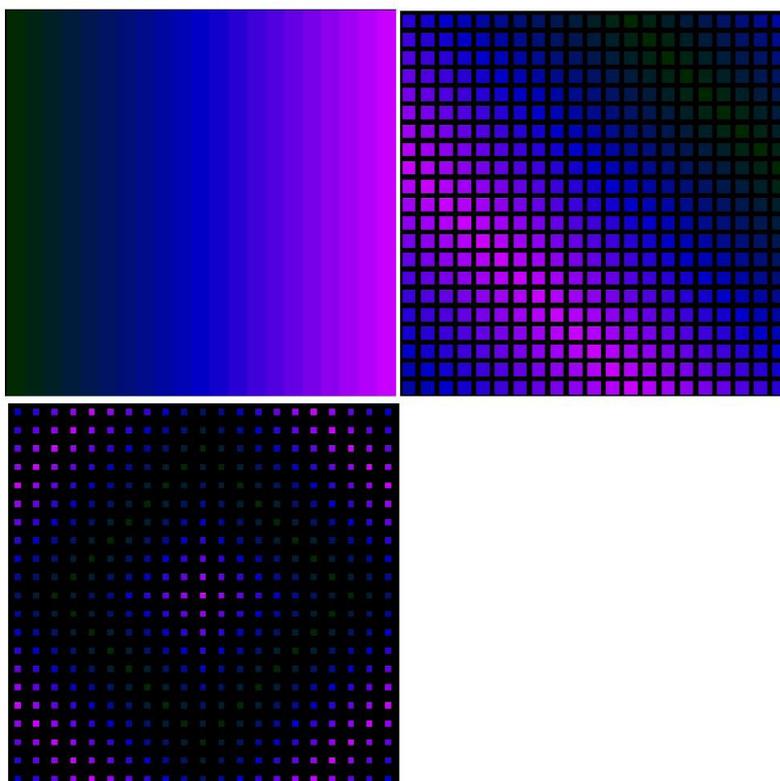
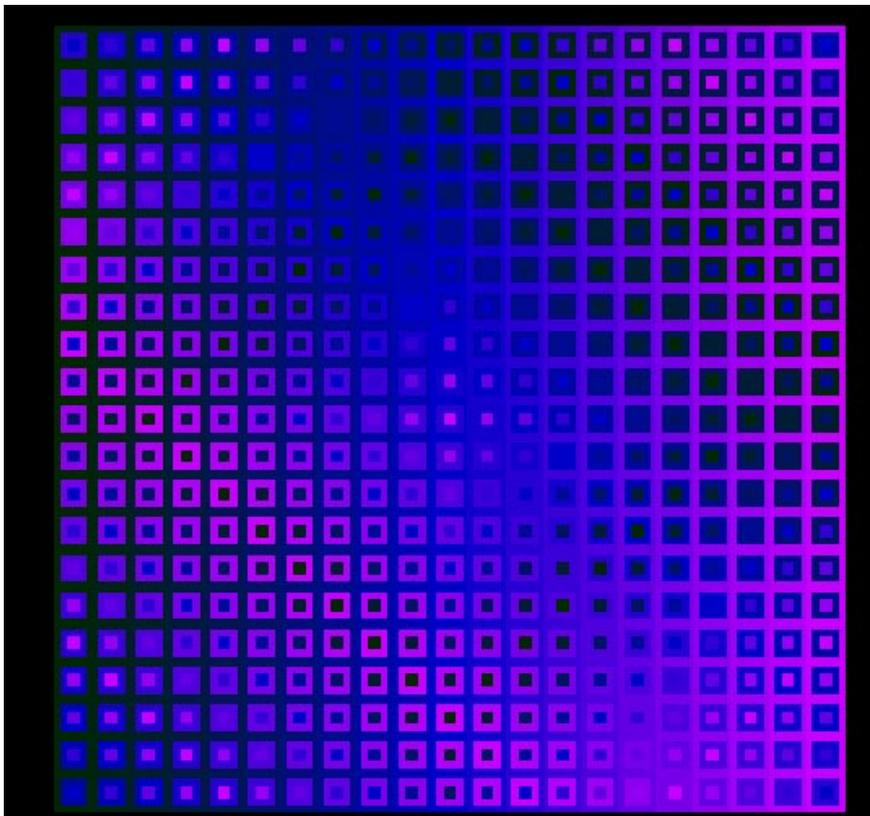


Figura 1

En la figura 1 se observa que en el segundo estrato se alternan (en forma de damero) círculos y cuadrados. Esto es debido a que la configuración establecida en un estrato puede ser variada dentro áreas de cambio. Estas áreas de cambio pueden ser dameros o

formas simétricas (axiales). En la figura 2 se aplicaron dos áreas de cambio al ejemplar de la figura 1, la primera divide el lienzo por la mitad y la segunda es de forma cuadrada. En estas se alteraron el degradé y el tipo de figuras de los estratos.



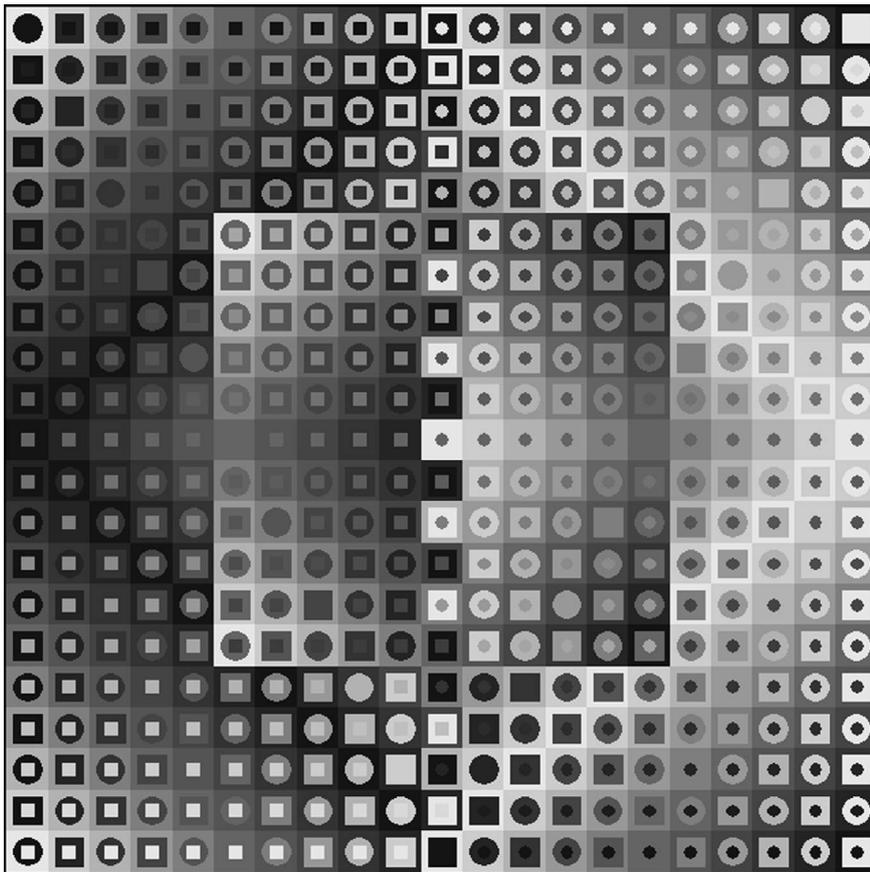


Figura 2

En las siguientes imágenes podemos ver otro ejemplo de un cuadro conformado por estratos, la primer figura es el cuadro completo y debajo se puede ver el despiece en estratos:

Las imágenes también pueden poseer zonas de cambio, en donde se producen alteraciones respecto de los degradé o del tipo de figura que conforman el estrato. Esto puede verse en las siguiente imagen, en las que se pueden visualizar algunas “áreas de cambio”: la primera divide el cuadro por la mitad con un corte vertical y la segunda es un cuadrado en el centro de la imagen.

En el interior de un área de cambio se generan alteraciones que pueden ser de distintos tipos: cambio de color, cambio de dirección o grado del degradé, cambio de figura. Las superposiciones de áreas de cambio enriquecen las posibilidades de variación del lienzo inicial, dado que combinan sus alteraciones. Por lo tanto, el material genético de los cuadros debe tener la información necesaria para definir: 1) un lienzo inicial con sus propiedades: tamaño de la grilla, cantidad de estratos, color, degradé y figura de cada estrato, 2) las áreas de cambio con sus propiedades de tamaño y ubicación, 3) y los cambios a realizar en cada área.

Organización genética

Definido el material genético, abordamos entonces nuestra segunda pregunta: ¿cómo se organiza este material en genes? Esta cues-

ción tiene especial importancia, dado que esta organización incide directamente sobre la capacidad de heredar. Si deseamos que la herencia se manifieste en el fenotipo, es decir que el hijo muestre rasgos similares a sus padres, entonces debemos distinguir cuáles son los rasgos más notables de un cuadro, para así organizar los cromosomas de forma de preservarlos. La organización en genes es una formación de compromiso entre la capacidad de combinar cualidades y la necesidad de mantener inalterados ciertos rasgos: cuánto mayor es la cantidad de genes, mayor será la variedad posible en la reproducción (existen más combinaciones realizables), sin embargo la relación con sus progenitores será cada vez más ambigua, llegando al límite de no distinguirse la herencia de ningún rasgo; por la inversa, si la cantidad de genes es poca y éstos engloban muchos rasgos, entonces la herencia será manifiesta en el fenotipo, pero habrá poco lugar para la innovación.

Buscando una solución intermedia y luego de varias pruebas, definí 5 genes, correspondientes a lo que creo los rasgos más sobresalientes de los cuadros (el orden no tiene relevancia):

- Gen 1: Tamaño de la grilla y áreas de cambio
- Gen 2: Dirección y grado de los degradé
- Gen 3: Alteraciones producidas en las áreas de cambio
- Gen 4: Figuras del lienzo inicial
- Gen 5: Colores

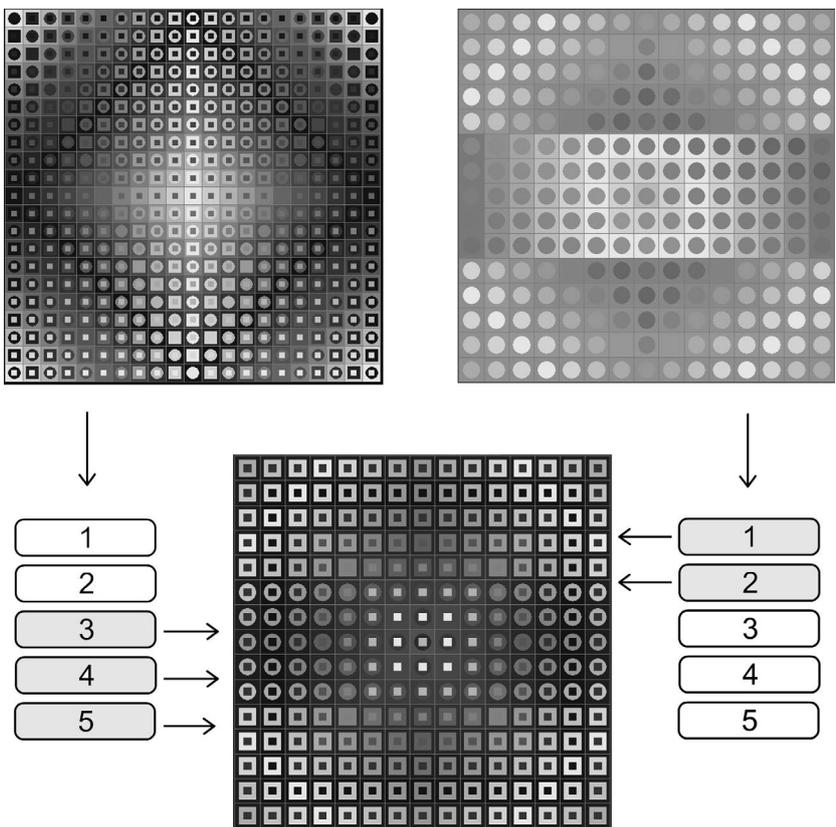


Figura 3

En la figura 3 puede observarse, a los cuadros progenitores (arriba), el cuadro resultante de la reproducción (abajo), el cual tomó los 2 primeros genes del progenitor izquierdo y el resto del de la derecha.

La composición de los genes

¿De qué se componen los genes? Cuando trabajamos con Algoritmos Genéticos los genes de los “sujetos” que cruzamos están compuestos de los valores de las variables que permiten construir al sujeto en cuestión. Es decir, los valores de las variables que caracterizan al sujeto. Pero cuando aplicamos Algoritmos Genéticos a un fenómeno estético, como un cuadro con la estética de Vasarely, es importante que los genes reflejen propiedades perceptibles. Los cinco genes elegidos en nuestro ejemplo, responden a características que pueden ser “vistas”. Para ésto, fue necesario englobar diversas variables en cada uno de los genes. Si se hubiera hecho una asociación de un gen por variable, seguramente la cantidad de genes superaría los treinta, y la cantidad de combinaciones posibles sería altísima, pero dado que no todas las variables representan características que son perceptibles por sí mismas, seguramente en la reproducción se perdería la herencia de las características percibidas de los progenitores. Y es que se puede distinguir entre las características constructivas y las perceptibles, es decir, las variables aisladas definen la forma en que se construye el cuadro, pero para poder definir una característica perceptible, es necesario reunir varias de éstas en un sólo gen. El criterio bajo el cuál se realiza la reunión de variables, es mediante la percepción en sí, es decir, es necesario observar el fenómeno resultante de la

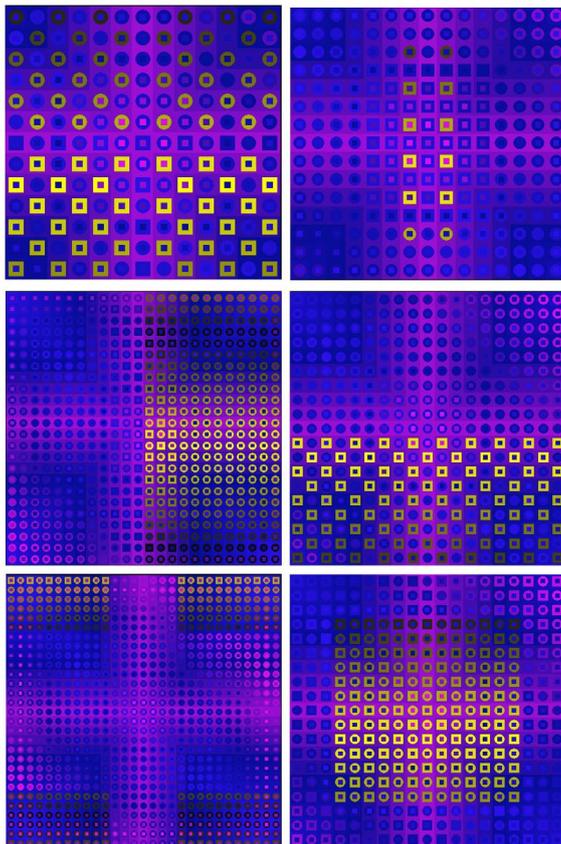


Figura: Variaciones del Gen 1: Tamaño de la grilla y áreas de cambio

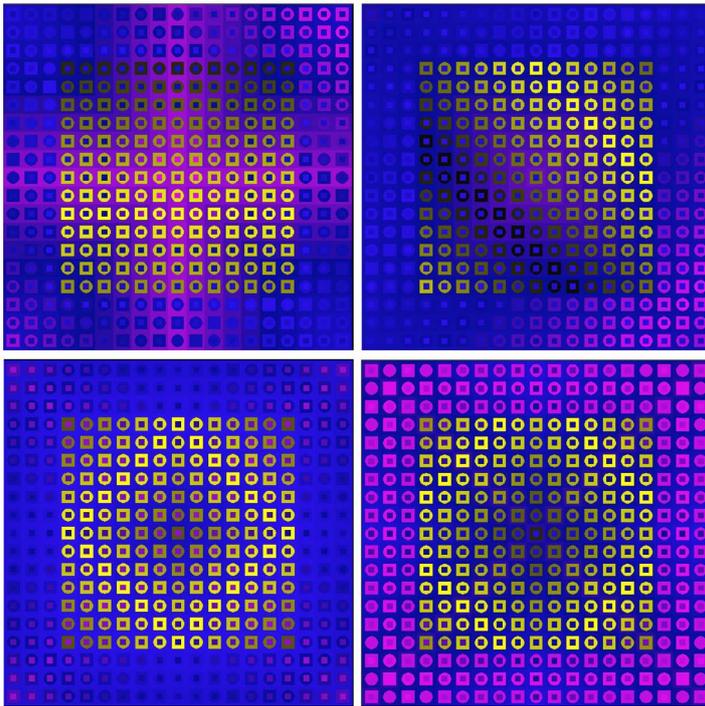


Figura: Variaciones del Gen 2: Dirección y grado de los degradé

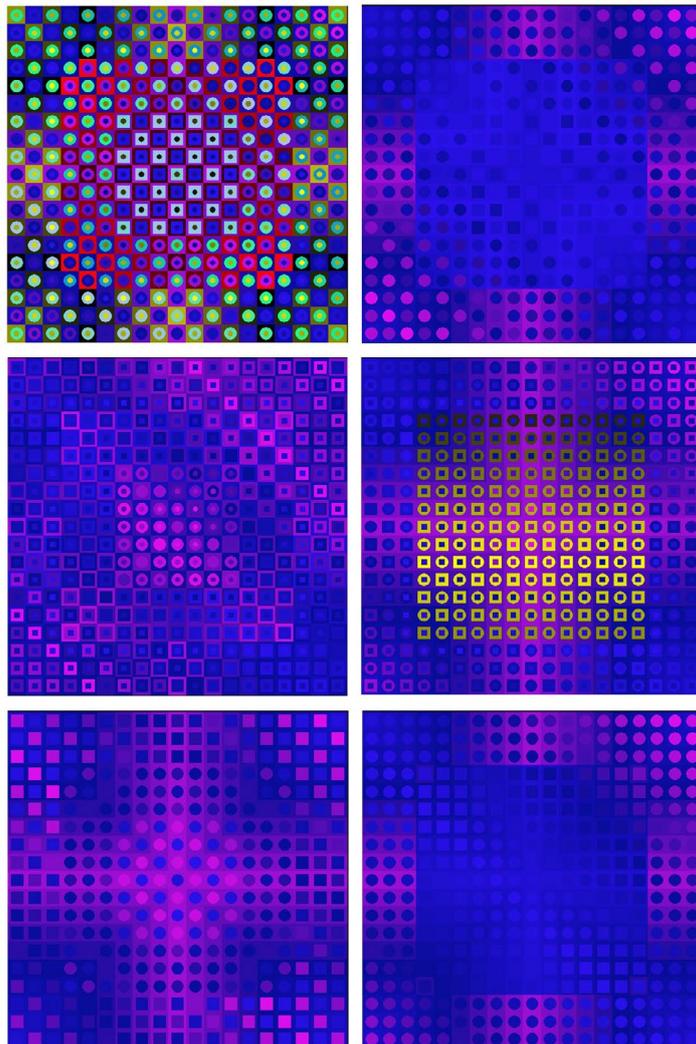


Figura: Variaciones del Gen 3: Alteraciones producidas en las áreas de cambio

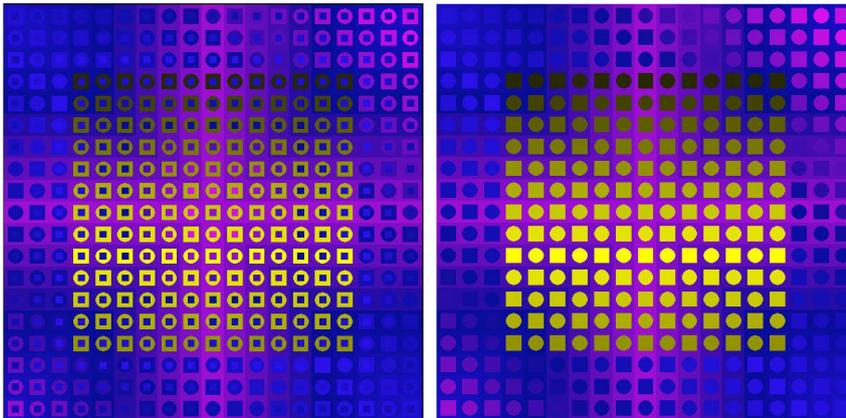


Figura: Variaciones del Gen 4: Figuras del lienzo inicial

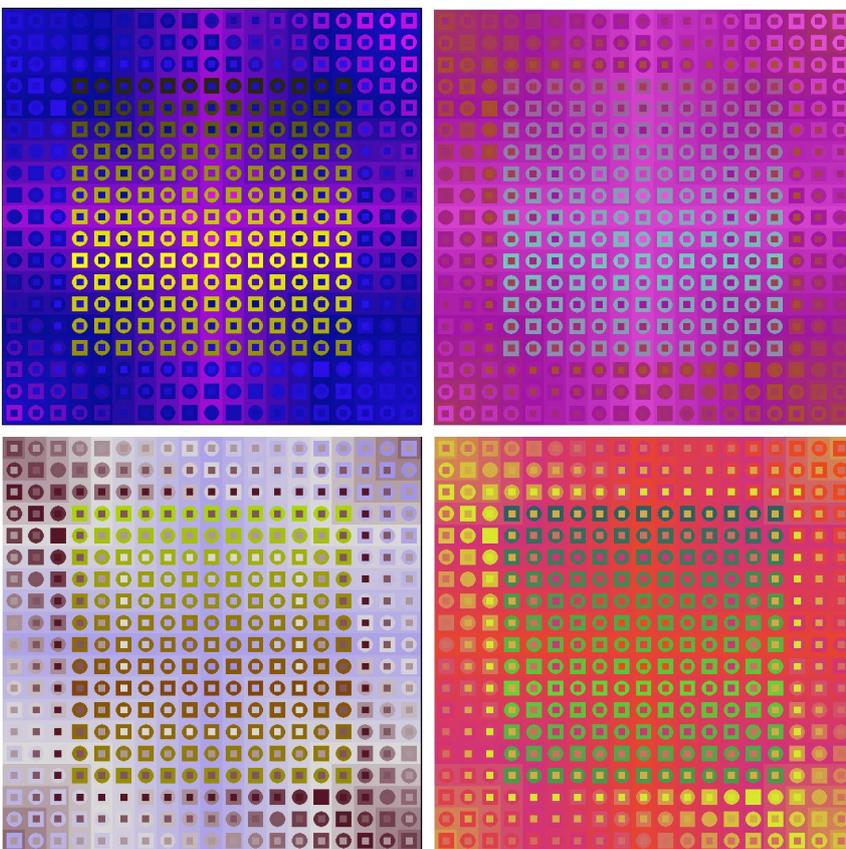
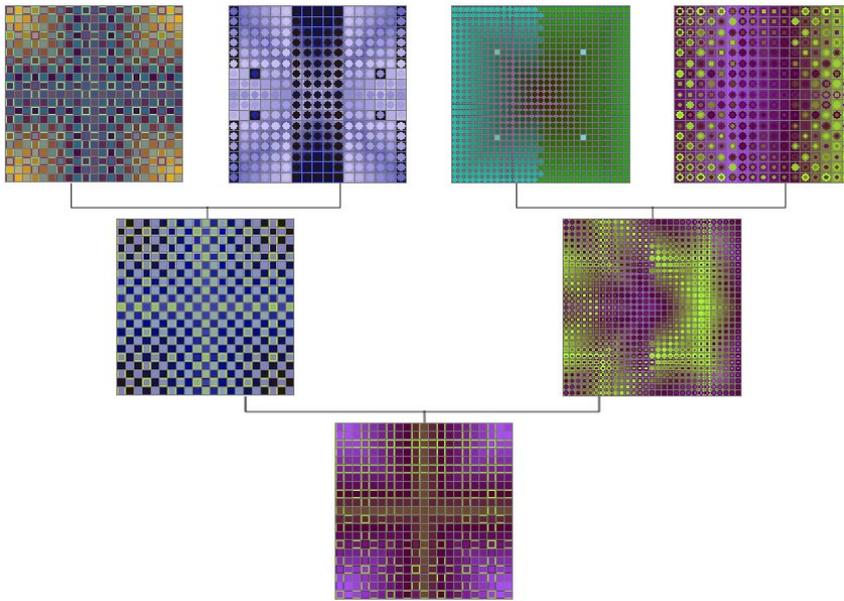


Figura: Variaciones del Gen 5: Colores

construcción y tratar de analizar estas características.

En las siguientes imágenes veremos variaciones sobre cada uno de los genes.

Como se puede ver en la figuras anteriores, cada Gen representa una característica fácilmente perceptible y por ende sus combinaciones en la reproducción por cross-over producirá la herencia de dichos caracteres bajo patrones también perceptibles. En la figura siguiente podemos ver la evidencia de dicha herencia en el árbol genealógico de una cuadro. La primer hilera representa a los “abuelos” del cuadro, la segunda a los hijos de los abuelos (los “padres”) y debajo, finalmente, al cuadro resultante de todos estas



generaciones:

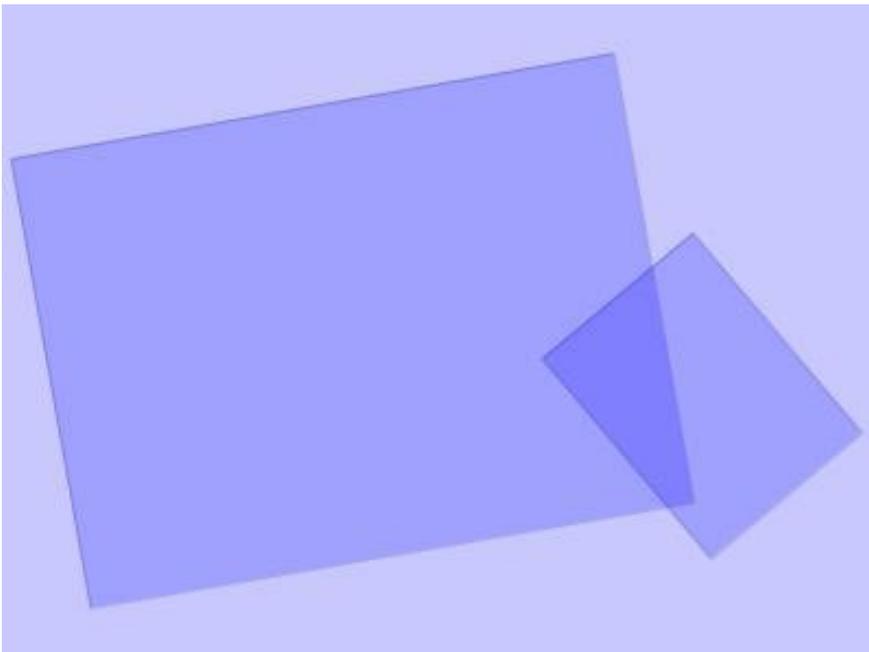
En este caso, el color del nieto viene por los cuadros ubicados más a la derecha, y las figuras por la rama ubicada más a la izquierda.

Implementación del crossover

El ejemplo que tomaremos ahora adopta la generación de una imagen fractal mediante funciones recursivas, el procedimiento y algoritmo para realizar dicha figura han sido tratados en otro capítulo, por lo que no nos extenderemos con ello en el presente. Sólo tomaremos el caso, ya en funcionamiento, y lo adaptaremos para ser utilizado con algoritmos genéticos. El trabajo está desarrollado con el lenguaje Processing (www.processing.org).

En el texto sobre fractales, se vio una función recursiva para crear fractales con rectángulos, esta función toma datos de cuatro arreglos que poseen las propiedades de X, Y, ángulo y factor de amortiguación. En las siguiente imagen pueden verse los rectángulos generados en una sola iteración para los siguientes valores:

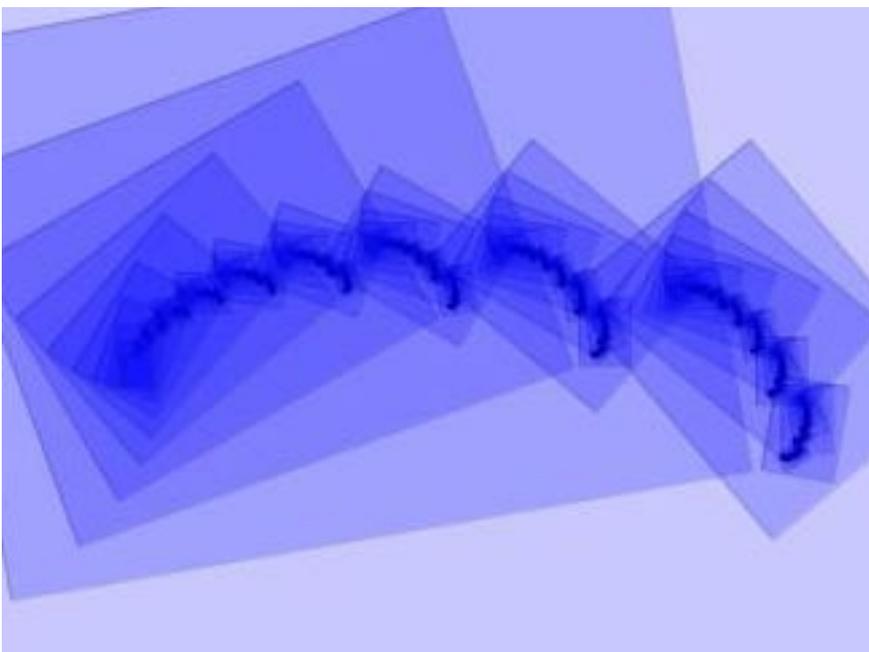
```
float factor[] = { 0.7 , 0.3 };
float x[] = { 0.4 , 0.8 };
float y[] = { 0.5 , 0.6 };
float ang[] = { radians(-10) , radians(50) };
```



Es decir, el primer rectángulo está ubicado en la posición $(0.4, 0.5)$, teniendo en cuenta que el ancho de todo el marco va hasta 1. El ángulo es de -10 grados y el tamaño respecto del marco es 0.7 . El segundo cuadrado tiene coordenadas $(0.8, 0.6)$, ángulo de 50 grados y tamaño de 0.3 .

En la siguiente imagen se ve el fractal que se produce cuando se hacen varias iteraciones recursivas.

Ahora veremos una adaptación, en la que la función recursiva es



ejecutada dentro de una clase llamada Fractal. En el Anexo 1 se encuentra una transcripción completa de la clase. Para nuestros fines en el presente texto, repasaremos el constructor de la clase, que es donde se inicializan las propiedades principales de la clase. A continuación podemos ver el título del constructor con los parámetros:

```
Fractal( int ancho_, int alto_, int cantidad_, int nivel,
float factor_ [], float x_ [], float y_ [], float ang_ [],
float iniTinte_, float iniSatura_, float iniBrillo_,
float incTinte_, float incSatura_, float incBrillo_,
float transparencia_,
float CiniTinte_, float CiniSatura_, float CiniBrillo_,
float CincTinte_, float CincSatura_, float CincBrillo_,
float Ctransparencia_
) {
```

Detalle de los parámetros:

int ancho_ = ancho del marco

int alto_ = alto del marco

int cantidad_ = cantidad de rectángulos

int nivel = niveles de iteraciones recursivas

float factor_ [] = tamaños de los rectángulos respecto de su marco (factor de multiplicación)

float x_ [] = posiciones en X de los rectángulos

float y_ [] = posiciones en Y de los rectángulos

float ang_ [] = ángulos de rotación de los rectángulos

float iniTinte_ = tinte inicial del color de relleno

float iniSatura_ = saturación inicial del color de relleno

float iniBrillo_ = brillo inicial del color de relleno

float incTinte_ = incremento en cada iteración del tinte del color de relleno

float incSatura_ = incremento en cada iteración de la saturación del color de relleno

float incBrillo_ = incremento en cada iteración del brillo del color de relleno

float transparencia_ = transparencia del color de relleno

float CiniTinte_ = tinte inicial del color de contorno

float CiniSatura_ = saturación inicial del color de contorno

float CiniBrillo_ = brillo inicial del color de contorno

float CincTinte_ = incremento en cada iteración del tinte del color de contorno

float CincSatura_ = incremento en cada iteración de la saturación del color de contorno

float CincBrillo_ = incremento en cada iteración del brillo del color de contorno

float Ctransparencia_ = transparencia del color de contorno

Además de los parámetros que describimos al principio, en la clase existen parámetros destinados a definir el color de relleno y de contorno. Estos colores están definidos con una paleta HSB (Hue Saturation Brightness, Tinte/Saturación/Brillo) que resulta más intuitiva y rica para controlar. Por cada uno de los dos colores (relleno y contorno) se define los valores iniciales de Tinte, Saturación y Brillo y luego se define cuánto se incrementa en cada iteración.

A la hora de poder trabajar con estos objetos usando algoritmos genéticos, debemos acceder a aquellas variables que definen las propiedades de estos fractales. Queda claro que esas variables son los parámetros que acabamos de detallar, pero para poder disponer de ella en una forma genética haremos algunos cambios.

Lo más útil es poder disponer de la información genética sin tener que arrastrar a la clase completa para ello. Por eso, lo mejor es poner todos los parámetros en un único arreglo, para que este cumpla la función de una cadena de ADN. De esta forma, la clase Fractal se comporta como el “fenotipo” y el arreglo con los parámetros, como el “genotipo”. Así el fenotipo se construye a partir de la información recibida con el genotipo. La forma en que se realiza esto es haciendo un nuevo constructor que recibe como parámetro al arreglo que contiene a todos los parámetros:

```
Fractal( int ancho_ , int alto_ , float adn[] ) {  
  
    float factor_ [] = new float[3];  
    float x_ [] = new float[3];  
    float y_ [] = new float[3];  
    float ang_ [] = new float[3];  
  
    arrayCopy( adn, 2, factor_ , 0, 3 );  
    arrayCopy( adn, 5, x_ , 0, 3 );  
    arrayCopy( adn, 8, y_ , 0, 3 );  
    arrayCopy( adn, 11, ang_ , 0, 3 );  
  
    inicio( ancho_ , alto_ , int( adn[0] ), //cantidad  
int( adn[1] ), //nivel  
    factor_ , x_ , y_ , ang_ ,  
    adn[14], //iniTinte  
    adn[15], //iniSatura  
    adn[16], //iniBrillo_ ,
```

```

    adn[17], //incTinte _ ,
    adn[18], //incSatura _ ,

    adn[19], // incBrillo _ ,
    adn[20], //transparencia _ ,
    adn[21], //CiniTinte _ ,
    adn[22], //CiniSatura _ ,
    adn[23], //CiniBrillo _ ,
    adn[24], //CincTinte _ ,
    adn[25], //CincSatura _ ,
    adn[26], // CincBrillo _ ,
    adn[27] //Ctransparencia _
);
}

```

En este caso, el constructor recibe el arreglo (que aquí se llama `adn[]`) y utiliza cada una de sus celdas de memoria para asignar valor a los parámetros de una función `inicio()`, que cumple las veces del constructor original y recibe los mismos parámetros. Lo importante aquí es lograr que todos los parámetros estén en una única estructura de datos, un arreglo, para poder hacer el crossover (es decir: el entre-cruzamiento de las porciones de ADN de los progenitores para la construcción de la cadena del hijo). De esta forma se puede manipular la estructura genética sin necesidad de lidiar con los objetos, y sólo usar la clase y los objetos cuando hace falta producir los fractales. Por ejemplo, a continuación se puede ver como se inicializan los parámetros del objeto del tipo `Fractal` mediante la asignación de valores a un arreglo llamado “`adn`”. De esta forma el arreglo es literalmente una “cadena” de información, tal como lo es el ADN:

```

Fractal objetoFractal;
float adn[] = {
    2 , 5 , // cantidad , nivel
    0.7 , 0.1 , 0.4 , //factores de tamaño
    0.2 , 0.75 , 0.8 , //posiciones en x
    0.5 , 0.5 , 0.5 , //posiciones en y
    radians(-10) , radians(0) , radians(15) , //angulos
    60,255,255, //HSB inicial relleno
    10,0,0 , //HSB incremento relleno
    180, // transparencia
    0,0,0, //HSB inicial contorno
    30,2,10, //HSB incremento contorno
    255 //transparencia contorno
};
objetoFractal = new Fractal( 300 , 200 , adn );

```

Una vez logrado este pasaje de los parámetros a una cadena independiente del objeto, podemos hacer la operación de crossover simplemente operando en las cadenas, es decir en los arreglos que tienen el ADN. A continuación se puede ver la función de crossover, la cual recibe como parámetros las cadenas de ADN del padre y de la madre, representados por las clases `p[]` y `m[]`, respectiva-

mente. Esta función recibe dos arreglos y, por supuesto, devuelve un arreglo con la combinación de sus genes. Es decir que construyen un genotipo combinando dos que recibe:

```
float[] crossOver( float p[] , float m[] ){
    float nuevoAdn[] = new float[28];

    if( random(100)<50 ){ //GEN 1: cantidad y niveles
        nuevoAdn[0] = p[0];
        nuevoAdn[1] = p[1];
    }
    else{
        nuevoAdn[0] = m[0];
        nuevoAdn[1] = m[1];
    }

    if( random(100)<50 ){ //GEN 2: factor,x,y,ang del rectangulo 1
        nuevoAdn[2] = p[2];
        nuevoAdn[5] = p[5];
        nuevoAdn[8] = p[8];
        nuevoAdn[11] = p[11];
    }
    else{
        nuevoAdn[2] = m[2];
        nuevoAdn[5] = m[5];
        nuevoAdn[8] = m[8];
        nuevoAdn[11] = m[11];
    }

    if( random(100)<50 ){ //GEN 3: factor,x,y,ang del rectangulo 2
        nuevoAdn[3] = p[3];
        nuevoAdn[6] = p[6];
        nuevoAdn[9] = p[9];
        nuevoAdn[12] = p[12];
    }
    else{
        nuevoAdn[3] = m[3];
        nuevoAdn[6] = m[6];
        nuevoAdn[9] = m[9];
        nuevoAdn[12] = m[12];
    }

    if( random(100)<50 ){ //GEN 4: factor,x,y,ang del rectangulo 3
        nuevoAdn[4] = p[4];
        nuevoAdn[7] = p[7];

        nuevoAdn[10] = p[10];
        nuevoAdn[13] = p[13];
    }
    else{
        nuevoAdn[4] = m[4];

        nuevoAdn[7] = m[7];
        nuevoAdn[10] = m[10];

        nuevoAdn[13] = m[13];
    }
}
```

```
}

if( random(100)<50 ){ //GEN 5: colores de relleno

    nuevoAdn[14] = p[14];
    nuevoAdn[15] = p[15];
    nuevoAdn[16] = p[16];
    nuevoAdn[17] = p[17];
    nuevoAdn[18] = p[18];
    nuevoAdn[19] = p[19];
}
else{
    nuevoAdn[14] = m[14];
    nuevoAdn[15] = m[15];
    nuevoAdn[16] = m[16];
    nuevoAdn[17] = m[17];
    nuevoAdn[18] = m[18];
    nuevoAdn[19] = m[19];
}

if( random(100)<50 ){ //GEN 6: transparencia de relleno
    nuevoAdn[20] = p[20];
}
else{
    nuevoAdn[20] = m[20];
}

if( random(100)<50 ){ //GEN 7: colores del contorno
    nuevoAdn[21] = p[21];
    nuevoAdn[22] = p[22];
    nuevoAdn[23] = p[23];
    nuevoAdn[24] = p[24];
    nuevoAdn[25] = p[25];
    nuevoAdn[26] = p[26];
}
else{
    nuevoAdn[21] = m[21];
    nuevoAdn[22] = m[22];
    nuevoAdn[23] = m[23];
    nuevoAdn[24] = m[24];
    nuevoAdn[25] = m[25];
    nuevoAdn[26] = m[26];
}

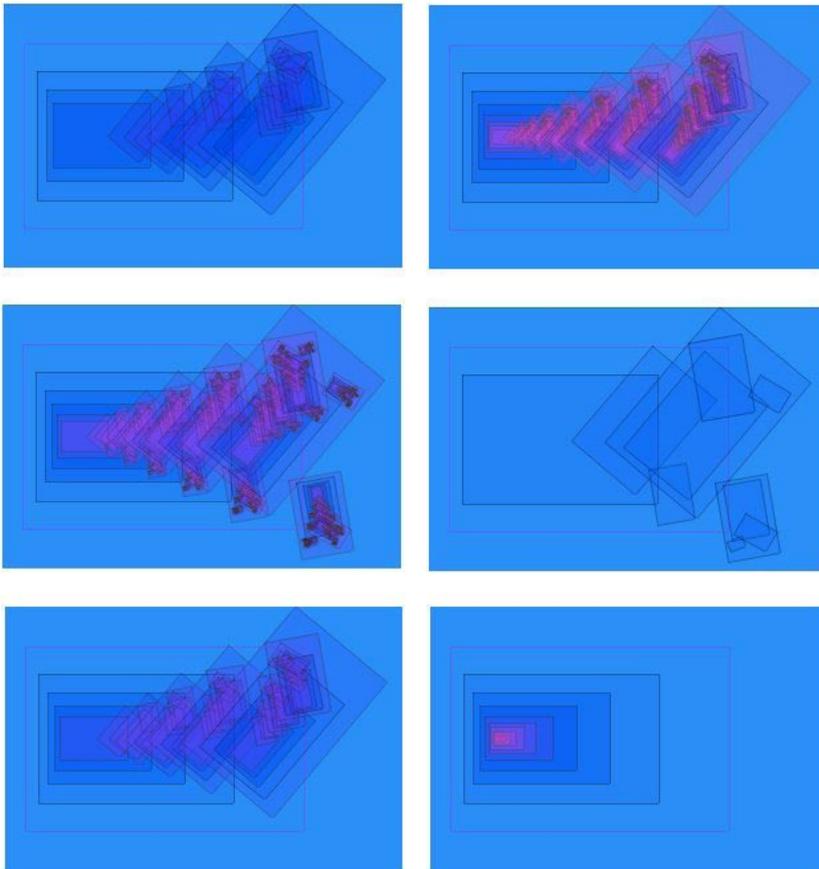
if( random(100)<50 ){ //GEN 8: transparencia de relleno
    nuevoAdn[27] = p[27];
}
else{
    nuevoAdn[27] = m[27];
}

return nuevoAdn;
```

```

}
```

En esta función podemos observar como se agrupan los diferentes parámetros en cada uno de los genes. Por ejemplo: en el Gen 1 se agruparon las celdas 0 y 1 del arreglo, las cuales corresponden a la cantidad de rectángulos y a los niveles (cantidad de iteraciones). En las siguientes imágenes se pueden ver variaciones sobre el Gen 1.



La forma en que se realiza la agrupación de los parámetros en el Gen 1 es asignándolos juntos en la selección al azar entre los genes del padre y de la madre:

```

if( random(100)<50 ){ //GEN 1: cantidad y niveles
    nuevoAdn[0] = p[0];
    nuevoAdn[1] = p[1];
}
else{
    nuevoAdn[0] = m[0];
    nuevoAdn[1] = m[1];
}
}
```

La selección se hace con un 50% de probabilidades para cada una de las posibilidades, gracias al procedimiento de obtener un número Random entre 0 y 100, para luego separar aquellos que son

menores que 50 de aquellos que no lo son.

Como puede verse en la función, los genes agrupan los siguientes parámetros:

```
GEN 1: cantidad rectángulos y niveles de iteración
      parámetros 0 y 1
GEN 2: tamaño, x, y, ángulo del rectángulo 1
      parámetros 2, 5, 8 y 11
GEN 3: tamaño, x, y, ángulo del rectángulo 2
      parámetros 3, 6, 9 y 12
GEN 4: tamaño, x, y, ángulo del rectángulo 3
      parámetros 4, 7, 10 y 13
GEN 5: colores de relleno
      parámetros 14, 15, 16, 17, 18 y 19
GEN 6: transparencia de relleno
      parámetro 20
GEN 7: colores del contorno
      parámetros 21, 22, 23, 24, 25 y 26
GEN 8: transparencia de relleno
      parámetro 27
```

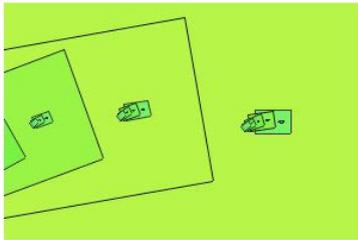
Una vez que la función de crossover está resuelta de esta forma, se puede hacer la siguiente operación:

```
Fractal padre,madre,hijo;
float adnPadre[] = {
    2 , 5 , // cantidad , nivel
    0.7 , 0.1 , 0.4 , //factores de tamaño
    0.2 , 0.75 , 0.8 , //posiciones en x
    0.5 , 0.5 , 0.5 , //posiciones en y
    radians(-10) , radians(0) , radians(15) , //angulos
    60,255,255, //HSB inicial relleno
    10,0,0 , //HSB incremento relleno
    180, // transparencia
    0,0,0, //HSB inicial contorno
    30,2,10, //HSB incremento contorno
    255 //transparencia contorno
};
float adnMadre[] = {
    2 , 6 , // cantidad , nivel
    0.6 , 0.8 , 0.75 , //factores de tamaño
    0.3 , 0.7 , 0.8 , //posiciones en x
    0.6 , 0.4 , 0.5 , //posiciones en y
    radians(5) , radians(-6) , radians(10) , //angulos
    170,155,255, //HSB inicial relleno
    10,10,0 , //HSB incremento relleno
    100, // transparencia
    0,0,255, //HSB inicial contorno
    30,2,-10, //HSB incremento contorno
    100 //transparencia contorno
};
padre = new Fractal( 300 , 200 , adnPadre );
madre = new Fractal( 300 , 200 , adnMadre );
```

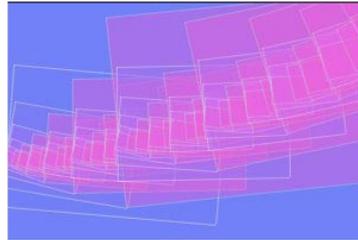
```
float adnHijo[] = crossOver( adnPadre , adnMadre );
hijo = new Fractal( 300 , 200 , adnHijo );
```

El código escrito arriba es una simplificación en el que se omitieron pasos que no están directamente relacionados con la problemática. En el Anexo 2 está la versión completa del programa. Independiente de esto, en la anteúltima línea se puede ver como se carga el arreglo `adnHijo[]` con los datos resultantes de la combinación del ADN del

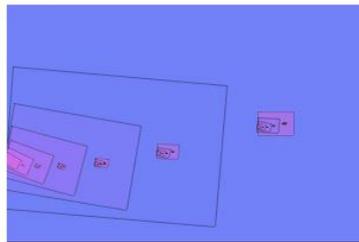
padre



madre



hijo



padre y la madre, mediante la función de crossover. En la figura de abajo puede observarse como se produce la herencia de caracteres de dos fractales a través de la función de crossover.

Conclusión

Los algoritmos genéticos son una técnica muy potente que permite simular ciertos aspectos de la reproducción de los seres vivos y aplicarla a diferentes problemáticas, como es el caso del arte, nuestro objeto de discusión en el presente texto. A la hora de aplicar esta técnica a la producción estética, es importante tener en cuenta que el principal interés en su uso radica en la herencia de caracteres y que por tanto, dicha herencia debe ser notable (perceptible) ya que sino la técnica sólo funcionará como una configuración al azar. Si la aplicación de los algoritmos genéticos se da sobre procesos generativos, como han sido los ejemplos expuestos, entonces es necesario extraer cuales son los parámetros que definen la configuración final del fenómeno y luego agrupar estos parámetros de forma tal que representen características perceptibles del fenómeno.

Una estrategia que suele facilitar el procedimiento es hacer que

todos los parámetros sean de un mismo tipo de dato, como en el último ejemplo en donde todos los parámetros son de tipo numérico. Ésto permite concatenarlos en un arreglo y procesarlos como “cadenas de información” sin prestar atención a su contenido. De hecho, en una cadena de ADN, toda la información se reduce a cadenas conformadas por cuatros letras químicas A,C,G y T. Cuando la aplicación de tipos numéricos para todos los parámetros se hace inviable, he tomado como solución transformar todos los datos a cadenas de caracteres (String), para su tratamiento en forma homogénea, luego, el objeto en cuestión se encarga de transformar los tipos de datos.

Espero que el presente texto haya servido para echar luz sobre los procedimientos para aplicar algoritmos genéticos al arte. Existen infinidad de detalles de la técnica pendientes de ser tratados con mayor profundidad, lo que excede a este texto introductorio y que espero tratar en futuros trabajos.

Emiliano Causa

Septiembre 2011

Bibliografía

- Macchi, Carlos.:2000, Lo vivo en el arte genético, Ars e verse, <http://www.arseverse.com/>
- Russel Stuart y Norvig Peter.: 1996, Inteligencia Artificial: un enfoque moderno, Prentice Hall, México, pp. 653-654.
- Sims, Karl.:1993, Genetic Images, Karl Sims home page, <http://www.genarts.com/karl/>

Anexo 1 - clase Fractal

```
class Fractal {
    PGraphics imagen;

    int anchoLienzo, altoLienzo;
    int cantidad;
    float factor[];
    float x[];
    float y[];
    float ang[];

    float iniTinte;
    float iniSatura;
    float iniBrillo;
    float incTinte;
    float incSatura;
    float incBrillo;
    float transparencia;

    float CiniTinte;
    float CiniSatura;
    float CiniBrillo;
    float CincTinte;
    float CincSatura;
    float CincBrillo;
    float Ctransparencia;

    Fractal( int ancho _ , int alto _ , float adn[] ) {

        float factor _ [] = new float[3];
        float x _ [] = new float[3];
        float y _ [] = new float[3];
        float ang _ [] = new float[3];

        arrayCopy( adn, 2, factor _ , 0, 3 );
        arrayCopy( adn, 5, x _ , 0, 3 );
        arrayCopy( adn, 8, y _ , 0, 3 );
        arrayCopy( adn, 11, ang _ , 0, 3 );

        inicio( ancho _ , alto _ , int( adn[0] ), //cantidad
            int( adn[1] ), //nivel
            factor _ , x _ , y _ , ang _ ,
            adn[14], //iniTinte
            adn[15], //iniSatura
            adn[16], //iniBrillo _ ,
            adn[17], //incTinte _ ,
            adn[18], //incSatura _ ,
            adn[19], // incBrillo _ ,
            adn[20], //transparencia _ ,
```

```

    adn[21], //CiniTinte _ ,
    adn[22], //CiniSatura _ ,
    adn[23], //CiniBrillo _ ,
    adn[24], //CincTinte _ ,
    adn[25], //CincSatura _ ,
    adn[26], // CincBrillo _ ,
    adn[27] //Ctransparencia _
);
}

Fractal( int ancho _ , int alto _ , int cantidad _ , int nivel,
float factor _ [], float x _ [], float y _ [], float ang _ [],
float iniTinte _ , float iniSatura _ , float iniBrillo _ ,
float incTinte _ , float incSatura _ , float incBrillo _ ,

float transparencia _ ,
float CiniTinte _ , float CiniSatura _ , float CiniBrillo _ ,
float CincTinte _ , float CincSatura _ , float CincBrillo _ ,
float Ctransparencia _
) {

    inicio( ancho _ , alto _ , cantidad _ , nivel,
    factor _ , x _ , y _ , ang _ ,
    iniTinte _ , iniSatura _ , iniBrillo _ ,
    incTinte _ , incSatura _ , incBrillo _ ,
    transparencia _ ,
    CiniTinte _ , CiniSatura _ , CiniBrillo _ ,
    CincTinte _ , CincSatura _ , CincBrillo _ ,
    Ctransparencia _
    );
}

void inicio( int ancho _ , int alto _ , int cantidad _ , int nivel,
float factor _ [], float x _ [], float y _ [], float ang _ [],
float iniTinte _ , float iniSatura _ , float iniBrillo _ ,
float incTinte _ , float incSatura _ , float incBrillo _ ,
float transparencia _ ,
float CiniTinte _ , float CiniSatura _ , float CiniBrillo _ ,
float CincTinte _ , float CincSatura _ , float CincBrillo _ ,
float Ctransparencia _
) {

    anchoLienzo = ancho _ ;
    altoLienzo = alto _ ;

    cantidad = cantidad _ ;

    factor = factor _ ;
    x = x _ ;
    y = y _ ;
    ang = ang _ ;

    iniTinte = iniTinte _ ;
    iniSatura = iniSatura _ ;
    iniBrillo = iniBrillo _ ;

```

```

    incTinte = incTinte _ ;
    incSatura = incSatura _ ;

incBrillo = incBrillo _ ;

    transparencia = transparencia _ ;

    CiniTinte = CiniTinte _ ;
    CiniSatura = CiniSatura _ ;
    CiniBrillo = CiniBrillo _ ;

    CincTinte = CincTinte _ ;
    CincSatura = CincSatura _ ;
    CincBrillo = CincBrillo _ ;

    Ctransparencia = Ctransparencia _ ;

    imagen = createGraphics( anchoLienzo, altoLienzo, P2D );

    imagen.beginDraw();
    imagen.smooth();
    imagen.colorMode(HSB);
    imagen.background( iniTinte, iniSatura, iniBrillo );

    ejecutar( nivel,
    anchoLienzo,
    altoLienzo,
    iniTinte,
    iniSatura,
    iniBrillo,
    CiniTinte,
    CiniSatura,
    CiniBrillo
    );

    imagen.endDraw();
}

void ejecutar( int nivel,
float ancho,
float alto,
float tinte,
float satura,
float brillo,
float Ctinte,
float Csatura,
float Cbrillo
) {

if ( nivel>0 ) {
    imagen.rectMode( CENTER );
    imagen.fill( tinte, satura, brillo, transparencia );
};    imagen.stroke( Ctinte, Csatura, Cbrillo, Ctransparencia

```

```
float proxTinte = ( tinte+incTinte ) % 256;
float proxSatura = ( satura+incSatura ) % 256;
float proxBrillo = ( brillo+incBrillo ) % 256;

float CproxTinte = ( Ctinte+CincTinte ) % 256;
float CproxSatura = ( Csatura+CincSatura ) % 256;
float CproxBrillo = ( Cbrillo+CincBrillo ) % 256;

for ( int i=0 ; i<cantidad ; i++ ) {
    imagen.pushMatrix();
    imagen.translate( ancho*x[i], alto*y[i] );
    imagen.rotate( ang[i] );
    imagen.rect( 0, 0, ancho*factor[i], alto*factor[i] );
}; imagen.translate( ancho*factor[i]*-0.5, alto*factor[i]*-0.5

    pushStyle();
    ejecutar( nivel-1, ancho*factor[i], alto*factor[i],
    proxTinte, proxSatura, proxBrillo,
    CproxTinte, CproxSatura, CproxBrillo
    );
    popStyle();

    imagen.popMatrix();
}
}
}

void dibujar( float x, float y ) {
    image( imagen, x, y );
}

void string() {
    println("cantidad="+cantidad);
    println( "-factor-----" );
    println( factor );
    println( "-x-----" );
    println( x );
    println( "-y-----" );
    println( y );
    println( "-ang-----" );
    println( ang );
    println( "iniTinte="+iniTinte);
    println( "iniSatura="+iniSatura);
    println( "iniBrillo="+iniBrillo);
    println( "incTinte="+incTinte);
    println( "incSatura="+incSatura);
    println( "incBrillo="+incBrillo);
    println( "transparencia="+transparencia);
    println( "CiniTinte="+CiniTinte);
    println( "CiniSatura="+CiniSatura);
    println( "CiniBrillo="+CiniBrillo);
    println( "CincTinte="+CincTinte);
    println( "CincSatura="+CincSatura);
    println( "CincBrillo="+CincBrillo);
    println( "Ctransparencia="+Ctransparencia);
```

```
}  
}
```

Anexo 2 - Cuerpo principal de la aplicación de cruce genético

```
Fractal padre,madre,hijo;  
PFont fuente;  
/*  
    adnPadre, adnMadre y adnHijo son arreglos de tipo flotante  
que tienen cifrado  
    los genes de cada una de las imágenes, poseen 28 celdas cada uno.  
*/  
float adnPadre[] = {  
    2 , 5 , // cantidad , nivel  
    0.7 , 0.1 , 0.4 , //factores de tamaño  
    0.2 , 0.75 , 0.8 , //posiciones en x  
    0.5 , 0.5 , 0.5 , //posiciones en y  
    radians(-10) , radians(0) , radians(15) , //angulos  
    60,255,255, //HSB inicial relleno  
    10,0,0 , //HSB incremento relleno  
    180, // transparencia  
    0,0,0, //HSB inicial contorno  
    30,2,10, //HSB incremento contorno  
    255 //transparencia contorno  
};  
  
float adnMadre[] = {  
    2 , 6 , // cantidad , nivel  
    0.6 , 0.8 , 0.75 , //factores de tamaño  
    0.3 , 0.7 , 0.8 , //posiciones en x  
    0.6 , 0.4 , 0.5 , //posiciones en y  
    radians(5) , radians(-6) , radians(10) , //angulos  
    170,155,255, //HSB inicial relleno  
    10,10,0 , //HSB incremento relleno  
    100, // transparencia  
    0,0,255, //HSB inicial contorno  
    30,2,-10, //HSB incremento contorno  
    100 //transparencia contorno  
};  
void setup(){  
    size(800,600);  
    fuente = loadFont("arial.vlw");  
    textFont( fuente , 24 );  
    //aquí se les pasa a cada uno de los fractales sendas cadenas de adn  
    padre = new Fractal( 300 , 200 , adnPadre );  
    madre = new Fractal( 300 , 200 , adnMadre );  
  
    // la función crossOver() se encarga de hacer  
    // una nueva cadena de ADN, combinando  
    // los ADN del padre y la madre  
    float adnHijo[] = crossOver( adnPadre , adnMadre );  
    hijo = new Fractal( 300 , 200 , adnHijo );
```

```
}  
void draw(){  
  background(0);  
  padre.dibujar( 50 , 50 );  
  madre.dibujar( 450 , 50 );  
  hijo.dibujar( 250 , 350 );  
  
  fill(255);  
  text("padre",50,40);  
  text("madre",450,40);  
  text("hijo",250,340);  
  text("Click con el mouse para obtener nuevos hijos",50,580);  
}  
void mousePressed(){  
  float adnHijo[] = crossover( adnPadre , adnMadre );  
  hijo = new Fractal( 300 , 200 , adnHijo );  
}
```

Algoritmos Genéticos aplicados a la generación y producción de formas escultóricas

Autor: Emiliano Causa

emiliano.causa@gmail.com

Este trabajo se hizo en el marco de los proyectos de investigación “Nuevos territorios de la Generatividad en las Artes Electrónicas: su convergencia con la Robótica, la Realidad Aumentada y el Net.Art” (Dirigido por Emiliano Causa – Fac. Bellas Artes UNLP) y “El Arte Generativo en las Artes Multimediales.” (Dirigido por Carmelo Saitta y Codirigido por Emiliano Causa – Área de Artes Multimediales IUNA).

Resumen

El presente trabajo aborda la creación de formas físicas tridimensionales a partir de la aplicación de Algoritmos Genéticos. La idea consiste en crear volúmenes mediante el montaje de planos seriados, dichos planos serían cortados mediante una fresa de CNC, una máquina de corte por control numérico. El artículo muestra el proceso completo de formalización matemática y su traducción formal en un volumen que puede ser montado con planos seriados. Esta experiencia forma parte de la colaboración entre dos grupos de investigación que permitió construir una fresa de CNC para poner a prueba técnicas de fabricación digital.

algoritmos genéticos

planos seriados

escultura

tridimensionalidad

CNC

fabricación digital

Introducción

El presente texto es continuación de “Los Algoritmos Genéticos y su Aplicación al Arte Generativo”, escrito por este autor. Dicho texto trata conceptos y antecedentes de este tipo de técnicas y por ende se recomienda su lectura antes de abordar el presente, ya que no se tratarán dichos conceptos y se darán por conocidos por el lector.

La aplicación fue desarrollada en el lenguaje de programación Processing (desarrollado por la UCLA y la NYU). Debido a que la extensión necesaria para explicar todas las decisiones y algoritmos implicados en el proceso excederían ampliamente el alcance de este texto, nos centraremos en las cuestiones más importantes y dejaremos para un anexo aquellas cuestiones periféricas.

Una escultura generativa

Al momento de iniciar este trabajo me propuse buscar alguna estrategia que permitiera realizar una escultura mediante procedimientos generativos, esto implicaba dos cuestiones:

1. La primera, que debía encontrar alguna manera de representar matemáticamente la “forma” de ese volumen.
2. La segunda, que debía encontrar una forma de traducir esa forma físicamente, es decir un método constructivo.
3. La tercera que debía encontrar un método algorítmico de diseñar dicha forma.

La fresa por CNC y los planos seriados

La primera y segunda cuestión, es decir: la representación matemática y el proceso constructivo, están íntimamente ligados, ya que el método constructivo implica el uso de alguna o varias máquinas/herramientas que permita traducir una forma matemáticamente representada en un volumen concreto/físico de alguna materialidad (madera, piedra, plástico).

Como parte de nuestras investigaciones hicimos construir una fresa por CNC, una máquina de corte por control numérico, preparada para cortar piezas planas controlada por una computadora. Esta máquina, tiene 2,5 dimensiones, lo que significa que puede cortar 2 dimensiones (x e y) y que tiene un moderado control de una tercera dimensión. La CNC trabaja con una Arduino que la controla y que recibe órdenes (vía USB) desde una computadora. El software de la computadora transmite estas órdenes en GCode, un protocolo de comunicación para el control de este tipo de dispositivos.



Imagen de la fresa por CNC

Dado que nuestro desarrollo se realizaría con el lenguaje de programación Processing, decidimos encontrar algún formato intermedio entre el GCode y este lenguaje. El formato más adecuado que encontramos fue el formato de gráficos vectoriales SVG, el cuál es un formato libre y abierto y que puede ser construido desde Processing, a la vez que existen diferentes softwares capaces de traducir SVG en GCode.

Ya que la CNC es capaz, principalmente, de construir planos, debía abordar una estrategia para construir un volumen con planos. Una de las formas más interesantes de hacerlo es mediante la técnica de “planos seriados” que consiste en ubicar una serie de planos que representan los diferentes cortes de un volumen y que al ubicarlos en forma continua lo reconstruye.

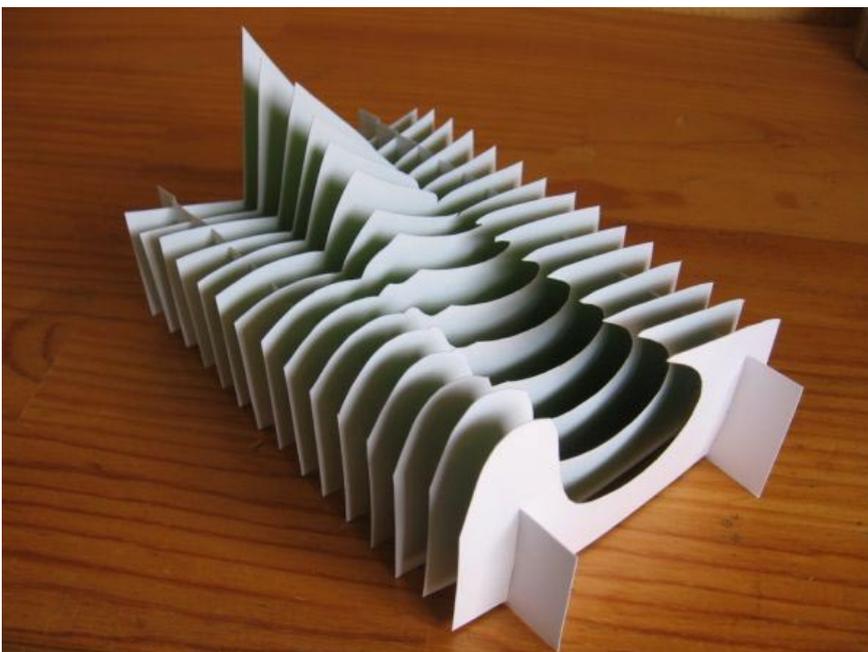
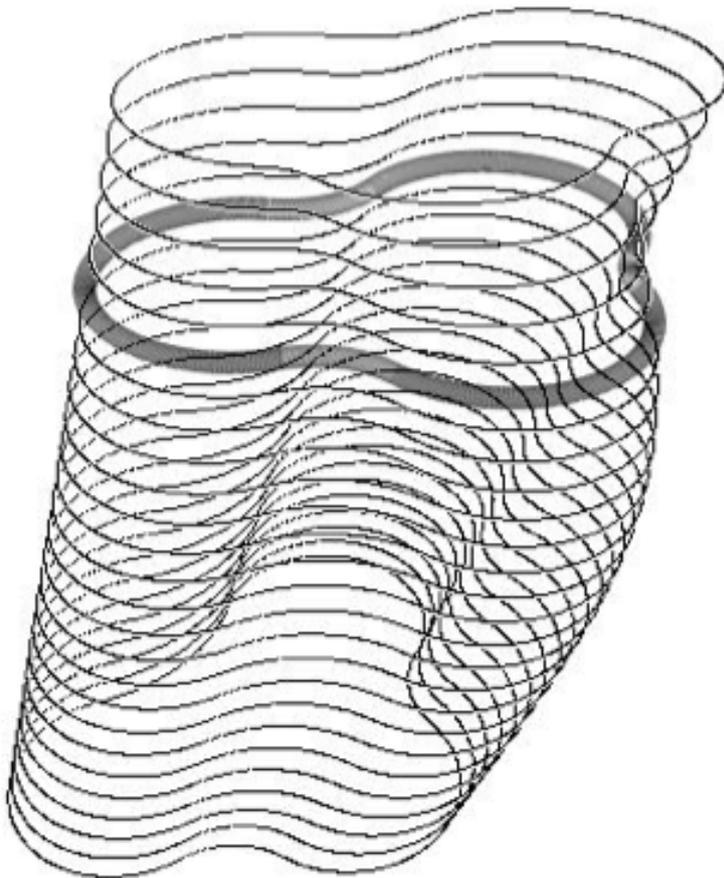


Imagen de Planos Seriados publicada por Cristina Laurent en:

http://1.bp.blogspot.com/_XrALJqvZKuY/TDusLHx3AEI/AAAAAAAAAK8/xZ6oZkKcjf0/s1600/IMG_1148.jpg



Imagen de planos seriados creado por nuestra aplicación



De esta forma, sería posible diseñar un volumen con la computadora mediante su descomposición en planos seriados, luego habría que cortar plano por plano en la CNC para, finalmente, montarlos uno por uno hasta reconstruir el volumen. A continuación mostramos un volumen creado con nuestra aplicación a partir de planos seriados. Para facilitar su lectura se resaltó el sexto plano.

El modelado del volumen

En este punto nos enfrentamos a la tercera cuestión que enunciábamos al inicio: encontrar un método algorítmico de diseñar dicha forma. En esta etapa opté por elegir los algoritmos genéticos. Tal como expliqué en mi texto “Los Algoritmos Genéticos y su Aplicación al Arte Generativo” (2011), los algoritmos genéticos son las técnicas que nos permiten simular el proceso evolutivo y aplicarlo a sistemas artificiales. Para poder utilizar esta técnica es necesario traducir el fenómeno (el objeto a ser procesado) en términos matemáticos, es decir hay que traducir el “modelado de la forma escultura” en un conjunto de parámetros matemáticos que lo represente.

Me interesaba encontrar un método para diseñar formas plásticas, orgánicas, que privilegiara las curvas por sobre las formas angulosas y las aristas. El camino más sencillo que encontré fue crear cada plano a partir de círculos que se van empalmando. Debajo puede verse una imagen de una forma construida a partir del empalme de círculos, más abajo se puede ver la forma resultante.

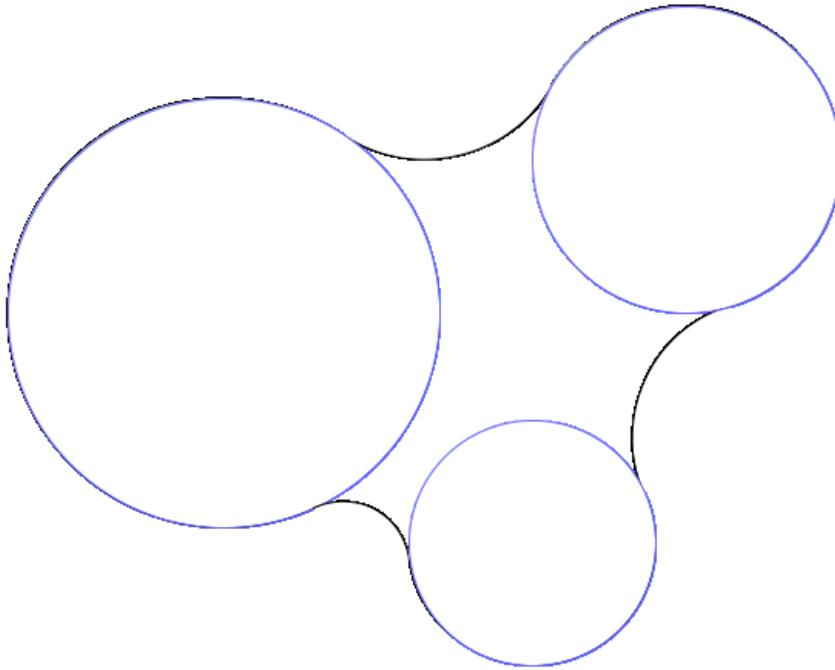


Imagen de círculos y sus empalmes

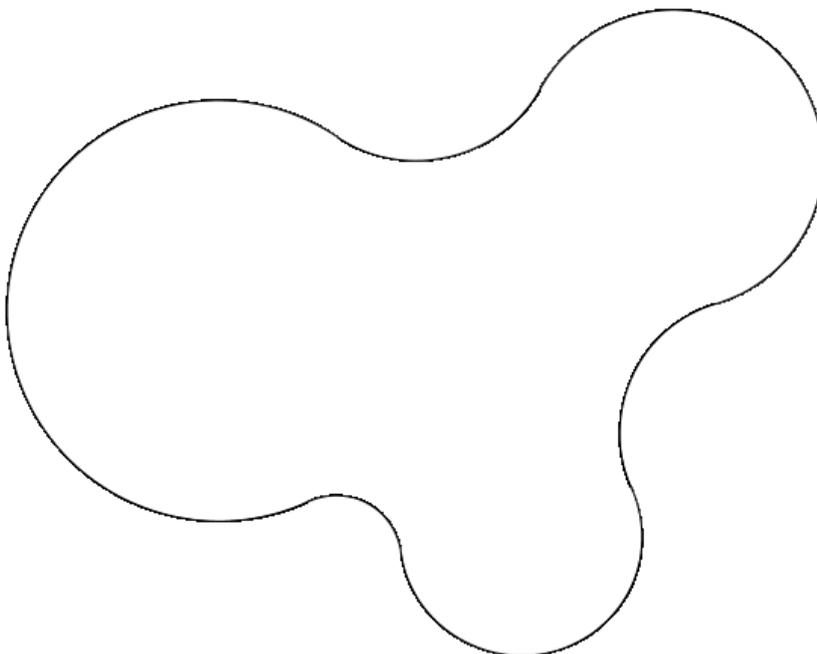
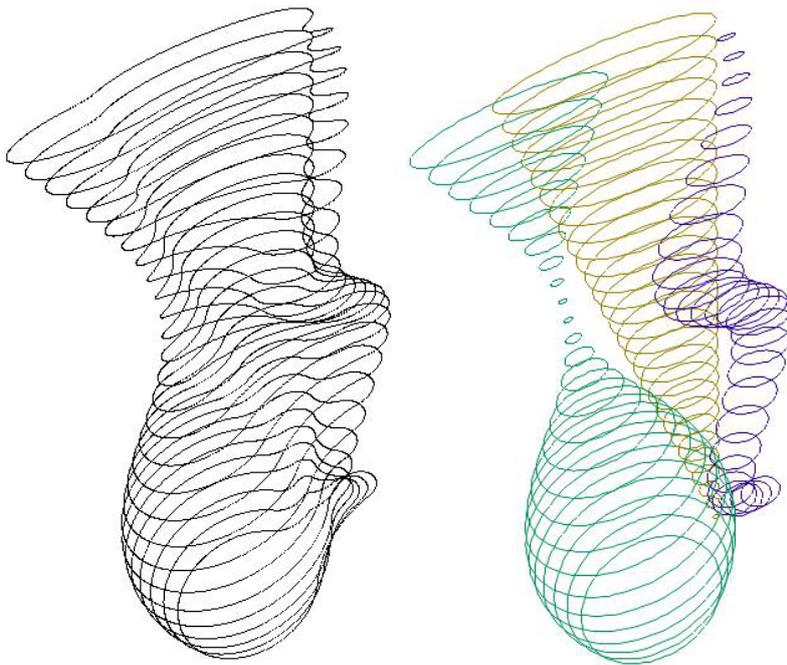


Imagen de la forma resultante



La sencillez de este método permite descomponer formas complejas en una de las figuras más sencillas, el círculo. Así el modelado del volumen, puede traducirse en el control de los parámetros de un conjunto de círculos, es decir: sus posiciones y diámetros. En la imagen de abajo puede observarse como a partir de tres círculos y la variación de sus parámetros se puede construir formas complejas.



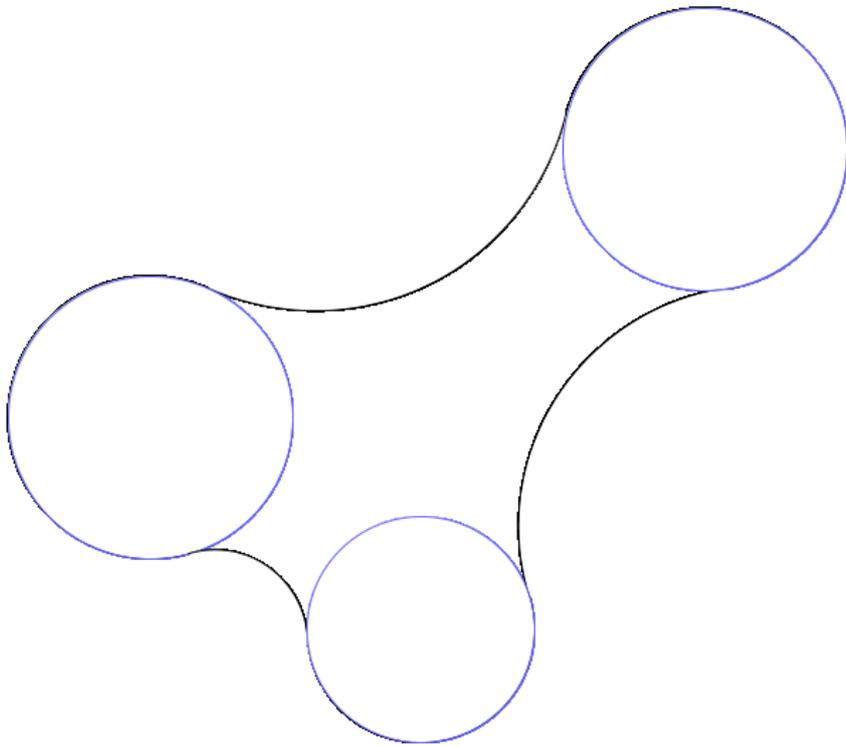
<

Imagen de construcción de formas complejas a partir de empalmes de círculos

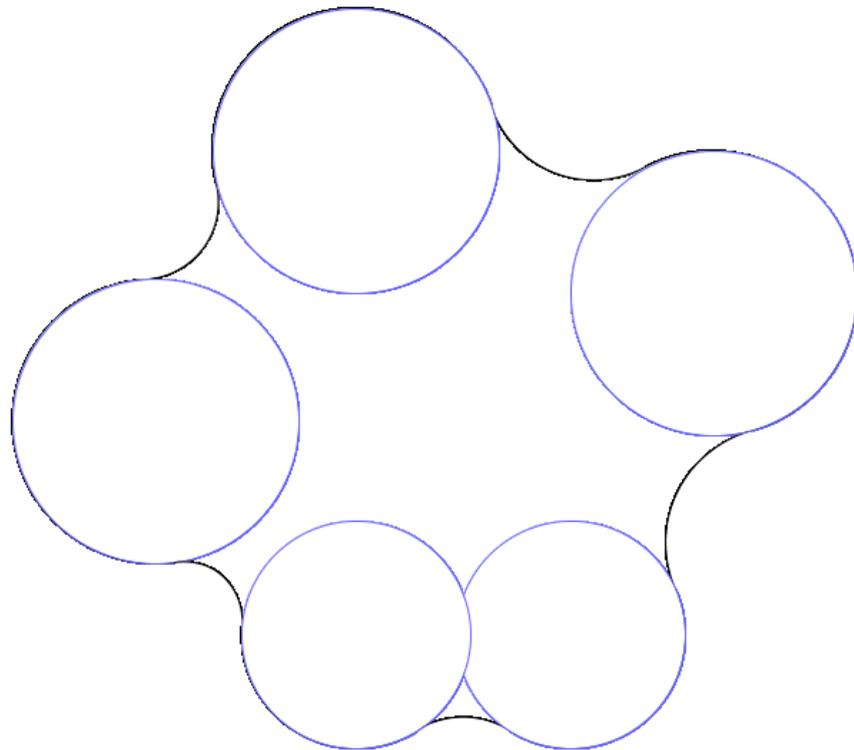
De esta forma, un volumen se puede construir a partir de la configuración de un conjunto pequeño de parámetros:

1. Cantidad de círculos que participan de la construcción de la forma
2. Posición inicial de esos círculos
3. Cantidad de planos por los que se proyectan los círculos.
4. Evolución de dichas posiciones, traducible en la evolución de dos variables, X e Y.
5. Evolución de los diámetros de dichos círculos

Por ejemplo en los gráficos de abajo pueden verse diferentes configuraciones de cantidad de círculos intervinientes para generar la forma:

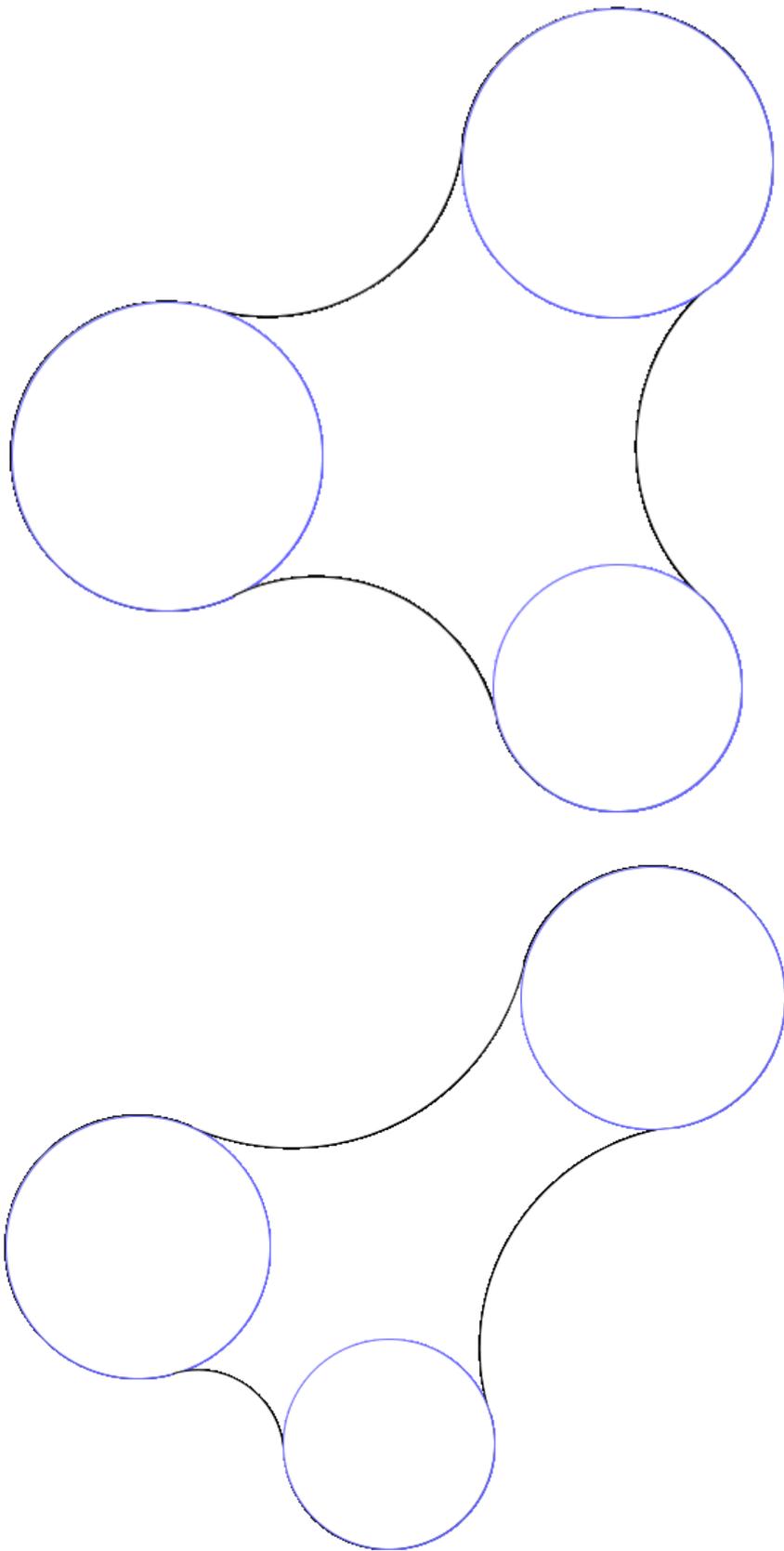


Configuración con 3 círculos

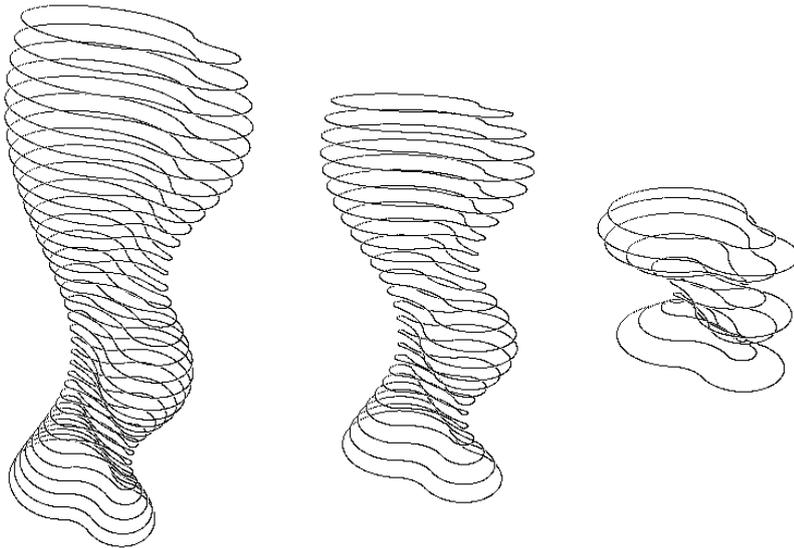


Configuración con 5 círculos

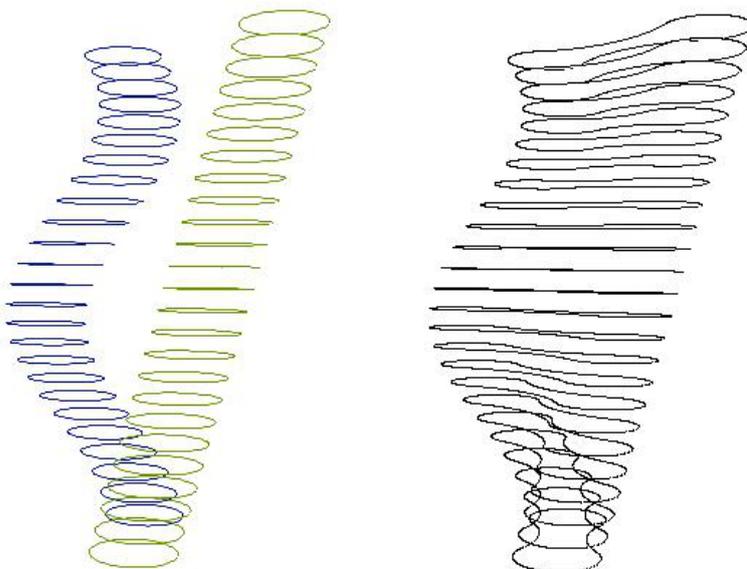
Respecto del segundo parámetro podemos ver a continuación ejemplos de diferentes posiciones iniciales:



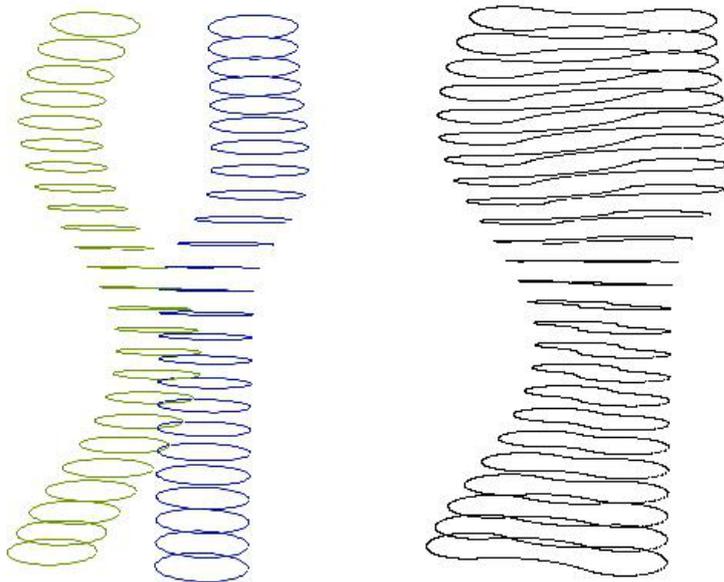
El siguiente parámetro es la cantidad de planos o estratos por los que desarrollan o proyectan los círculos. En la imagen de abajo puede observarse como las mismas formas se desarrollan en 35, 25 y 10 estratos, produciendo diferencias importantes en la forma resultante.



Respecto de la evolución de los parámetros de la posición de los círculos (posición en X e Y) podemos ver los siguientes ejemplos:



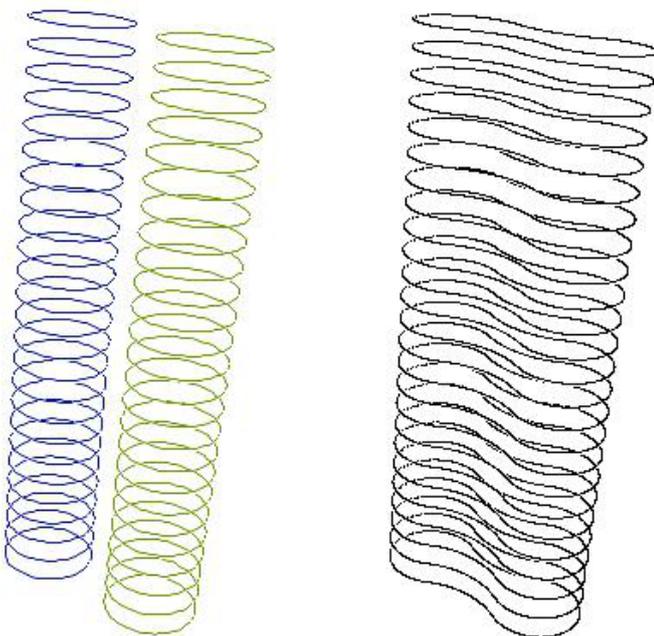
Primer ejemplo de la evolución de la posición



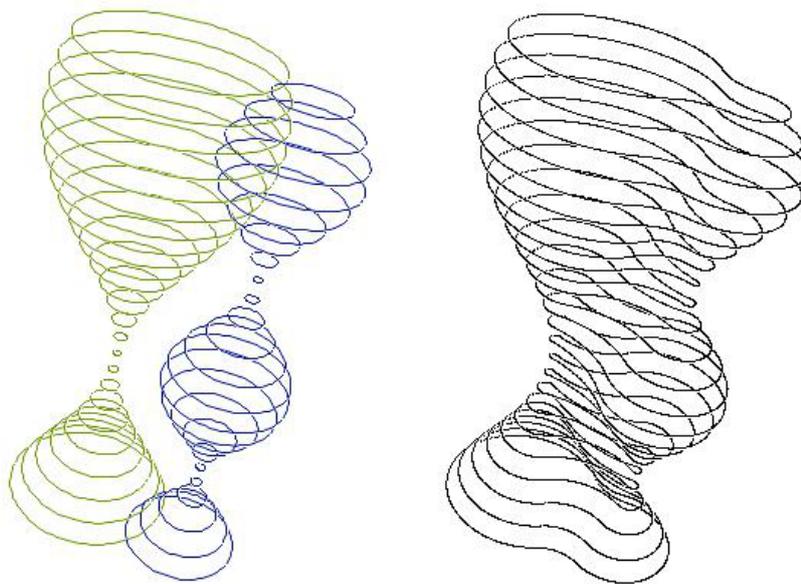
< Segundo ejemplo de la evolución de la posición

En el primer ejemplo se pueden observar dos formas de evolución, una que sigue una curva de desarrollo lineal y otra que es la combinación de dos sinusoides (una en X y otra en Y). En cambio en el segundo ejemplo, además de una curva sinusoidal se puede observar una envolvente irregular. Independientemente de la particularidades de cada tipo de curva, se ve como la evolución de las curvas genera diferentes volúmenes.

Por último, podemos ver en las siguientes imágenes ejemplos de la evolución del diámetro de los círculos.



< Primer ejemplo de la evolución de diámetro



Segundo ejemplo de la evolución de diámetro

En el primer ejemplo podemos ver dos líneas de círculos que evolucionan en forma constante, mientras que en el segundo ejemplo, las líneas de círculos evolucionan con curvas sinusoidales con diferentes fases.

De esta forma, con los cuatro parámetros recién presentados, tenemos una relación entre éstos y la forma que producen. A partir de ahora es necesario establecer de qué manera serán tratados estos datos para poder procesarlos con los Algoritmos Genéticos.

El genotipo y el fenotipo

Tal como expliqué en mi texto “Los Algoritmos Genéticos y su Aplicación al Arte Generativo” (2011), a la hora de usar esta técnica prefiero separar la información de su manifestación, usando la metáfora del genotipo versus el fenotipo: en el material genético (el genotipo) están escritas las instrucciones para construir al individuo (el fenotipo). En este caso decidí organizar los parámetros que definen la forma (el genotipo) en un XML. Este XML está organizado en una secuencia de “genes”, lo que permite facilitar la operación de crossover.

```
<?xml version="1.0"?>
<ADN>
  <PADRES>
    <P>...</P>
    <M>...</M>
    <CADENA>...</CADENA>
  </PADRES>

  <GEN id = "0">
    <CANT _ PLANOS>...</CANT _ PLANOS>
  </GEN>
```



Código: Estructura del XML

```

<GEN id = "1">
  <PUNTOS _ INICIALES>
    <PUNTO>
      <X>...</X>
      <Y>...</Y>
    </PUNTO>
    ...
  </PUNTOS _ INICIALES>
</GEN>

<GEN id = "2">
  <EVOLUCIONES _ DIAMETRO>
    <EVOLUCION>
      ...
    </EVOLUCION>
    ...
  </EVOLUCIONES _ DIAMETRO>
</GEN>

<GEN id = "3">
  <EVOLUCIONES _ XY>
    <PAR>
      <EVOLUCION id = "x">
        ...
      </EVOLUCION>
      <EVOLUCION id = "y">
        ...
      </EVOLUCION>
    </PAR>
    ...
  </EVOLUCIONES _ XY>
</GEN>

</ADN>

```

En el esquema de arriba se puede ver la estructura del XML. En los lugares que está tres puntos (“...”) son en donde van los datos. En el esquema no se profundiza el detalle de la etiqueta <EVOLUCION> que será explicada más adelante.

Como se puede ver, el XML se organiza bajo la etiqueta <ADN> de la cual se desprenden una etiqueta <PADRES> y cuatro etiquetas <GEN>.

La etiqueta <PADRES> es la que guarda los nombres de los archivos de los padres que se combinaron para crear este XML, la etiqueta <P> corresponde al padre y la <M> a la madre (la distinción padre, madre es netamente poética y sirve para distinguir a los dos progenitores, pero no tienen diferencia alguna) y la etiqueta <CADENA> muestra cuáles genes fueron tomados de cuál de los progenitores, por ejemplo, la cadena “MpMM” significa que el primer, tercer y cuarto gen fueron tomados de la madre, mientras que el segundo fue tomado del padre.

La estructura tiene cuatro etiquetas <GEN> que obviamente representan cada uno de los genes en los que se organiza la información. Los genes se vincula con algunos de los parámetros que describimos anteriormente:

Gen 0: Cantidad de estratos del plano seriado. Contiene la etiqueta <CANT_PLANOS>.

Gen 1: Cantidad y posición inicial de los círculos. Contiene la etiqueta <PUNTOS_INICIALES>, que se divide en etiquetas <PUNTO>, que a su vez se dividen en <X> e <Y>.

Gen 2: Evolución de los diámetros de los círculos. Contiene la etiqueta <EVOLUCIONES_DIAMETRO> que se divide en etiquetas <EVOLUCION> (más adelante profundizaremos esta etiqueta).

Gen 3: Evolución de las posiciones, traducible en la evolución de dos variables, X e Y. Contiene la etiqueta <EVOLUCIONES_XY>, que se divide en etiquetas <PAR>, que a su vez poseen una etiqueta <EVOLUCION>.

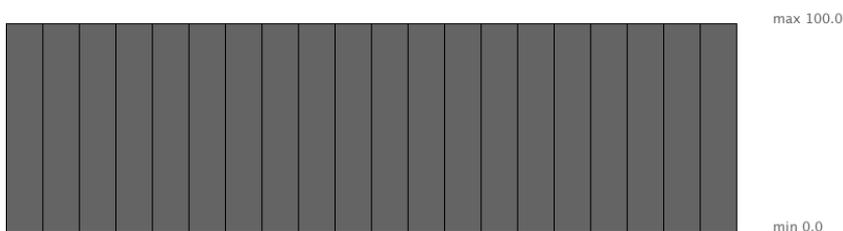
En el gen 2 y 3 hay etiquetas <EVOLUCION>, las cuales se encargan de crear evoluciones dinámicas de parámetros, tales como las que describimos en el apartado anterior. Esta etiqueta fue pensada para poder elegir entre diferentes tipos de curvas.

Por ejemplo, el siguiente fragmento de XML produce un secuencia con valores constantes, como la que muestra el gráfico inmediatamente debajo del mismo:

```
<EVOLUCION>
  <TIPO> constante </TIPO>
  <VALOR> 100 </VALOR>
</EVOLUCION>
```



Código XML de la Evolución tipo Constante



El gráfico se muestra en forma segmentada, ya que cada columna representa un valor discreto de la curva.

Para hacer una evolución lineal se puede usar el XML que figura a continuación en el que se especifica el valor inicial y el final:

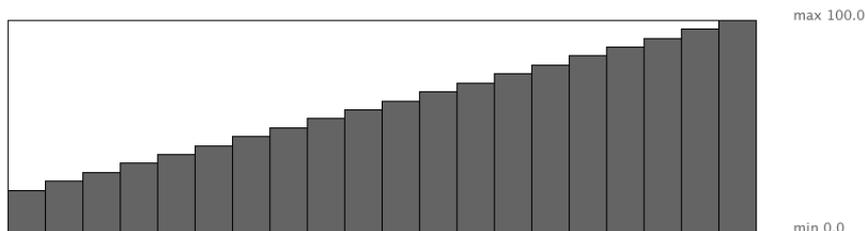
```

<EVOLUCION>
  <TIPO> linea </TIPO>
  <DESDE> 20 </DESDE>
  <HASTA> 100 </HASTA>
</EVOLUCION>

```

<

Código XML de la Evolución tipo Línea



Otra posibilidad es crear una curva de forma sinusoidal. Para hacer una evolución sinusoidal hay que especificar un mínimo y un máximo y los ángulos (en grados) que determinan los límites de la porción de la curva sinusoidal que se quiere utilizar en la evolución:

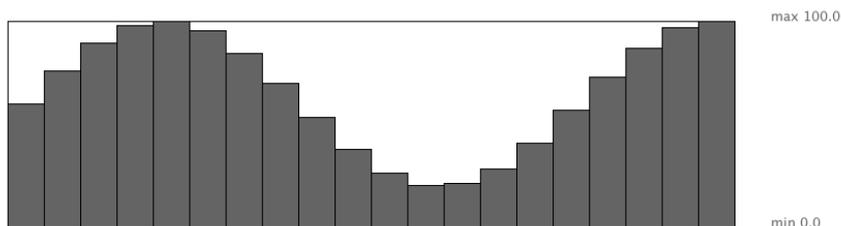
```

<EVOLUCION>
  <TIPO> seno </TIPO>
  <DESDE> 20 </DESDE>
  <HASTA> 100 </HASTA>
  <ANG1> 0 </ANG1>
  <ANG2> 450 </ANG2>
</EVOLUCION>

```

<

Código XML de la Evolución tipo Seno



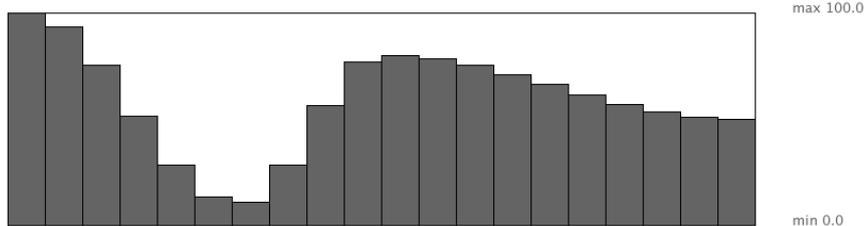
Por último, existe una forma de evolución a la que denominé “envolvente” y que consiste en una secuencia de evoluciones lineales. En el XML de abajo se muestra una envolvente que está determinada por cuatro puntos, cada punto es una etiqueta <P>, que contiene una etiqueta <T> que indica el lugar en el tiempo (eje x) en forma normalizada, es decir que va desde cero hasta uno, por ejemplo la mitad del período es 0,5. Cada punto tiene también una etiqueta <V> que muestra el valor en ese punto.

```

<EVOLUCION>
  <TIPO> envolvente </TIPO>
  <PUNTOS>
    <P>
      <T> 0.0 </T>
      <V> 100 </V>
    </P>
    <P>
      <T> 0.3 </T>
      <V> 10 </V>
    </P>
    <P>
      <T> 0.5 </T>
      <V> 80 </V>
    </P>
    <P>
      <T> 1.0 </T>
      <V> 50 </V>
    </P>
  </PUNTOS>
</EVOLUCION>
    
```



Código XML de la Evolución tipo Envolverte



A continuación mostraré un XML completo que corresponde forma del gráfico de abajo. En el XML se podrá ver que el GEN 0 define 25 estratos para los planos seriados. En GEN 1 indica que hay dos puntos iniciales, es decir que hay dos líneas evolutivas de círculos. En el GEN 2 los diámetros evolucionan con curvas sinusoidales con diferentes fases. El GEN 3 mantiene a los círculos en su lugar con una curva constante.

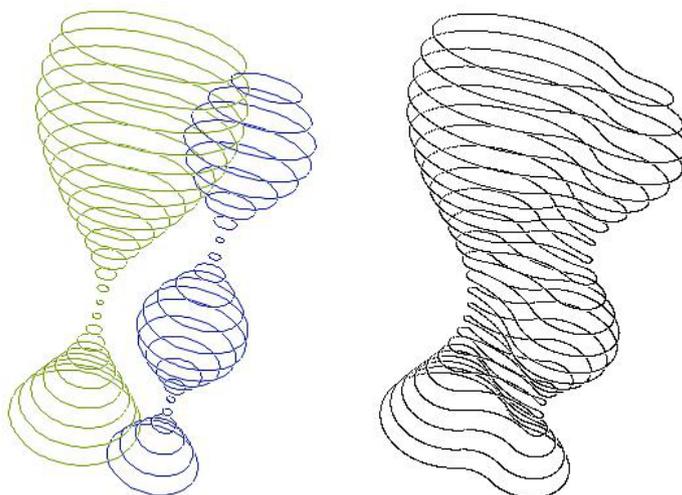


Imagen de la forma definida por el XML detallado a continuación

```

<?xml version="1.0"?>
<ADN>

<PADRES>
  <P>ADN_06_13h14_25_57r67.xml</P>
  <M>ADN_06_11h01_36_42r86.xml</M>
  <CADENA>pppM</CADENA>
</PADRES>

<GEN id = "0">
  <CANT _ PLANOS>25</CANT _ PLANOS>
</GEN>

<GEN id = "1">
  <PUNTOS _ INICIALES>
    <PUNTO>
      <X>-100.0</X>
      <Y>-100.0</Y>
    </PUNTO>
    <PUNTO>
      <X>100.0</X>
      <Y>100.0</Y>
    </PUNTO>
  </PUNTOS _ INICIALES>
</GEN>

<GEN id = "2">
  <EVOLUCIONES _ DIAMETRO>
    <EVOLUCION>
      <TIPO>seno</TIPO>
      <DESDE>10.0</DESDE>
      <HASTA>250.0</HASTA>
      <ANG1>45</ANG1>
      <ANG2>400</ANG2>
    </EVOLUCION>
    <EVOLUCION>
      <TIPO>seno</TIPO>
      <DESDE>10.0</DESDE>
      <HASTA>150.0</HASTA>
      <ANG1>0</ANG1>
      <ANG2>780</ANG2>
    </EVOLUCION>
  </EVOLUCIONES _ DIAMETRO>
</GEN>

<GEN id = "3">
  <EVOLUCIONES _ XY>
    <PAR>
      <EVOLUCION id = "x">
        <TIPO>constante</TIPO>
        <VALOR> 0 </VALOR>
      </EVOLUCION>
      <EVOLUCION id = "y">
        <TIPO>constante</TIPO>
        <VALOR> 0 </VALOR>
      </EVOLUCION>
    </PAR>
  </EVOLUCIONES _ XY>
</GEN>

```

<

Código XML del ADN

```

                </EVOLUCION>
            </PAR>
        </EVOLUCIONES _ XY>
    </GEN>

</ADN>

```

Implementación de la clase Escultura en Processing

Tal como dijimos en la sección anterior repliqué la metáfora del genotipo y el fenotipo. El genotipo está representado por el ADN configurado en este caso por el XML que acabamos de mostrar. El fenotipo en nuestra aplicación está representado por la clase Escultura que es capaz de crear la forma escultórica en función de un ADN (XML) recibido. El código que mostraremos a continuación está implementado en el lenguaje Processing. Como puede verse abajo, la clase Escultura esta constituida por una serie de miembros datos (propiedades) que se encargan de almacenar diferentes elementos.

```

class Escultura {

    EmpalmesMultiples empalmes[];
    int cantPlanos;

    Punto puntosIniciales[];
    int cantCirculos;

    VectorArbolXML evDiametro[];
    int cantEvDiametro;

    VectorArbolXML evX[];
    VectorArbolXML evY[];
    int cantEvXY;

    VectoresCirculo vc[];
    ...

```

<

Código: inicio clase Escultura

Recorrámoslos en el orden que aparecen definidos en la clase. El arreglo “empalmes” pertenece a la clase EmpalmesMultiples: esta clase genera y almacena los arcos que se empalman a partir de los círculos generadores, es decir, cada estrato de los planos seriados está representado por un objeto de tipo EmpalmesMultiples. El objeto “empalmes” al ser un arreglo de este tipo, se encarga de guardar toda la escultura. La variable “cantPlanos” simplemente almacena la cantidad de planos (estratos) de la escultura y se relaciona con el GEN 0.

El arreglo “puntosIniciales”, almacena las posiciones iniciales de

los círculos generadores y la variables “cantCirculos” define la cantidad de círculos que expandirán sus líneas. Estos datos corresponden al GEN 1.

El arreglo “evDiametro” es del tipo VectorArbolXML y es el encargado de gestionar la evolución de los diámetros de los círculos durante su proyección (desarrollo) en los planos seriados. Mientras que la variable “cantEvDiametro” determina la cantidad de curvas de evolución que hay.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que la cantidad de curvas de evolución no coinciden necesariamente con la cantidad de círculos iniciales, ya que este parámetro está pensado para combinarlo independientemente del otro. Así, si la cantidad de curvas es mayor a la cantidad de círculos, sólo se asignan las necesarias y en orden. Mientras que si la cantidad de evoluciones es menor, se repiten en forma cíclica, hasta cubrir todos los círculos. Por ejemplo, si la cantidad de evoluciones (en este caso de los diámetros) son 3 (las nombrases A,B y C para identificarlas) y la cantidad de círculos es sólo dos, entonces se asignarán sólo A y B. Debajo se muestra la forma que se asignarían tres evoluciones a diferentes cantidades de círculos:

Cantidad de Círculos	Asignaciones
2	A – B
3	A – B – C
4	A – B – C – A
5	A – B – C – A – B
6	A – B – C – A – B – C
7	A – B – C – A – B – C – A

<

Tabla: ejemplo de asignaciones de 3 parámetros según la cantidad de círculos

El tipo de dato VectorArbolXML será explicado más adelante en profundidad, pero en principio diremos que se encargan de levantar el tipo de evolución del XML y de aplicarla a un arreglo de números.

Los arreglos “evX” y “evY[]” también son del tipo VectorArbolXML y se encargan de almacenar y gestionar las evoluciones de las posiciones de los círculos en su desarrollo. La variable “cantEvXY” define la cantidad de evoluciones vinculadas a la posición.

Tal como dijimos antes, la clase Escultura se encarga de recibir un ADN y seguir sus órdenes (configuraciones) para construir la forma, por esto es de esperarse que su constructor tenga dos funciones principales.

```

Escultura( ArbolXML adn ) {
    cargarADN( adn );
    armarEstructura();
}

```

<

Código: Constructor clase Escultura

Traduciendo el ADN (XML) a vectores

La primera función, “cargarADN()”, se encarga de recibir el XML del ADN y decodificarlo, es decir de configurar las estructuras de datos internas al objeto y prepararlas para la construcción de la forma. La segunda función, “armarEstructura()” es la que construye la forma a partir de los parámetros decodificados por la primera función.

```

void cargarADN( ArbolXML adn ) {
    iniciarGenCERO( devolverGen( adn, "0" ) );
    iniciarGenUNO(  devolverGen( adn, "1" ) );
    iniciarGenDOS(  devolverGen( adn, "2" ) );
    iniciarGenTRES( devolverGen( adn, "3" ) );
}

```

<

Código: método cargarADN() de la clase Escultura

A su vez, el método “cargarADN()” se encarga de cortar la cadena total, y separarla en cada uno de los genes. Los métodos “iniciarGenCERO()”, “iniciarGenUNO()”, “iniciarGenDOS()”, e “iniciarGenTRES()”, toman las respectivas porciones de ADN y configuran sus variables internas. Los cortes del XML lo hacen gracias al método “devolverGen()”, el cuál recibe el XML (llamado “adn” aquí) y la etiqueta que identifica al gen en cuestión.

```

ArbolXML devolverGen( ArbolXML adn, String identidad ) {

    ArbolXML resultado = buscarHijoConNombreId( adn,
        "GEN", identidad );

    return resultado;
}

```

<

Código: método devolverGen() de la clase Escultura

El método “devolverGen()” utiliza un objeto de tipo ArbolXML. En el momento de la implementación de esta clase, la versión de Processing que utilicé fue la 1.5.1 que no permitía editar los XML o construirlos, sólo leerlos, por eso cree esta clase que es capaz de hacer todas estas cosas. Por ejemplo, la función “buscarHijoConNombreId()” permite a partir de un XML, buscar una etiqueta determinada que tenga una propiedad “id” con un valor específico.

Como se mostró en el ejemplo de XML, se puede ver que las etiquetas <GEN> poseen un atributo “id” que determina el número de gen:

```
<GEN id = "2">
```

En la línea siguiente la función “buscarHijoConNombreId()” recibe un XML llamado “adn” y busca una etiqueta <GEN> que tenga un atributo “id” igual al valor que figura en la variable “identidad”:

```
ArbolXML resultado = buscarHijoConNombreId( adn,  
      "GEN", identidad );
```

Por otra parte los métodos “iniciarGen...()”, como el método “iniciarGenCERO()”, recibe la porción de ADN y busca etiqueta específicas para cargar sus correspondientes variable, en el caso del GEN 0, la variable “cantPlanos”:

```
void iniciarGenCERO( ArbolXML adn ) {  
    if ( adn != null ) {  
        cantPlanos = valorIntHijo( adn, "CANT_  
PLANOS" );  
    }  
    else {  
        println("ERROR: falta xml GEN 0");  
    }  
}
```

<
Código: método “iniciarGenCERO()”
de la clase “Escultura”

Así “iniciarGenUNO()” carga los valores de las variables “puntoIniciales[]” y “cantCirculos”. El método “iniciarGenDOS()” carga los valores del arreglo “evDiametro[]” y la variable “cantEvDiametro”. Y por último “iniciarGenTRES()” carga los arreglos “evX[]” y “evY[]” y la variable “cantEvXY”. Una vez ejecutados estos métodos, la carga del ADN termina y todas las estructuras de datos están cargadas con sus correspondientes valores.

Vamos a revisar un caso concreto paso por paso, primero presentaremos el código XML completo y luego lo desarmaremos para ver la función de cada parte.

```
<?xml version="1.0"?>  
<ADN>  
  <PADRES>  
    <P>ADN_06_13h14_25_57r67.xml</P>  
    <M>ADN_06_11h01_36_42r86.xml</M>  
    <CADENA>pppM</CADENA>  
  </PADRES>  
  
  <GEN id = "0">  
    <CANT_PLANOS>15</CANT_PLANOS>  
  </GEN>  
  
  <GEN id = "1">  
    <PUNTOS_INICIALES>  
      <PUNTO>  
        <X>-100.0</X>  
        <Y>-100.0</Y>
```

<
Código: segundo ejemplo de XML
de un ADN

```

        </PUNTO>
        <PUNTO>
            <X>100.0</X>
            <Y>100.0</Y>
        </PUNTO>
        <PUNTO>
            <X>-200.0</X>
            <Y>100.0</Y>
        </PUNTO>
    </PUNTOS _ INICIALES>
</GEN>

<GEN id = "2">
    <EVOLUCIONES _ DIAMETRO>
        <EVOLUCION>
            <TIPO>constante</TIPO>
            <VALOR> 100 </VALOR>
        </EVOLUCION>
        <EVOLUCION>
            <TIPO>seno</TIPO>
            <DESDE>20.0</DESDE>
            <HASTA>150.0</HASTA>
            <ANG1>45</ANG1>
            <ANG2>400</ANG2>
        </EVOLUCION>
        <EVOLUCION>
            <TIPO>linea</TIPO>
            <DESDE>10</DESDE>
            <HASTA>300</HASTA>
        </EVOLUCION>
    </EVOLUCIONES _ DIAMETRO>
</GEN>

<GEN id = "3">
    <EVOLUCIONES _ XY>
        <PAR>
            <EVOLUCION id = "x">
                <TIPO>seno</TIPO>
                <DESDE>-150.0</DESDE>
                <HASTA>150.0</
HASTA>
                <ANG1>45</ANG1>
                <ANG2>400</ANG2>
            </EVOLUCION>
            <EVOLUCION id = "y">
                <TIPO>linea</TIPO>
                <DESDE>0</DESDE>
                <HASTA>-300</HASTA>
            </EVOLUCION>
        </PAR>
        <PAR>
            <EVOLUCION id = "x">
                <TIPO>linea</TIPO>
                <DESDE>0</DESDE>
                <HASTA>100</HASTA>
            </EVOLUCION>
    </EVOLUCIONES _ XY>
</GEN>

```

```

        <EVOLUCION id = "y">
            <TIPO>seno</TIPO>
            <DESDE>-150.0</DESDE>
            <HASTA>100.0</HASTA>
            <ANG1>300.24396</ANG1>
            <ANG2>705.0759</ANG2>
        </EVOLUCION>
    </PAR>
</EVOLUCIONES _ XY>
</GEN>
</ADN>

```

Empecemos por revisar el primer <GEN>, que es el que define la cantidad de planos de la estructura:

```

...
<GEN id = "0">
    <CANT _ PLANOS>15</CANT _ PLANOS>
</GEN>
...

```

Este <GEN> inicializa la variable “cantPlanos” que adopta el valor 15. Esto se hace con el método “iniciarGenCERO()” que mostramos anteriormente.

Si vemos el segundo <GEN> que mostramos debajo, veremos que este se encarga de establecer las posiciones iniciales de los círculos. Estos valores se cargan en el arreglo “puntosIniciales[]”:

```

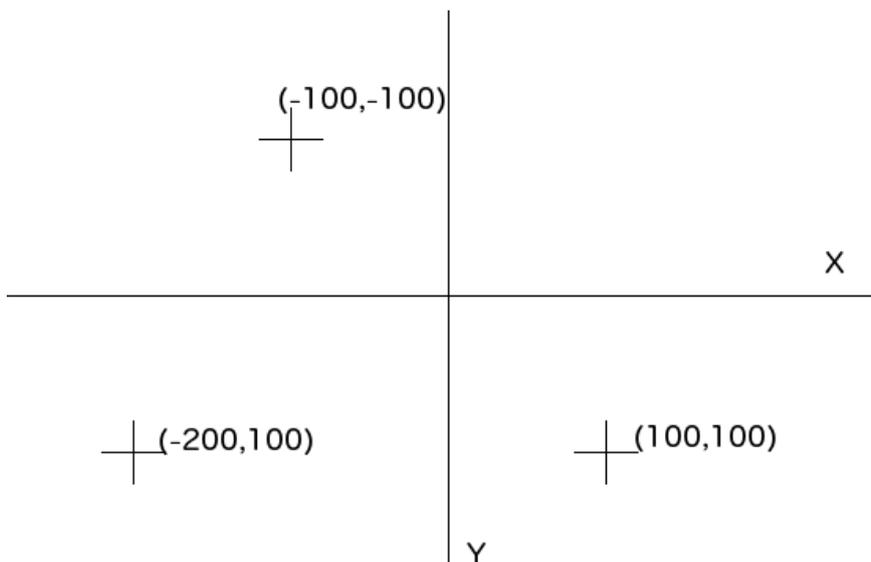
...
<GEN id = "1">
    <PUNTOS _ INICIALES>
        <PUNTO>
            <X>-100.0</X>
            <Y>-100.0</Y>
        </PUNTO>
        <PUNTO>
            <X>100.0</X>
            <Y>100.0</Y>
        </PUNTO>
        <PUNTO>
            <X>-200.0</X>
            <Y>100.0</Y>
        </PUNTO>
    </PUNTOS _ INICIALES>
</GEN>
...

```

En este caso la operación la realiza el método “iniciarGenUNO()”, que establece que la variable “cantCirculos” sería igual a 3 y el arreglo “puntosIniciales[]” se cargaría de la siguiente forma:

puntosIniciales

```
[0]-> Punto[ X = -100 Y = -100 ]
[1]-> Punto[ X = 100 Y = 100 ]
[2]-> Punto[ X = -200 Y = 100 ]
```

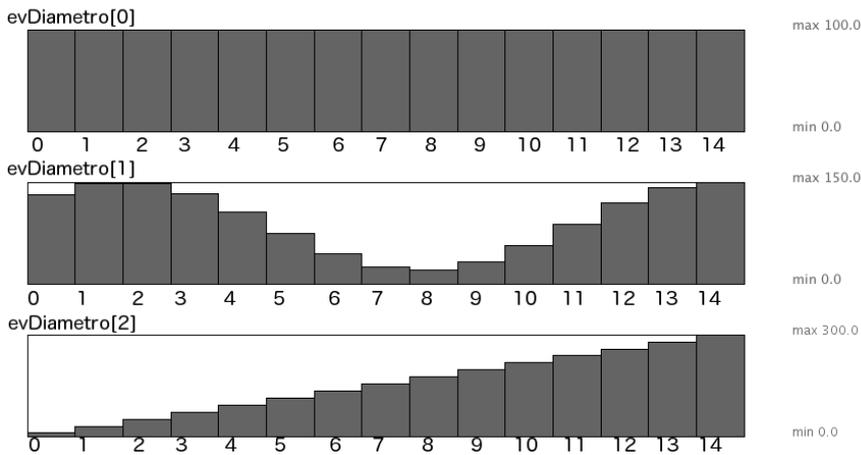


Esquema: posiciones iniciales de los círculos

En el caso del GEN 2, que es gestionado por “iniciarGenDOS()”, se carga el arreglo “evDiametro[]” con las curvas indicadas por cada etiqueta <EVOLUCION>:

```
...
<GEN id = "2">
  <EVOLUCIONES _ DIAMETRO>
    <EVOLUCION>
      <TIPO>constante</TIPO>
      <VALOR> 100 </VALOR>
    </EVOLUCION>
    <EVOLUCION>
      <TIPO>seno</TIPO>
      <DESDE>20.0</DESDE>
      <HASTA>150.0</HASTA>
      <ANG1>45</ANG1>
      <ANG2>400</ANG2>
    </EVOLUCION>
    <EVOLUCION>
      <TIPO>linea</TIPO>
      <DESDE>10</DESDE>
      <HASTA>300</HASTA>
    </EVOLUCION>
  </EVOLUCIONES _ DIAMETRO>
</GEN>
...
```

En el ejemplo de arriba pueden verse tres etiquetas <EVOLUCION> que corresponden a una evolución de tipo constante, sinusoidal y lineal, respectivamente. Una vez ejecutado el método, “evDiametro[]” queda cargado con las siguientes curvas:



Esquema: carga del arreglo “evDiametro[]” luego de ejecutar “iniciarGenDOS()”

Cabe aclarar que el arreglo “evDiametro[]” tiene en cada una de sus celdas un objeto de tipo “VectorArbolXML”. En rigor, estos objetos no guardan el vector de valores, sino el XML con la configuración necesaria para construir el vector, pero este sólo se construye cuando se invoca al método “crearVector()”. De todos modos, a fines de hacer más sencillo el recorrido, diremos que el vector queda cargado con dichos valores.

El <GEN> 3 contiene la evolución de las posiciones de los círculos para cada estrato de los planos seriados. Esta información es gestionada por el método “iniciarGenTRES()” y se organiza por pares, es decir que va una evolución en la coordenada X acompañada de otra en Y. En el caso de la porción de código citada debajo, el <GEN> 3 contiene dos pares, el primero en que X evoluciona con una curva sinusoidal e Y con una lineal, mientras que en el segundo par X evoluciona con otra línea e Y con un seno. Estos datos son cargados en los arreglos “evX[]” y “evY[]”, ambos pertenecientes a la clase “VectorArbolXML”.

```

...
<GEN id = "3">
  <EVOLUCIONES _XY>
    <PAR>
      <EVOLUCION id = "x">
        <TIPO>seno</TIPO>
        <DESDE>-150.0</DESDE>
        <HASTA>150.0</HASTA>
        <ANG1>45</ANG1>
        <ANG2>400</ANG2>
      </EVOLUCION>
      <EVOLUCION id = "y">
        <TIPO>linea</TIPO>
        <DESDE>0</DESDE>

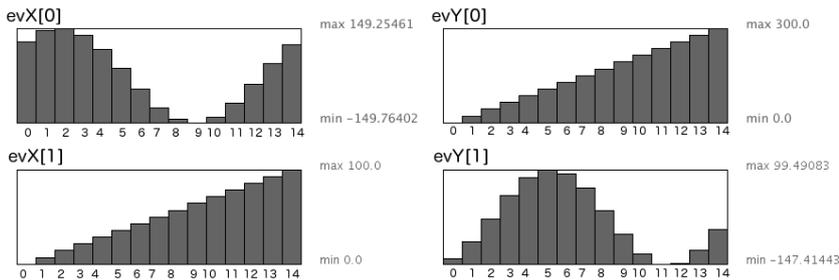
```

```

        <HASTA>-300</HASTA>
    </EVOLUCION>
</PAR>
<PAR>
    <EVOLUCION id = "x">
        <TIPO>linea</TIPO>
        <DESDE>0</DESDE>
        <HASTA>100</HASTA>
    </EVOLUCION>
    <EVOLUCION id = "y">
        <TIPO>seno</TIPO>
        <DESDE>-150.0</DESDE>
        <HASTA>100.0</HASTA>
        <ANG1>300.24396</ANG1>
        <ANG2>705.0759</ANG2>
    </EVOLUCION>
</PAR>
</EVOLUCIONES _XY>
</GEN>
...

```

En el esquema de abajo se muestra como quedan cargados los arreglos “evX[]” y “evY[]” luego de la ejecución del método “iniciarGentRES()”:



Esquema: carga de los arreglos “evX[]” y “evY[]” luego de ejecutar “iniciarGentRES()”

Construyendo la estructura

Luego de que se ha logrado cargar el ADN en las estructuras de datos de la clase “Escultura”, se ejecuta el método “armarEstructura()”, este método se encarga de construir, uno por uno, los planos seriados. Cada plano de la estructura es un objeto de la clase “EmpalmesMultiples”. Cada estrato se construye a partir de una conjunto de círculos empalmados entre sí. El método encargado de realizar la configuración de cada estrato es el llamado “armarEstructura()”, que se muestra debajo:

```
void armarEstructura() {
    cargarVectores();
    empalmes = new EmpalmesMultiples[ cantPlanos ];
    for ( int i=0 ; i<cantPlanos ; i++ ) {
        Circulo c[] = new Circulo[ cantCirculos
];
        for ( int j=0 ; j<cantCirculos ; j++ ) {
            c[j] = new Circulo(
                puntosIniciales[j].x + vc[j].x[i],
                puntosIniciales[j].y + vc[j].y[i],
                vc[j].d[i]
            );
        }
        empalmes[i] = new EmpalmesMultiples( c, radians(60) );
    }
}
```

<
Código: método "armarEstructura()" de la clase "Escultura"

Entre las primeras líneas de este método se encuentra "cargarVectores()", que es un método clave de la clase, ya que se encarga de traducir los parámetros obtenidos del ADN (cargado en las variables y arreglos descritos en la sección anterior) en parámetros de los círculos, realizando las vinculaciones entre estas estructuras de datos.

Una de las principales dificultades que enfrenta este algoritmo, es el de conciliar estructura que tiene distintas cantidades de datos, por ejemplo, en el caso recién mostrado, la cantidad de círculos por planos es tres, al igual que la cantidad de evoluciones de diámetro pero, en cambio, la cantidad de pares de evolución de X e Y es de dos. Esta situación se produce debido a que en el entrecruzamiento de genes que se produce en la reproducción, cada gen viene de una padre diferente y por ende posee diferentes cantidades. Esto ya se mostró en la tabla "ejemplo de asignaciones de 3 parámetros según la cantidad de círculos", expuesto algunas páginas atrás.

Debajo podemos ver el método "cargarVectores()":

```
void cargarVectores() {

    vc = new VectoresCirculo[ cantCirculos ];

    if ( cantEvDiametro>0 ) {
        if ( cantEvXY>0 ) {

            for ( int i=0 ; i<cantCirculos ; i++ ) {

                vc[i] = new VectoresCirculo();
                int cual = i % cantEvDiametro;
                int cualXY = i % cantEvXY;

                vc[i].d=evDiametro[ cual ].crearVector(
cantPlanos );
                vc[i].x = evX[ cualXY ].crearVector( cantPlanos );
                vc[i].y = evY[ cualXY ].crearVector( cantPlanos );
            }
        }
    }
}
```

<
Código: método "cargarVectores()" de la clase "Escultura"

```

}
    else {
        println("ERROR: faltan EvXY");
    }
}
    else {
        println("ERROR: faltan EvDiametro");
    }
}

```

El método se ocupa de armar las líneas de evolución para los círculos que intervienen en la forma de los planos. En el caso que venimos revisando, la cantidad de círculos es tres, por eso el “ciclo-for i” se encarga de construir tres líneas. Para poder pasar los parámetros a la clase “EmpalmeMultiples”, el método “cargarVectores()” se encarga de cargar un arreglo llamado “vc”, que pertenece a la clase “VectoresCirculo” que se muestra debajo:

```

class VectoresCirculo {

    float x[];
    float y[];
    float d[];

    VectoresCirculo() {
    }
}

```

La clase “VectoresCirculo” posee un arreglo para guardar la evolución del diámetro y otro dos para las evoluciones de la posición. En las siguientes líneas, extraídas del método, se usan los arreglos “evDiametro[]”, “evX[]” y “evY[]” (que son de la clase “VectorArbolXML”) para crear los valores de los vectores “d”, “x” e “y” de la clase “VectoresCirculo”:

```

...
vc[i].d = evDiametro[ cual ].crearVector( cantPlanos );
vc[i].x = evX[ cualXY ].crearVector( cantPlanos );
vc[i].y = evY[ cualXY ].crearVector( cantPlanos );
...

```

En dichas líneas, el contador “i” designa el número de círculo, mientras que las variables “cual” y “cualXY” designa de cuáles evoluciones se toman los valores de estos arreglos. En el caso que estamos revisando, la variables “i” adoptará valores entre 0 y 2 (inclusive), al igual que la variable “cual”, pero “cualXY” sólo adopta dos valores, 0 y 1. Como se puede ver, se ejecuta el método “crearVector()” para cargar los valores del arreglo destino: “vc[]”. Debajo se muestra una tabla con los valores de los vectores “x[]”, “y[]” y “d[]”



Código: clase “VectoresCirculo”

]" de cada uno de los elementos "VectoresCirculos" (llamados aquí Circulo 0, 1 y 2) del arreglo "vc[]". Notaremos que los arreglos "x[]" e "y[]" de los círculos 0 y 2 coinciden ya que provienen de las

planos	Circulo 0			Circulo 1			Circulo 2		
	d	x	y	d	x	y	d	x	y
[0]->	100,00	106,07	0,00	130,96	0,00	-132,99	10,00	106,07	0,00
[1]->	100,00	141,27	-21,43	146,22	7,14	-89,08	30,71	141,27	-21,43
[2]->	100,00	149,25	-42,86	149,68	14,29	-29,19	51,43	149,25	-42,86
[3]->	100,00	128,48	-64,29	140,67	21,43	31,74	72,14	128,48	-64,29
[4]->	100,00	82,95	-85,71	120,94	28,57	78,52	92,86	82,95	-85,71
[5]->	100,00	21,43	-107,14	94,29	35,71	99,49	113,57	21,43	-107,14
[6]->	100,00	-44,21	-128,57	65,84	42,86	89,42	134,29	-44,21	-128,57
[7]->	100,00	-101,34	-150,00	41,09	50,00	50,82	155,00	-101,34	-150,00
[8]->	100,00	-138,94	-171,43	24,79	57,14	-6,69	175,71	-138,94	-171,43
[9]->	100,00	-149,76	-192,86	20,10	64,29	-68,76	196,43	-149,76	-192,86
[10]->	100,00	-131,73	-214,29	27,92	71,43	-119,92	217,14	-131,73	-214,29
[11]->	100,00	-88,32	-235,71	46,73	78,57	-147,41	237,86	-88,32	-235,71
[12]->	100,00	-27,89	-257,14	72,92	85,71	-144,38	258,57	-27,89	-257,14
[13]->	100,00	37,92	-278,57	101,43	92,86	-111,58	279,29	37,92	-278,57
[14]->	100,00	96,42	-300,00	126,78	100,00	-57,19	300,00	96,42	-300,00



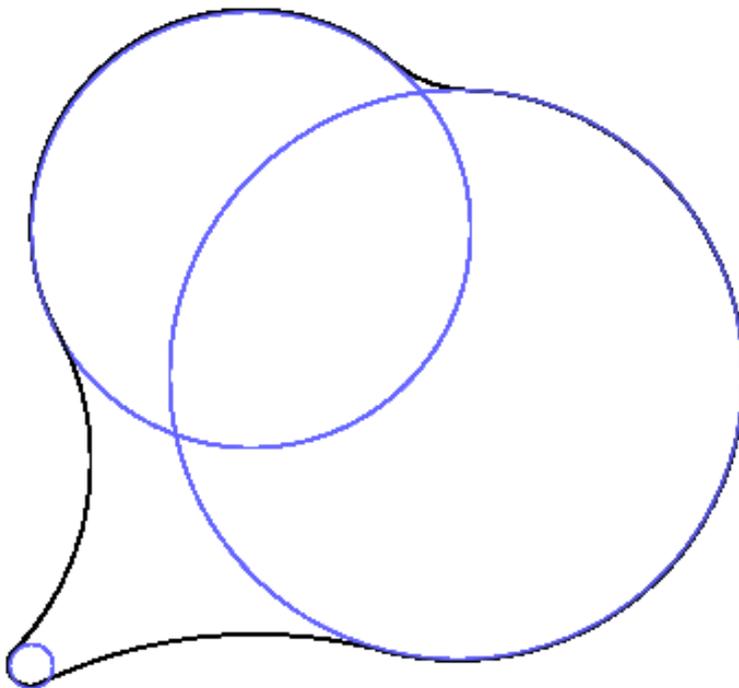
Tabla de valores del arreglo "vc[]" una vez cargado por el método "cargarVectores()"

mismas curvas de evolución:

Cada línea de la tabla de arriba representa un plano de la forma, en la que se describe la posición (en X e Y) y el diámetro de tres círculos. Las columnas representan la evolución de cada parámetro, por ejemplo, la tercer columna representa la evolución de la variable Y del primer círculo, que debido a una curva lineal evoluciona de 0 a -300. De esta forma, si tomamos la primer línea (que tiene índice 0)



Imagen del primer estrato obtenido a partir de los parámetros



y construimos los círculos y sus empalmes obtenemos este plano:

Mientras que si tomamos la sexta línea (que tiene índice 5) obtenemos la siguiente forma:

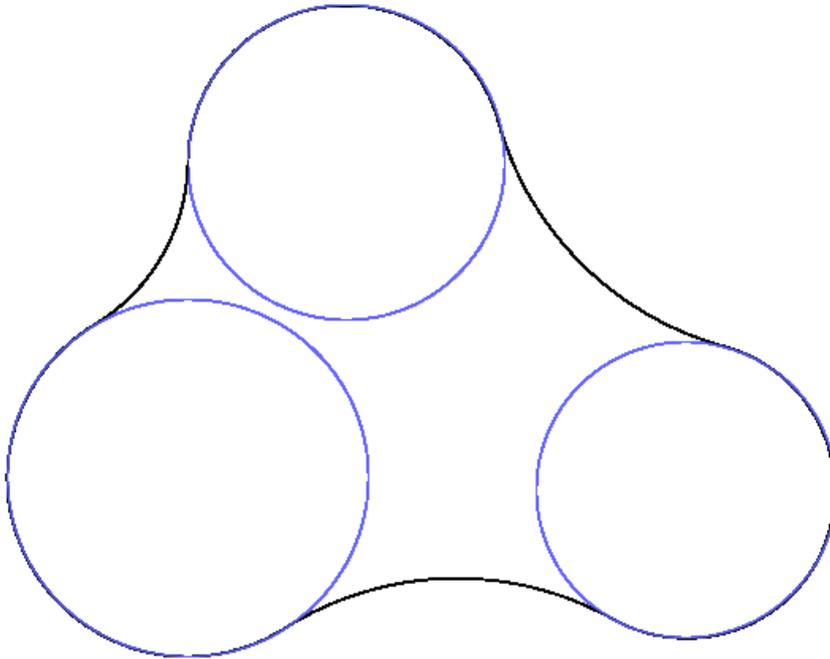
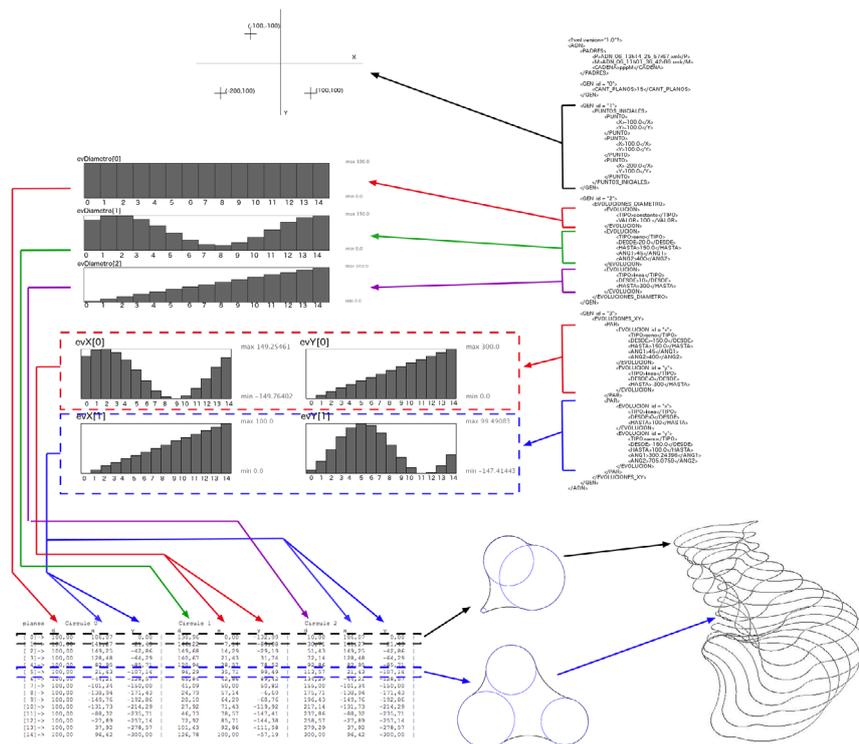


Imagen del sexto estrato obtenido a partir de los parámetros

Por último, mostramos a continuación un esquema del proceso completo de transformación (traducción) desde la información del ADN (codificado en XML) hasta la forma final por planos seriados. En dicho esquema puede observarse como de cada <GEN> se obtienen las curvas de evolución que luego completan los parámetros que determinan la construcción de los planos:



Esquema completo de la construcción de la forma a partir del ADN

Entrecruzamiento genético

Una vez que se ha logrado organizar el ADN como se mostró en las secciones anteriores, la tarea de entrecruzamiento se facilita, ya que para obtener un espécimen mezcla de otros dos, sólo es necesario elegir un <GEN> al azar de cualquiera de los padres.

```
ArbolXML cruzarGenes( int padre, int madre ) {  
  
    ArbolXML nuevoAdn = new ArbolXML( "ADN" );  
  
    ArbolXML genesPadre = gestores[ padre ].adn;  
    ArbolXML genesMadre = gestores[ madre ].adn;  
  
    ArbolXML hijo = new ArbolXML( "PADRES" );  
  
    ArbolXML nieto = new ArbolXML( "P" );  
    nieto.agregarContenido( gestores[ padre ].archivo );  
    hijo.agregarHijo( nieto );  
  
    nieto = new ArbolXML( "M" );  
    nieto.agregarContenido( gestores[ madre ].archivo );  
    hijo.agregarHijo( nieto );  
  
    String cadena = "";  
  
    for ( int i=0 ; i<4 ; i++ ) {  
        cadena += ( random( 100 )<50 ? 'p' : 'M' );  
    }  
  
    nieto = new ArbolXML( "CADENA" );  
    nieto.agregarContenido( cadena );  
  
    hijo.agregarHijo( nieto );  
  
    nuevoAdn.agregarHijo( hijo );  
  
    ArbolXML esteGen = null;  
  
    for ( int i=0 ; i<4 ; i++ ) {  
  
        String etiqueta = i+"";  
  
        if ( cadena.charAt(i) == 'p' ) {  
  
            esteGen = buscarHijoConNombreId( genesPadre, "GEN", etiqueta );  
        }  
        else {  
  
            esteGen = buscarHijoConNombreId( genesMadre, "GEN", etiqueta );  
  
        }  
    }  
}
```



Código del método cruzarGenes

```
nuevoAdn.agregarHijo( esteGen );  
}  
  
return nuevoAdn;  
}
```

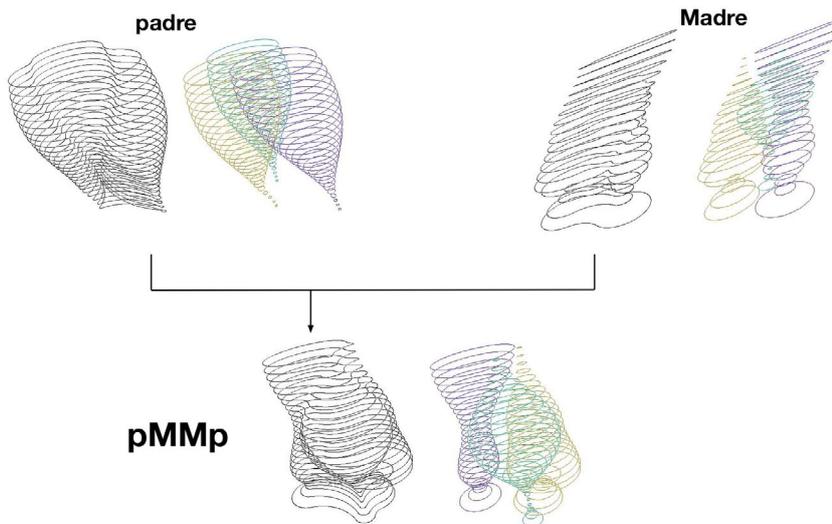
En el código de arriba podemos ver el método que se encarga de combinar genéticamente dos especímenes. Tal como se muestra en el recorte de arriba, una de las partes principales es la que elige al azar de cuál de los dos padres tomará cada gen. Esta información luego la guarda para poder seguir la forma en que se originó la herencia:

```
...  
for ( int i=0 ; i<4 ; i++ ) {  
    cadena += ( random( 100 )<50 ? 'p' : 'M' );  
}  
...
```

En el siguiente recorte del código se ve la forma en que se construye un nuevo XML (usando la clase ArbolXML) tomando uno por uno genes (al azar) del padre o la madre:

```
...  
  
ArbolXML esteGen = null;  
  
for ( int i=0 ; i<4 ; i++ ) {  
  
    String etiqueta = i+"";  
  
    if ( cadena.charAt(i) == 'p' ) {  
        esteGen = buscarHijoConNombreId( genesPadre, "GEN",  
etiqueta );  
    }  
    else {  
        esteGen = buscarHijoConNombreId( genesMadre, "GEN",  
etiqueta );  
    }  
    nuevoAdn.agregarHijo( esteGen );  
}  
  
...
```

En el esquema de abajo se puede ver el proceso de herencia a partir del entrecruzamiento (crossover) entre los genes de dos formas. Aclaro nuevamente, la distinción ente padre y madre sólo es útil a los fines de identificar el origen de los datos en la crusa. Por eso, al lado del “hijo”, notaremos que se encuentra la cadena “pMMp” que indica el orden en que fueron tomados los genes para producir este:



Esquema de entrecruzamiento

Esta cadena significa que el primer <GEN> fue tomado del padre, mientras que el segundo y tercer fueron tomado de la madre y el último del padre nuevamente. Es decir:

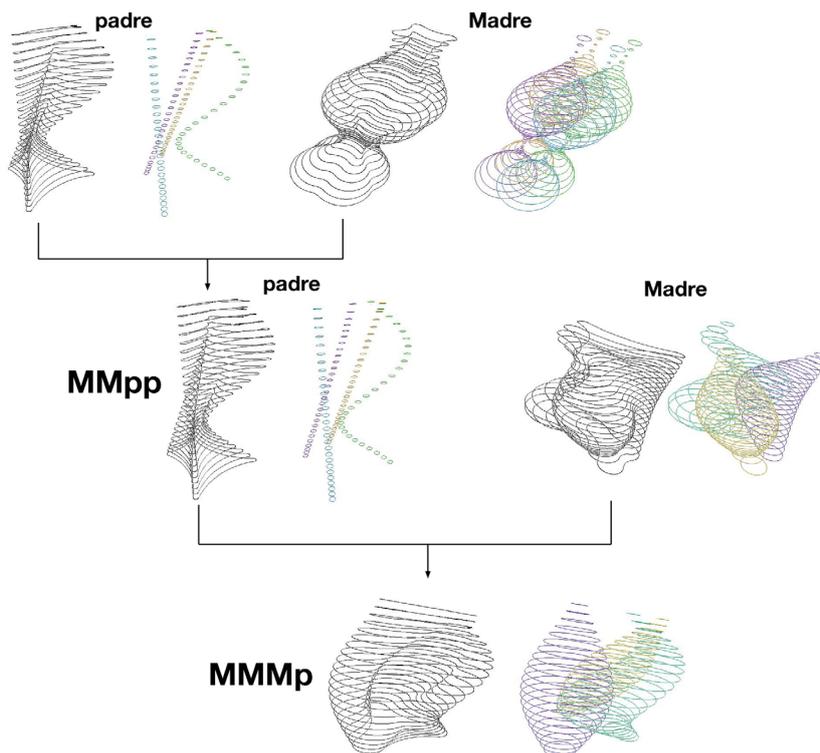
Del padre → Gen 0: Cantidad de estratos del plano seriado.

De la madre → Gen 1: Cantidad y posición inicial de los círculos.

De la madre → Gen 2: Evolución de los diámetros de los círculos.

Del padre → Gen 3: Evolución de las posiciones, traducible en la evolución de dos variables, X e Y.

Mostraremos, a continuación, un último ejemplo de herencia:



Esquema de entrecruzamiento

El ambiente de cruza

Hasta aquí hemos visto la forma en que se codificó la información constitutiva del volumen para poder cruzarlo con otros. Una vez superada esta etapa se desarrollo una interfaz que permite ver una cantidad determinada de esculturas y a partir de esto, seleccionar las elegidas para poder cruzarlas entre sí. Por ejemplo, en la imagen de abajo podemos ver 9 esculturas, 4 de ellas (las que poseen un círculo verde en la esquina superior izquierda de su recuadro) son las seleccionadas, y las 5 restantes (las que poseen cuadrados cruzados azules) son los resultantes de la cruza entre los 4 anteriores. El cuadrado de color rojo, indica que aún no han sido guardados (agregados) en la colección.

La dinámica de funcionamiento de esta interfaz es que en cada

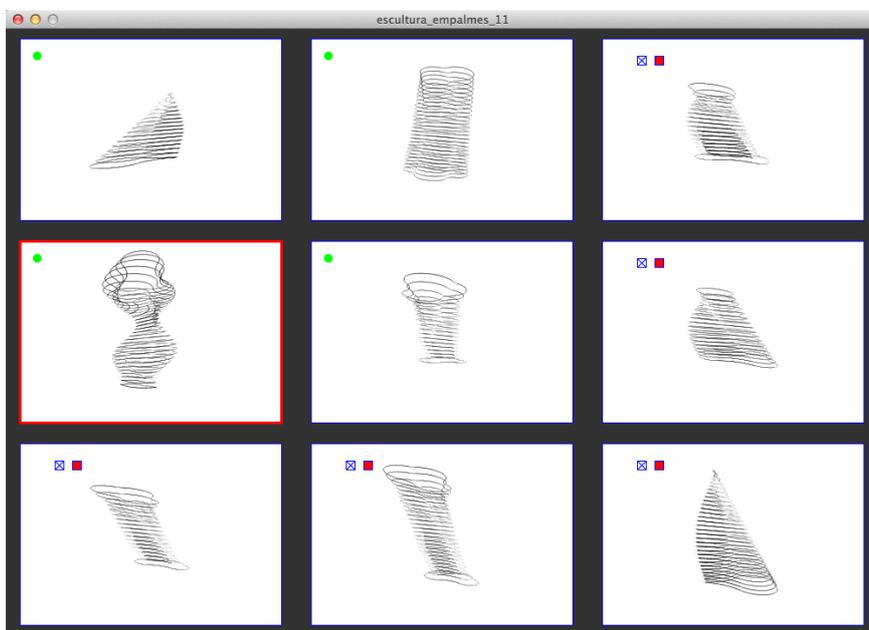


Imagen: Interfaz del ambiente de cruza

ciclo se selecciona aquellas esculturas que cumplen (o se acercan) al criterio deseado y se las cruza para suplantar a las no seleccionadas, en cada ciclo se puede redefinir la selección y volver a ejecutar la cruza para obtener nuevas. Paulatinamente se debería ir mejorando en las formas según el criterio deseado.

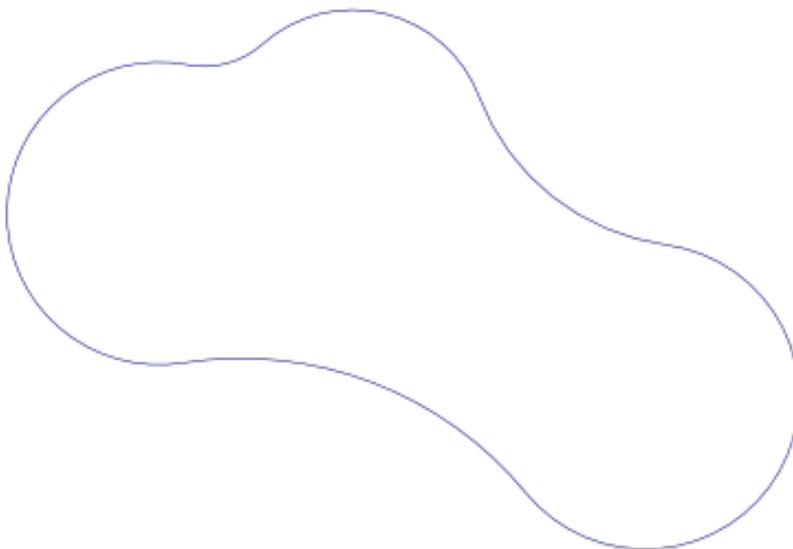
Traducción de la forma a SVG

Una vez finalizado el proceso de cruza y alcanzada la forma buscada, para poder crear la escultura a partir del diseño alcanzado, se traduce cada plano de la escultura a archivos SVG (Scalable Vector Graphics - Gráficos Vectoriales Redimensionables). Este formato es un tipo de archivo, de código libre y abierto, escrito en XML (lenguaje de marcas) y que constituye un standard. Uno de los principales software que los utiliza es el graficador vectorial InkScape, que es open-source, libre y multiplataforma.

La traducción de la escultura se hace escribiendo un archivo SVG por cada uno de los planos. Ya que los planos están conformados por secuencias de arcos empalmados, dicha traducción se hace escribiendo los parámetros de los arcos en el SVG. Debajo puede verse un ejemplo de un plano de una escultura escrito como SVG:

```
<?xml version="1.0" standalone="no"?>
<!DOCTYPE svg PUBLIC "-//W3C//DTD SVG 1.1//EN"
"http://www.w3.org/Graphics/SVG/1.1/DTD/svg11.dtd">
<svg viewBox = "0 0 1000 700" version = "1.1">
  <g stroke = "navy" stroke-width = "1" fill = "none">
    <path d = "M 447.20108 139.45192 A 78.979546 78.979546 0 0 1
379.5034 158.27121"/>
    <path d = "M 375.15158 430.69196 A 138.31306 138.31306 0 1 1
379.50342 158.27118"/>
    <path d = "M 813.7698 322.84317 A 212.02072 212.02072 0 0 1
644.02936 187.47371"/>
    <path d = "M 447.20108 139.4519 A 122.68579 122.68579 0 0 1
644.0293 187.4737"/>
    <path d = "M 375.15158 430.69196 A 333.758 333.758 0 0 1
686.4615 549.5826"/>
    <path d = "M 813.7699 322.8432 A 139.77722 139.77722 0 1 1
686.4615 549.5825"/>
  </g>
</svg>
```

El SVG recién detallado produce la siguiente forma:



No es intención de este texto explicar el formato SVG, pero para acercarnos al tema, podemos decir que la forma de arriba está construida a partir de la concatenación de 6 arcos que producen los empalmes. Cada uno de esos arcos se representa con una etiqueta `<path ... >` dentro del SVG. Dichas etiquetas sirven para hacer diferentes tipos de trazos a partir de sus parámetros, estas poseen los necesarios para hacer arcos a partir de establecer 6 valores numéricos: x_1 e y_1 (el punto inicial del arco), r_x y r_y (los radios vertical y horizontal del arco), x_2 e y_2 (el punto final). Debajo puede ver una línea del SVG y la posición de los parámetros más importantes:

```
<path d = "M 447.20108 139.45192 A 78.979546 78.979546 0 0 1
379.5034 158.27121"/>
```

```
<path d = "M x1 y1 A rx ry rotation flag flag2 x2 y2" />
```

x_1, y_1 _ donde empieza el trazo

x_2, y_2 _ donde termina el trazo

r_x, r_y _ los radios de la elipse

rotation _ cuanto se rota en el eje x cuando los radios son diferentes

flag _ 1-es el lado largo 0-el lado corto

flag2 _ por que lado de la linea entre los puntos pasa la elipse

Tal como comentamos al principio de este texto, el formato SVG es un standard de formato vectorial, lo que permite escalar la imagen a diferentes tamaños sin perder resolución, por otra parte, existen diferentes aplicaciones que permiten traducir dicha forma al formato GCode para ser usado en dispositivos de corte como una fresa de CNC.

Conclusión

El trabajo expuesto en el presente texto está aún en desarrollo y es probable que los siguientes avances produzcan nuevas problemáticas y hallazgos, por lo que dicho texto intenta mostrar el actual estado de avance del mismo, sin pretensiones de ser conclusivo. Quizás la pretensión del mismo ha sido la de mostrar como pasar del parámetro a la forma, de la forma a la codificación, de la codificación al proceso, del resultado del proceso a la factura física; es decir, mostrar la secuencia de procesos y transformaciones que permiten vincular los algoritmos genéticos con las formas escultóricas y a estas con el proceso de fabricación digital. Lejos de considerar esta secuencia de procedimientos, óptima, creo que aún queda mucho por modificar y mejorar. Una perspectiva más enfocada en el diseño, que en el procedimiento, revisaría seguramente los modos en que se produce la forma para proponer nuevas y

más potentes estrategias, ese sería mi anhelo. Pero mi búsqueda aquí fue la de poner a prueba una metodología, que como el texto muestra, se presenta potente a la hora de diseñar con técnicas generativas. Debo para próximos trabajos abordar diseños más acabados, y espero que el actual texto sea de utilidad a otros que emprendan este camino.

2013

Emiliano Causa

Referencias

- Jakob Jenkov, “SVG Path elements”, en línea, consultado el 16/Dic/2013,
<http://tutorials.jenkov.com/svg/path-element.html>
- “SVG Tutorial”, en línea, consultado el 16/Dic/2013, <http://www.w3schools.com/svg/>
- “SVG Reference”, en línea, consultado el 16/Dic/2013, http://www.w3schools.com/svg/svg_reference.asp
- “GCode Reference”, en línea, consultado el 16/Dic/2013, <http://linuxcnc.org/docs/html/gcode.html>
- “TxapuCNC”, en línea, consultado el 16/Dic/2013, <http://txapuzas.blogspot.com.ar/2009/12/txapu-cnc-software.html>
- “FabCentral”, en línea, consultado el 16/Dic/2013, <http://fab.cba.mit.edu/>

Proyecto mOpP

Desarrollo de una herramienta para proyecciones de video sobre un volúmen.

El presente documento es una descripción del trabajo de investigación llevado a cabo en el EmmeLab⁷ durante los años 2011 y 2012.

Director: Ing. Emiliano Causa

Autores: Francisco Alvarez Lojo, Ezequiel Rivero, Ariel Uzal.
(integrantes del Laboratorio EmmeLab)

Resumen

El video-mapping, también conocido como projection-mapping o sencillamente mapping, consiste en la proyección de imágenes sobre una superficie con más de un plano y/o con una posición que no es perpendicular al haz central del cono de luz. El problema principal que esto genera es que la imagen proyectada se verá deformada pues la misma recorrerá diferentes distancias antes de llegar a la superficie de proyección. En los últimos años, este recurso ha sido utilizado cada vez con mayor frecuencia. Gracias a la mayor accesibilidad de equipos tecnológicos avanzados y a la existencia en internet de una mayor cantidad de comunidades y foros dedicándose a este tema. Sin embargo, sólo existen unas pocas herramientas desarrolladas específicamente para trabajar con mapping que tengan en cuenta la mayoría de los problemas que pueden ser encontrados durante el desarrollo de una pieza de este tipo.

Es por eso que el grupo Emmelab comenzó a desarrollar en el 2011 un trabajo que utilizaría mapping y un software capaz de abordar sus principales problemas.

El resultado del proyecto se denominó mOpP, y consta de una escultura envuelta completamente por una proyección de imágenes interactivas generadas en tiempo real.

mapping

Projection mapping

proyecciones volumétricas

realidad aumentada

processing

Introducción al video-mapping.

En estos años hemos visto aparecer, cada vez con más frecuencia, el uso de un recurso visual llamado video-mapping. Este recurso es una manifestación de realidad aumentada, donde la intención principal es generar una fusión verosímil entre la imagen proyectada y el aspecto de un objeto físico, ya sea una escultura, una escenografía o la fachada de un edificio.

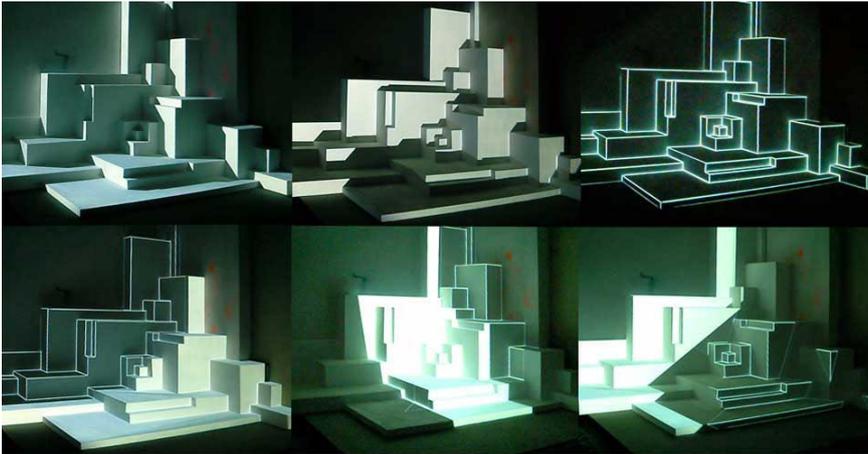


Figura 1

"Augmented Sculpture" (2007)
Pablo Valbuena

Fuente: <http://artintelligence.net/review/wp-content/uploads/2008/01/valbuenapablostybd.jpg>

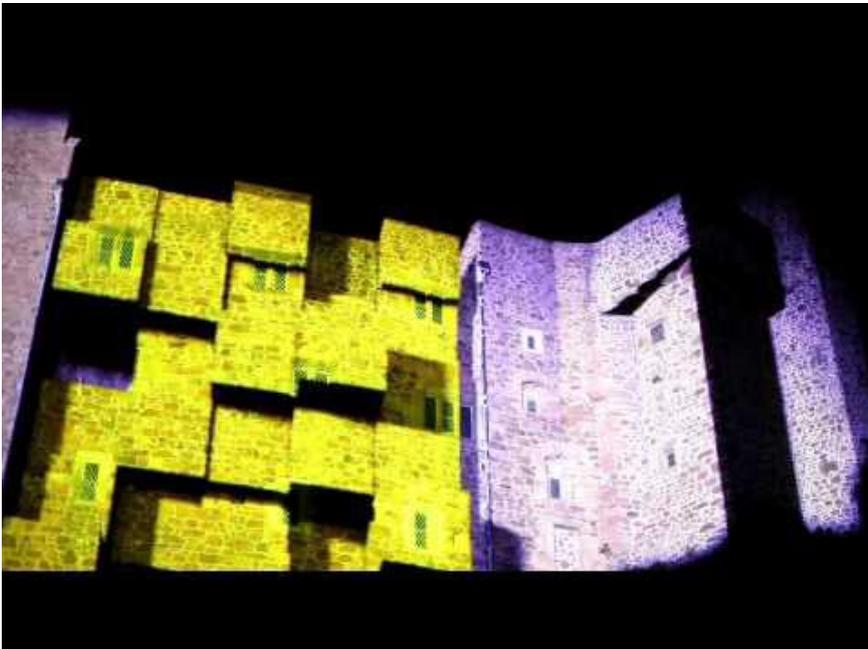


Figura 2

"Battle of Branchage"
(2009)
grupo Seeper

Fuente: <https://i1yimg.com/vi/zdX4JYsLYtc/maxresdefault.jpg> - http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTgnj0PFhqIQfv9U7gCzvbCo_q72pBAQH6kGkkX-fPMg_wMGKM&t=1

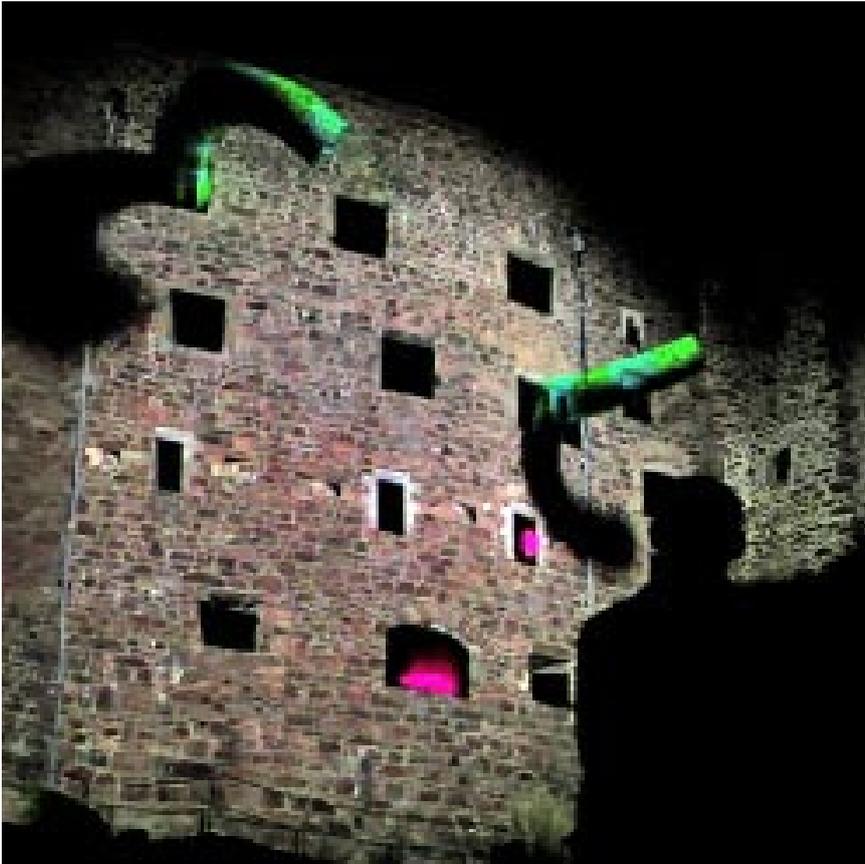


Figura 3

"Battle of Branchage"
(2009)
grupo Seeper

Fuente: <https://i.ytimg.com/vi/zdX4JYsLYtc/maxresdefault.jpg> - http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTgnj0PFhqlQfv9U7gCzvbCo_q72pBAQH6kGkkX-fPMg_wMGKM&t=1



Figura 4

"Presentación de Peugeot 308"
Radugadesign
(2011)

Fuente: <http://www.blogcdn.com/jp.autoblog.com/media/2012/01/audi-video-map.jpg> - http://i4.ytimg.com/vi/R1_hLOW1vb4/0.jpg



Figura 5

"Presentación de Peugeot 308"
Radugadesign
(2011)

Fuente: <http://www.blogcdn.com/jp.autoblog.com/media/2012/01/audi-video-map.jpg> - http://i4.ytimg.com/vi/R1_hLOW1vb4/0.jpg

Aunque mayormente ha sido utilizado en el campo de la expresión artística, el espectáculo y la publicidad, tiene también aplicaciones prácticas como la previsualización de un diseño en producción, o una representación más intuitiva de alguna información.

El problema principal que plantea una representación mapeada es que la imagen virtual, al incidir de manera no perpendicular sobre la superficie a mapear, sufre una deformación a causa de que los haces de luz recorren distancias diferentes desde la fuente hasta su destino.

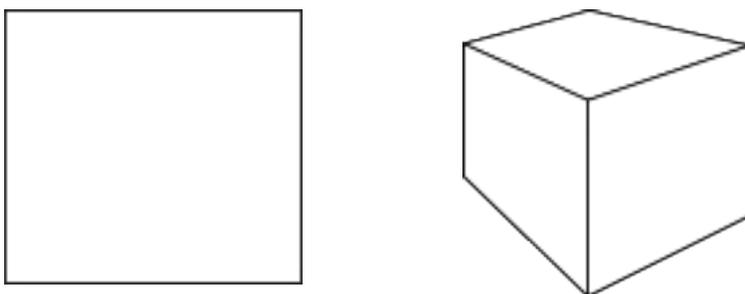


Figura 6 - 7

Izquierda: Plano continuo bidimensional

Derecha: Planos múltiples adyacentes

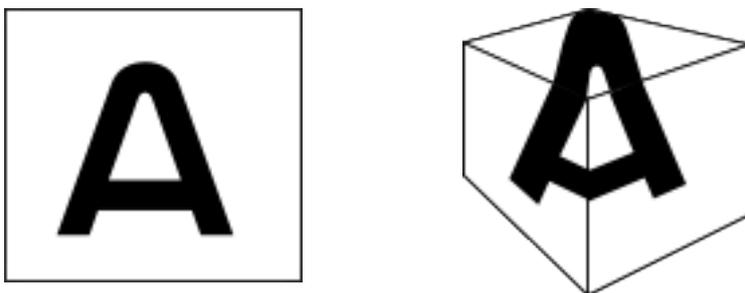


Figura 8 - 9

Izquierda: Proyección de una imagen sobre un plano

Derecha: Proyección de una imagen sobre un cuerpo

La solución es sencillamente contrarrestar esta deformación óptica con una deformación inversamente proporcional sobre la imagen emitida.

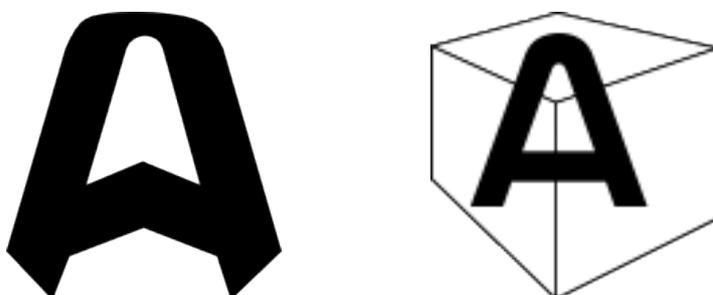


Figura 10 - 11

Izquierda: imagen emitida

Derecha: proyección resultante

Para llevar a cabo esto, hay dos caminos generales. Uno de ellos consiste en la creación de un modelo virtual o físico del objeto que sirva como soporte a la proyección, mientras que el otro consiste en calibrar las deformaciones que afectan la proyección a mano.

Consideraciones generales del contenido

A la hora de planificar un contenido, sin importar que metodologías se utilicen para realizarlo, es deseable tener claro qué nivel de detalle tendrá la deformación compensatoria y que tan estrecha será la relación semántica entre el objeto físico y la imagen virtual.

Siempre será más rico mostrar imágenes que produzcan un diálogo interesante entre los dos aspectos de la representación y siempre producirá una ilusión más fuerte cuando todos los detalles que tiene la superficie proyectada estén mapeados.

Sin embargo, cada proyecto tiene requerimientos diferentes y es necesario una consideración particular sobre la interacción entre estos elementos.

Otro aspecto que hay que tener en cuenta respecto a la producción de contenido, es definir que elementos del mapeo serán predefinidos y cuales estarán sujetos a variaciones durante la ejecución del mismo. Normalmente cada proyecto tendrá una configuración diferente, dependiendo de varios factores: la escala del mapeo, la posición y forma del objeto a proyectar, la intención de la representación, la disposición de la fuente de proyección, el nivel de interacción posible, etc.

Contenidos predefinidos

Los elementos predefinidos del contenido son aquellos que son creados previamente al mapeo en sí. En la mayoría de los casos donde la imagen y el objeto tienen una fusión fuerte, suele haber una gran cantidad de elementos predefinidos, sobre todo un modelo ya sea virtual o físico del objeto a mapear.

Cuanto más cantidad de elementos estén predefinidos, ciertas características se verán beneficiadas, como el nivel de detalle que puede alcanzar la representación, la ilusión de realidad aumentada, predictibilidad del resultado, los requerimientos técnicos necesarios durante la puesta, etc. A su vez, se reduce la cantidad de interactividad/variabilidad posible en el contenido del proyecto, aumenta la dificultad de solucionar problemas inesperados durante el montaje y ejecución, etc.

Contenido dinámico

Los elementos dinámicos del contenido son aquellos que se generan o modifican durante la ejecución del mapeo. Estos elementos son los que permiten a un proyecto tener mayor o menor variabilidad, abriendo la posibilidad a la interactividad con estímulos producidos por usuarios, bases de datos o cualquier otra entrada de información, en tiempo real. Estos elementos son capaces de dar una gran flexibilidad al proyecto, permitiendo que pueda variar en

vivo tanto la imagen virtual como el objeto físico, y dando mayor posibilidades para resolver distintos problemas que puedan surgir durante una puesta. Sin embargo, cuantos más elementos dinámicos tiene el contenido, el tiempo de montaje y las necesidades de equipamiento técnico suelen ser considerablemente mayores, además de dificultar la cantidad de detalle que puede tener la relación del aspecto virtual con el físico. Esto significa que el contenido dinámico permite la generación o modificación en tiempo real de ciertos aspectos del mapping.

Objetivo

La intención del emmeLab consistía en crear una obra que diera la oportunidad de explorar el uso de video-mapping para poder reconocer y estudiar sus principales problemas y posibilidades. Habiendo observado que la mayoría de los casos de video-mapping trabajaban con videos creados de forma previa al montaje, ejecutados de forma autónoma, se propuso desarrollar un trabajo que incluyera tanto video-mapping, como interactividad e imágenes generadas en tiempo real.

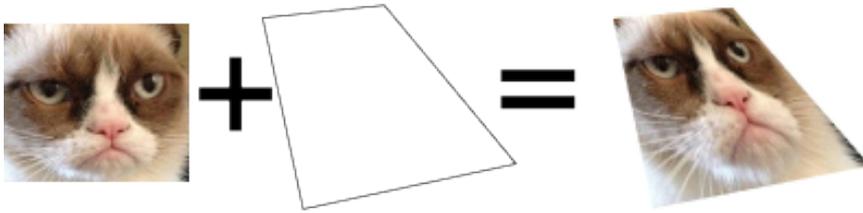
También se decidió usar como objeto de proyección una escultura creada por el emmeLab específicamente para este caso, aprovechando las ventajas que esto conlleva; era más fácil e interesante generar una estética si se tiene el control tanto del aspecto virtual como el físico, también la escultura estaría en completa disposición para cualquier prueba durante el proceso de producción, así como para cualquier modificación necesaria que surgiera.

Para la creación de las imágenes que caerían sobre la escultura se decidió trabajar con arte generativo pues este permitirá un interesante dinamismo siempre contrastando sobre la firmeza del objeto físico. Arte generativo se refiere a una pieza de arte que ha sido creada en parte o completamente por un sistema autónomo que desliga al autor de cualquier decisión directa durante su desarrollo.

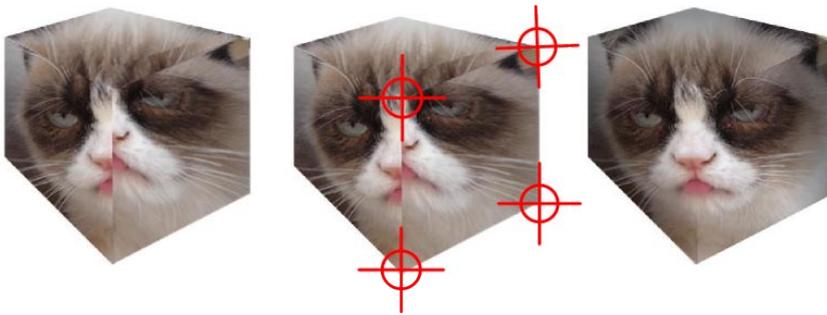
Proceso

Para las pruebas iniciales se usó como soporte de proyección dos cubos de telgopor. Para el software que creará las imágenes se utilizó Processing, un lenguaje de programación abierto y gratuito basado en java ampliamente utilizado en el campo de las artes digitales por ser fácilmente abordable y tener una amplia comunidad activa que colabora en su crecimiento.

Lo primero que se hizo fue texturizar un polígono por cada cara de los cubos. Esto es, tomar una imagen digital y aplicarla sobre un polígono de manera que la imagen digital puede verse estirada, recortada y/o repetida.

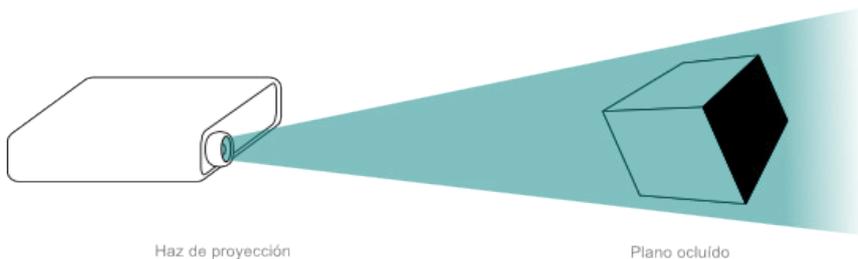


La imagen era generada automáticamente en el código del programa. Luego se proyectaba sobre el cubo los polígonos texturados, y se movían los vértices de las figuras proyectadas hasta hacerlos coincidir con los vértices de las caras físicas del cubo.



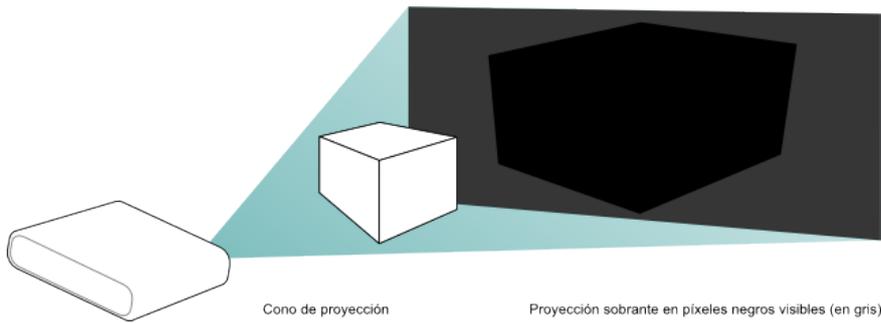
En este punto se observaron varias situaciones.

La luz que emite el proyector tiene una dirección dada, esto significa que hay caras que quedarán ocluidas. Es imposible que se envuelva un objeto enteramente desde un único punto de emisión.

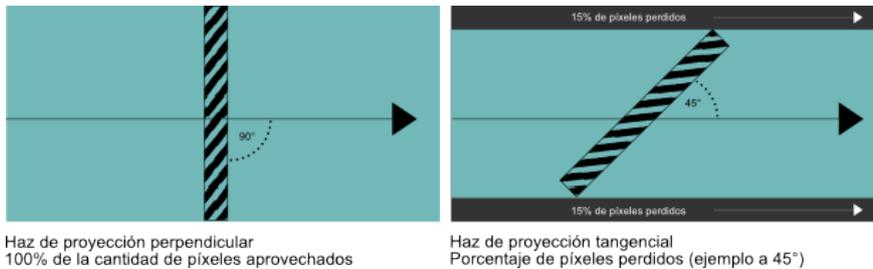


El proyector debe colocarse de manera que el cono de proyección abarque todo el objeto a proyectar, o al menos la zona que se desea mapear, esto causa que gran cantidad de la proyección caiga por fuera del objeto.

Esto significa que gran parte de la proyección es desperdiciada, e incluso en algunos casos puede ser problemático que se vea parte de la luz del proyector (incluso emitiendo píxeles negros se suele observar un rectángulo de luz gris oscuro) más allá de los límites del objeto proyectado.



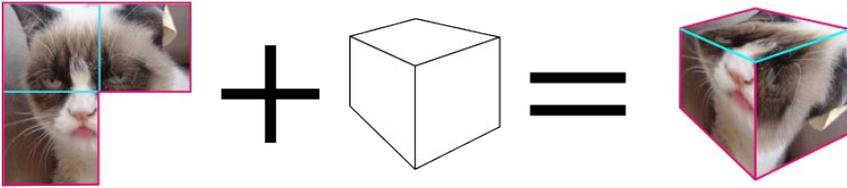
La dirección de la luz tiene otro efecto sobre la proyección. Un ángulo de incidencia totalmente perpendicular sobre un plano proyectado es óptimo, pero a medida que el ángulo es menor y la el haz se vuelve más rasante, menos píxeles caen sobre una misma cantidad de superficie física, causando que cada cara del cubo tenga diferentes niveles de resolución en su imagen.



Las imágenes utilizadas para cada textura son independientes entre sí, esto vuelve imposible generar una continuidad entre las diferentes caras del cubo y atenta contra la ilusión de una textura envolvente propia del objeto.

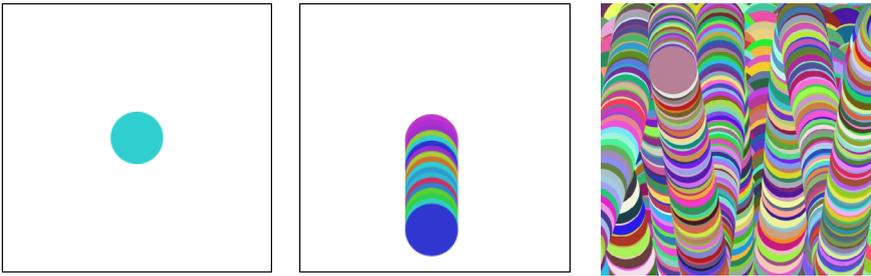
La solución obvia al problema de la oclusión consiste en tener un proyector extra colocado de manera que alcance con su luz las caras que el primero no pudo iluminar. Pero también se encontró que en algunas circunstancias podría generarse un punto de emisión de imagen extra, sin la necesidad de otro proyector: Por un lado los trapecios creados para realizar el mapeo tienen que estar en coincidencia con las caras del objeto correspondientes, pero por otro lado no necesitan tener una relación relativa entre ellos, es decir que los trapecios pueden estar en cualquier lugar de la imagen emitida siempre y cuando al caer sobre el objeto coincida con el objeto físico. Teniendo en cuenta esto, si se coloca un espejo más allá del objeto, redirigiendo aquellos haces que sobran del cono de proyección, se puede redirigir estos píxeles perdidos y hacerlos caer en las caras ocluidas.

La unificación de las texturas era el más complejo e interesante de los anteriores problemas, pues es una fuerte restricción a la hora de generar texturas, y si no se soluciona, no puede esperarse que las imágenes generadas en tiempo real puedan interconectar una cara y otra de forma coherente.

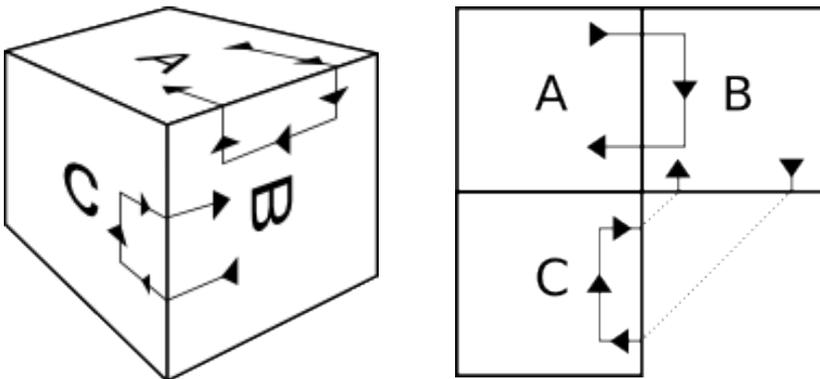


Otros programas que utilizan el mismo modo de polígonos texturizados para compensar las deformaciones no parecen abordar el problema, pues en general solo funcionan para mostrar las imágenes mapeadas, pero no generarlas. La intención de la investigación era crear una plataforma unificada, que permitiera calibrar y producir imágenes, sin necesidad de tener un modelo predeterminado del objeto a proyectar, manteniendo la coherencia de la superficie entera.

Uno de los métodos más comunes para generar arte generativo visual consiste en tener uno o más elementos (llamados agentes) dibujando acumulativamente en un marco dado, dejando que con el tiempo se vaya generando una textura que cambia continuamente hasta que los agentes sean detenidos.

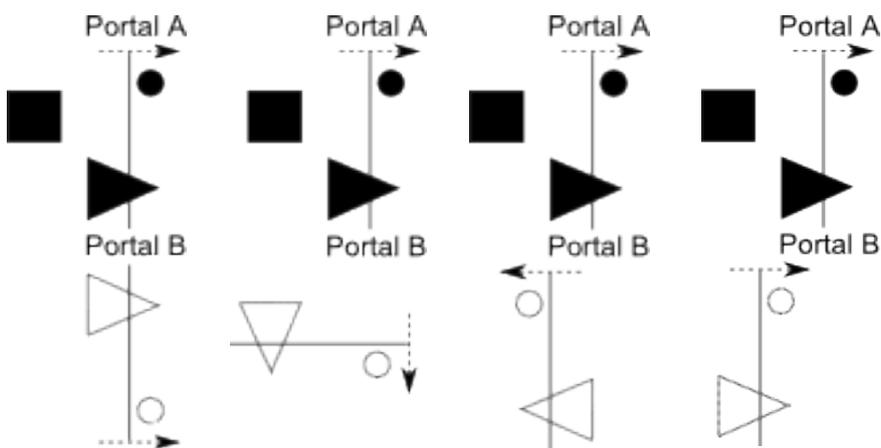


Como era necesario poder generar este tipo de textura para la proyección, hubo que encontrar una forma para que los agentes pudieran recorrer toda la superficie como un solo espacio, debían poder pasar de una cara a cualquier cara adyacente de forma coherente.



Aproximación sobre el software

La primera solución que se planteó fue diseñar una clase (un objeto abstracto de programación) de processing que representaría las aristas del soporte proyectado en forma de segmentos que funcionarían como si fueran pares de portales. Es decir que cualquier elemento gráfico que tuviese un vector de movimiento y cruzara un portal vería modificadas su posición y velocidad de forma relativa a la relación que había entre un portal y su par.



Estas aristas virtuales fueron programados con suficientes propiedades para abordar el problema. Poseían dos vértices que definen su posición, rotación y tamaño, uno de estos vértices era marcado como principal y tenía un vector que indicaba su normal. Estos pares de portales poseían una función que permite saber cuando un vector de movimiento en una posición dada lo cruzaría, y era capaz de devolver la posición y vector resultante al “transportarse” a su portal asociado.

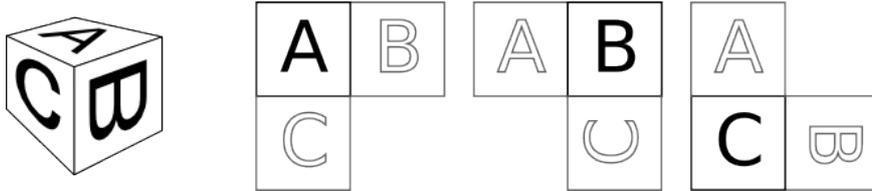
Tras varias pruebas se percibió que no solo los portales debían funcionar cuando un elemento los cruzara. Era necesario que cuando un elementos estaba suficientemente cerca como para que parte del mismo lo tocara, había que redibujar (duplicando) el elemento en el otro extremo del portal. Para esto se creo una funcion que además de tomar como argumento la posición, también se indicaba un diámetro, generando en definitiva un círculo abstracto alrededor de cada elemento visual (sin importar la forma de este elemento) que indicaba cuando era necesario registrar.

Aunque el sistema funcionaba, era inadecuado. La configuración era confusa, incluso en un objeto tan sencillo como un cubo, y los cálculos que debía realizar la computadora aumentaban en cantidad demasiado rápido, pues cada elemento debía ser comparado con cada portal existente, entonces no podía esperarse un buen rendimiento y calidad durante una ejecución en tiempo real.

Era necesario plantear una nueva forma de resolver el problema de continuidad.

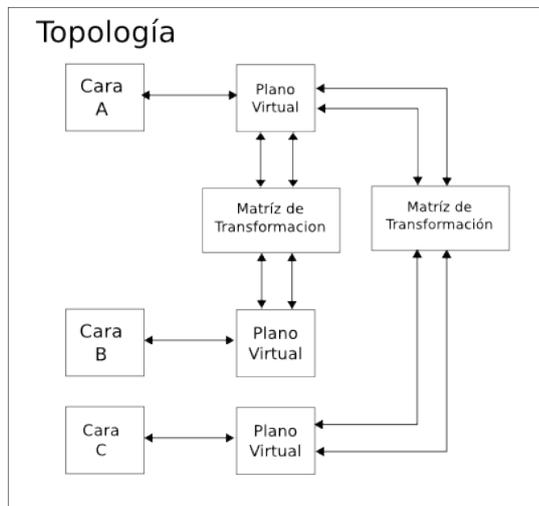
Sistema topológico

Se propuso un nuevo sistema, orientado más hacia cada plano de proyección que hacía las aristas. Cada cara del objeto tendría una representación virtual independiente, pero con información que indicase cuáles eran sus caras adyacentes y en que posición relativa estaban.



De esta manera se podría decir que hay una percepción diferente del resto de las superficies por cada cara. Así, sin importar la cara en la que se use de referencia, se puede tener una representación adecuada de la topología de los planos de proyección.

Para llevar a cabo esta solución se creó un sistema con diferentes clases interrelacionadas.



la “Topología” no es mucho más que un administrador para las diferentes instancias de “Cara” y “Plano Virtual”. Sus funciones permiten recorrer fácilmente todos los elementos que contiene para ejecutar las actualizaciones o realizar alguna modificación a todos ellos.

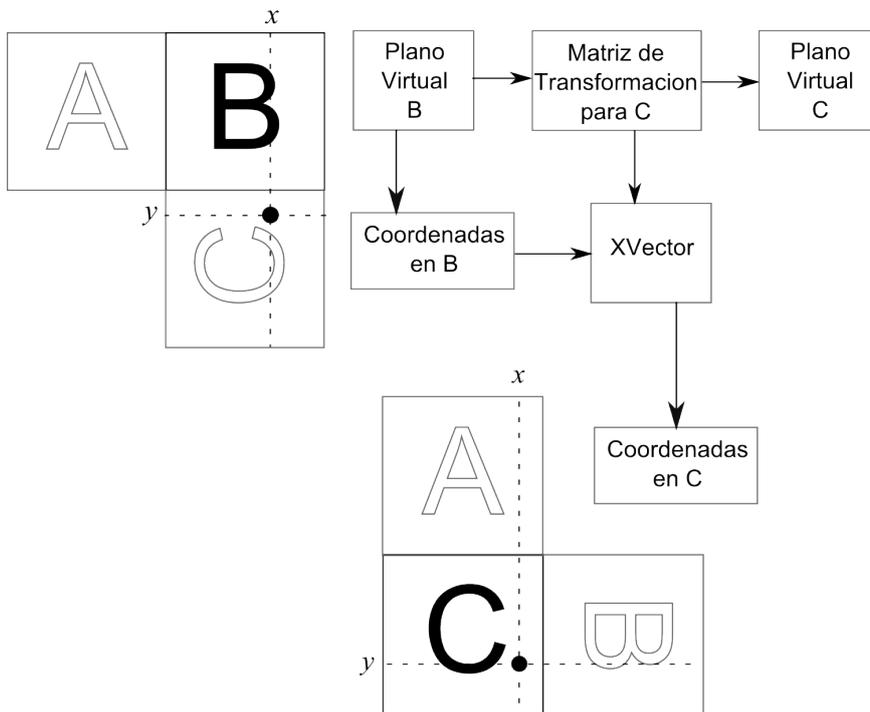
Cada cara proyectada del objeto físico tiene una representación en la forma de un objeto “Cara” y un “Plano Virtual” que están interconectados entre sí. La “Cara” virtual tiene la información de forma para dibujar el trapecio que se proyecta, mientras que el “Plano Virtual” contiene la imagen que se utiliza como textura para este trapecio. El “Plano Virtual” tiene también indexados todos los Planos Virtuales que sean adyacentes junto a las Matrices de Transformación que describen su posición relativa.

La “Matriz de transformación” contiene información de rotación y posición que indican cómo se relacionan las caras adyacentes entre sí.

Estas clases se combinan con las clases “XVector”, “Gráfico” y sus extensiones, para resolver las diferentes necesidades que surgen durante la generación de las imágenes de forma accesible.

La clase “XVector” tiene la función de permitir trabajar con posiciones y ángulos, sin que se pierda la coherencia de la topología entera. Ya sea para mover un punto usando un vector de velocidad, o para calcular la distancia entre dos puntos que estén en diferentes caras, este objeto tiene la función de darnos un resultado que respete la configuración que posee la superficie de proyección. Para utilizar las funciones de “XVector” se crea inicialmente una instancia temporal que usa como datos iniciales una coordenada cartesiana y una “Plano Virtual” como referencia de origen. Luego existen una serie de funciones que devuelven el mismo XVector con la información resultante de la operación realizada:

- **movPolar** : Como argumentos recibe una distancia y un ángulo. Toma la coordenada inicial y se la desplaza utilizando el vector polar recibido. Luego calcula la nueva coordenada cartesiana, y en caso de haber pasado a un nuevo plano, transforma la coordenada para ese nuevo plano indicando además cuál es.
- **puntoDeMiACara** : Toma una coordenada cartesiana desde el plano de origen, y un plano de destino como argumentos, entonces devuelve las coordenadas cartesianas de ese mismo punto, pero desde la perspectiva del plano de destino.
- **puntoDeCaraAMi** : La inversa de “puntoDeMiACara”, el punto calculado usa como referencia el plano pasado como argumento y lo traspa al plano de origen del XVector.
- **caraDePunto** : toma una coordenada como argumento y usando como referencia el plano de origen del XVector, devuelve el Plano Virtual que contendría ese punto.

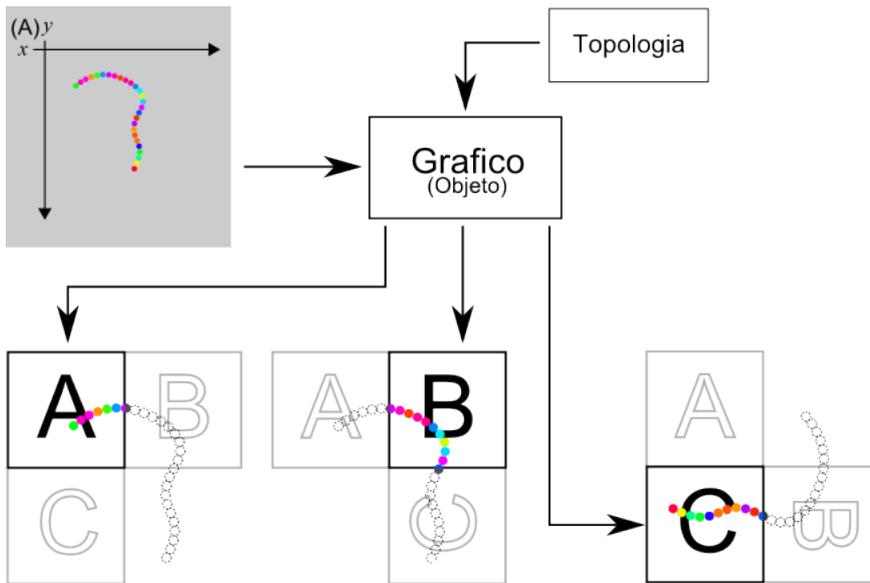


Este esquema representa el uso de “puntoDeMiACara” donde el punto de origen es una coordenada en el plano B, y se usa al XVector para que calcule ese mismo punto pero desde la perspectiva del plano C

La clase “Grafico” funciona como una interfaz entre la Topología y las funciones de dibujo de Processing. Cada una de estas funciones tiene un objeto que es una extensión de “Grafico” como por ejemplo “gLine” o “gRect”. Estos objetos permiten que el usuario pueda dibujar sobre la topología de la misma forma en que dibujaría sobre un applet de Processing normal con la única excepción que debe indicar la cara que se esta utilizando como referencia.

Básicamente cada una de las extensiones de la clase “Grafico” tienen dos funciones: una es “caraTocada” utilizada por el programa para calcular que texturas serían afectadas por la función de dibujo, y la otra es “forma” que posee las instrucciones que reproducen el gráfico en si.

El proceso que se lleva a cabo cada vez que se utiliza uno de estos objetos al dibujar, consiste básicamente en un recorrido por el Plano Virtual indicando como referencia y por todos los Planos Virtuales que sean adyacentes. Por cada uno de ellos que sea considerado “tocado” por el gráfico, se ejecuta la “forma” realizando antes las transformaciones necesarias de los valores geométricos que definen el dibujo (como los vértices en un triángulo, o el centro en una elipse).



Sin embargo, aunque este proceso parece complicado, el usuario del software no necesita más que llamar tan solo una de las funciones de dibujado basadas en las propias de Processing (por ejemplo “gEllipse”) indicando antes cual es la cara que debe usarse como referencia, del mismo modo que se indica el color de relleno antes de dibujarse un polígono.

Producción de la pieza

Cuando el software estuvo terminado, se pudieron tener en cuenta las ventajas y limitaciones que proporcionaba y se comenzó el desarrollo de la pieza específica con la que se implementaría el sistema.

Los requerimientos necesarios para responder a la intención inicial estaban resueltos; el sistema soportaba la capacidad de mapear una escultura y de generar una textura en tiempo real que la cubriera, pero el software presenta una limitación: las texturas generadas tendrán un marco rectangular necesariamente, es decir que el objeto debía tener caras rectangulares para funcionar de forma óptima con el programa.

Esto nos llevó a una escultura con un estilo semejante al del movimiento arquitectónico metabolista, con características estructurales que sugerían rigidez, ya que en este caso el componente orgánico propio del movimiento arquitectónico lo aportaría el comportamiento de la imagen proyectada.

Sin embargo, a pesar de surgir a causa de una limitación del sistema, las cualidades de la escultura eran un buen refuerzo semántico al concepto de la escultura como el aspecto físico, concreto y definido de la obra, mientras generaba un fuerte contraste con su contrapartida virtual, intangible y potencial.

Para definir la interacción en la obra se propuso una operación de usuario que continuó por esta línea. Se dio al usuario el rol de

“animar” la escultura, usando del soplido o la voz como forma de ingresar estímulos al sistema. La idea era que el sonido o el viento, a pesar de pertenecer al reino físico, puede asociarse con ciertas cualidades del reino virtual, como la impermanencia, la intangibilidad, funcionando de alguna manera como puente entre el aspecto virtual y el aspecto físico de la obra.

La escultura presenta algunas zonas sensibles al usuario, desde donde una textura se propagaron al resto de la escultura al detectar cualquier soplido o sonido que generase el usuario cubriendo zonas inactivas o chocando las propagaciones generadas por otros usuarios. Desde el momento que el usuario deja de estimular al sistema, las texturas comenzaron a perder impulso, regresando poco a poco al estado de pasividad inicial, aunque dejando rastros de su paso sobre la escultura que solo se verán modificadas al ser cubiertas por una nueva textura.

Fue necesario resolver una serie de problemas técnicos, más allá del video-mapping, para llevar a cabo la propuesta, principalmente la forma en que sería sensada la voz y el soplido de los usuarios.

Sensado de sonido

El sensado de sonido para Mopp fue resuelto mediante cuatro micrófonos electret, un circuito electrónico de amplificación desarrollado específicamente para este proyecto, una placa de microcontrolador Arduino, un puerto de comunicación inalámbrica Xbee y software escrito en Processing.

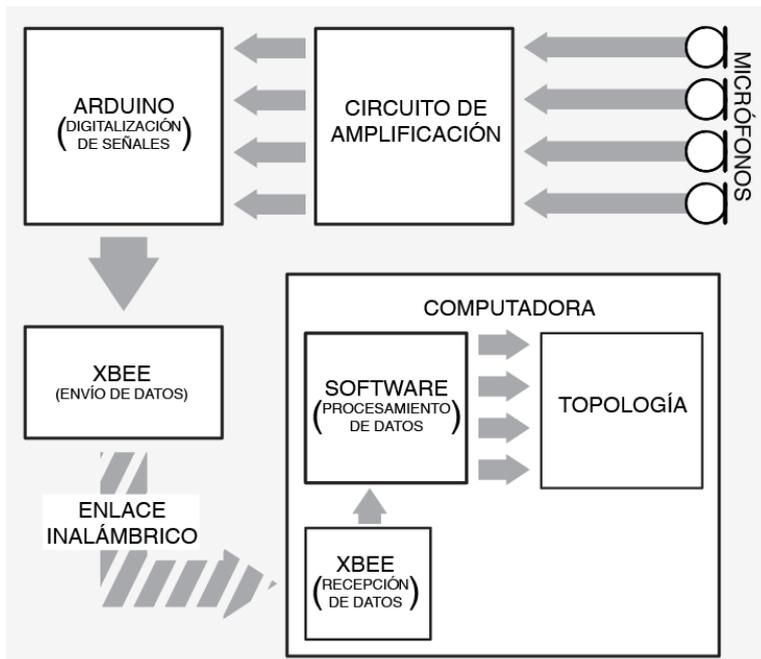
Los micrófonos están posicionados en las cuatro caras de la escultura, ocultos bajo su superficie.

El circuito amplificador alimenta y amplifica los micrófonos. Pasada la etapa de amplificación, la señal resultante de cada micrófono es transmitida de manera independiente a cuatro conversores analógico/digital de la placa Arduino.

La plataforma Arduino muestrea el valor de amplitud de cada una de las señales y las envía mediante comunicación serial (a través del puerto Xbee) a la computadora.

El software que recibe los datos utiliza un sistema de rampa para filtrar ruido en la señal y un parámetro de umbral para determinar si alguno de los micrófonos debería considerarse “activo”. La condición de activo/inactivo de cada micrófono es utilizada para disparar las animaciones que cubren la escultura, partiendo desde cada uno de los puntos bajo los cuales están ubicados los micrófonos.

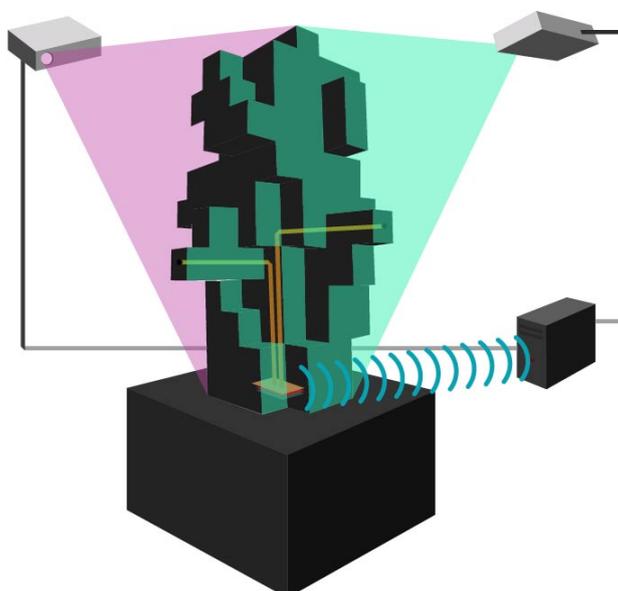
Este esquema representa la totalidad del sistema de sensado de sonido, y su vinculación con el software de mOpP.



Montaje de la obra:

Dadas las dimensiones de la pieza escultórica y la necesidad de que la proyección fuese capaz de envolverla casi por completo, fue necesario el uso de dos proyectores que atacaran el volumen desde ángulos opuestos. Estos se encontraban conectados a una computadora que generaba una imagen de 2048 x 768 pixels dividida entre los dos proyectores. El sistema de sensado de sonido fue oculto dentro del volumen a proyectar, y esto junto con el enlace inalámbrico permitieron sellar la escultura de manera que el equipamiento electrónico no influyera en el aspecto visual de la misma.

Esta ilustración muestra un esquema del montaje completo de la obra, con todos los elementos que intervienen en su funcionamiento.



Calibración del video-mapping

Durante las etapas iniciales del desarrollo del software, la calibración de los polígonos compensatorios se hacía entrando en un modo especial de configuración en el propio programa. Como esta modalidad era extremadamente tediosa e ineficiente, y la intención de la investigación era generar una herramienta al alcance de todos, se comenzó a desarrollar un sistema aparte para la calibración.

En una primera instancia se reemplazó el modo especial de configuración por un simple sistema de carga e interpretación de archivos XML, de manera que cualquiera pudiese desarrollar un programa capaz de generar la calibración que utilizaba la Topología. Luego se empezó a generar un programa a parte, que evolucionaba constantemente en cada prueba de proyección que se hacía sobre la escultura física.

De esta manera el programa de configuración acabó siendo muy versátil, con suficientes funcionalidades para resolver las problemáticas que se encontraban durante la etapa de calibración del video-mapping.

Conclusión

Con mOpP se intentó abordar el problema del video-mapping desde una perspectiva relativamente inexplorada, diseñando una plataforma de desarrollo que abre la posibilidad de generar contenidos independientes del modelo físico proyectado.

Este proyecto demuestra que aún queda mucho terreno por explorar en el ámbito del video-mapping, y que es necesario continuar el desarrollo de herramientas que faciliten el uso de este recurso.

El software de mOpP tiene el potencial, dada sus características, de ser expandidos y de asociarse con diferentes proyectos dedicados a la producción audiovisual interactiva. Es importante valorar la postura de código abierto que posee el proyecto, pues esto es lo que permite crecer a esta clase de herramientas, más allá de sus alcances iniciales.

Fuentes de internet

Processing:

Disponible en <<http://www.processing.org>>

Projection mapping:

Disponible en <<http://www.projection-mapping.org/>>

Pure data:

Disponible en <<http://www.puredata.info/docs>>

vvvv:

Disponible en <<http://www.vvvv.org/>>

Max-MSP:

Disponible en <<http://cycling74.com/>>

Paintingwithlight:

Disponible en <<http://paintingwithlight.bigfug.com/>>

// Notas

1. El Emmelab es un Laboratorio de investigación y experimentación en nuevas interfaces para el arte, dependiente del Departamento de Multimedia de La Facultad de Bellas Artes, UNLP.

INTIMatic, una obra de net art

Autor: Federico Joselevich Puiggrós

federico@ludic.cc

Proyecto de investigación “Nuevos territorios de la generatividad en las artes electrónicas: su convergencia con la robótica, la Realidad Aumentada y el Net.Art.” – Director Emiliano Causa-Facultad de Bellas Artes de la Universidad Nacional de La Plata (Argentina) – Diag.78 N° 680 Ciudad de La Plata.

Resumen

INTIMatic es una obra de net art que consiste en un conjunto de aplicaciones para dispositivos móviles, teléfonos celulares y tablets y para computadoras personales y una página web en donde se propone al interactuador sacarse fotos que serán procesadas para tapar su cara con una banda de píxels, generando automáticamente una situación de preservar la intimidad, basado en la obra *Intimidad Romero*.

intimidad

fotografía

procesamiento de imagen

reconocimiento facial

Identidad y Privacidad en Internet

La incorporación de Internet en la vida cotidiana del ser humano ha implicado un cambio en la relación de lo público y lo privado. Si bien, los dispositivos móviles, y las computadoras personales, a través de sus interfaces de usuario, intentan producir, y algunas veces lo consiguen, la sensación de intimidad con el usuario, la información que enviamos y recibimos de las redes sociales es plausible de ser utilizada en forma pública, y muchas veces lo es. Las fotos del casamiento de un familiar, del viaje veraniego a la playa, del primer día de clases o del momento en el que se encuentran la mascota y el bebé, suelen ser publicadas en páginas de redes sociales como Facebook o Twitter con la (correcta) intención de comunicarlas a nuestros seres más queridos, a nuestro círculo íntimo. Sin embargo, parte de la lógica intrínseca en que haya empresas que proveen una red social (nuevamente, Facebook, Twitter, LinkedIn), consiste en que el contenido de la red social es provisto por los usuarios. Estas aplicaciones son solamente una cáscara, un contenedor, un vehículo para que los usuarios provean de información, de datos, de entidad a la red social. La red social está compuesta por gente, pero está administrada por empresas.

Un ejemplo de la vulnerabilidad del caso es lo que ocurrió en mayo del 2011, en donde una serie de aplicaciones vinculadas a Facebook *podrían* haber filtrado información personal de 500 mil usuarios de Facebook. Esta información incluía datos personales, correo electrónico, fotos, etc. Otro ejemplo conocido fueron unos reportes de MetroHYPERLINK "<http://www.metrofrance.com/high-tech/facebook-d-anciens-messages-prives-publies-sur-la-timeline/mlix!MDk3LU0hjxIQ/>" HYPERLINK "<http://www.metrofrance.com/high-tech/facebook-d-anciens-messages-prives-publies-sur-la-timeline/mlix!MDk3LU0hjxIQ/>" France, y de LeHYPERLINK "<http://obsession.nouvelobs.com/facebook/20120924.OBS3383/facebook-un-bug-publie-les-messages-prives.html>" HYPERLINK "<http://obsession.nouvelobs.com/facebook/20120924.OBS3383/facebook-un-bug-publie-les-messages-prives.html>" NouvelHYPERLINK "<http://obsession.nouvelobs.com/facebook/20120924.OBS3383/facebook-un-bug-publie-les-messages-prives.html>" HYPERLINK "<http://obsession.nouvelobs.com/facebook/20120924.OBS3383/facebook-un-bug-publie-les-messages-prives.html>" ObservateurHYPERLINK "<http://obsession.nouvelobs.com/facebook/20120924.OBS3383/facebook-un-bug-publie-les-messages-prives.html>" que hablaban de mensajes privados de usuarios que aparecían esporádicamente en sus muros o sectores de público acceso en Facebook. Aún cuando se siguen encontrando restos de este filtrado, esta información fue desmentida rotundamente por parte de la empresa.

Intimidad Romero, es una obra que consiste en un perfil de Facebook mantenido por un grupo de artistas desconocidos quienes trabajan una propuesta artística y crítica a la relación de la gente con la privacidad en las redes sociales. Esta propuesta está basada en fotos en donde se altera una porción horizontal de la imagen



pixelándola. Esta franja de píxels se ubica en el lugar más importante de la foto, ya sea sobre el rostro de quienes ahí aparecen o sobre algún elemento que hace a la esencia de lo que se fotografió, si es que en esas fotos no aparecen personas. La idea de tapar la identidad de la imagen provoca el efecto de querer ver, de querer revelar lo que hay debajo de esa franja, generando irónicamente una nueva identidad, la de aquello que no está. Como menciona Remedios Zafra en su texto “INTIMIDAD” ([link](#)), “Intimidad es nombre, estrategia pero también obra artística y, como tal, recuerda aquellas otras que a lo largo del siglo XX se han definido por su anonimato o por su máscara. Pero es la red la que la hace singular, la que la diferencia de otros pixelados antiguos. El espacio expositivo es el mundo online en el que habita y donde su práctica adquiere sentido”.

El Proyecto

La propuesta de Intimidad Romero de distorsionar la realidad me resultó particularmente interesante, con lo que se realizó un primer experimento en Processing para generar un efecto similar, utilizando la librería OpenCV, para detectar las cara. Éste fue el primer paso de una continuación a la propuesta artística: ¿cómo podrían trabajar dos artistas que no se conocen en un proyecto en común?

El proyecto de realizar una aplicación como INTIMatic, implica intentar llegar a imitar lo más precisamente posible otras aplicaciones comerciales como la red social Instagram o propuestas fotográficas como Polaroid. Esto nos llevó, al colectivo “Intimidad Romero” y a mí, a plantearnos la posibilidad de desarrollar INTIMatic tanto en su versión para computadoras personales como para dispositivos móviles y proveer de una página web en donde fueran publicadas las fotos que los usuarios fueran compartiendo y haciendo públicas. El conjunto de esas propuestas (las aplicaciones para computadora, las aplicaciones para dispositivos celulares y tablets y la página web), son lo que consideramos la obra en el presente trabajo.

Generatividad

El procesamiento automático de la imagen, su modificación, generan una situación de foto única, de pieza prácticamente irrepetible, que se enmarca dentro de los conceptos que comúnmente se esgrimen como Arte Generativo¹. Tomando, por ejemplo la definición de Carlo Zanni, “el arte generativo, así como se concibe hoy, es una pieza artística que utiliza algoritmos matemáticos para generar automáticamente o semiautomáticamente expresiones en formas estéticamente comprensibles”². En breve, describiré los algoritmos que se utilizan para realizar el procesamiento de las imágenes obtenidas, sin embargo es bueno destacar aquí que la idea de la obra, como hecho artístico, se completa en el momento en el que los interactuadores comparten sus imágenes pixeladas en la red. Esto es, el conjunto de las aplicaciones, sean para móviles o para desktop, con la página web que alberga a las fotos que se han ido sacando y publicando, es lo que da sustento generativo al proyecto. Es cierto que las definiciones de Arte Generativo, como la antes mencionada, hablan de algoritmos matemáticos como condición inicial para que una pieza pueda ser considerada como perteneciente a esa categoría, pero me permito una pequeña licencia poética en este punto al agregar que la propia obra en su conjunto cumple con los mandatos establecidos por estas definiciones, al mutar cotidianamente con la adquisición constante de nuevas fotos por parte de los interactuadores, haciendo que la articulación de los algoritmos matemáticos y lo que podemos denominar como algoritmos artísticos, lleven a la generación de una pieza única y mutable.

La aplicación

A partir del prototipo realizado en Processing, continué el desarrollo utilizando OpenFrameworks, un entorno de trabajo multiplataforma de C++ muy extendido utilizado mayormente para la realización de aplicaciones e instalaciones de arte electrónico.

La librería de OpenCV permite la detección de formas en una imagen a partir de una configuración previa. Es decir, permite realizar

un análisis de una imagen dada buscando objetos que coincidan con un patrón previamente configurado. En este caso, se utiliza el `haarcascade_frontalface_alt.xml`, una configuración que está entrenada para detectar rostros.

Es necesario definir las siguientes variables para ser utilizadas:

```
#include "ofxCvHaarFinder.h"
(...)
class testApp : public ofxiPhoneApp{
(...)
    ofVideoGrabber        vidGrabber;

    ofxCvColorImage        colorImg;
    ofxCvGrayscaleImage    grayImage;
    ofxCvHaarFinder        finder;
(...)
};
```

El `ofxCvHaarFinder` es un objeto de la librería que realiza todo el proceso de detección de formas a partir del archivo de configuración dado. Para ello, en el `setup()` ha de definirse de la siguiente manera:

```
//-----
void testApp::setup(){
(...)
finder.setup("haarcascade_ frontalface _ default.xml");
vidGrabber.initGrabber(640,480);
(...)
}
```

En particular, en el desarrollo de INTIMatic, se utiliza la cámara del dispositivo en el que se ejecuta la aplicación, sea una computadora o un dispositivo portátil como un móvil o una tablet. Por ello, la detección se realizará a partir de las imágenes obtenidas con la cámara.

En primer lugar, en el `update`, se realiza la captura de imágenes si es que estas están disponibles en la cámara:

```
vidGrabber.update();
```

El objeto `ofVideoGrabber`, contiene la información de imagen capturada por la cámara pero no en el formato requerido por la librería OpenCV para trabajar. Por ello, es necesario que el objeto `colorImg`, que es de tipo `ofxCvColorImage`, se popule con los datos crudos de la imagen obtenida:

```
colorImg.setFromPixels(vidGrabber.getPixels(),
vidGrabber.width,
vidGrabber.height);
```

El primer parámetro de `setFromPixels` es un puntero a la posición en donde está alojada la imagen obtenida en memoria, y los siguientes información del tamaño.

La librería de OpenCV se ocupa internamente de hacer las con-

versiones necesarias cuando se asigna un objeto de tipo imagen color a un objeto de tipo imagen en escala de grises. La detección de formas, es necesario hacerla en una imagen con escala de grises porque el algoritmo que utiliza para relacionar puntos entre sí, funciona más rápidamente con imágenes en escala de grises que color.

El update() de una típica aplicación de detección de formas, a partir de las librería OpenCV, quedaría así:

```
//-----  
void testApp::update(){  
    vidGrabber.update();  
    if (vidGrabber.isFrameNew()){  
        colorImg.setFromPixels(vidGrabber.getPixels(),  
vidGrabber.width,  
vidGrabber.height);  
grayImage = colorImg;  
        finder.findHaarObjects(grayImage, 80, 80);  
    }  
}
```

Si los objetos ofxCvHaarFinder encuentran formas en la llamada al método findHaarObjects, la información de esto es guardada en una lista llamada blobs. Esta lista contiene la información de posición y tamaño de cada uno de los objetos que fueron detectados en la imagen. El término BLOB viene del inglés Binary Large Object (gran objeto binario), y hace referencia a conjuntos grandes de información que pueden ser diferenciados del resto, comprendidos en una única entidad y ser utilizados como datos. En el trabajo de análisis de imágenes por parte del OpenCV los BLOBs son el resultado de la búsqueda en la imagen trabajada.

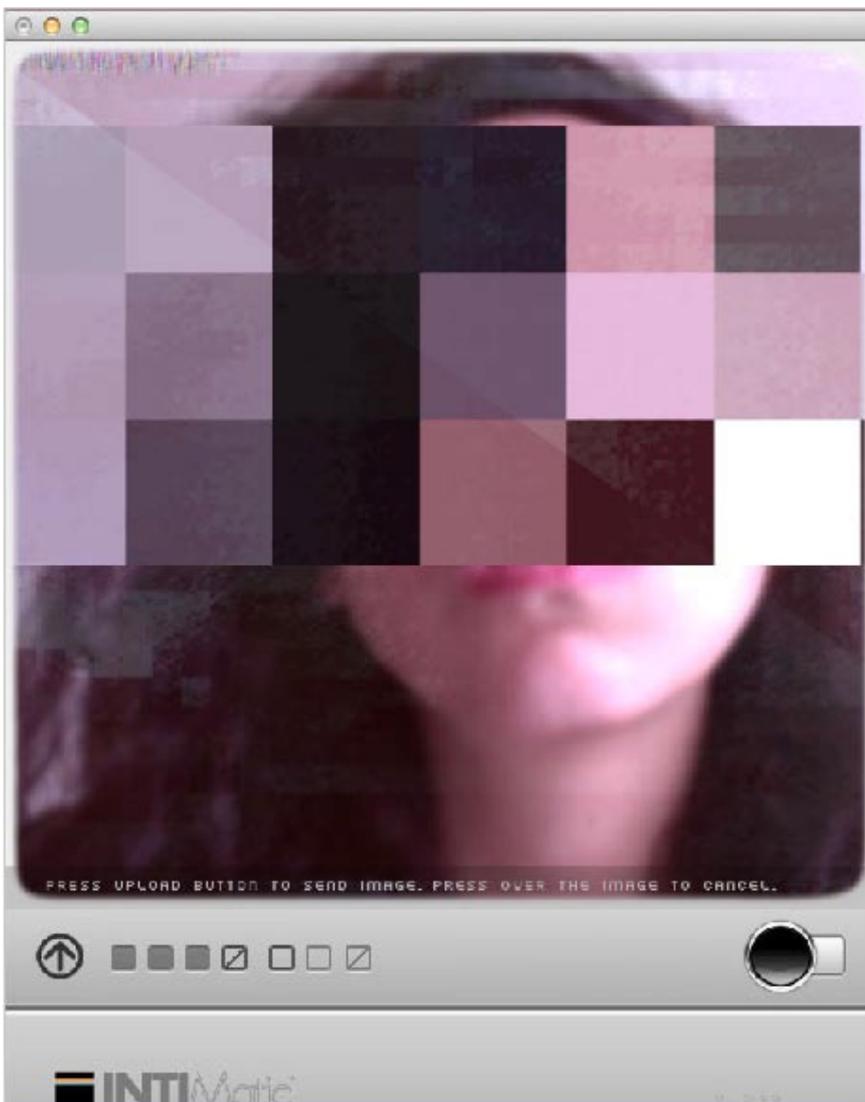
En el caso de INTIMatic, esta información es necesaria para determinar desde dónde y hasta dónde se dibujará la franja de píxeles que cubrirán las caras de los usuarios.

```
void testApp::draw(){  
    int minY = 612;  
int maxY = 0;  
    (...)  
for(int i = 0; i < finder.blobs.size(); i++) {  
    ofRectangle cur = finder.blobs[i].boundingRect;  
        if (cur.y < minY) minY = cur.y;  
height;    if (cur.y+cur.height > maxY) maxY = cur.y+cur.  
        }  
}
```

Assumiendo que la imagen que se captura tiene una altura máxima de 612 píxeles, se comienza una búsqueda de máximos y mínimos en los BLOBs detectados. Una vez determinada la parte superior del blog más alto y la inferior del más bajo, se comienza a dibujar la banda de píxeles:

```
unsigned char * pixels = vidGrabber.getPixels();
ofFill();
float sqSize = (maxY-minY)/4;
for (int x = 0; x < vidGrabber.width; x+= sqSize)
  for (int y = minY; y < maxY-sqSize*2; y+=sqSize) {
    ofSetColor(pixels[(y*vidGrabber.width+x)*3],
              pixels[(y*vidGrabber.width+x)*3+1],
              pixels[(y*vidGrabber.width+x)*3+2]);
    ofRect(x,y,sqSize,MIN(sqSize,maxY-y));
  }
```

La aplicación está en este momento en condiciones de enviar las fotos al servidor de Internet en el que se publica aquello que los interactuadores deciden compartir. Para realizar el proceso de envío, se utiliza una librería de comunicación HTTP llamada ofxHttpUtils, que permite enviar a una aplicación web archivos, siempre que esta aplicación esté preparada para ello. En particular, se desarrolló un programa en Perl que realiza las siguientes tareas:



- 1.- Recibir las fotos que se envían.
- 2.- Prepararlas para su correcta visualización en la página.
- 3.- Insertar en la base de datos la información relativa a la foto.
- 4.- Enviar un tweet por la cuenta de Twitter de INTIMatic.
- 5.- Enviar un email avisando que una foto se ha subido.

Problemas en el desarrollo

El desarrollo de las versiones para dispositivos móviles acarrió un problema fundamental: la velocidad de procesamiento de los dispositivos móviles es altamente inferior al de las computadoras personales, con lo que hubo que descartar la utilización de librerías de generación de ruido (blur). Aprovechando la funcionalidad provista por la librería OpenCV, el blur generado se aplicó únicamente a la imagen original obtenida y no al conjunto de la imagen y la banda de píxeles. Por otro lado, el hecho de que la captura de la imagen para ser enviada esté ligada al tamaño de la imagen en pantalla, hizo que las imágenes enviadas por algunos dispositivos móviles fuesen más pequeñas (por ejemplo, un cuadrado de 310px de lado, contra los 611px que envía la aplicación para computadoras personales). Sin embargo, el hecho de que la aplicación tenga la posibilidad de ser distribuida y la instalación continúe en los bolsillos de los interactuadores, resulta mucho más atractivo, estableciendo como diría Félix Gonzalez-Torres, una relación más íntima entre el espectador y la obra.

Conclusiones

Desde principios del siglo XXI, se nos ha presentado una nueva propuesta para aquellas cosas que tengan que ver con la dicotomía privado-público. Ciertas cosas que siempre se mantuvieron en el ámbito personal y privado, pasan casi sin cuestionamientos



a un lugar más público, más expuesto. Es el caso del registro fotográfico, las galerías de fotos, las fotos familiares, las que son colgadas de los muros de redes sociales como Facebook, y a las que supuestamente solamente acceden los círculos íntimos. INTIMatic propone una visión diferente del espacio público y el privado, insistiendo en la complejidad del discurso y simulando la situación intencional que hay en el enmascaramiento de las caras para que no se pueda reconocer un testigo reservado, un menor de edad, una identidad a preservar, pero esta vez de forma automática. Si los sistemas de vigilancia de las ciudades están preparados para reconocer automáticamente los rostros con el uso de complejos algoritmos matemáticos de reconocimiento facial, ¿porqué no podemos pensar en sistemas que estén preparados para protegernos automáticamente de eso?

Bibliografía

"{¿Arte?} Generativo. La Emergencia de lo Imprescindible", Andrea Sosa, 2011

"Tecno poéticas Argentinas", Claudia Kozak, 2012

"INTIMIDAD", Remedios Zafra, 2012, http://www.remedioszafra.net/texto_Intimidad_RemediosZafra_jun2012.pdf

"Somewhere / Nowhere. Algún lugar/ Ningún lugar Félix González-Torres", Malba, catálogo de exposición, <http://www.malba.org.ar/web/exposicion.php?id=82&subseccion=actuales>

"El rostro de las redes sociales", Roberta Bosco y Stefano Caldana, El Arte en la Edad del Silicio, blogs de El País, 2012, <http://blogs.elpais.com/arte-en-la-edad-silicio/2012/05/el-rostro-de-las-redes-sociales.html>

// Notas

1. Ver "{¿Arte?} Generativo. La Emergencia de lo Imprescindible",
2. Andrea Sosa, 2011
3. 2. Andrea Sosa (op. cit)

Video mapping sobre escultura inflable

Autor: David Bedoian

bedoiandavid@yahoo.com

1. INTRODUCCIÓN

Se describe el proceso de construcción de una pieza de gran volumen sobre la que se aplicarán técnicas de video mapping y reconocimientos de formas.

Se trata concretamente de la obra “Osedax” (del grupo Proyecto Biopus¹), una instalación interactiva que representa un ecosistema con música y proyección de criaturas virtuales mediante video mapping. El público ingresa a una sala a oscuras y se encuentra con una escultura que representa el cadáver/esqueleto de un animal de aproximadamente doce metros. Una osamenta gigante habitada por pequeños seres virtuales, al estilo de amebas, que lo recorren (proyectados mediante mapping).²

Para la realización de este esqueleto gigante se resolvieron diferentes situaciones vinculadas a cada instancia, desde las primeras pruebas y prototipado de piezas a pequeña escala hasta llegar al montaje de la obra en escala real para su exposición. En cada etapa se atraviesa un conjunto de problemáticas constructivas determinadas por aspectos estéticos, físicos, de logística y económicos, entre otros. Cada uno de estos aspectos requieren su análisis y resolución en conjunto con aspectos informáticos, vinculados a las técnicas las técnicas de captura de video y reconocimiento de formas bitonales y realidad aumentada; como también el modo en que los usuarios podrán interactuar con la obra.



Figura 1

Instalación de la obra Osedax, del Grupo Biopus.

2. DISEÑO DEL PROTOTIPO

2.1. Lineamientos estéticos

La forma y apariencia de la escultura está determinada por diferentes ejes: uno estético, otro conceptual y otro vinculado a aspectos técnicos.

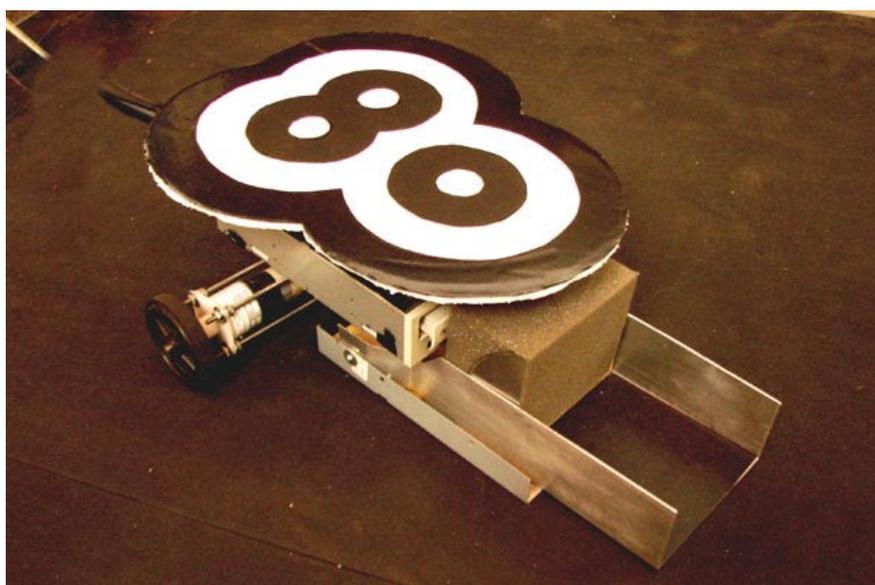
2.1.1 La estética del grupo BIOPUS

Por un lado tomamos como base la estética adoptada por el Grupo Biopus en algunos de sus trabajos más recientes. Entre los rasgos característicos se destaca la utilización de figuras blancas y



Figura 2a - 2b

Ejemplos de la estética del grupo Proyecto Biopus



negras sobre fondos opuestos. Estas formas son en su mayoría circulares. Puede notarse también con regla de construcción en la formas utilizadas, que cuando las figuras utilizadas no son círculos si no que son elementos más complejos, estos elementos dejan ver como plantilla de construcción la figura circular.

2.1.2 La vinculación con las técnicas de video mapping

Otro eje que determinó aspectos fundamentales de la estética y la morfología está relacionado con la utilización de técnicas de captura y reconocimiento de formas mediante técnicas de visión por computadora. Esta técnica se basa en el análisis de la captura de video y reconocimiento de formas en tiempo real, existiendo diferentes procedimientos o algoritmos para realizar este análisis. Una de estas técnicas de reconocimiento de formas en tiempo real (y precisamente el que se utiliza en esta obra) lo hace por contraste bitonal.

Para el reconocimiento de formas por contraste bitonal en una captura de video se comienza por llevar la imagen capturada a escala de grises. Luego se lleva la imagen a blanco y negro. Para esto se ha establecido previamente en los parámetros de configuración un umbral para determinar qué valores de grises serán negros y

cuáles serán blancos. De esta imagen resultante se analiza cada pixel y se agrupan todos los pixeles contiguos que corresponden a una misma forma.

De este procedimiento descrito, se traslada hacia la estética un aspecto que favorecerá obtener resultados con mayor precisión: resulta conveniente que las figuras que van a ser analizadas tengan un gran contraste; idealmente figuras negras sobre fondos blancos o viceversa.

2.1.3 La temática y el concepto de la obra

El objeto a construir y su aspecto morfológico lo determinó principalmente la temática de la obra: Osedax. El término se refiere a unos pequeños gusanos que se alimentan de las grasas dentro de los huesos de los restos de animales marinos. En consecuencia, la escultura representa el fósil de un gran animal marino, similar al esqueleto de una ballena, que sirve de hábitat para estos seres. Para esto tomamos como referencia las fotografías de esqueletos de diferentes animales marinos, algunos de ellos prehistóricos.

2.2. Distribución de superficies claras y oscuras

Habiendo determinado los criterios de composición para la forma y establecida la utilización de blanco y negro para las figuras y fondos, el diseño del modelo avanza hacia determinar en qué medida y proporción se distribuirán las áreas o figuras blancas en contraposición a las zonas negras.



Figura 5

Descripción de la distribución de zonas blancas y negras sobre uno de los módulos que componen la escultura, en este caso, una costilla.



Figura 4a
Basilosarus



Figura 4b
Dorudon.



Figura 4c
Cráneo de una ballena azul.

Por un lado, resulta conveniente disponer principalmente de zonas blancas, ya que son las zonas susceptibles de recibir la proyección de los seres virtuales⁵ y es, por ende, donde se evidencia gran parte del comportamiento de la realidad aumentada. De todos modos, al mismo tiempo, por tratarse de un volumen de tres dimensiones, hay ciertas zonas de la forma que no podrán ser captadas por las cámaras ni recibir la proyección de los proyectores. Esta limitación surge principalmente por la perspectiva o punto de vista de la cámara (para la captura) y del cañón (para la proyección) y los alcances de la iluminación infraroja. En consecuencia y debido a esta limitación, desde el diseño resolvimos establecer estas zonas “ciegas” de color negro. De esta manera no habrá zonas blancas sin proyección o que presenten resultados indeseados en el reconocimiento de la forma.

2.3. Determinación de las proporciones y escala final aproximada

Otras de las pautas a tener en cuenta en la etapa del diseño tiene que ver con el tamaño final de la pieza y sus proporciones. Este aspecto está determinado principalmente por los siguientes puntos:

2.3.1. Las dimensiones de la sala

Se plantea como objetivo realizar una obra de gran tamaño, capaz de resolver en un sentido escenográfico el montaje en una sala de grandes dimensiones. Dispusimos en ese momento alcanzar un volúmen de la escultura de dimensiones aproximadas a doce metros de largo, por cuatro metros de ancho, por dos metros de alto.

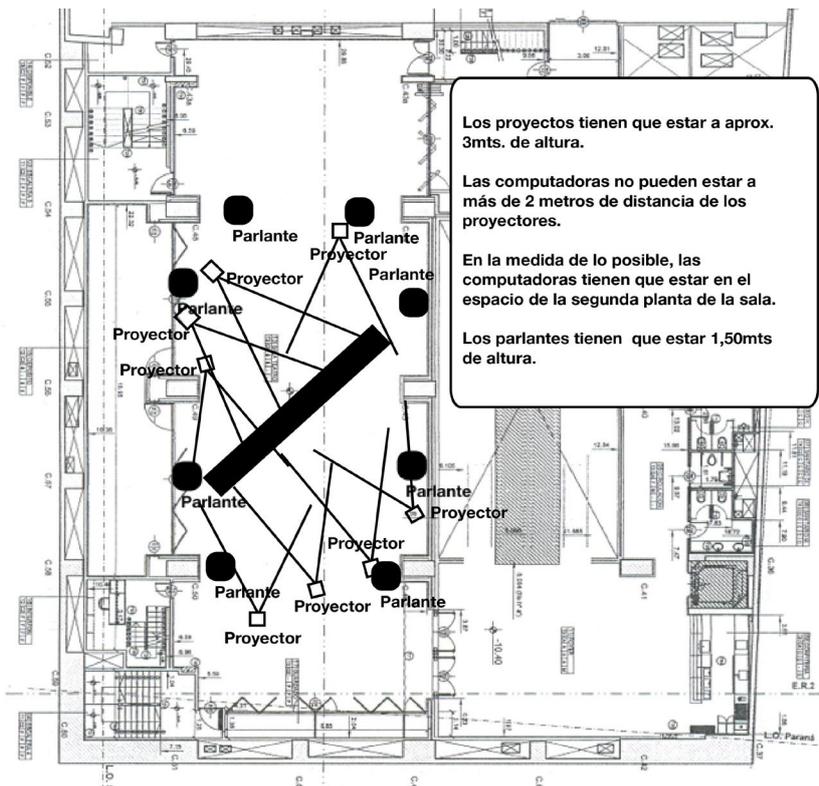


Figura 6

Ubicación de la escultura inflable en la sala.

2.3.2. El modo de interacción

El modo de interacción planteado requiere que la escultura esté al alcance de los visitantes. El público interactúa con la obra generando zonas de conexión entre las diferentes zonas blancas de la escultura. Estas conexiones se logran aproximando elementos blancos. Los visitantes pueden utilizar cualquier elemento que la cámara vea como blanco; incluso puede ser su misma presencia, dependiendo del color de su vestimenta. Para esto se ha previsto disponer en el suelo varios elementos manipulables que acompañan la estética de la obra y que los participantes pueden tomar y utilizarlos para aproximarlos y así conectar diferentes zonas blancas de la escultura.

2.3.3. Limitaciones por los dispositivos de captura y proyección

Una vez más la técnica de video mapping determina nuevos parámetros a tener en cuenta durante la elaboración del prototipo. Ya que en esta técnica se utiliza la captura de video y proyección sobre la superficie de la obra, surge una limitación de tamaño relacionada al ángulo de apertura de la captura y de la proyección. Este ángulo de apertura de la cámara y del cañón, delimitan un cuadro de visión y de proyección. Por consiguiente, la escultura no podrá excederse en tamaño de la posibilidad de cobertura de estos dispositivos.

Este esquema representa la cobertura de uno de los módulos de captura y proyección de video en el eje vertical. Cada uno de estos módulos cuenta con una cámara para resolver la captura de video que será analizado por un procesador y un proyector de video, para proyectar las imágenes de video mapping sobre la escultura. La superficie que puede llegar a cubrir cada uno de estos módulos está determinado tanto por el ángulo de visión de la cámara y del proyector, como así también las dimensiones de la sala.

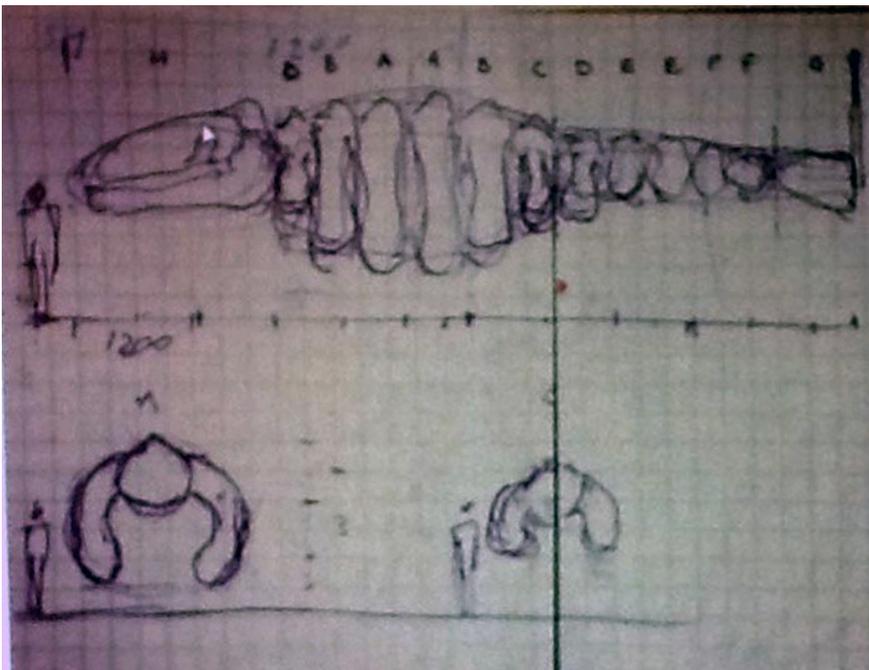


Figura 7

Boceto de la etapa de diseño, donde se plantea el tamaño de los módulos que componen la pieza en relación a la escala de una persona.

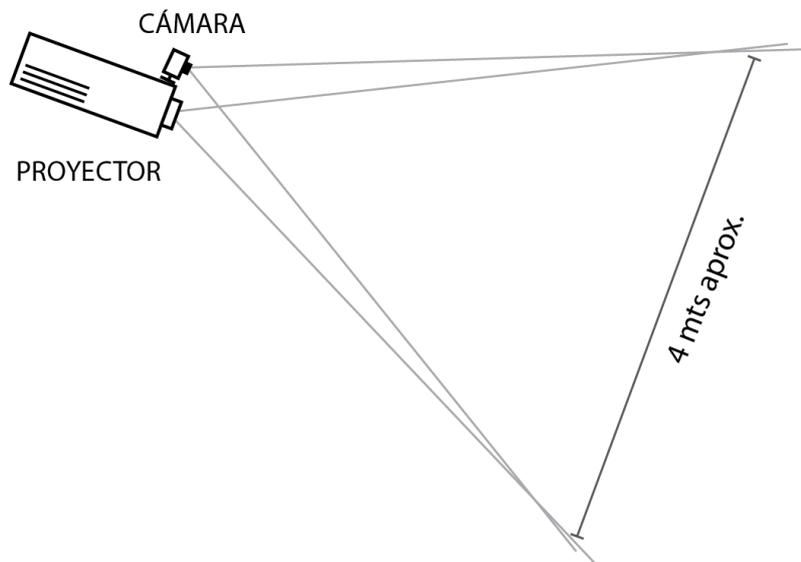


Figura 8

Esquema de cobertura de un módulo de captura y proyección de video mapping

Un mayor ángulo de visión tanto de la cámara como del proyector permitirá cubrir una mayor superficie de captura y proyección. Cabe aclarar que si la cámara y el proyector no poseen el mismo grado de visión, debe tomarse como referencia el menor de ellos.

Por otro lado, la superficie de cobertura puede ampliarse ubicando el módulo de captura y proyección a mayor distancia. Es en este caso donde las dimensiones de la sala donde se montará la obra podrían presentar una limitación. De todos modos utilizando dispositivos de captura y proyección de características estándar, demasiada distancia entre la escena y el módulo puede resultar en detrimento de la calidad, tanto de la captura como de la imagen de video proyectada.

Considerando que se utilizarán equipos de calidad estándar y previendo la ubicación de los módulos para captura y proyección a una distancia apropiada, se prevee que cada módulo puede cubrir una superficie de tres a cinco metros de ancho, por tres a cuatro metros de alto.

Cada uno de estos módulos de captura y proyección puede funcionar de manera independiente al resto. Esto resulta una gran ventaja en el hecho de que pueden repetirse cuantos módulos sean necesarios para ampliar la superficie cubierta. De esta manera, pueden disponerse varios módulos en sentido horizontal, con el fin de cubrir el largo total de la escultura, tal como se ve representado en el plano de la sala en la Figura 06.

2.4. Determinación de secciones y módulos

Una vez diseñado el modelo y establecidas las dimensiones finales de la obra, procedimos a identificar posibles secciones y módulos. Cuando nos referimos a secciones, estamos hablando de una porción de la escultura que puede estar compuesta por uno gran

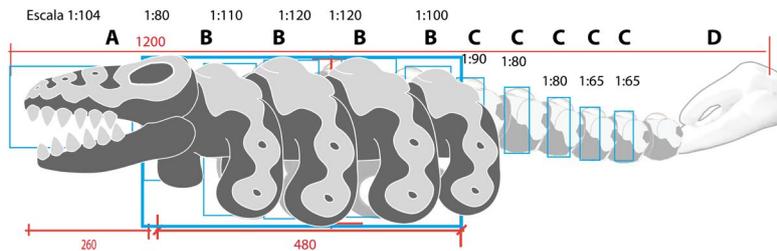


Figura 9

Esquema de módulos.

elemento o la suma de varios módulos conectados. Los módulos son los elementos que podrán duplicarse (cambiando algunas de sus propiedades, como por ejemplo el tamaño) y conformar entre varios una sección.

En este caso en particular, podemos identificar las siguientes secciones y módulos que componen la escultura:

2.4.1. Ventajas de seccionar el modelo

La generación de secciones supone varios beneficios en diferentes aspectos, tanto para la etapa de diseño y producción como para la etapa de traslado y montaje.

2.4.1.1. Ventajas de las secciones en la etapa del diseño de prototipo

En cuanto a la etapa del diseño del prototipo, identificar cada sección permite agrupar las partes de la obra que requieren su complejidad en particular y que puedan ser diferentes al resto de los elementos de la escultura.

Por ejemplo, una de las secciones comprende el cráneo de este animal marino conectado a uno de los módulos de costilla. Por otro lado, otra sección de la obra se compone solamente por la conexión de estos módulos costilla. En ese sentido, la sección del cráneo supone un grado de complejidad mayor y por ende una modalidad de análisis y producción del prototipo diferente a las secciones de la columna.

2.4.1.2. Utilidad de las secciones para adaptación a diferentes escenarios o salas

Otra gran ventaja de seccionar la obra es la posibilidad de variar la cantidad de secciones al momento del montaje. La escultura que hemos diseñado está prevista para un largo final de unos doce metros aproximadamente. Esto puede cubrir un gran espacio escénico en el caso de contar con una sala de estas características. Pero si el montaje tuviera que darse en un espacio de menor dimensión, puede descartarse alguna de las secciones que componen la obra, ensamblándolas de manera diferente, y así obtener una escultura de menor tamaño.

2.4.1.3. Ventajas de las secciones para el traslado y montaje de la obra

La posibilidad de desconectar entre sí cada una de las secciones de la obra resulta también en un beneficio al momento de la logística y el montaje. Por un lado, puede distribuirse el peso y las dimensiones del empaque en diferentes bultos; tantos de ellos como secciones.

También resulta en piezas más livianas y de mayor facilidad para su manipulación tanto para la etapa de producción, como para el momento del montaje.

En cuanto al mantenimiento, si alguna de las piezas de la obra resultara dañada al grado de no poder repararse, puede eventualmente tomarse la decisión de reemplazar sólo la sección que comprende la pieza dañada.

2.4.2. Ventajas de modularizar las secciones

Los módulos son elementos de menor complejidad constructiva, que unidos entre sí componen una sección. Una de las ventajas de encontrar en el diseño la unidad modular se ve reflejada principalmente durante el proceso de producción de la obra.

En el caso de Osedax, por ejemplo, uno de los módulos que hemos identificado corresponde a una costilla (Módulo B, de la Figura 09). Otro ejemplo de módulo en esta misma obra es la vértebra (Módulo C, de la Figura 09). Ambos módulos pueden repetirse, variando progresivamente su tamaño para conformar las secciones del cuerpo de la escultura.

Al tratarse el módulo de un elemento de menor complejidad (en relación a las secciones), su proyección en el diseño puede resolverse con reglas constructivas también más simples.

2.4.2.1. Composición mediante ejes de simetría

En el caso de las costillas, su composición tiene intrínsecos dos ejes de simetría. Uno es el que divide y refleja la parte de atrás con la de adelante y otro es el que corresponde a las porciones izquierda y derecha.

Como ventaja estética, la utilización de estos ejes como referencias constructivas, principalmente el eje de simetría izquierda y derecha, permite obtener piezas acordes a la anatomía del animal que intentamos representar.

Por otro lado, la composición simétrica permite trabajar a nivel de prototipo con una de las mitades, previendo la replicación de la misma en espejo para obtener la segunda mitad. En este caso en particular, al tratarse de una doble simetría, la simplificación de diseño de prototipo se reduce a un cuarto del módulo; ya que el mis-

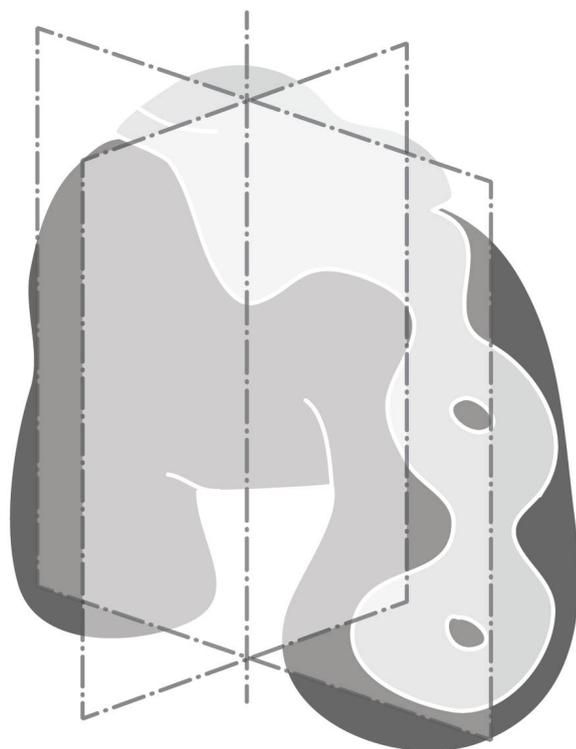


Figura 10

Esquema de representación de los ejes de simetría del módulo costilla (B)

mo podrá duplicarse en espejo para completar primeramente una mitad del módulo, y luego ambos cuartos puede duplicarse para completar la segunda mitad del módulo. Esta ventaja de replicación en espejo de cada porción del módulo se verá aprovechada en la etapa de producción de los moldes que conformarán cada pieza.

3. Despiece del volumen

Una vez concluido el diseño del modelo en tres dimensiones, procedimos al despiece de su superficie para el desarrollo del volumen a escala. Durante esta etapa las principales cuestiones a tener en cuenta están relacionadas con los materiales a utilizar, los fenómenos físicos que actúan relacionados con la presión del aire, las técnicas constructivas; entre otras.

La escultura del animal marino que corresponde a la obra de Ose-dax está construida con polietileno. Este material tiene varias ventajas en relación a otros materiales utilizados en la construcción de esculturas inflables:

- Puede conseguirse o encargarse en una amplia variedad de colores.
- Disponible en bobinas de diferente ancho.
- Se fabrica en diferentes espesores.

- Es un material relativamente económico.
- Utilizando una técnica de soldadura por calor, se pueden realizar costuras sin utilización de otros insumos.

Así también este material tiene algunas desventajas:

- Es un material sin elasticidad, por lo que los planos que conforman los gajos no se adaptan fácilmente al volumen.
- Si es sometido a torsiones puede llegar a rasgarse en los puntos donde se genera la acción mecánica de las arrugas de manera repetida.
- Si se requiere material de algún color y/o espesor específico, se consigue sólo por pedido. En ese caso, debe encargarse una gran cantidad.
- En la mayoría de los talleres de producción el ancho máximo de las bobinas es de 70cm.

3.1. Características del material de la escultura de Osedax

Para la realización de la obra de Osedax, hemos trabajado con bobinas de polietileno de dos colores: blanco y negro. Como hemos mencionado anteriormente, esto responde no sólo a una propuesta estética, si no también a la técnica de captura de video para videomapping. Por este motivo, durante la selección del material, resultó importante realizar pruebas de captura de video. La principal condición que debe verificarse es que la cámara “vea” como negro el material negro en las condiciones de instalación de la obra. Esta prueba debe realizarse porque al utilizarse iluminación infrarroja y realizar la captura de video a través de una cámara filtrada, los resultados que se obtienen de las capturas con este dispositivo puede diferir de la percepción visual del ojo humano.

3.1.1 Diseño de los gajos

El proceso que se lleva adelante en esta etapa es la obtención de los planos que luego conformarán el volumen final a escala real. Resulta pertinente un estudio topológico⁴ de la superficie que conforma el modelo, para obtener el diseño de corte más eficiente. Se tienen en cuenta tres principales aspectos:

- El tipo de material: ya hemos mencionado que el material utilizado (polietileno) no tiene mucha elasticidad. Por este motivo, esta etapa requiere un análisis adecuado para identificar los puntos de torsión sobre la superficie del volumen, ya que el material tiende a permanecer plano. En el caso de los planos en los que se produzcan torsiones el resultado serán arrugas o pliegues.

- La presión del aire: también se debe considerar la presión interna del aire por la acción del inflado. Esta fuerza interna que ejerce el aire tiende a transformar el volumen que lo contiene hacia una forma esférica. En una esfera de dimensiones uniformes, la fuerza de la presión del aire es uniforme sobre toda su superficie. Cuando

la forma del volumen contenedor no es esférico, como en el caso de nuestra escultura, la presión no es uniforme en toda su superficie. El resultado de esta acción hace que los planos que conforman los gajos del volumen tengan la tendencia a torserse. En consecuencia, resulta conveniente preveer que los gajos adoptarán esa forma y tomar la decisión de los cortes de los gajos considerando esta acción, realizando gajos más chicos o realizando un “pinzado” perpendicular a los bordes de cada gajo.

- También considerando el aspecto estético el criterio de corte de los gajos responde a ir creando las formas de figura y fondo entre blanco y negro, intercalando el color del material utilizado. Solo en algunos casos donde la figura sea muy pequeña, lo conveniente será dibujar esa figura aplicando material superpuesto posteriormente.

4. Armado de la pieza a escala

4.1. Corte de los gajos

Una vez obtenido el despiece de la superficie en formas de gajos procedimos a la realización de los gajos a su escala final. Esta ampliación a escala puede variar en la generación de un mismo módulo a otro. Esto permite obtener porciones de la obra de forma similar, pero diferente tamaño; posibilidad muy útil para la generación de varias costillas o vértebras.

La ampliación se realiza mediante la proyección de la imagen de los gajos sobre una superficie que permita colocar el polietileno para trazar sobre este las líneas de corte. Se toma como referencia una medida adjunta al momento de la captura de los gajos, como se muestra en la Figura 13 del punto anterior.

Durante este proceso resulta oportuno identificar claramente los

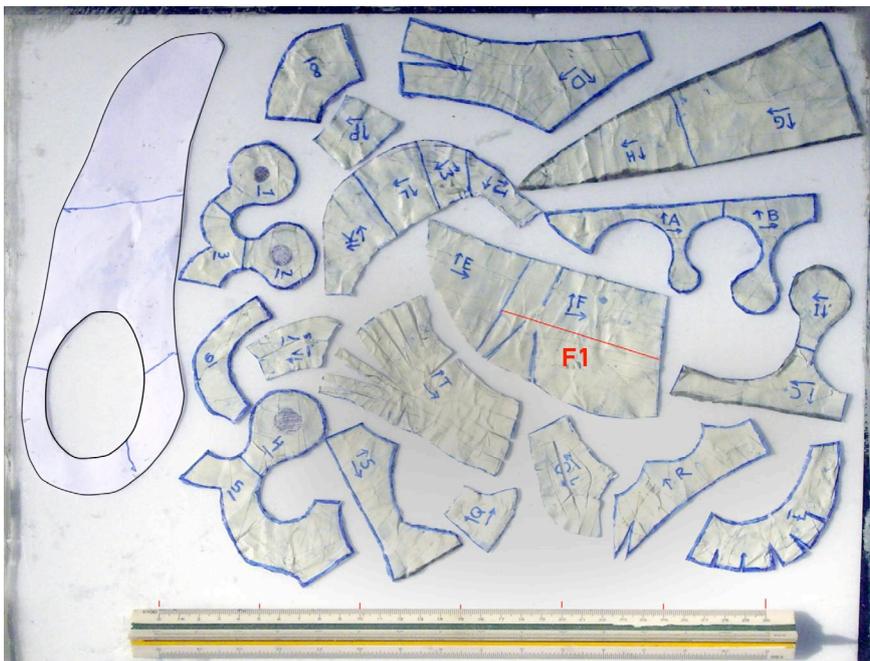


Figura 11

Diseño del prototipo del cráneo a escala 1:100, y el trazado sobre el mismo de los cortes para obtención de los gajos.



Figura 12

Fotografía del despiece de los gajos con la referencia de la escala para su posterior ampliación y corte a escala final.

nombres de cada gajo trazado y cortado, como así también a la escala que se realizó la ampliación. De lo contrario, resulta muy complicado identificar cada pieza para su posterior armado. Para optimizar esta tarea de identificación y clasificación, se pueden disponer los recortes sobre una pared, colgándolos con una cinta de papel que contenga el nombre del gajo. También puede utilizarse un fibrón para pizarra sobre el polietileno; luego podrán borrarse con un paño seco las anotaciones y referencias realizadas.

4.2. Unión de los gajos

Como hemos mencionado anteriormente, una de las ventajas de utilizar polietileno es la posibilidad de unir las partes por medio de soldaduras con calor. De esta manera no se requieren insumos ni tiempos prolongados de secado de adhesivos.

Las soldaduras por medio de calor fusionan las dos piezas, realizando una unión muy resistente, capaz de soportar la presión interna del aire que mantiene inflada la escultura. Además, el cierre es bastante hermético, lo cual es una ventaja para mantener la escultura suficientemente rígida, conservando la presión del aire.



Figura 13

Ejemplo de ampliación que muestra la relación entre el prototipo y la pieza resultante.



Figura 14

Clasificación del material recortado.



Figura 15

Unión de los gajos por medio de soldaduras con calor

4.2. Flujo del aire

4.2.1. Flujo interno

Una vez concluida la construcción de los módulos y secciones que componen la escultura, procedimos a crear los ductos y conectores de aires para el inflado constante del volumen. Para poder desmontar las secciones una de otra, diseñamos un sistema de acople que permita conectarlas entre sí. Resultó importante para este punto conseguir un tipo de empalme resistente, que pueda soportar la tracción por la presión del aire y el movimiento por la acción del público. Por otro lado, en las primeras pruebas con conectores demasiados pequeños (12 cms diámetro), la presión del aire disminuía considerablemente por cada pasaje. Esto producía una tensión interna del aire mucho mayor en la sección que recibe el aire, y una tensión mucho en cada sección por cada pasaje de aire. Alcanzamos la medida óptima para un buen pasaje de aire sin pérdida de presión construyendo anillos de madera de 30 centímetros de diámetro interno.

Como puede notarse en las Figuras 16a y 16b, el anillo de empalme está construido por dos piezas de madera. Esto permite que estas piezas se plieguen sobre sí mismas cuando la escultura se desinfla para su embalaje. Es es un detalle no menor, ya que son las únicas piezas rígidas de toda la escultura; pero de esta manera se conserva la posibilidad de la reducción del volumen al momento del doblado para su embalaje y traslado.

4.2.2. Conexión de la turbina

Por el hecho de que la escultura no es totalmente hermética el aire que mantiene la presión interna de la pieza tiende a escapar, lo que resulta en cierto ablandamiento de la superficie y un aplas-

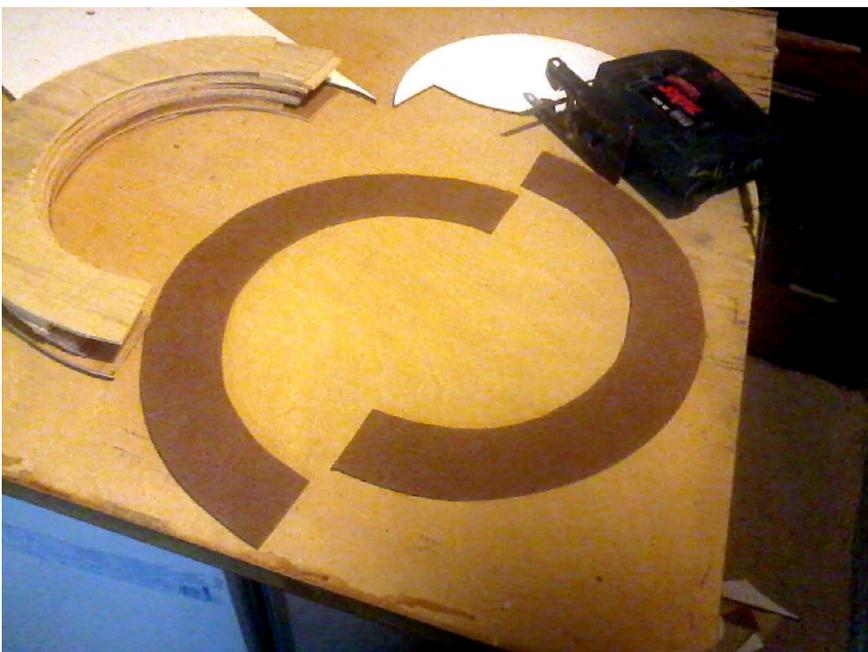


Figura 16 a

Diseño de los empalmes que permiten conectar y desconectar las secciones entre sí.



Figura 16 b

Anillo conector aplicado a la cara correspondiente de la sección. El diámetro interno es de 30 centímetros, lo que permite un buen pasaje del aire sin pérdida considerable de presión.

tamiento de la estructura general. Por este motivo, la presión se mantiene constante enviando continuamente aire por medio de la turbina que se utiliza para el inflado.

El inconveniente con esto es que el funcionamiento constante de la turbina durante la instalación produce una importante contaminación sonora en el ambiente. Para atenuar este efecto, resolvimos ubicar la turbina lo más alejado posible de la escena. El aire es enviado desde la turbina hacia la escultura mediante un tubo construido con polietileno negro, el mismo material utilizado para la escultura.

Idealmente lo conveniente sería poder ubicar la turbina fuera de sala donde se encuentra instalada la escultura. Pero si esto no fuera posible y sumado a posibles características acústicas inapropiadas de la sala, pueden reducirse unos decibeles de ruido ambiente construyendo una jaula que actúe como trampa sonora alrededor de la turbina. Para esto pueden utilizarse materiales aislantes acústicos, como cartón, madera, lana de vidrio, espuma de goma, etc.

4. Embalaje

Como hemos ya hemos mencionado a lo largo del proceso de diseño y construcción de la pieza, una de las principales ventajas de la técnica de producción de la escultura es su practicidad en lo conserniente a la logística de almacenamiento y traslado. En el caso particular de Osedax se trata de una obra de aproximadamente 12 metros de largo, 4 metros de ancho por 3 metros de alto. Todo este volumen es capaz de ocupar un espacio escénico mucho mayor. Pero todo este volumen puede ser reducido a un bolso de 1 metro por 80cm por 40cm aproximadamente. Y todo esto con un peso no superior a 25 kilogramos.



Figura 17

Escultura embalada para su traslado.



Figura 18 a y b

Montaje de la obra. En la primera imagen se puede ver la escultura inflable con iluminación ambiente de sala. En la segunda imagen se muestra el resultado de la aplicación de animaciones mediante proyección de video.

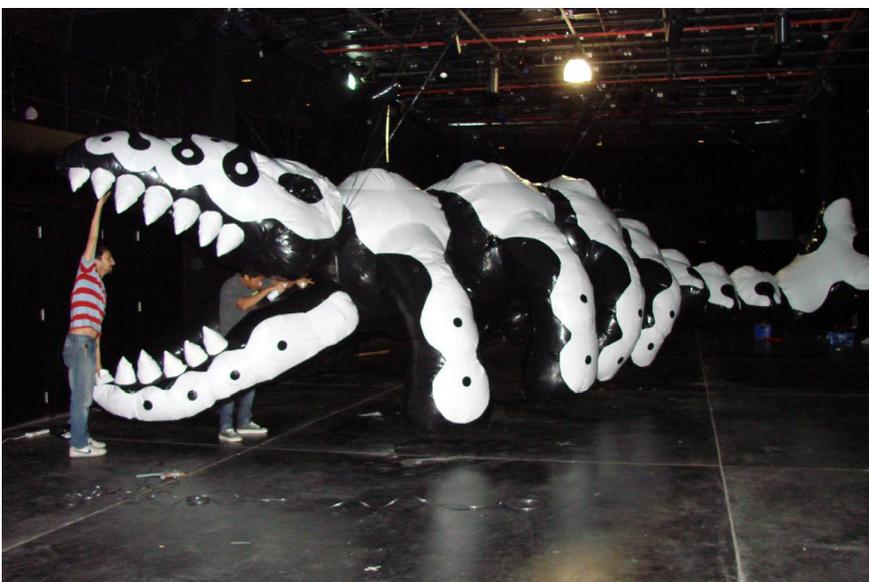


Figura 19

Momento de terminación de detalles. En este caso, se aplican las piezas que conforman los dientes.



Figura 20

Referencia de la escala final de la obra.

Referencias

1. Proyecto Biopus es un grupo de artistas que investigan el arte interactivo, explorando nuevas formas de interacción entre la obra y el público.
2. Tomado del sitio oficial del grupo Biopus: <http://www.biopus.com.ar/obras/osedax/>
3. Esto es mediante la técnica de video mapping o realidad aumentada
4. Stewart, Ian: Conceptos de matemática moderna. Alianza Universidad, 1988. p. 171.



INVASORES
DE LA GENERATIVIDAD

Nuevos territorios de la generatividad en las artes electrónicas:

**Su convergencia con la robótica,
la realidad aumentada y el net.art**

Esta investigación explora la forma en que el arte generativo converge con los géneros producto de la aplicación de nuevas tecnologías al arte electrónico. Particularmente, nos interesa investigar 1) la forma en que se relacionan los procesos de aumentación de la realidad mediante procesos virtuales, producidos mediante “sistemas de reglas”, como en la generatividad vinculada a la realidad aumentada. 2) los sistemas colaborativos y a través de internet, de producción de arte generativo (así como los vinculados a la visualización de información) y 3) las derivaciones del arte cinético en experiencias de arte robótico y su vinculación con el arte generativo. Es decir, para sintetizar, la forma en que el arte generativo se expande por los territorios de la virtualidad, la conectividad y el volumen en el espacio.