

Esquema Sonoro: Una Aproximación Musical a la Plástica Sonora

Sound Sketch: A Musical Approach to Sound Art

Juan Reyes
Artelab, Fundación Maginvent,
CCRMA, Stanford University
juanig@Maginvent.ORG

Resumen

For several years now and, somewhat controversial, Sound Art is often approached by musicians and composers. A good thing is that sound is usually controlled and obtained with a gesture pertaining to musical language, and thus inheriting qualities related to instrumental performance and timbre. On the weak side, Sound Art approached by musicians might be framed as a music form and therefore constraining part of its purpose. On this paper the “scheme” concept is borrowed from the drawing domain only to facilitate a sound form. In its definition there is a horizontal stream of related events achieving contrast with each other by means of several vertical lines of force. The process portrays tension and relief along the duration of the work, and outlines some sort of geometrical figure or form. Furthermore this paper describes relevant aspects of *Escenas de Marimonda*, by this author. This work was part of the exhibition “Cosas que suenan”, ciclo, “Objeto Sonoro” at Galería Cu4rto Nivel in Bogota during November of 2007.

Resumen

La aproximación de músicos al arte sonoro, controvertido en algunas instancias, tiene la ventaja de ser un acercamiento al gesto y al

control con el sonido, pero así mismo sufre de un enmarcación en su percepción, al quererla relacionar con alguna forma musical. En este artículo se propone el concepto de esquema sonoro, como un esquema en el dibujo y, en el cuál se evaden a propósito variables del lenguaje musical. Se sugiere un esquema con una geometría basada en el sonido horizontal, como una sucesión de eventos sonoros que crean tensiones gracias a otra fuerza vertical. Además, se describen los aspectos principales en el desarrollo, producción y exhibición de la obra *Escenas de Marimonda*, expuesta dentro del marco de la exposición “Cosas que Suenan” del ciclo “Objeto Sonoro”, en la Galería Cu4rto Nivel de Bogotá en Noviembre del 2007.

Introducción

La perpendicularidad entre el arte sonoro y la música se ha discutido en otros artículos que tratan sobre contrastes entre el arte sonoro y la música¹ y sobre intersecciones entre arte y música². Sin embargo es importante sintetizar que el arte sonoro no es música realizada por artistas y tampoco arte realizado por músicos. No obstante el arte sonoro se concibe como una forma de arte y medio de expresión que utiliza el sonido y el fenómeno acústico como materia maleable o soluble, con la que se logra uno o varios gestos que son función del tiempo. Hay varias formas reconocidas en este tipo de arte; quizá la mas utilizada es la instalación pero, también existen la escultura sonora, el artefacto y el paisaje sonoro. Es muy frecuente la utilización de artefactos sonoros en un *performance*. y el sonido (fonética) en expresión corporal en literatura. Este tema es objeto de varios libros y artículos como *Innovaciones en poesía*³ y el clásico “*The Raw and the Cooked*”⁴, donde se habla sobre el sonido y la tradición oral. Sin embargo por su definición de ‘*En Vivo*’ y en ‘*Tiempo Real*’ el arte sonoro, en ocasiones, puede asemejarse a la ejecución de un instrumento musical o a la interpretación de música en concierto.

El esquema sonoro puede ubicarse entre la escultura y el paisaje sonoro aunque, en galerías podría pasar como instalación. Es paisaje sonoro porque el sonido delinea una o varias tiras horizontales que parecieran luchar con-

¹Reyes, 2006

²Reyes, 2004

³Morris, 1998

⁴Lévi-Strauss, 1969

tra la gravedad. Los eventos sonoros ocurren en sucesión y están dispuestos al transcurrir del tiempo. Como en la escultura o en el paisaje, el esquema se dispersa en el espacio, creando una ilusión de geometría envolvente. Sin embargo, el esquema sonoro suena por sí solo y proyecta su gesto utilizando el sonido y lo acústico sin la intervención de otros dominios. El esquema se repite en un sinfín, por lo que su duración es mucho menor a la del paisaje sonoro. Las figuras que se generan en su percepción pueden ser formas directas o abstractas. Al igual que un rayo de luz, el sonido inunda un volumen, permitiendo un tipo de perspectiva. Por lo tanto, el esquema sonoro interfiere el ambiente y su contexto alrededor.

Entorno Histórico

El sonido como arte (no música), es parte de la cultura desde hace varios siglos. Cajas que suenan, alarmas, timbres, pitos y otros tipos de objetos han sido explorados con cierta sensibilidad ⁵. Crucial en esta exploración, igualmente se piensa en la metáfora del carrusel o del muñeco que habla⁶. Al generar una especie de movimiento, el sonido se relaciona con vida y animación. Más aun, aparte de la semántica y palabras de un lenguaje, algunos sonidos son signos de comunicación que alertan a las personas. Por esto la escucha genera curiosidad más la posibilidad del descubrimiento y lo sensible.

Varias obras han tomado estos elementos haciéndolos trascender en la historia del arte. Sin embargo, marcando un punto de partida, quizá la colección de sonidos de Luigi Russolo (circa 1913), denominada “*El Arte de los Ruidos*” es cuando en forma racional se comienza a pensar en este medio⁷. Otro ejemplo en el umbral arte-sonido es el *ready-made: La Rueda de Bicicleta* (1951), de Marcel Duchamp, en el cuál su exposición proyecta sonido y movimiento o movimiento y sonido. Otros como Henry Cowell (1865), compositor nacido en California, tomó los elementos expuestos por Russolo además de varios suyos propios, y los transcribió a su música. Cowell fue un pionero y experimentador en el campo de la música con conceptos como politonalidad, los poliritmos y sobre todo con la idea del *cluster* que se define como muchas notas al tiempo, de un solo golpe, con un instrumento armónico

⁵Kahn, 1994

⁶Reyes, 2004

⁷Kahn, 2001

(piano por ejemplo)⁸. Su obra *Rhythmicana* en retrospectiva puede apreciarse como un primer paso en la composición de trabajos basados en patrones rítmicos. Este método es muy común en la realización de música de varios géneros en la actualidad pero, particularmente en músicas minimalistas, *de fase*, música por computador y *pop*.

También hay que resaltar la importancia de la posibilidad tecnológica a comienzos del siglo veinte. Varios artistas pertenecientes a los *dados*, *surrealistas* o *fluxus*, además de compositores como John Cage y Edgar Varese, cruzaron los límites entre el arte y la música, aprovechando tecnologías para generar, almacenar y manipular un sonido o el fenómeno acústico. Artistas y músicos utilizaron el sonido, el ruido y el silencio tanto en, *happenings*, *performance*, conciertos con interpretación en vivo, pero también en obras congeladas y almacenadas en dispositivos magnéticos. El micrófono, la grabadora, el amplificador y el altavoz se convierten en herramientas indispensables para la realización de expresiones sonoras. En consecuencia, y como en los otros géneros del arte en estos días, el arte sonoro se desarrolla como una forma interdisciplinaria que envuelve la exploración sonora, desde lo acústico, contexto ambiental, expresión corporal y, lo tecnológico entre otras.

En la actualidad obras que extienden las fronteras de esta arte como *Falling Echoes* (2002), del norteamericano Bill Fontana, producen un espacio o contexto natural audio-visual generado por oscilaciones de objetos, mecanismos o vibraciones como en las cuerdas del puente colgante de Brooklyn⁹. El sonido de las cuerdas del puente es procesado y manipulado para que la obra adquiera su connotación de arte, aunque este tratamiento sea transparente al momento de apreciar la obra. Un ejemplo que raya entre lo musical y el arte es *Oxygen Flute* (2001), de Greg Neumeyer (artista, Suiza) y Chris Chafe (compositor, Estados Unidos). Esta última es una instalación en la que, a mayor concentración de gas carbónico (CO_2), en su entorno interno, la textura musical se atenúa, volviendo más débiles la actividad musical y la intensidad sonora¹⁰.

⁸Nichols, 1990

⁹Fontana, 2002

¹⁰Chafe, 2005

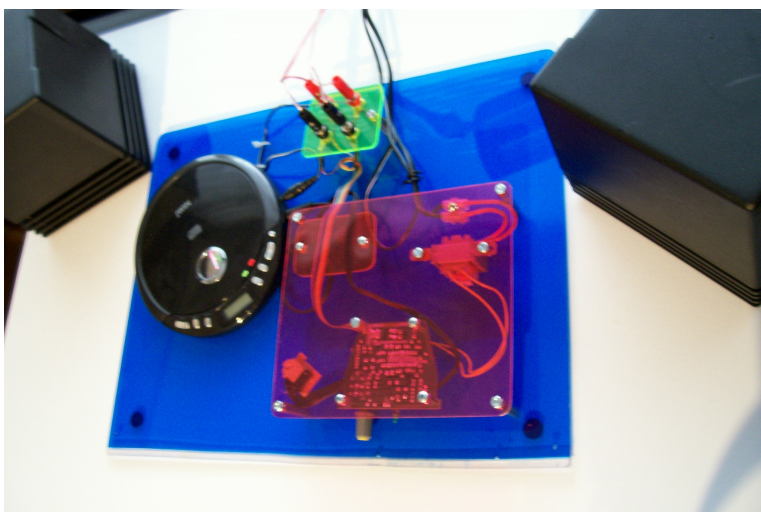


Figura 1: Dispositivo de *Escenas de Marimonda* que consta de la electrónica del sistema de amplificación y mecanismos para cambios en la ganancia (volumen), el reproductor de discos compactos, conexiones y los altavoces. La imagen sonora (por ejemplo el antifaz de las marimondas), se crea al sumar la señal de cada uno de los canales de audio en los altavoces.

Descripción

Escenas de Marimonda está enmarcada bajo el concepto de esquema sonoro; esta obra no es interactiva y no responde a ningún estímulo externo, siendo un sinfín grabado en disco compacto. El esquema está descrito por varios sonidos, sin ninguna restricción melódica, armónica o musical. La imagen auditiva es proyectada a través de un par de transductores suspendidos en el espacio para su percepción tridimensional. Los trazos del esquema son logrados por osciladores que al escucharse se agrupan en formas o patrones que pueden sonar familiares al oyente. No hay sonidos reales en esta obra porque el desarrollo tímbrico de cada evento sonoro es resultado de fórmulas y algoritmos con los que se genera y manipula el sonido (Figura 1).

En la muestra se ve un artefacto de amplificación del sinfín, además del sonido del esquema. Este artefacto no debe interferir en la obra dando paso solo a lo sonoro. Como la duración puede ser la restricción más importante del esquema sonoro, el ritmo de los sonidos, las repeticiones o la velocidad de cada evento sonoro, son cruciales para crear tensiones y la fuerza verti-

cal en contraparte al trazo horizontal en la secuencia de eventos. Así pues, son factores bastante considerables: la cualidad sonora, timbre, repeticiones, duraciones y cambios en la duración reconocidos como ritmo y velocidad *tempo*.

Desarrollo

Para la creación de obras sonoras, el problema de difusión o proyección del sonido, es algo de mucha relevancia. Si la obra va a ser expuesta por sí sola y en su propio espacio, se goza de mucha independencia. Sin embargo en muchas galerías o espacios de exhibición, este no es el caso y por lo tanto, hay que tener en cuenta la interferencia de otros sonidos y ruido, además de la amplificación de señal de audio. El proyectar sonidos con gran intensidad podría ir en detrimento de la obra misma. Igualmente si el volumen es inferior al ruido ambiente, la obra no se percibe. Esto implica un equilibrio para lograr el mínimo de interferencia en la proyección sonora. Por ésta razón en la proyección de *Escenas de Marimondaes* necesario un dispositivo de amplificación, transductores y altavoces. Con este dispositivo se manipula la intensidad del sonido (figura 2).

Para el sinfín, se repite el archivo sonoro original del esquema en varias pistas o instancias en un disco compacto. En el dispositivo de amplificación se conecta un reproductor de *CDs*, con la opción de repetición; este tocadiscos repite una y otra vez, el bucle de de la obra. Cada repetición tiene una duración aproximada a cuatro minutos. Con esto se aspira a que la percepción de cada repetición sea diferente en el oyente, por lo que la disposición de material sonoro no está compuesto de simetrías. El escucha no debe preocuparse por la interacción con la obra una vez sea ajustado el volumen del sonido.

Composición

La composición de arte sonoro puede verse en forma análoga a la composición musical. Sin embargo el lenguaje, los parámetros y el objetivo son diferentes¹¹. En el caso del esquema sonoro, el objetivo de composición es la proyección de un gesto con material sonoro desplegado a lo largo de una duración especificada para un sinfín. Contrastes con tonalidades y timbres

¹¹Reyes, 2006

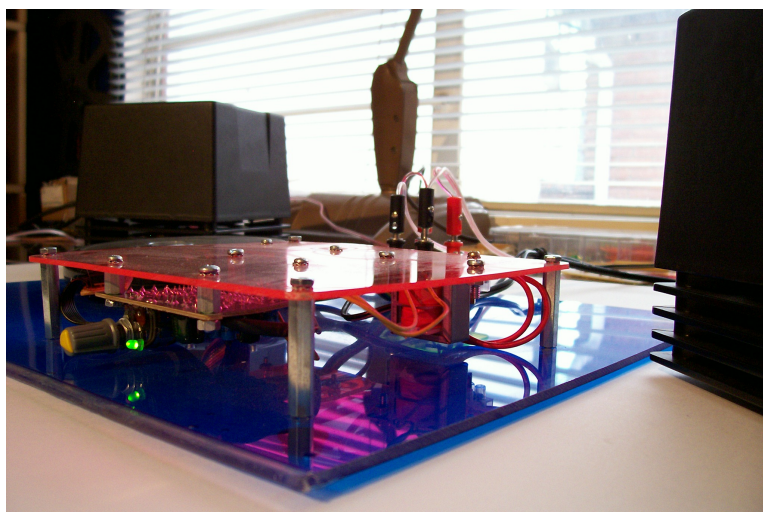


Figura 2: Perfil de los componentes de *Escenas de Marimonda*: la electrónica en primer plano y los altavoces atrás, a los lados. La interacción entre este artefacto y el escuchavidente no existe. El sonido es almacenado en un disco compacto que se repite utilizando un sinfín, y se percibe directamente a través de los dos transductores en los altavoces.

instrumentales no son necesarios pero diferencias entre varios sonidos parte del hilo horizontal, son los que producen la narrativa en la obra.

En el caso de *Escenas de Marimonda*, los sonidos para la composición son procesos en los que va cambiando lo espectral para percibir un timbre con comienzo, desarrollo y final. Siendo así, los cambios en cada sonido dependen de la duración, del espectro sonoro y de la intensidad de cada componente espectral. También cada sonido está dispuesto sobre un espacio panorámico con un ángulo de 210° *grados*. Hay sonidos estáticos en el contexto de la obra, pero la mayoría son dinámicos porque se desplazan con vectores de trayectorias, alrededor de un panorama, creando la imagen sonora. La imagen tridimensional producida por la sucesión de varios sonidos, sugiere formas de objetos o, como se persigue en ésta composición: las formas del antifaz de las marimondas en el carnaval de Barranquilla, Colombia¹².

Consecuentemente la composición de éste esquema sonoro, se realiza a partir del desarrollo de sonidos o timbres independientes y heterogéneos que se manipulan con algoritmos para transformar los segmentos de comienzo, desarrollo y final. Es posible que las colas o cabezas de sonido entre diferentes

¹²Varios, 1999

eventos queden montadas una sobre la otra. Esta metodología se utiliza para mantener continuidad y evitar el silencio en una posible línea conductora y narrativa. No obstante, el silencio es tratado como sonido y, usado para contrastes además de tensiones. La idea de una cadena de sonidos, uno después del otro, es la técnica para crear la tira horizontal en ésta obra. Las fuerzas verticales o gravedad, son producto del desarrollo y combinaciones entre los sonidos utilizados.

Descripción Técnica

Dos retos importantes surgieron en la realización de *Escenas de Mari-monda*. En primera instancia, el dispositivo de amplificación, sus altavoces y conexiones. En segunda instancia, la composición y generación de cada sonido. Para la amplificación se utilizó un circuito genérico de 3,00 *Vatios*, con la posibilidad de corriente alterna, además de un dispositivo para cambios en la ganancia (volumen); la entrada de este amplificador está conectada directamente a un reproductor del tipo tocadiscos de disco compacto portátil. Las salidas del amplificador se conectan a dos transductores que producen la imagen estereofónica. Los transductores están colocados en dos cajas de resonancia con guías de onda para que el sonido no sea directo. La respuesta de frecuencia en estos dispositivos de altavoz oscila entre los $100Hz$. y los $5000Hz$.

El desarrollo de cada timbre fue realizado utilizando síntesis de audio por frecuencia modulada (*FM*) especificada en la *Síntesis de espectros de audio complejos por medio de modulación de frecuencias*¹³ y, en la *Introducción a la FM*¹⁴. Para el movimiento espacial en cada sonido, se utilizaron técnicas propias desarrolladas con el objeto de lograr panorámicos basados en cambios de la intensidad en cada uno de los canales estereofónicos. Estas técnicas se basan en movimiento y trayectorias de vectores con funciones sinusoidales de espirógrafo y figuras de Lissajous¹⁵. Las ecuaciones para generar los factores de ganancia utilizando la técnica del espirógrafo en cada uno de los canales son:

$$x(t) = (R + r)\cos(t) + \rho\cos\left(\frac{t(R + r)}{r}\right),$$

¹³Chowning, 1973

¹⁴Schottstaedt, 2007a

¹⁵Weisstein, 2007

$$y(t) = (R + r)\sin(t) + \rho\sin\left(\frac{t(R + r)}{r}\right),$$

donde, R es el radio mayor, r el radio menor, ρ la distancia del centro al punto donde se genera la función circular. Si t son valores que cambian al transcurrir el tiempo y que van al menos en un período de las funciones seno o coseno, es decir entre $[-\pi/2$ y $\pi/2]$, $x(t)$, es el factor que se utiliza para atenuar la ganancia del canal de audio (1) y $y(t)$, es el factor que se utiliza para atenuar la ganancia del canal de audio (2) en un sonido estereofónico. En el caso de las figuras Lissajous se pueden utilizar las siguientes ecuaciones paramétricas:

$$x(t) = A\sin(\omega t + \delta),$$

$$y(t) = B\sin(t),$$

donde A y B , son factores para el tamaño de la figura, ω y δ , son parámetros para el número de ciclos y t , valores que cambian al transcurrir el tiempo entre $[-\pi/2$ y $\pi/2]$. En este caso también $x(t)$, es el factor que se utiliza para atenuar la ganancia del canal de audio 1 y $y(t)$, es el factor que se utiliza para atenuar la ganancia del canal de audio 2 en un sonido estereofónico.

Para la manipulación del ritmo y de la intensidad, se utilizaron algoritmos que ayudan a componer *accelerandi* o *ritardandi* y, *crescendi* o *decrecendi*. La combinación de ambos parámetros (intensidad y duración), crea efectos interesantes en la percepción conocidos como las paradojas del ritmo¹⁶ o tonos de Shepard¹⁷. Por lo tanto en referencia a la duración, hay sonidos continuos y con el adjetivo de masa sonora, pero también hay sonidos secos y dinámicos con *accelerandi* y *crescendi* o viceversa.

La fórmula para cambios en una duración cada vez más corta (*accelerandi*) o cada vez más larga (*ritardandi*), están basados en funciones de Gauss o *gaussianas*. Estas funciones comenzaron a ser utilizadas en las artes a comienzos de los años setenta por Keneth Knowlton (lado de cine y animación) y Jean Claude Risset (lado de música y acústica), como parte de experimentos realizados en los laboratorios de la *Bell Telephone* en Nueva Jersey en la época¹⁸. La función utilizada para manipulación de duraciones es:

$$dur = e^{kt},$$

¹⁶Risset, 1991

¹⁷Pierce, 1983

¹⁸Risset, 2007

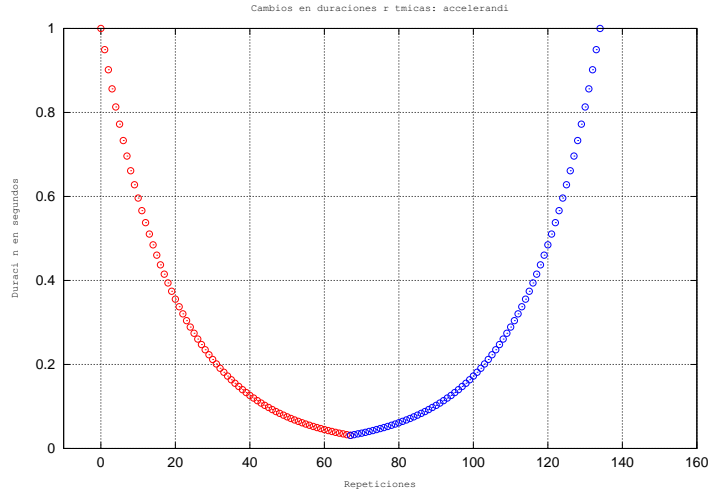


Figura 3: Gráfica con cambios en las duraciones de un evento sonoro. Nótese que las primeras notas son un *accelerando* puesto que la duración en tiempo disminuye. Hacia el final las duraciones se incrementan produciendo un *ritardando*.

donde: $t = \{0, 1, 2, \dots, m\}$, con m como el máximo de repeticiones y $k = \frac{-1}{m} \log 32$. La gráfica de valores para $n = 67$ repeticiones puede verse en la figura 3. Para cambios en la intensidad de un sonido que se repite n veces, creando un efecto *decrecendo* o *decrecendo*, se puede utilizar una función *gaussiana*¹⁹, como:

$$e^{\sigma^2(\frac{t}{r}-1)^2},$$

donde: $t = \{0, 1, 2, \dots, m\}$, con m como el máximo de reiteraciones, $r = m/2$ y σ como el parámetro de convexidad. Con $(\sigma = 4, 0)$ y, $(m = n = 65)$ se produce la curva de amplitud (factor de ganancia) de la figura 4.

Al igual que los algoritmos para generar sonidos con síntesis de audio FM, estas funciones fueron transcritas al lenguaje de programación SCHEME, para producir archivos sonoros en el programa SND²⁰. El algoritmo para la generación de un sonido básico con síntesis FM, está descrito en *Introducción a la Plástica Sonora*²¹. El algoritmo en código de *Matlab* para la manipulación

¹⁹Press, 1998

²⁰Schottstaedt, 2007b

²¹Reyes, 2005

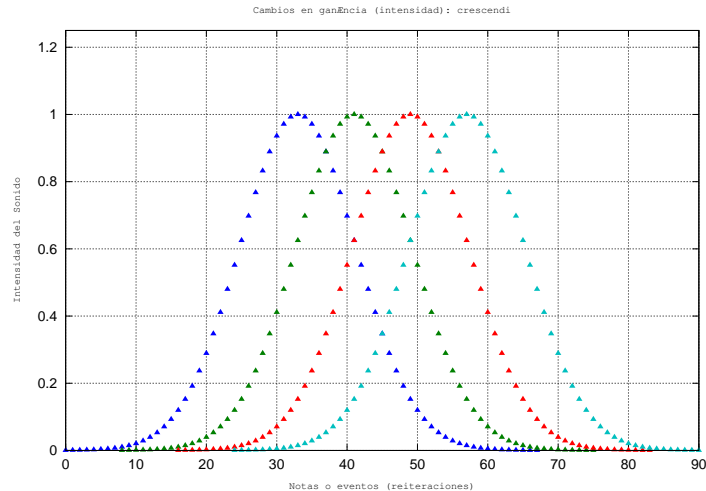


Figura 4: Gráfica con cambios en las intensidades de un evento sonoro. Nótese que la intensidad del sonido va gradualmente incrementandose en un *crescendi* porque la ganancia es mayor. Hacia el final, las ganancias son menores atenuando el volumen de cada sonido. Al sobreponer varias funciones de ganancia se logra un efecto de percepción infinita de las paradojas de Rissett y Knowlton.

espacial del sonido función del tiempo, se puede ver en el apéndice, listado 1. El código correspondiente en SCHEME, se aprecia en el listado 2.

Problemas y retos

La definición y percepción de obras de arte sonoras en contextos como galerías, sigue siendo un mito y requiere de formación de públicos. Aunque el objeto sonoro dispone de un alto nivel de interactividad, el esquema sonoro en definición utilizada para este trabajo, no es algo interactivo por lo que su percepción tiende al sentido de la escucha. Decir que el sonido es a la obra sonora como el pincel a la pintura, es restringir el género. El arte sonoro, como el Vídeo-arte, depende del tiempo además de una sucesión de eventos y procesos que sintetiza la mente del vidente-escucha; no hay retribución instantánea. Muchos oyentes, quizá por herencia del vídeo-arte o de la narrativa, están predispuestos al sinfín y a las repeticiones. Sin embargo, y como ventaja, la repetición del sonido no reconstruye la sorpresa o la imagen formada en la primera escucha. Cada escucha produce elementos para

una nueva imagen pero, en el objeto sonoro sigue predominando lo visual, la reacción, y el descubrimiento. Por esto, a veces lo sonoro se percibe como un simple efecto y, perdiéndose la experiencia aural.

Conclusiones

La idea de esquema sonoro utilizada para la realización de una obra como *Escenas de Marimonda* ofrece varias ventajas. Como en el esquema dibujado, se pueden crear diferentes formas además de su interacción. Al pensar en un segmento horizontal que divide al esquema, también se puede pensar en los trazos y fuerzas verticales que van colgadas a la tira horizontal. Esto ayuda a la disposición de los procesos sonoros. Como la tira dispone de dos extremos, desde otra dimensión o perspectiva, puede volverse circular. Al ser circular permite un sinnúmero de repeticiones.

Igualmente al asociar un esquema sonoro al dibujo y no a la música, la forma es arbitraria y las tensiones no dependen de un eje tonal. En éste caso la obra tampoco es resultado de un contrapunto y de narrativas. El proceso sonoro se puede comprimir o estirar, se puede matizar con diferentes espectros y resonancias o, se puede acelerar. El lugar de cada proceso solamente está indicado por la cantidad de gravedad y su relación con los procesos anteriores. Un esquema sonoro puede ser proyectado o en la pared de una galería o en la sala de conciertos. Para la horizontal y sus perpendiculares, muy fácil se pueden transcribir formulas matemáticas sin interferencia con el lenguaje. El espacio de un esquema da para la imaginación y gramáticas generativas²².

Apéndice

Los siguientes ejemplos son parte de algoritmos utilizados en la realización de *Escenas de Marimonda*. Para generar estos sonidos se utilizó el editor de sonido SND²³, que traduce el código de programación en SCHEME a señal de audio. Mayor información y teoría para la aplicación de estos métodos puede encontrarse en la Introducción a plástica sonora²⁴.

²²Jackendoff, 1995

²³Schottstaedt, 2007b

²⁴Reyes, 2005

Listado 1: Código para panorámicos con Lissajous en MatLab

```
function gain0 = lissajgain(A,omega,delta ,B, points , cycles)
clf;
twopi=2*pi;
inc=cycles/(omega*points);
theta=0:inc:(cycles/omega);
omegatheta=twopi*omega.*theta;
xt = A*sin(omegatheta + delta);
yt = B*sin(twopi.*theta);
gain0 = (yt+1)./2;
gain1 = (xt+1)./2;
plot(gain1 ,gain0,"^1-")
endfunction
```

Listado 2: Algoritmo para panorámicos en dos canales en SCHEME

```
(define* (lissajous beg dur freq amp mc-ratio index #:key
  (index-env '(0 1.0 80 4.27 100 1.0))
  (amp-env '(0 0 5 1 90 1 100 0))
  (omega (/ 3 2)) ;; parameters a/b;
  (delta (/ pi 2)) ;; phase parameter
  (points 100) (cycles 1))
  (let* ((start (seconds->samples beg))
    (end (+ start (seconds->samples dur)))
    (cr (make-oscil freq))
    (md (make-oscil (* freq mc-ratio)))
    (fm-index (hz->radians (* index mc-ratio freq)))
    (ampf (make-env amp-env :scaler amp :duration dur))
    (indf (make-env index-env :scaler fm-index :base 32
      :duration (/ dur cycles)))
    (twopi (* 2 pi))
    (zeta (make-env :envelope '(0 1 1 points)
      :duration (/ dur cycles) :scaler 1.0))
    (amp-env (make-env :envelope '(0 1 1 1)
      :duration dur
      :scaler amp)))
    (run
      (lambda ()
        (do ((i start (1+ i)))
          ((= i end))
            (let* ((t (env zeta))
              (omegat (* omega t twopi))
              (xt (sin (+ omegat delta)))
              (yt (sin (* twopi t)))
              (m (if (= xt 0) (+ 0.00) (abs (/ yt xt))))
              (theta (atan m))
              (deltaq0 (- theta 0.00))
              (deltaq1 (- theta (/ pi 2)))
              (g0 (if (< (abs deltaq0) (/ pi 2))
                (* (abs xt) (cos deltaq0))
                (+ 0.00)))
              (g1 (if (< (abs deltaq1) (/ pi 2))
                (* (abs yt) (cos deltaq1))
                (+ 0.00))))
```

```

      (fmSignal (* (env ampf)
        (oscil cr (* (env indf)
          (oscil md)))))) ) )
    (outa i (* fmSignal g0) *output*)
    (outb i (* fmSignal g1) *output*)
    (if *reverb* (outa i (* fmSignal g0 rev-amount) *reverb*))
    (if *reverb* (outb i (* fmSignal g1 rev-amount) *reverb*)) )
  (if (> (mus-location indf) (mus-length indf))
    (mus-reset indf))
  (if (> (mus-location zeta) (mus-length zeta))
    (mus-reset zeta) ) ) ) )

```

Referencias

- Chafe, C. (2005). Oxygen flute, a computer music instrument that grows. *New Music Research*, 34(3).
- Chowning, J. (1973). The synthesis of complex audio spectra by means of frequency modulation. *Journal of the Audio Engineering Society*, 21, 526–534.
- Fontana, B. (2002). Resoundings, sound sculptures and ideas of bill fontana. <http://www.resoundings.org/>. Falling Echoes, Sound Sculpture, Brooklyn Bridge, New York.
- Jackendoff, R. (1995). *Languages of the Mind: Essays on Mental Representation*. MIT Press, Cambridge MA, EE.UU.
- Kahn, D., Ed. (1994). *Wireless Imagination: Sound, Radio, and the Avant-Garde*. MIT Press, Cambridge MA, EE.UU.
- Kahn, D. (2001). *Noise, Water, Meat: A History of Sound in the Arts*. The MIT Press.
- Lévi-Strauss, C. (1969). *The Raw and the Cooked*. Harper and Row.
- Morris, A. K., Ed. (1998). *Sound States: Innovative Poetics and Acoustical Technologies*. University of North Carolina Press.
- Nichols, D. (1990). *American Experimental Music 1890 1940*, chapter Henry Cowell. Cambridge University Press.
- Pierce, J. (1983). *The Science of Musical Sound*. Scientific American Library.
- Press, W. H. (1998). *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing*. Cambridge University Press.

- Reyes, J. (2004). Momentos de intersección: Reflexiones sobre música y plástica. *Arte y Contexto*. Madrid, Spain.
- Reyes, J. (2005). Introducción a la plástica sonora: tutoría para artistas y músicos. http://www.maginvent.org/articles/psontoot/Tecnicas_Plastica_Sonora.html. Contiene Tutorías en el lenguaje de programación SCHEME, además de una introducción metódica a la síntesis de sonido.
- Reyes, J. (2006). Perpendicularidad entre el arte sonoro y la música. *Cuadernos del Centro de Estudios en DyC*, 20. Universidad de Palermo, Facultad de Diseño y Comunicación, Buenos Aires, Argentina.
- Risset, J. C. (1991). *Current Directions in Computer Music Research*, chapter Paradoxical Sounds, (pp. 149–158). The MIT Press.
- Risset, J. C. (2007). Fifty years of digital sound for music. In *Proceeding SMC07*: National and Kapodistrian University of Athens.
- Schottstaedt, B. (2007a). An introduction to fm. <http://ccrma.stanford.edu/software/snd/snd/fm.html>.
- Schottstaedt, B. (2007b). Snd. <http://ccrma.stanford.edu/software/snd/snd/snd.html>.
- Varios, Ed. (1999). *Primer Encuentro de Investigadores del Carnaval de Barranquilla: Memorias*. Fondo de Publicaciones de la Universidad del Atlántico. Las marimondas hacen parte de la fauna danzante en las comparzas y bailes del Carnaval de Barranquilla. La marimonda en sí es una figura enmascarada en forma de capuchón que se desliza sobre la cabeza. Tiene grandes orejas y una trompa muy larga. Aunque los pobladores de la región la llaman mono, sus características morfológicas corresponden a las de un elefante.
- Weisstein, E. (2007). Lissajous curve reference. <http://mathworld.wolfram.com/LissajousCurve.html>.