

# INVASIÓN GENERATIVA II

Explorando la generatividad  
por las tierras del post-humanismo,  
la composición musical y otros lares

**Compilador: Emiliano Causa**

+ adler  
+ alvarez lojo  
+ anache  
+ bacigalup  
+ castillo  
+ causa  
+ gonzález moreno  
+ loaiza  
+ ojcius  
+ rivero  
+ romero costas  
+ siri  
+ uzal  
+ valente  
+ zerene harcha

# STAFF

## Director

Emiliano Causa | [emiliano.causa@gmail.com](mailto:emiliano.causa@gmail.com) | [emiliano-causa.com.ar](http://emiliano-causa.com.ar)

## Comité Editorial

Francisco Alvarez Lojo | [pacoelayudante@gmail.com](mailto:pacoelayudante@gmail.com) | [paco.itch.io](http://paco.itch.io)

David Bedoian | [bedoiandavid@gmail.com](mailto:bedoiandavid@gmail.com) | [bedoiandavid.com.ar/wp](http://bedoiandavid.com.ar/wp)

Paula Castillo | [info@paucast.com.ar](mailto:info@paucast.com.ar) | [paucast.com.ar](http://paucast.com.ar)

Lisandro Peralta | ... | [lisandroperalta@gmail.com](mailto:lisandroperalta@gmail.com)

Ezequiel Rivero | [mannezik@gmail.com](mailto:mannezik@gmail.com) | [mannezik.com](http://mannezik.com)

Ariel Uzal | [arieluzal@gmail.com](mailto:arieluzal@gmail.com) | [cargocollective.com/auzal](http://cargocollective.com/auzal)

## Colaboran en este número

Jazmín Adler

Francisco Alvarez Lojo

Damián Anache

Agustin Bacigalup

David Bedoian

Paula Castillo

Emiliano Causa

Hernán González Moreno

Daniel Loaiza

Carolina Ojcius

Ezequiel Rivero

Matías Romero Costas

Ignacio Siri

Claudia Valente

Ariel Uzal

Joaquín Zerené Harcha



Editorial Invasores de la Generatividad

Calle 500 N° 867 Gonnet

CP 1897, La Plata, Bs. As. Argentina

[invasiongenerativa.com.ar](http://invasiongenerativa.com.ar)

## Diseño de cubierta e interiores

Paula Castillo // [paucast.com.ar](http://paucast.com.ar)

Todos los derechos reservados

ISSN: 2362-3381

La Plata, Buenos Aires, Argentina, septiembre de 2015 | Año 2 - N°2

# INVASIÓN GENERATIVA II

Explorando la generatividad  
por las tierras del post-humanismo,  
la composición musical y otros lares

## PROLOGO

Tal como la primera edición de *Invasión Generativa*, la presente es el resultado de trabajos desarrollados en el marco del proyecto de investigación “El Algoritmo y la Generatividad aplicados al Arte” así como del Laboratorio de Multimedia y Nuevas Interfaces Físicas “emmeLab”, ambos espacios dirigidos por quien escribe, en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Nacional de La Plata. La mayoría de los textos pertenecen a estos lugares de trabajo, pero en esta edición hemos logrado contar con varias colaboraciones como las de Joaquín Zerené Harcha, Jazmín Adler, Damián Anache, Claudia Valente, quienes vienen de otros ámbitos y escribieron sus textos especialmente para este número, o Matías Romero Costas quién amablemente nos permitió publicar el suyo (desarrollado para otras investigaciones). A todos ellos les estoy muy agradecido por su aporte al crecimiento de esta publicación.

En este número seguimos conservando nuestro espíritu de exploradores y por ello, hemos diseñado un recorrido a través de diferentes problemáticas, temas, experiencias y técnicas. En esta ocasión recorreremos las tierras del post-humanismo, navegamos las aguas de la composición musical y exploramos algunas islas como la danza, la captación de movimiento, la robótica, entre otros temas. Los textos de Joaquín Zerené Harcha y Paula Castillo tratan sobre el posthumanismo desde diferentes perspectivas, el primero entra en un interesante diálogo con uno de Leonardo Solaas que estuvo en el número anterior, propiciando el espíritu de intercambio y crecimiento que nos interesa plasmar. Matías Romero Costas hace un significativo recorrido por las técnicas de composición musical vinculadas a la generatividad y Damián Anache pone sus propias técnicas en escena a través de una bitácora de su producción musical generativa. Con Ariel Uzal desarrollamos el proceso de la producción de una obra de arte robótico que es diseñado mediante técnicas algorítmicas. El equipo del emmeLab expone dos textos en que enseñan como utilizar técnicas de captación de movimiento mediante una Kinect y desarrolla la construcción de un nuevo lenguaje de programación para ser usado y configurado en escena por un performer, usando dichas técnicas de captación de movimiento. Claudia Valente y Jazmín Adler presentan sus interesantes reflexiones sobre generatividad y sistemas.

Fiel a nuestro estilo, categorizamos estos textos en dos secciones, tituladas “Pensar” y “Hacer”, buscando propiciar la reflexión teórica pero también valorando la experimentación y su difusión.

Tal como explicamos en el primer número, 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 dispo-

nemos 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.

Para nuestra sorpresa, siendo este un trabajo casi artesanal sin mayores ambiciones que la de dar a difusión estos temas en un ámbito regional, nos encontramos con una excelente acogida de Invasión Generativa en el mundo de las artes electrónicas latinoamericanas. Nos sentimos orgullosos de esto y esperamos que el presente trabajo siga aportando a esta comunidad en constante crecimiento.

Emiliano Causa  
diciembre 2015



# INDICE

## PENSAR

10

JOAQUÍN ZERENÉ HARCHA

Generatividad posthumana: el sujeto como colectivo humano-no-humano en el marco del arte generativo

31

PAULA CASTILLO

Poéticas tecnofetichistas del posthumanismo: las interfaces vestibles

51

CLAUDIA VALENTE Y JAZMÍN ADLER

Generatividad y Sistemas

63

MATÍAS ROMERO COSTAS

Música Generativa. Modelos de composición musical asistida por computadora

91

EMILIANO CAUSA

Cuerpo, Movimiento y Algoritmo

## HACER

FRANCISCO ALVAREZ LOJO, EZEQUIEL RIVERO,  
IGNACIO SIRI, AGUSTIN BACIGALUP, DANIEL LOAIZA,  
HERNÁN GONZÁLEZ MORENO, CAROLINA OJCIUS.  
(INTEGRANTES DEL LABORATORIO EMMELAB)

Iniciación en la captura de movimiento con Kinect y Xtion

103

FRANCISCO ALVAREZ LOJO, EZEQUIEL RIVERO,  
IGNACIO SIRI, AGUSTIN BACIGALUP, DANIEL LOAIZA,  
HERNÁN GONZÁLEZ MORENO, CAROLINA OJCIUS.  
(INTEGRANTES DEL LABORATORIO EMMELAB)

Un lenguaje de programación para el cuerpo  
Abordaje retórico sobre la programación y su articulación  
con las artes performáticas.

125

DAMIÁN ANACHE

Capturas del único camino: El planteo algorítmico

145

ARIEL UZAL, EMILIANO CAUSA

Experimentos en la producción de forma para un escultura robótica

165





PENSAR



# GENERATIVIDAD POSTHUMANA: EL SUJETO COMO COLECTIVO HUMANO-NO-HUMANO EN EL MARCO DEL ARTE GENERATIVO

**Joaquín Zerené Harcha**

Facultad de Diseño | Universidad del Desarrollo.  
Santiago-Chile

## RESUMEN

En la metáfora del mundo como una red de relaciones, el humano surge a partir de sus continuas articulaciones con una multiplicidad de seres distintos. Las lógicas humanistas se han mostrado incapaces de dar cuenta de los entramados complejos que presentan las materialidades tecnológicas contemporáneas. Desde una crítica a la visión humanista-antropocéntrica, que glorificaba la individualidad y autonomía del sujeto moderno, el posthumanismo crítico plantea una conceptualización del sujeto como un sistema de relaciones compuesto de actores humanos y no-humanos, basada en la colectividad e interdependencia. Por otro lado, encontramos en el arte generativo una reconfiguración de la figura tradicional del artista-autor, fundamentada en la exaltación de su sensibilidad y expresión individuales, a partir de la colaboración creativa entre partes humanas y no-humanas. La modalidad generativa del arte presenta fuertes sintonías con aspectos claves de la reflexión posthumanista, que apuntan hacia el desarrollo de una nueva sensibilidad basada en la relacionalidad, el diálogo, la interacción, el sentido de comunidad y el reconocimiento de nuestra interdependencia con otras entidades no-humanas.

### El sujeto posthumano como sistema de relaciones

Sin referirse necesariamente a una obsolescencia o el fin del humano, ni a su evolución (o devolución), el *posthumanismo crítico*<sup>1</sup> puede ser visto como el termino de una larga creencia en la superioridad y unicidad del humano que busca entender que ha sido omitido en las visiones de mundo antropocéntricas. La visión tradicional del humanismo considera al ser humano como una especie superior a todas las demás especies animales, situándolo literalmente en el centro del mundo (antropocentrismo). El mundo debe ser hecho “a medida humana” y en ese sentido no solo los animales, las plantas y la naturaleza en general giran en torno a él, sino también las herramientas y máquinas que el ha construido se encuentran a su alrededor para servir a su voluntad. Es justamente esta visión a la que las corrientes de pensamiento que alimentan al posthumanismo crítico dirigen. La discusión sobre cómo la construcción históricamente específica de *lo humano* esta dando paso a una nueva construcción de *lo posthumano* recurre a distintas corrientes de pensamiento que se han propuesto como una crítica al sujeto moderno, destacándose elementos de la reflexión postmoderna, el post-estructuralismo, el postcolonialismo, el feminismo, los estudios animales, la historia crítica de la ciencia, la teoría de medios, entre otros. Uno de los puntos clave de este debate es una creativa búsqueda por nuevas herramientas epistemológicas que permitan incorporar a los *actores no-humanos* en los procesos de configuración histórico-culturales.<sup>2</sup> De esta manera, desde los años noventa, el posthumanismo surge como un eje para discusiones que tienen en común la intención de relativizar o des-centrar *lo humano* en sus imbricaciones con algún *otro no-humano*, en general, pero no exclusivamente, con máquinas y animales.

En mirada retrospectiva, Cary Wolfe señala en su libro *What is posthumanism?* como el término *posthumanismo* que cobra fuerza durante mediados de los años noventa en la discusión de las ciencias sociales puede rastrearse hasta los planteamientos de Foucault de la *muerte del hombre*<sup>3</sup>, en los años sesenta, como el fin de una cierta concepción de lo humano vinculada a la centralidad de la figura del hombre blanco occidental del proyecto de modernidad europeo. Pero el autor también distingue otra genealogía del término vinculada al surgimiento de la cibernética donde nuevos modelos teóricos de procesos comunicativos, mecánicos y biológicos, sacaban al *humano* de su posición privilegiada en el sistema.<sup>4</sup> Existe cierto consenso en identificar los antecedentes fundamentales para pensar el despliegue de las problemáticas posthumanistas en los orígenes de la cibernética y la serie de conferencias Macy, realizadas entre 1946 y 1953 en Nueva York.<sup>5</sup> La irrupción de la cibernética planteó una analogía entre el funcionamiento de lo orgánico y lo maquínico que quitaba al humano el privilegio ontológico que gozaba en otras épocas. Al proponer una teoría unificada de los organismos biológicos y los sistemas maquínicos, una ciencia de las analogías entre máquinas y organismos<sup>6</sup>, la cibernética establecería un paso decisivo hacia una ontología no-moderna en la que “personas y cosas no son tan diferentes después de todo.<sup>7</sup> Si “nunca fuimos modernos” como plantea Bruno Latour<sup>8</sup>, entonces “animales, humanos y máquinas existen en un mundo achatado, donde no existen privilegios ontológicos”.<sup>9</sup>

Donna Haraway advierte una profunda transformación de la imagen del *organismo como mecanismo*, predominante entre los siglos XVII y XIX, a la imagen actual del *organismo como sistema de información* y propone al *cyborg* (cuerpo híbrido de máquina y organismo) como metáfora y realidad de nuestras subjetividades actuales.<sup>10</sup> La autora reconoce en la cibernética una suerte de igualación ontológica entre *lo orgánico*, *lo técnico* y *lo textual*, donde cuerpos y objetos son desacralizados en tanto todo componente puede ser interconectado con otro, a partir de la construcción de algún *modelo* o *código* capaz de procesar un lenguaje común.<sup>11</sup> La figura del *cyborg* es utilizada para pensar colectivos que incluyen elementos heterogéneos cuyos límites se vuelven cada vez más difusos. De este modo, el término *cyborg* se ha utilizado tanto para designar a un ratón conectado a una bomba osmótica que regulaba sus procesos bioquímicos, en la experimentación astronáutica de los años sesenta, como a la Tierra entera, a la luz de la teoría Gaia que comprende al planeta como un ser inteligente y sensible. Desde la cibernética todas estas entidades heterogéneas podían ser vistas como sistemas de comunicación y control, estableciendo una “ontología común” para humanos, máquinas, animales, plantas y otras entidades no-humanas. A través de este tipo de planteamientos, Haraway busca desarrollar una *perspectiva relacional* donde la identidad humana surge como resultado de múltiples vínculos sociales e históricos con “muchos actores no todos humanos, no todos orgánicos, no todos tecnológicos”.<sup>12</sup> Es así que el *cyborg* de Haraway busca discutir la uniformidad de ideas sobre lo que significa ser humano y las consecuencias políticas y sociales de esto, planteándose como una posibilidad de pensar *posiciones sujeto* donde se considera la relación como unidad mínima de análisis.<sup>13</sup>

“What interested me was the way of conceiving of us all as communication systems, whether we are animate or inanimate, whether we are animals or plants, human beings or the planet herself, Gaia, or machines of various kinds. This common coin of theorizing existence, this common ontology of everything as communication-control-system was what interested me. [...] It was the joint-implosion of human and machine, on the one hand, and human and other organisms, on the other, within a kind of problematic of communication that interested me about the cyborg”.<sup>14</sup>

Para Katherine Hayles esta condición del posthumano como un colectivo heterogéneo implica una *cognición distribuida*, entre distintas partes que se comunican unas con otras, que problematiza la idea de una agencia individual y exclusivamente humana. En su trabajo *How We Became Post-human*, Hayles recupera los argumentos de Edwin Hutchins<sup>15</sup> para señalar cómo la *cognición distribuida* circula hace bastante tiempo en la historia de la humanidad y que de hecho normalmente los humanos “actúan en ambientes donde la cognición se distribuye entre una variedad de actores humano y no-humanos”.<sup>16</sup> Esta perspectiva también permite cambiar la relación de la subjetividad humana a su ambiente, dejando atrás las concepciones del humano como fuente de dominio y control del entorno, para plantear modelos de subjetividad basados en sistemas de relaciones donde tanto la cognición como el actuar del sujeto surgen como procesos realizados de forma colectiva entre actores humanos y no-humanos.<sup>17</sup> Así contrapone el *humano*, como el sujeto autónomo propuesto por la mod-

ernidad, al *sujeto posthumano* como una “amalgama, una colección de componentes heterogéneos, una entidad informático-material cuyos límites atraviesan una continua construcción y reconstrucción”.<sup>18</sup>

### La experiencia del sujeto en la red técnica

Para situar el pensamiento del filósofo checo Vilém Flusser en el debate posthumanista, Erick Felinto y Lucia Santaella identifican el modelo de subjetividad que el filósofo plantea en su análisis de la sociedad telemática como un modelo esencialmente cibernético<sup>19</sup>. Para Flusser, la cibernética no solo aporta un repertorio de conceptos e ideas sino, más aun, un modelo estructural de conocimiento.<sup>20</sup> En su pensamiento, el sujeto surge como una “intersección nodal en una vasta red de relaciones sociales y tecnológicas”.<sup>21</sup> Un punto clave del pensamiento Flusser radica en su crítica al sujeto moderno, a partir de la evidencia que su concepción se vuelve crecientemente obsoleta en la situación contemporánea. El filósofo “percibe las insuficiencias del humanismo para lidiar con las realidades de la sociedad tecnológica avanzada”, pero a su vez busca alternativas que no “se distancien por completo del modelo anterior”.<sup>22</sup> En su ensayo “Ordens de Magnitude e Humanismo” el filósofo comienza afirmando que “o humanismo é inadequado ao presente” y que “[v]ivimos en una época en que el hombre ya no es más la medida de todas las cosas como en la Antigüedad”.<sup>23</sup>

“Después del colapso del humanismo y, por tanto, después del colapso del Iluminismo [...] ya no disponemos de ninguna imagen del hombre (Menschenbild). [...] Tal vez podamos conquistar, en el campo de investigación sobre la comunicación humana, una nueva imagen del hombre”<sup>24</sup>

El filósofo advierte la necesidad de pensar nuevos modelos de subjetividad en el paso de una sociedad industrial a una situación post-industrial, caracterizada por el preponderante protagonismo de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la vida cotidiana. En la *sociedad telemática* la experiencia de lo humano se transforma, dando paso a la emergencia de una subjetividad descentrada que se disgrega a través de las redes tecnológicas.<sup>25</sup> El sujeto se proyecta como *punto-nodal* de una *red intersubjetiva* articulada a través de continuas mediaciones y procesos de intercambio de información.<sup>26</sup> En el pensamiento de Flusser, el sujeto humano no presenta “ningún núcleo sólido, ninguna identidad, ningún ego, espíritu o alma”.<sup>27</sup> Más bien, “estamos inmersos en un campo psíquico colectivo en el cual aparecemos como burbujas provisionarias que adquieren, procesan y repasan informaciones para luego después sumergirse nuevamente”.<sup>28</sup>

“lo que somos son relaciones (alambres) entrelazadas, sin ningún tipo de núcleo (de “espíritu”, de “yo”, de “identidad”, sin nada de nada con que podamos “identificarnos”). Si desanudamos las relaciones de las que estamos hechos, nos quedamos con las manos vacías. Dicho de otro modo: “yo” es, pues, aquel punto abstracto en el que se cruzan y del que salen relaciones concretas. Ahora sí que podemos “identifi-

carños” con esos nudos de relaciones: por templo: como cuerpo grave (como punto nodal en el campo electromagnético y gravitacional), como organismo (como punto nodal en el campo genético y ecológico), como “psique” (como punto nodal en el campo psicológico colectivo), y como “persona” (como punto nodal en campos sociales, intersubjetivos, que se recortan unos sobre otros”.<sup>29</sup>

Teniendo presente este entendimiento cibernético que subyace en el pensamiento de Flusser, su planteamiento del sujeto como un sistema de adquisición, procesamiento, transmisión y almacenamiento de información adquiere mayor nitidez. El llamado mundo objetivo no pasaría de ser una proyección del sistema nervioso, que configura la realidad a partir de la computación de informaciones percibidas. Pero cada vez más, las informaciones obtenidas de nuestro entorno, parecen provenir de una multiplicidad de aparatos que componen el paisaje mediático contemporáneo. Flusser advierte que en la sociedad post-industrial los aparatos asumen tamaños gigantescos (como el aparato administrativo) y microscópicos (como los chips de los aparatos electrónicos), amenazando en ambos casos escapar totalmente de nuestra visión.<sup>30</sup> Su actuar se despliega en dimensiones que ni nuestro sistema sensorial, ni nuestras coordenadas cognitivas o aparato epistemológico son capaces de registrar. De esta manera, los humanos no se encuentran más en el centro de la sociedad, han sido des-centrados por los aparatos y sus programas hasta el punto de poder ser vistos como meros canales de conexión de las redes aparáticas. En la teoría informática que Flusser despliega sobre la cultura se “disuelven los límites materiales y conceptuales entre humanos y el mundo de los objetos”<sup>31</sup>, abriendo la posibilidad de pensar no sólo una nueva ontología, sino también una nueva antropología donde organismos vivos y objetos inanimados son vistos como nodos de relaciones en la red interconectada del ecosistema natural-cultural.<sup>32</sup>

En el cruce de problemáticas posthumanistas con la teoría de medios encontramos distintos intentos de desarrollar herramientas conceptuales para aproximarse a las realidades intangibles que componen las materialidades de los fenómenos mediáticos. Las “redes son elementales, en el sentido que sus dinámicas operan en niveles “sobre” y “bajo” los del sujeto humano”.<sup>33</sup> Este entendimiento realza un aspecto medioambiental de las *redes*, donde no podemos controlar ni siquiera manipular directamente “todas las cosas que hacemos como sujetos o grupos humanos individuados”.<sup>34</sup> Es así que las *redes* permiten “mostrar lo inhumano en lo humano, que el sujeto humano individuado no es la unidad básica de constitución pero una miríada de información, afectos y materias”.<sup>35</sup> Una teoría de medios posthumanista no se trata tanto de lo que viene después del humano sino, más bien, de las fuerzas no-humanas presentes dentro y más allá de la forma humana.<sup>36</sup> De esta manera, vuelve necesario una revisión crítica de las incapacidades de los modelos tradicionales de *sujeto* para abordar de las problemáticas que surgen en las culturas de redes contemporáneas.<sup>37</sup>

Si las lógicas humanistas se han mostrado incapaces de dar cuenta de los entramados complejos que presentan las materialidades tecnológicas contemporáneas, se vuelve necesario generar aproximaciones que

permitan aprehender la “agencia de la máquina”<sup>38</sup> y explorar “la agenda escondida de los artefactos tecno-materiales”<sup>39</sup>. Para focalizarse en los procesos no-humanos que ocurren en los medios, se vuelve necesario indagar en las dimensiones físicas de los medios, con especial énfasis en la comunicación y procesos técnicos (basados en señales): la computación de los aparatos. En este contexto, teóricos de los medios como Friedrich Kittler y Wolfgang Ernst reflexionan sobre cómo los medios técnicos registran la dimensión física del mundo más allá de las intenciones y significados humanos, para abordar a los medios no como objetos de análisis sino como sujetos de un otro tipo de conocimiento distinto del nuestro<sup>40</sup>. El planteamiento de la existencia de un conocimiento implícito en los medios que difiere de la percepción y cognición humanas requiere de herramientas conceptuales que permitan dar cuenta tanto de la actividad del humano como de la máquina.

En *El Modo de Existencia de los Objetos Técnicos*, el filósofo de la tecnología Gilbert Simondon se propone desarrollar una nueva teoría de la técnica fuera de las lógicas humanistas. El filósofo hace un llamado a una “toma de conciencia del sentido de los objetos técnicos”, advirtiendo cómo históricamente la “cultura” ha ignorado la realidad humana contenida en la realidad técnica<sup>41</sup>. El desafío se basa en resolver el actual desequilibrio de la cultura y volver “a introducir en ella la conciencia de la naturaleza de las máquinas, de sus relaciones mutuas, y de sus relaciones con el hombre, y de los valores implicados en estas relaciones”<sup>42</sup>. Esto permitiría a la cultura recuperar su carácter verdaderamente general, capaz de dotar realmente de significado al mundo. Siguiendo a Simondon, “[...]o que reside en las máquinas es la realidad humana, el gesto humano fijado y cristalizado en estructuras que funcionan”.<sup>43</sup> “Inventar una máquina significa, para Simondon, dar forma material a un proceso de pensamiento”.<sup>44</sup> En este sentido, advierte que tanto la tecnofobia como la idolatría a las máquinas no se explican tanto desde el odio o la celebración de lo nuevo, sino más bien como una negación de la realidad ajena, basado en el presupuesto de que los objetos técnicos no contienen realidad humana. Por otra parte, Simondon plantea que la experiencia del sujeto en la red técnica, “coloca al hombre en presencia y en el interior de una serie de acciones y de procesos que él no dirige en soledad, sino en las cuales participa”<sup>45</sup>. Y que tanto el filósofo como el artista podrían ayudar a la toma de conciencia del conjunto técnico.<sup>46</sup>

### La dupla creadora humano-no-humano en el arte generativo

En el debate sobre el denominado *nuevo materialismo*<sup>47</sup>, podemos identificar un creciente interés por la ontología y ontogénesis, como una forma de distanciarse de la “falacia hilemórfica”<sup>48</sup>, de la que se desprenden distintos pares dicotómicos tradicionales y fundamentales para la visión de mundo humanista-antropocéntrica, como la división entre forma y materia. En resumidas cuentas, “la división entre nosotros (humanos, conocimiento, significado, forma) y ellos (el mundo real de los objetos, las cosas, la materialidad, casi siempre considerada pasiva y carente de significado con relación a los signos)”<sup>49</sup>. En este contexto, el teórico de medios Jussi Parikka recuerda que “Simondon se muestra categórico al afirmar que para poder comprender la materialidad de las cosas y la tec-



nología, es necesario reconsiderar y poner en duda la asunción de que la forma es externa a la materia”.<sup>50</sup>

En su texto “Generatividad y molde interno: Los sistemas de reglas en el desarrollo de la forma artística”, Leonardo Solaas propone una reflexión sobre el arte generativo tomando como contrapunto el problema de la forma viva y la noción de “molde interno”.<sup>51</sup> El concepto de molde interno permite establecer una salida al esquema hilemórfico que privilegia el rol de la forma sobre la materia. Como bien señala Solaas, en la historia del pensamiento occidental, este planteamiento establecía la “necesidad de un intermediario, un demiurgo que se dedicara laboriosamente a unir esa forma o plan abstracto con la sustancia que lo corporizara”.<sup>52</sup> La importancia de la noción de “molde interno” es, justamente, que abrió otros caminos para pensar la actividad de la materia. En la medida que “el plan está en la materia misma, como una cualidad inseparable de ella” la figura del demiurgo se enfrenta a su obsolescencia.<sup>53</sup> Solaas recupera esta noción desarrollada en el siglo XVIII por Georges-Louis Leclerc, Conde de Buffon, para pensar un criterio que permita reconocer los “sistemas autónomos” vinculados a la modalidad generativa de las prácticas artísticas.

“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 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”.<sup>54</sup>

Siguiendo a Phillip Galanter, podemos acordar que *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”<sup>55</sup>. En su artículo “What is Generative Art?”, Galanter advierte podemos considerar que las prácticas artísticas basadas en la generatividad se remontan bastante atrás en la historia del arte y han adoptado múltiples formas.<sup>56</sup> El principio básico es alejar al artista de la manipulación directa de una materia para brindarle forma y enfrentarlo al desarrollo de instrucciones, reglas, procesos y sistemas para generar, sin la intervención directa de éste, formas artísticas (visuales, sonoras, textuales). Tradicionalmente se consideraba que el artista era quien manipulaba la materia “para llegar a la forma que su espíritu, intuición, inspiración, idea o instinto le dictan”.<sup>57</sup> Bajo este entendimiento, una característica fundamental de la obra artística se basaba en la posibilidad de identificar la “huella” del artista. En este sentido, la generatividad viene a poner en cuestión la tradicional “contigüidad física entre el artista y la obra” sobre la que se basa “uno de los principios fundamentales del arte”: la noción de autor.<sup>58</sup> Galanter advierte que el problema de la autoría es un tema clave del arte generativo. Si bien, el arte generativo no tiene una temática particular y permite también abordar otros asuntos como la vida, la muerte, el amor, la belleza, claramente la posibilidad de crear “obras” sin la participación de la intuición humana, resuena con la prob-

lematización post-estructuralista de la noción de autoría.<sup>59</sup> Formulada como la “muerte” del autor por filósofos como Michel Foucault y Roland Barthes, hacia fines de los años sesenta.<sup>60</sup> No podemos dejar de observar que en el caso de Foucault su reflexión sobre la desaparición de la figura del autor se da un par de años después de su advertencia sobre la *muerte del hombre* que, como mencionamos anteriormente, es también un importante antecedente para el debate posthumanista.

Pero quizás más interesante para nuestro ámbito de reflexión, es la problematización de la idea de autor desarrollada por Flusser quien, de cierta manera, plantea una actualización, pero también una ampliación, de las reflexiones de Walter Benjamin sobre el autor como productor: “Benjamin lo dice posiblemente mejor que yo. Cuando el aura de una obra de arte se desmorona en la época de su reproductibilidad técnica, entonces desaparecen el autor y la autoridad”.<sup>61</sup> Frente a este escenario, el proceso creativo surge como un diálogo entre el sujeto y el aparato. El artista sería quien busca evitar convertirse en un funcionario del aparato, destinado a reproducir sus posibilidades inscriptas, rebelándose contra la automatización de la consciencia y engañando al aparato al introducir en éste elementos humanos no previstos en su *programa*. El pensamiento dialógico, fundamental a lo largo de las propuestas del filósofo, implica abandonar, entre otras cosas, la noción tradicional de *autor*. En este *juego* con los aparatos, la unidad del “yo” se fragmenta, dando paso “a una compleja red de competencias cruzadas entre hombres y inteligencias artificiales”.<sup>62</sup> Desde la perspectiva cibernética de Flusser, el arte es visto “como procedimiento comunicativo que involucra almacenaje (*Speicherung*), transmisión (*Übertragung*) y procesamiento (*Verarbeitung*)”.<sup>63</sup> Esta concepción expande la noción de *arte*, hasta plantear que “toda obra humana es arte: respuesta a una provocación emitida por determinado objeto”.<sup>64</sup> De este modo, Flusser evita utilizar “conceptos que no corresponden a ningún fenómeno observable (como, por ejemplo, ‘espíritu’, ‘creatividad’, ‘libertad’, etcétera)”.<sup>65</sup> Siguiendo las ideas del filósofo, tradicionalmente en occidente conceptos como *alma*, *espíritu* o *ego*, se han vinculado a esa parte de nosotros “que no está sujeta a la entropía sino al almacenamiento eterno de información”.<sup>66</sup> Al transferir este gesto a máquinas automatizadas hemos adquirido una distancia crítica respecto a nuestra capacidad de adquirir, almacenar y transmitir información: lo que antes llamábamos nuestro “espíritu”.<sup>67</sup> Esta distancia implica profundos cambios en nuestras categorías de pensamiento y acción que introduce modificaciones fundamentales a la noción tradicional de sujeto. La ideología del “yo” es puesta en entredicho y éste se evidencia como un nudo de relaciones al interior de una red universal de flujo informacional.

Antes de continuar, es necesario advertir que el arte generativo no es un subconjunto del arte computacional y que, de hecho, tampoco requiere la presencia de tecnologías digitales.<sup>68</sup> Más bien, “lo que está en juego es el uso de un sistema” que presente un cierto grado de autonomía.<sup>69</sup> Pero claramente es innegable, que “la proliferación de las computadoras como herramientas al alcance de todos” ha impulsado y visibilizado este tipo de práctica artística.<sup>70</sup> Por otro lado, Solaas muy bien advierte de la inocencia contenida en el pensar que el arte generativo producido por máquinas programables es completamente autónomo de la figura del artista. Si bien, una vez puesto en marcha el sistema generará formas sin la

intervención del artista, es éste quien desarrolla e inicializa el programa en un primer lugar. En este sentido, sería quizás más adecuado pensar el arte generativo como “una colaboración creativa entre un artista humano y un agente no humano”.<sup>71</sup> Solaas propone como característica fundamental para entender la especificidad de este tipo de arte, el diálogo que se establece “entre las partes humana y no-humana”.<sup>72</sup> El sujeto del arte generativo correspondería a esta “dupla creadora” que responde a un modelo “profundamente diferente de los procedimientos típicos del genio romántico, que constituye, todavía hoy, el arquetipo del artista en el imaginario de nuestra cultura”.<sup>73</sup> La visión moderna del artista, plantea a este como un sujeto de “sensibilidad privilegiada” y que, en base a su inspiración, es capaz de “dominar la materia y darle expresión sensible a una idea” a través de su “talento extraordinario”.<sup>74</sup> Este tipo de planteamientos, ciertamente, contribuyeron a establecer en el sentido común una imagen del artista como una voz única, libre y autónoma, cuya sensibilidad se diferencia, e incluso se opone, a la del resto de la sociedad. La concepción moderna exalta la experiencia individual del artista, posicionándolo como un individuo autónomo que impone sus imágenes al mundo.<sup>75</sup> Para la crítica de arte Suzi Gablik, las estéticas modernas se basan en la noción de poder contenida en la afirmación y exaltación de la individualidad. Este entendimiento habría generado, históricamente, un alejamiento del sentido de comunidad, y estimulado un distanciamiento del *Otro*.<sup>76</sup> Un sujeto aislado, que basa su individuación en la separación, difícilmente se presta para interacciones participatorias que invitan a un involucramiento empático.<sup>77</sup> De esta manera, la primacía de la individualidad vinculada a la noción de *expresión* en el arte moderno, donde el artista externaliza sus emociones y visiones interiores, asume al individuo como “una identidad psicológica discreta y no un sujeto dialógico en perpetua negociación con otros”.<sup>78</sup>

## Hacia una sensibilidad posthumana

La individualidad y la libertad eran conceptos claves del proyecto de modernidad, pero estos difícilmente pueden responder a los desafíos que plantean ciertas problemáticas contemporáneas.<sup>79</sup> Las necesidades que nuestro plantea actualmente expone, requiere de otros modelos de pensamiento y sensibilidad más cercanos a otras formas de comprender la interacción y los vínculos en general. El agotamiento de estos conceptos modernos demanda, hoy en día, el desarrollo de una visión de mundo post-cartesiana y ecológica, donde el sujeto ya no se comprende como un individuo aislado y autónomo, sino, más bien, como un ente relacional e interdependiente.<sup>80</sup> En este contexto, Gablik levanta la pregunta en torno a cuáles serían las implicaciones de estos cambios en los modelos de subjetividad para el arte. Si bien Gablik no estaba pensando en el arte generativo, cuando desarrolla en los noventa su propuesta de unas *connective aesthetics*, hay ciertos aspectos de su reflexión que consideramos pueden ser de utilidad para establecer algunas relaciones entre los problemas presentados anteriormente en relación al debate posthumanista y esta la modalidad generativa en el arte. Hemos decidido referirnos al trabajo de Gablik ya que su crítica a la figura moderna del artista, y la exaltación de la expresión individual

del mismo, apunta a la necesidad de un otro entendimiento del artista basado en la relacionalidad, el diálogo, la interacción, el sentido de comunidad y el reconocimiento de nuestra interdependencia a nivel planetario. Frente al mito heroico de la independencia del sujeto, donde tanto las otras personas como el mundo son vistos como fuerzas ajenas, Gablik señala la necesidad de generar una perspectiva enfocada al establecimiento de entendimientos compartidos y el entrelazamiento del yo y el otro, del yo y la sociedad.<sup>81</sup> Esta perspectiva apela a un paradigma ecológico donde la configuración del “yo” se basa en una conceptualización relacional del sujeto, que permitiría abandonar el individualismo propio de la tradición moderna y superar sus anhelos de dominación y supresión del *otro*.<sup>82</sup> En este contexto, vale la pena señalar que otra fuente de inspiración importante para el *posthumanismo crítico* proviene de la ecología y el ambientalismo.<sup>83</sup> Desde aquí se ha estimulado un sentido de interconexión entre el “yo” y los “otros”, incluyendo a los *otros no-humanos*.<sup>84</sup> En su libro *The Post human*, la filósofa Rosi Braidotti, la práctica de relacionarse con los *otros* no solo requiere sino que también se ve estimulada por el rechazo al individualismo y autonomía egocentristas del sujeto humanista.<sup>85</sup> Siguiendo sus ideas, esta práctica posthumanista de reconocer y establecer nuestras relaciones con otros, humanos y no-humanos, permite explorar un sentido ampliado de comunidad basado en “inter-conexiones ambientales”.<sup>86</sup>

En esta visión de mundo, post-cartesiana como la denomina Gablik, el artista es considerado un sujeto relacional que se realiza en el horizonte de la intersubjetividad y la interconectividad, en su vinculación con los *otros*. En esta concepción se caracteriza por un paso de una modalidad artística monológica hacia una dialógica. Esto como una búsqueda por expandir el número de “voces” presentes en la producción artística que se realiza. En el contexto del arte generativo, y siguiendo las ideas de Solaas anteriormente mencionadas, estas voces podrían identificarse con los agentes no-humanos que forman parte del proceso creativo. Recuperando los argumentos del autor, otro aspecto clave de este tipo de arte se relaciona a la “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”.<sup>87</sup> Si bien Solaas, admite que esta “ansia de control” no desaparece del todo, al menos se complementa con “un momento en el que el sujeto se permite ceder, soltar o retirarse”.<sup>88</sup> De esta manera, no se trata de que el arte generativo haya dejado de ser humano sino de reconocer “que no es sólo humano”.<sup>89</sup> Situación que viene a problematizar el hecho de que a lo largo de la modernidad “el arte ha sido esencial y completamente humano”.<sup>90</sup> En tanto en el arte generativo la obra surge de la dupla creadora humano y no-humano, la figura del artista deja de ser “la fuente primaria e insustituible de la obra”.<sup>91</sup> Y más allá, si aceptamos los argumentos expuestos, podríamos acordar 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”.<sup>92</sup> Para Solaas, es en este reconocimiento de la creación artística como una colaboración entre un sujeto humano y una entidad no-humana que la hace posible, donde podría radicar la especificidad del arte generativo.

“¿Qué le queda entonces de específico al arte generativo? Sin duda, aquello que sólo deviene posible por la conjunción de una persona con un autómatas. 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”.<sup>93</sup>

“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”.<sup>94</sup>

“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”.<sup>95</sup>

Estos argumentos claramente resuenan con propuestas posthumanistas, a la noción humanista que plantea la coincidencia entre la subjetividad y la agencia consciente.<sup>96</sup> El sujeto posthumano se plantea como una opción para “repensar la articulación de humanos con máquinas inteligentes”<sup>97</sup>, cuestionando la supuesta autonomía del sujeto moderno y alejándose del planteamiento liberal de un humano “destino manifiesto es dominar y controlar la naturaleza”.<sup>98</sup> La colaboración creativa entre humanos y no-humanos, como característica particular del arte generativo, coincide con el entendimiento del *sujeto posthumano* como “una colección de agentes trabajando en conjunto”.<sup>99</sup> Por otra parte, los planteamientos de Solaas sobre la necesidad de pensar una estética *cyborg*, un modelo de subjetividad en red y una visión de mundo que apunte hacia la multiplicidad y la complejidad de las relaciones, resuenan con otras problemáticas fundamentales del posthumanismo que hemos tratado a lo largo del presente artículo. Particularmente con la pregunta sobre cómo el sentido de la categoría de lo humano se reconfigura a la luz de las relaciones que actualmente establecemos con otras entidades no-humanas. Consideramos que el posthumanismo puede entregar claves para pensar este escenario posterior a la modernidad descrito por Solaas, que no caiga en el uso del término “posmodernidad” y, a su vez, pueda dar cuenta de un modelo de subjetividad basado en las relaciones.

El cuestionamiento del posthumanismo al privilegio y autonomía que ha gozado el sujeto humano, desde la modernidad, se basa en la relación para descentrar la noción de *agencia* del humano y extenderla para incluir diversos actores no-humanos. En este sentido, más que una “superación” del humano, el posthumanismo se refiere a un momento

histórico caracterizado por “un incremento en la vigilancia, la responsabilidad y la humildad” necesarias para vivir en un mundo poblado por entidades diferentes<sup>100</sup>, cuyo actuar se resuelve más allá de las intenciones y voluntad humanas. La subjetividad posthumana “abre posibilidades inesperadas para la recomposición de comunidades, para la idea misma de humanidad y para formas éticas de pertenencia”<sup>101</sup>. En sintonía con las propuestas desarrolladas por Donna Haraway, Braidotti aboga por el reconocimiento de un vínculo post-antropocéntrico transversal y estructural entre sujetos humanos y no-humanos, los anteriores *otros* del hombre antropocéntrico-humanista.<sup>102</sup> Este es un punto fundamental de la dimensión ética de la reflexión posthumanista, que apela a “la creación de nuevos nexos sociales y nuevas formas de conexión social con estos tecno-otros”, y con los otros seres orgánicos no-humanos, con los que compartimos nuestro planeta.<sup>103</sup>

Una sensibilidad posthumana y post-antropocéntrica<sup>104</sup> admite que la actividad del pensamiento debe combinar crítica y creatividad, apuntando hacia la invención de nuevos conceptos y nuevas relaciones éticas.<sup>105</sup> La teoría posthumanista problematiza el núcleo de las visiones tradicionales de la autonomía del sujeto, intentando movilizarse hacia un entendimiento del sujeto como un sistema de relaciones, compuesto de actores humanos y no-humanos. En este sentido, uno de los desafíos del pensamiento contemporáneo se centra en abordar los “cambios y transformaciones sin precedentes de la unidad básica de referencia de lo que cuenta como humano”.<sup>106</sup> Es aquí que radica el potencial afirmativo del posthumanismo como una forma de apoyar la actualización de un nuevo concepto del sujeto cuyo horizonte pasa a ser planetario, basado en una eco-filosofía del devenir.<sup>107</sup>

## Notas

1. Actualmente el concepto de *posthumano* se ha desarrollado y aparecido en una multiplicidad de contextos culturales y filosóficos contemporáneos, siendo utilizado por corrientes de pensamiento bastante diversas. Siguiendo el diagnóstico de Erick Felinto y Lucía Santaella, podemos identificar cuatro corrientes principales donde ha proliferado el uso del término posthumanismo, mencionando algunos de sus principales exponentes: “Posthumanismo escéptico” (Manuel DeLanda); “apocalíptico” (Francis Fukuyama); “popular” (Hans Moravec, Ray Kurzweil), “crítico” (Donna Haraway, Katherine Hayles, Cary Wolfe, Robert Pepperell, Halberstam & Livingston, Eugene Thacker, Elaine L. Graham). Interesa hacer esta distinción ya que el presente trabajo se centra sobre las discusiones desarrolladas en torno al denominado *posthumanismo crítico*. Ver FELINTO, Erick & SANTAELLA, Lucía. *O explorador de abismos: Vilém Flusser e o pós-humanismo*. São Paulo. Paulus. 2012. pp. 35-44.
2. En este contexto, el filósofo de la tecnología Don Ihde reconoce el *cyborg* de Haraway, pero también las propuestas de Andrew Pickering (*agencia material*) y Bruno Latour (*no-humanos*), como importantes contribuciones al desarrollo de un conocimiento post-moderno capaz de “incorporar lo material, lo no-humano y lo ani-

mal a la producción de conocimientos”. Ver IDHE, Don. *Los cuerpos en la tecnología*. Barcelona. Editorial UOC. 2004. p. 84.

3. En el último párrafo de *Las Palabras y Las Cosas*, el filósofo ya advertía “En todo caso, una cosa es cierta: que el hombre no es el problema más antiguo ni el más constante que se haya planteado el saber humano. Al tomar una cronología relativamente breve y un corte geográfico restringido —la cultura europea a partir del siglo XVI— puede estarse seguro de que el hombre es una invención reciente. El saber no ha rondado durante largo tiempo y oscuramente en torno a él y a sus secretos. De hecho, entre todas las mutaciones que han afectado al saber de las cosas y de su orden, el saber de las identidades, las diferencias, los caracteres, los equivalentes, las palabras —en breve, en medio de todos los episodios de esta profunda historia de lo Mismo— una sola, la que se inició hace un siglo y medio y que quizá está en vías de cerrarse, dejó aparecer la figura del hombre. Y no se trató de la liberación de una vieja inquietud, del paso a la conciencia luminosa de una preocupación milenaria, del acceso a la objetividad de lo que desde hacía mucho tiempo permanecía preso en las creencias o en las filosofías: fue el efecto de un cambio en las disposiciones fundamentales del saber. El hombre es una invención cuya fecha reciente muestra con toda facilidad la arqueología de nuestro pensamiento. Y quizá también su próximo fin”. Ver FOUCAULT, Michel. 1968. *Las Palabras y Las Cosas*. Traducción de Elsa Cecilia Frost. Buenos Aires. Siglo XXI. p. 375.
4. Particularmente, Wolfe prefiere pensar un sentido del *posthumanismo* que se retrotrae al *dogma antropológico del humanismo* haciendo referencia a la dicotomía *humano/animal*, donde lo humano se define en el escape o represión de lo animal, como una manera de vincular el campo emergente y de investigación disciplinaria generalmente denominado *estudios animales*. Ver WOLFE, Cary. *What is Posthumanism?*. Minneapolis. University of Minnesota Press. 2010.
5. Ver HAYLES, Katherine. *How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*. Chicago. University of Chicago Press. 1999; WOLFE, Cary. *What is Posthumanism?*. Minneapolis. University of Minnesota Press. 2010.
6. DUPUY, Jean Pierre citado en FELINTO, Erick; & SANTAELLA, Lucia. *O explorador de abismos: Vilém Flusser e o pós-humanismo*. São Paulo. Paulus. 2012. p.27.
7. PICKERING, Andrew. *The Cybernetic Barin*. Chicago. University of Chicago Press. 2010. p. 18. Traducción propia.
8. Ver LATOUR, Bruno.. *Nunca fuimos modernos. Ensayo de antropología simétrica*. Buenos Aires. Siglo XXI. 2007.
9. FELINTO, Erick & SANTAELLA, Lucia. *O explorador de abismos: Vilém Flusser e o pós-humanismo*. São Paulo. Paulus. 2012. p.128. Traducción propia.

10. HARAWAY, Donna. *Ciencia, Cyborgs y Mujeres: La reinención de la naturaleza*. Barcelona. Cátedra. 1995
11. *Ibíd.* . p 363.
12. HARAWAY, Donna. "Las promesas de los monstruos: Una política regeneradora para otros inapropiados/inapropiables". *Política y Sociedad*, N° 30. Madrid. Universidad Complutense. 1999. p. 123.
13. HARAWAY, Donna. "When animals look back" en *Antennae* 13. 2010. p. 7. Disponible en Internet <antennae.org.uk> (Recuperado el 20 de Junio de 2015).
14. HARAWAY, Donna. *The Haraway Reader*. Nueva York. Routledge. 2004. p.322.
15. HUTCHINS, Edwin. *Cognition in the Wild*. Cambridge. MIT Press. 1995.
16. HAYLES, Katherine. *How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*. Chicago. University of Chicago Press. 1999. p. 319. Traducción propia.
17. *Ibíd.* pp. 289-290.
18. *Ibíd.* p 3. Traducción propia.
19. Ver FELINTO, Erick; & SANTAELLA, Lucia. *O explorador de abismos: Vilém Flusser e o pós-humanismo*. São Paulo. Paulus. 2012.
20. *Ibíd.* p. 52.
21. *Ibíd.* p. 54. Traducción propia
22. FLUSSER, Vilém *apud* FELINTO, Erick; & SANTAELLA, Lucia. *O explorador de abismos: Vilém Flusser e o pós-humanismo*. São Paulo. Paulus. 2012. p. 62. Traducción propia.
23. *Ibíd.* Traducción propia.
24. *Ibíd.* p. 58. Traducción propia.
25. FELINTO, Erick; & SANTAELLA, Lucia. *O explorador de abismos: Vilém Flusser e o pós-humanismo*. São Paulo. Paulus. 2012.
26. FLUSSER, Vilém. *Vom Subjekt zum Projekt. Menschwerdung*. Bensheim and Düsseldorf. Bollmann. 1994.
27. MARCONDES FILHO, Ciro. *O Princípio da razão durante: Da Escola de Frankfurt à crítica alemã contemporânea*. São Paulo. Paulus. 2011. p. 206. Traducción propia.
28. *Ibíd.*
29. FLUSSER, Vilém. *Filosofía del Diseño*. Madrid. Síntesis. 2002. p.126.



30. FLUSSER, Vilém. Para una Filosofía de la Fotografía. Buenos Aires. La Marca. 2014. p. 25.
31. POPIEL, Anne. "Vilém Flusser's Media Philosophy: Tracing the Digital in Nature through Art" *Electronic Theses and Dissertations*. Paper 723. Washington University Open Scholarship. Disponible en línea <<http://openscholarship.wustl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1722&context=etd>> (Recuperado el 20 de Junio de 105). Traducción propia.
32. Ibíd.
33. GALLOWAY, Alexander R. Galloway & THACKER, Eugene. *The Exploit A Theory of Networks*. Minneapolis. University of Minnesota Press. 2007. p. 157. Traducción propia.
34. Ibíd. Traducción propia
35. Ibíd. p. 155. Traducción propia.
36. PARIKKA, Jussi. *Insect Media An Archaeology of Animals and Technology*. Minneapolis. University of Minnesota Press. 2010. p. 203.
37. En este contexto, autores como Alexander Galloway, Eugene Thacker y Jussi Parikka recuperan el pensamiento del filósofo de la tecnología Gilbert Simondon y figuras como las colmenas y los enjambres para pensar modelos donde la "subjetivización es transformada en individuación" y el devenir sujeto pasa a entenderse como una operación de *networking*. Ver PARIKKA, Jussi. *Insect Media An Archaeology of Animals and Technology*. Minneapolis. University of Minnesota Press. 2010. pp. 202-203. Traducción propia.
38. ERNST, Wolfgang. *Digital Memory and the Archive*. Minneapolis. University of Minnesota Press. 2013.
39. Ibíd.
40. ERNST, Wolfgang. "Media Archeology – Method & Machine". Charla en Anglia Ruskin University, Cambridge, 18 November. 2009. En Internet: <http://www.medienwissenschaft.hu-berlin.de/medientheorien/forschung/ernst-english> (Recuperado el 20 de Junio de 2015)
41. SIMONDON, Gilbert. *El Modo de Existencia de los Objetos Técnicos*. Buenos Aires. Prometeo Libros. 2008. p.31.
42. Ibíd. p. 35.
43. Ibíd. p. 34.
44. MACHADO, Arlindo. *El Paisaje Mediático: Sobre el desafío de las poéticas tecnológicas*. Buenos Aires. Libros del Rojas-Universidad de Buenos Aires. 2000. p. 245.
45. SIMONDON, Gilbert. *El Modo de Existencia de los Objetos Técnicos*.

Buenos Aires. Prometeo Libros. 2008. p. 245.

46. Ibíd.
47. En este contexto, podemos mencionar los trabajos de autores como Brian Massumi, Rosi Braidotti, Graham Harman, Elizabeth Grosz, Karen Barad, Manuel DeLanda, Quentin Meillassoux, Levy Bryant, Jane Bennett, entre otros.
48. PARIKKA, Jussi. "La nueva materialidad del polvo" en *Artnodes 12*. 2012. p. 25.
49. Ibíd.
50. Ibíd.
51. SOLAAS, Leonardo. "Generatividad y molde interno: Los sistemas de reglas en el desarrollo de la forma artística" en CAUSA, Emiliano (comp.). *Invasión Generativa: Fronteras de la generatividad en las tres dimensiones, la robótica y la realidad aumentada*. La Plata. Editorial Invasores de la Generatividad. 2014.
52. Ibíd. p. 13
53. Ibíd.
54. Ibíd.
55. GALANTER *apud* SOLAAS, Leonardo. "Generatividad y molde interno: Los sistemas de reglas en el desarrollo de la forma artística" en CAUSA, Emiliano (comp.). *Invasión Generativa: Fronteras de la generatividad en las tres dimensiones, la robótica y la realidad aumentada*. La Plata. Editorial Invasores de la Generatividad. 2014. p. 12. Traducción de Leonardo Solaas.
56. 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](http://www.philipgalanter.com/downloads/ga2003_paper.pdf)> (Recuperado el 20 de Junio de 2015).
57. SOLAAS, Leonardo. "Generatividad y molde interno: Los sistemas de reglas en el desarrollo de la forma artística" en CAUSA, Emiliano (comp.). *Invasión Generativa: Fronteras de la generatividad en las tres dimensiones, la robótica y la realidad aumentada*. Editorial Invasores de la Generatividad. La Plata. 2014. p. 12.
58. Ibíd. p. 13.
59. 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](http://www.philipgalanter.com/downloads/ga2003_paper.pdf)> (Recuperado el 20 de Junio de 2015).

60. Ver BARTHES, Roland. “La muerte de un autor” en *El Susurro del Lenguaje*. Barcelona. Paidós. 1987; FOUCAULT, Michel. “¿Que es un autor?” en *Entre Filosofía y Literatura: Obras Esenciales, vol. I*. Barcelona. Paidós. 1999.
61. Ver FELINTO, Erick; & SANTAELLA, Lucia. *O explorador de abismos: Vilém Flusser e o pós-humanismo*. São Paulo. Paulus. 2012. p. 69. Traducción propia.
62. FELINTO, Erick; & SANTAELLA, Lucia. *O explorador de abismos: Vilém Flusser e o pós-humanismo*. São Paulo. Paulus. 2012. p. 70. Traducción propia.
63. *Ibíd.* pp. 126-127. Traducción propia.
64. FLUSSER, Vilém *apud* FELINTO, Erick; & SANTAELLA, Lucia. *O explorador de abismos: Vilém Flusser e o pós-humanismo*. São Paulo. Paulus. 2012. p. 127. Traducción propia.
65. *Ibíd.* p. 56. Traducción propia
66. FLUSSER, Vilém. “On Memory (Electronic or Otherwise)” en *Leonardo*. 23, 4. Oxford. Pergamon. 1990. p. 398. Traducción propia.
67. Ver FLUSSER, Vilém. “On Memory (Electronic or Otherwise)” en *Leonardo*. 23, 4. Oxford. Pergamon. 1990. pp 397-399.
68. Ver 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](http://www.philipgalanter.com/downloads/ga2003_paper.pdf)> (Recuperado el 20 de Junio de 2015); IHMELS, Tjark & RIEDEL, “The Methodology of Generative Art”. 2004. Disponible en línea en <<http://medienkunstnetz.de/themes/generative-tools/generative-art/textsummary/>> (Recuperado el 20 de Junio de 2015); SOLAAS, Leonardo. “Generatividad y molde interno: Los sistemas de reglas en el desarrollo de la forma artística” en CAUSA, Emiliano (comp.). *Invasión Generativa: Fronteras de la generatividad en las tres dimensiones, la robótica y la realidad aumentada*. La Plata. Editorial Invasores de la Generatividad. 2014.
69. SOLAAS, Leonardo. “Generatividad y molde interno: Los sistemas de reglas en el desarrollo de la forma artística” en CAUSA, Emiliano (comp.). *Invasión Generativa: Fronteras de la generatividad en las tres dimensiones, la robótica y la realidad aumentada*. La Plata. Editorial Invasores de la Generatividad. 2014. p. 13.
70. *Ibíd.*
71. *Ibíd.* p. 14.
72. *Ibíd.* p. 15.
73. *Ibíd.*

74. Ibíd.
75. GABLIK, Suzi. "Connective Aesthetics" en *American Art*, Vol. 6, No. 2. Spring. 1992. p. 2.
76. Ibíd. p. 6.
77. Ibíd.
78. KAC, Eduardo. "Negotiating Meaning: The Dialogical Imagination of Electronic Art". 1999. Disponible en línea en [www.ekac.org/dialogicimag.html](http://www.ekac.org/dialogicimag.html) (Recuperado el 20 de Junio de 2015). Traducción propia.
79. GABLIK, Suzi. "Connective Aesthetics" en *American Art*, Vol. 6, No. 2. Spring. 1992. p. 4.
80. Ibíd.
81. Ibíd. p.6.
82. Ibíd.
83. BRAIDOTTI, Rossi. *The Posthuman*. Cambridge. Polity Press. 2013. p. 47.
84. Ibíd. p. 48.
85. BRAIDOTTI, Rossi. *The Posthuman*. Cambridge. Polity Press. 2013.
86. Ibíd. p.48
87. SOLAAS, Leonardo. "Generatividad y molde interno: Los sistemas de reglas en el desarrollo de la forma artística" en CAUSA, Emiliano (comp.). *Invasión Generativa: Fronteras de la generatividad en las tres dimensiones, la robótica y la realidad aumentada*. La Plata. Editorial Invasores de la Generatividad. 2014. p. 15.
88. Ibíd.
89. Ibíd. p. 22.
90. Ibíd.
91. Ibíd.
92. Ibíd.
93. Ibíd. p. 21.
94. Ibíd. p. 22.
95. Ibíd. p. 23.
96. HAYLES, Katherine. *How We Became Posthuman: Virtual Bodies*

*in Cybernetics, Literature, and Informatics*. Chicago. University of Chicago Press. 1999. p. 288 Traducción propia.

97. *Ibíd.* p. 286. Traducción propia.
98. *Ibíd.* p. 288. Traducción propia.
99. HAYLES, Katherine. "How does it feel to be posthuman?" en *The Art of the Accident*. Rotterdam. NAI Publishers. 1998. Disponible en línea en <http://v2.nl/archive/articles/how-does-it-feel-to-be-post-human> (Recuperado el 26 de Junio de 2015).
100. WOLFE, Cary. *What is Posthumanism?*. Minneapolis. University of Minnesota Press. 2010. p. 27. Traducción propia.
101. BRAIDOTTI, Rossi. *The Posthuman*. Cambridge. Polity Press. 2013. p. 103. Traducción propia.
102. *Ibíd.*
103. *Ibíd.* Traducción propia.
104. Braidotti advierte una actualización y expansión del debate post-humanista, que proviene fundamentalmente de las disciplinas de la filosofía, la historia, los estudios culturales y las humanidades clásicas en general; en la denominación post-antropocentrismo, que incluiría también los estudios de la ciencia y la tecnología, los nuevos medios y la cultura digital, el ambientalismo y las ciencias de la tierra, la biogenética, la neurociencia y la robótica, la teoría evolutiva, los derechos animales y la ciencia ficción. Ver BRAIDOTTI; Rossi. *The Posthuman*. Cambridge. Polity Press. 2013. p. 57.
105. *Ibíd.* p. 104.
106. *Ibíd.* Traducción propia.
107. *Ibíd.*



# POÉTICAS TECNOFETICHISTAS DEL POSTHUMANISMO.

## LAS INTERFACES VESTIBLES

**Paula Castillo**

Facultad de Bellas Artes | UNLP

[paucast.com.ar](http://paucast.com.ar) | [info@paucast.com.ar](mailto:info@paucast.com.ar)

### RESUMEN

El presente trabajo explora diversas manifestaciones y poéticas posthumanistas desde una perspectiva tecno-fetichista, focalizándose en el caso de las interfaces vestibles.

La actual sociedad de la información, basada en sistemas económicos cuya única constante son los cambios ha instaurado la idea de fusión hombre-máquina, poniendo de manifiesto la obsolescencia de la estructura biológica del cuerpo humano y su continua necesidad de *update* para compatibilizar con su entorno cada vez más inorgánico. No padecería enfermedades, no envejecería ni moriría, podría comunicarse con mayor efectividad y acortaría las distancias geográficas, aboliendo de esta manera la irreversible lógica del continuo espacio-tiempo, dando lugar a una cultura de perfeccionamiento del cuerpo más allá de sus fronteras naturales deviniendo así en una suerte de mutación posthumana. Estos nuevos organismos fetichizados por las poéticas de la máquina, narcotizados por su constante olor a nuevo, que vuelve su cuerpo obsoleto y desmaterializado en realidades mixtas, actúa como exoesqueleto y extensión protésica capaz de potenciar sus capacidades físicas, intelectuales y psicológicas naturales, inspirados por los estandartes enarbolados por el cyberpunk de los años '80, para promover un sinfín de prácticas artísticas basadas en el concepto de cuerpo tecno-manipulado en pos de su amplificación; la popularización de las interfaces naturales y las corrientes filosóficas posthumanistas han creado el caldo de cultivo para que el *update* bio-tecnológico, y su consecuente lema de diseñar el propio cuerpo, se desplace al terreno de la moda. El diseño de indumentaria se está focalizando a concebir prendas de vestir que incorporen la máquina instaurando nuevos paradigmas en la interacción, transformando la vestimenta en una interfaz que permita activar intuitivamente procesos tecnológicos. Estas interfaces vestibles funcionan como una segunda piel, permitiendo vestir sensores de una manera discreta y confortable sensando, en tiempo real, las señales fisiológicas y condiciones ambientales de quien la lleva puesta.

*posthumanismo*

*obsolescencia*

*biopunk*

*fetichismo*

*interfaz*

*indumentaria*

*e-textiles*

## 1. Del ideal de progreso al fetichismo tecnológico

La invención de herramientas y el desarrollo de técnicas, desde el origen de la humanidad, han transformado trascendentalmente la sociedad; desencadenando nuevos paradigmas en la manera de percibir, conocer e interactuar con la realidad, en el modo en que nos comunicamos y accedemos a la información. El individuo actual, ansioso, neurótico, individualista y culpógeno, se erotiza con sus artefactos tecnológicos esclavizándose a ellos para tramitar la denegación de sus vacíos emocionales satisfaciendo sus pulsiones pueriles de manera compulsiva, ocultando detrás de su accionar un intrincado y auto-destructivo instinto de muerte. Este estereotípico homoinformaticus vive rodeado de tecnología: automóviles, televisores, teléfonos inteligentes, GPS, por citar algunas de estos fascinantes artilugios que dan razón a su existencia y sin los cuales no podría vivir ni sentirse a salvo en este mundo tan grande y amenazante, estableciendo con ellos un lazo fetichista disfrutando de contemplar su belleza, de tenerlos en la mano para sentir constantemente su cuerpo tibio, a la vez que percibe la nobleza de su olor plástico, escucha su deliciosa voz sintética y se apropia de ellos personalizando su interfaz para conferirle una personalidad a su medida, convencido que de esa manera la máquina responderá a él; pero sus roles se van desdibujando, esas feromonas que brotan por los poros artificiales lo vuelven su esclavo, su sumiso. Los fetichistas más avezados sienten la necesidad de renovar el modelo de sus equipos una vez al año o cada vez que salen al mercado versiones mejoradas, para volver a sentir las endorfinas correr por su médula espinal, narcotizándose orgásmicamente con la sensación de abrir ese estuche de cartón y nylon, y mientras desensambla el nido de telgopor que la protege, paladear su blanco olor a nuevo, contemplar el brillo, la pureza de sus novedosas formas, para corroborar lo bien que ese artificio se siente en la mano, lo bien que cabe en el bolsillo. Desde sus orígenes, la máquina es motivo de fascinación, una maravilla de la superación humana, es hermosa, la necesitamos cerca, siempre en la mano, tocando nuestra piel o en vestimentas diseñadas exclusivamente para alojarla cómodamente al abrigo de las desventajas ambientales; funcionan como exoesqueletos, preciosas extensiones protésicas de nuestro cuerpo, capaces de amplificar nuestras capacidades comunicativas, nos permiten guardar, transportar y acceder a información infatigablemente fútil, pero nos erotiza tanto que no nos importa, psicológicamente dependemos de ella para todo porque representa nuestros deseos, necesidades y funciones como seres únicos que somos, proyectamos sobre ella nuestros valores simbólicos y sentimentales para llenar los vacíos de este homoinformaticus en que devinimos, permitiéndonos lidiar fetichísticamente con la falta, con la ausencia, con la miserabilidad de nuestra paupérrima existencia cual objeto de transición infantil.

El tecno-fetichismo, definido como un proceso psicológico de identificación narcisista del hombre con sus artefactos tecnológicos, se caracteriza por lo que McLuhan llama "*narcosis de Narciso*"<sup>1</sup> una suerte de fascinación del hombre por cualquier extensión suya en todo material diferente de él, dando como resultado cierta enajenación, entumecimiento, narcotización y autoamputación de la sensibilidad de su



ser; una suerte de bloqueo de la percepción que sirve para evitar el reconocimiento de sí mismo.

*Fisiológicamente, el hombre, en su uso normal de la tecnología (o de su cuerpo diversamente extendido), es constantemente modificado por ella a la vez que descubre un sinfín de maneras para modificarla a ella. El hombre se convierte, por decirlo así, en los órganos sexuales del mundo de la máquina, como la abeja lo es en el mundo vegetal, y ello le permite fecundar y originar formas nuevas. El mundo de la máquina corresponde al amor del hombre cumpliendo sus deseos, es decir, proporcionándole riqueza. Uno de los méritos de la investigación de la motivación ha sido la revelación de la relación sexual del hombre con el automóvil.<sup>2</sup>*

## 2. Humanismo, obsolescencia corporal, posthumanismo.

Según el humanista y pensador italiano Giovanni Pico della Mirandola, una de las características que mejor definen al hombre es su indefinición: la proverbial plasticidad del ser humano. En su obra “Discurso sobre la dignidad humana” formula los tres ideales del Renacimiento: el derecho inalienable a la discrepancia, el respeto por las diversidades culturales y religiosas, y el derecho al crecimiento y enriquecimiento de la vida a partir de la diferencia. Reinterpretando el Génesis y el Timeo de Platón agrega: *“Cuando Dios terminó la creación del mundo, empieza a contemplar la posibilidad de crear al hombre, cuya función será meditar, admirar y amar la grandeza de la creación de Dios. Pero Dios no encontraba un modelo para hacerlo. Por lo tanto se dirige al primer ejemplar de su criatura, y le dice: “No te he dado una forma, ni una función específica, a ti, Adán. Por tal motivo, tendrás la forma y función que desees. La naturaleza de las demás criaturas la he dado de acuerdo a mi deseo. Pero tú no tendrás límites. Tú definirás tus propias limitaciones de acuerdo con tu libre albedrío. Te colocaré en el centro del universo, de manera que te sea más fácil dominar tus alrededores. No te he hecho mortal, ni inmortal; ni de la tierra, ni del cielo. De tal manera, que podrás transformarte a ti mismo en lo que desees. Podrás descender a la forma más baja de existencia como si fueras una bestia o podrás, en cambio, renacer más allá del juicio de tu propia alma, entre los más altos espíritus, aquellos que son divinos.”<sup>3</sup>* Sus escritos generaron un gran escándalo en el circuito eclesiástico y la mayoría de sus postulados, considerados sospechosos de herejía, pues revelan al hombre como una criatura milagrosa, cuya naturaleza contiene todos los elementos capaces de convertirlo en su propio arquitecto. Plástico, modelable, inacabado, versátil el hombre se ha reconfigurado de las maneras más diversas a lo largo de la historia; pero han sido las sociedades capitalistas las que engendraron la mayoría de las técnicas necesarias para *modelar los cuerpos y sus subjetividades*.<sup>4</sup>

La actual sociedad de la información basada en el capitalismo, economía fundada sobre las bases del dominio absoluto del mercado en todas las esferas de la vida y en la cual los cambios son la única constante, ha instaurado la idea de fusión hombre-máquina, poniendo de manifiesto la obsolescencia de su estructura biológica y la continua necesidad de *update*<sup>5</sup> para mantenerse compatible con su entorno cada vez más inorgánico. De esta manera no padecería enfermedades, no envejecería e

incluso no moriría, podría comunicarse con otros con mayor efectividad y acortaría las distancias geográficas, aboliendo así la irreversible lógica del continuo espacio-tiempo. Éste fenómeno, uno de los mayores logros de la ciencia, ha dado lugar a una cultura de perfeccionamiento del cuerpo humano, en cuanto a estructura, función, capacidad y precisión, más allá de sus fronteras naturales. El consecuente desarrollo técnico, científico e industrial de la época objetiza y aliena al cuerpo reduciéndolo a una tecnología obsoleta que necesita significativas mejoras genéticas para que funcione con mayor eficiencia, sea más durable, dócil, manipulable, permeable, proyectable, y programable.

A través de la hibridación orgánico-tecnológica, este cuerpo ha de mutar en posthumano en aras de superar sus limitaciones naturales. *“El ser humano, la naturaleza, la vida y la muerte atraviesan turbulencias, despertando todo tipo de discusiones y perplejidades.”*<sup>6</sup> Esta planificada evolución humana, estaría entrando en una nueva etapa evolutiva posthumana superadora en velocidad y eficiencia a los lentos ritmos de la vieja evolución natural. A medida que la antigua lógica evolutiva mecánica, geométrica, progresiva y analógica va perdiendo fuerza, emergen nuevas sociedades digitales fluidas, continuas y flexibles que se dispersan aceleradamente por toda la esfera terrestre.<sup>7</sup>

Aquellos cuerpos disciplinados, sumisos y útiles, propios de las poéticas analógicas e industriales del siglo XVIII encarnados en la figura del autómeta, el robots y el hombre-máquina, se han subsumido en la supremacía del régimen digital. Gracias a los sublimes artilugios tecnocientíficos contemporáneos, es posible construir vidas, cuerpos inmortales y mundos. El cuerpo perdió su definición analógica clásica, presentándose como un sofisticado sistema de redes telemáticas de procesamiento de datos y algoritmos, expandido y transportado hacia lugares remotos en tiempo real.

Las biotecnologías posthumanistas no se limitan al concepto de la mejora cosmética del cuerpo o el implante de prótesis en cuerpos dañados, su objetivo no radica solamente en amplificar las capacidades biológicas naturales del cuerpo, sino que apuntan a la posibilidad fáustica y prometéica de crear y devolver vida, de crear nuevas especies mediante diversas combinaciones de materia orgánica e inorgánica, o de resucitarla.

## 2.1. Poéticas post-humanistas: Tecnoarte, Bioarte, Biohacking, Biopunk

A lo largo de la historia, los artistas han representado su propia forma humana, pero en las últimas décadas se ha producido un cambio de paradigmas en esta representación. El cuerpo ya no es el tema, motivo y contenido de la obra sino su materia, lienzo y pedestal. Los artistas comienzan a cuestionar las formas en que el cuerpo se describe y concibe. Con el avance del psicoanálisis, la filosofía, la antropología, la medicina y la ciencia, se ha ido erosionando la idea del “yo” físico-psíquico como forma estable mutando hacia un “yo” invisible, informe, omnipresente, experimentando el miedo y el peligro, exponiendo al límite su estructura, función y sexualidad. El cuerpo como sustrato responde tanto a la fecundación de las ideologías de diversas disciplinas y culturas como a los movimientos políticos y sus eclosiones bélicas, produciendo manifestaciones artísticas donde la idea de cuerpo se ve fragmentada violenta-

mente, desafiando los límites de los cánones de representación tradicional e irrumpiendo en espacios no museísticos. Las obras surrealistas de principios del siglo XX fueron influenciadas por las teorías freudianas y la fascinación por el subconsciente, por los mundos oníricos. Posteriormente los artistas comenzaron a sentirse atraídos por las culturas originarias “exóticas” y sus manifestaciones corporales se basaban en los estados de ánimo alterados (la ensoñación, la locura, la alucinación y la muerte). A partir de allí, el cuerpo perdió identidad y unidad, se evaporó en un tiempo-espacio infinito e informe; manifestaciones como ritos exóticos, sacrificios humanos, mutilaciones, piercings y tatuajes fueron vehículos para elevar al cuerpo a otros planos de realidad. La brutalidad de las guerras mundiales puso en jaque la realidad de la existencia corporal, y el Accionismo vienés fue la respuesta directa a la situación de postguerra que atravesaron países como Alemania y Austria, inspirando el lenguaje simbólico de torturas, operaciones y sacrificio de las acciones y performances vienesas, quienes exhibieron el cuerpo violentado como obra de arte. Las obras de artistas como Günter Brass, Hermann Nitsch y Otto Mühl, los padres del body-art, han generado grandes controversias por ser consideradas perturbantes, psicóticas, exhibicionistas y aberrantes.<sup>8</sup>

El body-art es un ejemplo extremo del apego a la subjetividad precaria y el esencialismo físico del ego. Mientras se utilizan medios para demostrar la presencia e importancia del cuerpo físico real, se explora su inmaterialidad y gradual desvanecimiento a causa de los medios de comunicación. La instrumentalización y visualización del cuerpo se ha ido perfeccionando con el tiempo. Los artistas lograron, sensores, interfaces e implantes mediante, 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 estimularon el interés por la relación humano-máquina como ser híbrido. *“...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 pueden ser reanimadas 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 la 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 cuerpo es obsoleto. Ya no es adecuado para la situación actual. Mutamos a razón de las cucarachas, pero somos cucarachas cuyos recuerdos están en los ordenadores que pilotan los aviones y conducen los automóviles que hemos concebido, porque nuestros cuerpos no están diseñados para estas velocidades. Estamos en el umbral de un mundo para el que no estamos ni mental ni físicamente preparados.”* [Orlán]

Los performers Stelarc y Orlán enarbolan el estandarte posthumanista llevando su cuerpo al extremo rediseñándolo, utilizándolo como lienzo, como materia, medio y sustrato artístico manipulable poniendo en jaque el concepto de “selección natural” y la futura existencia del hombre

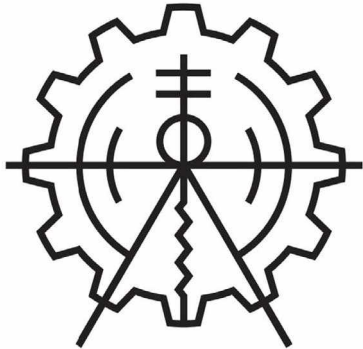
como entidad transgénica. Stelarc trabaja con maquinas y exoesqueletos para extender las capacidades de su cuerpo, bajo la premisa de que el cuerpo humano es un dispositivo obsoleto, se expone a sí mismo colgado o suspendido de ganchos perforando su piel, o sometido a electroestimuladores manejados por usuarios remotos a través de internet, o bien implantado chips y orejas bajo su piel. Por su parte, Orlan utiliza su cuerpo, particularmente su rostro, como elemento plástico, mediante intervenciones quirúrgicas para modelarse constantemente y hacer un show de sí misma; se autodefine como nómada, mutante, cambiante, diferente. Orlan lucha contra lo innato, lo inexorable, lo programado, la naturaleza y el ADN.

Tanto Stelarc como Eduardo Kac y Roy Ascott, los primeros tecnoartistas, son los pioneros en la experimentación con dispositivos teleinformáticos en performances e instalaciones artísticas. El artista inglés Roy Ascott plantea que en este universo postbiológico *“a medida que interactúo con la Red, me reconfiguro a mi mismo; mi extensión-red me define exactamente como mi cuerpo material me definía en la vieja cultura biológica; no tengo ni peso ni dimensión en cualquier sentido exacto, sólo me mido en función de mi conectividad”*<sup>10</sup>.

¡El ideal utópico cyberpunk ha cobrado vida! alrededor de los años ´80 se realizan las primeras experiencias de biohacking, prácticas que involucran técnicas de biología y electrónica mediante la premisa del “hazlo tu mismo” basándose en la creencia transhumanista de que es posible y deseable alterar fundamentalmente la condición humana mediante el uso de tecnologías para crear un ser posthumano superior. El biopunk, movimiento cultural e intelectual tecnoprogresista, aboga por el libre acceso a la información genética para resguardar el potencial liberador de desarrollo tecnológico democrático. Su influencia fundamental se basa en el concepto de *cyborg*<sup>11</sup>; un organismo cibernético producto de la hibridación y acoplamiento del cuerpo con la máquina, una criatura que vive en mundos ambiguamente naturales y artificiales. Algunos autores creen en la hipótesis de que la tecnología cyborg formará parte del futuro de la evolución humana, una suerte de representación tecnofílica del cuerpo postorgánico.

A principios del año 2008, el guionista Warren Ellis, en la cuarta temporada de su comic “Doktor Sleepless” introdujo en una de sus viñetas una dirección web: [grinding.be](http://grinding.be). Si un lector introducía dicha url en su navegador se encontraba con un sitio web encabezado por el siguiente mensaje: *“He dado este espacio a un equipo de pacientes mentales con la clave para descubrir y presenciar el futuro -particularmente el “futuro” de DOKTOR SLEEPLESS y cultura grinder- establecida, potencialmente, en el suelo del Presente. Imaginate: querés estar superconectado, modificado, ser un nuevo tipo de ser humano y considerarás que tu propio cuerpo es un work in progress, si estás constantemente en busca de hacerte nuevas cosas a vos mismo (y a otros) y al mismo tiempo mantener un ojo en el planeta colapsando alrededor tuyo porque querés tener tiempo suficiente para terminar tu cuerpo (o deseas utilizar los dispositivos tecnológicos de comunicación para registrar todo lo que se derrumba alrededor tuyo). Eso es lo que vas a conseguir en grinding.be para que otros te puedan seguir.”*<sup>12</sup>

# GRINDERS



THE FUTURE IS  
POSTHUMAN

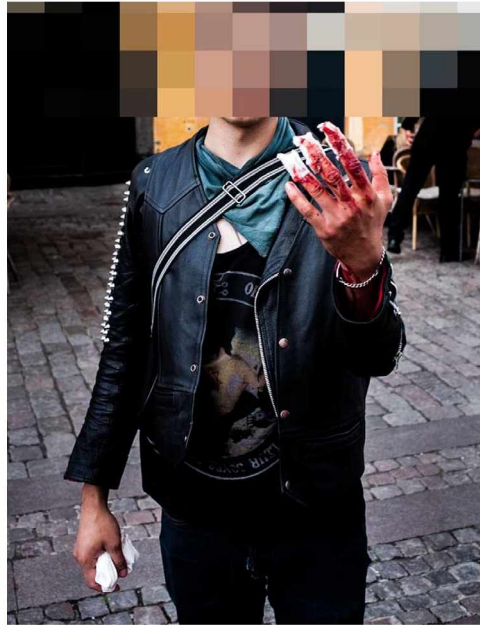


Figura 1

Izquierda. Símbolo Grinder

Derecha. Un caso de autoimplante de tres imanes en los dedos.

Fuente de la imagen: <http://airshipdaily.com/grinders-tomorrows-cyberpunks-are-here-today-nsfw/>

Algunas de las prácticas asociadas al biohacking contemplan implantes de imanes en los dedos de las manos, tatuajes funcionales, implantes sonoros, hackeo de prótesis óseas o cardíacas, armaduras subcutáneas, control artificial de músculos, visión infrarroja, implantes de artefactos como relojes y teléfonos entre otras. En la mayoría de los casos los mismos biohackers son los encargados de llevar adelante las intervenciones sobre su propio cuerpo, valiéndose de foros de ayuda en línea, para compartir sus experiencias, celebrar sus éxitos y consultarse de qué manera autoanestesiarse, cortarse, implantarse y coserse la piel para lograr la buena cicatrización del cuerpo o bien para saber si alguno de ellos sabe qué nervio cortar o qué circuito implantar para extender la visión y poder captar, además del espectro visible, luz infrarroja y ultravioleta.

Uno de los referentes más importante del biohacking es el científico británico y profesor de cibernética Kevin Warwick, quien popularizó la tecnología cyborg mediante sus autointervenciones corporales. Otro exponente es Steve Mann, profesor de ingeniería eléctrica e informática que ha dedicado su carrera a inventar, implementar e investigar acerca de tecnologías cyborg, particularmente las tecnologías de computación portátiles; él ha sido fundamental en el avance del biohacking a través de la auto-aplicación de sus inventos. Por otro lado Natasha Vita-More es diseñadora y autora de "Primo Posthuman - proyecto para el futuro de la humanidad" (2006), que indaga sobre el futuro del diseño del cuerpo; desde la década de 1990 Natasha se ha centrado en la relación arte - diseño - ciencia - tecnología, su trabajo gira en torno a los métodos de mejora para elevar las capacidades humanas hacia la expansión y eternización de la vida.

### 3. Algunas reflexiones acerca de la comunicación no verbal y su relación con la interfaz

Los procesos comunicativos implican una interacción, entre al menos dos entidades (orgánicas o artificiales), codificada por signos comunes a ambas; estos códigos, cúmulos asociados de iconos, índices y símbolos, de-

ben ser compartidos por los protagonistas del proceso para que se produzca efectivamente la comunicación. Estos modos de interacción no se limitan exclusivamente a la jurisdicción verbal de grafemas y fonemas, se extiende a los gestos corporales, los movimientos faciales, la vestimenta que se emplea, el color, el sonido, etc. Naturalmente estos códigos paralingüísticos<sup>13</sup>, al igual que los lingüísticos, varían de acuerdo a las diferentes culturas e implica el diálogo interpersonal cuyos factores paralingüísticos se fusionan con el lenguaje verbal aportando tanta información significativa como las palabras que se enuncian. Por ejemplo, la ropa que vestimos habla tanto de nosotros como lo que decimos verbalmente.

En líneas generales, el estudio de la comunicación no verbal comprende las áreas kinésicas, proxémicas, las características físicas y los artefactos, la conducta táctil, el paralenguaje y los factores del entorno; cada uno de ellos tiene sus particularidades, responden a modelos culturales y a cuestiones personales de cada sujeto, otorgando substancia y discurso a la hora de abordar estrategias de diseño partiendo de las evocaciones simbólicas e intuitivas que manan del movimiento natural/artificial del cuerpo, de su emotividad, movimiento y relación con el espacio.

Toda interfaz es definida como la conexión física y funcional que media entre dos entidades/sistemas permitiendo la comunicación entre ambas; involucra el artefacto en sí, el espacio que implica y la *experiencia* de usuario. Desde la perspectiva de MacLuhan, la interfaz funciona como una prótesis extensiva de nuestro cuerpo, extiende las capacidades físicas para controlar procesos tales como la relación mouse/cursor, por ejemplo. Desde otra perspectiva, Gui Bonsiepe define a la interfaz como el espacio de articulación entre acción, usuario y objeto: En primer lugar existe un usuario o agente social que desea cumplir una acción, por ejemplo comer merengue, en segundo lugar se encuentra una *tarea* que él mismo quiere ejecutar, por ejemplo batir claras a nieve y en tercer lugar, un *artefacto* que necesita para llevar a cabo esa acción: un batidor. Para que este diálogo sea “efectivo”, la interfaz debe concebirse como una superficie, real o virtual, capaz de transmitir *intuitivamente* instrucciones que den cuenta de su uso: íconos, símbolos, índices (colores, texturas perillas, palancas, indicadores, luces, parpadeos, sonidos, etc).

En términos informáticos, la interfaz gráfica de usuario (GUI) es lo que permite a un usuario comunicarse con una computadora mediante diversos puntos de contacto entre ambos. Surge en 1982 con el abaratamiento del microprocesador y la consecuente popularización del acceso a tener una computadora en el hogar, dejando atrás a los enormes y complejos sistemas informáticos que solo podían ser operados por manos expertas; estas nuevas interfaces se caracterizan por ser “amigables” e “intuitivas”. Mientras que sus antecesoras, diseñadas en pantallas negras con instrucciones abstractas absolutamente codificadas, escritas en texto blanco o ambar (según el modelo de monitor), las GUI incluyen elementos virtuales como menús, ventanas, un puñado de sonidos indicadores de acierto/error y dispositivos de entrada de datos como mouse y teclado, brindándole al usuario comodidad y eficiencia. Su diseño se basa en retóricas de representación a modo de transcodificación cultural de los entornos reales con los que el usuario interactúa cotidianamente (escritorio de la oficina...) caracterizando su interacción a través de la exploración y navegación.

Con la evolución del pensamiento intuitivo se han comenzado a desarrollar las llamadas interfaces naturales de usuario (NUI), superadoras de sus antecesoras GUIs, son aquellas que prescinden de controles físicos *artificiales* como teclado, mouse y joysticks, para trasladar el eje de la interacción a la propia kinésica del usuario, de esta manera el cuerpo se transforma en un mando de control, permitiendo controlar un sistema tocando una pantalla sensible con las yemas de los dedos o bien interactuar con ella sin tocarla. En este caso, la interfaz es absolutamente invisible, transparente. Mientras que una interfaz convencional implica un aprendizaje, las interfaces naturales permiten interactuar con un sistema de maneras mucho más intuitivas y naturales, sin necesidad de aprendizaje previo alguno y como producto de la experiencia natural de los individuos. Steve Mann, uno de los pioneros en el desarrollo de este tipo de interfaz, creó diversas estrategias de interacción natural entre hombre/máquina.

Respecto al concepto de *intuitivo*, planteo tres interrogantes: ¿por qué las interfaces deben ser intuitivas? ¿Por qué los artilugios electrónicos vienen sin manuales de instrucción? ¿Será una estrategia de diseño basada en el minimalismo, la simplicidad, velocidad y “universalidad” del acceso a la información, o estamos tan familiarizados con la tecnología que para entender cómo funciona un artefacto nuevo, o una nueva versión sí mismo, basta con la experiencia que tenemos de sus versiones anteriores o de otros artefactos? Una suerte de escalabilidad de lo que algunos teóricos llamarían el paradigma de aprendizaje/aprehendizaje.

El pensamiento intuitivo es definido como un proceso cognitivo que se adquiere sin necesidad de emplear un análisis, razonamiento o deducción lógica, ni relación alguna de causalidad entre las conclusiones obtenidas y la forma en que se llegó a dichas conclusiones, que emerge como consecuencia subconsciente de la experiencia en la solución de conflictos cotidianos, una suerte de patrón de conducta producto de la intuición o percepción sensorial evidente; todo pensamiento que se da por la vía de la intuición está sujeto a una comprobación posterior, ya que se hace necesario definir el valor de verdad del conocimiento concebido mediante la intuición. Posiblemente éste haya sido el principio organizativo de los primeros hombres que habitaron el suelo terrestre y no sería de extrañar que sea el que rijá nuestro futuro.

#### 4. Interfaces vestibles

Las corrientes filosóficas posthumanistas y la popularización de las interfaces naturales han creado el caldo de cultivo para que el update bio-tecnológico y su consecuente lema de diseñar el propio cuerpo implantándolo o dotándolo de habilidades físico-psíquicas no innatas se desplace al terreno de la moda. La indumentaria es la primera interfaz que permite a un individuo interactuar con su entorno tangible, regula el vínculo entre el cuerpo y su contexto, estableciendo así el límite entre lo público y lo privado. La ropa perfila patrones de conducta, movimiento e incluso modos de actuar con el otro y con su contexto. Además de condicionar la postura y la gestualidad permite comunicar e interpretar gestos, sensaciones y movimientos, cubriendo al cuerpo con una segunda piel, descubriéndolo insinuando u ocultando sus formas, modelándolo

y delimitando su posibilidad de movimiento para adaptarlo a diversas condiciones socio-ambientales. Semiológica e incluso psicológicamente hablando, la indumentaria funciona como índice de identidad, de la personalidad de su usuario, de sus valores morales, su rol social y su grado de sumisión o rebeldía ante lo establecido. De esta manera, la moda es producto y desencadenante de cambios sociales y valores en los vínculos interpersonales. El estudio de la indumentaria no se limita a la concepción y análisis de prendas de vestir “bonitas”, sino que de su análisis se puede comprender la historia, la economía, la arquitectura, la vida cotidiana, los usos y costumbres propios de una época.

El cuerpo es una bitácora de experiencias, costumbres, posturas y cicatrices, modela su forma a través de la “herencia, la actividad física, la vida emocional, la nutrición y el ámbito”<sup>14</sup>, posee un código genético que funciona como un programa diseñado para conferirle estructura, auto conservación y la capacidad fisiológica de reaccionar ante diferentes estímulos. De esta manera experimenta el miedo, el amor, el calor, se repliega o se contrae, percibe aromas, sonidos, sabores, colores y a su vez se siente atraído sexualmente por otros, seduciéndolos mediante ciertos rituales de cortejo a fines de perpetuar su especie o bien por puro placer carnal.

Con la creciente dependencia y necesidad fetichista de proximidad de la tecnología a nuestro cuerpo, el diseño de indumentaria se está abocando a concebir prendas de vestir que la incorporen, sensándolo biométricamente, permitiéndole interactuar de maneras más creativas y personalizadas con otros. Gracias a las tecnologías vestibles (suaves, lavables, personalizables) al presionar un broche de la camisa, subiendo o bajando una cremallera o simplemente con el libre movimiento se puede activar pasiva y expansivamente un proceso tecnológico. Está proliferando la creación de textiles inteligentes capaces de sensor la temperatura corporal, capacidad pulmonar, frecuencia cardíaca, confortabilidad con la prenda e incluso el estado de ánimo de su usuario para obtener datos, hacer estadísticas con ellos, mantenerlos en el ámbito privado o bien hacerlos público automáticamente.

Los e-textiles (textiles electrónicos o inteligentes) son esencialmente tejidos con componentes electrónicos, microcontroladores, sensores y actuadores, incrustados en la superficie de la tela (generalmente algodón, fieltro, Gore-Tex y neoprene) o dentro de ella entremezclados con sus fibras, y conectados entre sí por hilos de plata o pequeños objetos capaces de conducir la electricidad. Las fibras conductoras de los e-textiles se pueden conectar a componentes electrónicos y baterías para crear circuitos para diversas aplicaciones permitiendo vestir sensores de una manera discreta y comfortable sensando, en tiempo real, las señales fisiológicas y condiciones ambientales de quien la lleva puesta, ayudando a entender mejor la conexión entre nuestra salud y nuestro medio ambiente; poseen la potencialidad de oscurecerse, iluminarse, hacerse transparentes, modificar su temperatura e incluso rigidizarse para proteger a su usuario si está cayendo, monitorear parámetros corporales al hacer actividad física o bien recargar dispositivos móviles cuando están en el bolsillo. Los e-textiles están reconfigurando los paradigmas de intercambio de datos virtuales, “ludizando”<sup>15</sup> el acceso de la información, especialmente hoy que estamos tan impacientes, ansiosos y empapados de diseño, porque necesitamos ser entretenidos por “espejos de colores” atractivos, novedosos y escalables.



Los sensores alojados en estas prendas podrían detectar lo que ocurre sobre la piel y bajo ella, como un tatuaje de sensores, para hacer un seguimiento no solo del microbioma de la piel, sino para evaluar el estado de salud del usuario y prevenir el riesgo de padecer enfermedades. Las Investigaciones en el área pueden conducir a nuevos conocimientos en el diseño de indumentaria para personas con diversas necesidades médicas que aún no han sido descubiertas, y mucho menos tratadas. La ropa es nuestra segunda piel, con ella expresamos paralingüísticamente lo que somos, la relación que establecemos con ella será cada vez más íntima, podrá hacer un seguimiento de nuestro estado fisiológico y ambiental, reaccionar para protegernos y conectarnos.

Para la confección de prendas de vestir inteligentes se puede utilizar todo tipo de componentes electrónicos y materiales conductivos, aunque existen sensores, hilos, telas, cintas conductoras y pigmentos especialmente desarrollados para tales fines, los cuales están preparados para incorporarse a la tela con mayor facilidad, puesto que pueden ser cosidos a ella; estos circuitos se denominan “blandos”, puesto que son flexibles, confortables y lavables. Dichos componentes electrónicos necesitan ser alimentados eléctricamente por pilas y baterías o bien recolectando los residuos de la energía que genera el propio cuerpo. Estas fuentes alternativas de energía (cinética) incluyen por ejemplo: la respiración, la circulación sanguínea, la temperatura corporal, el golpe del pie o el movimiento de brazos durante la marcha, que son captadas por una especie de dínamo o generador eléctrico inductivo capaz de transformar ese movimiento en energía sustentable. Los materiales con que se confeccionen estas prendas deben cumplir ciertas normas de seguridad y precisión para garantizar su funcionamiento y perdurabilidad. Sus sensores tienen que ser precisos, sensibles, económicos, reproducibles, tener una elevada relación señal-ruido y trabajar en un amplio rango de temperaturas. Las propiedades de los textiles con que se confeccionen deben permitir la flexión, estiramiento y drapeado, ser lavables, de larga duración y deben ser fáciles de poner y quitar. Las prendas deben estar diseñadas de tal manera que sean intuitivas de usar y mejoren la calidad de vida de su usuario.

#### 4.1. Primeros e-textiles

A partir del siglo XVI se comienzan a incorporar elementos no convencionales a los tejidos; hilos y plaquetas de oro y plata eran bordados sobre los textiles de vestidos o corsets con propósito estético y social; si bien estas prendas no estaban concebidas para ser inteligentes y autónomas, el uso de materiales no convencionales y sus técnicas de pasamanería sembraron las bases que se aplican a la confección y bordado de los circuitos actuales.

El auge industrial de finales del siglo XIX inspiró a diseñadores e ingenieros a incorporar electricidad a la indumentaria, creando vestidos, sombreros y alhajas iluminados y motorizados.

La fascinación por los descubrimientos y conquistas espaciales de la década de 1960 marcaron fuertemente la estética de la época, desde la arquitectura hasta la indumentaria, absolutamente todo destellaba coloridos halos funcionalistas. En 1968 el Museo de Arte Contemporáneo de

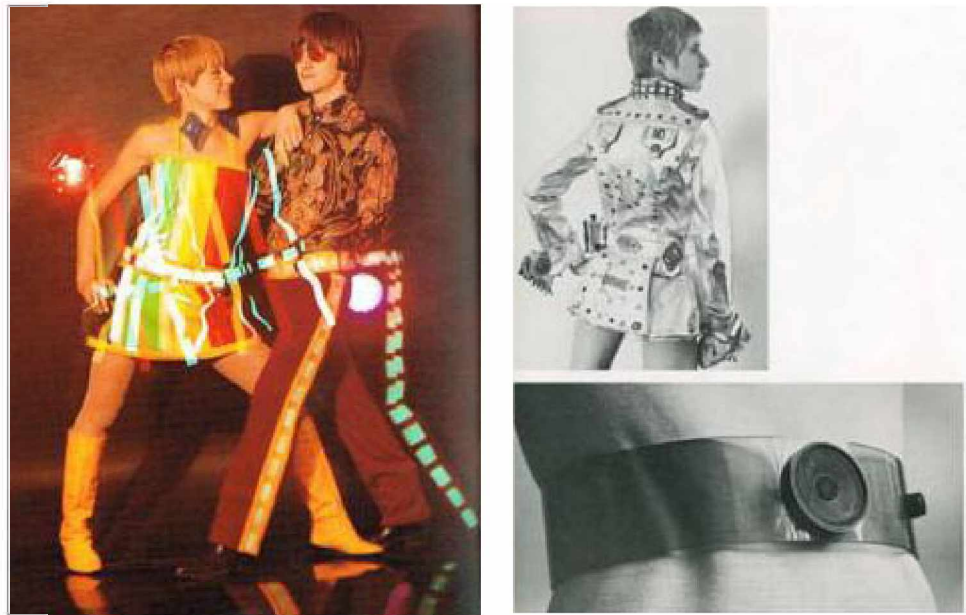
Figura 2

Izquierda: Minivestido y pantalón con luces audio-rítmicas.  
Dianna Drew, New York, 1967

> [io9.com/350261/in-the-1960s-you-could-wear-an-electric-dress](http://io9.com/350261/in-the-1960s-you-could-wear-an-electric-dress)

Derecha: "Motorcycle Jacket" de cuero forrado en seda, luces incandescentes e electro luminiscentes operados autónomamente.  
Dianna Drew, New York, 1968

> Catálogo de la exposición "Body Coverings", Museum of Contemporary Crafts, New York, 1968)



Nueva York celebró una muestra llamada "Body Covering"<sup>16</sup>, allí se expusieron trajes de astronautas, ropa con la capacidad de inflarse/desinflarse, calentar/enfriar, emitir luces y sonidos. La colección más destacada fue la de la diseñadora Diana Dew, quien diseñó una serie de vestidos de coctel electroluminiscentes y cinturones con parlantes que emitían el chillido de una sirena. A mediados de los '90 el MIT comenzó a desarrollar tecnologías portátiles, capaces de ataviarse al cuerpo, explorando nuevas posibilidades para integrar hardware en la ropa, la creación de tejidos conductivos y el desarrollo de métodos para bordar circuitos electrónicos.

## 4.2. Artistas destacados, proyectos de e-textiles, tecnologías vestibles y ropa 2.0

En pleno esplendor de las tecnologías vestibles, algunas marcas comenzaron a desarrollar de manera industrial relojes, pulseras, collares, indumentaria deportiva y vestidos de gala inteligentes. El Proyecto Jacquard es una invención que surge en el 2015 entre la firma Levi's<sup>17</sup> y Google para desarrollar una línea de ropa cuyo textil se entienda con los aparatos que nos rodean. El proyecto, aun en etapa de prototipo, consiste en la creación de un tejido con hilo conductor para enviar y recibir señales, permitiendo controlar aplicaciones de dispositivos móviles. El objetivo es expandir las tecnologías para que sean más útiles, intuitivas de usar y naturales, por ejemplo para hacer una llamada haciendo un gesto con el brazo o golpear nuestra chaqueta dos veces para rechazarla, para que los sensores de movimiento de una prenda reconozcan nuestros movimientos y gestos para que se puedan utilizar en otros dispositivos. La estructura de la tela es similar a la de las pantallas táctiles; reemplazando algunos hilos por hilos conductores, se permite tejer un género capaz de reconocer una variedad de gestos táctiles sencillos. Por su parte, la estructura del hilo Jacquard se realiza combinando aleaciones metálicas delgadas con hilos naturales y sintéticos como algodón, poliéster o seda, haciendo un hilo lo suficientemente fuerte como para ser tejido en cualquier telar industrial. Este hilo, que puede incrustarse en cualquier tipo de tejido, podría servir para transformar la ropa en superficies interactivas, convirtiendo un pantalón en tablet o una chaquetas en joysticks.



Figura 3

Proyecto Jacquard

><http://clipset.20minutos.es/wp-content/uploads/2015/06/project-jacquard.jpg>

El diseñador turco/británico Hussein Chalayan, realiza piezas audiovisuales, instalaciones y formas escultóricas para explorar la percepción y la realidad de la vida moderna, focalizándose en la identidad cultural, la migración, la antropología, la tecnología, la naturaleza y la genética. Una de sus colecciones destacadas es la serie de vestidos mecánicos móviles transformables. En su colección primavera/verano 2000 presenta "Airplane Dress", el primer dispositivo inalámbrico exhibido como una prenda de moda funcional, operado en plena pasarela con un mando a distancia para, mediante sus instrucciones electrónicas, abrir los paneles del vestido y revelar el tul suave color rosa alojado en su interior. "La idea de dirigir los seres vivos con un sistema de control remoto sencillo fue un toque optimista de la tendencia humana a querer controlar la vida así como nuestras expectativas, a veces exageradas, de la tecnología." A principios de 2008 presentó su colección de vestidos LED láser, en colaboración con la firma de cristales Swarovski.



Figura 4

Hussein Chalayan  
"Airplane Dress"

>[metmuseum.org/toah/works-of-art/2006.251a-c](http://metmuseum.org/toah/works-of-art/2006.251a-c)

Figura 5

XS LABS  
"Skorpions"> [xslabs.net/skorpions/](http://xslabs.net/skorpions/)

El laboratorio canadiense XS Labs, coordinado por Joanna Berzowska, se especializa en los textiles electrónicos y el desarrollo de prendas de vestir reactivas al medio ambiente y al individuo. Sus obras combinan la sastrería tradicional con nuevos y emergentes materiales dotados de propiedades electro-mecánicas. Explorando la gestualidad corporal desarrollaron prendas electrónicas que toman la energía del cuerpo como motor de funcionamiento. Una de sus obras: "Skorpions" es un conjunto de prendas electrónicas cinéticas que modifican su forma con movimientos lentos y orgánicos, se comportan como parásitos que respiran y modifican su pulso mediante sensores programados para vivir, existir y subsistir, y poseen la capacidad de adquirir su propia personalidad. Estas piezas cambian y modulan el espacio personal y social mediante la imposición de restricciones físicas en el cuerpo, alterando el comportamiento, al ocultar o revelar capas ocultas o erigiendo paredes transpirables o lagrimales, como una suerte de retórica de divulgación de secretos ocultos.

Figura 6

Ying Gao  
"Living Pod"> [yinggao.ca/eng/interactifs/living-pod](http://yinggao.ca/eng/interactifs/living-pod)

Otra diseñadora canadiense, Ying Gao, explora lúdicamente el potencial estético en la interfaz de la moda, el arte y la tecnología. Utiliza la tecnología como herramienta, como fuente de inspiración, embutiéndola en el interior de sus prendas, explorando materiales novedosos y ropa interactiva. Utiliza software para desarrollar conceptualmente patrones ingeniosos y sutilmente infunde tecnología interactiva en algunas de sus prendas. Uno de sus vestidos vibra cuando la luz le incide, otro respira suavemente cuando es tocado por una ráfaga de aire.

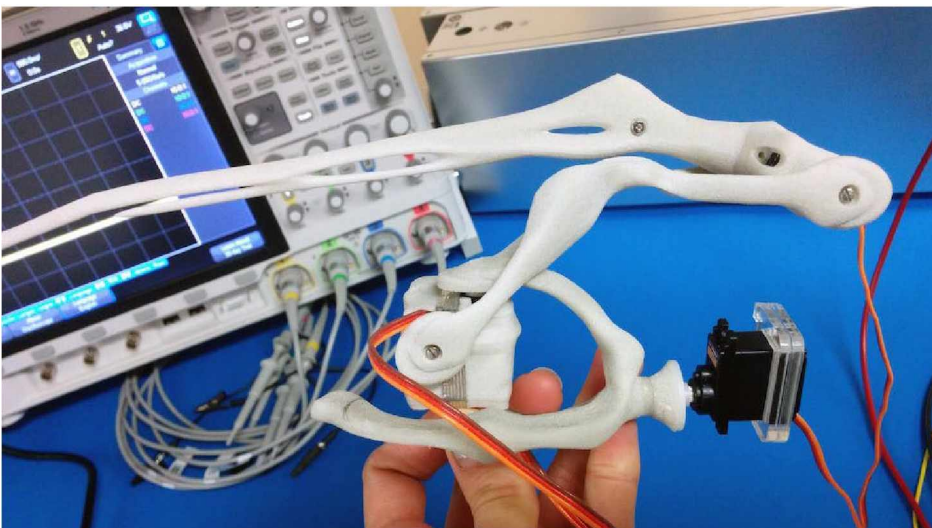
Por último, la diseñadora holandesa Anouk Wipprecht, combina el diseño de alta costura con la ingeniería, la ciencia y el diseño de experiencia de usuario. Sus diseños basados en sistemas de inteligencia artificial se proyectan como huéspedes del cuerpo humano, moviéndose, respirando y reaccionando al medio ambiente que los rodea. Una de sus piezas: "Spider Dress 2.0", inspirado en el comportamiento territorial de los arácnidos, es un vestido mecatrónico que posee un chip Intel Edison que sensa las bioseñales del cuerpo y detecta potenciales amenazas del entorno, para defender el espacio personal del usuario; posee brazos mecánicos capaces de extender y retraer como respuesta a los estímulos externos.



Figura 7

Anouk Wipprecht  
"Spider dress 2.0"

> [anoukwipprecht.nl](http://anoukwipprecht.nl)



### 4.3. La generatividad y los e-textiles

Philip Galanter define al arte generativo como *“...cualquier práctica artística donde el artista cede el control de la obra a un sistema que opera con un cierto grado de autonomía, y que contribuye a o resulta en una obra de arte acabada. Estos sistemas incluyen instrucciones en lenguaje natural, procesos químicos o biológicos, programas por computadora, maquinas, materiales auto-organizantes, formulas matemáticas, y otros procesos procedurales... Los sistemas complejos se desarrollan en formas adaptivas, evolutivas, dramáticas, fecundas o catastróficas o tan impredecibles que pueden parecer aleatorias. Utilizando sistemas complejos para hacer arte tengo la ilusión de crear obras que poseen la misma difusión, emergencia, co-evolución, retroalimentación, caos y conectividad que son las marcas de la complejidad en la naturaleza...”*

El carácter de generativo que poseen los e-textiles es la capacidad de poseer estructura, independencia, comportamiento autónomo y respuesta en tiempo real ante estímulos externos/internos, permitiendo transformar el textil inerte de una prenda de vestir en una pieza de diseño que dialogue con el usuario que la lleve puesta sensando su actividad y buen funcionamiento fisiológico, amplificando sus capacidades tanto físicas como emocionales o bien adaptarse y reaccionar al medio que lo rodea.

### 5. Observaciones finales:

Cuando el cuerpo se sumerge 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, se transforman en agentes manipulados por la acción de otras entidades. Inmersos en este utópico sueño cyberpunk transhumanista, la obsolescencia del cuerpo necesita de máquinas protésicas capaces de extender sus funcionalidades biológicas y hasta de inmortalizarlo. Estas poéticas son la voz cantante de las tecnologías vestibles, donde la generatividad cumple el importante rol de preprogramar la pieza para conferirle inteligencia propia y producir respuestas a estímulos externos, brindándole de esta manera una relación de protooperación natural entre la vestimenta y el sujeto que la habita.

### 6. Bibliografía

**Gui Bonsiepe**, Del objeto a la interfaz, Infinito, ISBN 9879637062, Buenos Aires, 1993

**Mike Featherstone**, Body Modification (Published in association with Theory, Culture & Society) 2000

**J. C. R. Licklider**, Man-Computer Symbiosis, International Science and Technology, 1990

**Marshall McLuhan**, Understanding media. The extensions of man. MIT Press, ISBN: 8449302404, Cambridge. Massachusetts, 1964

**Natalia Matewecki**, Cuerpos híbridos, cuerpos biónicos, cuerpos semi-vi-

vos, cuerpos manipulados

**Miguel Ángel Quintanilla**, TECNOLOGÍA: UN ENFOQUE FILOSÓFICO y otros ensayos de filosofía de la tecnología, ISBN: 9789681675646, 2005

**Amparo Rocha Alonso**, algunas consideraciones acerca de la comunicación no verbal, Buenos Aires, 2001

**Andrea Saltzman**, El cuerpo diseñado, Paidós, ISBN: 9789501253528, 2004

**Paula Sibilia**, El hombre postorgánico. Cuerpo, subjetividad y tecnologías digitales, ISBN: 9789505571413, 2006, Buenos Aires

**Gregor Wolbring**, Obsolescencia y tecnologías del cuerpo, ISSN: 1989-7022, 2010

## 7. Sitios web consultados

- El cuerpo como arte: el accionismo de Günter Brus: <http://www.ppa-ralelo.art.br/docs/el-cuerpo-como-arte-el-accionismo-de-gunter-brus/>
- Grinders: Tomorrow's Cyberpunks are Here Today [NSFW] by David Forbes: <http://airshipdaily.com/grinders-tomorrows-cyberpunks-are-here-today-nsfw/>
- Foro de discusión de grinders acerca de la auto-intervención del cuerpo con artefactos electrónicos: <http://discuss.biohack.me/>
- Entrevista a Natasha Vita-More, biohacker <http://www.vice.com/it/read/24119-revision-2>
- Web oficial de Natasha Vita-More: <http://www.natasha.cc/>
- Textiles inteligentes: <http://www.caroltorgan.com/self-tracking-smart-clothes/>
- <http://digital.craftcouncil.org/cdm/compoundobject/collection/p15785coll6/id/1237/rec/8>
- <http://www.digitaltroupe.com/proyecto-jacquard-el-futuro-de-los-wearables/>
- <http://www.ciaindumentaria.com.ar/plataforma/google-y-levis-trabajan-en-el-proyecto-jacquard/>
- [www.chalayan.com](http://www.chalayan.com)
- <http://www.xslabs.net/>
- <http://yinggao.ca/>

## 8. Notas

1. Marshall McLuhan, *Understanding media. The extensions of man.*
2. Marshall McLuhan, *Understanding media. The extensions of man.* Pag. 66
3. Pico della Mirandola, "Oratio de Hominis Dignitate", 1486
4. Paula Sibilia, *El hombre postorgánico.* pag 30
5. Update: voz inglesa que define al acto de actualización de algo o alguien o una versión actualizada de algo. En el campo de la informática, el término se aplica a la actualización, emparche o mejora de la funcionalidad, usabilidad, el rendimiento y vulnerabilidad de un sistema. Este término se vincula a otro: upgrade, que consiste directamente en el reemplazo de un producto por una nueva versión del mismo, que mejora las características de la versión anterior.
6. Paula Sibilia, *El hombre postorgánico,* pág. 12-13
7. Eduardo Kac, "A arte da telepresença na Internet", en: Diana Domingues (comp.), op. cit, pp. 315-324
8. WARR, *El cuerpo del artista*
9. La plastinación es una técnica de preservación de material biológico, creado en 1977 por el artista y científico Gunther von Hagens. Consiste en la sustitución de los fluidos corporales por polímeros endurecibles. Dicho proceso consta de 5 etapas: disección anatómica, deshidratación y desengrasado, impregnación de polímeros, posicionamiento y endurecimiento de la pieza.
10. Roy Ascott, citado por Sibilia, 2009, p. 51
11. Manifiesto cyborg: <http://manifiestocyborg.blogspot.com.ar/> Donna Haraway, "A Cyborg Manifesto: Science, Technology, and Socialist-Feminism in the Late Twentieth Century" in *Simians, Cyborgs and Women: The Reinvention of Nature* (New York; Routledge, 1991), pp.149-181.
12. Texto original: "I have given this place over to a crack team of mental patients with the brief to discover and present The Future — particularly the "future" of DOKTOR SLEEPLESS and grinder culture — wherever it lays, in potential, in the soil of The Present. I said to them. Imagine: you want to be a superconnected, modified, new kind of human, and you consider your own body to be a work in progress, so you're constantly looking for new things you can do to yourself (and others) while also keeping an eye on the collapsing planet around you because you want to have enough time to finish your body (or wish to use your many communications-technology devices to record it all as it collapses around your ears). That's what you're trawling for and gathering on grinding.be for others to keep up with." <http://grinding.be/>
13. La paralingüística es la rama de la lingüística que estudia los elementos que acompañan a las emisiones propiamente lingüísticas y que constituyen señales e indicios no verbales, que contextualizan, sugieren interpretaciones particulares de la información propiamente lingüística.



14. Andrea Saltzman - "El cuerpo diseñado" Paidós
15. Gamification es el término inglés que define a la aplicación de la mecánica y el diseño del juego para involucrar y motivar a la gente a lograr sus objetivos, satisfaciendo las pulsiones y deseos más básicos como estrategia de persuasión y comercialización de bienes de consumo.
16. Catálogo completo de la muestra: <http://digital.craftcouncil.org/cdm/compoundobject/collection/p15785coll6/id/1237/rec/8>
17. Levi Strauss & Co. (Levi's®) es una empresa norteamericana productora de indumentaria de jean. Fundada en California (Estados Unidos) en 1853 por Levi Strauss.



# GENERATIVIDAD Y SISTEMAS

**Claudia Valente**

**Jazmin Adler**

El presente ensayo está conformado por dos trabajos que proponen perspectivas posibles para pensar la relación entre el rasgo procesual de determinadas obras de la historia del arte contemporáneo, la generatividad y los sistemas. Quienes escriben provienen de campos disciplinares distintos pero complementarios. Trabajan de modo colaborativo en la investigación y la docencia de las artes electrónicas, procurando articular la teoría y la praxis en el estudio de los procesos implicados en las prácticas artísticas tecnológicas.

Claudia Valente conceptualiza conocimientos surgidos en su producción artística. Su desarrollo relaciona las teorías de sistemas abiertos en las artes contemporáneas y las ciencias modernas para comprender el diferencial que aporta la tecnología digital a las artes. Por su parte, Jazmín Adler realiza un recorrido histórico analizando el modo en que el carácter procesual de la obra de arte atraviesa a un conjunto de prácticas artísticas desde las tendencias conceptuales desde mediados del siglo XX, hasta el arte generativo de nuestros días.

## Sistemas autónomos en el arte.

### Aspectos sintéticos y fenomenológicos.

*Claudia Valente*

Los dispositivos electro-digitales se incorporan al contexto de las artes contemporáneas cuando los signos han desplegado su proceso, abierto su sistema, expuesto la trama de sus componentes. Las artes del siglo XX se alejan del concepto obra como universo estático; paulatinamente y con más intensidad prevalece el aspecto procesual de la producción sobre el objeto. En un primer período, se despliegan movimientos como land art, arte povera y performance; avanzado el siglo se suma el arte de sistemas, y más recientemente el arte generativo y el bioarte. En esta evolución se deconstruye al signo y sus componentes, se avanza en dar visibilidad al complejo sistema que subyace detrás de los aspectos perceptibles. En estas coordenadas, surgen obras de comportamiento autónomo realizadas con dispositivos electro-digitales.

La tecnología digital aporta a las artes la plataforma tecnológica, física y funcional para que el sistema del signo fluya y tenga actuación autónoma. Surgen producciones diversas que transcurren en el plano material (fenomenológico), en el numérico (imagen digital) o en la intersección de ambos. La obra electro-digital puede visibilizar tanto el micro universo contenido en la materia como imágenes sintéticas de generación automática. En ambas, la materia vibra, los estados mutan, los sistemas fluyen y se organizan.

En el marco de estos progresos, nos preguntamos por las confluencias y divergencias en las producciones de arte de sistema (fines de los 60), bioarte y arte generativo (últimas décadas), y por el diferencial que aporta la programación digital de orden numérico a la condición fenomenológica en el signo electro-digital.

Como plataforma teórica para estudiar el acontecimiento digital en las artes contemporáneas proponemos las construcciones conceptuales entorno a la idea de sistema abierto que atraviesa los campos de la semiótica visual y las ciencias modernas. Poner en diálogo estas teorizaciones nos permite observar la problemática del signo electro digital desde un enfoque integrador.

Son varios los teóricos en Artes que confluyen en describir a los signos visuales como sistemas complejos (Eco, 1962; Francastel, 1970; Marchan Fiz, 1986; Groupe  $\mu$ , 1992). Francastel, en *Sociología del arte* (1970), afirma que, en general, las artes no responden a un sistema, sino que cada obra se constituye como sistema y solo en él cada signo o elemento asume un valor. Simon Marchan Fiz, en su libro *Del arte objetual al arte del concepto* (1986), realiza una lectura de las artes contemporáneas que abarca los desarrollos procesuales hasta los conceptuales, entiende a la obra como signo, como sistema comunicativo en el contexto sociocultural, como un subsistema social de acción.

Es sin dudas Umberto Eco el más influyente de estos teóricos. El semiólogo italiano desarrolla el concepto de signo visual como sistema (esta palabra aparece en 129 instancias en su libro *Obra Abierta* (1962)). Según

Eco, en las comunicaciones visuales se produce un fenómeno de codificación en cada uno de los estratos que éste pone en juego: el nivel microfísico y técnico de la materia en el significante, el nivel plástico de los significantes, el de los significados denotados, el de los distintos significados connotados; el de las expectativas psicológicas, lógicas, científicas a las que remiten los signos. En cada uno de los niveles se establecen una especie de relaciones estructurales homólogas, como si todos los niveles fueran definibles, y en efecto lo son en relación con un solo código general que los estructura a todos. La lectura de un signo visual es una experiencia imposible de cuantificar o reducir en una sistematización estructural que no contemple múltiples niveles de códigos en articulaciones móviles. En cada código puede haber signos y figuras que no siempre cumplirán la misma función.

El entendimiento de sistema de obra sustenta modos de producción que atienden los aspectos procesuales en la construcción de lenguajes, una compleja cartografía de formatos que derivan de lo que se llamó arte de sistemas. Confluyen en estos movimientos de arte de sistemas conocimientos de varios campos, en particular, los de las ciencias modernas. Cuando el signo producido es de naturaleza electro digital, la experiencia de percibir un micro-universo de energía actuante encuentra fundamentos en las teorías que explican los sistemas desde la mirada científica, por otra parte, los artistas encuentran en este campo herramientas para modelar los sistemas que producen.

En la primera mitad del siglo XX, la ciencia moderna consolida conocimientos que permiten interpretar el universo fenomenológico. Entre ellos resulta clave el concepto de sistema. La palabra "sistema" deriva del griego *synistanai* ("reunir", "juntar", "colocar juntos"). Ya en los años 30, biólogos organicistas y psicólogos de la *gestalt* habían formulado los criterios fundantes del pensamiento sistémico, entre ellos, la idea de patrón.

Propuesta por neurocientíficos, matemáticos, científicos sociales e ingenieros cibernéticos, la idea de "patrón" identifica la configuración de relaciones esenciales de un sistema, algo así como su programación. El patrón es considerado clave en la organización de un sistema de vida, separadamente de su estructura física: "No somos sino remolinos en un río de incesante corriente", "No somos materia perdurable, sino pautas que se perpetúan a sí mismas" (Wiener, 1950).

Leonardo Solaas (2010), artista generativo, destaca la importancia de la existencia de un patrón de organización interno de la materia, una autonomía sistémica que la define, postura recurrente en el pensamiento filosófico que hace colapsar la teoría que domina la historia del pensamiento occidental: la de la idea que moldea la materia. Solaas propone pensar la realización de signos digitales como una colaboración creativa entre un artista humano y un agente no humano.

La idea de patrón es indispensable para entender el funcionamiento en una obra digital programada y aparece como elemento clave para analizar las confluencias de las artes tecnológicas. Avanzado el siglo, fueron los conceptos de Ludwig von Bertalanffy sobre sistema abierto y teoría general de sistemas los que establecieron al pensamiento sistémico como movimiento científico mayor. Bertalanffy (1940) definió a los or-

ganismos vivos como sistemas abiertos porque, para mantenerse vivos, necesitan alimentarse de un flujo continuo de materia y energía provistas por su entorno. La teoría de sistemas define al mundo fenomenológico como un todo integrado, un sistema surge de la relación entre sus partes y no de la suma de estas. A partir de 1970 y en las dos décadas siguientes, las concepciones de sistema propuestas por las ciencias trascienden las fronteras disciplinarias y se comunican con otros campos del saber hasta entonces separados entre sí.

En la teoría de sistemas hay conceptos que se utilizan para definir la dinámica procesual de la vida que pueden ser aplicados a los signos artísticos. La articulación arte-ciencia en el uso de las teorías cibernéticas inspiró a distintos movimientos artísticos, quienes aplicaron a la creación el estudio sobre patrones de comunicación y control, en particular sobre las pautas de circularidad causal subyacente en el concepto de retroalimentación. El concepto de auto organización se originó en los primeros años de la cibernética cuando los científicos comienzan a construir modelos matemáticos para representar la lógica de las redes neuronales. En las experiencias se descubre que, aun cuando el estado inicial de una red es de actuación azarosa, después de un tiempo de interactuar emergen espontáneamente patrones de conducta encontrados.

Si aplicamos al signo electro digital las características de los modelos científicos, vitalizamos ciertos componentes del mismo: su aspecto material puede percibirse como energía en actuación, el sistema que se establece entre los elementos actúa de manera auto organizada, la lectura y sus conexiones funcionan de manera no lineal. El modelo sistémico encuentra correspondencias claras en el terreno de las artes. En principio, el factor más evidente es que ambas disciplinas utilizan el mismo dispositivo tecnológico: los procesadores digitales que son las herramientas tecnológicas que inducen a las operaciones de lenguaje electro-digital.

El ordenador aportó a las ciencias modernas el medio para demostrar sus postulados: mientras que la ciencia clásica había desarrollado herramientas matemáticas lineales para representar los fenómenos de la naturaleza, las ciencias en la modernidad proponen las matemáticas de la complejidad que son la herramienta teórica adecuada para representar la teoría de sistemas y practicable gracias a la capacidad de cálculo del ordenador. Estas matemáticas inauguran cálculos no lineales capaces de diseñar modelos de interconectividad característicos de los sistemas auto organizados que comprenden miles de reacciones químicas interdependientes. En el mundo no-lineal, que incluye la mayor parte del mundo real, simples ecuaciones pueden producir una gran variedad de comportamientos. Con la misma lógica, un comportamiento complejo y caótico puede configurar estructuras ordenadas, a sutiles patrones.

Las matemáticas de la complejidad permiten la manipulación de patrones, la generación de sistemas auto organizados y la actualización de los sistemas dinámicos. Estas son las operaciones que realizan los softwares utilizados para la producción de obra electro digital y en esta confluencia tecnológica el paradigma sistémico de la ciencia configura al signo. Las ciencias avanzarán y tres décadas antes de cerrar el S XX se reconoce que la naturaleza es inexorablemente no-lineal; entonces surgen nuevos desarrollos como la teoría de los sistemas dinámicos y sus ramificaciones:

la teoría del caos y la teoría de fractales, conocimientos que impregnan también el universo de las artes. La condición numérica es la que define la esencia de la tecnología digital (Lev Manovich).

Es indispensable entender las consecuencias de esta característica para dimensionar la expansión y deriva que produce esta tecnología en los signos de arte. Todo objeto producido con esta tecnología tiene cualidad numérica y esto tiene consecuencias claves. El objeto digital puede ser descrito en términos numéricos y eso lo vuelve susceptible de ser manipulado con algoritmos, los medios se vuelven programables. Aplicada al sistema de obra, la tecnología digital manipula y automatiza objetos numéricos-digitales y materia fenomenológica. En todos los casos los sistemas son activados e impulsados hacia su mayor visibilidad, tanto las producciones llamadas generativas (de origen algorítmico) y las que agitan el microuniverso de la materia muestran patrones de conducta y organización, estructuras relacionales, dinámicas recurrentes.

### Obra y sistema. El carácter procesual de las prácticas artísticas desde el conceptualismo al arte generativo.

*Jazmín Adler*

El estudio de los rasgos sistémicos de las prácticas artísticas se asocia al devenir de obras abiertas y procesuales, fundadas en las relaciones dinámicas establecidas entre sus partes, así como en las estructuras subyacentes en determinados comportamientos perceptibles. El rol primordial del proceso creativo de producción e investigación, por sobre la consumación de un objeto acabado, caracterizó a un conjunto de propuestas estéticas surgidas con la expansión del campo artístico desde mediados del siglo pasado. Es claro que el énfasis en la idea que rige los procesos y, más aún, precede al objeto terminado, protagoniza en diversas tendencias conceptuales. Sol LeWitt, por ejemplo, se abocó a la construcción de unidades gramaticales básicas, sustentadas en una rigurosa lógica matemática que gobierna la composición, más allá del contenido simbólico de la obra, percibido a través de los sentidos. Frente a un arte perceptual, destinado a provocar sensaciones visuales, LeWitt propone un arte conceptual entregado a la realización de obras mentalmente interesantes para el espectador, comprometido con los procesos mentales e independizado de las habilidades del artista artesano (LeWitt, 1967). Estos principios no solo se evidencian en sus proyectos escultóricos seriales y modulares, sino también en los dibujos de pared iniciados hacia fines de los años sesenta como estrategia para evitar que el espectador se concentre en el objeto estético, y pueda entonces focalizarse en las ideas que determinan su realización. En los *Wall Drawings*, múltiples combinaciones de líneas trazadas en lápiz, tinta, aguada, acrílico y otros materiales, se extienden en las cuatro direcciones sobre el muro según las instrucciones precisas elaboradas por el artista para la posterior ejecución a cargo de sus asistentes.

La tensión entre la concepción mental de la obra y su concreción manual parece actualizar antiguos debates. En escritos que datan de hace por lo menos cinco siglos, numerosos artistas y eruditos se esforzaban por

alejara a la pintura de las innobles artes mecánicas, producto del trabajo artesanal, y elevarla al rango de las artes liberales para ubicarla junto al *Trivium* (gramática, la dialéctica, la retórica) y *Quadrivium* (aritmética, geometría, astronomía y música). La fuerte impronta teórica y científica del *Tratado de pintura* de Leonardo debe ser leído en esta clave. Su argumento principal, similar al de algunos de sus coetáneos, radicaba justamente en identificar a la obra de arte como resultado de un proceso intelectual, racional y reflexivo, antes que asociarla a una técnica que proporcionara pautas precisas para desembocar en una pieza ultimada.

El aspecto procesual de la obra también jugó un papel significativo en otros proyectos contemporáneos a las prácticas conceptuales mencionadas. La teoría de la deriva, formulada por Guy Debord en 1958, invitaba a transitar diferentes espacios de acuerdo a un juego que consistía en dejarse llevar. Definida como una técnica de paso ininterrumpido a través de diversos ambientes, el concepto de deriva se vincula a otra de las nociones propuestas por el situacionismo, la psicogeografía, entendida como el estudio de los efectos del entorno geográfico en las emociones y comportamientos de los sujetos. Los mapas psicogeográficos no pretendían armar un plano fijo que constituyera un esquema cerrado y permanente sobre el territorio, para luego orientar un trayecto preestablecido, sino, por el contrario, de trazarlo en el propio recorrido: “No se trata de delimitar con precisión continentes duraderos, sino de transformar la arquitectura y el urbanismo” (Debord, 1958: s/p). A estas experiencias que privilegian el proceso implicado en el desarrollo de las obras se suman otras, como aquellas que Robert Morris (1968) denominó expresiones de la “anti-forma”. Influido por los trabajos de Jackson Pollock y Morris Louis, la anti-forma valoraba las propiedades del material y el proceso implicados, en lugar de las formas perfectas, geométricas, matemáticas y modulares del minimalismo.

En el famoso artículo “La desmaterialización del arte”, publicado en 1968, Lucy Lippard y John Chandler señalaban que la atención a la evolución física de la obra de arte estaba siendo reemplazada por un arte convocado por los procesos de pensamiento. Esta tendencia, según afirmaban los autores, se encontraba provocando la desmaterialización del arte no solo a través del arte como idea, mediante las vertientes conceptuales que se deslizaban hacia la negación de la materia, sino también del arte como acción, en cuyas obras la materia se transforma en energía y tiempo-movimiento. Un año antes, Oscar Masotta pronunciaba una conferencia en el Instituto Di Tella titulada “Después del pop, nosotros desmaterializamos”, concurrencia que fue interpretada como indicio de la conformación de redes transnacionales de circulación de ideas (Longoni & Mestman, 2007: 162). Happenings y ambientaciones ocuparon un lugar trascendente en la escena argentina de los años sesenta en torno a la actividad del Instituto Di Tella y, en muchos casos, investigaron las posibilidades creativas de las tecnologías comunicacionales, dando un paso más allá en el proceso de desmaterialización de la obra y suscitando la participación activa y el compromiso físico del público. Si en *La Menesunda* (1965) Marta Minujín y Rubén Santantonín incorporaron el circuito cerrado de televisión con el objetivo de que los visitantes se observaran a sí mismos mientras transitaban el espacio, Lea Lublin, en su *Fluvio Subtunal* (1969), hizo una apuesta distinta. Allí decidió incorporar la misma tecnología



aunque en este caso para acceder a aquello que de otro modo permanecería oculto ante el público. Una de las nueve zonas que integraban el recorrido multisensorial era la zona tecnológica, donde un conjunto de televisores en circuito cerrado proyectaba las imágenes de lo ocurrido en otros puntos de la ambientación. A pesar de estas diferencias, al igual que en los happenings de la época, las ambientaciones constituyeron obras fundadas en el despliegue de una experiencia física, lúdica y sensorial, pero también en muchas ocasiones reflexiva, un aspecto que fue especialmente destacado por Masotta en su concepción del happening, entendido como un proceso mental para estimular el pensamiento.

La desmaterialización de la obra fue quizá radicalizada en *Happening de la participación total* (1966), también conocido como *Happening para un jabalí difunto* o *Antihappening*, ideado por Eduardo Costa, Raul Escari y Roberto Jacoby, integrantes del grupo "Arte de los medios de comunicación de masas". Un happening inexistente fue difundido a través de los medios. En lugar de plantear a la obra como un hecho en sí mismo, la acción consistió en su divulgación, operación que apuntaba a repensar la función mediática y su poder abismal en la construcción de la realidad mediante la información transmitida. Los medios masivos suplantaron a la acción real; la participación física del espectador es ahora reemplazada por su ausencia.

La historia de la obra fundada en su cualidad procesual reconoce en la Argentina un punto culminante en el seno del Centro de Arte y Comunicación (CAYC), inaugurado como un espacio dedicado a impulsar intercambios multidisciplinarios entre el arte, los medios tecnológicos y la comunidad. Jorge Glusberg, su director, adoptó la noción de "arte de sistemas" en la exposición de 1971 titulada de ese modo para referir a las manifestaciones centradas en los procesos y "no en los productos terminados del buen arte" (Glusberg, 1971). Como han señalado María José Herrera y Mariana Marchesi, el evento legitimó a esta categoría reuniendo a una serie de tendencias internacionales como el arte conceptual, el arte povera, el *land art* y la performance (Herrera & Marchesi, 2013: 8). El término provenía de *systems aesthetics*, categoría elaborada por Jack Burnham hacia fines de los años sesenta para aludir a las obras de la vanguardia internacional de entonces. En la muestra *Arte de sistemas* una centena de artistas de distintos países, entre ellos Vito Acconci, Allan Kaprow, Barry Flanagan, Joseph Kosuth, Richard Long y Mario Merz, exhibieron sus trabajos junto a los de diversos artistas locales. Algunas de las obras argentinas exhibidas fueron *Analogía I*, de Víctor Grippo, donde cuarenta celdas exhibían papas conectadas con electrodos a un voltímetro que mostraban la capacidad energética del tubérculo, metáfora de la conciencia; *Tierra*, de Carlos Ginzburg, obra que presentaba dicha palabra escrita en el suelo de un terreno baldío cercano y podía ser observado desde el octavo piso del museo; y *Segmento AB=53.000 metros*, performance fotográfica de Juan Carlos Romero, que registraba imágenes características del recorrido de Buenos Aires a La Plata como dos puntos de la realidad nacional percibida desde la ruta 2.

Tanto la relación entre el arte y la tecnología, patente en el CAYC desde sus primeros tiempos en las exposiciones *Arte y Cibernética* y *Argentina Intermedios* (1969), como el marcado interés hacia los procesos de la

naturaleza, fueron dosejes que caracterizaron a las obras realizadas en torno a la institución durante casi una década de trabajo. Particularmente Arte y Cibernética constituyó un eslabón fundamental de la historia del arte generativo en Argentina, debido a que allí un grupo de artistas exhibió sus obras realizadas por computadora, empleando el software de IBM para crear imágenes en función de la reproducción y alteración de un patrón específico. Resulta pertinente destacar que, algunos años antes, dos de los artistas participantes en aquella exposición, Miguel Ángel Vidal y Eduardo Mac Entyre, habían redactado el *Manifiesto de arte generativo* (1960), en el que describían a la pintura generativa como aquella capaz de engendrar secuencias ópticas a través de un desarrollo generado por una forma. Ya en ese entonces detectaban la relación entre la pintura generativa y nociones asociadas a la tecnología, como la fuerza y la energía. Incluso la definición del término “generador” que los artistas proporcionan en su escrito, “dícese de la línea o la figura que por su movimiento engendra respectivamente una figura o un cuerpo geométrico”, evoca un grado de autonomía de los elementos plásticos con respecto al plano, coincidente con la difundida caracterización de las prácticas artísticas generativas según Philip Galanter. Su teoría sostiene que los artistas generativos ceden el control de la obra a un sistema que opera con cierta independencia de acuerdo a una serie de reglas e instrucciones preestablecidas, y que contribuye a la creación de un trabajo artístico completo (Galanter, 2003). Mientras que la pintura generativa nace de la vibración, el giro y el desplazamiento de los elementos plásticos que se originan progresivamente despegándose de la superficie plana que los contiene, el arte generativo basado en las tecnologías digitales es creado por medio de algoritmos constitutivos de la arquitectura de datos a partir de la cual la obra se autogenera. Así lo demuestran las propuestas de diversos artistas contemporáneos, muchos de ellos precursores del arte generativo, como Christa Sommerer y Laurent Mignonneau, Pascal Dombis, y Miguel Chevalier, entre otros, cuyos trabajos cruzan la generatividad y las alternativas de interacción entre el público y el entorno virtual. Cabe asimismo destacar la labor de Andreas Fischer, abocado a la creación de sistemas generativos en representaciones gráficas, instalaciones y esculturas, y los proyectos de Leonardo Solaas, quien reconoce su interés por los universos surgidos de un conjunto determinado de reglas predeterminadas, como programas computacionales y obras generativas, resultantes de algoritmos que operan entre el orden y el caos. A esta lista también se suman las obras de Robert Spahr, Noriko Ambe, Henrik Menné y Daniela Sirbu, solo por mencionar algunos.

Por otro lado, el vínculo entre el arte y la naturaleza comprende determinadas prácticas donde los procesos biológicos son también decisivos en la configuración de las características que la obra adquiere. En el campo del bioarte, diversas obras se concentran en las transformaciones genéticas y morfológicas de los organismos vivos, desencadenadas por ciertos procedimientos que se tornan el foco de la experimentación artística, como en los proyectos pioneros de Eduardo Kac, Marta de Menezes, el grupo de investigación SymbioticA de la *University of Western Australia* y el proyecto *NoArk* de *The Tissue Culture & Art Project*, entre otros. La autonomía de la obra con respecto al artista responde en estos casos a la implicancia de ciertos fenómenos que actúan bajo una lógica y un devenir propios, indagando en los efectos socio-políticos de la biotecnología.

## Conclusiones

*Jazmín Adler - Claudia Valente*

Desde hace más de medio siglo, el proceso creativo y reflexivo implicado en la realización de la obra de arte adquiere un rol significativo que frecuentemente prevalece sobre su carácter objetual. A la programación lógica de los procesos mentales que codifican la composición se sucedieron operaciones sistémicas como el estudio de los efectos del entorno geográfico en las emociones y los comportamientos del sujeto, o la desmaterialización de la obra que tendió a reemplazar la supremacía del objeto por una inclinación hacia la concepción intelectual de la obra y las acciones involucradas en su producción. Más tarde, la tecnología digital posibilitó el diseño de sistemas autónomos y manipulables. Con la incorporación de los dispositivos electro-digitales surgieron obras diversas en su aspecto material, que confrontan dimensiones fenomenológicas y numéricas. Las artes tecnológicas contemporáneas incluyen múltiples propuestas que exploran la capacidad autogenerativa de sistemas des- envueltos con cierto grado de autonomía según pautas que escapan al control absoluto por parte del artista.

De esta manera, sistemas fenomenológicos y virtuales relacionan sus conductas. Puede suceder que un sistema programado active la materia orgánica e intervenga en el sistema complejo de la naturaleza, como ocurre en obras de bioarte, o bien que desarrolle una pura simulación digital, como en el caso del arte generativo, donde un universo de partículas actúa su ciclo vital de acuerdo a cómo ha sido programado, sin demasiados accidentes. Se abren así múltiples relaciones sistémicas en los más variados formatos y materialidades. Número y materia dialogan para encontrar confluencias y divergencias en conductas y organización, en evoluciones y deriva.

## Referencias

1. La psicología de la Gestalt también utilizó la idea de Patrón con anterioridad. Afirmaba que los organismos vivos perciben no en términos de elementos aislados, sino de patrones perceptuales integrados, conjuntos organizados dotados de significado, que exhiben cualidades ausentes en sus partes. Esta teoría tuvo alto impacto en las artes visuales, ya que organiza los conocimientos sobre la percepción

## Bibliografía citada

Calabrese, O. (1987): El lenguaje del arte. Barcelona, Paidós.

Capra, F. (1975): El tao de la física. Barcelona, Sirio.

Debord, G (1958): "Teoría de la deriva", en Universidad de Granada, <<http://www.ugr.es/~silvia/documentos%20colgados/IDEA/teoria%20de%20la%20deriva.pdf>>, [consulta: 29-10-14].

Eco, U. (1962): Obra abierta. Barcelona, Planeta - Agostini.

----- (1986): La estructura ausente. Barcelona, Lumen.

Galanter, P. (2003): What is Generative Art?: Complexity Theory as a Contecto for Art Theory, en Philip Galanter, <[http://www.philipgalanter.com/downloads/ga2003\\_paper.pdf](http://www.philipgalanter.com/downloads/ga2003_paper.pdf)>, [consulta: 4-11-14].

Glusberg, J. (1971): Arte de sistemas (cat.exp). Buenos Aires, Museo de Arte Moderno.

Herrera, M. J. & Marchesi M. (2013): Arte de sistemas: el CAYC y el proyecto de un nuevo arte regional 1969-1977 (cat.exp.). Buenos Aires, Fundación Osde, 25 de julio al 5 de octubre de 2013.

LeWitt, S. (1967): "Párrafos sobre arte conceptual", en Fundación Proa, <<http://www.proa.org/exhibiciones/pasadas/lewitt/texts.html>>, [consulta: 29-10-14].

Lippard, L. & Chandler, J. (1968): "The Dematerialization of Art", en C-Cyte, <[http://www.c-cyte.com/OccuLibrary/Texts-Online/Lippard-Chandler\\_The\\_Dematerialization\\_of\\_Art.pdf](http://www.c-cyte.com/OccuLibrary/Texts-Online/Lippard-Chandler_The_Dematerialization_of_Art.pdf)>, [consulta: 2-11-14].

Longoni, A. & Mestman, M. (2007): "Después del pop nosotros desmaterializamos: Oscar Masotta, los happenings y el arte de los medios en los inicios del conceptualismo", en Katzenstein, I. (ed.): Escritos de Vanguardia: Arte argentino de los años '60. Buenos Aires, Fundación Espigas.

Mac Entyre, E. & Vidal, M.A. (1960): "Manifiesto de arte generativo", en Miguel Ángel Vidal, <<http://www.miguelangelvidal.com.ar/manifiesto.html>>, [consulta: 3-11-14].

Machado, A. (2000): El paisaje mediático. Buenos Aires, Libros del Rojas.

Manovich, L. (2006): El lenguaje de los nuevos medios de comunicación. La imagen en la era digital. Buenos Aires, Paidós Comunicación.

Marchan Fiz, S. (1986): Del arte objetual al arte del concepto. Madrid, Akal.

Morris, R. (1968): "Anti Form", en IMD 501: Histories and Theories of Intermedia, <[http://www.intermediamfa.org/imd501/index.php?pg=blog&post\\_id=556](http://www.intermediamfa.org/imd501/index.php?pg=blog&post_id=556)>, [consulta: 2-11-14].

(Endnotes)





# MÚSICA GENERATIVA

## MODELOS DE COMPOSICIÓN MUSICAL ASISTIDA POR COMPUTADORA

### Matías Romero Costas

Proyecto de investigación “El Arte Generativo en las Artes Multimediales” Director Carmelo Saitta. Codirector Emiliano Causa Área de Artes Multimediales del Instituto Universitario Nacional de Arte Buenos Aires (Argentina) Yatay 843 Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Tel. 54-11-4862-8209

[matiasromeroc@gmail.com](mailto:matiasromeroc@gmail.com)

## 1. Introducción

Desde las melodías compuestas por Guido d' Arezzo a partir de las vocales de un texto, los motetes isorrítmicos de Machaut, las relaciones áureas de Dufay, o los *Musikalisches Würfelspiel* de Mozart, los compositores han adoptado, a lo largo de la historia de la música, mecanismos y estrategias para la generación de material original a partir de técnicas basadas en reglas formales dentro de un sistema o lenguaje musical determinado. Procesos estocásticos, modelos matemáticos y físicos, simulación de procesos evolutivos, arquetipos biológicos, imitación de comportamientos de los sistemas complejos, han formado parte de los recursos utilizados para definir una obra musical.

Las composiciones creadas a partir de cualquiera de estos procedimientos pueden ser enmarcadas dentro de lo que se conoce como *arte generativo*. Este término, como lo define Philip Gallanter<sup>1</sup>, *refiere a cualquier práctica artística donde el artista utiliza un sistema que opera con cierto grado de autonomía, y que contribuye o da como resultado completo una pieza de arte. Los sistemas pueden incluir instrucciones en lenguaje natural, procesos biológicos o químicos, programas de computadora, máquinas, materiales auto-organizados, operaciones matemáticas, y otras invenciones procedurales.*

Es importante notar que cualquier sistema generativo supone la puesta en funcionamiento un proceso autónomo, y como consecuencia necesaria de ello la pérdida total o parcial del control por parte del artista. Esto nos lleva a plantearnos dos cuestiones fundamentales: en primer lugar, si la computadora es capaz de componer una obra musical de manera autónoma; y en segundo lugar en función de lo anterior, cuál sería el nuevo rol del compositor dentro del proceso creativo que esto trae aparejado.

Las respuestas a estas preguntas exceden los alcances de este escrito, pero sirven como disparador para estudiar algunos de los modelos de composición algorítmica más utilizados y difundidos en la composición asistida por ordenador. Aquellos que se nutren de disciplinas como las

Música

arte generativo

composición algorítmica.

matemáticas, la biología, la psicología, la lingüística, o la inteligencia artificial para expandir los límites propios del lenguaje musical. Modelos que representan diversas maneras de trasladar a la computadora procesos de pensamiento utilizados en la composición musical y que fueron estudiados y utilizados por los más grandes compositores a lo largo de la historia.

### Antecedentes: de Guido d'Arezzo a Iannis Xenakis.

Uno de los primeros ejemplos de la utilización de un método algorítmico en la composición musical se remontan al siglo 11, y se le atribuyen al músico y monje benedictino Guido d'Arezzo. Este teórico y compositor italiano de la Edad Media desarrolló una técnica para crear sus melodías utilizando una tabla de correspondencias entre las vocales del alfabeto y las notas musicales ordenándolas según la tesitura vocal de la época, que abarcaba un poco más de dos octavas del registro, comenzando por el G<sub>3</sub>, es decir el Sol debajo del Do central.

Tabla 1

NOTA	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A
VOCAL	a	e	i	o	u	a	e	i	o	u	a	e	i	o	u	a

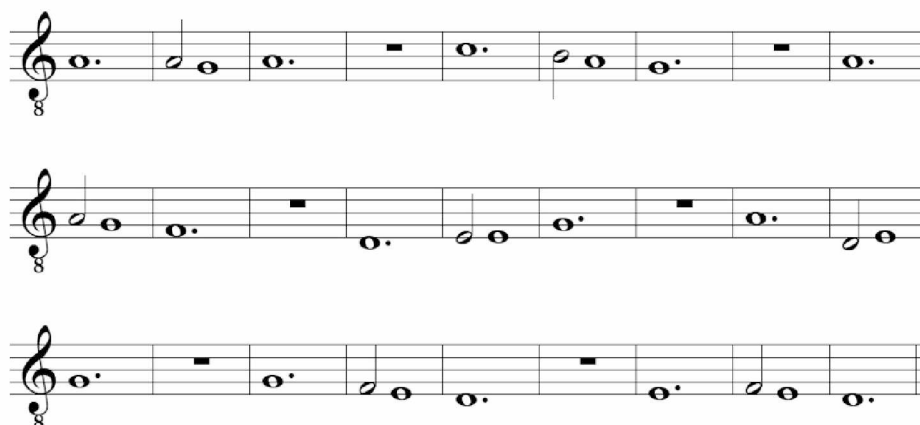
El procedimiento era muy sencillo: una vez elegido el texto de la obra se extraían de él las vocales y buscando en la tabla su correspondiente nota musical, se componía la melodía que acompañaría dicho texto. Como se puede observar en la tabla, a la misma letra le pueden corresponder 3 o 4 notas diferentes: G, E, C, A, para la letra a por ejemplo. Esto le daba al compositor la libertad de elegir diferentes variaciones melódicas.

Otra ejemplo de formalización de un procedimiento compositivo lo encontramos en los motetes isorrítmicos<sup>2</sup> del Ars Nova, en los siglos XIV y XV. Compositores como Philippe de Vitry y Guillaume de Machaut utilizaron y desarrollaron esta técnica, que fue trasladada luego a movimientos de misas y cantilenas. Era común componer una pieza polifónica partiendo de una melodía antigua tomada de los cantos llanos del gregoriano (cantus firmus), y luego construir la voz del tenor (en general la más grave) utilizando patrones rítmicos (talea) y patrones melódicos (color)

Figura 1

Talea de 4 duraciones, desplegada sobre un color de 28 notas.

Imagen obtenida en [en .wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)





que se repetían cíclicamente a lo largo de la pieza. Lo más interesante era que ambas secuencias podían tener diferente longitudes, es decir distinta cantidad de elementos. De esta manera un patrón de 4 duraciones se podía combinar con una de 15 alturas.

Otra técnica similar, creada por Josquín des Prez en el Renacimiento, es la del *soggetto cavato*<sup>3</sup>, que también utiliza al texto como fuente para derivar las alturas que conformarán la melodía. La idea es simple, a cada sílaba del texto le corresponde una nota que se obtiene de la sílabas de la *solmisación*<sup>4</sup>, que coincide con su vocal (*ut re mi fa sol la*). Josquín plasmó esta idea en su Misa *Hercules dux Ferraria*, que se convirtió en el primer y más emblemático ejemplo de esta técnica. El cantus firmus de la pieza está construido de la siguiente manera:

TEXTO	Her	cu	les	Dux	Fer	ra	ri	ae
NOTA	re	ut	re	ut	re	fa	mi	re

Tabla 2

Así como Josquín des Prez utilizó el *soggetto cavato* en algunas de sus obras, podemos encontrar paradigmáticos ejemplos a lo largo de la historia de la música. Uno de los más conocidos es cuando Bach utiliza su propio nombre para componer el sujeto (motivo principal) de la última fuga a tres voces de *El Arte de la fuga*. B-A-C-H (sib, la, do, si)<sup>5</sup>. Pero también Johannes Brahms, Robert Schumann, Maurice Ravel, Alban Berg u Olivier Messiaen han utilizado la criptografía musical como herramienta más para escribir sus piezas musicales.

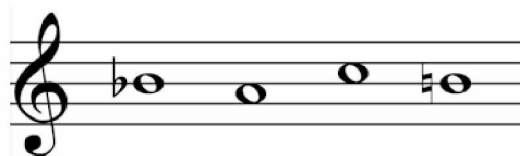


Figura 2

Sujeto o tema de BACH.

Imagen obtenida en [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

Quizás el ejemplo más famoso, y uno de los primeros ejemplos del uso de la aleatoriedad en la música académica, lo encontramos en los *Musikalisches Würfelspiel K 516f*, un juego de dados musical creado por Mozart en 1787.

La obra consiste en combinar fragmentos musicales pre-compuestos en función de los valores obtenidos al tirar los dados, para componer un Minuet y un Trio de 16 compases cada uno. Mozart compuso, para esta práctica, común entre los compositores de finales del barroco y comienzos del clasicismo especialmente, 176 compases que pueden intercalarse unos con otros.

Figura 3

Los primeros 24 compases del Minuet



Para elegir la sucesión de compases Mozart ordenó cada uno de ellos en dos tablas. Las columnas, en números romanos, representan el número de compás y las filas (del 2 al 12) los 11 valores que pueden obtenerse al tirar dos dados y sumar su caras.

Figura 4

Tabla de Números para seleccionar los compases

1. Walzerteil		Zahlentafel								2. Walzerteil							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
2	96	23	141	41	105	122	11	30	2	70	121	36	9	112	49	109	14
3	32	6	128	61	146	46	134	81	3	117	39	126	56	174	18	116	83
4	69	91	178	13	193	55	110	24	4	66	139	15	132	73	58	145	79
5	40	17	113	83	161	2	159	100	5	90	176	7	34	67	160	52	170
6	148	74	163	45	80	97	36	107	6	25	143	64	125	76	136	1	93
7	104	157	27	167	154	68	118	91	7	138	71	150	29	101	162	23	151
8	192	60	171	51	99	133	21	127	8	16	155	57	175	43	108	89	172
9	119	84	114	50	140	86	169	94	9	120	88	48	166	51	115	72	111
10	98	142	42	156	75	129	63	123	10	65	77	19	82	137	38	149	8
11	3	97	165	61	195	47	147	33	11	102	4	31	164	144	59	173	78
12	54	130	10	103	38	87	106	5	12	35	20	108	92	12	124	44	131

Las instrucciones para el juego son las siguientes:

- Tirar los dos dados para el primer compás del Minuet.
- Buscar el número obtenido por los dos dados (un número entre 2 y 12) en la fila correspondiente para saber cual de los 176 compases es el que inicie la pieza.
- Continuar hasta completar los 16 compases de la pieza.

Para el Minuet se utilizan los 2 dados, lo que nos da 11 posibilidades diferentes para cada uno de los 16 compases, y para el trío solo uno, que equivale a 96 compases posibles (6 x 16). La cantidad de combinaciones con este sistema es igual a  $11^{16}$  para el Minuet y  $6^{16}$  para el Trio, aunque muchas de ellas sean muy similares, el número composiciones posibles es gigantesco.

El número de oro, también denominado número áureo, o proporción aurea, es tal vez uno de los ejemplos más conocidos de la inclusión de las matemáticas en el arte, y la podemos hallar en un infinidad de obras dentro de la pintura, la arquitectura, la poesía, el cine o la música. Algunas veces como un procedimiento expresamente utilizado por el artista, y muchas otras a posteriori, al descubrir en la obra las proporciones formales que este número algebraico irracional<sup>6</sup> representa.

El número de oro, representado en matemáticas con la letra griega  $\phi$  (phi), se define como *el punto que divide cualquier segmento en dos partes, de modo tal que la proporción entre la sección más larga y la más corta, es equivalente a la proporción entre todo el segmento y la sección más larga.*

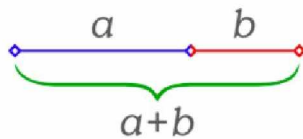


Figura 5

La longitud total  $a+b$  es al segmento más largo  $a$  como  $a$  es al segmento más corto  $b$ .

Imagen obtenida en [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

Si tomamos un segmento cuya longitud es igual a 1, la proporción aurea es el punto  $x$  que satisface la siguiente ecuación:

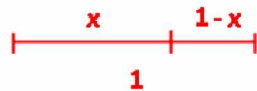


Figura 6

$$\frac{(1-x)}{x} = \frac{x}{1} \Rightarrow 1-x = x^2 \Rightarrow x^2 + x - 1 = 0$$

Fórmula 1

Una de las soluciones a esta ecuación (la solución positiva) es:

$$\frac{(-1 + \sqrt{5})}{2}$$

Fórmula 2

Si dividimos el segmento mayor  $x$ , al menor  $1-x$  obtenemos el número de oro:

$$\frac{x}{(1-x)} = \frac{(1 + \sqrt{5})}{2} \approx 1,618033988749894848...$$

Fórmula 3

La fascinación por este número tiene su origen en la antigua Grecia, y se debe a que representaba el ideal de belleza y geometría, el descubrimiento de las proporciones “perfectas” de la forma que los nos acerca a la perfección divina. Esto, junto con el hecho de que podemos hallar la “divina proporción” en las nervaduras de las hojas de algunos árboles, en el grosor de las ramas, en el caparazón de un caracol, o en los flósculos de los girasoles, lo cargó de un cierto carácter místico.

Otra relación numérica relacionada con al anterior es la sucesión de Fibonacci<sup>7</sup> muy utilizada para determinar relaciones de alturas, de duraciones o proporciones formales en composiciones musicales.

La secuencia de Fibonacci tiene a 0 y 1 como sus dos primeros elementos, y cada número subsiguiente es la suma de los dos anteriores:

$$0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, \dots$$

Es decir que la fórmula que representa esta sucesión es:

$$\text{Fib}(0) = 0$$

$$\text{Fib}(1) = 1$$

$$\text{Fib}(n+2) = \text{Fib}(n+1) + \text{Fib}(n) \text{ para } n > 1$$

donde  $\text{Fib}(n)$  indica el n-ésimo número en la sucesión.

La estrecha relación entre la proporción aurea y la sucesión de Fibonacci se explica de la siguiente manera: Si dividimos el número de Fibonacci  $n$  por el anterior  $n-1$  obtenemos un resultado que se aproxima a 1,61538...

$$1/1 = 1;$$

$$2/1 = 2;$$

$$3/2 = 1,5;$$

$$5/3 = 1,666\dots;$$

$$8/5 = 1,6;$$

$$13/8 = 1,625;$$

$$21/13 = 1,61538$$

Compositores como Bach, Beethoven, Schubert, Debussy, Bartók, Satie y Webern han utilizado la sucesión de Fibonacci, así como la proporción aurea, u otros procedimientos matemáticos formales para definir campos de alturas, proporciones formales o estructuras rítmicas en sus obras.

Pero fue sin dudas Iannis Xenakis<sup>8</sup> el compositor que entrelazó de manera más metódica y exhaustiva las matemáticas con sus ideas compositivas. La ciencia se convirtió para él más que en una herramienta, en una filosofía aplicada a la creación. Fue además, uno de los pioneros en el uso de las computadoras para la asistencia a la composición. La utilización de estas máquinas significaban poder procesar mucho más velozmente los datos y automatizar los procedimientos formales desarrollados por él.

Nacido en Rumania, pero con orígenes griegos, pasó gran parte de su vida en Francia donde trabajó junto al arquitecto Le Corbusier. Durante los 12 años que colaboró en los proyectos arquitectónicos como ingeniero calculista utilizó muchos de los procedimientos aplicados a la construcción de edificios en sus composiciones musicales. Uno de los ejemplos más famosos se encuentran en la analogía en la concepción de los glissandi de su obra *Metastaseis* y el diseño del pabellón Philips que realizó para la Exposición mundial de Bruselas de 1958. El mismo principio geométrico de la aproximación de superficies curvas a través de conjuntos de líneas es utilizado para ambas obras. Según sus propias palabras: *"...Quería crear espacios que se modificaran y transformaran continuamente a partir del desplazamiento de una recta, con lo cual se obtienen paraboloides hiperbólicos en el caso de la arquitectura y verdaderas masas de glissandi en música."*

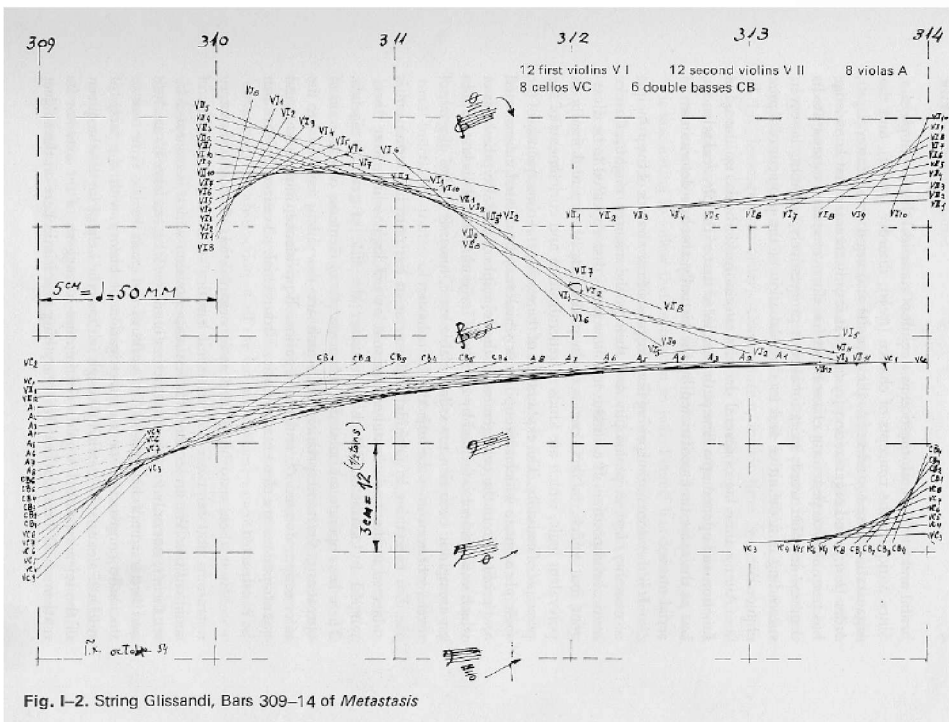


Figura 7

Iannis Xenakis - *Metastaseis* (1955).

Imagen obtenida en <http://www.mediateletipos.net/archives/tag/resources/page/3>

Xenakis introdujo conceptos tomados de la naturaleza para componer sus obras, vinculando por ejemplo las fórmulas que explicaban el comportamiento de las partículas de los gases con las nubes de sonidos creadas a partir de una distribución estocástica de las notas. Algunos procedimientos que involucraban elecciones aleatorias incluían tablas de probabilidades de ocurrencia de eventos en el tiempo, cálculos probabilísticos, distribución gaussiana y cadenas de Markov, entre otras.

Lo más sorprendente de Xenakis es que utilizó las matemáticas para modelizar estructuras y gestos musicales propios de su lenguaje. Esto devino en la creencia de que se podían automatizar los procedimientos compositivos que dan vida a una obra, y naturalmente la computadora era la herramienta ideal para esto. Rápidamente comenzó a colaborar con expertos en la materia para desarrollar programas de computadora con aplicaciones musicales con el fin de lograr una pieza musical totalmente generada de manera automática. En 1991 su obra GENDY3 fue la culminación de esta búsqueda.

### Sistemas basados en reglas

Desde los comienzos de la composición asistida por computadora uno de los métodos más utilizados para generar material musical original es aquel que se vale de la potencialidad de las máquinas para seleccionar muy velozmente los resultados, de entre un conjunto de valores iniciales que son evaluados y filtrados iteradamente a partir de un conjunto predefinido de reglas. Muy frecuentemente los elementos iniciales son generados de manera aleatoria y luego un algoritmo se encarga de descartar aquellos que no cumplan con las condiciones definidas.

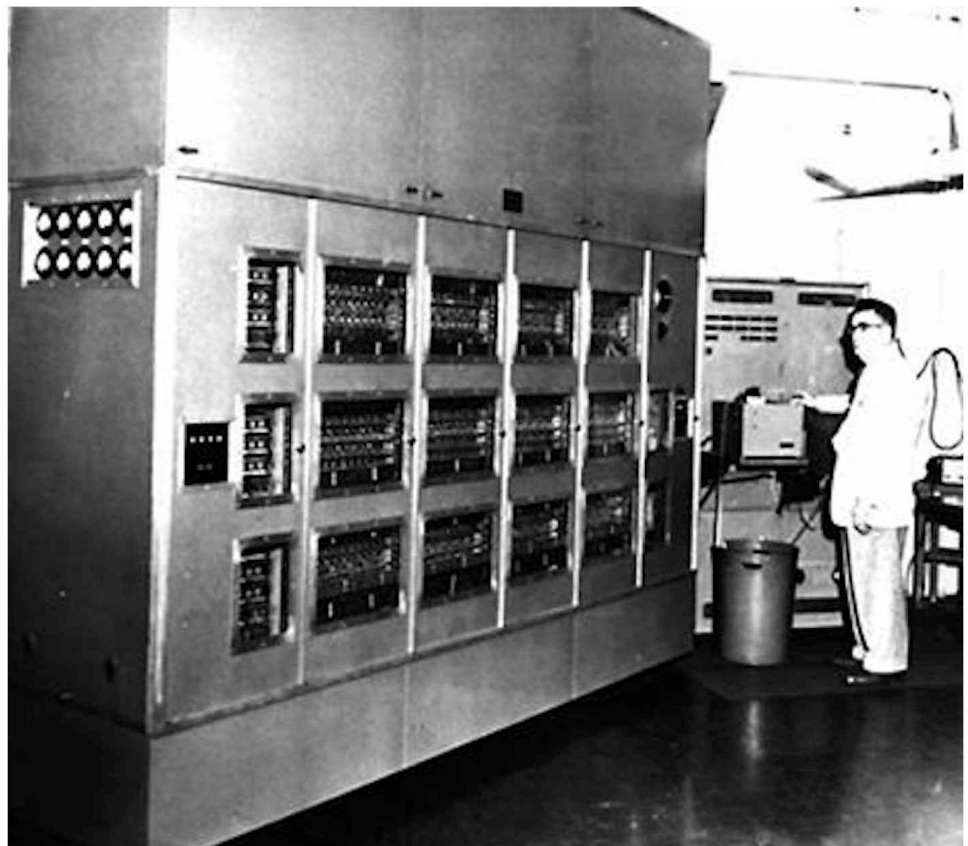
#### 1. Inicios de la música por computadoras: L.A. Hiller y L. M. Isaacson

En 1956, utilizando la computadora Iliac<sup>9</sup>, desarrollada en la Universidad de Illinois, Lejaren Hiller, junto a su colaborador Isaacson, crearon la primer obra compuesta con una computadora: *The Iliac Suite*, para cuarteto

Figura 8

Hiller, Lejaren; Isaacson, Leonard, «Iliac Suite» Quartet No. 4 for strings, 1957.

Imagen obtenida en <http://www.medienkunstnetz.de/works/illiac-suite/>



de cuerdas. La pieza está conformada por cuatro movimientos, denominados *experimentos*, cada uno de cuales explora una técnica de composición musical algorítmica diferente. El primer movimiento desarrolla la generación de un *catus firmus*, el segundo una polifonía a cuatro voces. La estrategia utilizada para ambos casos fue la codificación en forma de algoritmo, de las reglas que rigen la conducción de voces en el contrapunto tradicional. En los otros dos movimientos utilizaron diversos modelos de probabilidad estocástica, gramáticas generativas y cadenas de Markov aplicados al ritmo, la dinámica y las instrucciones de ejecución.

Lo realmente notable de sus aportes reside en que fueron los primeros en estudiar los procesos creativos de composición, y la forma de trasladarlos a un programa de computadora. El desafío estaba en encontrar, estudiar y definir en forma de algoritmo las reglas compositivas utilizadas en el proceso de composición, y aplicarlos en la selección de un conjunto muy grande de posibilidades iniciales. El procedimiento consistía en generar un campo muy amplio de valores iniciales, utilizando procesos de generación aleatoria, y someter a cada uno de los valores a las diferentes reglas definidas. Si el valor cumple con la regla es seleccionado para formar parte de la composición, en caso contrario un nuevo valor es generado y evaluado por el algoritmo. La computadora era la herramienta ideal para esta tarea.

## 2. Aleatoriedad en la música

Los procesos estocásticos dependen de las leyes de la probabilidad. En un sistema estocástico la evolución de una secuencia de números está determinada por valores aleatorios, y por esta razón no es posible predecir el estado futuro en un punto específico de la cadena.

Los procesos aleatorios son sumamente difíciles de simular con una computadora. En realidad se implementan a partir de un algoritmo que simula un comportamiento aleatorio, pero que en realidad es totalmente determinista. Se trata de una secuencia que exhibe un comportamiento estadísticamente azaroso, pero que es generado por un procedimiento causal, totalmente determinístico. Se elige un valor inicial para la secuencia, llamado "semilla" y luego cada nuevo valor se calcula a partir del valor inmediato anterior. Sin embargo, luego de una cierta cantidad de iteraciones la secuencia se vuelve a repetir exactamente igual. Esta técnica es conocida como *método de congruencia lineal*, y es una de las más utilizadas. Su ecuación es la siguiente<sup>10</sup>:

$$X_{n+1} = (a X_n + c) \bmod m \quad n \geq 0$$

Fórmula 4

Donde  $X_n > 0$  es el n-esimo valor en la secuencia,  $a \geq 0$  es el multiplicador,  $c \geq 0$  es el incremento, y  $m \geq X_0$  es el modulo (en general,  $m$  debe ser también mayor que  $a$  y que  $c$ )

La cantidad de valores diferentes que pueden obtenerse antes de que la secuencia vuelva al mismo valor inicial depende del tamaño del ciclo elegido, y nunca puede ser mayor que  $m$ .

En la sección anterior estudiamos el ejemplo de los “juegos de dados musicales” de Mozart, donde un procedimiento aleatorio era puesto en funcionamiento al tirar dos dados para elegir la secuencia de compases que conformarían un Minuet, o solo un dado para componer el Trío. En este último caso, con solo un dado, cada una de las 6 alternativas de compases son igualmente probables, tienen la misma chance de ser seleccionadas. En cambio, con dos dados no sucede lo mismo. Por ejemplo, para que el resultado sea 2 en ambos dados tiene que salir un 1, pero para obtener un 7 existen 6 alternativas diferentes: 1 + 6; 2 + 5; 3 + 4; 4 + 3; 5 + 2; 6 + 1. Como sabemos que hay 36 posibilidades entre dos dados de 6 caras, las probabilidades para cada uno de los valores son las siguientes:

$$2 \text{ y } 12 = 1/36$$

$$3 \text{ y } 11 = 2/36$$

$$4 \text{ y } 10 = 3/36$$

$$5 \text{ y } 9 = 4/36$$

$$5 \text{ y } 8 = 5/36$$

$$7 = 6/36$$

Con el ejemplo de los dados nos encontramos con dos casos paradigmáticos de distribución probabilística. Con un solo dado las probabilidades entre los números está *uniformemente distribuida*, es decir que todos los números son igualmente probables. Con dos o más dados las probabilidades están *no-uniformemente distribuidas*, lo que implica que ciertos números tengan mayor probabilidad de ocurrir que otros.

Es posible también establecer una distribución diferente y hacer que uno o más valores tengan mayores probabilidades de ocurrir que otros. Para ello se crea una *tabla de probabilidades* que establece, en una escala de 0 a 1.0, la probabilidad de cada uno de los eventos de una secuencia. De esta manera, una probabilidad de 0 significa que ese evento nunca será elegido, y una igual a 1.0 que dicho evento ocurrirá siempre. En el medio un evento asociado a 0.5 tiene el 50% de posibilidades de ocurrir.

### 3. Música Fractal: $1/f$ Noise

Desde que los conjuntos Cantor y las curvas de Paneo, Hilbert y Koch desafiaron los preceptos de la geometría tradicional, un nuevo paradigma surgía como una necesidad de explicar fenómenos redundantes de la naturaleza que no podían ser descritas con los conceptos acuñados hasta el momento. Todos estos objetos matemáticos se agrupan en lo que Mandelbrot denominó *fractales*<sup>11</sup>.

*Un objeto geométrico fractal posee las siguientes características:*

- *No puede ser descrito en términos geométricos tradicionales.*
- *Posee detalle a cualquier escala de observación.*
- *Es auto similar (exacta, aproximada o estadísticamente).*



- *Su dimensión de Hausdorff-Besicovitch es estrictamente mayor que su dimensión topológica.*
- *Se define mediante un simple algoritmo recursivo.*

Los fractales se caracterizan por su homeomorfismo, es decir la auto-similitud en todas las escalas de su forma. Si examinamos, a cualquier escala, una parte de un objeto fractal notaremos que presenta las mismas características formales. La curva de Koch, o el “copo de nieve de Koch” es una curva cerrada continua pero no diferenciable en ningún punto descrita por el matemático sueco Helge von Koch en 1904. Si bien fue definida con anterioridad a los fractales es hoy en día uno de los ejemplos paradigmático, y forma parte de esta teoría.

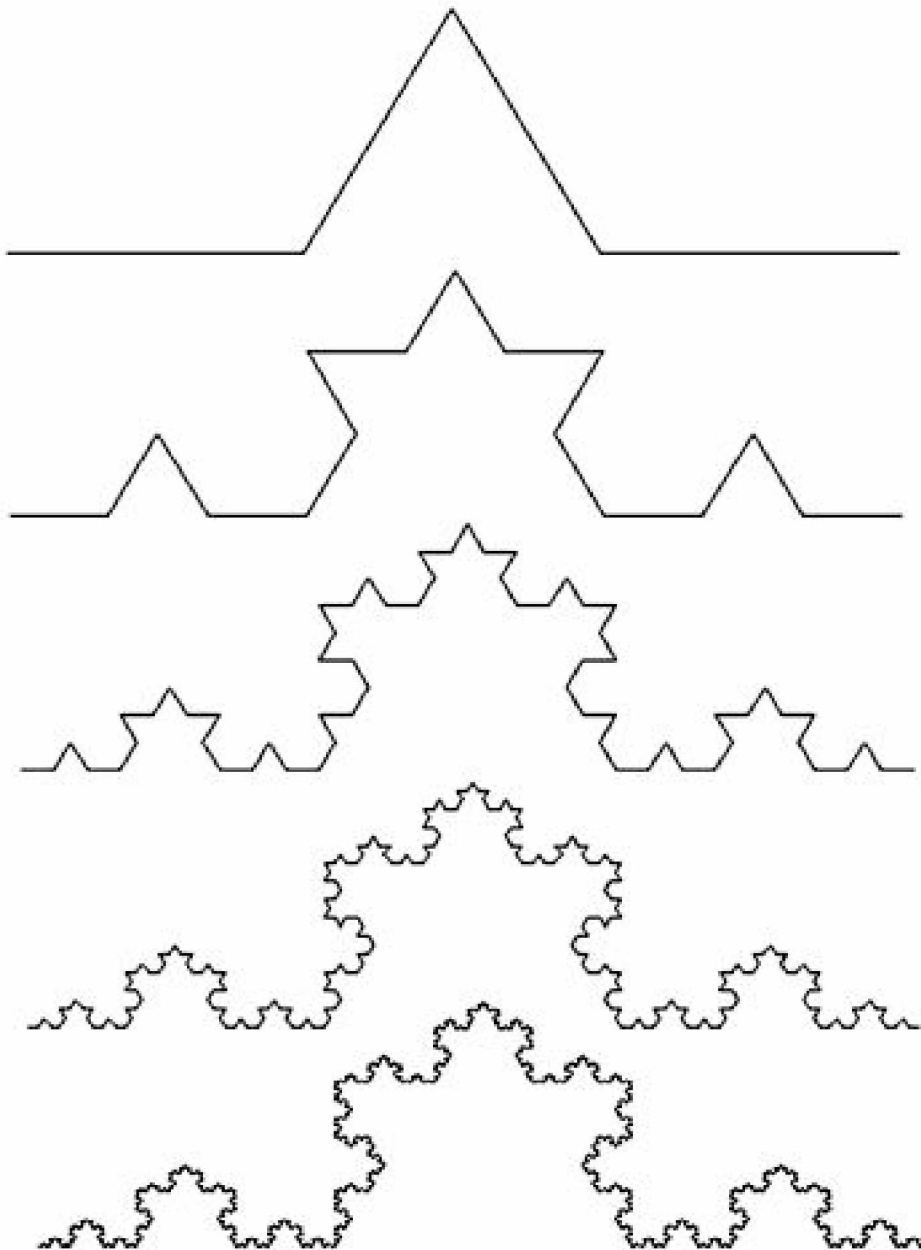


Figura 9

*Secuencia de construcción de la curva de Koch*

Aunque parezca sorprendente uno de los objetos matemáticos más complejos jamás propuestos, el conjunto de Mandelbrot, puede formularse a partir de una ecuación muy simple:

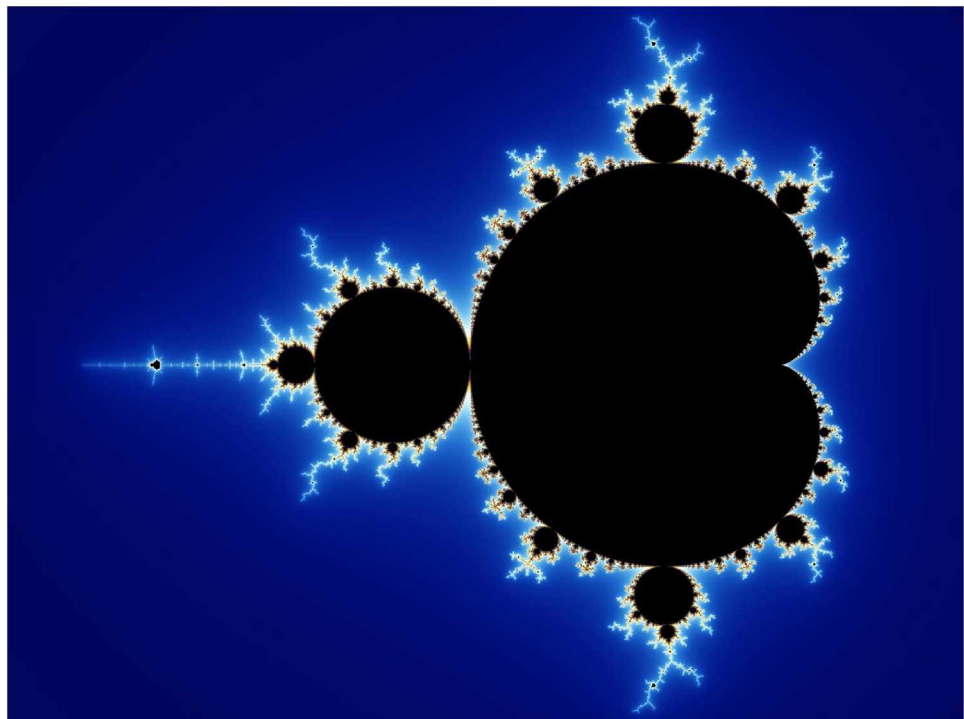
$$Z_{n+1} = (Z_n)^2 + C$$

donde  $Z$  y  $C$  son variable complejas.

El gráfico  $N$  representa los valores de  $C$  en el plano complejo que se encuentran acotados dentro del límite. Dicho de otra manera:  $C$  es parte del

Figura 10

Conjunto de Mandelbrot.  
Imagen obtenida en  
[en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)



conjunto de Mandelbrot, si iniciando la secuencia con  $Z_0=0$  y aplicando una iteración repetidamente, el valor absoluto de  $Z_n$  nunca excede cierto número.

Tres de las propiedades de los fractales, su recursividad, autosemejanza y su invariancia de escala, son los elementos tomados como modelos para la composición musical. Resulta difícil, por sus características intrínsecas transpolar estos comportamientos a la composición, ya que resulta difícil reconocer a nivel perceptivo la replicación de estructuras musicales a diferentes escalas.

Una manera utilizada actualmente para implementar la idea de la fractalidad en la música es a partir del generación de secuencias de valores que siguen una evolución caótico, y que presenta bajo ciertas características comportamientos similares a los fractales. Esta técnica se la conoce como ruido fractal o  $1/f$  noise.

En la sección anterior hemos estudiado los procesos aleatorios como una forma de generar secuencias de valores que pueden ser asociadas a diferentes eventos musicales. Cualquiera de estos procesos, tomados como una señal, puede ser analizados desde su espectro.

Es interesante observar que la densidad espectral de potencia decrece de forma inversamente proporcional a la frecuencia, según la siguiente relación:  $1/f^g$ , donde  $f$  es la frecuencia, y  $0 \leq g \leq 2$ . De esta manera, y según esta distribución, encontramos tres grupos o comportamientos diferentes: el ruido blanco, el ruido rosa y el ruido marrón.

Si tomamos una señal puramente aleatoria, con una distribución equiparable, y la analizamos en términos de su espectro, observaremos que la distribución de la potencia es pareja a lo largo de todas las frecuencias. La potencia queda definida por la relación  $1/f^0$ . Cada nuevo valor de la secuencia es independiente de los anteriores. A este tipo de señales se

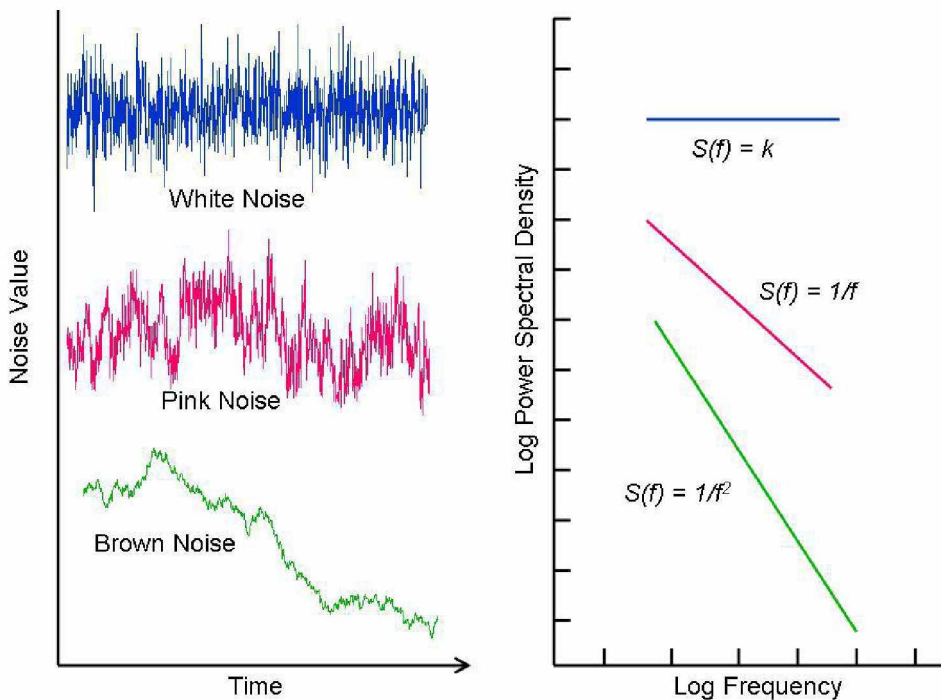


Figura 11

Figura 11: Formas de onda de ruido blanco, rosa y marrón (izquierda) y su respectivos espectros (derecha)

Imagen obtenida en [wikipedia.org](http://wikipedia.org)

las conoce como ruido blanco.

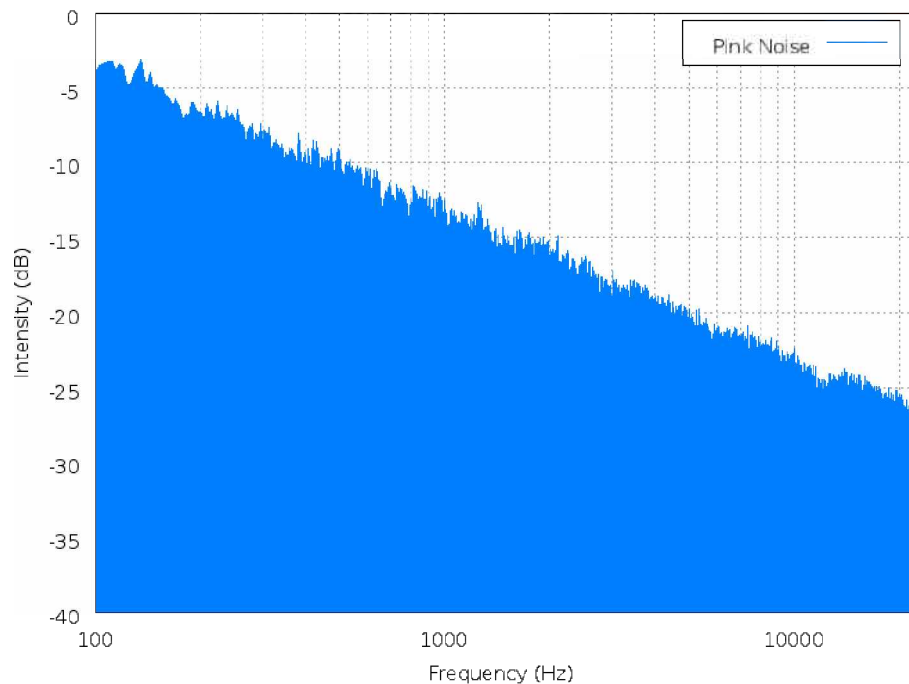
En el lugar opuesto se encuentra el ruido marrón<sup>12</sup>, con una relación igual a  $1/f^2$ ,

En el ruido blanco el espectro y la frecuencia no esta correlacionados,

Figura 12

Respuesta en frecuencia de un ruido rosa

Imagen obtenida en [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)



su espectro queda definido por la relación  $1/f^g$ . La energía tiene una distribución uniforme a lo largo de todas las frecuencias. En cambio, la respuesta en frecuencia de un ruido rosa presenta un perfil que decae de forma lineal hacia la derecha, como muestra el siguiente gráfico:

El ruido rosa o ruido  $1/f$  es una señal donde la energía de su espectro (o más correctamente su densidad espectral de potencia) disminuye de manera inversamente proporcional con la frecuencia. La relación entre ambos queda definida por  $1/f^g$ , donde  $0 \leq g \leq 2$ . Es muy común que se utilice el ruido rosa con un valor de  $g=1$ .

Una de las propiedades características del ruido rosa es su auto-similitud, una de las propiedades de los fractales. Si analizamos una secuencia de números generados con un algoritmo de este tipo vamos a encontrar patrones similares a una diferentes escalas de análisis.

### Composición a partir del análisis

Otra manera de definir una serie de reglas para un sistema de composición, a partir de métodos deductivos o inductivos, es extrayéndolas de una música pre-compuesta. Esto significa identificar, analizar y codificar las reglas que subyacen en una estructura musical, y utilizar esos datos para la creación de material original.

Este procedimiento está vinculado con el desarrollo, en Inteligencia Artificial, de *sistemas expertos*, aplicaciones que se valen de la pericia humana sobre temas específicos, para resolver problemas complejos. En estos sistemas, los conocimientos son adquiridos a partir del análisis de situaciones concretas de la experiencia, y de la modelización de los procesos de razonamiento humano.

La arquitectura de un sistema experto se conforma por una estructura de datos (hechos y reglas), llamada base de conocimiento (knowledge base), y un motor de inferencia, que procesa los datos a través de modelos de razonamiento.

Lo fascinante de estos métodos es que no solo permiten descubrir conjunto las relaciones que definen una estructura musical, sino que nos acercan a la comprensión de los modelos de pensamiento puestos en juego en la composición.

## 1. Cadenas de Markov

Las cadenas de Markov<sup>13</sup> son un tipo de proceso estocástico que estudia el comportamiento de un sistema que evoluciona de forma no determinista a lo largo de una serie de estados discretos. Cada nuevo estado implica una transición del estado próximo anterior. Aunque el nuevo estado no está determinado, si lo está la probabilidad de que ocurra en función del anterior.

Estos algoritmos se utilizan para el análisis estadístico de una sucesión de eventos en el tiempo dentro de un conjunto finito de posibilidades.

Formalmente una cadena de Markov está compuesta por:

- Un conjunto de estados
- Una transición que representa el cambio estado en el tiempo
- La probabilidad del nuevo estado en función de los anteriores

Tomemos un ejemplo sencillo: arrojamos un dado y obtenemos el valor 1 ¿Qué número obtendremos en la siguiente “tirada”? Obviamente no podemos predecir cuál será el siguiente valor, ya que existe la misma probabilidad de obtener cualquiera de las 6 “caras” del dado en el siguiente intento. Es decir que existe 1 en 6 posibilidades de obtener nuevamente un 1, 2, 3, 4 5 o 6.

Si ordenamos la probabilidad de cada uno de los números del dado del 1 al 6 en un *vector de probabilidades*  $v$  obtendremos lo siguiente:

En este vector, cuyo tamaño es igual a la cantidad de estados del conjunto, podemos observar dos cosas: que las componentes son todas positivas, y que la suma de las mismas es igual a 1.

$$v = \left( \frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6} \right)$$

Fórmula 5

Veamos otro ejemplo: Suponiendo que nos encontramos en una departamento de 2 ambientes: cocina (**C**), living (**L**) y un dormitorio (**D**). Por la distribución arquitectónica del lugar, tanto de la cocina, como del dormitorio puedo acceder al living y viceversa, pero no puedo ir de la cocina al dormitorio sin pasar por el comedor. Las posibilidades de movimiento dentro del departamento son simples: si estoy en la cocina puedo ir solamente hacia el living. Si en cambio estoy en el living, además de quedarme volver a la cocina, puedo ir hacia el dormitorio. Y del dormitorio

únicamente puedo volver al living.

Vamos a representar la situación anterior en una matriz donde las filas representan el estado actual (el lugar donde me encuentro) y las columnas el lugar donde puedo ir. Los valores dentro de cada cuadrante corresponden a la probabilidad que existe de ir de un lugar a otro.

Dicha representación se denomina *matriz estocástica*, ya que cada una de sus filas es un vector de probabilidad, es decir que la suma de sus elementos es igual a 1 y todos ellos son positivos.

Tabla 3

	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>D</b>
<b>C</b>	0,00	<b>1,00</b>	0,00
<b>L</b>	<b>0,50</b>	0,00	<b>0,50</b>
<b>D</b>	0,00	<b>1,00</b>	0,00

Analicemos ahora un ejemplo musical, la melodía del “feliz cumpleaños”, para calcular en que porcentaje se suceden las notas de a pares. Es decir, cuántas veces, por ejemplo, luego de un Do aparece un Re, un Mi, un Fa, un Sol, etc.

Figura 13



Escribimos, en cifrado americano, la secuencia melódica de 25 notas (y 24 transiciones entre ellas) :

**G G A G C B G G A G D C G G G E C B A F F E C D C**

De esta secuencia existen solamente 7 alturas diferentes (la octava la tomamos como la misma altura):

**G A B C D E F**

Realizamos la *matriz de transición*, donde las filas representan el estado actual (la nota actual) , y las columnas el estado siguiente (la nota que le sigue). Los números dentro de la matriz representan la cantidad de veces que una nota aparece después de otra:

	<b>G</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
<b>G</b>	4	2	0	1	1	1	0
<b>A</b>	2	0	0	0	0	0	1
<b>B</b>	1	1	0	0	0	0	0
<b>C</b>	1	0	2	0	1	0	0
<b>D</b>	0	0	0	2	0	0	0
<b>E</b>	0	0	0	2	0	0	0
<b>F</b>	0	0	0	0	0	1	1

Tabla 4

Vemos, por ejemplo, que en la melodía, luego de una nota **G** en 4 oportunidades le sigue la misma nota **G**, en 2 oportunidades la nota que le sigue es un **A**, y solo una vez un **C**, un **D** y un **E**.

Si sumamos cada una de las filas obtenemos la cantidad de veces que cada una de las notas tiene un sucesor. Dividiendo cada uno de los resultados de la matriz por la cantidad de entradas en cada fila obtenemos

	<b>G</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
<b>G</b>	0,44	0,22	0	0,11	0,11	0,11	0
<b>A</b>	0,67	0	0	0	0	0	0,33
<b>B</b>	0,5	0,5	0	0	0	0	0
<b>C</b>	0,25	0	0,5	0	0,25	0	0
<b>D</b>	0	0	0	1	0	0	0
<b>E</b>	0	0	0	1	0	0	0
<b>F</b>	0	0	0	0	0	0,5	0,5

Tabla 5

la probabilidad de transición de cada par de notas.

Una vez que tenemos la matriz de transición podemos utilizarla como una herramienta compositiva, para generar una nueva secuencia melódica a partir de la matriz anterior:

1. Elegimos una nota inicial al azar, de entre las notas posibles.
2. Generamos un valor  $n$  al azar entre 1 y la cantidad de eventos
3. Obtenemos el porcentaje de probabilidad  $P_n$  de la fila correspondiente al evento inicial y la columna  $n$
4. Si  $P_n$  es distinto de 0, entonces:
  - 4.1. Generamos un valor  $r$  al azar entre 0 y 1
  - 4.2. Si  $r \leq P_n$  seleccionamos ese evento como el evento siguiente
  - 4.3. Si  $P_n = 0$  o  $r > P_n$  regresamos al paso 2, y todavía no seleccionamos un nuevo evento.

Figura 14



5. Repetimos la acción desde el paso 2 hasta que completemos la secuencia con la cantidad de pasos que queramos.

El ejemplo que vimos es una cadena de markov de orden 1, ya que es posible extender la “memoria” de la cadena y hacer el evento futuro dependa de los 2, 3 o más eventos anteriores.

Por otro parte las cadenas de markov pueden utilizarse para el análisis y síntesis de estructuras musicales más complejas, mas allá de eventos sonoros puntuales como las alturas o las duraciones. De esta manera, cada uno de los eventos en la matriz de transición podría representar una frase musical, una sección formal de una obra, una textura, una densidad polifónica, etc.

Podría pensarse también en la combinación de cadenas, donde cada uno de los parámetros de estas estructuras musicales complejas sea su vez determinado por una cadena diferente: una para las alturas, otra para las duraciones, las dinámicas, el timbre, la ubicación en el registro, etc.

Las cadenas de markov pueden extenderse Cadenas de orden superior 2, 3, 4. Podemos extender también este procedimiento a una obra musical completa y obtener las probabilidades de sucesión de todas sus notas.

## 2. Simulación de Estilos Musicales: David Cope

David Cope<sup>14</sup> comenzó a trabajar desde 1981 en un proyecto llamado EMI (Experiments in Musical Intelligence) con la intención de crear una aplicación capaz de replicar el estilo musical de una obra existente y crear una música original a partir de él.

Si la creatividad musical es el resultado de un proceso de *asociación inductiva*<sup>15</sup>, como lo denomina Cope, entonces era posible replicar dicho proceso con una computadora. Al mismo tiempo sostiene que cada obra



musical contiene en si misma una serie de instrucciones que permiten crear réplicas de ellas, que si bien son diferentes entre si, mantienen características estilísticas comunes.

Con estas premisas como punto de partida se puso a trabajar en un programa que pudiera analizar las obras musicales de compositores como Bach, Mozart, Beethoven o Chopin y generar una pieza que imitara el estilo del compositor, pero con diferentes notas. Lo interesante de esto es que no solo se podían crear nuevos corales de Bach, o Sonatas de Beethoven, sino que era posible lograr combinaciones entre ambos.

La primera pregunta que surge es ¿cómo definir el estilo musical de una obra de manera tal que pueda ser inferido, codificado y formalizado como un sistema de reglas?. Cope resolvió este problema de una forma muy sencilla. *Estilo, como lo defino para mi proyecto, es todo lo que es común entre dos obras diferentes del mismo compositor.*

La tarea fundamental de EMI se centra en identificar las estructuras que definen dicho estilo y organizarlas de manera tal que puedan recombinarse para generar una obra nueva. Es por esto que EMI es esencialmente un programa de análisis, que puede detectar funciones gramaticales musicales diferentes (notas, duraciones, motivos, armonías, etc.) y ordenarlas en dentro de una estructura jerárquica.

La estructura de EMI se divide en tres algoritmos principales, que se pueden agrupar en estas tres tareas:

- Deconstrucción (analizar y separar en segmentos musicales)
- Signaturas (Identificar patrones. Retener aquello expresa el estilo)
- Reconstrucción (recombinar los segmentos para generar una obra nueva)

Esta idea de recombinación es central en su pensamiento y se sustenta en su concepción de la composición musical como una combinación de lo que escuchamos y qué formalización le ejercemos<sup>16</sup>.

## Algoritmos de vida artificial aplicados a la música

En los avances más importantes de los últimos tiempos dentro de la Inteligencia Artificial se encuentran los desarrollos en la simulación de procesos y comportamientos de sistemas vivos. En ellos se encuentra los autómatas celulares y los algoritmos evolutivos, y las redes neuronales, utilizados actualmente en innumerables aplicaciones que van desde la ingeniería, física, matemáticas, biología e informática hasta el arte. Su enorme capacidad de auto-adaptación a problemas de gran complejidad y envergadura, junto con su relativa sencillez, hacen de ellos una herramienta poderosa para la resolución de problemas de optimización.

Los artistas encontraron en estas técnicas computacionales, apoyadas en los paradigmas de la evolución biológica, un medio efectivo para simular comportamientos de sistemas auto-organizados sumamente complejos como los que se encuentran en la naturaleza.

La idea es que la computadora, más allá de funcionar como un filtro para la selección de material musical a partir de reglas impuestas, pueda comportarse como un organismo vivo.

### 1. Autómatas Celulares

Un autómata celular es un modelo matemático utilizado para describir sistemas físicos y biológicos. Por definición los autómatas celulares consisten en una grilla infinita y regular de celdas, denominadas células, que poseen un número finito de estados posibles. El autómata evoluciona en el tiempo en pasos discretos, a partir de una regla local, llamada función

Figura 15

Célula y sus vecinos

4	3	8
7	5	4
0	4	1

de transición. Esta función determina el comportamiento del autómata a partir del valor de la célula y el de cada uno de sus vecinos.

Veámoslo en un ejemplo muy sencillo.

Tomemos a la célula que se encuentra al centro. Su valor en este momento es 5. Para calcular el valor que tendrá en el paso siguiente debemos definir primero la función de transición.

$$c_{(t)} = (c_{(t-1)} + vs_{(t-1)}) / 9$$

Donde  $c_{(t)}$  es el valor de la célula en el momento actual,  $c_{(t-1)}$  es el valor de la célula en el momento anterior, y  $vs_{(t-1)}$  es la suma de los valores de sus vecinos.

En este ejemplo, la función calcula el promedio entre las nueve células (la suma de si mismo y sus vecinos, divididos por la cantidad de miembros). Si resolvemos la ecuación con los valores de la figura 1, el valor de la célula en el estado siguiente será igual a:

$$c_{(t)} = (5 + (4+3+8+4+1+4+0+7)) / 9 = 4$$

Para lograr que el autómata funcione en paralelo (esto es necesario porque los lenguajes de programación que utilizamos trabajan en forma secuencial), es decir que todas las células se reconfiguren al mismo tiempo, es necesario, a la hora de implementarlo, realizar la transición en dos pasos diferenciados. En un primer momento la célula lee el valor de sus vecinos, y en el segundo momento, calcula su estado futuro a partir de los valores que recibe de estos.

Estos modelos tienen su origen en la cibernética, y en su intento por reproducir la lógica de comportamiento de las redes neuronales. Actualmente sus aplicaciones son muy diversas, y van desde la simulación de la evolución de células o virus, modelación de fluidos como los gases o

líquidos hasta flujo de tránsito vehicular y de peatones.

Una de las propiedades más fascinantes de los autómatas celulares es que pueden desarrollar comportamientos sumamente complejos a partir de reglas muy simples. Un ejemplo de ello es el “Juego de la Vida” creado por John Horton Conway en 1970. En este algoritmo, las células tienen dos estados posibles, vivas (1) o muertas (0), y evolucionan en pasos discretos, que podríamos denominar momentos  $t$ . Sus vecinos son 8, las células más próximas.

Sus reglas de evolución son:

- Si en el momento  $t$  (momento actual) la célula está viva, y si dos o tres de sus vecinos también lo están, entonces en el momento siguiente ( $t + 1$ ) continuará viva;

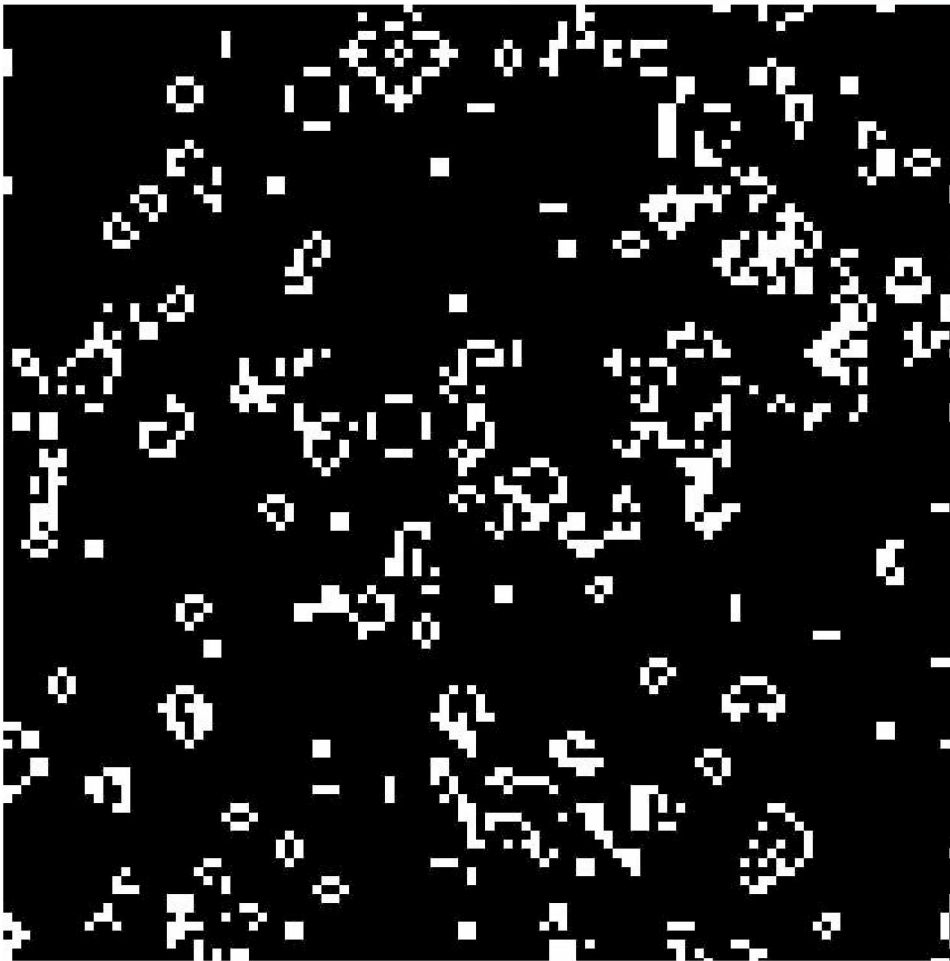


Figura 16

Ejemplo del juego de la vida

- Si en cambio, en su estado actual está muerta, la célula vuelve a nacer en el siguiente momento, solo si tres de sus vecinas están vivas;
- En cualquier otro caso la célula estará muerta en el estado siguiente.

Patrones muy variables y de gran complejidad evolucionan a partir de estas sencillas reglas de comportamiento.

Desde el punto de vista del pensamiento sistémico, las propiedades esenciales de los autómatas celulares surgen de las relaciones entre sus elemen-

tos constituyentes, que por sí solos, no poseen dichas características.

No es posible entender el sistema en toda su complejidad analizando el comportamiento individual de cada una de sus partes, sino comprendiendo la red de relaciones que se conforma en su interacción. Es necesario, pues, pasar de un análisis cuantitativo a uno cualitativo.

Es así que de esa interrelación emerge un nivel superior de organización, que no puede explicarse solamente como la sumatoria de los comportamientos simples de cada una de las células. La mirada se dirige de las partes al todo, porque es allí donde puede comprenderse el sistema en toda su dimensión.

Para resumir las propiedades más relevantes, podemos decir que un autómeta celular:

1. Es un sistema complejo, donde cada una de sus células es parte de una red relacional.
2. Posee características compartidas con los organismos vivos, ya que de la interrelación entre sus partes emerge un nivel de organización superior.
3. Es capaz de auto-organizarse.

## 2. Algoritmos Genéticos

La computación evolutiva trata con problemas de optimización combinatoria. Para decirlo en una forma sencilla, los algoritmos de optimización combinatoria intentan encontrar la mejor solución para resolver un problema explorando el espacio de soluciones posibles para hallar la más efectiva, la más rápida o la que implique menos costos. Las estrategias utilizadas por la computación evolutiva intentan llegar a esas soluciones empleando en sus desarrollos las ideas de la evolución de Charles Darwin y de la genética de Gregor Mendel.

La teoría de la evolución de Darwin sostiene que la evolución en la Naturaleza se explica a partir de tres fenómenos:

- Los cambios heredables
- El azar en la variación
- La selección natural

El medio ambiente determina la supervivencia de los organismos mejor adaptados y asegura su reproducción, y si las condiciones del medio ambiente no se alteran, fomentará que los individuos más aptos sean lo que logren tener descendencia y puedan transferir sus rasgos a las generaciones siguientes, mientras que los menos aptos no sobrevivan y se extingan.

La informática descubrió en este proceso una forma de optimización en la cual la Selección Natural se encarga de que los mejores individuos (mejores soluciones) se combinen entre sí para generar nuevos individuos (nuevas soluciones) con las características genéticas de sus padres lo que implica una mejora con cada nueva generación.

En los Algoritmos Evolutivos la selección se realiza evaluando las posibles soluciones al problema, a partir de una función de aptitud<sup>17</sup> (fitness function) que valora el rendimiento de cada una de ellas dentro de la población de soluciones candidatas.

Los algoritmos genéticos surgieron en 1962 en la Universidad de Michigan a partir de investigaciones de John Holland sobre sistemas adaptativos. Estas primeras ideas se consolidaron más tarde, y fueron plasmadas en 1975 su libro "Adaptation in Natural and Artificial Systems" (Adaptación en Sistemas Naturales y Artificiales).

Los algoritmos genéticos se representan como una cadena de números binarios (bits) denominada cromosoma, donde cada posición de la cadena es un gen y el valor que se corresponde con esa posición es el alelo. Estas cadenas de bits, llamadas individuos, configuran las soluciones candidatas del problema de optimización que, tras ser evaluadas a partir de su función de aptitud, pasan a un proceso de selección que escoge a los individuos mejor adaptados para reproducirse. Este proceso de cruce (la reproducción sexual es el operador genético principal) y mutación produce una nueva generación de individuos, con nuevas características genéticas, que recomenzará el ciclo.

La estructura de un algoritmo genético puede resumirse de la siguiente manera:

- Generar (aleatoriamente) una población inicial
- Calcular aptitud de cada individuo
- Seleccionar (probabilísticamente) en base a su aptitud
- Aplicar operadores genéticos (cruza y mutación) para generar la siguiente población
- Repetir el ciclo hasta que cierta condición se satisfaga

Para poder aplicar el Algoritmo Genético se requiere de los 5 componentes básicos siguientes:

- Una representación de las soluciones potenciales del problema
- Una forma de crear una población inicial de posibles soluciones (normalmente un proceso aleatorio)
- Una función de evaluación que juegue el papel del ambiente, clasificando las soluciones en términos de su "aptitud"
- Operadores genéticos que alteren la composición de los hijos que se producirán para las siguientes generaciones
- Valores para los diferentes parámetros que utiliza el Algoritmo Genético (tamaño de la población, probabilidad de cruce, probabilidad de mutación, número máximo de generaciones, etc.)

Cada uno de los individuos de la población constituye una posible solución al problema, que debe ser evaluada y calificada. La puntuación, llamada aptitud (fitness), que se le da a cada uno, está en función de lo cerca que se encuentre de la solución.

El resultado de la evaluación determina cuales son los individuos que se-

rán eliminados y cuales se reproducirán para crear la nueva generación, lo que asegura que la descendencia va a contener en sus genes los rasgos de los mejores candidatos.

## Conclusión

Es innegable que la tecnología, en especial las computadoras, forman parte de la realidad cotidiana y desde los primeras investigaciones llevadas a cabo por Hiller e Isaacson cada vez más compositores utilizan las tecnologías informáticas como una herramienta para expandir las posibilidades creativas en la composición musical.

Las computadoras permiten un cambio en la manera en que se aborda el proceso de composición musical. El compositor puede relegar la tarea de seleccionar los elementos iniciales de la música, como las alturas, las duraciones, el ritmo y las dinámicas y concentrarse en tomar decisiones sobre estructuras musicales de nivel superior como la forma, la organización textural o tímbrica.

Hoy en día existen infinidad de investigaciones y desarrollos sobre modelos y técnicas de composición algorítmica, al igual que herramientas de software dedicados a ello. A diferencia de unos años atrás, existen lenguajes de programación de alto nivel muy simples de abordar y lenguajes de composición específicamente dedicados que hacen mucho más fácil volcarse a esta disciplina.

Como se planteo al comienzo, los procesos generativos ponen en cuestión la capacidad de las computadoras para crear música por si solas y, en función de esto, el cambio de rol del compositor dentro del proceso creativo. Podemos aproximar una respuesta a esta última pregunta, diciendo que el compositor es el encargado de *la creación, definición, y codificación de reglas musicales* que definen el sistema. La creatividad tiene lugar, entonces, en el diseño y la implementación de los algoritmos para generar la música de manera automática o semi-automática. *El nuevo papel de los compositores es el de componer sistemas composicionales*<sup>78</sup>. Tarea nada sencilla si tenemos en cuenta que determinar el conjunto de instrucciones del sistema de reglas que hacen posible componer una obra musical implica conocer los mecanismos cognitivos, psicológicos y emocionales puestos en juego en dicho proceso.

De todos modos, las computadoras han demostrado sobradamente su eficiencia para procesar datos, y más aún en su capacidad de tomar decisiones lógicas a partir de un conjunto de reglas y estados previamente definidos. Mas allá de que los ordenadores sean o no capaces de componer una obra musical de manera autónoma, y volviendo a la primer pregunta, resulta innegable que su potencialidad fue aprovechada por los compositores desde principios de 1950, quienes la adoptaron como una herramienta para la asistencia en la composición musical. La razón es muy simple: esta herramienta abría un universo de posibilidades, no sólo a partir del análisis, sino de la generación y procesamiento de material musical y sonoro a velocidades y de formas impensadas hasta el momento.

Es por ello que cada vez más artistas utilizan las herramientas informáticas, junto con modelos extra-musicales, para la creación de sus obras.

La utilización de procesos generativos automáticos corre el lugar desde donde tradicionalmente se toman las decisiones compositivas, dando cuenta de la emergencia de un nuevo paradigma en la relación entre el compositor y el proceso creativo.

## Referencias bibliográficas

- [1] Charles Dodge y Thomas A. Jerse, *Computer Music*. Library of Congress. USA. 1997.
- [2] F. Richard Moore, *Elements of computer music*. PTR Prentice Hall Inc. Ney Jersey. 1990.
- [3] Curtis Roads, *The computer music tutorial*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. 1996.
- [4] Robert Rowe, *Machine Musicianship*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. 2001.
- [5] Eduardo Reck Miranda, *"Composing Music with Computers"*. Oxford (UK): Focal Press. 2001.
- [6] Eduardo Reck Miranda, *The artificial life route to the Origins of music*.
- [7] Torsten Anders, *Composing Music by Composing Rules: Design and Usage of a Generic Music Constraint System*. Thesis submission for the degree PhD in Music (Music Technology). School of Music & Sonic Arts Faculty of Arts, Humanities and Social Sciences Queen's University Belfast. 2007.

## Contenidos

1. Introducción
2. Antecedentes: de Guido d'Arezzo a Iannis Xenakis.
3. Sistemas basados en reglas
  - 3.1. Inicios de la música por computadoras: L.A. Hiller y L. M. Isaacson
  - 3.2. Algoritmos estocásticos. Aleatoriedad y Probabilidades
  - 3.3. Música Fractal: Noise
4. Composición a partir del análisis (Knowledge-Based Systems)
  - 4.1. Cadenas de Markov
  - 4.2. Recombinación de estilos musicales: David Cope
5. Vida artificial y Música
  - 5.1. Autómatas celulares
  - 5.2. Algoritmos genéticos
6. Conclusiones
7. Bibliografía

## Notas

1. Philip Gallanter, What is Generative Art? Complexity Theory as a Context for Art Theory. Interactive Telecommunications Program, New York University, New York, USA. [www.philipgalanter.com](http://www.philipgalanter.com)
2. Los términos isorritmia o isorritmo (del griego isos, que significa “semejante”, y rithmos, “cadencia” o “ritmo”) es una técnica musical que sigue un patrón fijo de altura y repite un ritmo característico a lo largo de una pieza musical, aunque las notas cantadas sean distintas. El término fue acuñado por Friedrich Ludwig en 1904 para referirse a esta técnica. [es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)
3. El término fue acuñado por el teórico musical Gioseffo Zarlino, más tarde, en 1558.
4. Solmisación: designación de las notas de las escalas musicales por medio de sílabas. Según el musicólogo Aristides Quintiliano, los tetracordios griegos ya habían sido designados con letras, pero fue Guido d'Arezzo quien, en el siglo XI, los reemplazó por los hexacordos y usó las sílabas latinas ut, re, mi, fa, sol, la, para sus seis notas, agregándose después si, para la séptima nota y reemplazándose ut por do.
5. En el cifrado alemán la B corresponde al Si n y la H a Si b
6. El número contiene decimal infinito no periódico.
7. A cada elemento de esta sucesión se le llama número de Fibonacci. Esta sucesión fue descrita en Europa por Leonardo de Pisa, matemático italiano del siglo XIII también conocido como Fibonacci. [wikipedia.org](http://wikipedia.org)
8. Iannis Xenakis: compositor e ingeniero de ascendencia griega nacido el 29 de mayo de 1922 en Brăila, Rumania; se nacionalizó francés y pasó gran parte de su vida en París, donde murió el 4 de febrero de 2001. [wikipedia.org](http://wikipedia.org)
9. The ILLIAC I (Illinois Automatic Computer), una computadora pionera, hecha en 1952 por la Universidad de Illinois, fue la 1ª computadora para fines educacionales. [wikipeda.org](http://wikipeda.org)
10. F. Richard Moore, Elements of computer music. PTR Prentice Hall Inc. Ney Jersey. 1990.
11. El término fractal fue propuesto por el matemático polaco Benoît Mandelbrot en 1975, y deriva del latín fractus, que significa fracturado o quebrado.
12. El término “marrón” no se refiere al color y proviene del término en inglés Brown. Esta denominación se refiere en realidad al biólogo y botánico escocés Robert Brown, quién observó y estudió el movimiento aleatorio de partículas microscópicas que se hallan en un medio fluido (por ejemplo, polen en una gota de agua).
13. Las Cadenas de Markov reciben su nombre del matemático ruso Andrei Andreevitch Markov (1856-1922), que las introdujo en 1907.
14. David Cope (San Francisco, California, United States, May 17, 1941).



Compositor, investigador y docente en la Universidad de California, Santa Cruz. Realizó innumerables investigaciones en inteligencia artificial y música y composición algorítmica. <http://artsites.ucsc.edu/faculty/cope>

15. Computer Models of Musical Creativity. Cambridge, MA: MIT Press. 2005.
16. Interview with David Cope. 2001-2003. [www.spectrumpress.com](http://www.spectrumpress.com). "Music composition consists of a combination of what we hear and what formalisms we bring to bear."
17. Función de aptitud (fitness function): es una forma particular de función objetiva que evalúa cuantitativamente el rendimiento de una solución.
18. Para un mejor desarrollo sobre este tema ver: Adalberto Andrés Vidal, Beyond Decisions, directions in computer-assisted musical composition. University of Cambridge. 2006. [www.adalbertovidal.info](http://www.adalbertovidal.info)



# CUERPO, MOVIMIENTO Y ALGORITMO

**Emiliano Causa**

## INTRODUCCIÓN

Desde 2013 en el Laboratorio EmmeLab (de Experimentación en Artes y Nuevos Medios) de la Facultad de Bellas Artes y como parte de un programa de investigación, hemos estado explorando la realización de técnicas y herramientas para vincular la danza/performance y la programación de software. En este marco, se desarrolló una investigación sobre ciertos procesos de videodanza interactiva, una performance en la que una bailarina interactuaba con imágenes proyectadas en una pantalla (semitransparente) ubicada delante de ella. Esta experiencia propició una serie de reflexiones, hallazgos e inquietudes que intentaremos volcar en el presente texto.

## 2. El ciclo interactivo

Para realizar un análisis ordenado de las problemáticas y reflexiones surgidos en la experiencia, tomaremos como modelo el esquema del Ciclo Interactivo, que he presentado en el libro “Interfaces y diseño de interacciones para la práctica artística” (publicado en la Universidad de Quilmes en autoría compartida con Federico Joselevich Puigros). En dicho esquema, el ciclo de la interacción transita por siete pasos que van desde el interactor (humano) al sistema (el dispositivo, la o las computadoras, etc. ) y vuelve hacia el interactor nuevamente. El ciclo se piensa como un flujo de comunicación que va transitando entre el interactor y el sistema, y en cada una de estas “partes” transita por diferentes etapas. Cada etapa representa una problemática en la que intervienen diferentes elementos y variables, y en las que se producen diferentes fenómenos y tipos de información. En el humano (el interactor), las etapas son tres: Percepción, Interpretación y Acción; mientras que el sistema pasa por cuatro: Captación, Análisis, Simulación y Representación. Para tomar un punto de partida, en este fenómeno cíclico, podemos iniciar por la Acción, en el humano, pasando por la Captación, a partir de aquí, en el sistema; luego el Análisis, la Simulación, y la Representación, para volver al humano con la Percepción y la Interpretación. Llegados a este punto pasamos nuevamente a la Acción, y así se sigue cíclicamente. Haremos una breve enumeración de los mismos para traerlos al presente texto:

### En el Sistema:

**Captación:** se relaciona con los dispositivos destinados a sensor la realidad, para relacionar al sistema con el mundo. En esta etapa el fenómeno captado se transforma en datos para el sistema. En nuestro caso, el dispositivo es una cámara especial, capaz de captar el movimiento de un performer y traducirlo en posición de sus extremidades en el espacio.

**Análisis:** es la etapa en que los datos (de la captación) son interpretados para obtener información, un significado acerca del fenómeno. En nuestro caso, la información obtenida de la captación se transforma en análisis de los movimientos del performer. El caso ideal sería poder interpretar variables del movimiento equiparables a las de un coreógrafo: interpretar el eje del movimiento, su simetría, los niveles, el foco, etc.

**Simulación:** es el momento en el que el sistema construye un modelo de comportamiento para responder al fenómeno captado. En los ensayos de nuestro trabajo se desarrolló una serie de escenas virtuales con elementos que respondían a leyes físicas (simuladas) y que mediante sus colisiones o movimientos producen sonidos o música. Esta simulación incluía replicar el cuerpo del performer mediante un avatar, que puede interactuar “físicamente” con dichos elementos.

**Representación:** es la forma en que el modelo se manifiesta al interactor mediante técnicas y dispositivos de representación. En nuestra experiencia se proyectó sobre una tela translúcida, ubicada en el escenario delante de la bailarina, la imagen bidimensional del mundo virtual simulado.

## En el Interactor:

Percepción: se relaciona con los sentidos y la forma en que estos recorran y construyen la realidad.

Interpretación: es la etapa en la que el interactor construye un sentido que vincula sus acciones con las respuestas expresadas por el sistema.

Acción: es la etapa en la que el interactor actúa, acciona, como respuesta a las representaciones emitidas por el sistema.

En nuestro análisis no abordaremos todas las etapas del ciclo, si bien las nombramos aquí para dar un entendimiento completo de sus relaciones, sino que nos centraremos en aquellos que creemos son el espacio en el que se desarrollaron ciertas problemáticas.

### 3. Dos interpretaciones

Otra distinción importante que debemos hacer es a quién consideramos “interactor” en esta experiencia. Originalmente, cuando hice el esquema, fue pensando en arte interactivo, en donde el público hacía las veces de “interactor”, pero, en la experiencia que estamos evaluando, el lugar del “interactor” lo ocupa el performer, esto nos llevaría a cerrar el ciclo a las relaciones que se tejen entre el performer y el sistema. Sin embargo, creo que sería interesante abrir una derivación del ciclo, un punto en que el flujo se bifurca y analizar qué sucede cuando la etapa de la Representación se relaciona con la Percepción e Interpretación del público. Tengamos en cuenta que, en este sentido, las acciones del performer (etapa Acción) también se transforman en representaciones para el público, y por ende son susceptibles de ser interpretadas por este. Avanzaremos más adelante en este aspecto que parece generar una relación triangular entre las acciones del performer, las representaciones del sistema y la interpretación del público.

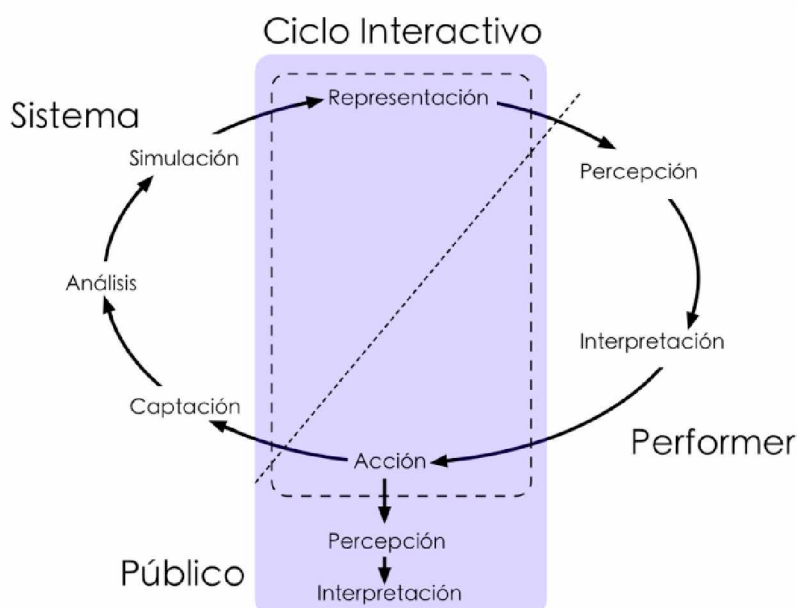


Figura 1

Esquema del ciclo interactivo extendido

#### 4. Acción-Captación/Espacio de la acción

Ahora nos centraremos en la sección del ciclo que va de la Acción del performer a la Captación del sistema. En este punto, notaremos que se establecen una serie de relaciones entre las acciones que desarrolla el performer, la captación que hace de ellas el sistema y el tipo de espacio que se configura. Cuando hablamos de Captación, estamos hablando de cómo un dispositivo traduce fenómenos (esencialmente físicos) en datos. En este caso, los movimientos del performer así como otros parámetros corporales: la posición de este en el espacio, la ubicación de sus articulaciones, etc.

Uno de los errores más comunes que se establecen, es que el artista (tanto el performer, como el artista programador, ambos roles pueden ser realizados por la misma persona) confunde la captación del fenómeno con el fenómeno en sí, olvidando que la captación es un proceso de modelización de la realidad y por ende conlleva una pérdida, determinada por los límites del dispositivo. Veamos esto en el caso concreto que estamos estudiando: en nuestro caso, el dispositivo utilizado es una cámara Kinect (utilizada en la consola de videojuegos Xbox 360, desarrollada por Microsoft), un aparato capaz de captar el cuerpo y movimiento de una persona en tiempo-real. La cámara Kinect es capaz de captar una escena de diferentes formas:

1. Capta la imagen bidimensional en colores de la escena, como lo haría una cámara ordinaria
2. Puede ver la escena como una imagen infrarroja, que es representada con escala de grises.
3. Puede ver un cuadro bidimensional de puntos que tienen profundidad en el espacio, es decir, una nube de puntos donde cada uno, además de X e Y tienen una coordenada Z. Si bien esto es una imagen tridimensional, esta sólo se construye desde el punto de vista de la cámara y por ende, no es posible ver “detrás” de los objetos, por esto, es más fácil asociarla con una imagen bidimensional con “relieve”.
4. El esqueleto del performer, una representación de los puntos de las articulaciones principales de su cuerpo en el espacio.

Hasta aquí, la cámara Kinect puede parecer un dispositivo maravilloso que nos brinda la información del fenómeno que queremos captar, es decir, podemos confundirnos y creer que “la Kinect captura el movimiento del performer”. Pero si ahondamos en cómo funciona este dispositivo, comprenderemos sus límites. Cabe aclarar que no estoy criticando al dispositivo en sí, realmente la cámara Kinect es una gran herramienta, sino que quiero llamar la atención en cómo nos posicionamos como artistas frente a estos dispositivos y nos dejamos obnubilar por sus capacidades y perdemos de vista sus limitaciones, que son las que influenciarán y determinarán parte del derrotero del ciclo interactivo.

Este dispositivo trabaja con un haz láser infrarrojo que dispara una matriz de puntos en el espacio y calcula hasta dónde llega cada punto en pro-

fundidad, de esta información (que es la matriz de puntos) interpreta la posición del cuerpo humano en el espacio y la ubicación de cada una de sus articulaciones. Veamos sus límites. El primero, esta captación puede hacerse a distancias (desde la cámara) que van desde el medio metro hasta casi 5 metros, más cerca o más lejos, es difícil y hasta imposible lograr una captación útil. Esta cámara necesita aproximadamente un metro de distancia por cada metro de ancho que se desea captar, esto quiere decir que a medio metro de distancia, su visión está limitada a un cuadro de medio metro de ancho y a 5 metros de distancia, aproximadamente 5 metros de ancho. Estos datos no son del todo precisos (son aproximaciones obtenidas de la experiencia en su uso, no un detalle oficial del fabricante quien seguramente estaría en desacuerdo con la imprecisión de mi descripción), pero no es la precisión técnica lo que me interesa aquí, sino la naturaleza del problema en cuestión. Muchas de las medidas que di, podrían cambiar drásticamente y el problema en sí seguiría siendo el mismo. El problema en cuestión es que la cámara kinect es capaz de captar un área del espacio equivalente a un pirámide recostada cuya cúspide está en la cámara y su base se aleja desde ella hasta los 5 metros aproximadamente, visto desde el performer esto es como una área triangular en el piso que le permite moverse en aproximadamente 3 por 2 metros, un espacio muy pequeño de trabajo por ejemplo para la danza. El performer no puede ver estos límites, pero cuando se sale de ellos, desaparece (virtualmente) para el sistema. A esta restricción se suman otras. Por ejemplo, cuando las superficies en las que incide el haz láser son muy oscuras y poco reflectantes, la cámara pierde dichos puntos en su representación del relieve y obtiene una vista errónea de la escena. A la hora de interpretar el esqueleto del performer, si este cruza las extremidades (brazos o piernas), la kinect puede confundir la lateralidad del cuerpo, cambiando un brazo derecho por uno izquierdo y viceversa. Esto en sí parece pertenecer más al ámbito del Análisis (del sistema) que de la Captación. Por último, la cámara kinect tiene un cierto retardo en la captación (que es poco perceptible) y puede captar movimiento solamente hasta cierto límite de velocidad.

La descripción del cuerpo del dispositivo es muy básica, por ejemplo, representa la posición de la mano con un punto, es decir que no tiene conciencia de la ubicación de la palma, los dedos, etc.. Por lo tanto, si el performer hace un gesto sutil con su mano, lo más probable es que no sea captado.

Todas estas restricciones recién comentadas, hacen que el supuesto propósito de “captar el movimiento del performer” se transforme en una intersección entre lo que el performer hace y lo que el sistema puede captar, que es, por supuesto, un importante recorte del fenómeno en sí.

Por otra parte, en tanto el performer sea consciente de estas restricciones en la captación, puede suceder que este empiece a modular sus movimientos y acciones para facilitar la captación, pero en vez de lograr que el sistema capte el fenómeno, lo modifica desde la misma producción del fenómeno, es decir, se degrada la experiencia para que sea aprehensible por el sistema. A esto he decidido llamarlo “encorsetamiento” del cuerpo, porque es como si el cuerpo fuera limitado en sus movimiento por un corset virtual, que el performer se autoimpone para amoldarse al sistema.

## 5. Simulación-Representación-Percepción/Duplicidad del cuerpo

En nuestra experiencia, la performer se encontraba detrás de una pantalla traslúcida en la que se proyectaba un “avatar”, un doble o proyección de su cuerpo en el espacio virtual. Este avatar interactuaba con otros elementos virtuales que producían sonidos y música. El espacio virtual estaba dotado de un sistema de simulación física que regía el comportamiento de los elementos (excepto el del avatar que sólo respondía al movimiento de la performer). Este espacio era bidimensional y el avatar era una proyección bidimensional del cuerpo tridimensional de la performer. Esta propuesta, que resultaba interesante como puesta, trajo como consecuencia un desdoblamiento del espacio y arrastró al cuerpo, ya que el movimiento se producía en el espacio físico, pero la interacción con otros elementos se producía en el espacio virtual. La performer sentía, por ende, desdoblado su movimiento y acciones, en dos espacios con diferentes lógicas: uno tridimensional y tangible (el físico), otro virtual y bidimensional, desplegado en la imagen y el sonido. Este desdoblamiento se tornaba complejo ya que desborda la percepción de la performer, haciendo que esta pudiera por momentos estar consciente del movimiento físico y en otros de su réplica en el espacio virtual, pero sin poder conservar en forma conjunta ambas. Obviamente, este desdoblamiento va en desmedro de la fluidez del desenvolvimiento del movimiento.

En la configuración de este espacio virtual ensayamos diferentes procedimientos de simulación. Por ejemplo, una de las primeras pruebas fue suspender en el espacio virtual elementos al estilo de péndulos con los que el avatar bidimensional de la bailarina interactuaba, es decir, al moverse colisionaba estos péndulos virtuales que a su vez producían sonidos. Este tipo de propuesta centra la atención de la bailarina en la posición de su avatar en el espacio virtual, es cómo si el avatar fuera una marioneta que la bailarina controla con la posición de su propio cuerpo en el espacio físico. Pronto nos dimos cuenta que este tipo de propuesta aumenta el desdoblamiento perceptivo y dificulta la fluidez del movimiento. Por esto, se ensayaron nuevas propuestas en las que se adosaron elementos virtuales al avatar, de forma que reaccionaran al movimiento del cuerpo, más que a la posición, por ejemplo: se adosaron unos péndulos virtuales a los brazos del avatar, los cuales se mueven impulsados por el movimiento de los brazos. Desde esta propuesta, ya no importa la posición en el espacio del performer, sino el movimiento relativo a su propio cuerpo, lo que centro su atención, justamente, sobre este.

## 6. Un análisis mejor dirigido

A la hora de diseñar un proceso interactivo, sobre todo si este se basa en interfaces que capturan fenómenos físicos, es de vital importancia partir de datos que posean la mejor precisión respecto del fenómeno en sí. Es decir, si se desea trabajar con el movimiento del cuerpo, como información de entrada en el sistema, es necesario que los procesos de captación y análisis tengan la mejor resolución posible. En el caso de la captación, la cuestión se encuentra determinada por los límites de los dispositivos y el margen de maniobra se reduce a la calibración de dicho componente. Aunque pueda parecer una afirmación trivial, lo cierto es que la calibración del sistema de captura es vital ya que si esta no se logra, el sistema completo funciona a partir del ruido que genera esta instancia. Por ende, es regla básica, que cualquier proceso interactivo con sistemas de captación



se inician con un adecuado proceso de calibración. Las más de las veces, la pericia en esto se relaciona con la experiencia que tenga el programador en trabajar con interfaces físicas (uso de sensores, sistemas ópticos, etc.), es un conocimiento empírico que se adquiere con el hacer.

Paso siguiente, entra en funcionamiento la etapa del análisis y es aquí donde un buen diseño puede traer mayor beneficio en el ciclo. El análisis de los datos que entrega el sistema de captación es fundamental, ya que convierte el dato en "bruto" en información significativa. Por ejemplo, en nuestro caso, los datos arrojados por el sistema de captación son las posiciones en el espacio tridimensional de las articulaciones del cuerpo de la bailarina. Visto de esta forma, el cuerpo pasa a ser un conjunto "desarticulado" ya que se puede saber estas posiciones individuales, pero de esto no se infiere posiciones del cuerpo. Saber que la mano esta en una determinada posición del espacio, no significa mucho hasta no comparar este dato con otros, por ejemplo, la posición del codo, del hombro, del resto del cuerpo, o de la misma mano en los momentos anteriores. Todo esto puede parecer sencillo desde esta narración, pero en términos matemáticos, cada nuevo lazo comparativo que agregamos empieza a ser un desafío en cuanto a la estrategia necesaria para obtener información significativa. Por ejemplo, ¿qué significa, en términos matemáticos, que la bailarina está agachada? ¿Cómo se calcula un movimiento discontinuo? Etc.

Lo cierto es que a la hora de realizar un buen análisis para la captación del movimiento del cuerpo de la danza, habría que trabajar con la interpretación que del movimiento del cuerpo hacen los mismos bailarines, entonces necesitaríamos reconocer variables tales como: el eje del cuerpo, los niveles, la simetría, la dirección, la focalización, etc.. Cada una de estas interpretaciones, son patrones que se pueden desplegar de múltiples formas y que poseen límites borrosos, lo que implica todo un desafío matemático, a la hora de ser modelizados.

## 7. Conclusión

En este momento podemos tomar un punto de vista más distante y ver el problema de la siguiente manera: el proceso interactivo entre el performer y el sistema, va atravesando una secuencia de etapas (en el ciclo interactivo) que producen y agregan diferentes restricciones en el acoplamiento entre estos. El presente trabajo intenta poner dichas restricciones en evidencia para, que una vez que se es consciente de las mismas, pueda decidirse como abordarlas.

El primer abordaje posible podría ser el intentar reducirlas, tal como se propone en el apartado anterior, por ejemplo: buscar un mejor análisis que afiance el acoplamiento entre el cuerpo, el movimiento y la respuesta interactiva del sistema. Pero cabe aclarar que este camino necesariamente tendrá un límite, existe un punto a partir del cuál estas restricciones son irreductibles, y es a partir de ahí que se debe buscar la forma en que se trabajará con estas.

La forma en que estas restricciones sean tratadas en la puesta en escena, implican un posicionamiento discursivo en sí mismo.

Se podría intentar ocultar dichas restricciones, enmascarando las falencias de captación/análisis mediante la simulación/representación. Un

ejemplo de esto sería cuando a una captación/análisis pobre y poco sutil (v.g. captar sólo la altura en la que el cuerpo se mueve, sin importar su posición o la de los miembros implicados) se le viste con una respuesta del sistema que simula delicadeza y complejidad, como sería realizar una simulación física a partir del movimiento de elementos (con inercia, gravedad, colisiones, etc.), lo que haría que la atención de público se derive a estos detalles, en vez de notar la percepción pobre que el sistema tiene del performer. Esta propuesta tendría un posicionamiento ideológico que propone un sistema omnipotente que viene a aumentar, extender las capacidades expresivas del cuerpo. Algo así como un posthumanismo protésico que entiende a la tecnología como mejoradora de las capacidades biológicas del cuerpo. Esta asociación no es obligada, pero sirve para mostrar en qué medida la forma en que nos implicamos con la tecnología en sí, porta un discurso.

Otro camino podría ser el hacer evidentes al público dichas restricciones y jugar a partir de esta “desentendimiento” entre el sistema y el performer, apropiándose de las falencias en forma discursiva. En esta propuesta el performer jugaría a mostrarle al público lo que el sistema puede (y no puede) y por ende su posicionamiento sería radicalmente diferente. Aquí se hablaría de lo imposible de esa amalgama entre cuerpo y tecnología, como aquello anhelado pero no del todo alcanzado.

El performer podría tomar dichas restricciones como un sistema de reglas a seguir (moverse en el espacio de lo que el sistema percibe) como una forma de construir discurso en sí. De esta forma lo negativo de la falta, se transformaría en lo positivo de una forma de búsqueda. Y así podríamos seguir proponiendo, seguramente, otras posiciones posibles frente al “problema de las restricciones”.

En fin, creo que es importante ser consciente del funcionamiento del ciclo de interacción, por que al conocer las restricciones implicadas en cada etapa, su tratamiento pasa a ser una decisión de diseño y no un accidente que genera ruido en el discurso.

Por otra parte, si volvemos al esquema del ciclo interactivo, notaremos que muchas de las etapas, y las restricciones que estas generan, se encuentran fuera de la sección marcada en el centro de lo que es “representación” para el público, es decir, lo que el público puede ver del fenómeno. El público puede ver las acciones del performer y las representaciones del sistema, y a partir de estas, tejer una serie de conjeturas causales para asociarlas. Aquí entra en juego la diferencia entre “lo que es” (la forma en que se producen las comunicaciones entre las diferentes etapas del ciclo) y “lo que parece ser” (las asociaciones que el público infiere a partir de lo que ve). Por esto, es una decisión del artista, ver cómo establecer este juego de relaciones, y qué lugar toman las restricciones en este complejo proceso de representación.

En fin, esperamos que nuestra experiencia y el análisis que hemos hecho de esta, pueda ser de utilidad en futuros recorridos por estos nuevos territorios de las artes electrónicas y la performance.

Emiliano Causa, Julio 2014

## Referencias

Causa, Emiliano y Joselevich Puiggrós, Federiro, (2013) “Interfaces y diseño de interacciones para la práctica artística”, Bernal, Universidad Virtual de Quilmes, ISBN 978-987-1856-89-3



HACER



# INICIACIÓN EN LA CAPTURA DE MOVIMIENTO CON KINECT Y XTION

SISTEMAS ÓPTICOS DE CAPTURA DE MOVIMIENTO BASADOS EN DISPOSITIVOS DE VISIÓN COMPUTARIZADA KINECT Y XTION PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES INTERACTIVAS GENERATIVAS.<sup>1</sup>

**Director: Emiliano Causa**

**Autores: Francisco Alvarez Lojo, Ezequiel Rivero, Ignacio Siri, Agustín Bacigalup, Daniel Loaiza, Hernán González Moreno, Carolina Ojcius. (integrantes del Laboratorio EmmeLab) <sup>2</sup>**

## RESUMEN

El arte interactivo posee un campo de desarrollo cada vez más accesible gracias a la aparición de múltiples sistemas tecnológicos que simplifican las operaciones necesarias para vincular al hombre - *espectador/usuario* - y la máquina, dotando fácilmente a estas obras de arte de gran gestualidad y potencial expresivo.

El presente trabajo de investigación propone un acceso inicial para quienes deseen introducirse a la captura de movimiento a través de la utilización de los nuevos dispositivos de visión sintética Asus Xtion y Microsoft Kinect, orientándose al diseño y desarrollo de obras de arte interactivas de tipo generativo.

Dicha investigación, luego de introducir al lector en la problemática de la captura de movimiento, plantea en una segunda instancia una serie de limitaciones que presentaban los desarrollos iniciales en el área de las artes interactivas con captura de movimiento, a causa de particularidades propias de los dispositivos existentes en el mercado en aquellas épocas, y describe posteriormente cómo la aparición de estos nuevos dispositivos compuestos resultan particularmente útiles para la resolución de la mayoría de ellas.

Luego de la comparación de los distintos sistemas existentes para el desarrollo de este tipo de obras, se introduce a la utilización del dispositivo de Microsoft, tanto desde un abordaje tangible (considerando las necesidades y requerimientos propios del hardware) hasta una primera aproximación al desarrollo de software de control, describiendo detalladamente cada una de las secciones necesarias en el algoritmo para su utilización y operación técnica. De modo que el código pueda ser comprendido fácilmente por desarrolladores noveles sin necesidad de una gran investigación.

*Kinect*

*Xtion*

*mocap*

*motion capture*

*interactivo*

*detección de movimiento*

*captura de movimiento*

Se exponen finalmente una serie de ejemplos de algoritmos desarrollados por los autores de la investigación para la fácil implementación de estas técnicas y futuros desarrollos.

El presente documento es una descripción de la primera fase del trabajo de investigación llevado a cabo en el Laboratorio EmmeLab, dependiente de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Facultad de Bellas Artes, de la Universidad Nacional de La Plata, durante los años 2014 y 2015.

## Introducción

A partir de su historia y sus disímiles acepciones, podríamos definir de modo genérico a la captura de movimiento como el proceso por el cual un dispositivo de recepción de imágenes capta movimientos de un objeto del mundo físico real para luego transformarlos en un sistema de control o representación en un entorno sintético o virtual.

El concepto de captura de movimiento en sus acepciones más puras comenzó en la antigua Grecia, donde Aristóteles describe el *De Motu Animalium* (Sobre el movimiento de los animales), en la cual realizaba una comparación de los cuerpos de los animales con sistemas cinéticos mecánicos.

Mucho tiempo después, Leonardo da Vinci describe algunos de los mecanismos que permiten los movimientos del cuerpo humano, tales como caminar, sentarse, dar un salto, etc.

Varios años después, Giovanni Alfonso Borelli, considerado el padre de la biomecánica estudia las articulaciones del cuerpo humano.

El fotógrafo e investigador Eadweard Muybridge fue el primero en discretar el movimiento humano y animal, a través de múltiples cámaras fotográficas, con las que captó los diferentes instantes contiguos en el tiempo de un movimiento continuo.

Más tarde, con la aparición de la técnica de rotoscopia, que consiste en reemplazar los fotogramas reales de una filmación por dibujos calcados sobre cada fotograma, se comenzaría a utilizar la captura de movimiento en personas para agilizar la producción de dibujos animados. Ejemplos de esta técnica son los filmes de animación *Blancanieves y los siete enanitos*, de Walt Disney y los múltiples filmes de *Betty Boop*, de Max Fleischer, entre muchos otros.

En los años 70, la aparición de las computadoras y distintos periféricos electrónicos introduciría la captura de movimientos para la generación de gráficos por computadora.

Es así que a partir del uso de tecnologías complejas se desarrollan tres grandes tipos de captura de movimiento, la mecánica, la electromagnética y la óptica.



## Captura de movimiento mecánica

La captura de movimiento mecánica consiste en el registro del movimiento de un sujeto a partir del uso de un conjunto de objetos, tales como guantes, brazos articulados semejantes a un exoesqueleto con piezas rígidas y sensores de medición de magnitudes dispuestos en dichas articulaciones, registrando la amplitud de las rotaciones.

Los sistemas de captura de movimiento mecánicos pueden funcionar en tiempo real, según su complejidad pueden tener desde bajos costos hasta otros muy elevados, tienen la ventaja de no verse afectados por interferencias con luces o campos magnéticos, y tienen un volumen de captura de movimiento ilimitada.

Sin embargo el equipo requiere de un cierto tiempo de instalación y montaje, debe ser calibrado con regularidad y dado que no se tienen las posiciones absolutas del usuario se las debe calcular relativamente a través de los valores que arrojan las rotaciones.

## Captura de movimiento electromagnética

La captura de movimiento electromagnética consiste en el registro de movimientos mediante la utilización de sensores electromagnéticos adosados al cuerpo, los cuales miden la relación espacial con un transmisor cercano.

De acuerdo a la intensidad relativa recibida por la central, estos sistemas pueden calcular la posición espacial y la orientación de cada uno de los sensores.

Los sistemas electromagnéticos de captura de movimiento obtienen posiciones absolutas dado que las rotaciones son medidas completamente, los resultados obtenidos de los rastreadores magnéticos se pueden visualizar en tiempo real utilizándolos con sistemas computarizados que tengan la capacidad de renderizar polígonos en tiempo real.

Poseen cierta limitación espacial, ya que presentan distorsión magnética proporcionalmente a las distancias entre emisores y receptores, además pueden presentar interferencia magnética y eléctrica con objetos metálicos que estén presentes en el ambiente o que emitan campos magnéticos. Al igual que los sistemas de captura de movimiento mecánicos, los usuarios tienen que cargar con cables que los conectan a un sistema computarizado, lo cual limita la libertad de movimiento.

## Captura de movimiento óptica

La captura óptica de movimiento involucra desde captar la presencia de un usuario por simple contraste de luces y sombras hasta la implementación de complejos trajes compuestos por puntos reflejantes o emisores de luz visible o infrarroja. Estos son seguidos por una o varias cámaras simultáneamente, las cuales comparten la información de registro entre sí para triangular la posición tridimensionalmente de cada punto luminoso.

Los sistemas ópticos de captura de movimiento permiten libertad de movimiento, posibilitando capturar grandes volúmenes, obteniéndose datos altamente detallados.

Sus costos son variados, dependiendo de la complejidad del dispositivo, pudiendo ir desde simples cámaras web hasta complejos dispositivos de triangulación y trajes luminosos especiales.

Cuando se utilizan puntos reflectantes, estos pueden interferir con la luz, los puntos pueden ser obstruidos con el propio cuerpo, lo que provoca la pérdida ciertos datos, aunque el sistema de software se encargue de recuperarlos estimativamente.

Las rotaciones del cuerpo no son absolutas y deben ser calculadas al igual que en el sistema mecánico.

En los sistemas más complejos y precisos, las visualizaciones en tiempo real de los resultados insumen un alto consumo de recursos ya que los datos deben ser interpretados y esto lleva un proceso y tiempo considerables.

Con la utilización de cámaras convencionales de video y el análisis de imagen a cargo diversos lenguajes de programación, la información extraída de esas manchas puede ser analizada e interpretada por librerías especialmente desarrolladas, tales como *Blob detection*, y de esa manera determinar la silueta del usuario.

Estos sistemas poseen problemas de reconocimiento cuando por ejemplo dos o más usuarios se superponen en el eje de visión. En este caso la cámara sigue detectando una sola mancha de mayor tamaño y tal vez mas compleja y una vez entregada esta información ya no se podrá reconocer entre usuarios individuales.

Problemas similares ocurren cuando existe circulación de público u otros tipos de movimiento detrás del área de captura. En esos casos la cámara devolverá datos pertenecientes a una gran mancha contrastada, producto de la fusión de todos los elementos captados.

El hecho de que exista una gran brecha entre la captura de las imágenes y el sistema de análisis e interpretación, también complejiza los resultados cuando se perciben cambios de luz en el ambiente de captura, ya que como la visión computarizada funciona por diferencia de contrastes, la cámara devolverá variaciones y esos cambios serán interpretados como movimiento por el sistema.

### Otros sistemas de captura de movimiento

En los últimos años se han desarrollado dispositivos más avanzados capaces de generar datos precisos mediante el seguimiento de características en la superficie, combinando diferentes tipos de sensores y análisis para reducir las limitaciones anteriormente presentadas, permitiendo aumentar el número de usuarios registrados y mejorar la capacidad de seguimiento espacial.

## Kinect

En los últimos años ha salido al mercado un dispositivo compuesto que integra múltiples sensores, comercialmente llamado Kinect.

El mismo fué desarrollado por la firma PrimeSense para Microsoft, destinado para la consola de juegos Xbox 360.

Kinect, al igual que las cámaras de captura de movimiento, permite a los usuarios interactuar con el sistema sin necesidad de tener contacto físico con un mando de juegos tradicional o interfaz tangible, pero resolviendo en el mismo dispositivo el análisis de las imágenes obtenidas, reconociendo el posicionamiento del cuerpo en las tres dimensiones, asociándolo a un esqueleto digital cargado en su procesador, entregando los datos de reconocimiento de movimiento y posicionamiento ya procesados, iniciando una nueva categoría de interfaces que ha recibido el nombre de *Interfaz natural*. Así el sistema detecta e interpreta posiciones, movimientos, gestos, comandos de voz, objetos e imágenes.

El dispositivo consta de una barra horizontal de aproximadamente 25 cm sujeta a una base de apoyo con un eje articulado.



Figura 1

Sensor Microsoft Kinect

Interiormente Kinect se compone principalmente de:

- Una cámara de video RGB (De resolución 640x480 a 30fps)
- Un proyector de rayos infrarrojos
- Una cámara de visión infrarroja
- 4 Micrófonos
- Un servomotor

Figura 1

Despiece del dispositivo Kinect. <sup>3</sup>



## FUNCIONAMIENTO DE KINECT

El dispositivo tiene un rango de visión de 0,8 a 4 metros. La cámara RGB del dispositivo detecta una primera imagen en color de la escena. Para detectar la distancia a la que se encuentra cada píxel de la imagen detectada se emite una matriz de puntos con el proyector infrarrojo que es captada con la cámara infrarroja y posteriormente calcula la deformación de dicha matriz o nube de puntos.

Figura 3

Proyección infrarroja de la matriz de puntos. <sup>4</sup>



Por comparación con su esqueleto digital, un modelo cinemático preprogramado, y a imágenes capturadas y analizadas en sesiones anteriores, comienza el proceso de reconocimiento de las extremidades del cuerpo del usuario interactor a una frecuencia de 30 veces por segundo.

Una vez detectadas las primeras partes del cuerpo, analiza el posicionamiento y comportamiento de las extremidades reconocidas con claridad, y determina las más dudosas por probabilidad y proximidad con las que no encierran dudas.

Ya reconstruido el cuerpo humano, y habiendo determinado cual es la combinación de extremidades más probable, dibuja su esqueleto digital tridimensional conectándolo a la silueta del usuario.

Tanto los datos de profundidad obtenidos, como los de posicionamiento de las articulaciones de distintas partes del cuerpo, llamados *Joints*, serán los que el dispositivo entregará al sistema para permitir el control remoto.



Figura 4

Detección de cuerpo humano.<sup>5</sup>

## Xtion

El dispositivo Xtion fué desarrollado por la misma firma que Kinect, PrimeSense, esta vez para la marca Asus. Las prestaciones son las mismas que Kinect aunque existen distintas versiones, unas más orientadas al desarrollo y otras hacia la aplicación técnica.

Las versiones que lanzó ASUS son Xtion, Xtion PRO y Xtion PRO LIVE. Son similares al sensor de Microsoft y se pueden utilizar de la misma manera. Pero hay ciertas diferencias que se pueden tomar en cuenta antes de tomar la decisión sobre qué dispositivo utilizar.

El Xtion PRO junto con Kinect fueron los primeros sensores para desarrollo

en el ámbito de las nuevas interfaces naturales.

El Xtion PRO LIVE utiliza el mismo sistema de sensores infrarrojos, tecnología de detección de profundidad, de detección de imágenes en color y flujo de audio para capturar una imagen en tiempo real de los usuarios, el movimiento y la voz, haciendo el seguimiento de usuario más preciso.

La versión de desarrollo Xtion PRO LIVE viene con un conjunto de herramientas de desarrollo para que sea más fácil para los desarrolladores crear sus propias aplicaciones basadas en gestos, sin la necesidad de escribir algoritmos de programación complejos. Además, la serie Xtion PRO también es compatible con el motor de juegos de Unity3D para que el desarrollo de juegos o aplicaciones sea más fácil.

Figura 5

Sensor Asus Xtion



Figura 6

Sensor Asus Xtion Pro.



Figura 7

Sensor Asus Xtion Pro Live.



Estos dispositivos, tanto Kinect como Xtion, resuelven la mayoría de las limitaciones mencionadas en los sistemas ópticos de captura de movimiento que utilizan cámaras de video convencionales.

El reconocimiento de profundidad trae la posibilidad de limitar por software el área de captura de movimiento, de modo que no existan interferencias por movimientos o fluctuaciones periféricas.

El control mediado por la asignación de un esqueleto cinemático permite reconocer áreas específicas del cuerpo, su posicionamiento, sus movimientos y sentidos de giro, etc.

Al asociar mediante varios análisis de experiencias previas y probabilidades las extremidades de las siluetas a los esqueletos tridimensionales permite la identificación de múltiples usuarios que puedan estar interactuando.

La acción simultánea de todos los sensores, análisis de datos obtenidos y recursos de estos dispositivos hacen de los datos conseguidos de la captura de movimiento lograda de los más precisos, lo que ha posibilitado su implementación en otros entornos no lúdicos, tales como la medicina, control de sistemas robóticos industriales, etc.

## Uso e implementación

En este documento nos vamos a enfocar en la implementación de Kinect sobre el sistema operativo Windows, sin embargo, cabe destacar que también es posible usarlo en Linux y Mac.

## Conexiones

El sensor Kinect viene provisto de un único conector, diseñado inicialmente sólo para ser conectado a la consola Xbox.

Este dispositivo de juegos provee la alimentación eléctrica y la circulación de datos a través del mismo puerto.



Figura 8

Sensor Kinect y su conector.

Por lo que para utilizar el sensor Kinect con una computadora convencional necesitaremos utilizar un adaptador que se insertará al conector único y separará la circulación de datos de la alimentación eléctrica.

Figura 9

Conector único del Sensor Kinect.



Este adaptador está provisto de una ficha hembra, a la que se insertará el conector único de Kinect, y dos salidas macho, una USB para datos y una fuente transformadora eléctrica.

La ficha USB se conectará directamente al puerto USB de la computadora, y la fuente transformadora directamente a la red de energía eléctrica.

Figura 10

Adaptador de alimentación.



Figura 11

Ficha hembra del adaptador de alimentación junto al conector de Kinect.





De esta manera, el sensor Kinect, diseñado para ser utilizado y alimentado desde un único puerto, no existente en computadoras convencionales, podrá ser alimentado desde un tomacorriente de red eléctrica convencional, comunicándose con la computadora mediante un puerto USB.

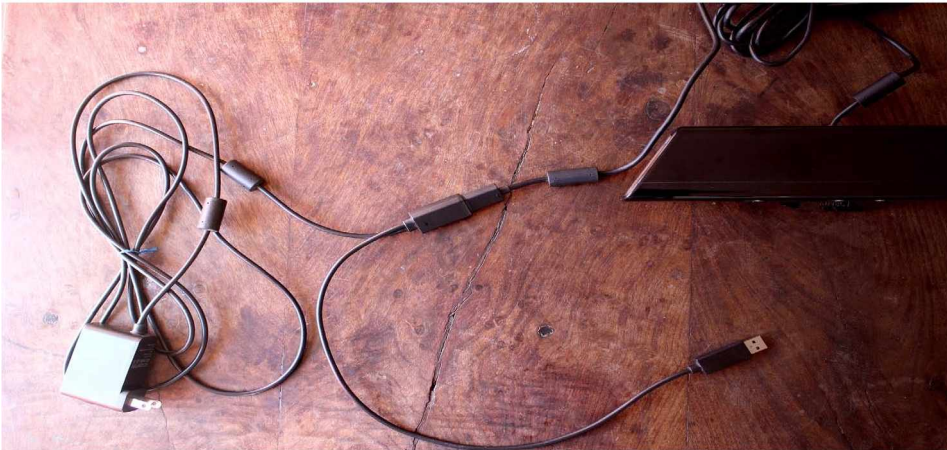


Figura 12

Conexión del adaptador con fichas individuales de alimentación y datos.

Una vez resuelta la conexión del sensor Kinect, alimentado mediante la red eléctrica de 220 volts y conectado a la computadora mediante un puerto USB convencional, ya se encuentra en condiciones de ser operado a través de alguno de los lenguajes de programación disponibles.



Figura 13

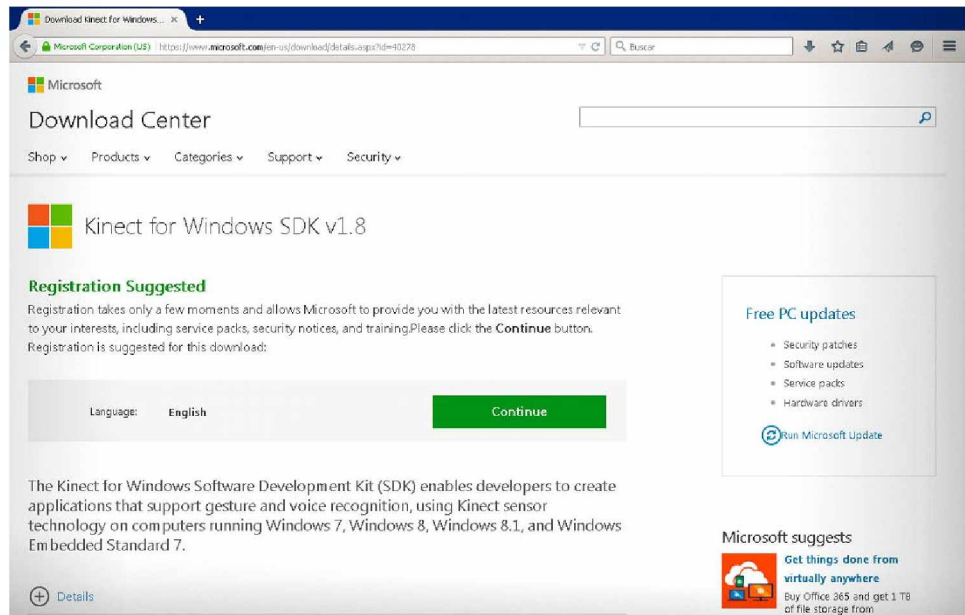
Sensor Kinect conectado vía USB a una computadora y listo para ser conectado a un tomacorriente.

## Programación

Para comenzar a desarrollar aplicaciones que utilizan el sensor Kinect en nuestra computadora, inicialmente debemos instalar el SDK y las herramientas de desarrollo.

Figura 14

Sitio de descarga del SDK de Kinect para Windows



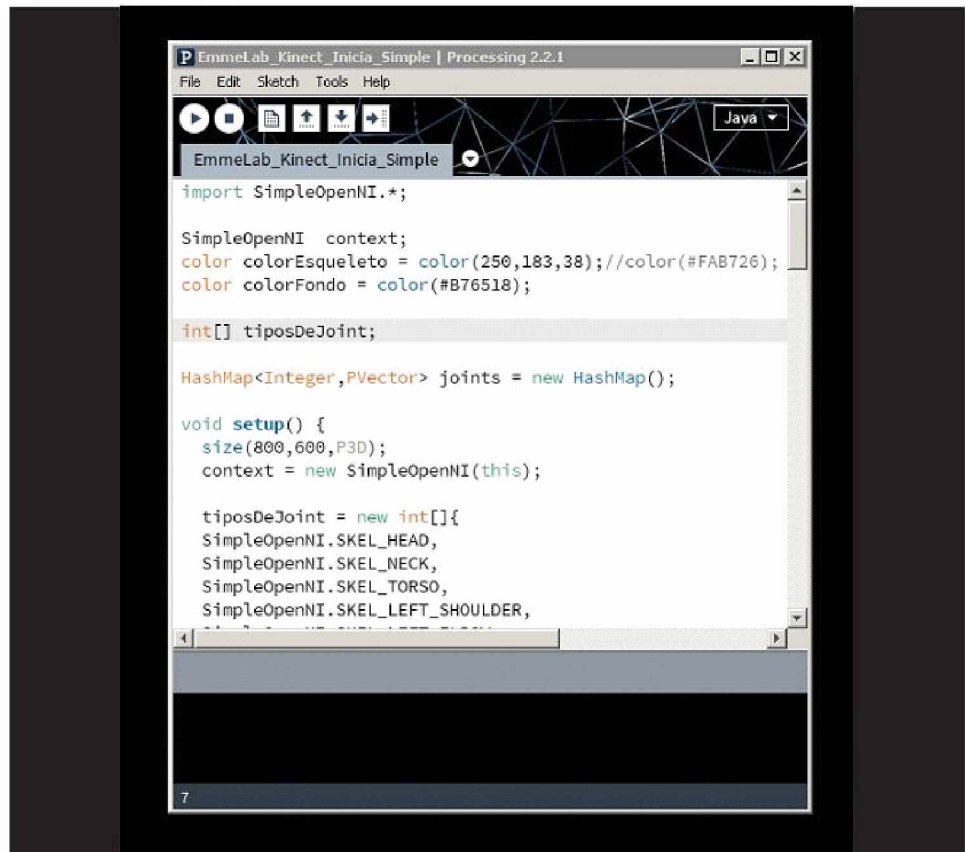
Se pueden utilizar varios lenguajes de programación o frameworks, entre ellos tenemos: Visual Basic .Net; C++; C#; Actionscript; Java; JavaScript; Lisp; Processing; Python; openFrameworks; etc.

Para este trabajo vamos a utilizar Processing<sup>6</sup>. Para ello también existen tres bibliotecas distintas: Open Kinect for Processing de Daniel Shiffman; Kinect4WinSDK de Bryan Chung; y Simple-OpenNI de max Rheiner.

En este caso vamos a utilizar la librería de Rheiner.

Figura 15

IDE de Processing.



Por medio de la biblioteca OpenNI accedemos a las distintas funcionalidades de Kinect. No obstante en Processing contamos con la biblioteca SimpleOpenNI que trabaja como un recubrimiento (*wrapper*) de OpenNI.

Para instalarla solamente hace falta acceder a la IDE de Processing y de ahí dirigirse a *Sketch -> Import Library -> Add Library*.

Aparecerá una ventana que contendrá un campo para filtrar nuestra búsqueda. Una vez encontrada la biblioteca sólo hará falta darle click al botón instalar.

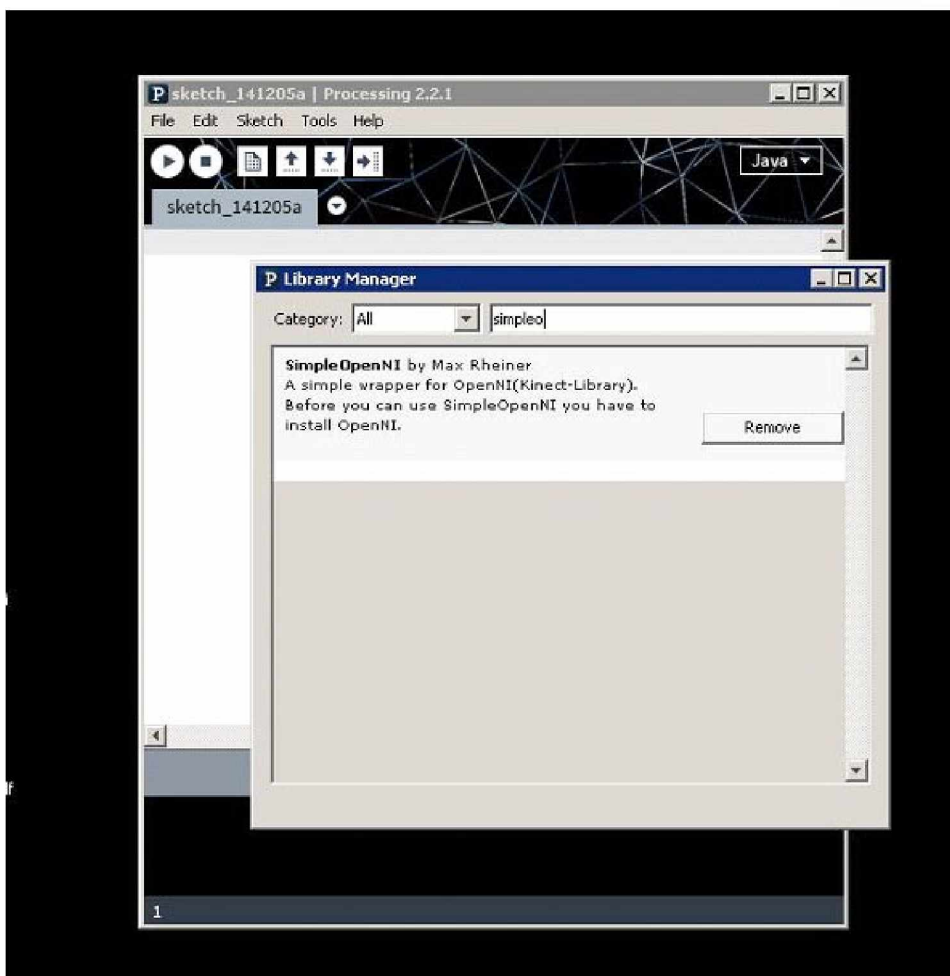


Figura 16

Instalando la librería SimpleOpenNI.

A continuación publicamos un código muy simple capaz de iniciar el seguimiento de los joints con Kinect.

### kinect\_inicia\_joints\_simple.pde

```
//importamos la biblioteca Simple-OpenNI
```

```
import SimpleOpenNI.*;
```

```
//creamos un instancia de SimpleOpenNI
```

```
SimpleOpenNI context;

//los joints están numerados, guardamos su numeración en un Array
int[] tiposDeJoint;

//Creamos un diccionario (HashMap) capaz de recorrer los joints más
fácilmente

//accedemos a ellos por medio de su numeración
HashMap<Integer,PVector> joints = new HashMap();

void setup() {
    size(800,600,P3D);

    //inicializamos la instancia
    context = new SimpleOpenNI(this);

    //Preguntamos si SimpleOpenNI inicio con éxito
    if(context.isInit() == false)
    {
        println("No se pudo iniciar SimpleOpenNI, quizás la camara no esta
conectada!");
        exit();
        return;
    }

    tiposDeJoint = new int[]{
        SimpleOpenNI.SKEL_HEAD,
        SimpleOpenNI.SKEL_NECK,
        SimpleOpenNI.SKEL_TORSO,
        SimpleOpenNI.SKEL_LEFT_SHOULDER,
        SimpleOpenNI.SKEL_LEFT_ELBOW,
        SimpleOpenNI.SKEL_LEFT_HAND,
        SimpleOpenNI.SKEL_RIGHT_SHOULDER,
        SimpleOpenNI.SKEL_RIGHT_ELBOW,
        SimpleOpenNI.SKEL_RIGHT_HAND,
        SimpleOpenNI.SKEL_LEFT_HIP,
        SimpleOpenNI.SKEL_LEFT_KNEE,
```

```
SimpleOpenNI.SKEL_LEFT_FOOT,
SimpleOpenNI.SKEL_RIGHT_HIP,
SimpleOpenNI.SKEL_RIGHT_KNEE,
SimpleOpenNI.SKEL_RIGHT_FOOT,
};

//función encargada de iniciar el HashMap
inicializarJoints();

//activamos el canal de captura de profundidad
context.enableDepth();

//activamos el canal de captura RGB
//context.enableRGB();

//activamos el canal de seguimiento del esqueleto de los usuarios
context.enableUser();

color colorEsqueleto = color(250,183,38);
fill(colorEsqueleto);
noStroke();
}

void inicializarJoints() {
  for (int tipoDeJoint : tiposDeJoint) {
    joints.put(tipoDeJoint, new PVector());
  }
}

void draw() {
  //ignora los valores de profundidad en el dibujado
  hint(DISABLE_DEPTH_TEST);
  background(0);

  //actualizamos la captura de la Kinect de frame a frame
```

```
context.update();

//imprime la imagen que devuelve Kinect
image(context.userImage(),0,0);

//guardamos la posición de nuestro punto de vista
pushMatrix();

// trasladamos y rotamos nuestro punto de vista
translate(width/2, height/2, 0);
rotateX(PI);
translate(0,0,-1000);

//tomamos la lista de todos los usuarios
int[] userList = context.getUsers();

//recorremos cada usuario
for(int i=0;i<userList.length;i++)
{
    //preguntamos si se está haciendo el seguimiento del esqueleto
    if(context.isTrackingSkeleton(userList[i]))
    {

        //recorremos cada joint
        for (int tipoDeJoint : tiposDeJoint) {

            //preguntamos sobre el PVector del joint actual
            PVector pos = joints.get(tipoDeJoint);

            //sobreescribo el PVector pos con la posición del joint actual del
            usuario actual
            context.getJointPositionSkeleton(userList[i], tipoDeJoint , pos );

            //guardo el punto de vista actual
```

```
        pushMatrix();

        //me traslado al nuevo valor del PVector pos y dibujo una esfera
        translate( pos.x , pos.y , pos.z );
        sphere(80);

        //restablezco el punto de vista
        popMatrix();

    }

}

}

//restablecemos el punto de vista guardado
popMatrix();
}

// -----

// Estos son los eventos que se ejecutan cuando Kinect detecta que ha
// aparecido un nuevo usuario, cuando lo ha perdido y mientras sigue viendo

void onNewUser(SimpleOpenNI curContext, int userId)
{
    println("onNewUser - userId: " + userId);
    println("\tstart tracking skeleton");

    curContext.startTrackingSkeleton(userId);
}

void onLostUser(SimpleOpenNI curContext, int userId)
{
    println("onLostUser - userId: " + userId);
}

void onVisibleUser(SimpleOpenNI curContext, int userId)
```

```

{
  //println("onVisibleUser - userId: " + userId);
}

```

Finalmente incluimos un simple ejemplo de algoritmo que permite la fácil implementación del sensor Kinect para el desarrollo de aplicaciones interactivas generativas.

### algoritmo\_generativo.pde

```

import SimpleOpenNI.*;

SimpleOpenNI kinect;

void setup(){
  size(1280, 400);
  background(0);
  colorMode(HSB, 255);

  // iniciamos la Kinect

  kinect = new SimpleOpenNI(this);

  if (kinect.isInit() == false) {
    println("La Kinect o esta conectada");
    exit();
    return;
  }

  // habilitamos la información de profundidad
  kinect.enableDepth();

  // habilitamos la información de usuario y joints
  kinect.enableUser();
}

void draw(){

  // actualizamos la información de la Kinect
  kinect.update();

  // previsualizamos imagen de la Kinect con detección de usuario
  image(kinect.userImage(), 640, 0);

  // guardamos la lista de usuarios detectados por la Kinect
  int[] userList = kinect.getUsers();

  // recorremos cada usuario detectado
  for (int i=0; i < userList.length; i++){

    // preguntamos si la Kinect esta siguiendo al usuario i

```



```

if (kinect.isTrackingSkeleton(userList[i])) {
    PVector manoIzq = new PVector();
    PVector manoDer = new PVector();
    PVector torso = new PVector();

    // guardamos la posición de la mano izquierda, del usuario i
    kinect.getJointPositionSkeleton(userList[i], SimpleOpenNI.SKEL_LEFT_
HAND, manoIzq);

    // guardamos la posición de la mano derecha, del usuario i
    kinect.getJointPositionSkeleton(userList[i], SimpleOpenNI.SKEL_RIGHT_
HAND, manoDer);

    // guardamos la posición del torso, del usuario i
    kinect.getJointPositionSkeleton(userList[i], SimpleOpenNI.SKEL_TORSO,
torso);

    // en este caso, convertimos los vectores 3D en proyecciones al
plano 2D

    PVector manoIzq2D = new PVector();
    PVector manoDer2D = new PVector();
    PVector torso2D = new PVector();
    kinect.convertRealWorldToProjective(manoIzq, manoIzq2D);
    kinect.convertRealWorldToProjective(manoDer, manoDer2D);
    kinect.convertRealWorldToProjective(torso, torso2D);

    // distancia entre las manos

    float distancia = manoIzq2D.dist(manoDer2D);

    // intensidad de color proporcional a la distancia de dichas manos
    // considerando como máxima distancia el ancho de la pantalla

    float col = map(distancia, 0, width, 0, 255);

    // círculos con centro en el torso
    // donde el diámetro es la distancia entre las manos

    stroke(col, 255, 255, 180);
    strokeWeight(2);
    noFill();
    ellipse(torso2D.x, torso2D.y, distancia, distancia);
}
}

// evento que ocurre cuando la Kinect interpreta la presencia de un
nuevo usuario en escena

void onNewUser(SimpleOpenNI kinect, int userId)
{
    println("onNewUser - userId: " + userId);

    // le avisamos a la Kinect que inicie el seguimiento de este nuevo
usuario

    kinect.startTrackingSkeleton(userId);
}

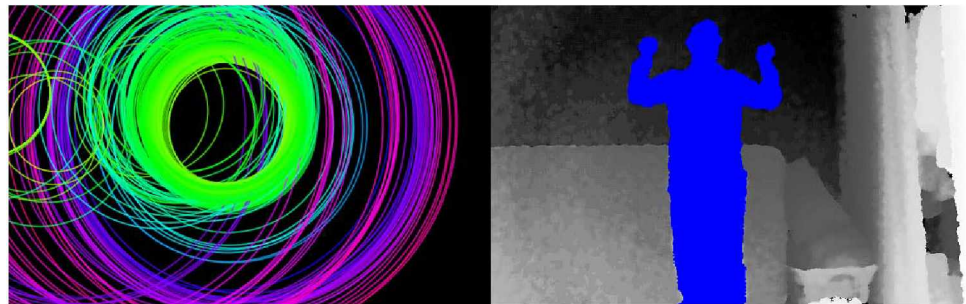
```

```
// evento que ocurre cuando la Kinect interpreta que un usuario se
retira de escena

void onLostUser(SimpleOpenNI kinect, int userId)
{
  println("onLostUser - userId: " + userId);
}
```

Figura 17

Visualización del ejemplo generativo.



## FUENTES WEB

- <http://malenyabrego.wordpress.com/2014/01/11/preguntas-frecuentes-sobre-el-desarrollo-de-aplicaciones-para-kinect/#comment-736>
- <http://blog.jorgeivanmeza.com/2012/01/construccion-de-la-libreria-simple-openni-para-processing-bajo-ubuntu-de-32-bits/>
- <http://vibe.asus.com/>
- [http://www.asus.com/ar/Multimedia/Xtion\\_PRO/](http://www.asus.com/ar/Multimedia/Xtion_PRO/)
- [http://www.asus.com/ar/Multimedia/Xtion\\_PRO\\_LIVE/](http://www.asus.com/ar/Multimedia/Xtion_PRO_LIVE/)
- <http://www.youbot-store.com/youbot-developers/software/drivers/asus-xtion-pro-live-driver>
- <http://arbelaezgroup.com/>
- <https://processing.org/>
- <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/default.aspx>
- <https://code.google.com/p/simple-openni/>
- <http://www.davidrokeby.com/vns.html>
- <http://elartedigital.wordpress.com/artistas/myron-krueger/>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Videoplace>
- [http://wiki.ipisoft.com/Depth\\_Sensors\\_Comparison](http://wiki.ipisoft.com/Depth_Sensors_Comparison)

- <http://en.wikipedia.org/wiki/PrimeSense>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Kinect>
- <http://www.newegg.com/Product/Product.aspx?Item=N82E16826785030>
- [http://www.asus.com/ar/Multimedia/Xtion\\_PRO/](http://www.asus.com/ar/Multimedia/Xtion_PRO/)

## BIBLIOGRAFÍA

Guiado gestual de un robot humanoide mediante un sensor Kinect. Sammy Pfeiffer, Barcelona. 2011.

Multimedia at Work, Wenjun Zeng, University of Missouri, 2012.

## REFERENCIAS

<sup>1</sup>El presente documento es una descripción de la primera fase del trabajo de investigación llevado a cabo en el Laboratorio EmmeLab, durante los años 2014 y 2015.

<sup>2</sup>El EmmeLab es un Laboratorio de investigación y experimentación en nuevas interfaces para el arte, dependiente de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Facultad de Bellas Artes, UNLP.

<sup>3</sup>Fuente: tecnoblog.net

<sup>3</sup>Fuente: tecnoblog.net

<sup>4</sup>Fuente: futurepicture.org

<sup>5</sup>Fuente: neurogami.com

<sup>6</sup>Mas información sobre Processing en processing.org.



# UN LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PARA EL CUERPO

ABORDAJE RETÓRICO SOBRE LA PROGRAMACIÓN Y SU ARTICULACIÓN CON LAS ARTES PERFORMÁTICAS.

**Director: Emiliano Causa**

**Autores: Francisco Alvarez Lojo, Ezequiel Rivero, Ignacio Siri, Agustín Bacigalup, Daniel Loaiza, Hernán González Moreno, Carolina Ojcius. (integrantes del Laboratorio EmmeLab)**

## INTRODUCCIÓN

El emmeLab es un Laboratorio de investigación y experimentación en nuevas interfaces para el arte, dependiente de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Facultad de Bellas Artes, UNLP. Durante el año 2014 se planteó generar un sistema de proyecciones programable que sea controlado a través de la captura de movimiento en tiempo real. Un intento de generar un entorno que permita una suerte de LiveCoding combinado programación en vivo con Danza Contemporánea o Expresión Corporal.

En primera instancia fue necesario generar un tipo de lenguaje de programación pensado específicamente para ser controlado mediante captura de movimiento. Se llevó a cabo una investigación respecto a los elementos que componen o definen un lenguaje de programación, se plantearon diversos conceptos sobre las partes de un lenguaje y sobre paradigmas de programación reconocibles.

Se determinó que el resultado del lenguaje sea específicamente visual, la salida de proyección estaría dada por un sistema de partículas, basados en que este sistema articula muy bien con las artes escénicas, además que el emmeLab tiene mucha experiencia en el desarrollo de entornos generativos visuales.

Por otro lado se consideró muy adecuado un sistema de partículas dado que su comportamiento está fuertemente ligado al movimiento y puede generar fácilmente una conexión semántica con la danza o expresión corporal donde el movimiento y el cuerpo son los protagonistas.

*Kinect*

*mocap*

*motion capture*

*interactivo*

*detección de movimiento*

*captura de movimiento*

*artes performáticas*

*danza contemporánea*

*cuerpo*

*programación esotérica*

*sistemas de partículas*

*arte generativo*

*generatividad*

Respecto a la captura de movimiento se utilizó el sistema Kinect para tomar y pre-procesar la información, definimos una serie de gestos, poses o caracteres del movimiento que serían detectadas como “entradas” para intervenir el “código”.

Tras una breve investigación en danza se advirtió que existen ciertos parámetros “técnicos” en la disciplina que son utilizados para describir un paso o movimiento, se intentó explotar estos parámetros y, al mismo tiempo, que los gestos propios del lenguaje no comprometieran la posibilidad de una interpretación estética o natural por parte del performer.

Finalmente se generó un sencillo sistema de partículas ampliamente modificable, aunque en su primera instancia de desarrollo no ofrece gran variabilidad. Sin embargo la estructura del sistema está diseñada para poder incrementar fácilmente y de manera colaborativa las posibilidades que ofrece.

El sistema es controlado a través de mensajes OSC, estos mensajes pueden enviarse entre diferentes aplicaciones, de modo que el control del sistema puede darse por cualquier medio, más allá que la intención principal apunta a que sea utilizada con captura de movimiento.

## LIVE-CODING

El live-coding es una disciplina que consiste en transformar el acto de programar en un acto performático. El programador-performer se presenta ante el público y escribe con su herramienta predilecta un programa que genera visualizaciones y/o musicalizaciones en tiempo real. La página TOPLAP<sup>1</sup> es el principal referente de live-coding y en ella existe una suerte de manifiesto que fundamenta el live-coding. Allí se mencionan ciertas “buenas costumbres”, como por ejemplo que es mejor aceptado utilizar herramientas propias, pero un código debe generarse desde cero, y la fuente debe ser visible (incluso cuando el producto del programa es también visual).<sup>2 3 4</sup>

Figura 1 a.

Sesiones de Live Coding



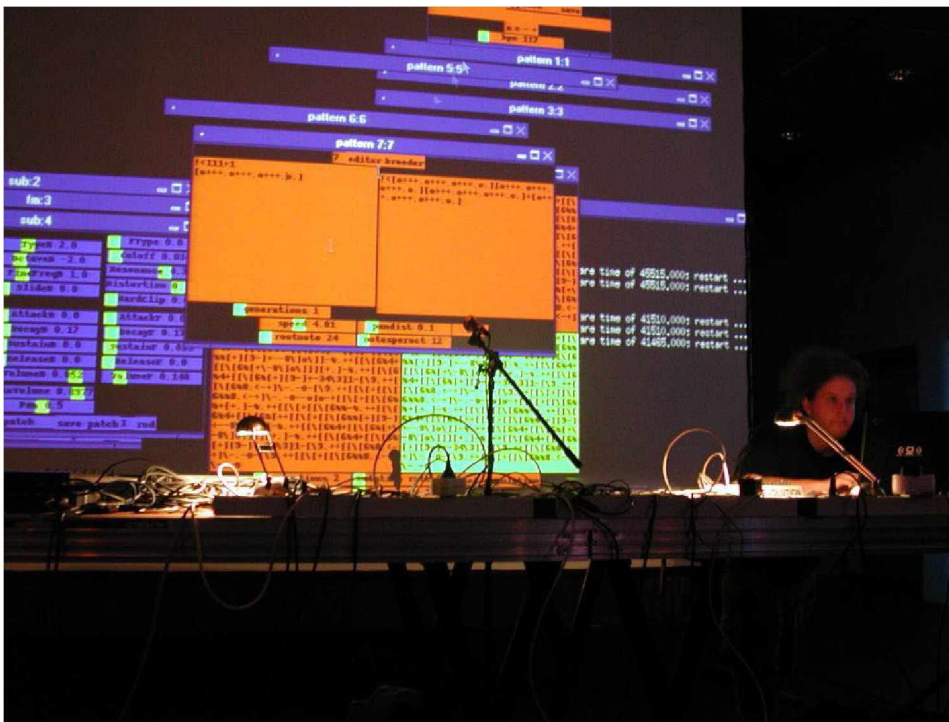


Figura 1 b.

Sesiones de Live Coding

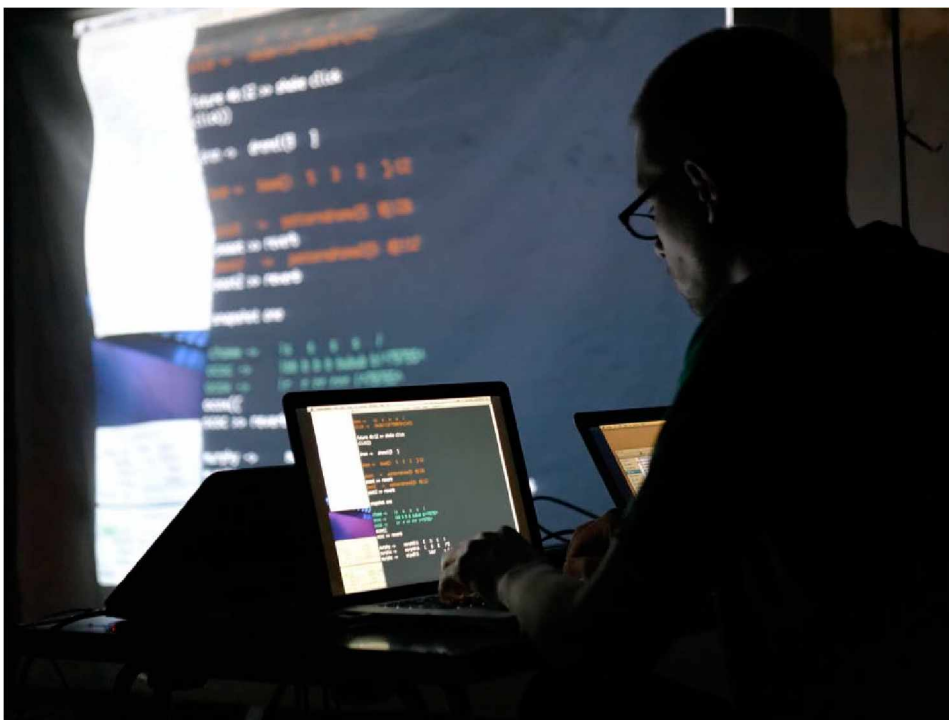


Figura 1 c.

Sesiones de Live Coding

Aunque el proyecto surge en parte basado en el live-coding, no consideramos que se pueda clasificar puramente dentro de esa disciplina, pues se busca generar una expansión de la danza hacia la tecnología y la programación, y no desde el live-coding hacia la danza. Los lineamientos del desarrollo se encuentran condicionados por la intención de no restringir al bailarín/performer lo cual no da lugar a aumentar las limitaciones en un proyecto tan experimental.

## LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

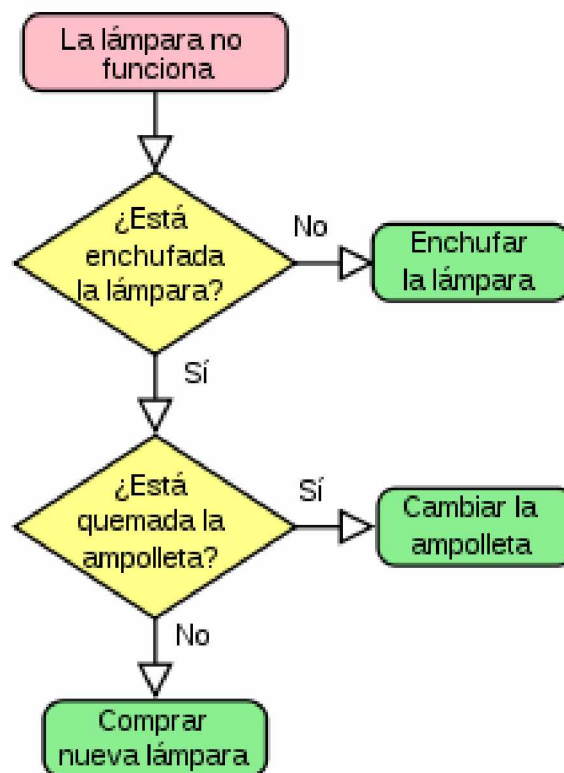
Antes de generar nuestro propio lenguaje se realizó una breve investigación para definir más claramente a que se refiere el concepto de lenguaje de programación.

Inicialmente, se entiende que un “programa” es un algoritmo; “un conjunto prescrito de instrucciones o reglas bien definidas, ordenadas y finitas que permite realizar una actividad mediante pasos sucesivos que no generen dudas a quien deba realizar dicha actividad. Dados un estado inicial y una entrada, siguiendo los pasos sucesivos se llega a un estado final y se obtiene una solución.”<sup>5</sup>

Los algoritmos no son desarrollados necesariamente para ser ejecutados por máquinas, las instrucciones dadas por un manual de cocina dirigidas a un ser humano también se consideran un algoritmo. Y de la misma manera que para poder transmitirle a alguien las instrucciones para alguna tarea es necesario hablar el mismo idioma, para poder dar instrucciones a una máquina u ordenador es necesario un lenguaje común.

Figura 2.

Diagrama de flujo del algoritmo para hacer funcionar una lámpara.



Normalmente, cuando se habla de lenguajes de programación informático suele imaginarse una lista de palabras clave, símbolos y números escritos como texto sin formato, sin embargo no todos los lenguajes de programación se ven de esa manera. Las siguientes imágenes son diferentes programas “escritos” en los lenguajes Processing<sup>6</sup>, PureData<sup>7</sup> y Piet<sup>8</sup>, respectivamente. Vale aclarar que la tercera imagen no es el resultado del programa, sino que es el programa en sí mismo.



```

nyRuns_distance3 | Processing 1.2.1
nyRuns_distance3
textMode(SHAPE);
PImage baseMap;
baseMap = loadImage("nyc-map-black.png");
image(baseMap, 0, 0, width, height);

// PROJECTION TRANSLATION
for (int n=1; n<lines.length; n++) {
  float graphLongStart = map(float(myData[n-1][4]), Wlong, Elong, 0, width);
  float graphLatStart = map(float(myData[n-1][3]), Nlat, Slat, 0, height);
  float graphLongStop = map(float(myData[n][4]), Wlong, Elong, 0, width);
  float graphLatStop = map(float(myData[n][3]), Nlat, Slat, 0, height);
  float time = float(myData[n][1]);
  float distance = float(myData[n][2]);
  float speed = (distance / time) *60;
  //print(speed + "MPH" + "\n");

  // DRAW MARKER
  noStroke();
  // fill(255,0,0);
  ellipse(graphLongStart, graphLatStart, diameter, diameter);
  if ((speed >= 0) && (speed < 3)) {
    fill(153,0,0,140);
  }
}

```

Figura 3a.

Capturas de pantalla de tres lenguajes de programación.

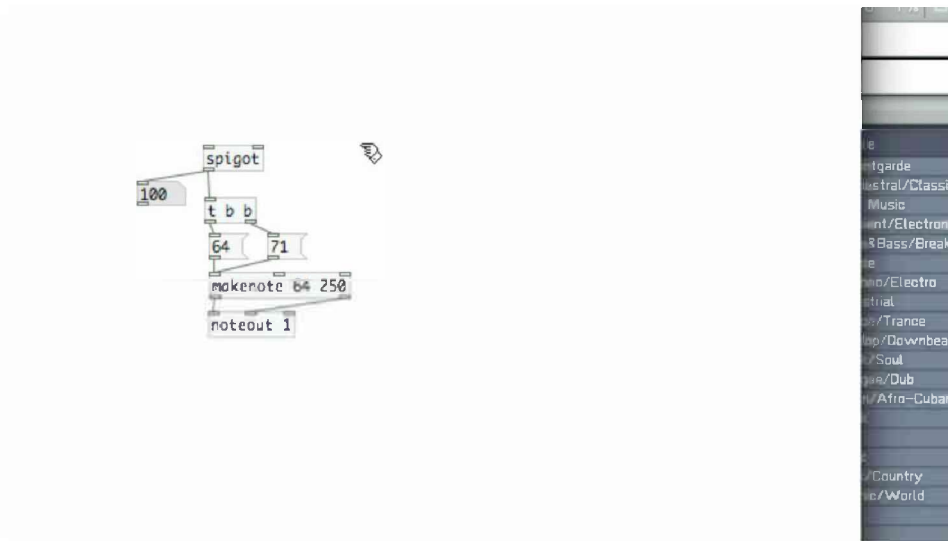


Figura 3b.

Capturas de pantalla de tres lenguajes de programación.



Figura 3c.

Capturas de pantalla de tres lenguajes de programación.

En todos los lenguajes de programación se encuentran dos operaciones indispensables para generar algoritmos, **estructurar y parametrizar**. Estructurar el algoritmo es definir las instrucciones que ejecutará el programa; el orden y la relación que hay entre ellas. Parametrizar es definir las variables que estas instrucciones requieren para tener un significado concreto. Para poder crear cualquier programa informático, necesitamos tener una herramienta (normalmente otro programa) que nos permita ejecutar estas operaciones en el lenguaje que estemos utilizando. Necesitamos poder ver y editar el algoritmo de alguna manera.

Teniendo esto en mente se llevó a cabo un análisis de las diferentes herramientas que permiten crear programas en diversos lenguajes, intentando tomar paradigmas variados para poder comprender que cosas eran comunes a todos ellos. Es pertinente aclarar que el análisis desarrollado no se concentra en las especificaciones técnicas de cada lenguaje -estudiadas mejor por la Ingeniería Informática-, sino en una lectura humana o conceptual de estos lenguajes, prestando mayor atención a la interfaz y lo que la interfaz propone.

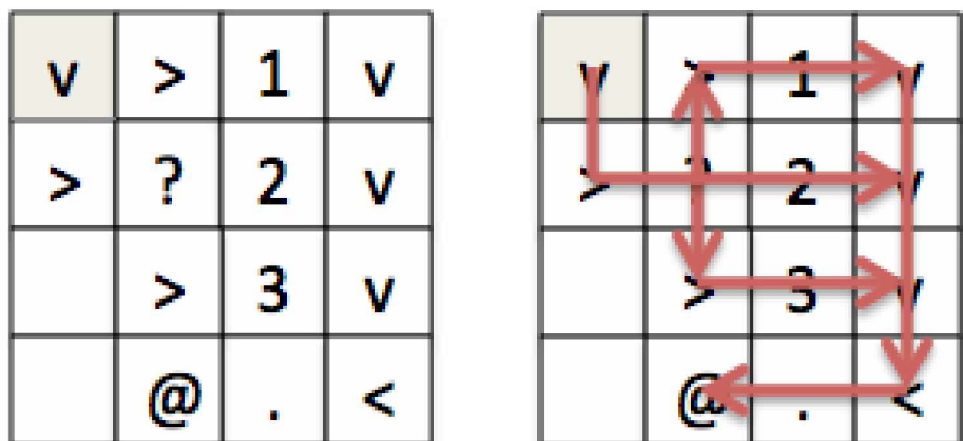
En todos los casos se pudo reconocer ciertos Elementos Generales que aparecían de manera constante, aún cuando los paradigmas de programación de cada lenguaje fueran diferentes. Estos elementos los definimos con los nombres de Materialidad, Representación, Primitivas, Parámetros, Estructuras y Espacios.

Materialidad refiere a la salida que el programa puede producir. Es común que existan herramientas que promueven ciertos tipos de salida sobre otras, pero no de manera exclusiva. Por ejemplo, tanto el lenguaje Processing como *Pure Data* pueden tener salidas en forma de video y/o audio, sin embargo el primero da mayores facilidades para ejecutar un resultado gráfico, mientras que el segundo provee facilidades para una salida sonora. Por otro lado, no dejan de existir lenguajes que están asociados a un hardware específico, y por ende, su Materialidad es limitada por el mismo, como el caso de Arduino<sup>9</sup>, que solo puede materializar sus programa a través de sus pines electrónicos o su canal serie USB.

En contraste con la materialidad existe la Representación, refiriéndose a la representación que se le da al algoritmo que estamos trabajando. Podría decirse inicialmente que todos los lenguajes de programación tienen una representación visual, pero esto no impide que haya una gran varie-

Figura 4.

Código de un programa en lenguaje Befunge.



dad de representaciones, como se muestra en las imágenes anteriores. En algunos casos la representación puede ser una lista de instrucciones escritas linealmente, mientras que en otros casos puede tratarse de un mapa de flujo que describe la estructura del algoritmo. Incluso pueden encontrarse casos como el de Befunge<sup>10</sup> donde la representación del algoritmo consiste de un laberinto formado por caracteres.

Las Primitivas son las instrucciones y operaciones elementales que ofrece el lenguaje, podría decirse que son los ladrillos que se tienen a disposición para construir un algoritmo con él. Normalmente cuanto más sofisticadas son las primitivas de un lenguaje, más sencillo se vuelve generar programas complejos con éste. Al mismo tiempo, un lenguaje con primitivas básicas suele ser menos especializado.

Los Parámetros son la información que se provee a cada primitiva, en el caso que ésta lo permita, para que tenga una aplicación concreta. Normalmente las primitivas que existen en un lenguaje ofrecen cierta flexibilidad durante su ejecución, dando la posibilidad de ejecutarlos dentro de cierto rango de posibilidades. En cada ejecución los parámetros se combinan con las primitivas para definir concretamente una de esas posibilidades. Por ejemplo, en Processing: consideremos la instrucción *ellipse* (indica dibujar una elipse), sus parámetros son la posición y el tamaño que tendrá la elipse dibujada.

Las Estructuras son las diferentes formas en que podemos relacionar las primitivas del programa y la propagación (lineal, reticular, recursiva, etc.) que tiene la ejecución de un algoritmo. Cada lenguaje de programación ofrece diversas formas de estructurar primitivas y cada programa construido con ese lenguaje es una estructuración específica. Las diferentes estructuras que ofrece un lenguaje limitan y condicionan la manera en que el flujo del algoritmo se desarrolla.

Los Espacios son la distribución que presentan los elementos del programa, los “espacios” en los que pueden estar. En un lenguaje de programación es normal que la representación y la materialidad ocupen es-

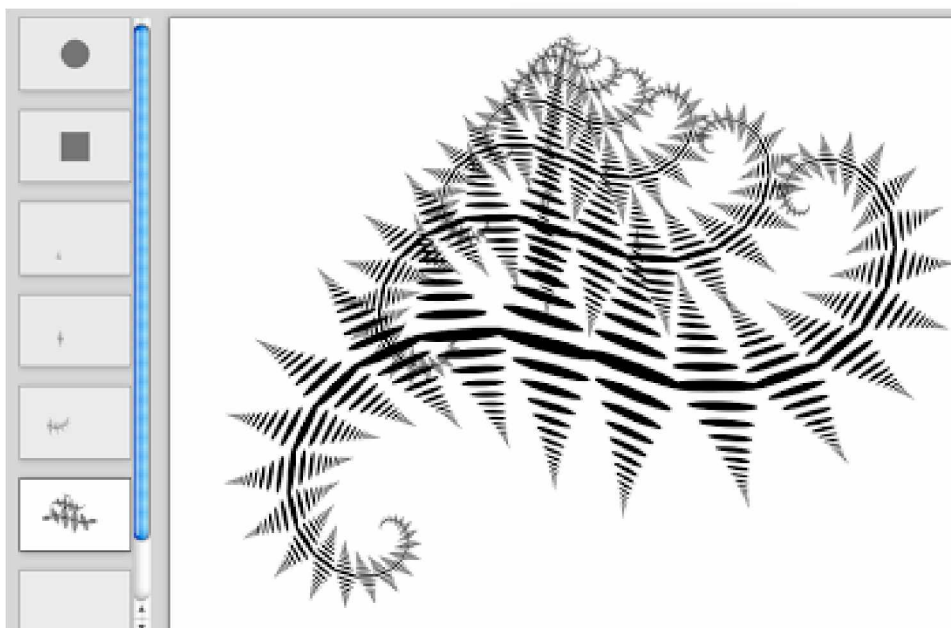
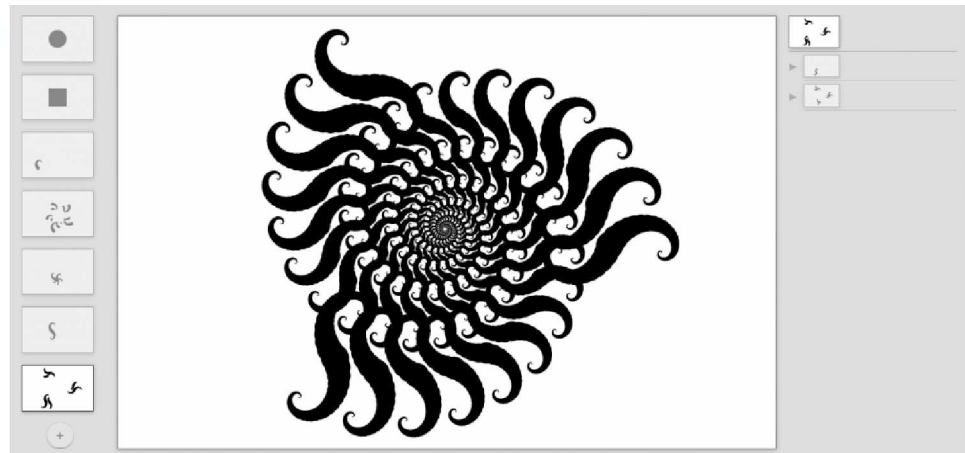


Figura 5a.

Captura de pantalla del lenguaje Recursive Drawing.

Figura 5b.

Captura de pantalla del lenguaje Recursive Drawing.



pacios diferentes, pero existen casos donde se superponen, mostrando tanto la estructura del algoritmo y la materialidad de su resultado en una misma pantalla. Incluso, en algunos casos particulares como Recursive Drawing<sup>11</sup> la construcción del algoritmo y su mismo resultado son difícilmente diferenciables. Sin embargo con los espacios no se hace referencia exclusivamente a la posición espacial. Por ejemplo, existen lenguajes de programación que tienen un “momento” de ejecución y otro de edición, mientras que otros lenguajes superponen el tiempo de edición y de ejecución. De la misma forma, en el segundo caso es muy común que la posibilidad de interactuar con el algoritmo en tiempo real sea a través del mismo espacio de edición, pero en el primer caso esta interacción debe definirse previamente en el mismo algoritmo.

## REACTABLE

Un caso interesante para tener en cuenta es el de Reactable<sup>12</sup>. Es un lenguaje de programación que posee una forma híbrida entre virtual y física. Está diseñado para generar una materialidad musical o sonora, pero la representación del algoritmo es igual de interesante. Podríamos argumentar que en este caso la representación y la materialidad no son necesariamente aspectos separados.

Otro factor interesante es que las primitivas son objetos físicos, lo que implica una serie de efectos que no suelen existir en los casos puramente virtuales. Por ejemplo, el algoritmo tiene un límite muy concreto respecto a la cantidad de primitivas que puede utilizar, y más allá de eso, las primitivas ocupan un espacio físico, lo que significa que a medida que el algoritmo crece, se obstruye a sí mismo.

Esta cualidad física también es aprovechada por Reactable para trabajar otros elementos del lenguaje. Por ejemplo, los parámetros acaban siendo la posición y rotación de cada primitiva. Otro ejemplo es que acompañando el espacio para el algoritmo activo, existe un espacio para lo inactivo. De esta manera el lenguaje utiliza los espacios como forma de indicar las primitivas que participan del algoritmo y las que no, literalmente, estando o no estando en él.



Figura 6.

Fotografía del lenguaje de programación Reactable.

## APROXIMACIÓN A CREAR UN LENGUAJE

Lo más difícil a la hora de empezar a definir un paradigma de lenguaje fue evitar caer en los lugares comunes. En los análisis llevados a cabo se advirtió que cuando un lenguaje estaba diseñado con una materialidad especializada se percibía el efecto en casi todos sus elementos. Principalmente en las estructuras. También era importante tener en cuenta que la intención no era generar un lenguaje de programación general, sino llevar a cabo un experimento que permita explorar un término intermedio entre Live-Coding y Danza. Por eso se limitó fuertemente el alcance del

lenguaje, aunque sea en esta primera instancia.

Se decidió crear un lenguaje orientado a la generación de sistemas de partículas que produzcan una representación visual estética. Limitándolo a una materialidad visual dado que el EmmeLab tiene más experiencia en ese área, lo cual permitió focalizarse en el objetivo del proyecto.

Otro principio definido para realizar este lenguaje fue que exista la posibilidad de trabajar los algoritmos con diferentes niveles de detalle, pudiendo generar diferentes sistemas de partículas de una manera más clásica (estableciendo cada elemento básico manualmente) o de una forma más general (combinando algoritmos ya creados). En este segundo caso, no sería lo usual en los lenguajes de programación (que generan estructuras cada vez más grandes), sino fusionando dos sistemas de partículas con la lógica de los algoritmos genéticos produciendo un resultado no más grande, pero sí nuevo, evitando de esta manera la complejización del algoritmo. Esto da al usuario/performer la posibilidad de elegir entre concentrarse más en el acto de generar un algoritmo, o de realizar una performance donde la realización del algoritmo sea algo secundario.

Un último factor considerado de importancia fue diseñar el lenguaje de manera que un algoritmo nunca produzca errores, y cuando el programador/performer no especifique algún parámetro necesario debe existir una solución predefinida. Es decir, el sistema debe funcionar siempre, sin importar el cuidado con que se construya el algoritmo. Esto restringió el lenguaje aún más, pero no significó problema, pues la intención no era generar una herramienta de uso general.

### DISEÑO DEL SISTEMA

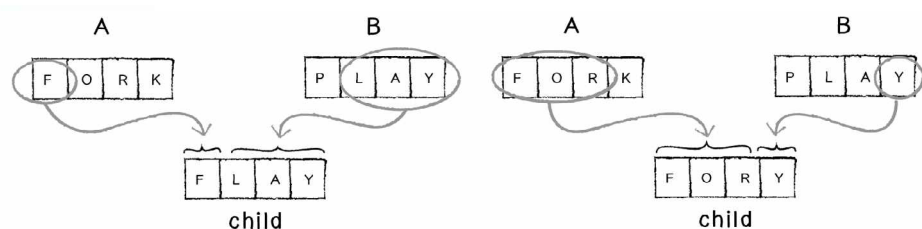
En una primera instancia se indagó sobre los diferentes tipos de primitivas y estructuras que deberían ser necesarias para poder generar cualquier sistema de partículas convencional. Pero rápidamente se encontraron dificultades a la hora de definir concretamente, o de cumplir con los principios inicialmente planteados.

Finalmente se tomó el camino inverso, idear cómo deberían ser los resultados del lenguaje para poder llegar a una herramienta que permita generar ese tipo de resultados.

Una de las propuestas mas considerada era que los diferentes algoritmos pudiesen fusionarse con la lógica de la combinación genética<sup>13</sup>. Esto quiere decir que el resultado de unir dos algoritmos no sea un algoritmo mayor que contenga a los originales, sino un algoritmo de complejidad similar, originado como resultado de la conservación de algunos de los elementos presentes en cada uno de los algoritmos originales.

Figura 7.

Lógica de la combinación genética.



A partir de esto se propusieron cuatro sistemas de partículas relativamente variados, con sus comportamientos y representaciones. Luego, se analizó que resultados deberían producirse, o ser posible que se produzcan, al fusionar dos de ellos de la manera que planteamos previamente.

De esta manera se facilitó determinar cuáles serían las primitivas de cada algoritmo, cuáles elementos serían divisibles y cuáles no. También permitió establecer cómo se podría categorizar estos elementos.

## EL SISTEMA DE PARTÍCULAS

Como la mayoría de los sistemas de partículas existentes, el sistema de partículas generado por el proyecto tiene una cantidad constante de partículas las cuales comparten un mismo comportamiento. En cambio, a diferencia de la mayoría, la cantidad y tipo de atributos que tienen las partículas son dinámicos, adaptándose a medida que generamos su programa.

Una cantidad constante de partículas significa que no se crearán o destruirán partículas durante la simulación, simplemente se define la cantidad inicial y esa cantidad se mantiene constante. Hay que tener en cuenta que a las partículas puede aplicárseles un comportamiento que *active* y *desactive* algunas de ellas, generando la ilusión de una cantidad dinámica de partículas.

Las partículas de un sistema son procesadas todas juntas por un solo programa, es por esto que tienen todas un mismo comportamiento. Sin embargo varios sistemas de partículas pueden convivir, generando variedad de comportamientos. Además, el sistema de partículas creado durante este proyecto fue diseñado para ofrecer la posibilidad de interacción entre varios de ellos, y para soportar condicionales. De esta manera el programa puede estar bifurcado internamente para generar comportamientos variados con un mismo sistema. Sin embargo, estas propiedades no han sido implementadas aún.

Los atributos fueron diseñados como dinámicos para crear un sistema que sea modular pero además escalable. Es decir, puede crearse un comportamiento que utilice un atributo que no exista en el sistema actual. De esta manera se abre la posibilidad a un desarrollo permanente y colaborativo de las posibilidades que ofrece el sistema. Hay que tener en cuenta que esto requeriría la creación de algún sistema que administre estas extensiones fácilmente.

## GUÍA RETÓRICA

Cuando se inició con la búsqueda de la forma del lenguaje, se estableció la importancia de crear una suerte de metáfora o guía retórica. Previamente, en el momento de análisis de otros lenguajes, se advirtió que algunos de ellos parecían tener ciertas lógicas semánticas o que atravesaban todos o la mayoría de los elementos del lenguaje. Por ejemplo, en Pure Data puede verse una clara referencia a la lógica de los procesadores de audio analógicos, basados en filtros que se conectan con cables a modo de árbol, o cascada a la señal de origen. Otro caso es *Scratch*<sup>14</sup> que

hace referencia a los juguetes de construcción con bloques o rompecabezas, donde cada bloque tiene una suerte de bordes que por su figura sugieren donde es posible ubicarlos.

En este caso se buscó un eje retórico que posea alguna asociación con el movimiento, en un intento de generar cierta coherencia, basado en el hecho de que este lenguaje se orienta a un uso a través de la danza.

Tras el desarrollo y análisis de múltiples propuestas, se seleccionó una línea retórica inspirada en los *proyectores* fílmicos o grabadoras analógicas, donde una cinta que contiene información circula continuamente a través de mecanismos que hacen algún proceso con ella. A partir de esto se dió comienzo al diseño de una forma concreta para las primitivas y lógicas propias del sistema.

## PARADIGMA GENERAL

El lenguaje se basa en dos elementos claves: una cinta o canal de información, y un sistema de mecanismos modificadores. Estos mecanismos tienen efectos relativamente concretos, relevantes, pero pueden abrirse para revelar poleas, componentes más elementales del sistema que por sí solos no generan un efecto importante. En otras palabras, las poleas se combinan para formar mecanismos. Algunos de estos mecanismos tienen el efecto secundario de producir una imagen, en cuyo caso los denominamos proyectores. Otros mecanismos funcionan enmascarando parcialmente la cinta dando la posibilidad de afectar grupos concretos de partículas.

## IMPLEMENTACIÓN

Como lenguaje de base se utilizó Processing y la primera instancia a la que se abocó fue a tener un sistema de partículas que cumpla con los requerimientos definidos inicialmente aunque sea mínimamente. Luego se desarrolló una sencilla API, es decir, una forma abierta del sistema para intercambiar mensajes con otros programas. Y finalmente se escribió un programa que utiliza al dispositivo Kinect<sup>15</sup> e interpreta parámetros en la pose del usuario para usar como elementos de entrada al lenguaje. La última versión del código se encuentra alojada actualmente en <https://github.com/emmelab2014/Nucleo>.

El estado del sistema no cubre la mayoría de las características finales buscadas, como la posibilidad de fusionar dos mecanismos, la capacidad de abrir un mecanismo y modificar sus elementos básicos o la capacidad de afectar grupos específicos de partículas, pero sí cumple con los fundamentos: El sistema puede fácilmente agregar, quitar o deshabilitar mecanismos, y los atributos de las partículas son generados dinámicamente en base a las necesidades de éstos mecanismos.

Sin embargo esta prueba inicial aportó una gran cantidad de información; por un lado demostró la viabilidad del lenguaje, aparecieron los primeros problemas técnicos concretos de su realización lo cual permitió la posibilidad de reconsiderar ciertas decisiones tomadas en el primer diseño sugerido en base a datos concretos.



## OBJETOS

Existen tres tipos de objetos clave en el programa actual: *Sistema*, *Atributo* y *Modificador*.

Sistema es el objeto que define un sistema de partículas específico. Contiene un ArrayList de Modificadores definido como modificadores y un HashMap de Atributos definido como atributos. Un ArrayList es simplemente una lista, los modificadores pueden repetirse en esta lista, y son ejecutados en el orden en que se encuentran. Podría decirse que es el recorrido que hace la cinta, o que es el programa del sistema de partículas. Un HashMap es una suerte de diccionario, una lista de objetos asociados a palabras claves, sin orden concreto y donde una misma palabra clave no puede aparecer dos veces. Podría decirse que este HashMap es en sí mismo la cinta.

Atributo es un objeto que sirve como esqueleto para la creación de los posibles atributos que pueden llegar a tener las partículas de un sistema, y son la información que un Modificador afecta. Cada Atributo es una extensión de este objeto padre, y todos poseen un String clave, un nombre que necesariamente debe ser único entre todos los posibles Atributos que existen en el lenguaje. Todos los Atributos deben tener un valor inicial por defecto.

Modificador es otro objeto esquemático que es extendido para generar los diferentes modificadores o procesos del programa. Actualmente el modificador está construido y tiene el comportamiento que deberían tener las poleas según el diseño inicial, pero el efecto que tienen es más semejante al que se planeó para los Mecanismos. Cada Modificador define aquellos Atributos que requiere necesariamente para funcionar, y aquellos que son opcionales.

### Ejemplo General

```
void setup() {
    size(800, 600);

    sistema = new Sistema(this, 144);
    sistema.agregarModificador(mAtraccionAlCentro);
    sistema.agregarModificador(mAplicarFuerza);
    sistema.agregarModificador(mMover);
    sistema.agregarModificador(mEspacioCerrado);
    sistema.agregarModificador(mColisionParticulasSimple);
    sistema.agregarModificador(mDibujar);
}

void draw() {
    noStroke();
    fill(0,20);
    rect(0,0,width,height);
    sistema.actualizar();
}
```

En este ejemplo, se inicializa un sistema de partículas con 144 partículas, y comienzan a agregarse los modificadores que definen al programa. Luego, al ejecutar “actualizar”, el sistema recorre los modificadores agregados previamente. En el primer ciclo, no posee ningún atributo, por ende, a cada paso irá creando los atributos obligatorios que requieran los modificadores. El primer modificador “mAtraccionAlCentro” requiere los atributos “Atr\_Fuerza” y “Atr\_Posicion”, el siguiente modificador “mAplicarFuerzas” requiere solo el “Atr\_Velocidad” porque el “Atr\_Fuerza” ya fue insertado. Luego viene “mEspacioCerrado”, que funciona con los “Atr\_Posicion” y “Atr\_Velocidad” pero tiene también un atributo opcional: “Atr\_Tamaño”. Esto significa que lo busca, pero en caso de no encontrarlo no lo agrega, y resuelve su ejecución con información fija, predeterminada por el mismo modificador. Los modificadores consecutivos son “mMover” que no necesita más atributos de los que ya están y “mColisionParticulasSimple” que necesita obligatoriamente al “Atr\_Tamaño”, así que finalmente es un atributo que entra al sistema. Por último se encuentra “mDibujar” que tampoco necesita nuevos atributos.

Finalmente la cinta acaba teniendo los atributos Fuerza, Posicion, Velocidad y Tamaño. Estos atributos van siendo procesados por los modificadores en el orden que fueron asociados.

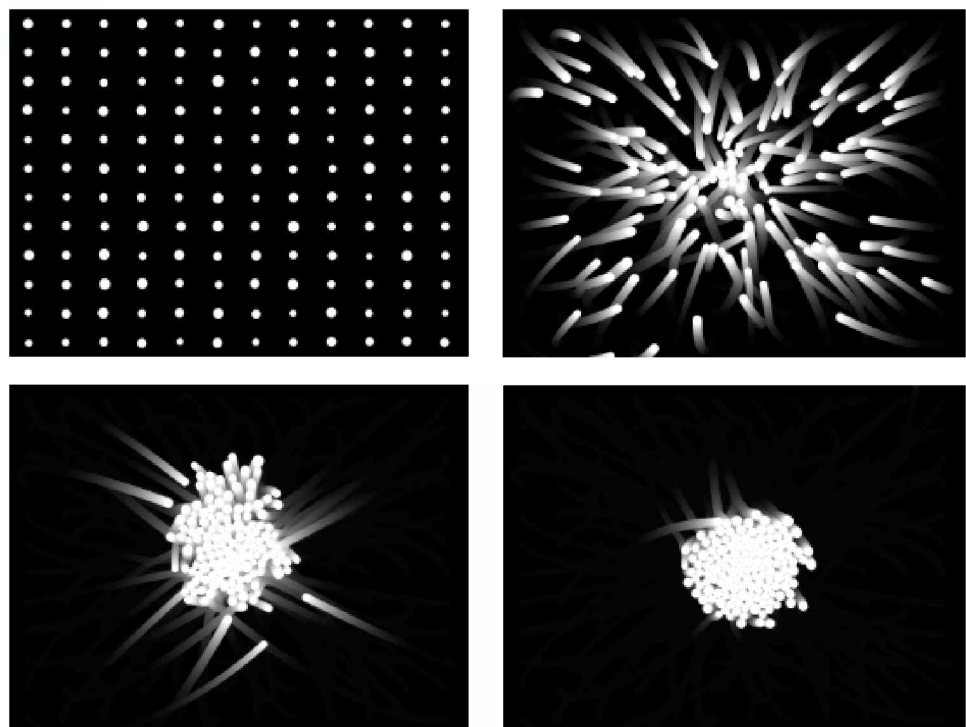
Primero, “mAtraccionAlCentro” ejerce una fuerza sobre las partículas en dirección al centro, luego “mAplicarFuerza” transforma esta fuerza en velocidad, seguido por “mMover” que actualiza la posición en base a la velocidad.

“mEspacioCerrado” simplemente hace que las partículas reboten contra los bordes de la ventana, pero en este caso su efecto no se manifiesta.

“mColisionParticulasSimple” les da cuerpo a las partículas, evitando que se superpongan, haciendo que choquen y reboten entre sí. Si este modificador no existiera, las partículas se solaparían.

Figura 8a-8b-8c-8d.

Resultado visual del ejemplo anterior



Finalmente “mDibujar” representa las partículas como un círculo tomando en cuenta la Posición, Tamaño, y, si lo hubiera, el Color. El efecto de estela no es propio del sistema de partículas, sino que se da a causa de las primeras tres líneas de código en la función “draw”.

## Otros Ejemplos:

### Ejemplo 1

```
void setup() {
  size(800, 600);
  sistema = new Sistema(this, 144);
  sistema.agregarModificador(mGravedad);
  sistema.agregarModificador(mResetLluvia);
  sistema.agregarModificador(mMover);
  sistema.agregarModificador(mEspacioCerrado);
  sistema.agregarModificador(mDibujar);
}

void draw() {
  noStroke();
  fill(0,20);
  rect(0,0,width,height);
  sistema.actualizar();
}
```

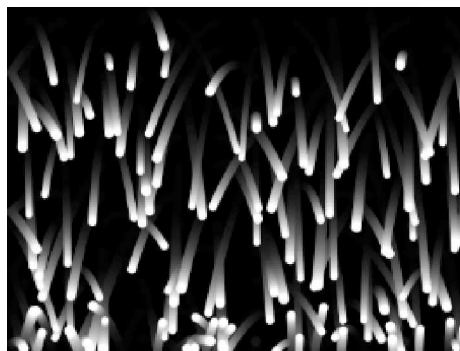
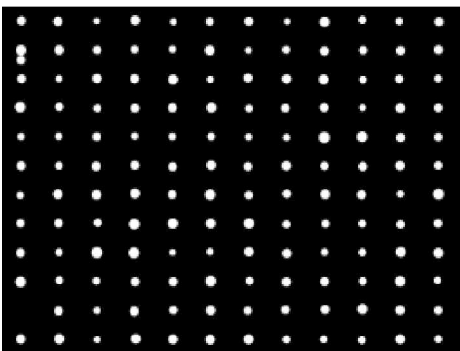


Figura 9a-9b.

Resultado visual del ejemplo anterior

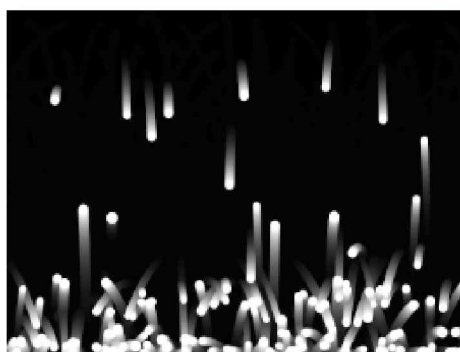
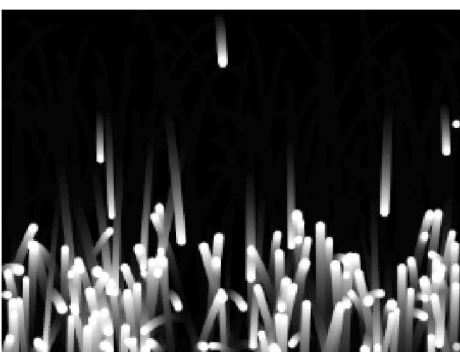


Figura 9c-9d.

Resultado visual del ejemplo anterior

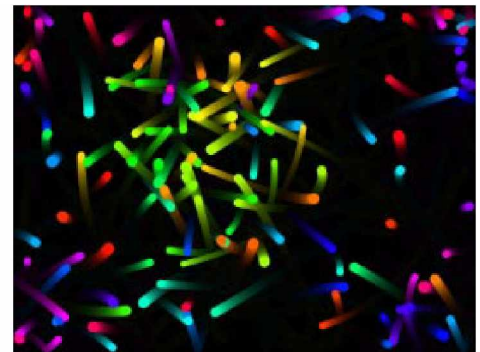
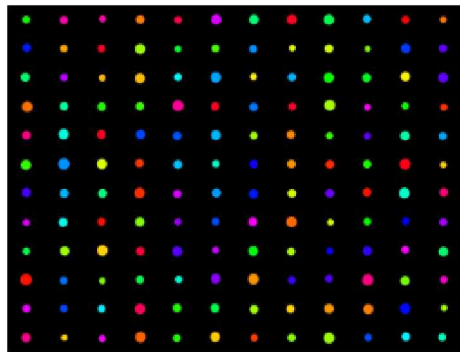
El modificador “mResetLluvia” hace que las partículas reaparezcan arriba cuando están en el suelo sin velocidad.

### Ejemplo 2

```
void setup() {  
  size(800, 600);  
  sistema = new Sistema(this, 144);  
  sistema.agregarModificador(mFuerzasPorSemejanza);  
  sistema.agregarModificador(mAplicarFuerza);  
  sistema.agregarModificador(mMover);  
  sistema.agregarModificador(mEspacioCerrado);  
  sistema.agregarModificador(mDibujar);  
}  
void draw() {  
  noStroke();
```

Figura 10a-10b-10c.

Resultado visual del ejemplo anterior



```
fill(0,20);  
rect(0,0,width,height);  
sistema.actualizar();  
}
```

### Ejemplo 3

```
void setup() {  
  size(800, 600);  
  sistema = new Sistema(this, 144);  
  sistema.agregarModificador(mAtraccionUniversal);  
  sistema.agregarModificador(mAplicarFuerza);  
  sistema.agregarModificador(mMover);  
  sistema.agregarModificador(mColisionParticulasSimple);  
  sistema.agregarModificador(mEspacioToroidal);  
}
```

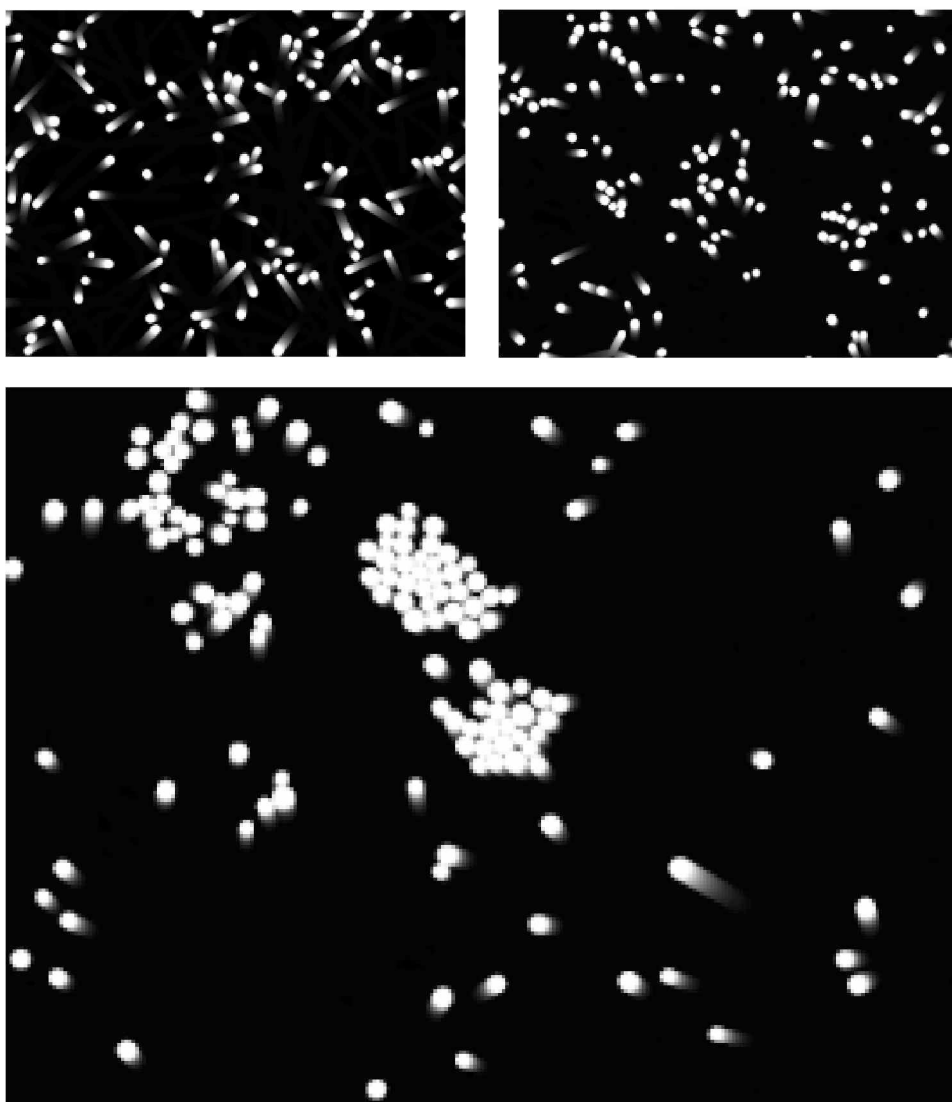


Figura 11a-11b-11c.

Resultado visual del ejemplo anterior

```

    sistema.agregarModificador(mDibujar);
}
void draw() {
    noStroke();
    fill(0,20);
    rect(0,0,width,height);
    sistema.actualizar();
}

```

#### Ejemplo 4

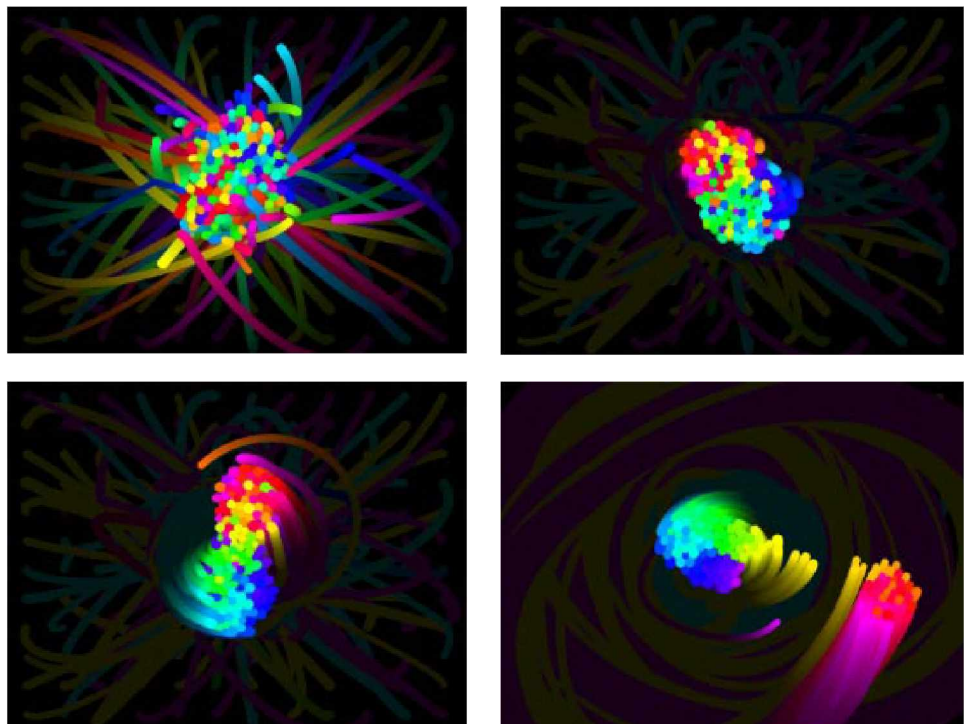
```

void setup() {
    size(800, 600);
    sistema = new Sistema(this, 144);
    sistema.agregarModificador(mFuerzasPorSemejanza);

```

Figura 12a-12b-12c.

Resultado visual del ejemplo anterior



```

    sistema.agregarModificador(mAtraccionAlCentro);
    sistema.agregarModificador(mAplicarFuerza);
    sistema.agregarModificador(mMover);
    sistema.agregarModificador(mColisionParticulasSimple);
    sistema.agregarModificador(mDibujar);
}

```

```
void draw() {  
  noStroke();  
  fill(0,5);  
  rect(0,0,width,height);  
  sistema.actualizar();  
}
```

## Notas

1. <http://toplap.org/>
2. <http://networkmusicfestival.org/nmf2012/programme/performances/silicone-bake/>
3. <http://rtigger.com/blog/2013/05/15/live-coding-good-or-bad>
4. <http://www.lighthouse.org.uk/programme/brighton-digital-festival-closing-performances>
5. <http://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo>
6. <https://processing.org/>
7. <http://puredata.info/>
8. <http://www.dangermouse.net/esoteric/piet.html>
9. <http://www.arduino.cc/>
10. <http://es.wikipedia.org/wiki/Befunge>
11. <http://recursivedrawing.com/>
12. <http://www.reactable.com/>
13. <http://natureofcode.com/book/chapter-9-the-evolution-of-code/>
14. <https://scratch.mit.edu/>
15. <http://es.wikipedia.org/wiki/Kinect>





# CAPTURAS DEL ÚNICO CAMINO: EL PLANTEO ALGORÍTMICO

## Damián Anache

UNQ (Universidad Nacional de Quilmes), Bernal, Buenos Aires, Argentina  
 CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas),  
 Argentina  
[damiananache@gmail.com](mailto:damiananache@gmail.com) | [damiananache.com.ar](http://damiananache.com.ar)

## INTRODUCCIÓN

El presente texto documenta el desarrollo de los algoritmos para la creación de *Capturas del único camino* (Anache, 2014, en adelante: la obra) y la relación entre cada uno de ellos.

Se describe la obra como transmedia al estar constituida por una pieza musical, una serie de imágenes digitales y un trabajo audiovisual. Esta creación fue realizada en el marco de las actividades del proyecto de investigación *Síntesis espacial de sonido en la música electroacústica* (Universidad Nacional de Quilmes, 2013-2015) dirigido por el Dr. Oscar Pablo Di Liscia y Codirigido por el Lic. Mariano Cura .

La pieza musical y una colección de la serie de imágenes fueron publicadas en formato álbum por los sellos *Inkilino Records* y *Concepto Cero* en diciembre de 2014. Al mismo tiempo se publicó el mismo álbum en edición digital incluyendo el audio en formato 48 khz 24 bit *Ambisonics UHJ* y el material visual en formato pdf. Ambas versiones son de libre distribución mediante licencia *Creative Commons* y tanto su descarga como la escucha online están disponibles en el siguiente sitio: <http://conceptocero.com/capturasdelunicocamino/>.

*Música por computadoras*

*Imagen digital*

*Arte algorítmico*

*Aleatoriedad*

Figura 1

Capturas del único camino- versión álbum físico. Publicado en dos ediciones: Simple (300 unidades) y De lujo (150 unidades numeradas). La fotografía corresponde al segundo caso, incluyendo: CD de audio (stereo/Ambisonics-UHJ), 4 láminas a color con una selección de imágenes generadas para la obra, además de otras láminas en blanco y negro con textos sobre la obra y la partitura de Paisaje Primero, el primer movimiento de la obra.



Al definir la publicación como *álbum* se remarca el hecho de incluir música, imágenes y textos, todos en el mismo sentido que Erik Satie incluía escrituras poéticas en las indicaciones de sus partituras para fortalecer el vínculo y la comunicación con el intérprete, aunque en este caso particular se realiza de manera directa con el público receptor de la obra. El mismo Satie, emplea el término *álbum musical* para la publicación de *Sports & divertissements* (1914), respecto del cual sentenció “Esta publicación consta de dos elementos artísticos: dibujos y música (...) Estas dos partes, reunidas en un solo volumen, forman un todo: un álbum”. Décadas después de aquellos trabajos y valiéndose del formato disco (de Vinilio, Compacto, sus adaptaciones de distribución digitales, etc.) muchos músicos trabajaron de algún modo similar esa comunicación complementaria que excede lo estrictamente sonoro o musical. Así es como la publicación de *Capturas del único camino* opera cuidada y delicadamente sobre esos elementos estéticos que pretenden sugerir un entorno determinado para la apreciación de la obra musical, agregando el hecho de que el desarrollo visual ocupa un lugar importante en la creación de la obra total y no es un mero complemento sino que, como se detallará a continuación, música e imágenes se desarrollaron en conjunto y de manera integral.

Por su parte, el tercer elemento de la obra transmedia, la pieza audiovisual, integra de manera sincronizada la música y las imágenes, para lo que la misma etapa de generación de imágenes estáticas incorpora la dimensión temporal. La primer presentación pública de esta pieza audiovisual fue en forma de instalación y se realizó en la ciudad de La Plata, como proyección monocal y sistema de amplificación de cuatro parlantes de dos vías en disposición cuadrado.



Figura 2

Capturas del único caminoversión instalación audiovisual.

A continuación, el presente texto expone los detalles del desarrollo algorítmico de la obra. Para esto primero se presenta el contexto total de la obra; luego se describe la propuesta algorítmica común de todas las etapas; y finalmente se detalla cada etapa individual por separado.

## 2 - Consideraciones generales sobre la obra.

Tanto la música como las imágenes fueron creadas mediante algoritmos desarrollados en los entornos *Pure Data* (música) y *Processing* (imágenes estáticas y en movimiento) e interconectados entre sí mediante el protocolo OSC para la versión audiovisual. En todos los casos se diseñaron algoritmos generativos que involucraron pautas aleatorias; es por esto que tanto la publicación de la obra como música en un soporte físico, como las imágenes impresas, son solo algunos de todos los posibles resultados de la obra generativa y de allí la referencia al concepto de *capturas* en su título.

En particular, para la publicación de la obra musical en soporte fijo se realizaron varias grabaciones de la música *capturando* diferentes instancias del resultado sonoro ofrecido por el algoritmo al ponerlo en funcionamiento (opera de manera autónoma y en tiempo real). Luego se seleccionó una única *captura* como versión final. Por otro lado, y de manera análoga, las imágenes impresas son solo una selección del autor a partir de una gran cantidad de posibles resultados de imágenes generadas por el otro algoritmo (también autónomo pero en tiempo diferido). De algún modo el proceso de selección de imágenes, como el de los fragmentos musicales, sería similar al de tomar fotografías de un área determinada de un paisaje, capturando así solo un sector de una vista que en realidad es inabarcable. Asimismo, en la instancia audiovisual exhibida como instalación la captura es realizada por el espectador al decidir el momento,

o recorte temporal, de contemplación de la obra, la que en realidad es de proyección continua y de duración indeterminada (al menos en términos ideales).

### 3 - Descripción de la propuesta algorítmica.

El algoritmo musical y el de imágenes digitales estáticas tienen una concepción común en términos conceptuales, ambos definidos a partir del siguiente planteo:

*Recorrer el espacio de realización de la obra colocando a cada paso la unidad de construcción. En cada instancia, determinar las características de ella (las de cada unidad) a partir de un listado de posibilidades previamente definido. Esa definición (la de las características) debe ser mediada al menos por una decisión aleatoria.*

Existe una incontable cantidad de modos diferentes de interpretar esta propuesta y cada interpretación generaría pares de algoritmos tan diferentes como cantidad de obras posibles a partir de este enunciado (el par de algoritmos se refiere al musical y el de imagen). En el caso particular de Capturas del único camino, ese planteo se concretó interpretando cada concepto de la manera que se detalla a continuación :

A) Para la premisa “*Recorrer el espacio de realización de la obra colocando a cada paso la unidad de construcción.*” se interpretó lo siguiente según el caso:

	Música	Imagen
<i>espacio de realización</i>	el tiempo	el lienzo
<i>paso</i>	cantidad de negras	cantidad de píxeles
<i>unidad de construcción</i>	sample	figura geométrica

B) En el caso de la segunda parte de la propuesta, las *características* de la *unidad de construcción* para esta obra están definidas a partir de un listado de posibilidades que se organizan en dos niveles: el primer nivel jerárquico es la clase de la unidad de construcción, la que además está subdividida en dos niveles o categorías; En segundo orden jerárquico, se definen las características que afectan a esa clase. El algoritmo de implementación define todos los niveles de cada *unidad* específica de manera aleatoria, según las posibilidades de las tablas a continuación:

B.1) Primer nivel jerárquico, clase:

musica		
	<i>Categoría Principal</i>	<i>Categoría secundaria</i>
Clase de la unidad ( Sample/ Material sonoro)	- Instrumento Acústico	- Piano
		- Guitarra
		- Glockenspiel
		- Percusión
	- Sonido vocal	- Silbado
		- Cantado Largo
		- Cantado Breve
		- Sonido no tónico
	- Sonido generado por síntesis	- Sonido puro
		- Evolución breve ( percusivo / rítmico)
		- Evolución media
		- Evolución larga ( textural )
	- Grabación de campo(Fuente: Agua)	- Puntual ( gota / brazada)
- Caudal leve		
- Caudal medio		
- Caudal grande		

Imagen		
	<i>Categoría Principal</i>	<i>Categoría secundaria</i>
Clase de la unidad (Figura Geométrica)	- Triángulo	Grande
		Chico
	- Cuadrado	Grande
		Chico
	- Círculo	Grande
		Chico

B.2) Segundo nivel jerárquico, características de cada unidad:

Música
Grupo de Alturas ( PCS) + Altura ( PC)
Duración
Intensidad (Volumen)
Posición angular y distancia

Imagen
Distribución global de color ( foto de referencia ) + Color de cada figura
Tamaño
Intensidad (Composición alfa)
Posición angular (ángulo de rotación, solo válido para la figura triángulo)

Partiendo de la interpretación de las premisas iniciales según lo detallado en los puntos A y B, la propuesta algorítmica de la realización musical y de imagen estática se las puede representar mediante los siguientes diagramas:

Figura 3

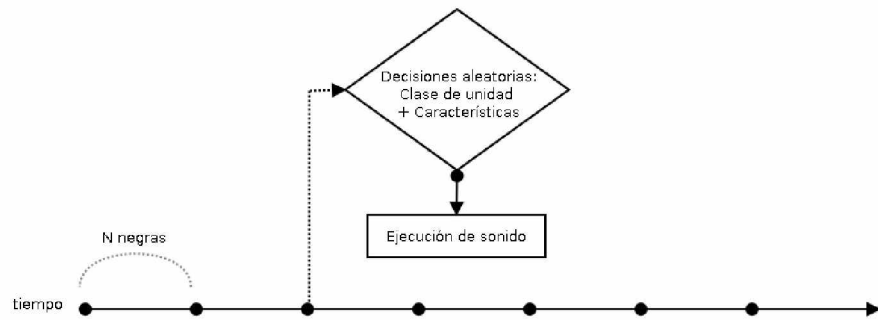
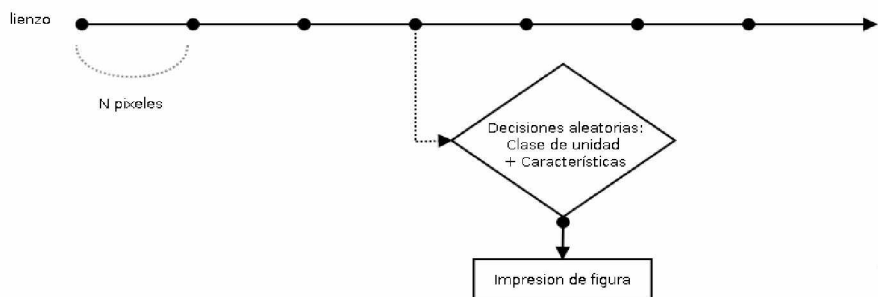


Figura 4



Por su parte, el algoritmo audiovisual toma como punto de partida los dos anteriores, el musical y el de imagen, y los integra de manera que el segundo ya no opera en tiempo diferido sino que su desarrollo está supeditado a la conducción temporal impartida desde el primero. Es entonces que el algoritmo musical no presenta alteraciones estructurales en la realización audiovisual mientras que sí presenta modificaciones el de generación de imagen; principalmente al incorporar la dimensión temporal por lo que su “*espacio de realización*” en este caso es un híbrido entre *el lienzo* y *el tiempo*. El recorrido de *el lienzo* en este caso es de manera aleatoria por lo que el orden de generación de figuras geométricas no es lineal y los momentos de generación de cada figura son organizados a partir de la indicación de *tempo* recibido desde el algoritmo musical. Otro de los cambios radica en que las figuras geométricas, osea la *unidades de construcción*, se reagrupan en dos: las Figuras de tamaño grande y las de tamaño chico, invirtiendo el orden de las categorías detalladas en la tabla B.1. Entonces, las figuras de tamaño chico están en constante generación según una unidad de tiempo proporcional a la que opera la etapa musical, y las de tamaño grande se generan en sincronía con el paso de creación del algoritmo musical. De esta manera, la sincronía en

la obra final queda evidenciada de manera explícita gracias a la creación simultánea de figuras geométricas grandes y las acciones musicales. Esta propuesta algorítmica de la realización audiovisual se la puede representar mediante el siguiente diagrama:

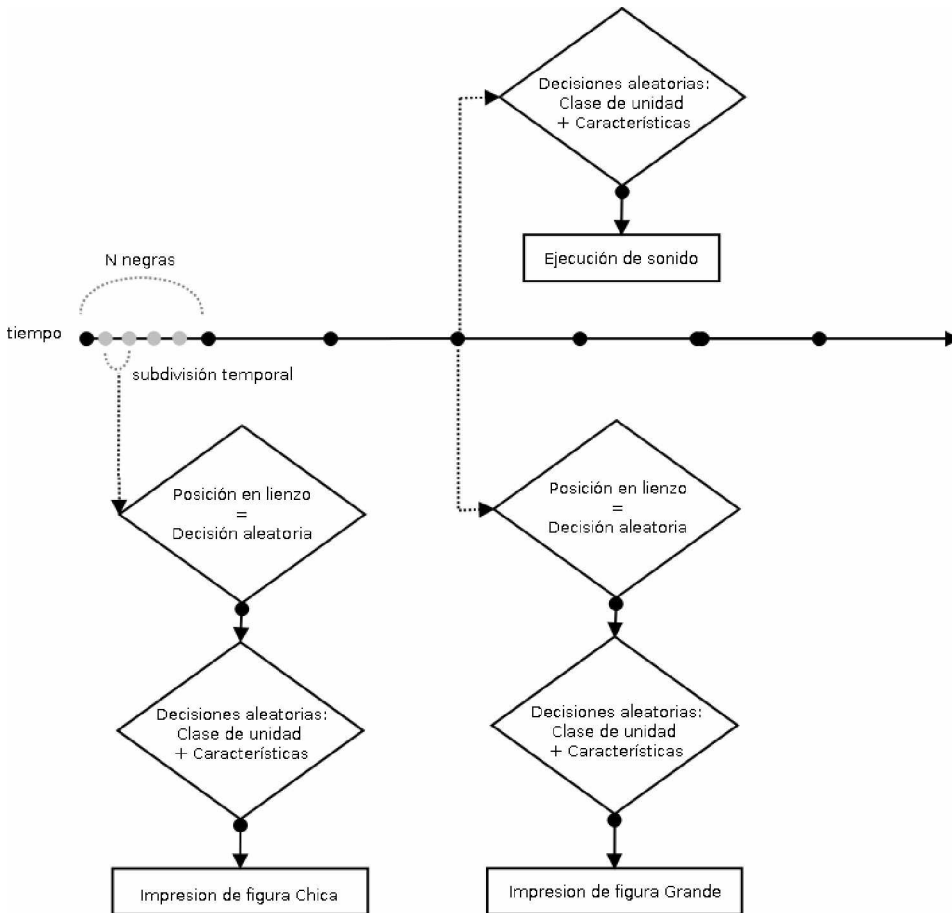


Figura 5

## 4 - Precisiones sobre los algoritmos individuales

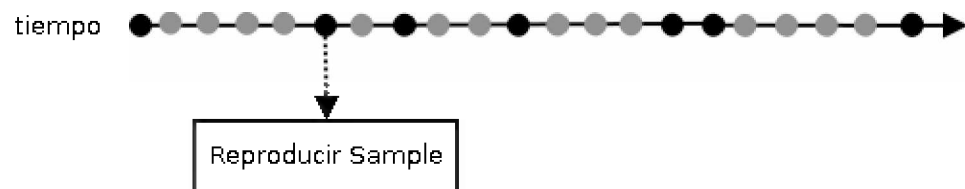
### 4.1 - El algoritmo musical

Antes de exponer las precisiones sobre este algoritmo es importante aclarar que el mismo opera a modo de intérprete autómatas de una partitura compuesta en términos musicales tradicionales (o mejor dicho, contemporáneos), la que también puede ser ejecutada por músicos. Aquí se expondrá solo el desarrollo del algoritmo que interpreta la obra en términos musicales, sin profundizar sobre la programación en el lenguaje particular elegido para su realización (que como se anticipó, fue desarrollado en el entorno Pure Data); entendiendo por esto que el mismo resultado de obra puede alcanzarse con precisión mediante el uso de otros entornos similares. Esto infiere que la entidad de la obra tratada no se fundamenta en un lenguaje específico de programación sino en la interpretación del planteo algorítmico, la que inclusive puede ser ejecutada más allá de los entornos de programación (por ejemplo por músicos como se señaló al inicio de este párrafo).

A continuación se detalla cómo se concretó en términos musicales el planteo algorítmico descrito en el punto 3 - *Descripción de la propuesta algorítmica*. Cabe señalar que como criterio general se buscó que esta implementación del algoritmo alcance una constante variación (dentro de las posibilidades que ofrecen sus límites) para evitar que se evidencie el/los patrón/es de repetición en el resultado sonoro final.

La primer oración del planteo algorítmico expone: “*Recorrer el espacio de realización de la obra colocando a cada paso la unidad de construcción*”. Como se aclaró en el punto 3.A, esta obra considera al tiempo como el *espacio de realización*, el *paso* está definido en cantidad de negras y la *unidad de construcción* es el *sample*. Entonces, el *paso* fue definido de manera irregular y según una secuencia de intervalos (cantidad de negras) obtenidos a partir de los múltiplos de 5, 7 y 11. De manera que la secuencia de intervalos se corresponde con el modelo: 5, 7, 10, 11, 14, 15, 20, 21, 22, 25, 28, 30, 33, 35, etc. Una vez definida esta secuencia de intervalos se constituye un patrón hasta alcanzar el valor 385. Este patrón es tomando como estructura cíclica de *pasos* para el algoritmo, que la recorre (la secuencia) a velocidad de negra = 27 bpm. A partir de esto, se entiende que el algoritmo *recorre el espacio de realización de la obra* “contando” la cantidad de negras y en los valores de negras múltiplos de 5, 7 y 11, *coloca una unidad de construcción*, osea reproduce un *sample*. Lo planteado en este párrafo se puede representar de la siguiente manera:

Figura 6



La elección del *sample* específico a reproducir está mediada por una decisión de tres niveles, primero entre los dos niveles de posibilidades detalladas en la tabla del punto 3.B-1 y luego el *sample* concretamente (sobre lo que se detallará más adelante). Por lo tanto, la primer decisión define la categoría principal del material sonoro. Esto se realiza de manera aleatoria al iniciar cada ciclo de 385 negras, constituyendo así la organización formal de la obra en cuatro movimientos, cada uno correspondiente a las cuatro posibilidades de la categoría principal. Sus nombres son: *Paisaje Primero* (instrumentos acústicos); *Paisaje Propio* (sonidos vocales); *Paisaje Artificial* (sonidos generados por síntesis); y *Paisaje Natural* (grabaciones de campo, fuente: agua en movimiento). Para cada uno de esos cuatro movimientos, el patrón de *pasos* (o la secuencia de intervalos medidos en cantidad de negras) sufre pequeñas variaciones o adaptaciones a partir del modelo definido en el párrafo anterior, el que se corresponde para *Paisaje Primero*. Esas variaciones son las necesarias para ajustar con criterio estético el



algoritmo general según las características propias de cada material sonoro. No se profundizará aquí esos pormenores, simplemente se ejemplifican señalando que las variaciones se realizaron para evitar superposiciones de *samples*. Por ejemplo, para el caso particular de *Paisaje Natural* la mayoría de las grabaciones de campo exceden la duración de 5 negras (a 27 bpm), de modo que se implementó un paso escalado al doble, usando solo los múltiplos de 5 que a su vez son pares (10, 20, 30, etc) y continuando con ese criterio se realizaron otras variaciones similares.

El segundo nivel de la decisión del *sample* a reproducir en cada paso, define la categoría secundaria, o sea “¿cuál instrumento?” para el caso de *Paisaje Primero*. Esa decisión no es aleatoria sino que está vinculada con la cantidad de *pasos* o la cantidad de negras. Cuando la cantidad de negras sea múltiplo de 5 el algoritmo reproduce un *sample* de la categoría secundaria *piano*; para múltiplos de 7, *guitarra*; y para múltiplos de 11, *glockenspiel*. Cuando la cantidad de negras sea un múltiplo de más de uno de estos valores, se reproducirán más de un instrumento en simultáneo. La categoría secundaria de *sample percusión*, en el único caso (entre todos los cuatro movimientos) que por criterios estéticos y arbitrarios opera con un *paso* aleatorio, alejándose así del planteo inicial. Los otros movimientos tiene asignaciones que respetan el mismo criterio de división de la categoría principal en estratos por intervalos de tiempo múltiplos de un valor específico. Esta organización permite generar una estructura rítmica procesual, articulada con la organización tímbrica y evitando la simultaneidad de todos los materiales sonoros más allá de una instancia por cada patrón o ciclo.

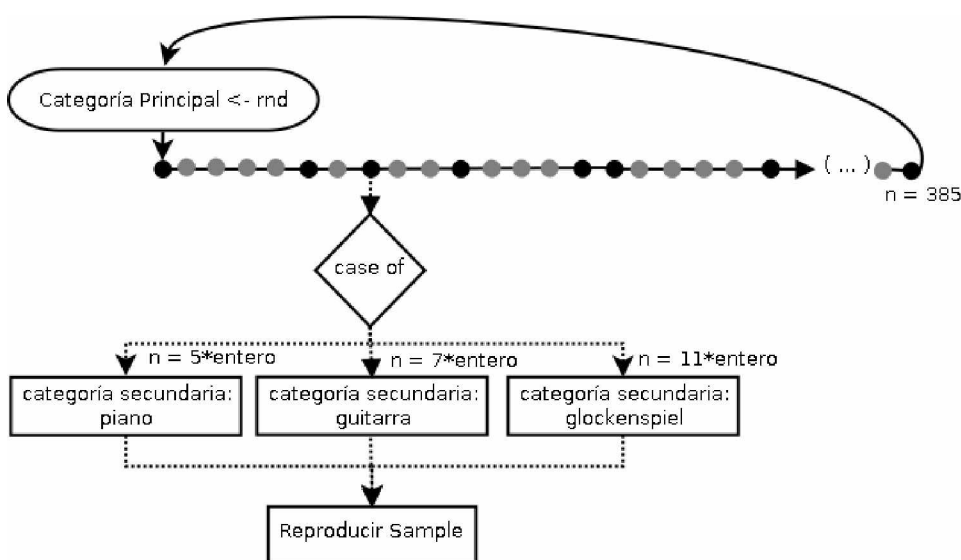


Figura 7

El último nivel de la decisión es el *sample* concreto a reproducir. Esta decisión es aleatoria y define el gesto musical ejecutado por el instrumento elegido. El listado de posibilidades de gestos musicales no se exponen aquí (pero sí se los documenta en la partitura, al menos para *Paisaje Primero*) ya que es extenso y propio

para cada fuente individual, por ejemplo, el piano ofrece un amplio repertorio de gestos como acordes, arpeggios, etc, mientras que en el caso del sonido vocal silbado, son simplemente diferentes grabaciones de una misma nota silbada. Por otro lado, resulta inapropiado el concepto de gesto musical para las grabaciones de campo de agua en movimiento, por lo que en ese caso de la decisión final del *sample* (cuando ya se optó por un nivel de caudal de agua, por ejemplo *leve*) simplemente se escoge entre diferentes grabaciones de campo que se corresponden con la clase. Cabe señalar que más allá del grado de aleatoriedad algorítmica para la elección de los *samples*, la cuidada colección ofrecida como banco para el algoritmo ocupó una etapa importantísima del proceso de creación y son estos materiales lo que garantizan el efectivo resultado de la obra.

La segunda etapa del algoritmo de ejecución de la obra decide las características de la reproducción de cada *sample*. Esas características, según la tabla del punto 3.B.2 son: altura (definida a partir de diferentes grupos de posibilidades), duración, intensidad y posición espacial (definida por una posición angular y una simulación de distancia emulada solo a partir de un nivel de reverberancia ).

En cuanto al manejo de altura se desarrolló un trabajo atonal basado en la teoría de los *conjuntos de grados cromáticos*. Para esto se definieron cuatro PCS: 6-35; 5-33; 4-23 (transp. 1) y 3-12. Cada 77 negras el algoritmo elige aleatoriamente uno de esos grupos y luego, al momento de ejecutar cada *sample*, elige un PC determinado dentro de las posibilidades del grupo en vigencia. Para esto, cada *sample* tiene la información de PC propio, de manera que si el *sample* elegido no corresponde con el PC a ejecutar en ese momento el algoritmo varía la velocidad de reproducción (*pitch scaling / pitch shifting*), transponiéndolo para lograr la correspondencia. Claramente este planteo de manejo de alturas solo es válido para los sonidos tónicos, sin embargo para los sonidos no-tónicos (por ejemplo, las grabaciones de campo de agua en movimiento) se definió arbitrariamente el PC propio de cada *sample*, de manera de capitalizar estéticamente el proceso de variación de la velocidad de lectura que altera tanto el timbre como la duración de los *samples*, aportando así constantes variaciones para cada ejecución de *sample*. De esta manera, en un mismo proceso se altera tanto la altura de los *samples* como su duración y timbre, en todos las categorías de *samples*.

El control de la intensidad, por su parte, está supeditado principalmente al contenido sonoro original que almacena cada *sample*. De manera que más allá de esas variaciones de intensidad que se generan a partir de las propias características de los *samples*, el algoritmo incorpora modulaciones de amplitud mediante varias *LFO* ( *Low frequency oscillation*) que operan en diferentes estratos, divididos por cada categoría de *sample* (categoría secundaria, osea el tipo de instrumento en *Paisaje Primero*). También mediante varias *LFO* se definen las posiciones espaciales de cada uno de esos estratos. En todos los casos,

las modulaciones son articuladas para que operen de manera asincrónica evitando patrones de convergencia de los valores extremos entre ellas. Con respecto a la posición espacial se refiere a la posición angular en la esfera unidad del campo *surround* 3D según la técnica de codificación *Ambisonics*. En cuanto al uso de reverberación, el valor modulado mediante una *LFO* es el nivel de *dry/wet* entre el sonido directo y el sonido reverberado. El sonido reverberado se obtiene mediante una convolución entre cada *sample* y una respuesta a impulso. Cabe aclarar que la implementación de la reverberación se empleó principalmente por un interés estético de alteración tímbrica de los sonidos y no se pretendió recrear con precisión un espacio acústico real.

Incorporando todos los niveles de acción del algoritmo, su esquema completo se representa de la siguiente manera:

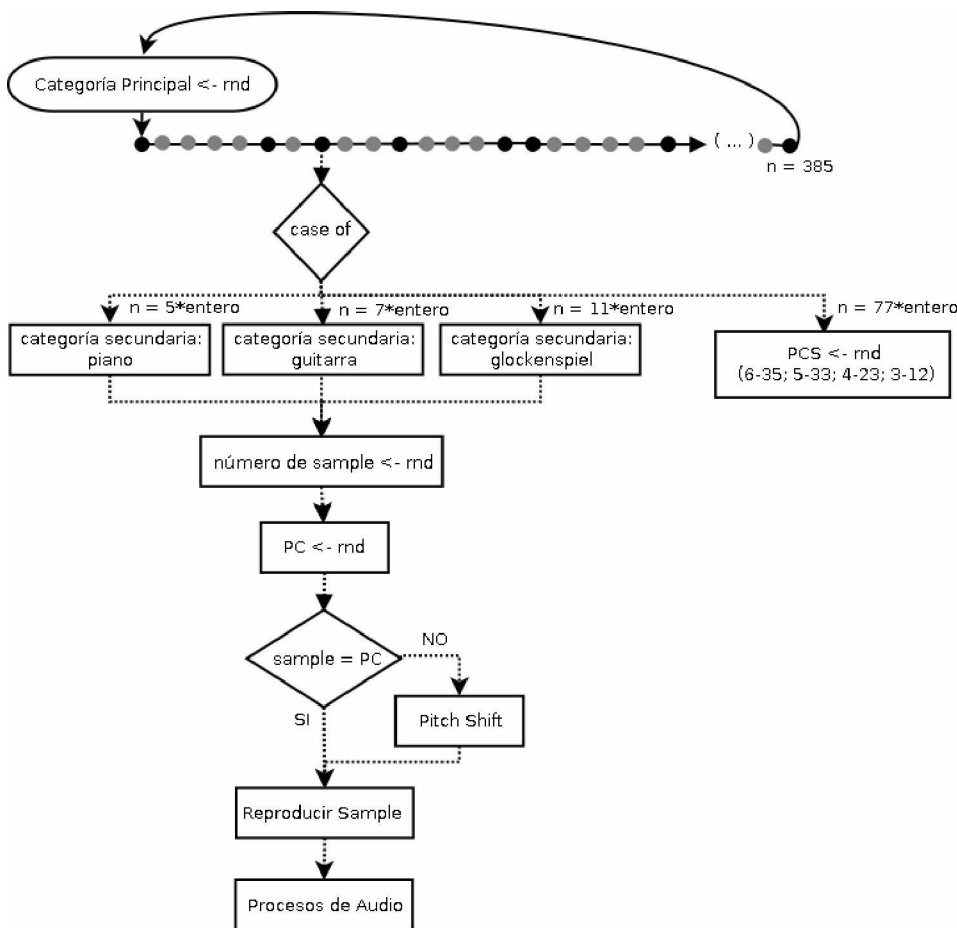


Figura 8

#### 4.2- El algoritmo de imagen

Continuando con el criterio expuesto en el primer párrafo del punto 4.1 - *El algoritmo musical*, a continuación se desarrolla la interpretación algorítmica de la obra sin profundizar en su manifestación en un lenguaje de programación específico. Solo se menciona que la obra se concretó con el código desarrollado en el entorno *Processing* (como se anticipó en 2 - *Consideraciones generales sobre la obra*).

Este algoritmo funciona en tiempo diferido y requiere de un conjunto de valores de inicialización definido por el usuario (en adelante: el autor) que determinan su comportamiento según las características de la imagen o serie de imágenes a generar en cada instancia de ejecución ( adelante se detalla el listado de parámetros de inicialización). En términos generales, el algoritmo alcanzado analiza la distribución de color de un banco de fotografías de paisajes reales (tomadas por el autor) y a partir de esa información genera nuevas imágenes de paisajes abstractos, contruidos a partir de la superposición de figuras geométricas simples. Como gran parte de las decisiones del algoritmo son medidas por valores aleatorios, el mismo puede generar una cantidad indeterminada de imágenes diferentes. En la imagen de referencia que se incluye a continuación, se puede observar que las figuras están definidas por un color pleno y un contorno en contraste, por diferencia de intensidad del mismo color. Cabe aclarar que algunas de las imágenes impresas publicadas en la versión álbum de *Capturas del único camino*, fueron generadas mediante versiones preliminares del algoritmo y de allí que el resultado alcanzado no se corresponda con precisión con el planteo que aquí se desarrolla como versión final del algoritmo.

Figura 9

*Imagen generada por el algoritmo de Capturas del único camino especialmente para esta publicación en la revista Invasión Generativa.*



A continuación se detalla cómo se concretó en términos visuales el planteo algorítmico descrito en el punto 3 - *Descripción de la propuesta algorítmica*. La primer oración del planteo expone: “Recorrer el espacio de realización de la obra colocando a cada paso la unidad de construcción”. Como se aclaró en el punto 3.A, esta obra considera al *lienzo* (mapa de bits) como el *espacio de realización*, el *paso* está definido en cantidad de píxeles y la *unidad de construcción* son figuras geométricas. Para esto

el algoritmo recorre el mapa de bits a crear desde la posición superior izquierda hasta el extremo opuesto (inferior derecho). Si se piensa al mapa de bits como una matriz, primero se recorre todas las posiciones (píxeles) de una fila completa (desde 0 en el extremo izquierdo, hasta el valor máximo en el extremo derecho) y recién luego avanza a la fila siguiente, empezando en la fila superior. Ese recorrido no es píxel a píxel (ni el recorrido interno de una fila, ni en el salto de una fila a otra) sino que se realiza según un paso (una cantidad determinada de píxeles) definido aleatoriamente y que además cambia paso a paso (en cada paso dentro de una fila, como en el paso de fila a fila). Esa definición aleatoria del paso se realiza en función del tamaño de la imagen a generar y el tamaño mínimo posible de cada figura (más adelante se profundizará sobre el tamaño de las figuras). De esta manera, el algoritmo imprime en el *lienzo* una figura geométrica a cada *paso*, como se lo representa en el esquema a continuación:

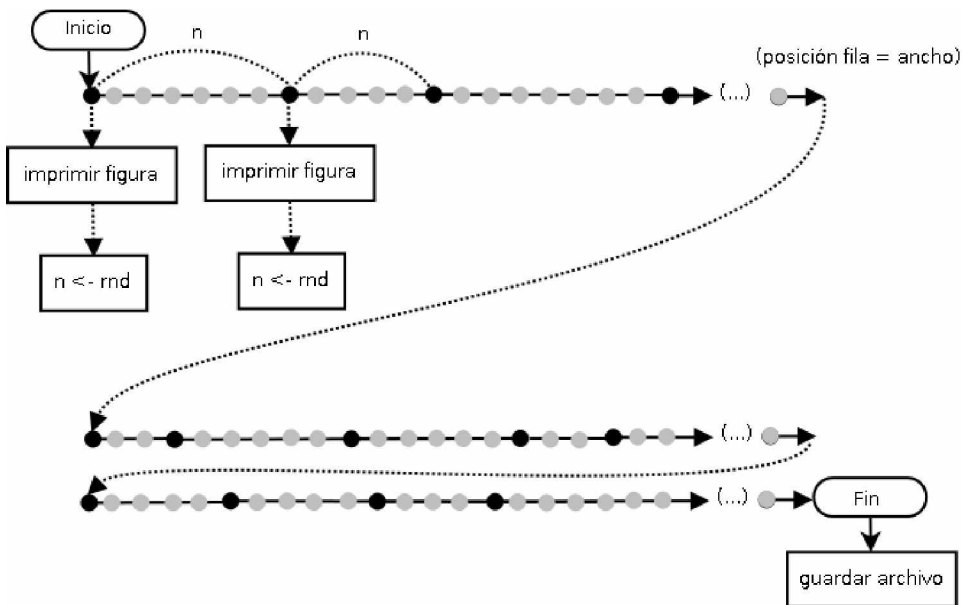


Figura 10

La elección de la *unidad de construcción* específica, osea la figura geométrica con la que el algoritmo opera en cada generación de imagen nueva, es definida por el autor al ejecutar el algoritmo como parámetro de inicialización. Como se indicó en la tabla 3.B.1, además de la clase de figura geométrica específica existe una categoría secundaria para la *unidad de construcción* y en este caso agrupa los tamaños de las figuras en dos categorías: chico y grande. Este aspecto es definido aleatoriamente por el algoritmo, paso a paso, al imprimir cada figura. La distribución de la cantidad de figuras grandes en relación a las chicas es definida a partir de un porcentaje ingresado como parámetro de inicialización por el autor al ejecutar el algoritmo.

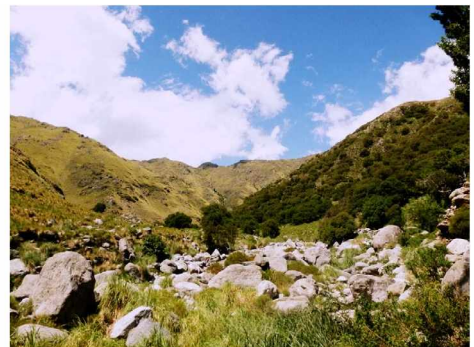
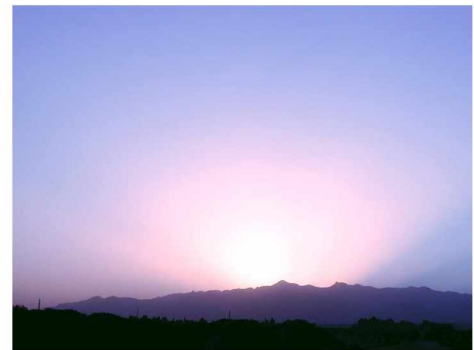
La segunda etapa de decisiones del algoritmo define las características específicas de cada figura, las que se plantearon en la tabla del punto 3.B.2 : tamaño específico, color (definido a partir de diferentes grupos de posibilidades), intensidad y en el caso particular de la figura triángulo: su ángulo de rotación.

El tamaño específico de cada figura particular se decide aleatoriamente en cada paso a partir de márgenes mínimos y máximos, tanto para la categoría de tamaño grande como la de chico. Estos márgenes son definidos por el autor como valores de inicialización al ejecutar el algoritmo.

El color de las figuras está definido en dos etapas. En la primer etapa, el algoritmo escoge aleatoriamente una o más imágenes de referencia, a partir de una colección de imágenes ofrecida por el autor como banco. Dicho en otras palabras reduce el banco de referencia a una cantidad menor de imágenes. A continuación se incluyen ejemplos de algunas de ellas.

Figura 11, 12, 13, 14

*Algunas de las imágenes del banco de referencia para la distribución del color.*



En una segunda etapa, una vez seleccionadas las imágenes a emplear, el algoritmo toma (aleatoriamente) solo una de ellas a cada paso para evaluar la información de color en la misma posición a imprimir (posición porcentual relativa al tamaño de cada imagen) y así construir la nueva figura geométrica según ese color. Es decir, el algoritmo consulta el color que contiene alguna de las imágenes de referencia en la misma posición (fila/columna) en la que generará una nueva figura geométrica. Como consecuencia de este planteo, la nueva imagen generada mezcla y traslada a un mismo lienzo la distribución de color de varias de las imágenes de referencia. Las imágenes del banco ofrecido al algoritmo son fotografías de paisajes reales de manera que en la zona inferior de las referencias predominan los colores oscuros y en la parte superior colores claros. Gracias al mecanismo desarrollado, esa tendencia (zona inferior oscura, superior clara) se conserva en las imágenes generadas.

Como se anticipó, el margen o contorno de las figuras y el

relleno de las mismas se corresponden con un mismo color pero en contraste a partir de diferentes niveles de intensidad, o valor de opacidad. El nivel del contorno es siempre el máximo y el de relleno es aleatorio, mayor al 25% y menor al 50%. Otra de las características aleatorias que define el algoritmo es la posición de rotación de la figura triángulo. En ese caso, paso a paso, el algoritmo define la posición en cuatro posibilidades angulares: 0°, 90°, -90° o 180°.

A continuación se expone el listado de parámetros definido por el usuario/autor al momento de ejecutar el algoritmo y posteriormente un esquema general de su funcionamiento.

Valores de inicialización
Tamaño de imagen de salida (ancho y alto).
Cantidad de imágenes que se analizan para obtener la distribución de color (cant. max = tamaño del banco)
Cantidad de imágenes a generar
Figura geométrica a emplear (circulo, cuadrado o triángulo)
Relación porcentual entre la cantidad de figuras de tamaño grande y chicas
Margenes de tamaño para las dos clases de figuras ( tamaño máximo y mínimo para las figuras grandes y chicas, en pixeles)

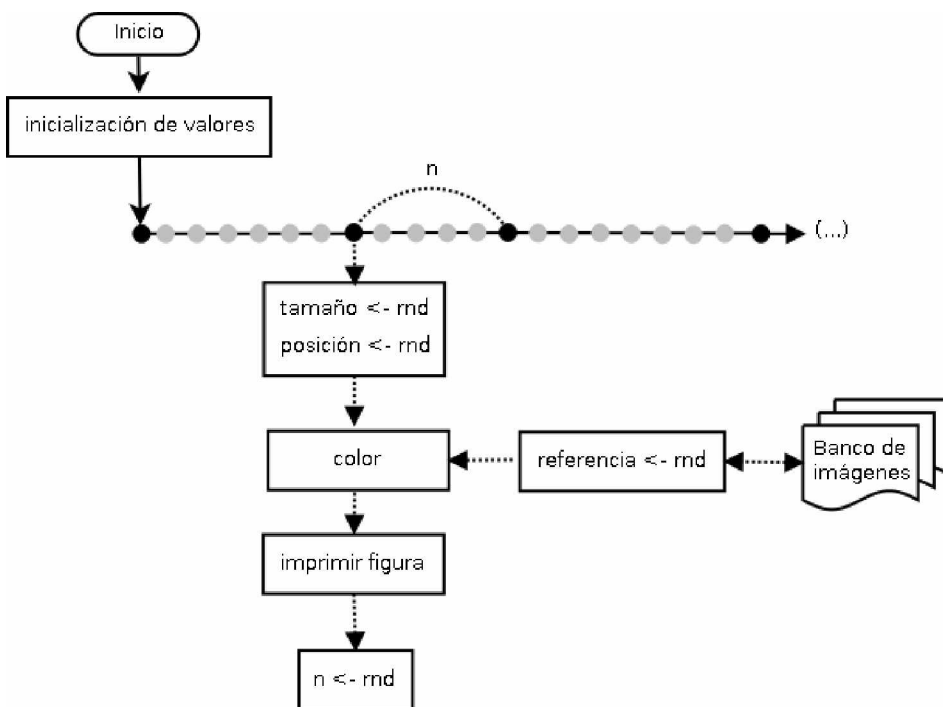


Figura 15

### 4.3 - El algoritmo audiovisual

Como los anteriores, el algoritmo audiovisual se describió en términos generales en el punto 3 - *Descripción de la propuesta algorítmica* y es el que integra al musical con el de generación de imágenes estáticas. Esto es así, más allá del hecho de que la implementación del primero (el musical) sufra pequeñas modificaciones, las que no por esta condición afecten la interpretación algorítmica de la obra. Un ejemplo de esas modificaciones del código es la incorporación de la etapa de envío de datos OSC hacia el código de generación de imágenes.

Como se anticipa también en el punto 3, el algoritmo de generación de imagen de la obra audiovisual (desarrollado en *Processing*) toma como punto de partida el algoritmo de generación de imágenes estáticas modificando las categorías de las figuras (al dividir los grupos de figuras chicas y grandes) y mediante la incorporación de la dimensión temporal. Esta última característica impacta en la manera en que se imprimen las figuras. Por un lado, las figuras en este caso no son impresas en tiempo de proceso (o tiempo diferido / *offline*) sino que la aparición de cada figura es una acción capitalizada estéticamente mediante un simple fundido de entrada o *fade in*. Otro de los aspectos que capitaliza la dimensión temporal de manera estética es el orden en que el algoritmo recorre la pantalla. En el desarrollo de imagen estática el algoritmo recorre *el lienzo* linealmente desde el ángulo superior izquierdo hasta el inferior derecho, mientras que en el audiovisual el orden es aleatorio. Para esto, la etapa musical envía una señal de sincronía por cada negra, momento en el que se imprimen 100 figuras chicas simultáneamente, distribuidas de manera aleatoria y mediante el fundido de entrada. Cada fundido de entrada tiene su propio tiempo de duración, definido aleatoriamente por el algoritmo al momento de iniciar la creación de cada figura. Planteada esta metodología, se define un límite de creación de hasta 500 figuras en simultáneo (este parámetro puede ser modificado teniendo en cuenta que a mayor cantidad de figuras en proceso de fundido, mayor requerimiento de procesamiento de la plataforma de trabajo / computadora). Una vez que cada figura alcanzó su intensidad máxima (también definida aleatoriamente, de igual manera que el algoritmo de generación de imágenes estáticas) las figuras pasan a ocupar de manera estática una capa de fondo de la pantalla, acumulando estratos pero sin requerir la misma capacidad de procesamiento que requieren al estar en transición. Al mismo tiempo, como se explicó en el punto 3, las figuras grandes son impresas de manera análoga a las chicas pero cada una lo hará al recibir una señal de ejecución de acción sonora vía OSC y su distribución espacial también es aleatoria.

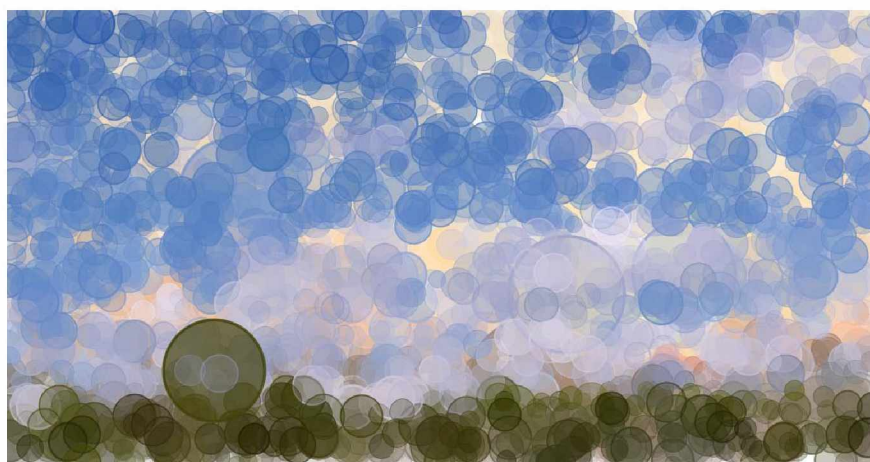
La forma de las figuras (cuadrado, círculo o triángulo) es definida aleatoriamente al inicio de cada movimiento (ver 4.1 - *El algoritmo musical*) mientras que el banco de imágenes de referencia para la distribución de color se decide al mismo tiempo que el algoritmo musical cambia de PCS, o sea cada 77 negras (ver 4.1). De esta



manera, al estar el desarrollo visual supeditado al musical, la duración también es indeterminada. A continuación se muestra una captura de pantalla de la realización audiovisual. Como se puede observar las dimensiones y la cantidad de las figuras geométricas difiere a las de imágenes estáticas. Esto radica en que el potencial de proceso requerido para realizar la generación de imágenes en tiempo real es superior al necesario para el tiempo diferido. Por tal motivo, esos parámetros son alterados en vistas de reducir la demanda de recursos durante la ejecución del algoritmo audiovisual. Asimismo, la cantidad de figuras grandes es menor, ya que en este algoritmo su creación no es relativa a la cantidad total de figuras sino que depende de la cantidad de sonidos que se estén reproduciendo en la etapa musical.

Figura 16

Captura de pantalla de la realización audiovisual.



## 5- Bibliografía sugerida

A continuación se cita bibliografía de referencia para el lector que desee profundizar en antecedentes de trabajos que abordan las mismas temáticas que esta obra.

Cage, John, 1961, *Indeterminacy*, en *Silence: Lectures and Writings*, Wesleyan University Press, EE.UU..

Cage, John, et al, 2010, *Every Day is a Good Day - The Visual art of John Cage*, Hayward Publishing, Inglaterra.

Eno, Brian, 2011, *Composers as gardeners*, Lectura en *The Serpentine Gallery Garden Marathon*, Serpentine Gallery, Edge Foundation, Inglaterra. Disponible *online*: <http://edge.org/conversation/composers-as-gardeners> (último acceso: agosto, 2015).

Essl, Karlheinz, 2007, *Algorithmic composition*, Publicado en Collins Nick y d'Esquivan Julio (editores) 2007, *The Cambridge Companion to Electronic Music*, Cambridge University Press, Inglaterra.

Galanter, Philip, 2003, *What is Generative Art? Complexity Theory as*

*Context for Art Theory*, en GA2003, 6th Generative Art Conference, Italia. Disponible *online* en: <http://www.generativeart.com/on/cic/papers-GA2003/a22.pdf> (último acceso: agosto, 2015).

Scoates Christopher, 2013, *Brian Eno: Visual Music*, Chronicle Books, EE.UU.

Solaas , Leonardo, 2010, *Generatividad y molde interno - Los sistemas de reglas en el desarrollo de la forma artística* , en Causa, Emiliano (compilador), 2014, *Invasión Generativa*, Año 1 N° 1, Editorial Invasores de la Generatividad , Argentina. Disponible *online* en: <http://www.invasiongenerativa.com.ar/> (último acceso: agosto, 2015).





# EXPERIMENTOS EN LA PRODUCCIÓN DE FORMA PARA UNA ESCULTURA ROBÓTICA

**Ariel Uzal**  
**Emiliano Causa**

## INTRODUCCIÓN:

### La propuesta discursiva: Extremófilos

El presente trabajo surge de un proyecto artístico llamado “Extremófilos”, que consiste en la realización de una serie de esculturas robóticas que representan organismos que se han adaptado a la hostilidad de nuestra cultura. Por definición, los “Extremófilos” son seres que se han adaptado para vivir en condiciones extremas (consideradas hostiles para la vida en general) como la falta de oxígeno o agua, las temperaturas extremas, la exposición a la radiación, etc.

Nuestro proyecto propone la construcción de 4 esculturas robóticas que representan seres imaginarios que se han adaptado a vivir en las condiciones extremas de nuestra cultura, verdaderos extremófilos de nuestra forma de vida.

Nuestro bestiario se compone de los siguientes:

El *Consumófago* es un ser que se ha adaptado a la incesante “compulsión al consumo” que sufrimos.

Es un animal que no puede reprimir su necesidad de consumir y acumular. Tiene unas inmensas mandíbulas que intentan morder y tragar cualquier cosa, sin ojos para distinguir lo que engulle. Este animal desea consumir objetos y poder integrarlos a su ser, pero su sistema digestivo es incapaz de metabolizar lo tragado, deja pasar de largo los objetos acumulándolos como desechos. Su consumo se transforma así en una actividad absurda.

En su ambiente, el Consumófago posee plantas/algas que en sus hojas exponen ofertas de sitios de compra en Internet, lo que implican para éste una constante tentación.

El *Apocalíptico* es un organismo que se ha adaptado a la falta de proyección.

La sensación generalizada con la que vivimos, en un mundo arrasado por la crisis económica mundial que genera cada vez más exclusión, una alarma permanente de catástrofe ambiental, la sensación de inseguridad económica y física, el temor constante a ser agredidos, han provocado que éste ser desarrolle una defensa para sobrevivir al extremo ambiente que habita.

Éste es un ser acorazado que reptaba buscando oportunidades en avisos laborales, en un ambiente repleto de estadísticas, reportes del clima y de la bolsa de valores.

El *Egófilo* se ha adaptado a la contemporánea necesidad de exponer públicamente la intimidad, frente a ese imperioso dictamen de construir una imagen de sí mismo, siempre espectacularizada.

Este ser nunca toca la tierra, por lo cual vive suspendido de un cable de internet, ansioso de encontrar la mirada de la gente para desplegar, cual pavo real, un plumaje repleto de avatares y perfiles de redes sociales.

Su cuerpo se contorsiona en forma extrema esforzándose por obtener el interés de los otros.

El *Infófilo* es un organismo constantemente interferido por el exceso de información presente en nuestra cultura.

Su cuerpo ha perdido la orientación bilateral para adquirir una simetría radial acorde a su indecisión y desorientación constante.

Cada nuevo atisbo de información que llega a él le obliga a cambiar su foco de atención, por esto es incapaz de terminar cualquier actividad y llegar a resultados.

Su cuerpo se ha plagado de aparatos perceptivos, dotándolo de múltiples antenas, sensores y ocho patas que le permiten cambiar rápidamente su destino.

El presente trabajo muestra los primeros bocetos en la producción de una de estas esculturas robóticas, el Consumófago. Para este se ha pensado en realizar un robot zoomorfo que respeta la forma de una especie que es mezcla de tiburón y de organismo tubular, con inmensas mandíbulas móviles. El propósito del trabajo es el de un estudio de construcción de la forma escultórica y robótica mediante técnicas generativas.

## Las etapas de desarrollo

El contenido del presente trabajo está dividido en dos partes: la primera vinculada con el desarrollo de las técnicas y herramientas necesarias para el diseño digital de la forma de la escultura, y la segunda con el desarrollo de técnicas y dispositivos para la fabricación de la escultura y su motorización.

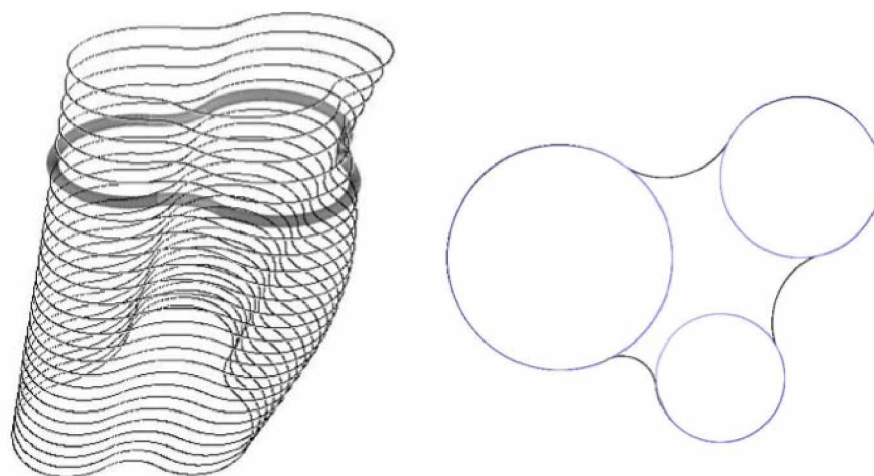
## PARTE 1: El diseño de la forma

### 1.1 La propuesta morfológica, posibilidades: los planos seriados

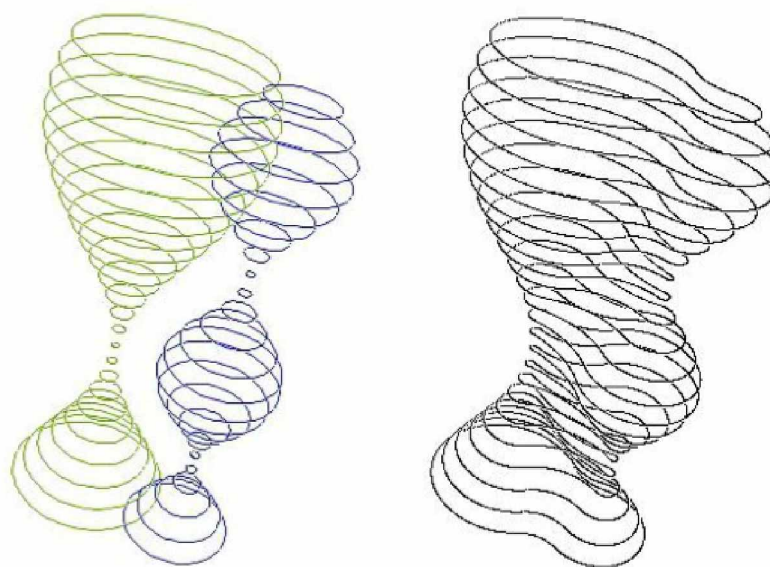
En pos de diseñar y construir la forma de esta escultura robótica se buscó alguna técnica sencilla que permitiera alcanzar formas tridimensionales mediante técnicas de diseño generativo y prototipado alcanzables. Las principales técnicas de prototipado, y las más accesibles, son aquellas que permiten producir formas bidimensionales, como el corte láser o el corte por control numérico. A su vez, estas técnicas se pueden combinar con el uso de software de gráfica vectorial tales como el Inkscape. Una de las ventajas de la producción de formas bidimensionales es que se puede llegar hasta el uso de tijeras y papeles o cartones para su producción. Por todo esto, se pensó alguna forma de producir formas tridimensionales a partir del uso de figuras bidimensionales. Existen varias técnicas posibles para este tipo de diseño, pero la producción de volúmenes por planos seriados nos pareció una de las más sencillas, al mismo tiempo que ya la habíamos abordado en proyectos anteriores.

En un proyecto para la producción de formas mediante algoritmos genéticos se investigó la construcción de una forma mediante planos seriados. Cada plano estaba conformado por círculos que estaban empalmados con otros círculos.

En la imagen que sigue se puede observar un volumen construido por planos y uno de sus planos compuesto por círculos empalmados.



La clave para la construcción de la forma en estos volúmenes consistía en modificar la posición y tamaño de los círculos de plano en plano para lograr el modelado. En la figura siguiente se puede observar el cambio progresivo de los círculos y la forma en que incide en el volumen resultante:



Por último, en la siguiente imagen se puede ver un prototipo real cortado con láser en acrílico. Un detalle más acabado de este proceso puede leerse en el texto “Algoritmos Genéticos aplicados a la generación y producción de formas escultóricas” (Causa, 2013).

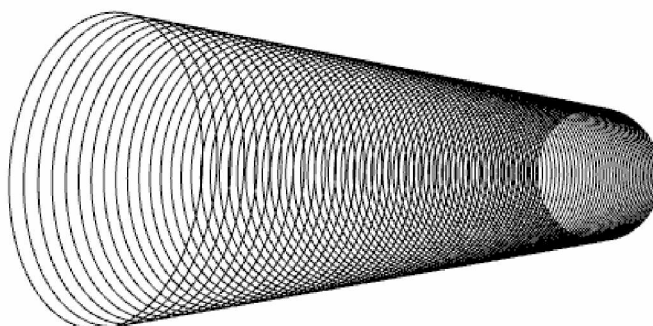




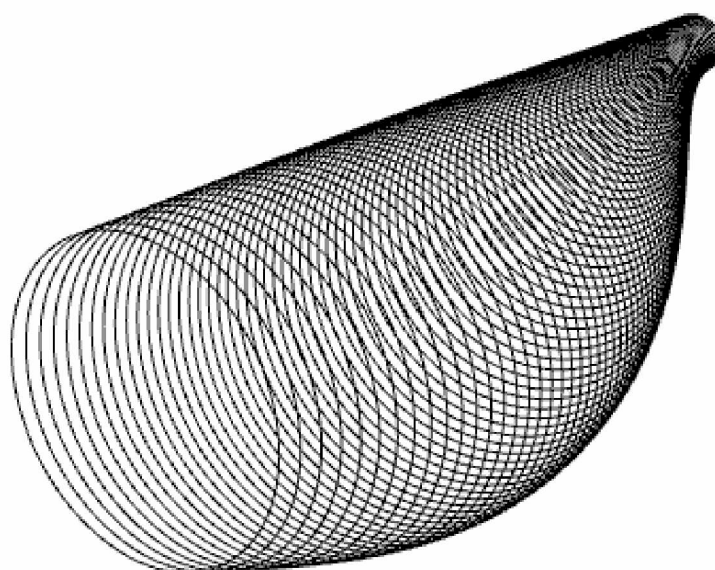
A partir de la experiencia obtenida en el anterior trabajo, se buscó la realización de formas más complejas: en vez de trabajar con círculos se utilizaron elipses a las que se le agregan o quitan apéndices. Con una secuencia de elipses, que varían en tamaño, posiciones y apéndices; se construye un cuerpo. Por último, varios cuerpos pueden operarse entre sí para producir cuerpos más complejos.

Ya que el objetivo del proyecto es producir estructuras zoomorfas, se buscó una figura de base que favoreciera la simetría bilateral. En este caso la forma deseada es la de los peces, así que se parte de la idea de construir un tubo, como una secuencia de planos elípticos, que varíen durante su desarrollo.

Por ejemplo, de una secuencia de elipses (en este caso elipses de igual diámetro vertical y horizontal, es decir: círculos) se puede obtener una forma tubular, un cilindro.

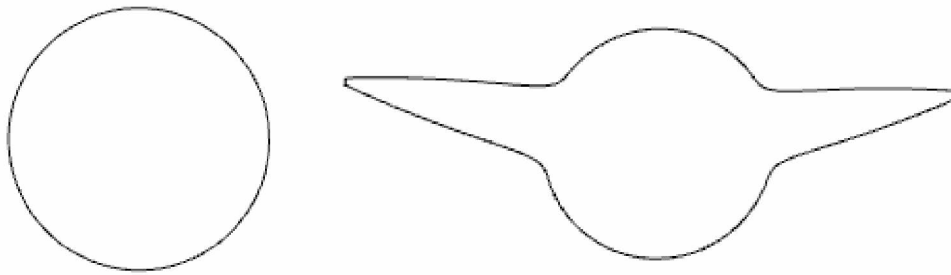


Pero, si a esta forma le vamos variando sus diámetros durante el desarrollo, iremos obteniendo otras formas más sutiles:

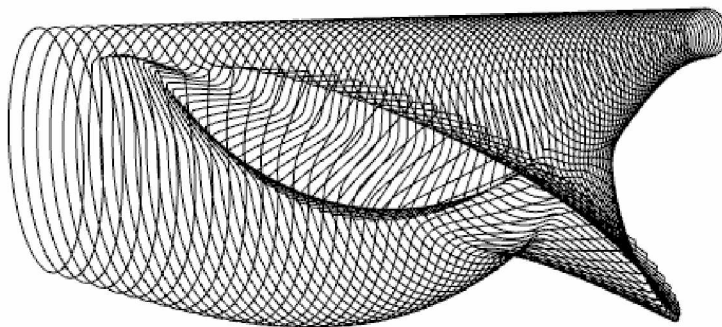


Cabe aclarar que en el gráfico anterior no sólo se variaron los diámetros, sino que las posiciones de los centros de la elipses se variaron de forma tal de que estas estén alineadas en la parte superior.

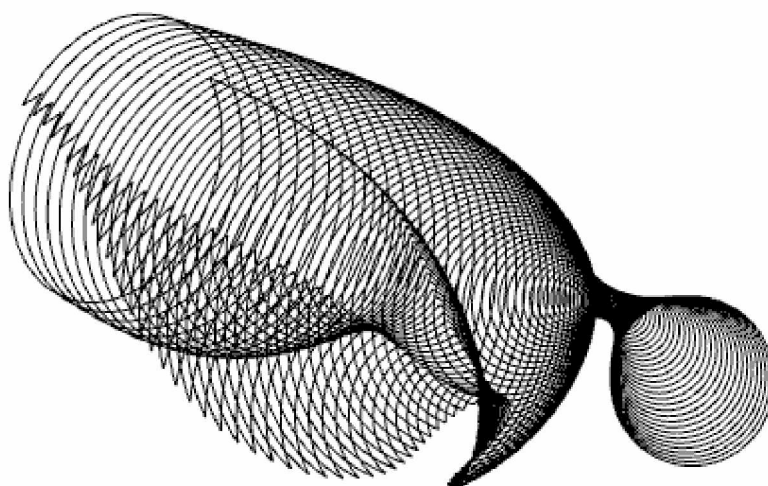
Al ejemplo anterior podemos sumarles unos apéndices en cada elipse de la siguiente forma:



Si estos apéndices son aplicados a parte de la progresión, variándolos en sus parámetros (posición y prominencia), se obtiene la siguiente forma:



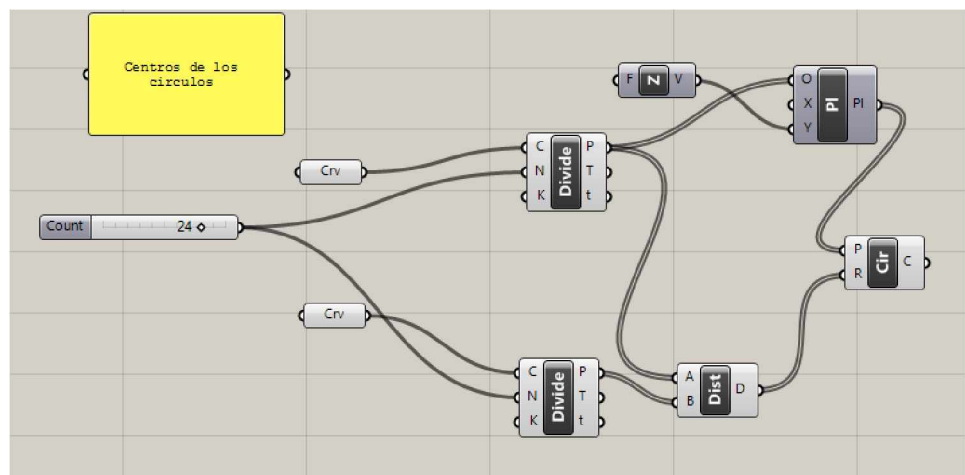
Por último, si a un cuerpo construido con esta lógica lo interceptamos con con otros cuerpos, generando sustracciones y adiciones, obtenemos cuerpos más complejos:



### 1.2 Los procesos de diseño: Grasshopper

La primeras pruebas, a la hora de producir la forma, se realizaron utilizando la aplicación Rhinoceros con el plugin Grasshopper. Este plugin funciona como un lenguaje programación para realizar Diseño Paramétrico, esto es, definir forma mediante algoritmos. Grasshopper trabaja con un entorno de programación visual, en donde se unen cajas con cables, para ir llevando la información de izquierda a derecha. Cada caja, recibe información, la cual procesa (funcionando como un comando) y envía por cables a otras cajas.

En el ejemplo de abajo se pueden observar que las cajas ubicadas más a la izquierda son las que funcionan como ingreso de información, y las del extremo opuesto como salida. Las de ingreso de información son dos cajas "Crv" y una "Count". Las cajas "Crv" sirven para seleccionar curvas dibujadas en Rhinoceros. Esto es una de las grandes ventajas de este lenguaje, el hecho de combinar comandos con figuras de dibujo, ya que se puede avanzar mediante el dibujo y modelado, o la programación, de acuerdo a lo que resulte más sencillo en cada etapa del proceso.

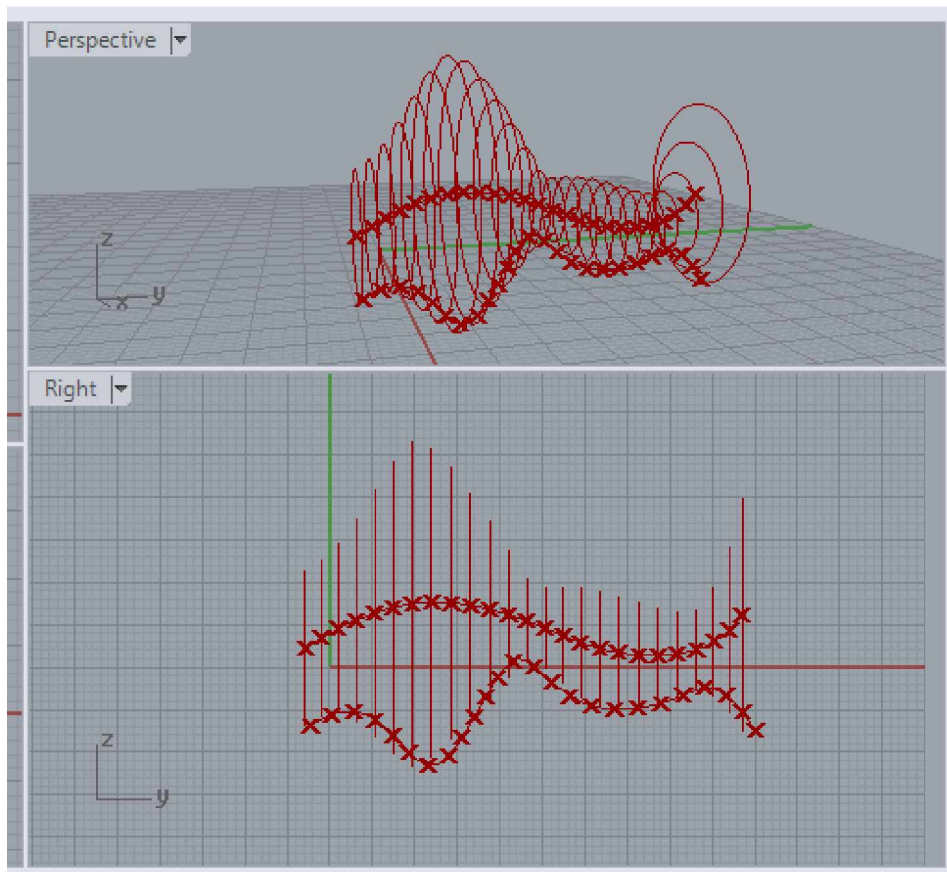


En el gráfico de abajo se pueden observar dos curvas, que son las tomadas por las cajas "Crv". En este ejemplo, la curva ubicada más arriba determina la posición de los centros de una secuencia de círculos (ubicados como planos seriados), la distancia entre las dos curvas determinan el radio de cada uno de los círculos. Esto permite que con sólo dos curvas se pueda determinar la progresión de los círculos, tanto en posición como en tamaño.

Ubicado a la derecha del algoritmo (el esquema de arriba), se puede observar una caja "Cir" que es la encargada de dibujar los círculos.

Hagamos un seguimiento del algoritmo: las dos cajas "Divide" reciben información de las curvas (mediante las cajas "Crv") y se encargan de dividir estas en una secuencia de puntos equidistantes (en el recorrido de la curva), la cantidad de puntos es 24 y está determinada por el objeto (caja) "Count". Un objeto "Dist" recibe la información de las cajas "Divide" y calcula la distancia entre los puntos de ambas curvas. Luego, este envía la información al objeto "Cir" para usarla como radio

de los círculos. Por la parte superior del esquema, un objeto "PI" recibe información de un "Divide" y ubica planos que coinciden con la posición de los puntos de la curva, estos planos sirven para ubicar el centro y la orientación de los círculos.



Grasshopper se mostró como una herramienta muy eficiente en muchos aspectos, principalmente por la fluidez de pasaje de la situación de dibujo y modelado a la de programación. Sin embargo existen algunas cuestiones que implican ciertas desventajas, estas no siempre responden a la herramienta en sí, sino que a veces se relacionan con la forma de trabajo elegida así como a factores externos. Una de las desventajas se relaciona con que en Grasshopper resulta sencillo tomar geometrías modeladas en Rhinoceros, y usualmente es la forma más sencilla de tomar geometrías sutiles, por el contrario, producir geometrías de base (sutiles) generadas en forma paramétrica puede resultar bastante engorroso. Es decir, parece una herramienta que requiere mucho del dibujo y modelado como forma de ingresar información y no está del todo pensada para crear forma de manera estrictamente algorítmica. Por ejemplo, crear una curva interesante e irregular en forma numérica (y que esta resulte parametrizable) requiere de una batería de objetos que a veces se hace inmanejables en pantalla. Si bien Grasshopper cuenta con una gran cantidad de elementos, categorías y operadores, a veces ciertas problemáticas requieren recorrer ciertos caminos que no siempre son del todo intuitivos, a veces esto se relaciona con cosas que están pensadas para ser post-procesadas en Rhinoceros y no mediante algoritmos.

Es importante destacar que la investigación que hicimos de la herramienta ha sido veloz y en el marco de nuestro proyecto, y es probable que un experto en su uso seguramente pondría en duda algunas de nuestras críticas. Quizás, en ese sentido, nuestras críticas puedan ser tomadas en cuenta desde el punto de vista de aquel que desea iniciarse en este tipo de herramientas. Es importante, también, destacar que Grasshopper es una herramienta que posee una verdadera autoridad en el tema y es difícil entrar en este campo sin cruzarse inmediatamente con alguna referencia a este.

Por último, nos pareció una desventaja importante el hecho de que, si bien Grasshopper es una herramienta libre, corre en la aplicación Rhinoceros que es privativa, lo que casi la convierte en privativa. A partir de esto último y de algunas de las desventajas antes planteadas, decidimos cambiar de estrategia, realizando un software a medida para nuestro diseño, pero que pudiera aprovechar las ventajas de Grasshopper. Por esto, se nos ocurrió realizar un software de generación de formas paramétricas en Processing, que luego pudiera trasladar su resultado a Grasshopper para poder continuar en este.

### 1.3 Desarrollo de los algoritmos de la forma

A partir de las necesidades detalladas en los párrafos anteriores, se decidió construir un conjunto de clases y métodos en Processing (un lenguaje de programación libre que utilizamos con frecuencia) que permitiera construir una forma de manera paramétrica. La estrategia que se eligió es la que ya fue expuesta:

- Una serie de elipses construyen un “cuerpo”. A estas elipses se les puede llamar “costillas”
- A estas elipse se le puede agregar o quitar “apéndices”
- Tanto las elipses como sus apéndices pueden variar durante la progresión siguiendo ciertas “curvas”
- Varios cuerpos puede ser operados mediante adiciones y subtracciones para crear cuerpos más complejos

Para esto se programó la clase `Cuerpo` que posee un conjunto de métodos combinables con algunas funciones:

`Cuerpo`: es la clase principal y encargada de construir el cuerpo. Posee un conjunto de métodos para determinar la forma de este:

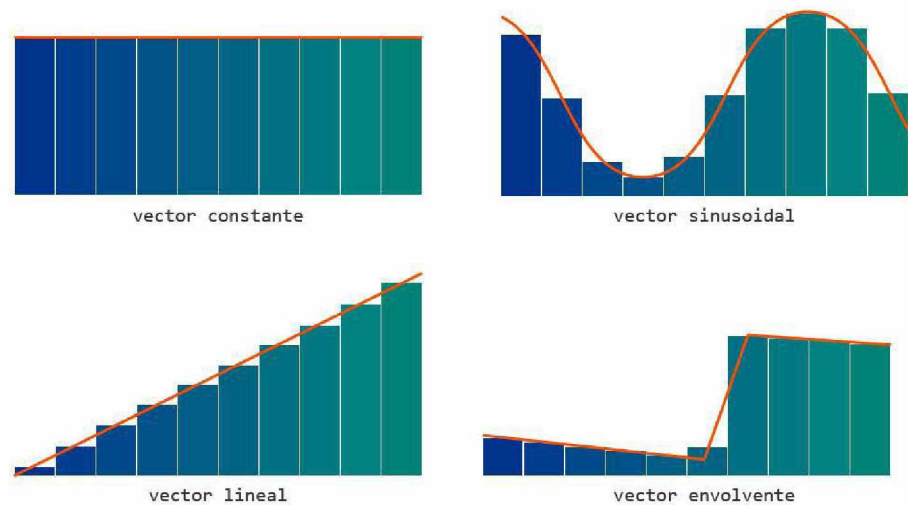
- `Cuerpo( int cantidad )`: el método constructor de la clase en el que el parámetro “cantidad” determina la cantidad de costillas (plano) que tendrá en cuerpo.
- `setColumna( float[ ] columnaX_, float[ ] columnaY_, float[ ] columnaZ_ )`: este método determina la posición de la “columna vertebral” es decir, cómo se ubican los centros de los planos (las costillas) en la progresión.

- `setElipses( float anchos[ ], float altos[ ] )`: este método determina los tamaños de los diámetros verticales y horizontales de las elipses.
- `apendiceSuave( int resolucion, int desdeCostilla, int hastaCostilla, float[ ] angDesde, float[ ] angHasta, float[ ] agregado )`: genera un apéndice que se ubica (en forma angular por coordenadas polares) entre el ángulo “angDesde” hasta el “angHasta”. El parámetro “agregado” determina el nivel de prominencia del apéndice.
- `apendiceAgudo( int resolucion, int desdeCostilla, int hastaCostilla, float[ ] angDesde, float[ ] angHasta, float[ ] agregado )`: este método es como el anterior pero la forma del apéndice que genera es más aguda.
- `operar( Cuerpo otro, float dx, float dy, int indiceDesde, int indiceHasta, int indiceOffSet, float angulo, boolean horarioUno, boolean horarioDos )`: este método permite operar dos cuerpos entre sí para obtener uno resultado de la adición o sustracción entre los dos. Se determina la posición relativa entre los cuerpos (con “dx” y “dy”) así como los índice que determinan en cuáles planos se ejecuta la operación.
- `cambiarCostillasCon( Cuerpo otro, float dx, float dy, int indiceDesde, int indiceHasta, int indiceOffSet )`: este método permite que un cuerpo reemplace sus costillas con las de otro.

Como puede observarse, en gran parte de los métodos antes citados, los parámetros son arreglos (aquellos que terminan con corchetes: “[ ]”), esto se debe a que el parámetro no se aplica a una sola elipse, sino a una serie de elipses (el cuerpo) y por ende debe ser una serie de valores. Para complementar estos métodos, se usaron un conjunto de funciones que construyen arreglos que respetan ciertas progresiones:

- `float[ ] vecConst( int cantidad, float valorC )`: esta función devuelve un arreglo de un tamaño determinado por cantidad, en donde todos los valores posee el valor constante “valorC”.
- `float[ ] vecLinea( int cantidad, float desde, float hasta )`: en este caso, la función devuelve un arreglo con una progresión lineal que va entre los dos valores límites (“desde”, “hasta”).
- `float[ ] vecSeno( int cantidad, float desde, float hasta, float ang1, float ang2 )`: la progresión de esta función es sinusoidal, moviendo la función entre dos valores límites (“desde”, “hasta”) y moviendo la fase del seno entre dos ángulos.
- `float[ ] vecEnvolvente( int cantidad, float[ ] t, float[ ] v )`: en función genera una envolvente, una curva que transita entre una secuencia de puntos, los puntos están definidos por dos arreglos “t” y “v” que describen los tiempo y valores de los puntos por los que pasa la curva.

La siguiente figura grafica los cuatro tipos de arreglos descriptos.



Ya hemos revisado la clase “Cuerpo” y las principales funciones para generar sus parámetros, pasemos, entonces, a ver ejemplos concretos de su uso.

Por ejemplo, en el código que se expone debajo se puede observar (en la segunda línea) que se declara un objeto “k” de tipo Cuerpo al que se le pasa como parámetro una variable “cantidad” con el valor 100. Esto significa que el cuerpo es una secuencia de 100 planos seriados, estos planos son elipses. Debajo del código se observa un gráfico con la secuencia de elipses conformando el volumen.

Debajo de la declaración del Cuerpo pueden verse tres líneas que declaran tres arreglos (series de números), d[], p[] y z[], que son cargados en el caso de d[] y p[] con valores constantes (60 para d[] y 0 para p[]) y en el caso de z[] con una progresión lineal de 0 a 600.

La línea “k.setElipses( d, d );” determina que los diámetros horizontales y verticales de las elipses toman el valor 60 extraído del arreglo d[] (el cual posee 60 en toda su serie).

Por último, la línea “k.setColumna( p, d, z );” organiza las posiciones de los planos, asignándoles los parámetros (X,Y,Z) que en este caso las posiciones en X son tomadas de la serie p[] (que posee 0 en todas sus posiciones), los valores de Y se toman de d[] (que posee 60 en todas sus posiciones) y a Z se le asigna el arreglo z[] que avanza progresivamente de 0 a 600 en 100 pasos (es decir: 0,6,12,18,...), este último determina la separación en profundidad de los planos.

```
int cantidad = 100;

k = new Cuerpo( cantidad );

float d[] = vecConst( cantidad, 60 );

float p[] = vecConst( cantidad, 0 );

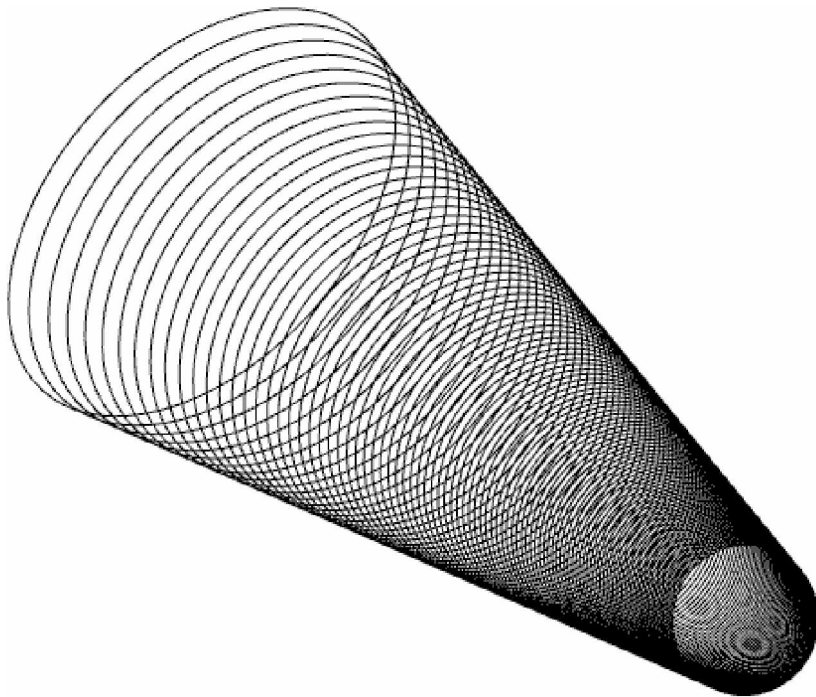
float z[] = vecLinea( cantidad, 0, 600 );

k.setElipses( d, d );

k.setColumna( p, d, z );
```



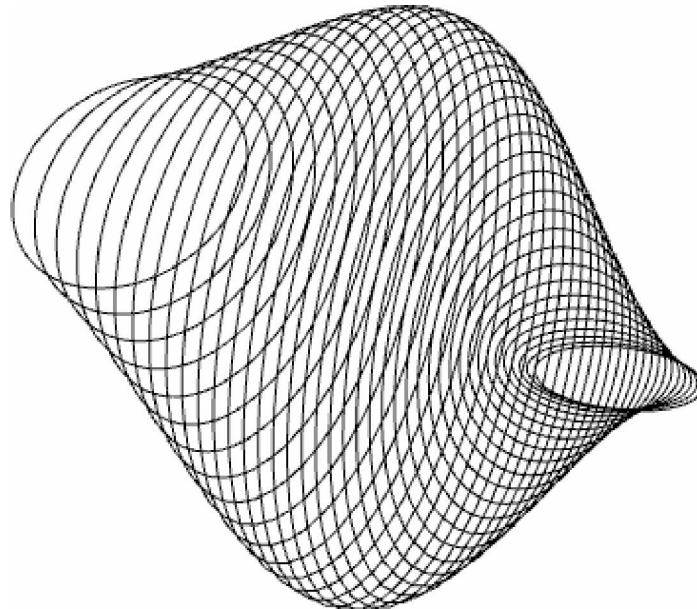
La siguiente figura muestra el volumen resultante del código anterior.



Para intentar comprender un poco mejor la estrategia, en el ejemplo siguiente modificamos los diámetros de las elipses agregando un nuevo arreglo llamado `d2[]`, al que se le carga una serie que sigue una curva sinusoidal, declarado en la cuarta línea del código. En la anteúltima línea se puede ver como en `"k.setElipses( d, d2 );"` se usa `d2[]` para determinar los diámetros verticales. Esto hace que en el gráfico que le sigue el cilindro se engrosa en altura hacia la mitad de su recorrido, también se puede ver que dicha progresión sigue la curva sinusoidal antes descrita:

```
int cantidad = 40;
k = new Cuerpo( cantidad );
float d[] = vecConst( cantidad, 60 );
float d2[] = vecSeno( cantidad, 20 , 140 , radians(-45) , radians(270) );
float p[] = vecConst( cantidad, 0 );
float z[] = vecLinea( cantidad, 0, 400 );

k.setElipses( d, d2 );
k.setColumna( p, d, z );
```



Dando un paso más, en el siguiente ejemplo se reemplazó a `d[]` por `d1[]`, un arreglo al que se le asignó una serie que también sigue una sinusoidal (en la tercer línea del código). Si bien `d1[]` y `d2[]` son sinusoides que organizan valores en un rango que va de 20 a 140 (como puede verse en sus parámetros) la principal diferencia es que está corridos en fase, ya que `d1[]` copia la forma de la senoide entre los 0 y los 360 grados, mientras que `d2[]` lo hace entre los -45 y los 270 grados. El nuevo arreglo, `d1[]`, determina los diámetros horizontales de las elipses, lo que puede verse en el nuevo gráfico que este cambio produce. Al mover ambos diámetros, la forma tubular de la serie se pierde y da lugar a una forma más plástica y sutil:

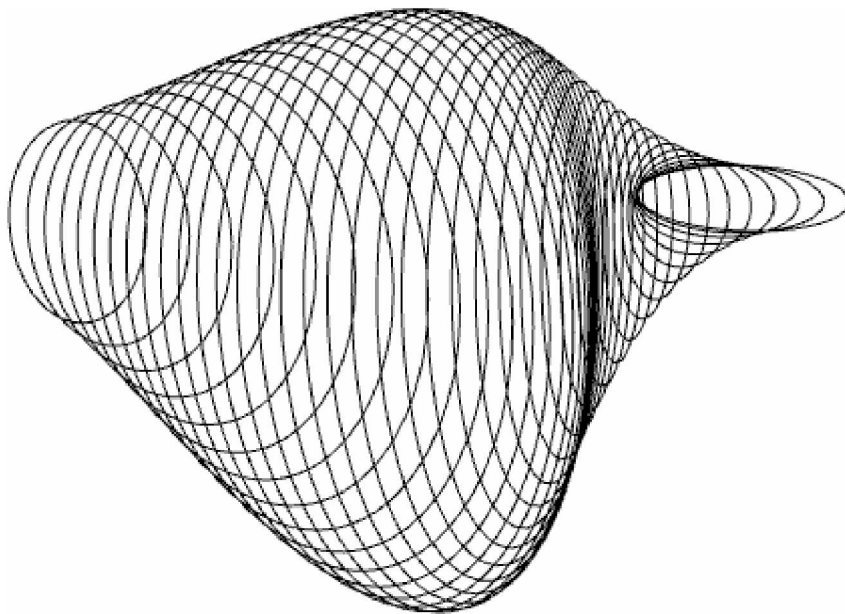
```
int cantidad = 40;

k = new Cuerpo( cantidad );

float d1[] = vecSeno( cantidad, 20, 140, radians(0), radians(360) );
float d2[] = vecSeno( cantidad, 20, 140, radians(-45), radians(270) );
float p[] = vecConst( cantidad, 0 );
float y[] = vecSeno( cantidad, 20, 70, radians(-45), radians(270) );
float z[] = vecLinea( cantidad, 0, 400 );

k.setElipses( d1, d2 );
k.setColumna( p, y, z );
```

La siguiente figura muestra el volumen resultante del código anterior.



En el siguiente ejemplo se muestra cómo funcionan los apéndices. Volvimos al cuerpo del primer ejemplo, en el que los diámetros se comportan en forma constante, usando un arreglo `d[]` que posee el valor 60 en todas sus posiciones. Al final del código se pueden apreciar cuatro líneas en las que primero se declaran tres arreglos (`angDesde[]`, `angHasta[]` y `agregado[]`) y que luego son usados en el método que tienen los cuerpos para agregar apéndices: `"k.apendiceAgudo(resolucion, 0, cantidad-1, angDesde, angHasta, agregado);"`.

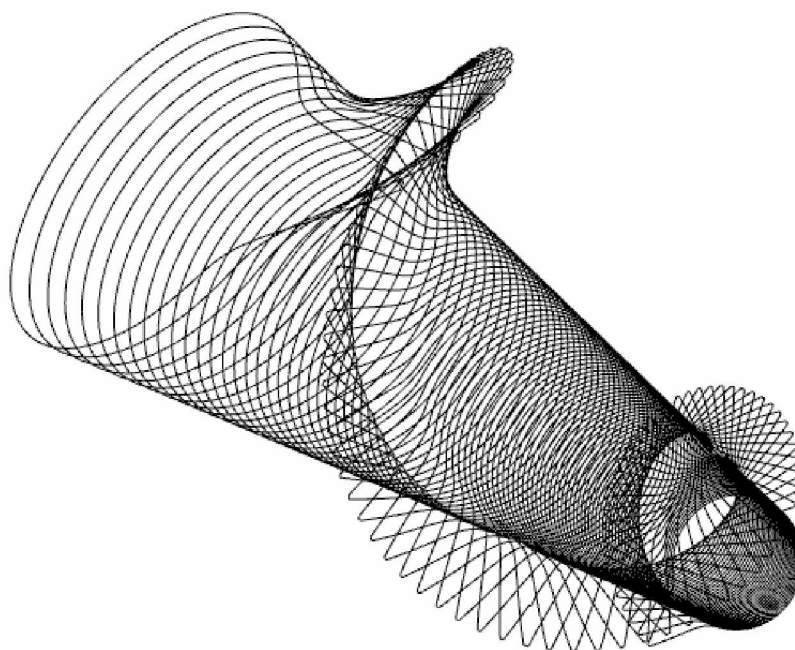
La idea es la siguiente: los apéndices son salientes que se generan en las elipses, la posición de estas se determinan por el ángulo, por ejemplo el ángulo 0 se ubica en la parte superior, el de 90 grados en el costado derecho, el de 180 grados abajo y así siguiendo el giro. Por eso en el gráfico se puede observar que los apéndices de las elipses se van corriendo siguiendo una progresión, lo que hace que efectúen un giro alrededor del tubo, como en una helicoides.

```
int cantidad = 100;
```

```
k = new Cuerpo( cantidad );
```

```
float d[] = vecConst( cantidad, 60 );
```

```
float p[] = vecConst( cantidad, 0 );  
float z[] = vecLinea( cantidad, 0, 600 );  
  
k.setElipses( d, d );  
k.setColumna( p, d, z );  
  
float angDesde[] = vecLinea( cantidad, radians(0), radians(600) );  
float angHasta[] = vecLinea( cantidad, radians(80), radians(600+80) );  
float agregado[] = vecConst( cantidad, 50 );  
  
k.apendiceAgudo( resolucion, 0, cantidad-1, angDesde, angHasta,  
agregado );
```

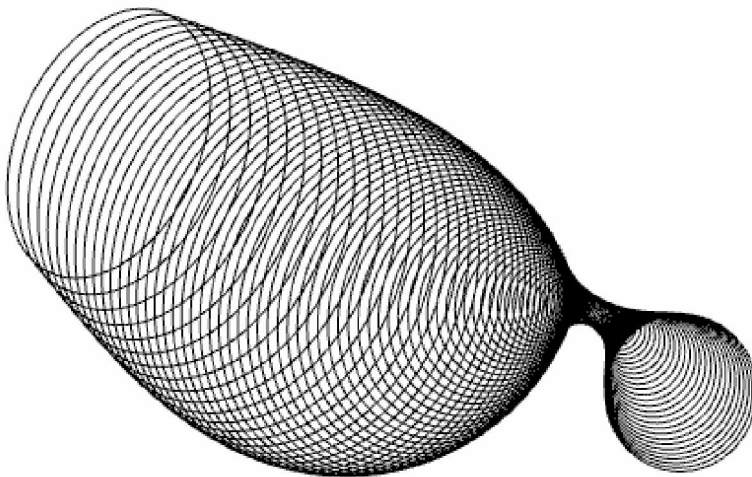


En este último ejemplo mostraremos la última acción posible que es la de operar cuerpos entre sí. El código está dividido en tres partes por gráficos que muestran cada una de las partes:

La primer parte del código muestra cómo se construye un cuerpo siguiendo los lineamientos explicados en los anteriores ejemplos. Este cuerpo se llama "k" y debido a la variación de sus dos diámetros produce una forma similar a una curva recostada con cierto corrimiento de su eje

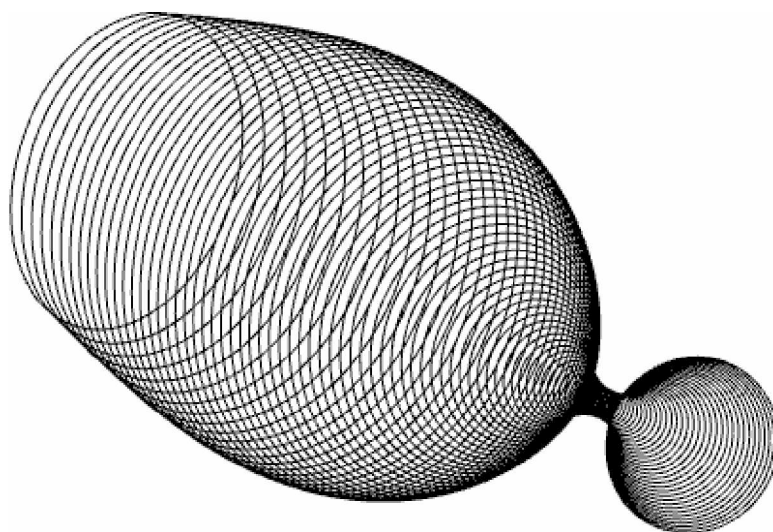
central, como puede observarse en el gráfico:

```
k = new Cuerpo( cantidad );  
ffloat d[] = vecSeno( cantidad, 10, 80, radians(0), radians( 400) );  
float p[] = vecConst( cantidad, 0 );  
float z[] = vecLinea( cantidad, 0, 600 );  
float y[] = vecSeno( cantidad, 10, 50, radians(0), radians( 400) );  
k.setElipses( d, d );  
k.setColumna( p, y, z );
```



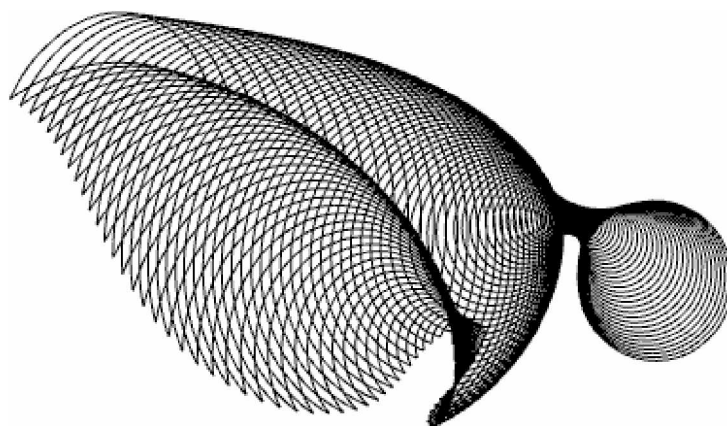
En la segunda parte se construye otro cuerpo llamado "l" que es de forma muy similar al anterior aunque con un eje más centrado, como puede observarse en la figura:

```
l = new Cuerpo( cantidad );  
float d2[] = vecSeno( cantidad, 10, 90, radians(0), radians( 400) );  
float p2[] = vecConst( cantidad, 80 );  
float y2[] = vecSeno( cantidad, 10, 50, radians(0), radians( 400) );  
l.setElipses( d2, d2 );  
l.setColumna( p, p2, z );
```



En esta tercera y última parte el cuerpo “k” es operado con el cuerpo “l”, en este caso mediante una sustracción. Es decir que al cuerpo “k” se le sustrae el cuerpo “l” generando la figura que se puede observar debajo:

```
k.operar( 1, 0, 10, 0, 70, 20, radians(180), true, false );
```



Para sintetizar, la nueva estrategia de producción de forma consiste en la generación de cuerpos, mediante planos seriados de elipses, a las que se le aplican progresiones (arreglos) que siguen curvas constantes, lineales, sinusoidales o de envolventes (esta será vista más adelante). Estas progresiones se aplican a los diámetros horizontales, verticales, y a las posiciones en el espacio de estos planos. A su vez, a estos planos (elipses) se le pueden agregar o quitar apéndices que también pueden seguir progresiones para determinar sus posiciones o nivel de prominencia. Por último, se pueden construir diferentes cuerpos y operarlos mediante adición o sustracción entre sí.

### 1.4 Desarrollo de la GUI

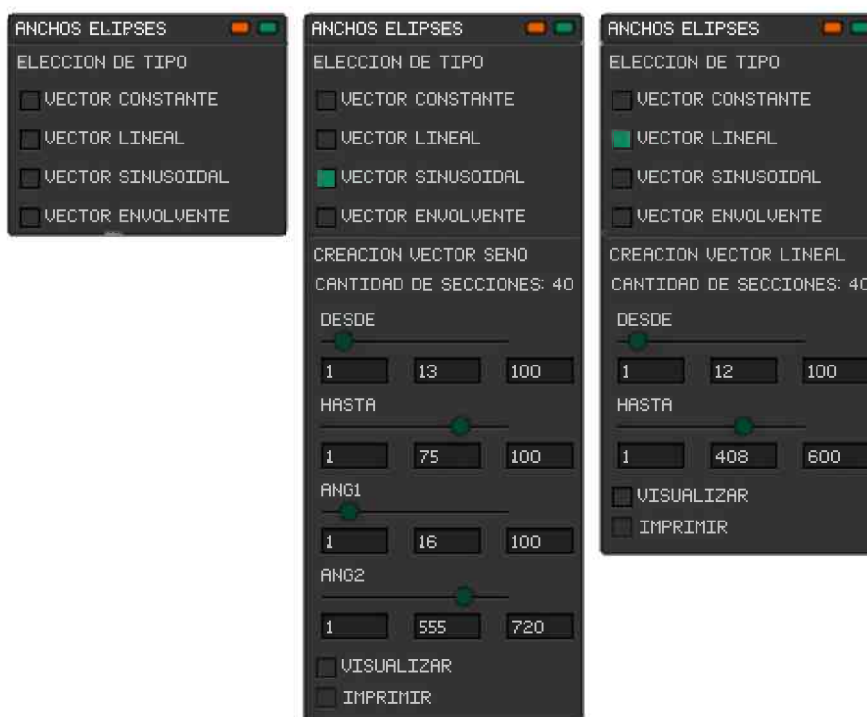
Una vez desarrollados los algoritmos de software descritos arriba, se hizo necesario el desarrollo de un sistema de interfaz gráfica que permita utilizarlos de manera práctica.

Como ya fue mencionado anteriormente, los arreglos que definen la forma de los cuerpos pueden ser definidos manualmente o a través de funciones de código específicas para la generación de los mismos. Ambas opciones, al ser implementadas en el código de la aplicación, no permiten la realización de cambios en tiempo real. El código debe modificarse, se debe ejecutar la aplicación, y si se desean realizar cambios en la configuración formal del volumen, se debe modificar nuevamente el código y volver a ejecutar la aplicación para visualizar dichos cambios.

Dado que en la creación del tipo de volumen que planteamos hay varios parámetros y vectores de control en juego (esto es, un volumen está definido por varios vectores, incluso puede estar definido a partir de la operación de varios cuerpos), el tener que cambiar el código cada vez que quiera modificarse una variable resulta engorroso.

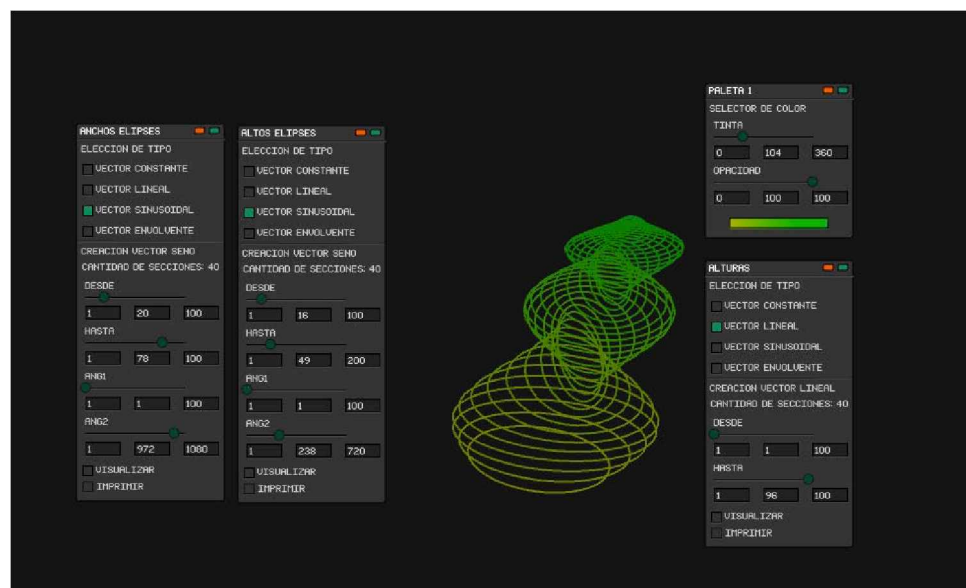
Con esto en cuenta, se desarrolló una aplicación de software, denominada *extremoForm* que permite el control de la forma del cuerpo mediante la implementación de módulos de interfaz gráfica. Estos módulos permiten la configuración detallada de un vector numérico (de los cuatro tipos preestablecidos detallados anteriormente). Al mismo tiempo, la aplicación gráfica en tiempo real el efecto que los cambios que dicha configuración provoca sobre el desarrollo del volumen diseñado.

La siguiente figura muestra un módulo de interfaz gráfica, cuyo nombre asignado (en este caso) es "anchos elipses". La instancia de la izquierda muestra el módulo en su estado inicial, en el que permite elegir un tipo



de vector. La instancia del centro muestra las opciones de configuración para un vector del tipo sinusoidal (nótese que todos sus parámetros pueden ser modificados). La instancia de la derecha muestra las opciones de configuración para un vector del tipo lineal. Es importante notar que se puede saltar de un tipo de vector a otro en tiempo real.

La siguiente figura muestra un volumen diseñado con esta estrategia. Todos los parámetros que definen su forma (menos las posiciones de los elipses en el eje z) están siendo controlados a través de objetos de interfaz: el ancho de las elipses responde a una progresión sinusoidal, al igual que el alto de los mismos (aunque no a la misma función sinusoidal), mientras que la altura de las elipses responde a una progresión lineal. El módulo de interfaz “paleta 1” es auxiliar y permite controlar la paleta de colores con la que se visualiza el volumen. La gran ventaja de la implementación de los módulos de interfaz es que conviven con la visualización del volumen, por lo tanto, cualquier modificación de parámetros (que a su vez hace efecto de manera instantánea) puede realizarse con la visualización como referencia, facilitando de gran manera el proceso de diseño.



Estos módulos de interfaz gráfica pueden ser reemplazados completamente por código. Una vez que un vector ha sido configurado, el módulo de interfaz que lo controla puede generar el código equivalente a dicha configuración. Este código puede implementarse en el código mismo de la aplicación, y así liberar espacio en el entorno de la misma, para luego configurar otros parámetros a través de nuevos módulos de interfaz gráfica.

De esta forma, podemos entender al software *extremoForm* como un híbrido entre configuración por código y configuración por interfaz gráfica.

En cuanto a la estructura del código, todo lo relacionado con el módulo de interfaz gráfica se encuentra encapsulado dentro de un objeto llamado *interfaz*. Este mismo objeto a su vez contiene el vector numérico que emerge de su propia configuración. Dentro de este objeto *interfaz*, se encuentra una serie de objetos del tipo *menú* (hay uno específico para cada tipo de vector, más algunos auxiliares), que a su vez contienen los objetos de



interfaz gráfica necesarios (sliders, checkboxes, campos de texto, botones, etc). Al mismo tiempo, el objeto interfaz posee métodos para exportar el código equivalente al vector configurado y para visualizar el mismo.

Resultaba importante que la implementación de estos objetos de interfaz sea lo más sencilla posible (de forma tal de poder reemplazarlos por su código equivalente de manera rápida), por lo que toda la funcionalidad del objeto interfaz está controlada por un sólo método. Este método devuelve el vector configurado a través de la interfaz. Su implementación es la siguiente:

```
float vector[] = interfaz.procesar("NOMBRE INTERFAZ", numero_elementos);
```

De esta forma, el método *procesar* (cuyos argumentos son el nombre de la interfaz -dato únicamente de referencia para el usuario- y el número de elementos que tendrá el vector devuelto), se encarga de mostrar la interfaz en la pantalla, procesar los cambios realizados en la misma y reflejarlos en el vector que devuelve. Esta estrategia permite que al momento de reemplazar la interfaz por su código equivalente, tan solo haya que reemplazar una línea de código.

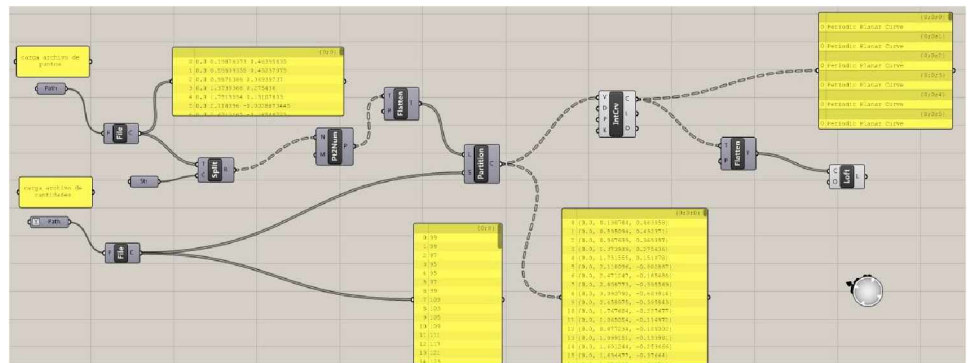
## 1.5 El algoritmo de traducción a Grasshopper

En esta etapa del proceso, contábamos con la implementación de una serie de clases y funciones para abordar la producción de formas tridimensionales, así como con procedimientos para vincular estas con una interfaz gráfica (GUI). Como una forma de potenciar los logros obtenidos, decidimos realizar un procedimiento para poder exportar las formas generadas con nuestra aplicación (en Processing) a Grasshopper (en Rhinoceros), y de esta forma, poder aprovechar las ventajas de este último.

La estrategia para realizar dicho procedimiento consistió exportar los puntos generados en las costillas, para reproducir dichas costillas en Grasshopper. Para realizar esto se implementó un método que escribe un archivo de texto una secuencia de tripletes de números, donde cada terna representa las coordenadas de un punto en el espacio tridimensional. Así el cuerpo se traduce como una lista de números. A continuación se puede ver una muestra del formato del archivo con los tripletes de números que representan los puntos en el espacio 3D:

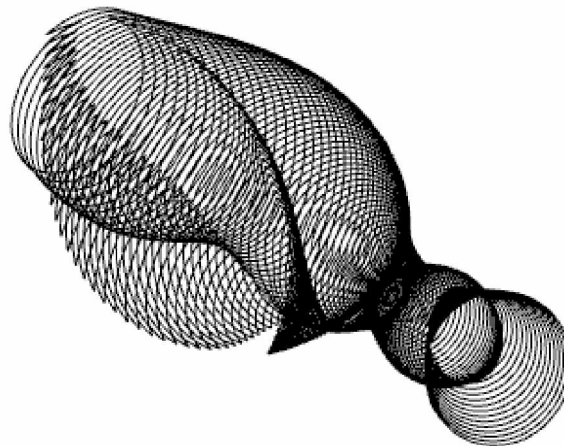
```
0.0 -2.1855695E-7 -10.0
0.0 -0.39725077 -9.984195
0.0 -0.7919904 -9.936877
0.0 -1.1817222 -9.858347
0.0 -1.5639833 -9.749101
0.0 -1.9363558 -9.60983
...
```

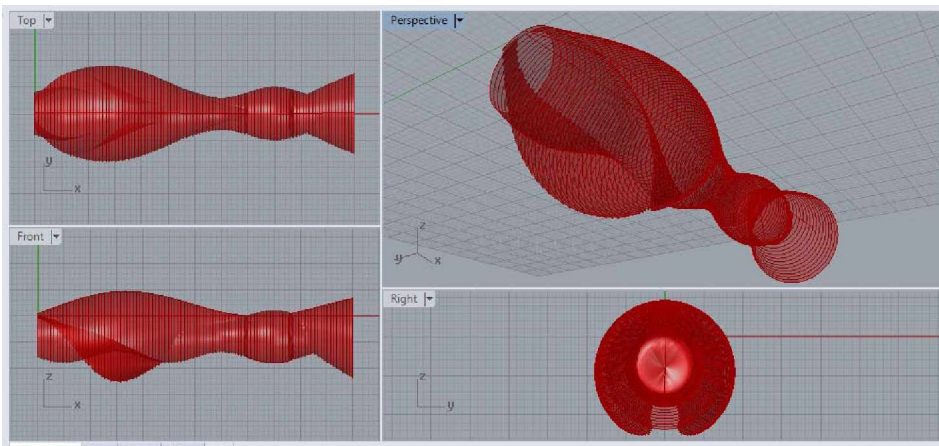
En el algoritmo de abajo (que es el receptor de los datos en Grasshopper) se puede observar dos objetos "File", el de la parte superior abre el archivo con la lista de puntos. Este objeto se conecta con uno del tipo "Split" que divide los tripletes que luego son enviados a un objeto "Flatten" y posteriormente a "Pt2Num" que transforma estos tripletes en puntos en el espacio. En esta etapa los datos se transformaron en puntos. Posteriormente un objeto "Partition" se encarga de separar esos puntos en grupos que luego serán transformados en curvas con el objeto "IntCrv", luego de este punto tenemos una serie de curvas. Por último, un objeto "Loft" construye un superficie que representa el volumen diseñado en Processing.



Una parte importante del proceso es la separación en grupos que hace el objeto "Partition", en esta separación en grupos determina cuáles puntos pertenecen a cuál curva. Este objeto obtiene datos de un segundo archivo que detalla cuántos puntos tiene cada una de las curvas.

Debajo se puede observar un cuerpo diseñado en la aplicación de Processing y su traducción en los subsiguientes gráficos a Rhinoceros usando el algoritmo de GrassHopper.



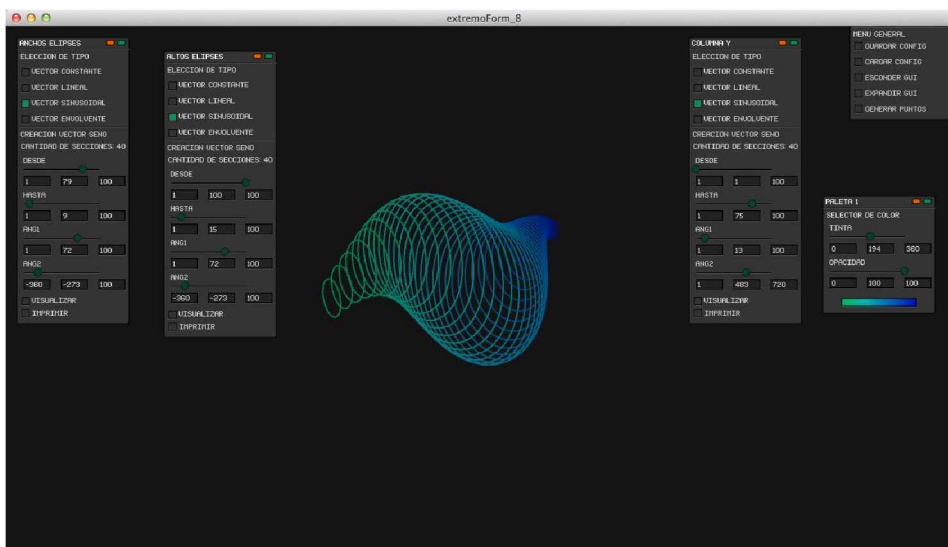


El traspaso del cuerpo de nuestra aplicación desarrollada en Processing a Grasshopper responde a que en éste pueden realizarse modificaciones pertinentes a la fabricación del volúmen, como será explicado más adelante.

### 1.6 El diseño de la forma mediante el uso de la herramienta de diseño

A continuación se detalla un ejemplo del flujo de trabajo posible con el software desarrollado:

La siguiente figura muestra el entorno gráfico de *extremoForm*, con un posible diseño de un cuerpo. En este caso particular, la configuración del mismo está generada a partir de tres módulos de interfaz gráfica (o GUI, según sus siglas en inglés), que controlan el ancho, el alto y el desplazamiento en el eje Y de las elipses que lo componen, además de dos vectores definidos directamente en el código, que dictan la distancia entre elipses (o sus posiciones en el eje Z) y su desplazamiento en el eje X.



El siguiente fragmento muestra el código necesario para lograr la configuración visible en la figura anterior. Nótese que los objetos **interfaz** fueron organizados en un arreglo (en este caso denominado **in**) para facilitar su control.

```

Cuerpo k;

int cuantos = 40;

k = new Cuerpo( cuantos );

float w[] = in[0].procesar("ANCHOS ELIPSES", cuantos);

float h[] = in[0].procesar("ALTOS ELIPSES", cuantos);

float px[] = vecConst(cuantos, 0);

float py[] = in[0].procesar("COLUMNA Y", cuantos);

float z[] = vecLinea(cuantos, 0, -500);

k.setElipses( w, h );

k.setColumna( px, py, z );

k.dibujar(); // este es un método propio de la clase Cuerpo, se ocupa
de dibujarlo en pantalla

```

Como puede observarse, cada módulo de GUI posee un botón denominado "IMPRIMIR". El mismo copia al portapapeles del sistema operativo el código equivalente al vector creado a partir de la actual configuración del módulo. Una vez adquiridos los códigos equivalentes para todos los vectores, el fragmento de código necesario para la descripción completa de este volumen es el siguiente:

```

Cuerpo k;

int cuantos = 40;

k = new Cuerpo( cuantos );

float w[] = vecSeno(40, 79, 9, radians(72), radians(-273));

float h[] = vecSeno(40, 100, 15, radians(72), radians(-273));

float px[] = vecConst(cuantos, 0);

float py[] = vecSeno(40, 1, 75, radians(13), radians(483));

float z[] = vecLinea(cuantos, 0, -500);

k.setElipses( w, h );

k.setColumna( px, py, z );

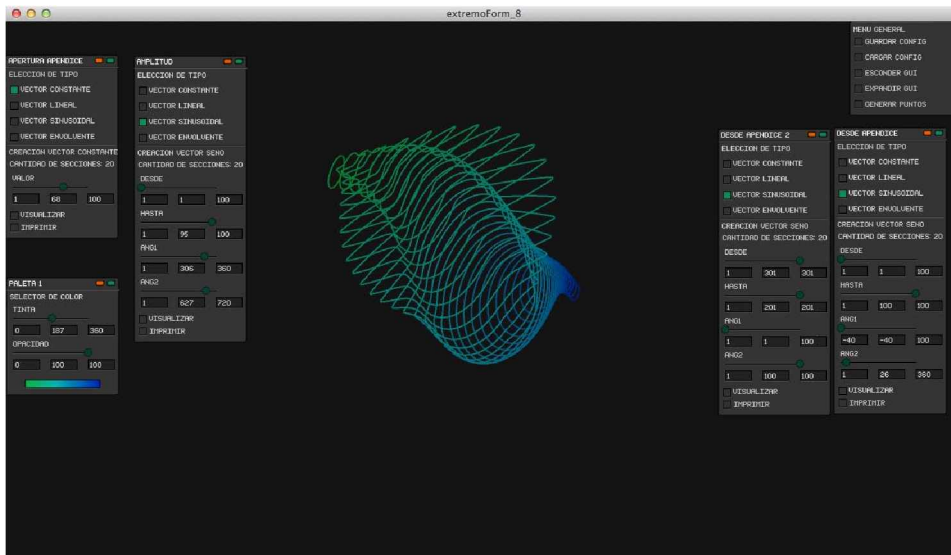
k.dibujar(); // este es un método propio de la clase Cuerpo, se ocupa
de dibujarlo en pantalla

```

Donde los arreglos  $w$ ,  $h$  y  $py$  fueron generados a partir de módulos de GUI, y los demás arreglos ( $px$  y  $z$ ) fueron generados previamente en el código.

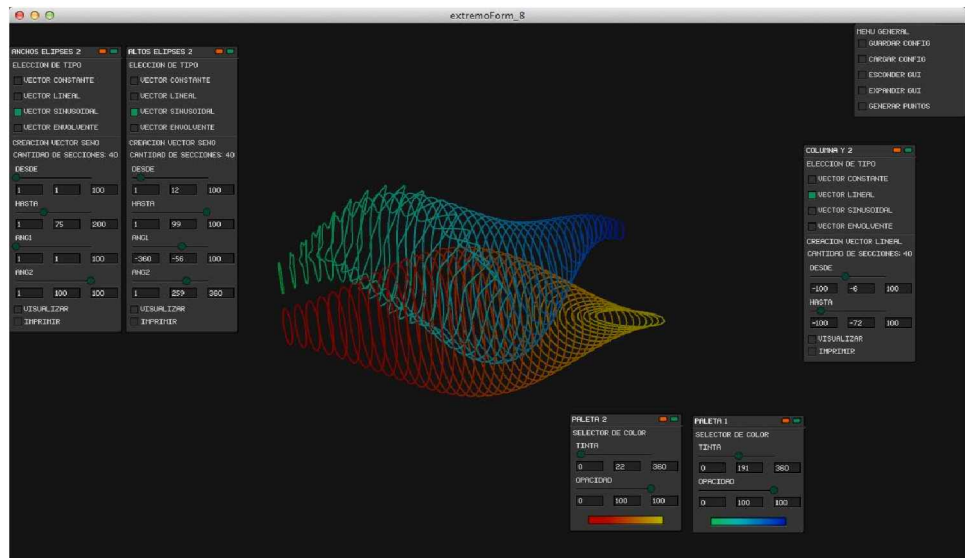
Dados que los algoritmos desarrollados para el modelado del volumen permiten la adición de apéndices al cuerpo diseñado, y también la intersección, suma y resta con otros cuerpos; y dado que todas estas operaciones respetan una lógica de funcionamiento basada en arreglos numéricos (y que por lo tanto pueden ser controladas mediante los módulos de GUI de *extremoForm*), resulta de gran importancia la habilidad de poder reemplazar dichos módulos por su código equivalente, de forma tal de liberar espacio en pantalla para poder implementar nuevos módulos de interfaz.

En la siguiente figura pueden verse el mismo cuerpo, pero con la adición de dos “apéndices”, en forma de aletas. Todos los módulos de GUI implementados aquí están relacionados con parámetros de control de los apéndices.

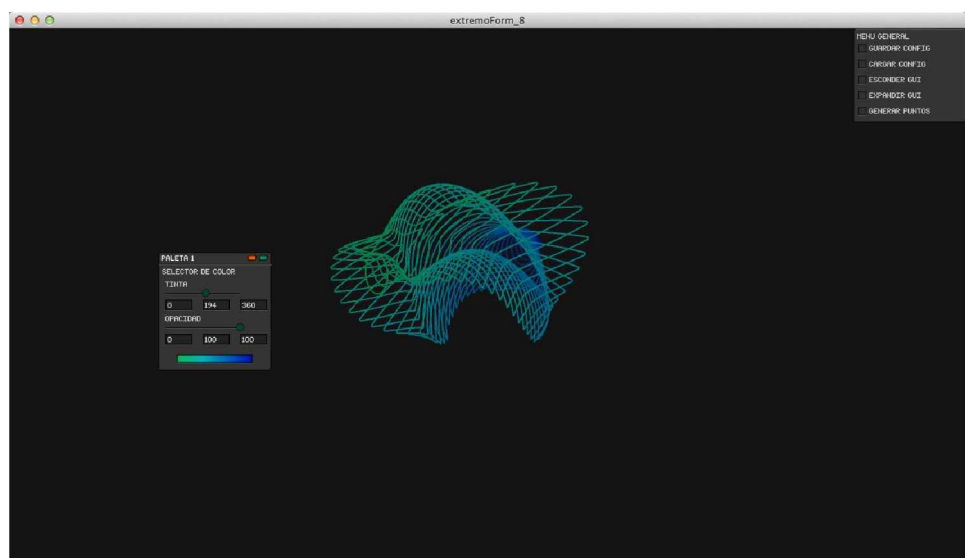


Estos módulos fueron nuevamente reemplazados por sus equivalentes en código, a fin de liberar espacio en el entorno para nuevas operaciones de configuración.

En la siguiente figura, se ha añadido un segundo “cuerpo”, y todos los módulos de GUI implementados están vinculados a la definición de la forma del mismo. Todos los parámetros relacionados con la forma del cuerpo inicial han sido reemplazados por código.

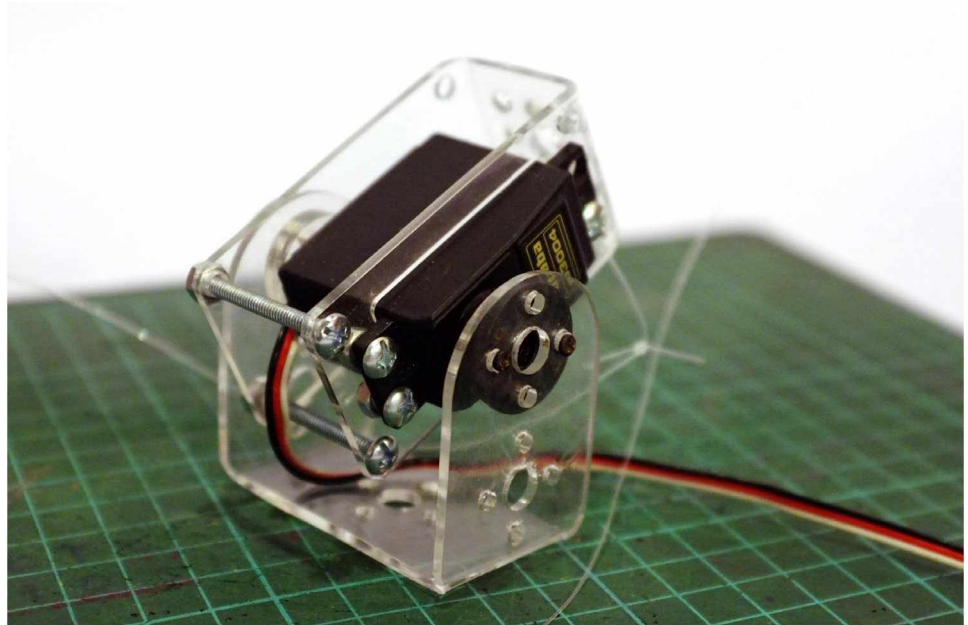


Como fue mencionado previamente, es posible “operar” dos cuerpos entre sí. En este caso, el segundo cuerpo (graficado en rojo y amarillo en la figura anterior), es sustraído del primer cuerpo (graficado en verde y azul). La siguiente figura muestra el resultado de la operación, junto con todos los módulos de GUI convertidos a sus equivalentes en código. De esta forma, el cuerpo en su estado actual se encuentra íntegramente definido a través de código, permitiendo la utilización de nuevos módulos de interfaz para nuevas operaciones (es posible agregar nuevos apéndices, nuevos cuerpos para operar, etc).



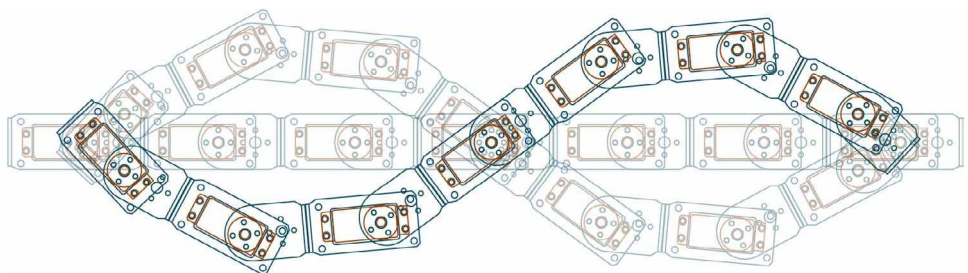
Por último, *extremoForm* tiene la capacidad de exportar la forma del cuerpo diseñado de forma tal de poder ser importado por otras aplicaciones de software, como ya fue explicado en la sección anterior, a fin de continuar su configuración y prepararlo para su fabricación.





La articulación está preparada para ser acoplada tanto a otras piezas mecánicas o estructurales, como a otros servomotores (para lograr movimiento en dos ejes, por ejemplo), como también a otras articulaciones del mismo tipo. Para todo esto, las piezas cuentan con perforaciones de montaje que respetan las dimensiones estándar de ejes de servomotores. Al mismo tiempo, hay perforaciones en todas las caras de las piezas, de forma tal de proveer la mayor cantidad de posiciones de montaje posibles.

En el caso particular de este proyecto se realizaron 7 articulaciones, y se montaron en línea (una con el extremo de otra), de forma tal de lograr una configuración similar a una “columna vertebral” articulada para el cuerpo de nuestro “Consumófago”, como puede observarse en la siguiente figura.



En este caso particular, las costillas diseñadas con nuestro software y exportadas desde Grasshopper irían montadas entre las articulaciones.

### 2.3 El diseño de la electrónica de control

Para poder controlar todos los servomotores de la columna descrita anteriormente, se requiere de la utilización de un microcontrolador (al menos, esto resulta lo más práctico y versátil). La plataforma de microcontrolador elegida para este proyecto fue *Arduino*, una plataforma de código y hardware abierto. Dado que la columna vertebral desarrollada cuenta con varios puntos

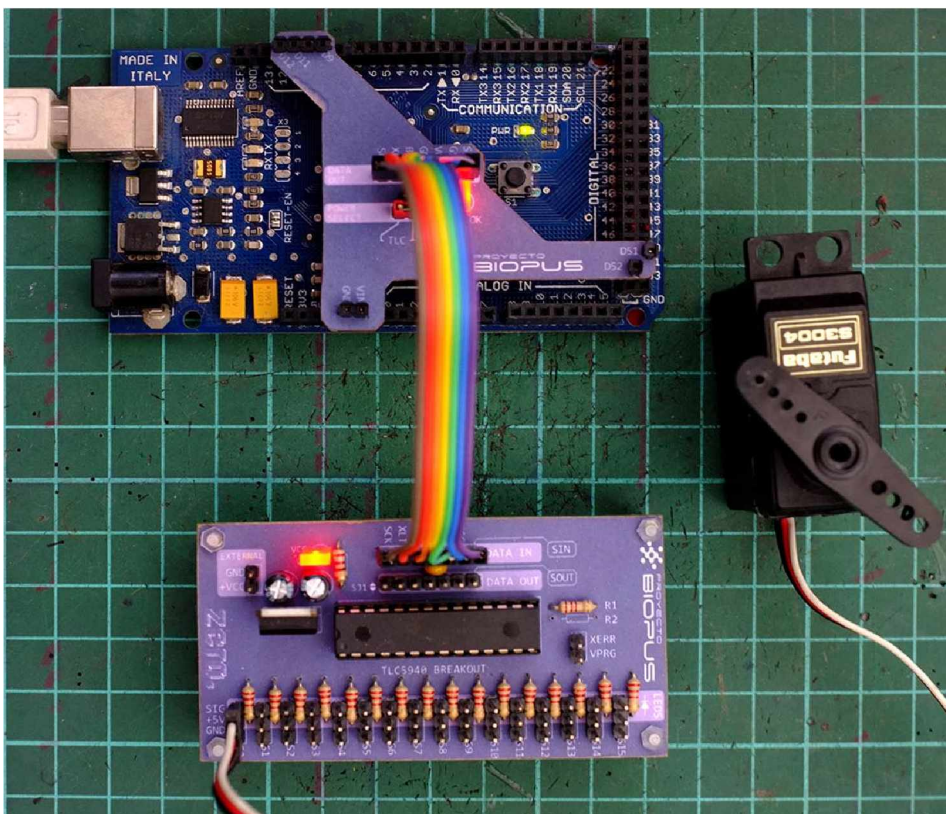


de articulación, y que estos deben poder ser operados de manera simultánea, se hace necesaria la utilización de un elevado número de puertos de salida/ entrada de la placa Arduino, que podrían ser útiles para controlar otro tipo de actuadores o sensores (luces, dispositivos de sonido, sensores de proximidad, etc). Por esto, se buscó una solución que permita el control de un gran número de servomotores sin comprometer todos los puertos de salida/entrada de la placa Arduino. Para esto se desarrolló un circuito electrónico basado en el chip driver de modulación por ancho de pulso (PWM, según sus siglas en inglés) de 16 canales TLC5940. El circuito fue basado en un diseño de hardware abierto (disponible en <https://www.sparkfun.com/products/10616>), y el mismo fue fabricado como una placa de circuito impreso.

Esta placa permite el control de 16 canales (a los cuales pueden conectarse servomotores, LEDs o cualquier dispositivo que requiera señal PWM), con tan solo 5 puertos digitales de entrada/salida del Arduino (sin la utilización de esta placa, cada servomotor requeriría 3 puertos de entrada/salida para ser controlado directamente, por lo que para controlar 16 servomotores sin utilizar electrónica adicional, serían necesarios 48 puertos de entrada/salida). Al mismo tiempo, estas placas pueden ser conectadas secuencialmente, hasta un límite de aproximadamente 40 placas (esto significa aproximadamente 640 canales de PWM), sin la utilización de puertos adicionales.

Se fabricaron tres placas (si bien este caso particular solo necesita de una), más una placa adaptadora que permite la fácil conexión del circuito a una placa Arduino modelo Mega.

La siguiente figura muestra una placa Arduino Mega, conectada mediante el adaptador a una de las placas construidas, con un servomotor conectado al primero de sus 16 canales de salida.

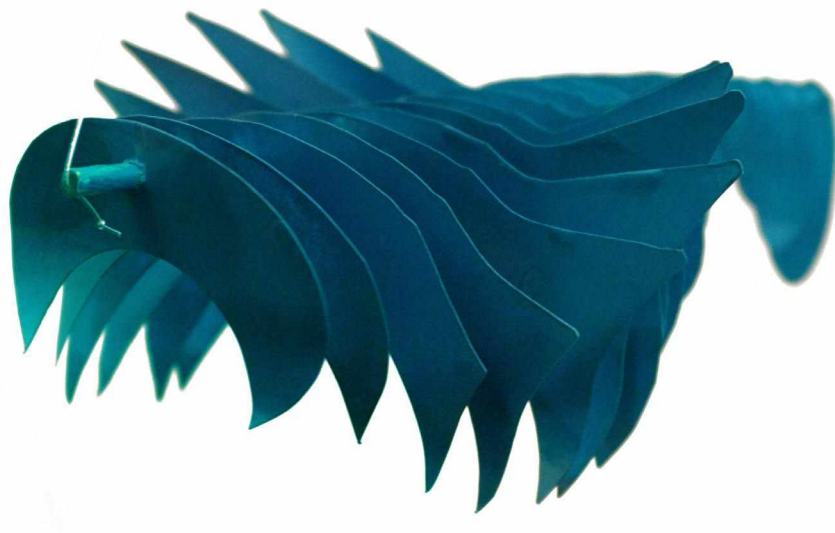


## 2.4 El corte y ensamblado de la piezas con la estructura de motores

Una vez que diseñamos (utilizando nuestro software, extremoForm) una forma de cuerpo con la que estuvimos conformes, y una vez importadas sus costillas en Grasshopper, se atravesó a todas con un eje de referencia, para asegurar el correcto posicionamiento de las mismas posteriormente.

Las costillas fueron exportadas de Grasshopper como curvas vectoriales e importadas en un software de dibujo vectorial. A partir de aquí, las costillas fueron organizadas para ocupar la menor cantidad de superficie posible (en función de reducir la cantidad de material necesario para el corte de las mismas).

Una versión a escala de las costillas fue impresa en papel de alto gramaje y montada sobre un eje, de forma tal de lograr una maqueta a escala del volumen resultante del proceso descrito previamente, como puede observarse en la siguiente figura.



De vuelta en el software de dibujo vectorial, se utilizaron los diseños vectoriales para las articulaciones robotizadas, para agregar las perforaciones de montaje de las mismas a las costillas (de forma tal de poder montar las piezas sobre la columna creada con las articulaciones). Las mismas fueron impresas en papel a escala real, montadas sobre cartón y cortadas. Luego fueron montadas en la columna de articulaciones, para realizar pruebas de movimiento del conjunto en su totalidad (es decir, las costillas diseñadas digitalmente, montadas sobre la columna motorizada, controlada con nuestra electrónica).

Una vez comprobado el correcto funcionamiento del sistema, los mismos diseños vectoriales pueden ser utilizados para realizar cortes de las piezas en acrílico, para su ensamblaje final.

## Conclusión

Las herramientas actualmente disponibles en el campo de la informática y del prototipado rápido permiten encontrar múltiples estrategias de producción de formas, es decir, se trata de un campo muy fértil para la investigación y para el desarrollo, particularmente, en su intersección con el campo artístico.

En este sentido, es importante mencionar que la estrategia de diseño elegida para este trabajo será extendida para su implementación dentro de un entorno de algoritmos genéticos (extendiendo sus posibilidades de producción de forma al insertarse dentro del campo del arte generativo).

Finalmente, es importante notar la modularidad de las herramientas desarrolladas en este proyecto, junto con su carácter de código/hardware abierto. Muchas de las herramientas y de las técnicas desarrolladas (justamente gracias a su carácter modular), pueden utilizarse en otros proyectos.

Al mismo tiempo, las estrategias de diseño elegidas permiten una producción de forma refinada que puede controlarse mediante procesos evolutivos y/o mediante interfaces intuitivas, pero que, a su vez, pueden materializarse de múltiples formas, algunas casi artesanales; esto aumenta la flexibilidad de las herramientas desarrolladas. Dado que las herramientas de software creadas están basadas en un lenguaje de programación de código abierto, y que los desarrollos electrónicos y de robótica realizados son también de naturaleza abierta, los mismos serán publicados y liberados a la comunidad artística, para que puedan ser utilizados en otros proyectos y modificados para servir a nuevas finalidades.

## Bibliografía

- Causa, E (2013) Texto “Algoritmos Genéticos aplicados a la generación y producción de formas escultóricas” en “Invasión Generativa. Fronteras de la generatividad en las tres dimensiones, la robótica y la realidad aumentada.”

Autores: Compilador: Emiliano Causa. Autores: Francisco Alvarez Lojo, David Bedoian, Paula Castillo, Emiliano Causa, Joaquin Ibarlucia, Federico Joselevich Puiggros, Ezequiel Rivero, Christian Silva, Leonardo Solaas, Ariel Uzal

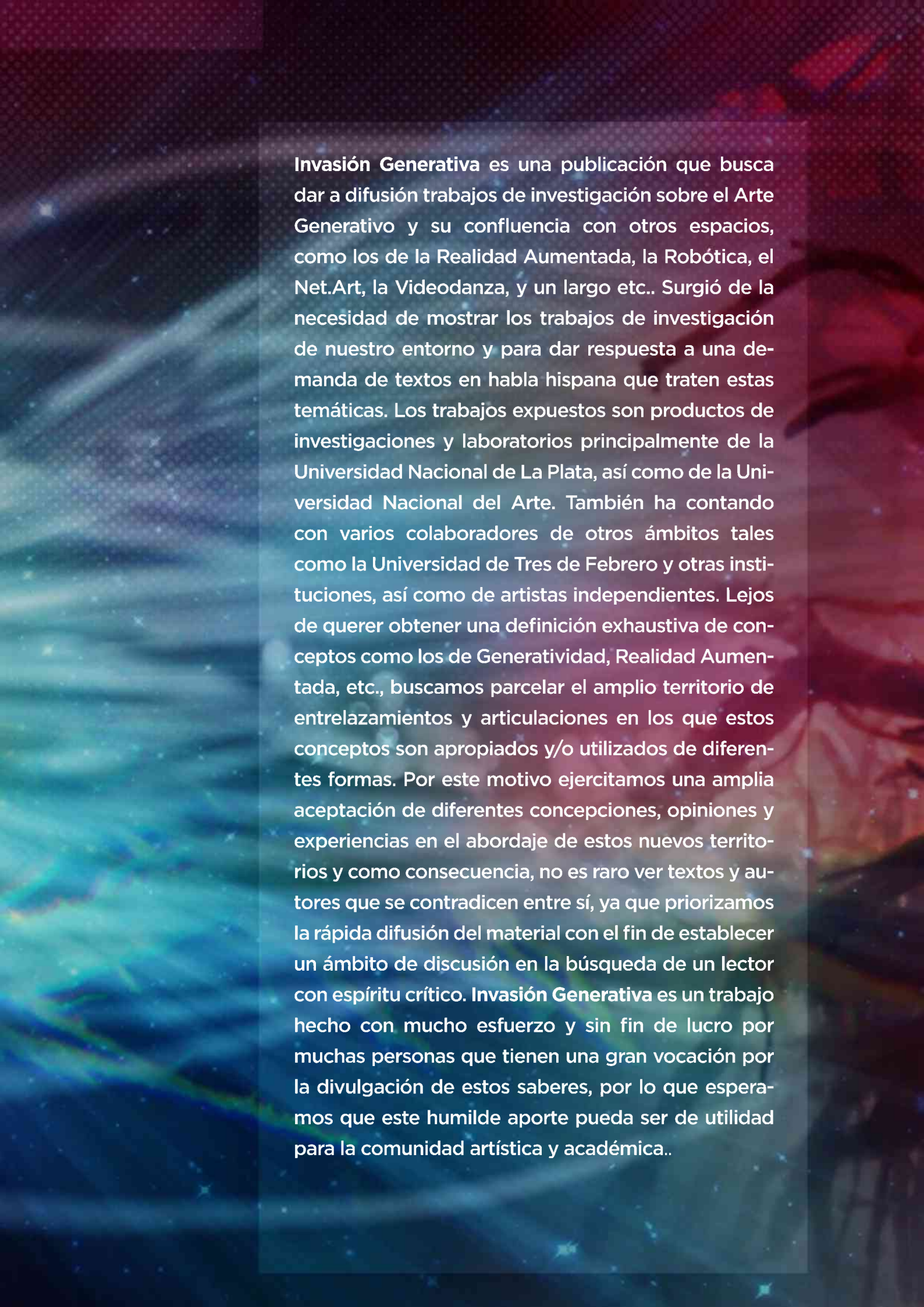
Editorial: Editorial Invasores de la Generatividad Año: 2013 - 2014

ISSN: 2362-3381

- GcodeTools - <http://kalyaev.com/2010/20100423/gcodetools.html>
- Arduino - <http://www.arduino.cc/>
- Grasshopper, algorithmic modeling for rhino - <http://www.grasshopper3d.com/>







**Invasión Generativa** es una publicación que busca dar a difusión trabajos de investigación sobre el Arte Generativo y su confluencia con otros espacios, como los de la Realidad Aumentada, la Robótica, el Net.Art, la Videodanza, y un largo etc.. Surgió de la necesidad de mostrar los trabajos de investigación de nuestro entorno y para dar respuesta a una demanda de textos en habla hispana que traten estas temáticas. Los trabajos expuestos son productos de investigaciones y laboratorios principalmente de la Universidad Nacional de La Plata, así como de la Universidad Nacional del Arte. También ha contando con varios colaboradores de otros ámbitos tales como la Universidad de Tres de Febrero y otras instituciones, así como de artistas independientes. Lejos de querer obtener una definición exhaustiva de conceptos como los de Generatividad, Realidad Aumentada, etc., buscamos parcelar el amplio territorio de entrelazamientos y articulaciones en los que estos conceptos son apropiados y/o utilizados de diferentes formas. Por este motivo ejercitamos una amplia aceptación de diferentes concepciones, opiniones y experiencias en el abordaje de estos nuevos territorios y como consecuencia, no es raro ver textos y autores que se contradicen entre sí, ya que priorizamos la rápida difusión del material con el fin de establecer un ámbito de discusión en la búsqueda de un lector con espíritu crítico. **Invasión Generativa** es un trabajo hecho con mucho esfuerzo y sin fin de lucro por muchas personas que tienen una gran vocación por la divulgación de estos saberes, por lo que esperamos que este humilde aporte pueda ser de utilidad para la comunidad artística y académica..