

APLICACIONES INFORMÁTICAS EN LA EJECUCIÓN DE UNA COMPOSICIÓN ALGORÍTMICA: PRECISIONES SOBRE LA REALIZACIÓN DE *CAPTURAS DEL ÚNICO CAMINO*.

DAMIÁN ANACHE (CONICET - UNQ)

Resumen

Las obras de composición algorítmica pueden ser ejecutadas por máquinas o músicos en vivo según las características específicas de cada pieza. *Paisaje Primero*, el primer movimiento de *Capturas del único camino* (Anache, 2014)¹ es un caso particular que contempla ambas posibilidades de ejecución. Esta obra es a su vez un caso de composición algorítmica y generativa a partir del modo en que involucra pautas aleatorias. La obra fue publicada en CD de audio (*Inkilino Records* y *Concepto Cero*, 2014) y esa versión está codificada en *Stereo-Ambisonics-UHJ* (Michael Gerzon *et al*²). El disco registra una versión de la obra interpretada por aplicaciones que fueron creadas por el compositor en el entorno *Pure Data* (Miller Puckette *et al*³, *aka PD*). La documentación que aquí se presenta expone los detalles del planteo compositivo y las aplicaciones desarrolladas para su ejecución.

Palabras clave: Composición algorítmica, Música Indeterminada, Música por computadoras, Música generativa.

Abstract

Algorithmic compositions can be performed by machines or live performers according to the specific characteristics of each piece. *Paisaje Primero*, the first movement of *Capturas del único camino* (Anache, 2014)⁴, offers a special case which allows both possibilities of performance (by machines or performers). This composition is also a generative piece based on the way it involves random choices and it was published in CD audio (*Inkilino Records & Concepto Cero*, 2014). That fixed-media version of the piece offers a computer realized performance achieved by *patches* created in *Pure Data* (Miller Puckette *et al*). This documentation exposes the compositional details and the software developed for its performance by computers.

Key words: Computer music, Algorithmic composition, Indeterminacy, Generative music.

¹ Más información de la obra en: <http://conceptocero.com/capturasdelunicocamino/> (último acceso: septiembre 2015).

² Para más detalles sobre *Ambisonics* ver Malham, Dave (2009) *El espacio acústico tridimensional y su simulación por medio de Ambisonics*, en Di Liscia *et al* (2009) *Música y espacio: ciencia, tecnología y estética*, Universidad Nacional de Quilmes Editorial, Argentina, Capítulo V.

³ Entorno de libre distribución, disponible en: <http://puredata.info/> (último acceso: septiembre 2015).

⁴ More details about the work at: <http://conceptocero.com/capturasdelunicocamino/>

Marco teórico.

Tomando como referencia la definición de algoritmo planteada por Essl⁵, la *composición algorítmica* es aquella que emplea un conjunto predeterminado de instrucciones o reglas para alcanzar una obra a partir de una cantidad limitada de pasos. Según él, el algoritmo constituye un modelo abstracto que define y controla alguno o todos los aspectos estructurales de la música compuesta en estos términos. En su artículo *Algorithmic composition*, Essl señala antecedentes del pensamiento algorítmico en composiciones del siglo IX hasta en la actualidad, destacando a los compositores que profundizaron la propuesta durante el siglo XX, entre ellos Karlheinz Stockhausen, Iannis Xenakis, Gottfried Michael Koenig, John Cage y Lejaren Hiller. Este último fue uno de los pioneros en involucrar las herramientas informáticas en la composición algorítmica, documentando detalladamente varias de esas composiciones en textos como *Composing with Computers: A Progress Report* (1981)⁶. Como bien señala Essl, debido a su naturaleza basada en reglas, todo algoritmo puede ser expresado como un programa de computadora. Sin embargo, esta condición no es exclusiva ya que el uso de algoritmos no está restringido solo al ámbito de las computadoras; afirmación argumentada y ejemplificada por el autor con casos de obras previas a su existencia.

El planteo algorítmico de una obra puede ocupar solo la instancia de composición de manera independiente a su ejecución. Dicho en otras palabras, una partitura puede ser concebida con recursos algorítmicos mientras que su ejecución puede no involucrar nada algorítmico. Al mismo tiempo existen obras para las que sí se requiere de una ejecución especial diferente a la tradicional. Las partituras tradicionales ofrecen instrucciones para que el intérprete ejecute *acciones específicas* de una *manera específica*, mientras que las partituras algorítmicas solo ofrecen al intérprete un conjunto de *reglas*; en algunos casos, estas reglas se articulan con acciones específicas y en otros carecen de ese grado de especificidad, como por ejemplo en algunos casos de *música indeterminada*⁷.

Existen diferentes maneras de abordar la composición musical con algoritmos (ver Nierhaus, 2009⁸) y una de ellas es mediante los algoritmos generativos⁹. La música generativa es aquella ejecutada por medio de un algoritmo que ofrece un proceso con cierto grado de autonomía; y es por esta misma condición que suele presentarse sin un final predefinido. Algunos ejemplos de música generativa son los trabajos realizados por el compositor inglés Brian Eno, como ser *Discreet Music* (1975), *Music for Airports* (1978) y *I Dormienti* (1999) entre otras. Una de sus obras más destacadas es *Generative Music 1* (1996), su primer publicación de obra en forma de *software*¹⁰ (publicada y distribuida en soporte *floppy disk*). Esta obra se corresponde con el modelo que Lejaren Hiller define como *computer-realized music* (música realizada por computadora). Por este concepto se entiende a una obra cuyo medio de ejecución es la computadora de manera totalmente exclusiva, a diferencia de los casos en los que la computadora

⁵ 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.

⁶ Hiller, Lejaren (1981) *Composing with Computers: A Progress Report*, Computer Music Journal, Vol. 5, No. 4 (Winter, 1981), pp. 7-21, The MIT Press, EE. UU.

⁷ Cage, John (1961) *Indeterminacy*, en *Silence: Lectures and Writings*, Wesleyan University Press, EE.UU.

⁸ Nierhaus, Gerhard (2009) *Algorithmic Composition, Paradigms of Automated Music Generation*, Springer, EEUU.

⁹ Precisiones sobre el concepto de *generatividad* en Galanter, Philip (2003) *What is Generative Art? Complexity Theory as Context for Art Theory*, En GA2003, 6th Generative Art Conference.

¹⁰ Desarrollada sobre la plataforma de composición algorítmica *Koan*, de la empresa SSEYO, hoy Intermorphic <http://www.intermorphic.com/> (ultimo acceso : septiembre, 2015)

interviene solo en una etapa del proceso de creación y es vista como una herramienta de producción, edición o procesamiento de señales (todo procedimientos que en términos generales podrían ser realizados por otros medios).

1.- Introducción: Sobre Capturas del único camino.

El presente escrito documenta la técnica de realización de *Capturas del único camino* (Anache, 2014)¹¹, una obra de música algorítmica y generativa. Si bien aquí solo se profundizará en la versión musical de la obra cabe señalar que *Capturas del único camino* es en realidad una obra transmedia que involucra también creaciones realizadas a través de otros medios (visual y audiovisual¹²). En términos generales, la composición musical de esta pieza implementa lo algorítmico articulado con las ideas sobre el uso del proceso en la música desarrolladas por Steve Reich¹³, Morton Feldman¹⁴ y Alvin Lucier¹⁵, además de las de los mencionados John Cage¹⁶ y Brian Eno¹⁷.

Con fines operativos, aquí solo se detallará el primero de los cuatro movimientos de la pieza, titulado *Paisaje Primero*. Este movimiento ofrece dos posibilidades de realización por lo cual existen dos versiones de la misma pieza: la versión del tipo *computer-realized music* ejecutada mediante una aplicación informática (o *software*) *ad hoc* de manera autónoma; y la versión performática ejecutada por músicos mediante una partitura de interpretación algorítmica. Dicha partitura está definida por un conjunto de acciones con cierto grado de especificidad y mediadas por una serie de reglas y decisiones aleatorias. *Paisaje Primero*, plantea la base compositiva de toda la obra, de manera que los otros 3 movimientos se presentan como variaciones o proyecciones de este primero. Cabe aclarar que las aplicaciones implementadas para esos otros tres movimientos no presentan variaciones algorítmicas sino que tan solo emplean diferentes definiciones de sus parámetros de funcionamiento además de operar con diferentes materiales sonoros. *Paisaje Primero* está compuesta para instrumentos acústicos y los otros movimientos para voces, sonidos generados por síntesis y grabaciones de sonidos generados por agua en movimiento, respectivamente.

En vistas de profundizar sobre el desarrollo de la aplicación, es imprescindible detallar antes la versión performática y su partitura, ya que la aplicación funciona a modo de intérprete informático de la misma (con algunas variaciones realizadas para la adaptación al medio y la capitalización de sus posibilidades).

¹¹ La obra 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 (<https://puredata.info/author/pdiliscia> , ultimo acceso : septiembre, 2015) y Codirigido por el Lic. Mariano Cura .

¹² Para más información consultar: <http://www.conceptocero.com/capturasdelunicocamino/> (último acceso: septiembre, 2015).

¹³ Reich, Steve (2002) *Writings on Music: 1965-2000*, Oxford University Press, EE. UU.

¹⁴ Feldman, Morton (2012) *Pensamientos verticales*, Traducción de: Ezequiel Fanego, Caja Negra Editora, Argentina.

¹⁵ Lucier, Alvin (1995) *Reflections – Interviews, Scores, Writings, 1965-1994*, MusikTexte, Alemania.

¹⁶ Cage, John (1961) *Silence: Lectures and Writings*, Wesleyan University Press, EE.UU.

¹⁷ 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: septiembre, 2015).

2.- Paisaje Primero: Versión performática.

El primer movimiento de *Capturas del único camino* está compuesto para 4 instrumentos: piano, guitarra, glockenspiel y percusión. Su partitura, de constante y obligatoria alusión en este escrito se incluye como anexo. Allí se puede ver un bloque de texto que contiene una serie de pautas para la ejecución de la obra. Estas pautas que hacen referencia a: un grupo de acciones o gestos musicales específicos para cada instrumento (del tipo arpeggio, acordes, etc); una estructura de intervalos temporales; y el planteo del manejo de altura. Todos estos aspectos se encuentran detallados a continuación del bloque de texto principal de la misma partitura.

Según se detalla, la obra se basa en una unidad de *tempo* común para los cuatro instrumentos, negra = 27. Partiendo de esta indicación, cada instrumento tiene asignado un único intervalo de tiempo que se debe repetir cíclicamente durante toda la obra. Cada instrumento tiene un ciclo diferente. Al iniciar su ciclo cada instrumento debe realizar una de las acciones definidas para sí mismo. Esos ciclos son: piano, 5 negras; guitarra, 7; glockenspiel, 11 y percusión, *Ad libitum* pero mayor a 11 negras (y puede variar o no en cada repetición). Esto significa que al iniciarse la obra cada instrumento debe ejecutar una acción y al cada vez que se inicie un nuevo ciclo propio debe ejecutar una nueva acción. Estas acciones deben ser elegidas aleatoriamente desde el grupo de posibilidades definidas para cada instrumento. De esta manera, el piano ejecutará una acción cada 5 negras, la guitarra una cada 7, y así el resto. Este comportamiento se debe repetir hasta alcanzar 386 negras contabilizadas desde el inicio isócrono de todos los instrumentos (entre 14 y 15 minutos aproximadamente) o en múltiplos enteros de $7 * 5 * 11$ y luego sumando 1 o sea, si $7 * 5 * 11 = 385$, la duración de obra puede ser $(385 * \mathbb{N}) + 1$, siendo \mathbb{N} natural y positivo según la arbitraria decisión de los intérpretes en cada instancia de ejecución.

Por su parte, el listado de acciones incluidas en la partitura está definido sin alturas absolutas sino que están indicadas solo de manera relativa a las notas propias de cada gesto o acción, organizadas convencionalmente de más grave a más aguda, desde abajo hacia arriba. Por esto al momento de ejecutar cada acción el intérprete debe designar arbitrariamente una altura específica para cada nota. Las instrucciones para la designación de alturas definen que cada vez que se ejecute una acción todas las notas de la misma deben corresponderse con un único grado cromático o *PC*¹⁸. Esto no quiere decir que cada vez que se ejecute la misma acción se debe realizar siempre con el mismo grado cromático (de hecho se alienta a su constante variación) sino que cada acción no puede tener intervalos internos diferentes a los saltos de una o varias octavas, excepto para los obvios casos de una única nota o de algunos instrumentos de percusión no temperados. La elección de ese grado cromático para cada instancia de acción se realiza a partir de los grupos definidos en la tabla incluida en la partitura en la sección *Sistema de alturas*. El grupo de posibilidades de grados cromáticos está subdividido a su vez en 4 grupos de *PCS*: A, B, C y D, referidos según la nomenclatura de Allen Forte¹⁹: 6-35, 5-33, 4-23 (transposición 1) y 3-12 respectivamente²⁰. Al mismo tiempo se encuentran detallados los grados cromáticos específicos de cada caso. Al iniciar la

¹⁸ Para los conceptos de *Grado cromático* ó *PC* (forma corta para *Pitch Class*) y *Conjunto de grados cromáticos* ó *PCS* (*Pitch Class Set*), ver: Cetta, Pablo; Di Liscia, Oscar (2010), *Elementos de Contrapunto atonal*, Editorial EDUCA, Argentina.

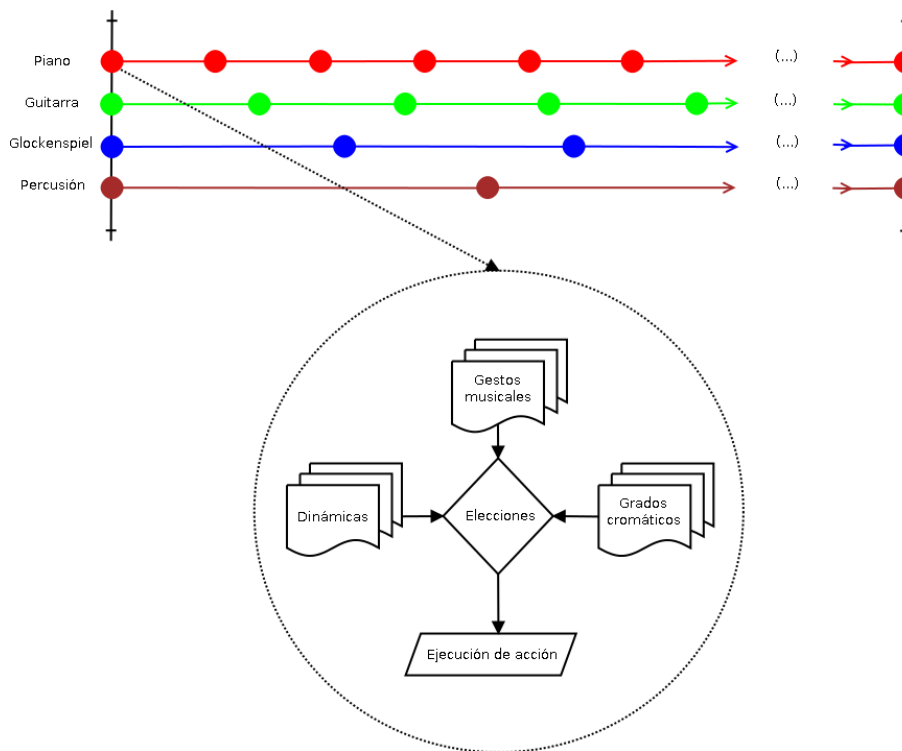
¹⁹ Forte, Allen (1974), *The Structure of Atonal Music*, Yale University Press, Londres.

²⁰ Los que no se indican su transposición es porque están empleados en su *forma prima*.

obra los instrumentistas deben ponerse de acuerdo para ejecutar notas del grupo A ó C, y luego, cada 55 negras deben alternar aleatoriamente de grupo, manteniendo una decisión de PCS común para todos los instrumentos. De manera que siempre, durante toda la obra, los cuatro instrumentos deben ejecutar grados cromáticos correspondientes a un mismo PCS en común, alternándolos cada múltiplos de 55 negras. El último grupo definido para concluir la obra debe ser A, o sea que a partir de las 330 negras contabilizadas desde el inicio (o según la cantidad múltiplos enteros por lo que se multiplique la duración total de la obra) todos los instrumentos deben escoger grados cromáticos del grupo A para realizar todas las acciones que ejecuten hasta finalizar la obra.

La partitura incluye además indicaciones dinámicas (o *de intensidad*) para la ejecución de todos los instrumentos, pudiendo oscilar solo entre *lo más piano posible* y *mezzopiano*.

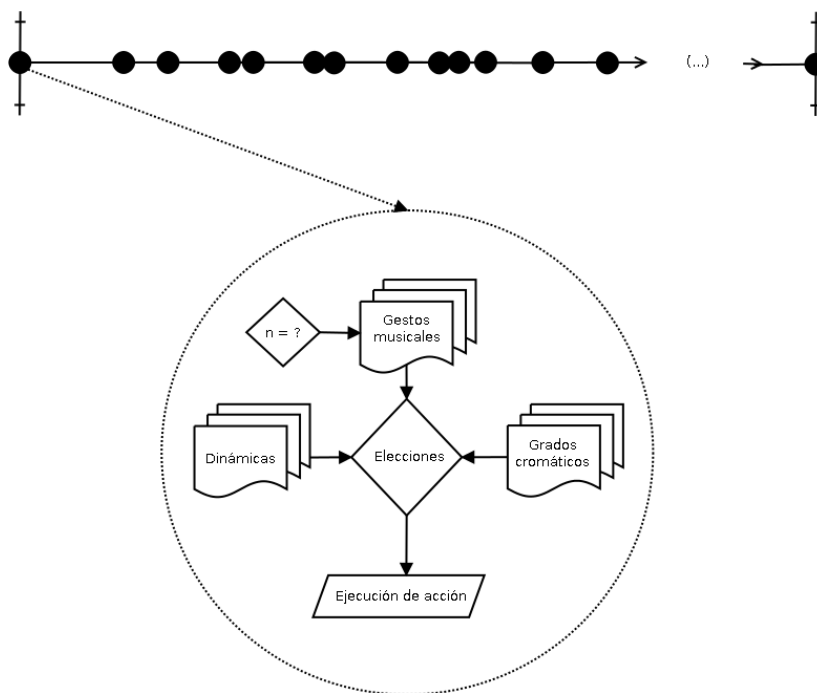
En resumidas palabras la obra parte de una estructura temporal predefinida sobre la que los intérpretes deben ejecutar diferentes acciones musicales; las características de esas acciones deben ser decididas durante la ejecución de la pieza según una serie de reglas. El esquema a continuación, representa el planteo de la obra en términos generales.



3.- Paisaje Primero: Versión realizada por computadora.

Considerando la explicación detallada en la sección anterior (5), la aplicación informática de realización de la pieza parte de la misma estructura temporal para ejecutar las acciones de cada instrumento. Para esto se emplea un banco de *samples*²¹ que registra las grabaciones de cada una de las acciones posibles para cada uno de los instrumentos. Al mismo tiempo, la aplicación modifica aleatoriamente y en tiempo real las características de reproducción de esos *samples*, este procedimiento es análogo a cómo los músicos infieren en las características de cada acción escrita durante su ejecución. Esas variables que controlan los intérpretes, y en este caso la aplicación informática, son: la elección de la acción musical en sí misma, su altura y su intensidad. En esta versión, esas variables son complementadas con otro parámetro de constante cambio que no está presente en la versión performática y es la ubicación espacial del sonido en tres dimensiones, implementada mediante la técnica *Ambisonics*.

A continuación se propone un esquema que representa el principio de funcionamiento de la aplicación informática. La única diferencia con el esquema de la versión performática es que aquí la línea de tiempo está unificada ya que el nuevo intérprete es solo uno: la aplicación en sí misma. Como se señaló, esta versión además incorpora la ubicación espacial del sonido pero la misma no se la considera dentro de la etapa de decisiones, por lo que ese aspecto no se ve reflejado en esquema



²¹ Se entiende por *sample* a un archivo de audio breve que registra un único *objeto sonoro*. El concepto de *objeto sonoro* se desarrolla en: Schaeffer, Pierre (2003) *Tratado de los objetos musicales*, Alianza Editorial, España. En el contexto de este escrito, se considera a cada acción o gesto musical de la obra como un objeto sonoro indivisible.

En el esquema, la elección de la acción musical está condicionada por la posición temporal. De manera que en cada uno de los momentos representados con puntos, el algoritmo seleccionará un banco de *samples* diferente según la misma estructura de intervalos temporales explicados en la sección anterior (5). De esta manera en algunos momentos opera sobre un único banco de *samples* y en algunos otros casos opera con más de un banco en simultáneo, por ejemplo en los momentos múltiplos de $5 * 7$ trabaja con el banco de *samples* de piano y el de guitarra. Con esta aclaración se advierte que el banco de *samples* está organizado en cuatro sub bancos, correspondientes a cada uno de los instrumentos. En términos generales, el banco registra todas las acciones de cada instrumento pero solo ejecutadas para los grados cromáticos del grupo D: Do, Mi y Sol#. Considerando que la obra propone el uso de 8 grados cromáticos en total (Do, Do#, Re, Re#, Mi, Fa#, Sol#, La#) la aplicación emplea la técnica de *Pitch scaling /pitch shifting* para alcanzar los grados cromáticos que no se registran en los *samples*. Cabe aclarar que este proceso también se lo utiliza con el fin de modificar las cualidades tímbricas de las grabaciones. Otro recurso empleado para modificar el timbre de los *samples* se obtiene mediante la inclusión de un proceso de convolución con respuestas a impulso de espacios acústicos con un largo tiempo de reverberación. Tanto este último proceso como la posterior ubicación espacial, están en variación constante durante el desarrollo de la pieza (mediante envolventes de tipo LFO a velocidades muy bajas).

Valiéndose del planteo compositivo que no define una duración finita de la obra, la aplicación está diseñada para poder ejecutarla *ad aeternum*. Por lo tanto, para la publicación de la obra musical en soporte fijo se realizaron varias grabaciones del resultado musical producido por la aplicación, “capturando” diferentes instancias para luego seleccionar una única captura como versión pública final.

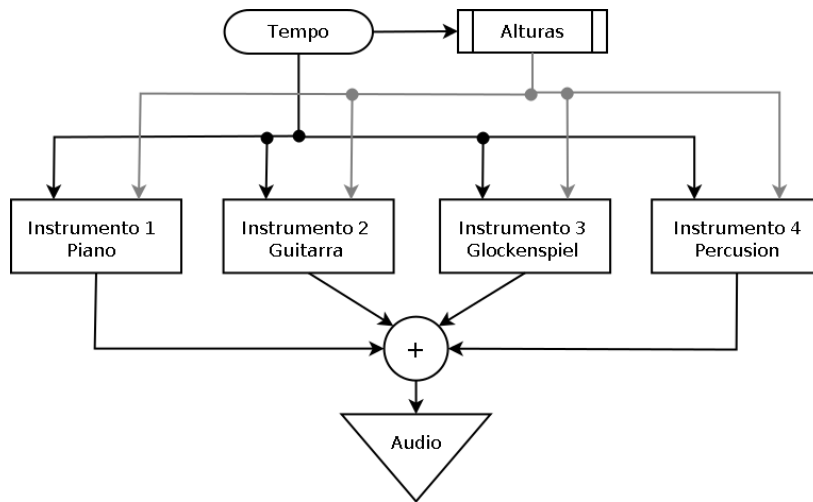
Como se anticipó, esta aplicación fue realizada en el entorno *Pure Data*. Por lo que partiendo del modo en que se estructura esta plataforma de programación *la aplicación* descrita hasta aquí es en realidad un conjunto de varias aplicaciones. Todas esas aplicaciones están desarrolladas con diferentes grados de autonomía y niveles jerárquicos. Al mismo tiempo, fueron diseñadas para ser integradas en un algoritmo o *patch* general, el que se describe a continuación al igual que cada una de esas aplicaciones o *patches* que lo constituyen.

4.- Aplicaciones desarrolladas.

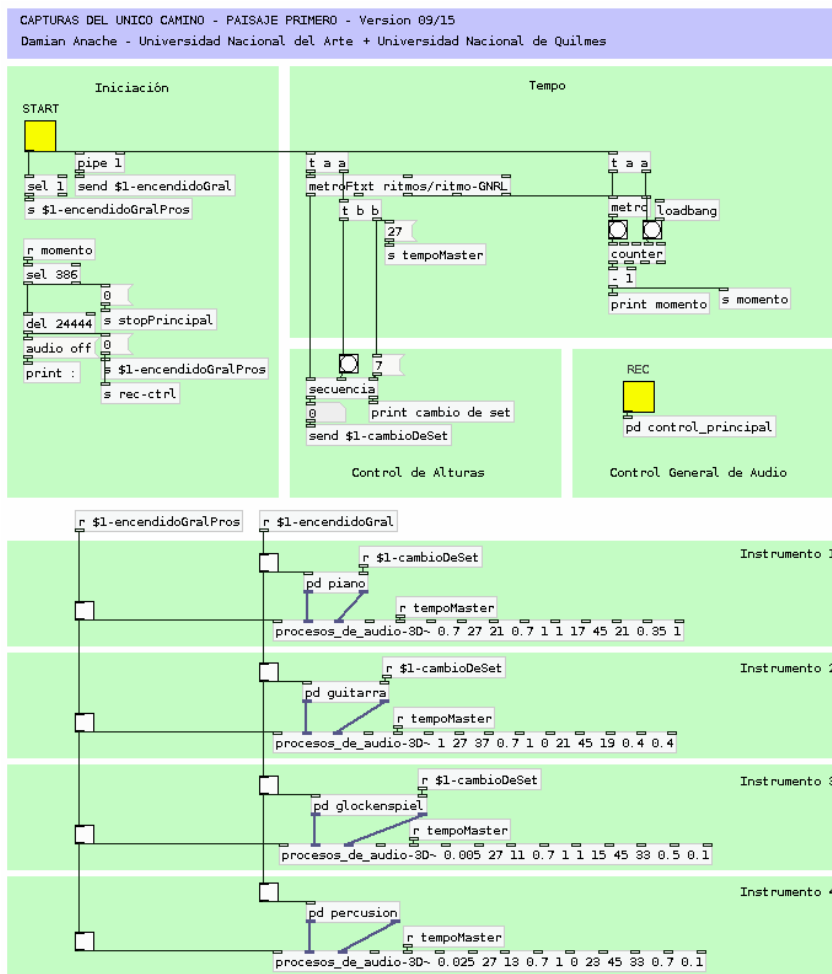
4.1.- Patch principal.

A continuación se presenta un diagrama esquemático del funcionamiento del algoritmo principal. Como puede verse, el diseño está organizado a partir de los cuatro instrumentos de la pieza. En este caso los instrumentos son virtuales y funcionan como reproductores de *samples* que generan una salida individual de audio a partir de los bancos propios de cada instrumento. Sus cuatro salidas son sumadas generando una salida común de audio: la obra. Estos instrumentos virtuales son idénticos en su funcionamiento interno, excepto que cada uno está ajustado a las condiciones de cada banco de *samples*. Cada uno está programado para responder a las indicaciones de la partitura por lo que ante todo necesitan una indicación externa de tempo musical, de manera análoga a la indicación que puede ofrecer un director para coordinar un ensamble de instrumentistas. Por esto, en el diagrama se puede observar el módulo Tempo, encargado de generar esa indicación de sincronía, el que a su vez alimenta al

módulo Alturas que estructura la secuencia de los PCS y envía esa información a cada instrumento virtual.



La imagen a continuación muestra la realización en *Pure Data* del esquema integral descrito en el párrafo anterior. Luego se detalla cada etapa por separado.



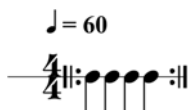
4.1.1.- Iniciación.

Esta primer etapa simplemente controla la salida principal de audio de *Pure Data* (*dac~*), las etapas de audio de cada instrumento virtual, e inicia (o detiene) la etapa de *tempo*.

4.1.2.- Tempo.

La etapa de *tempo* se construye al rededor de la abstracción²² *metroFtxt* (planteada como abstracción ya que también se la emplea en la configuración interna de cada instrumento virtual). Esta abstracción permite generar una secuencia rítmica de *bangs*²³ según las indicaciones recibidas mediante un archivo externo (en formato de texto *txt*). En ese archivo se debe indicar un célula rítmica y la abstracción la repetirá cíclicamente. Para esto, el archivo debe indicar : el *tempo* (en BPM), la cantidad de figuras de la célula rítmica, y luego la duración de figura. Las duraciones de las figuras se representan como valores proporcionales a negra=1 , de manera que redonda = 4, corchea= 0,5, etc.

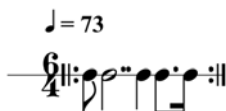
Por ejemplo, para que *metroFtxt* genere una célula de 4 negras a negra = 60



el archivo *txt* debe contener las siguientes líneas:

```
cuatro_negras_x_60BPM.txt
60
4
1
1
1
1
```

En el caso de una célula rítmica más elaborada como la siguiente:



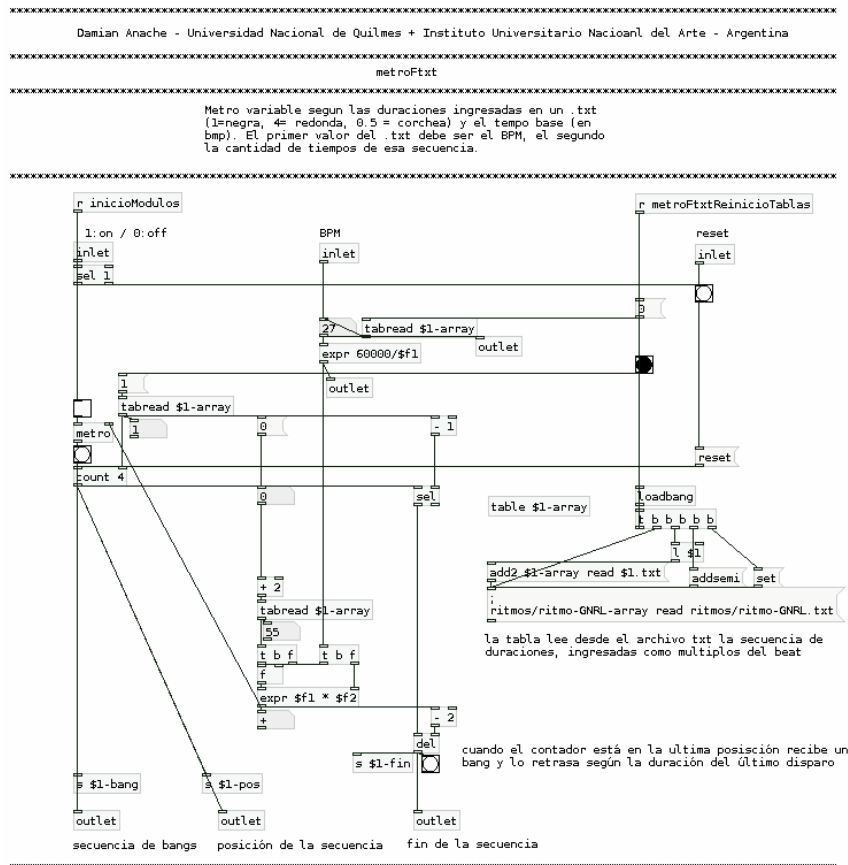
²² Las abstracciones en el entorno *Pure Data* son subprogramas almacenados en archivos externos. De esta manera un mismo subprograma (o *subpatch*) puede ser empleado en varias instancias un mismo mismo *patch* general, y cada una de ellas es independiente de manera individual.

²³ *Bang* es un tipo de mensaje de control del entorno *Pure Data*, utilizado para activar eventos.

el archivo *txt* debe ser:

```
celula_x_73BPM.txt
73
5
0,5
3,5
1
0,75
0,25
```

De esta manera, *metroFtxt* genera una secuencia de *bangs* según la célula rítmica leída desde un archivo externo que dese ser indicado como argumento de inicialización. En el *patch* general de la obra, ese archivo externo está indicado como *ritmos/ritmo-GNRL*, ya que todos los archivos *txt* de la obra se encuentran en la carpeta denominada *ritmos*. Por otro lado, el valor de *tempo* puede ser modificado mediante uno de los *inlets*. En el contexto de esta obra y el de esta etapa en particular, no se explora todo el potencial de la abstracción ya que se la emplea para implementar ciclos con intervalos de tiempo regulares, no obstante, sí son aprovechadas en otros movimientos de la obra. A continuación una captura de pantalla de la abstracción:

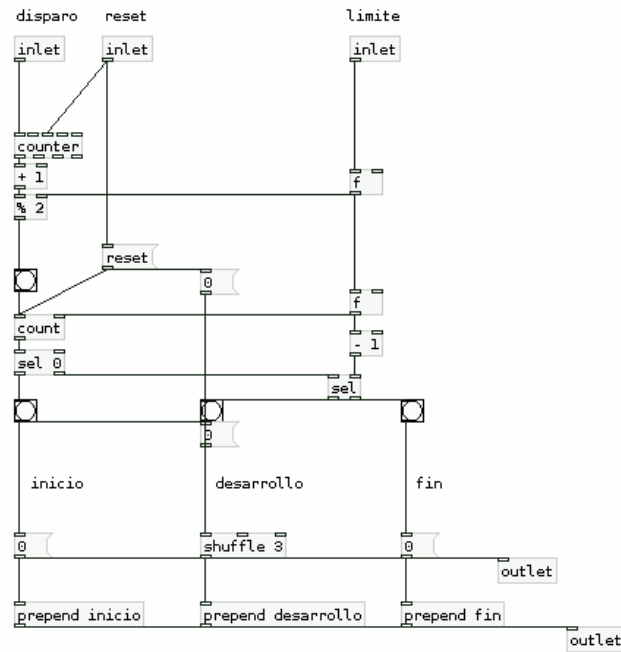


4.1.3.- Alturas.

El control de alturas se realiza mediante otra abstracción, denominada *secuencia*. Ésta recibe un *bang* cada 55 negras desde la etapa de tiempo y por cada uno de ellos

ofrece a su salida valores enteros entre 0 y 3 organizados en una secuencia de tres tramos según la siguiente condición: al iniciarse envía a su salida el valor 0, luego envía aleatoriamente (shuffle) una secuencia de valores enteros entre 0 y 3, y luego finaliza enviando el valor 0 nuevamente. La cantidad de valores aleatorios generados en el tramo intermedio debe ser definida mediante un argumento de inicialización. En el contexto de esta obra, los valores del 0 a 3 se corresponden con los grupos de PCS definidos en la partitura como A, B, C, y D (respectivamente), y el planteo secuencial de esta abstracción se corresponden con las pautas definidas en la obra para de elección de esos grupos de alturas. A continuación, una captura de pantalla del código de la abstracción:

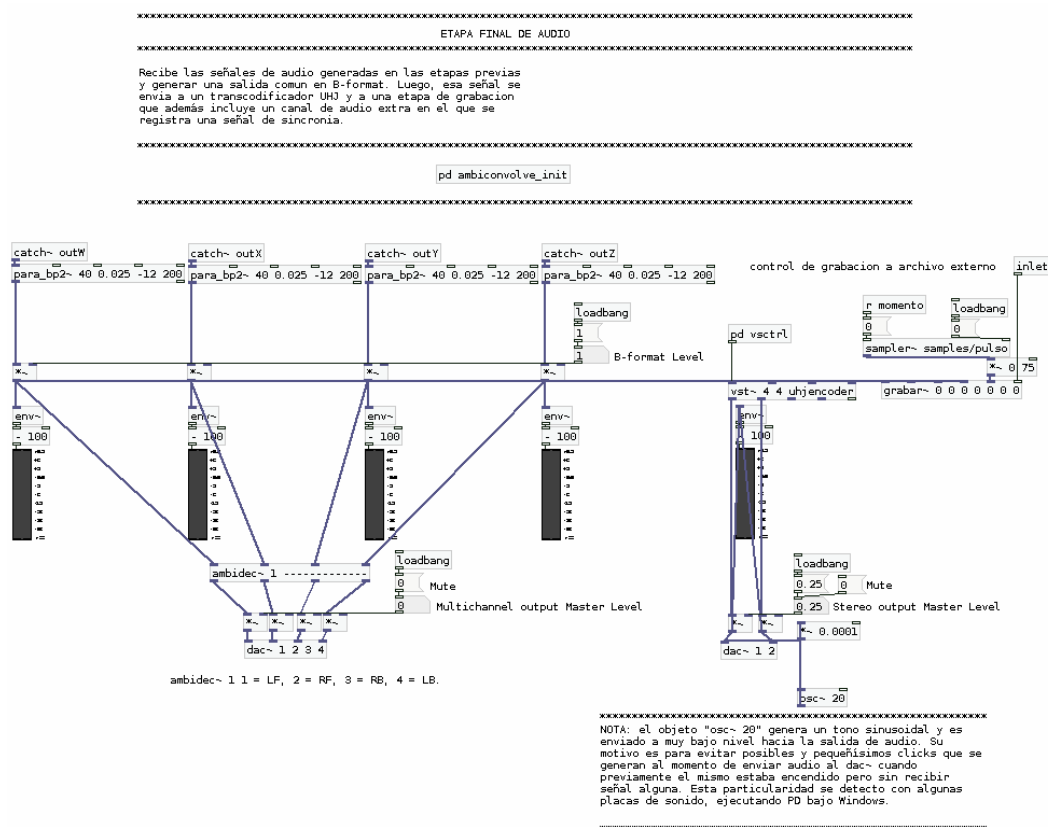
```
*****  
Damian Anache - 2014  
Universidad Nacional del Arte + Universidad Nacional de Quilmes  
Argentina  
*****  
secuencia - Generación de una secuencia de valores en tres  
segmentos, alternando valores predefinidos y aleatorios.  
*****  
  
inicio, primer bang recibido envía 0  
desarrollo, hasta alcanzar el limite envía shuffle de 0 a 3  
fin, al alcanzar el limite envía 0
```



4.2.- Control general de audio

Esta etapa controla la salida de audio mediante el *subpatch ctrl_principal*. En él se suman todas las señales de audio generadas por cada instrumento virtual, definiendo así una única salida en común. Esa señal final está codificada en *Ambisonics B-Format* y es enviada a tres destinos internos: a un decodificador *Ambisonics*; a un

transcodificador *UHJ* y hacia la abstracción *grabar~*. El decodificador²⁴ *Ambisonics* está configurado por defecto con la salida hacia un sistema de parlantes en distribución cuadrado pero también puede configurarse fácilmente para otras distribuciones de parlantes (ver documentación propia del objeto). El transcodificador *UHJ*²⁵ empleado es el *plug-ing VST* desarrollado por Peter Stitt²⁶, cuya salida es enviada a su vez a la salida principal de *PD* (*dac~ 1 2*). Por último, la abstracción *grabar~* está diseñada para registrar la señal recibida en un archivo, más adelante se profundiza sobre esta última abstracción. A continuación una imagen de este *subpatch*.



Por otro lado, esta etapa general de control de audio también incluye la inicialización del objeto de convolución empleado en cada instrumento virtual. Este objeto es *convolve~*²⁷, y requiere que las respuestas a impulso (o las señales de audio

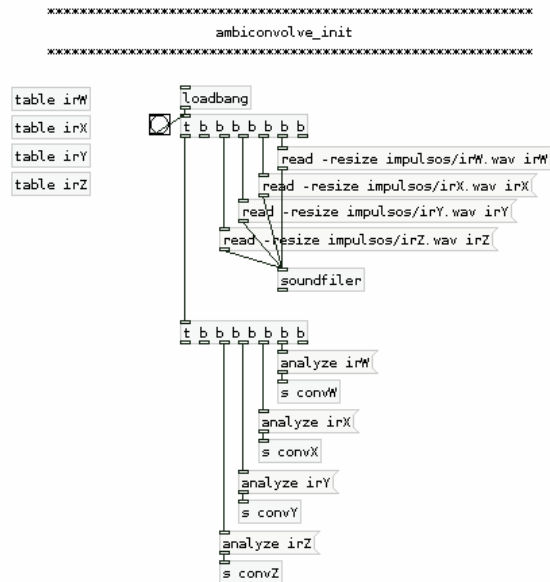
²⁴ Mediante la implementación del objeto externo *Ambidec* incluido en librería *Ambilib* desarrollada por Dave Malham. Disponible online en: <http://www.york.ac.uk/music/mrc/software/objects/> (último acceso: septiembre, 2015)

²⁵ *UHJ* es un formato de codificación de la técnica de sonido envolvente *Ambisonics*, que a su vez es compatible con sistemas *stereo*. De esta manera la misma señal de audio de 2 canales puede ser reproducida tanto en sistemas *stereo* como en sistemas con decodificación *Ambisonics*. Para más detalles ver [5].

²⁶ Más información sobre el *plug-ing* y su creador en <https://circlesounds.wordpress.com/> (último acceso: septiembre, 2015)

²⁷ Perteneciente a la librería *mjlib* desarrollada por Mark Williamson, disponible online en: <http://sourceforge.net/p/pure-data/svn/17183/tree/trunk/externals/mjlib/> (último acceso: septiembre de 2015)

con las que se desee convolucionar) sean cargadas en tablas. Para esto, el *subpatch ambiconvolve_init*, carga en cuatro tablas las cuatro respuestas a impulso correspondientes a las canales W, X, Y, Z de una respuesta a impulso registrada como señal *B-Format*²⁸. Luego de cargar los archivos en las tablas, el objeto *convolve~* requiere una inicialización mediante el mensaje *analyze*.

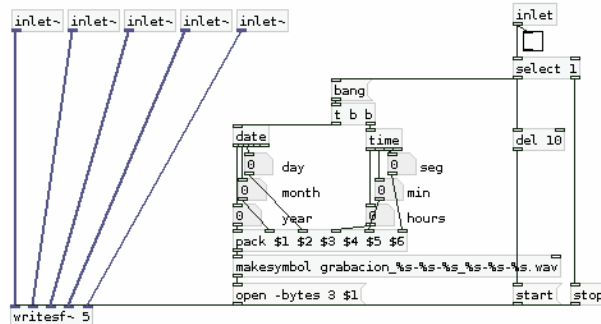


Por su parte, la abstracción *grabar~* registra en disco un archivo de cinco canales de audio, con extensión wav y de 24 bits. El nombre del archivo generado se corresponde con la fecha y el horario del inicio del proceso de registro. Si bien para registrar señales *B-Format* es suficiente hacerlo en un archivo de cuatro canales, el quinto canal de *grabar~* es empleado para registrar una señal de sincronía generada a *tempo*. La misma se genera mediante un breve tono puro que se reproduce a cada negra mediante la abstracción *sampler~* y el archivo *pulso.wav*. Más adelante se detalla el funcionamiento de esta abstracción *sampler~*. Este registro de un quinto canal con un registro sonoro del *tempo* habilita la posterior sincronía de diferentes grabaciones, y una referencia para realizar evaluaciones de control o análisis de la obra, útiles durante el proceso de composición y desarrollo de las aplicaciones.

²⁸ La respuesta fue tomada de la librería *Open Air* (<http://openairlib.net>, último acceso: septiembre de 2015) y corresponde a un registro realizado en el Hamilton Mausoleum. Este es un espacio reconocido mundialmente por su particular arquitectura y consecuente reverberancia, al punto de figurar en el libro de Record Guinness (1994) por su duración. Sus paredes tienen forma de octógono redondeado y el techo es una cúpula semiesférica por lo cual se consideró sumamente adecuada el uso de una respuesta a impulso del recinto con la técnica Ambisonics. El registro disponible en *Open Air* está registrado con un micrófono *Soundfiler* y codificado en *B-format*. Enlace directo: <http://www.openairlib.net/auralizationdb/content/hamilton-mausoleum> (último acceso: Septiembre 2015)

Damian Anache - IUNA - UNQ - 2012

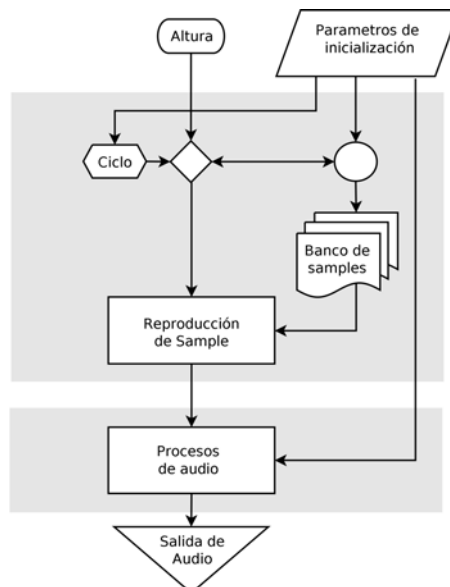
Esta abstracción genera un archivo de audio de 5 canales.
El archivo de audio generado es de formato .wav y su nombre
se corresponde con el siguiente modelo:
grabacion_year_month_day_hour_min.wav. el inlet 6 es para
activar su funcionamiento.



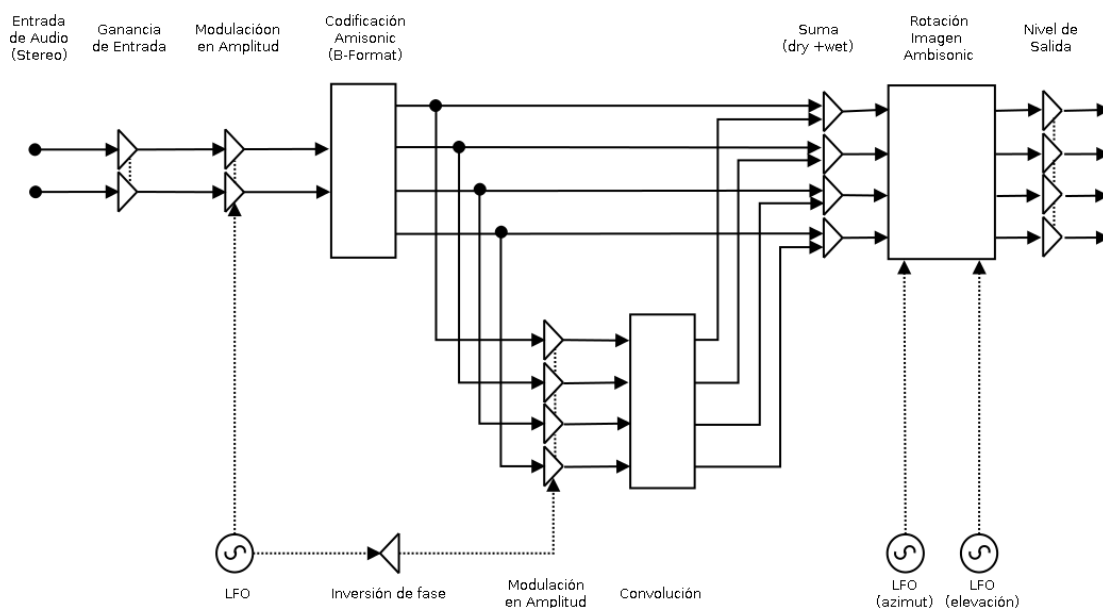
NOTA: para que la grabacion funcione adecuadamente primero
se debe encender el audio, luego iniciar la grabacion

4.3.- Instrumentos

El algoritmo de cada instrumento está organizado en dos etapas, por un lado la reproducción de *samples* y por otro lado una etapa de procesos de audio que afectan a ese *sample* reproducido. La etapa de reproducción de *samples* responde a partir de los datos externos recibidos desde la etapa interna de generación de ciclo y la externa de *Altura*, además del banco de *samples* correspondiente a cada instrumento. Los argumentos de inicialización de cada instrumento definen la duración del ciclo para ejecutar cada acción (cada cuantas negras se debe reproducir un *sample*); la selección de altura de nota específica para ejecutar cada *sample*.



Por otro lado, la etapa de procesos de audio de cada instrumento incluye controles de nivel de señal, convolución con respuestas a impulso y ubicación espacial 3D (mediante *Ambisonic*), todos con parámetros variables en el tiempo mediante modulación por osciladores de muy baja frecuencia. La convolución con respuestas a impulso generan un efecto de sonido reverberado. En el caso particular de mezclas codificadas en *Ambisonics* existen diferentes técnicas para operar con procesos de reverberación. Una de ellas es la de utilizar algoritmos que modelan espacios virtuales de tres dimensiones desarrollados específicamente para este sistema²⁹. Otra técnica³⁰ es la que consiste en localizar espacialmente el sonido directo de una señal y enviar una copia (mono) reverberada de manera directa al canal W de la salida de audio en Formato B (aprovechando su característica omnidireccional). Una tercera alternativa es la de operar con convolución a partir de respuestas a impulso codificadas en *Ambisonics*, como por ejemplo las registradas mediante micrófonos *Soundfield*³¹. En este caso, existen varias maneras de implementar la convolución a partir de la cantidad y posición espacial de el o los estímulos (impulso/s), y si el sonido fuente a reverberar ya está codificado en *Ambisonics* o no. La técnica que emplea esta aplicación se la definió según el criterio estético propio del artista, luego de realizar varias pruebas con diferentes algoritmos. A continuación un esquema completo de la etapa de procesos de audio de los instrumentos.



En el diagrama podemos ver que la señal que recibe la etapa de procesos es del tipo *stereo* y que su salida es *Ambisonics B-Format*, y además de este cambio de formato la señal atraviesa las siguientes etapas: Control de nivel de ganancia de entrada.

²⁹ Un modelo posible para el desarrollo de reverberadores en *Ambisonics* es el descrito en: Anderson, Joseph y Costello, Sean (2009) *Adapting artificial reverberation architectures for B-Format signal processing*, *Ambisonics Symposium 2009*, Austria.

³⁰ Quizás no tan adecuada dado que produce reverberación mono (i.e. igual en todos los canales).

³¹ Micrófono de 4 cápsulas tipo cardioide en posición tetraedro diseñado por Michael Gerzon y Peter Craven para la captura de señales *Ambisonics*.

- 1) Modulación en amplitud mediante un oscilador sinusoidal de baja frecuencia.
- 2) Codificación en *Ambisonics B-Format*. Esta codificación se realiza según un ángulo de apertura angular para la distribución *stereo* definida como parámetro de inicialización y con centro en la posición en azimut y altitud en cero grados.
- 3) Convolución de la señal codificada con una respuesta a impulso cuyo estímulo de generación fue realizado en la posición 0° azimut, 0° altitud. En control del nivel de señal enviada a la convolución está modulado en amplitud mediante el mismo oscilador del punto 2, pero con inversión de fase.
- 4) Suma de la señal directa (3) con la señal convolucionada (4).
- 5) Alteración de la posición angular 3D de la señal *Ambisonic B-Format* mediante dos osciladores de baja frecuencia (uno para azimut y otro para altitud).
- 6) Control de nivel de ganancia de salida

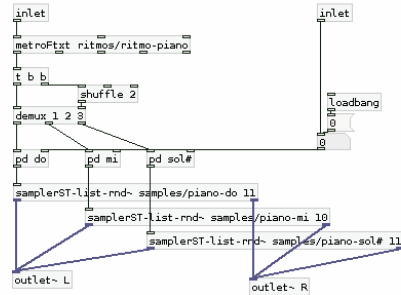
Una vez explicadas las dos etapas internas de cada instrumento, a continuación se detalla la programación de cada una de ellas. La etapa de procesos de audio está desarrollada como abstracción ya que es implementada de igual manera para todos los instrumentos y los parámetros que de configuración individual según las características de cada instrumento (por ejemplo, diferentes velocidades para los osciladores de baja frecuencia, apertura angular de la imagen stereo, etc) son definidas como argumentos de inicialización de esta abstracción. Mientras que la etapa de reproducción de samples está planteada como subpatch ya que su estructura sufre varias modificaciones para cada instrumento.

4.3.1.- Reproducción de *samples* - *subpatch* específico de cada instrumento.

El control de tiempo interno de cada instrumento está generado mediante la abstracción *metroFtxt* explicada anteriormente (ver 7.1.2.). Ésta es inicializada desde el *patch* principal. La señal de control que esta abstracción genera es enviada aleatoriamente a uno de los tres *subpatch* que definen la altura de reproducción de cada sample, en conjunto con la instrucción de *PCS* recibida desde la etapa de altura del *patch* principal. Estos tres *subpatches* responden cada uno a las tres alturas posibles de los *samples*. Como se anticipo el banco de *samples* registra grabaciones de las diferentes acciones de cada instrumento ejecutadas en las tres alturas básicas de la obra: Do, Mi, Sol#, de manera que dependiendo de el *PCS* activo, en cada momento esos *samples* podrán (o deberán) ser transpuestos a un determinado grupos de opciones, entre las cuales la decisión final será aleatoria. Esto es así excepto para el caso del instrumento percusión, para el que los *samples* nunca son transpuestos. Una vez generada la señal de disparo de *samples* (mediante *metroFtxt*) y definida la posibilidad de transposición, la reproducción del *sample* es realizada por la abstracción *samplerST-list-rnd~*. A continuación las capturas de pantalla de los cuatro instrumentos y luego la explicación de la abstracción de reproducción de *samples*.

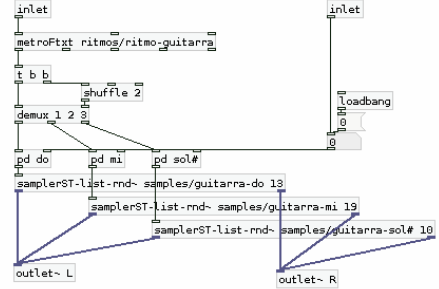
Control de Instrumento 1: Piano

- Lectura de secuencia temporal para el instrumento
- Definición de altura a ejecutar en cada instancia
- Reproducción de sample (según la altura definida, con técnica de Pitch scaling /pitch shifting)



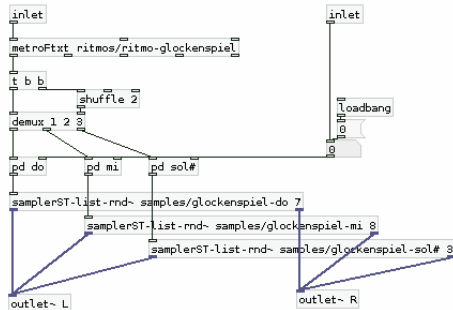
Control de Instrumento 2: Guitarra

- Lectura de secuencia temporal para el instrumento
- Definición de altura a ejecutar en cada instancia
- Reproducción de sample (según la altura definida, con técnica de Pitch scaling /pitch shifting)



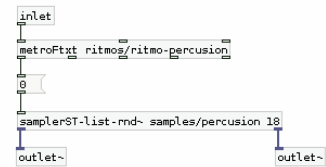
Control de Instrumento 3: Glockenspiel

- Lectura de secuencia temporal para el instrumento
- Definición de altura a ejecutar en cada instancia
- Reproducción de sample (según la altura definida, con técnica de Pitch scaling /pitch shifting)

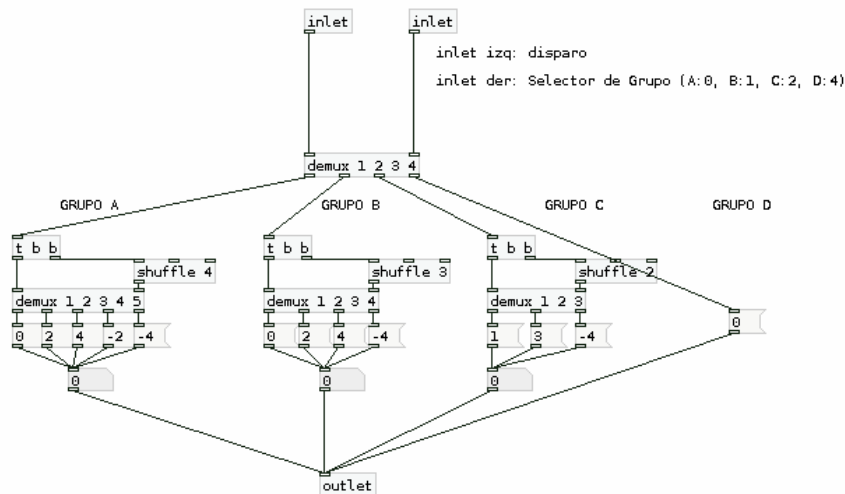


Control de Instrumento 4: Percusion

- Lectura de secuencia temporal para el instrumento
- Definición de altura a ejecutar en cada instancia
- Reproducción de sample (según la altura definida, con técnica de Pitch scaling /pitch shifting)



Y aquí una captura de un modelo de *subpatch* de decisión de transposición:



GRUPO A son las transposiciones de esta nota (D0) para que junto a las otras dos (MI y SOL#), las tres en su conjunto generen un grupo 6-35

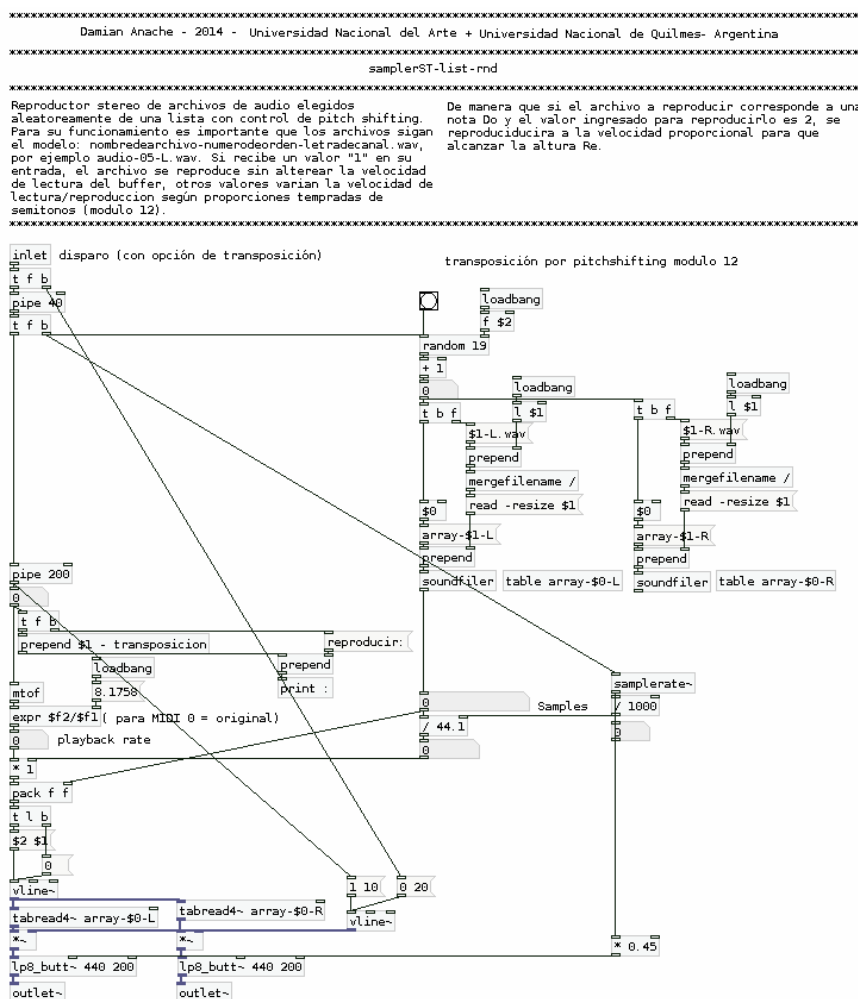
GRUPO B son las transposiciones de esta nota (D0) para que junto a las otras dos (MI y SOL#), las tres en su conjunto generen un grupo 5-33

GRUPO C son las transposiciones de esta nota (D0) para que junto a las otras dos (MI y SOL#), las tres en su conjunto generen un grupo 4-23

GRUPO D es para que esta nota (D0) junto a las otras dos (MI y SOL#), las tres en su conjunto generen un grupo 3-11

La abstracción *samplerST-list-rnd~* es un reproductor de archivos *stereo* elegidos aleatoriamente desde una ruta específica, definida como argumento de inicialización. Allí, en esa ruta o directorio, los archivos deben estar divididos por canales rotulados según el modelo: *n-L.wav* y *n-R.wav*, donde *n* es un valor numérico. La cantidad de pares de archivos disponibles en la ruta definida también debe ser definida como argumento de inicialización, y todos los nombres deben ser correlativos. De esta manera, al recibir un valor 0 en su *inlet*, la abstracción escogerá un número aleatorio entre 0 y el máximo indicado y reproducirá el par de archivos *L* y *R* correspondientes a ese valor *n*.

Cuando el valor recibido es diferente de 0, se alterará la velocidad de reproducción del archivo elegido aleatoriamente, según la denominada técnica de *pitch shifting*. De manera que 0 reproduce el archivo a su velocidad de reproducción normal, mientras que 2 y -2, al doble y a la mitad correspondientemente; y cualquier otro valor representará una velocidad de reproducción proporcional. Al mismo tiempo, el valor de reproducción/transposición es módulo 12, siendo lo mismo ingresar el valor 13 como el 1.

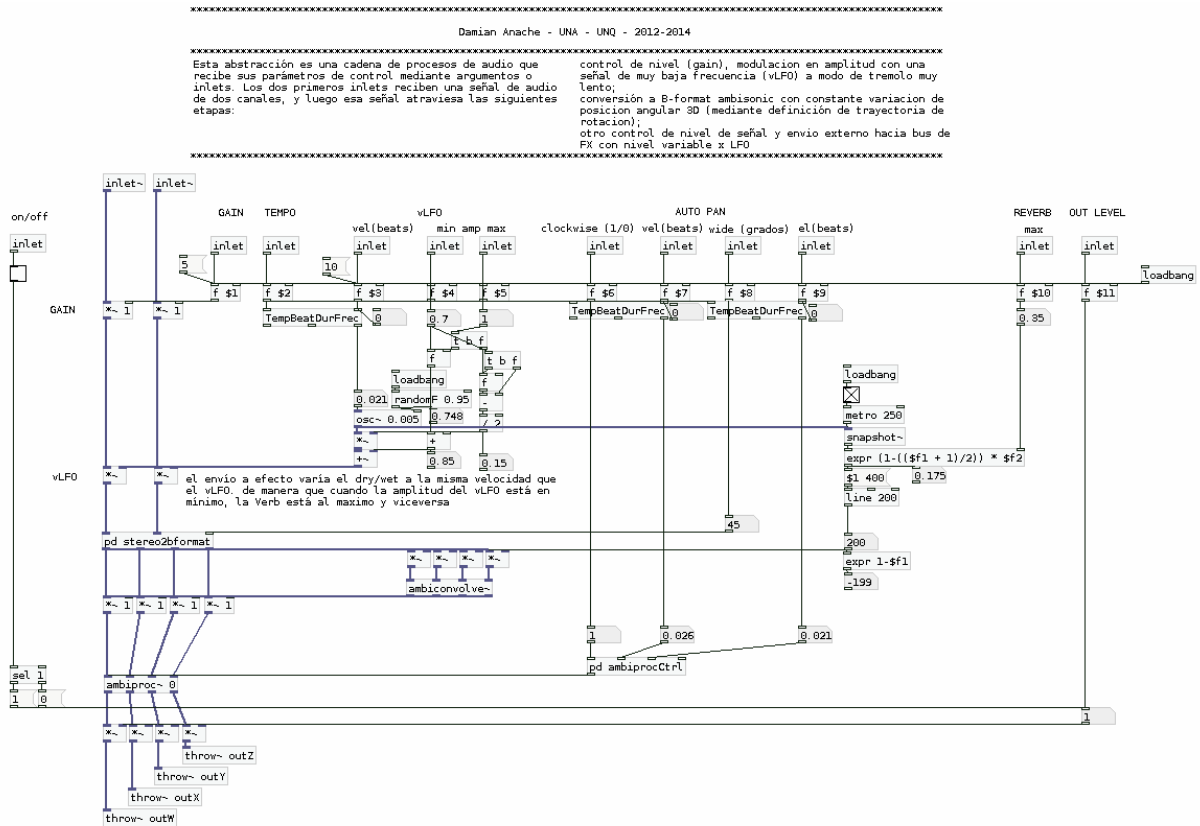


La segunda etapa de cada instrumento virtual es llevada a cabo por la abstracción de procesos de audio llamada *procesos_de_audio_3D*. Ésta recibe la señal *stereo* de audio desde la abstracción *samplerST-list-rnd~* y envía la señal procesada *Ambisonics B-Format* a la etapa de control general de audio. Las velocidades de las modulaciones en baja frecuencia son todas definidas como argumento de inicialización de la abstracción y son definidas en valores musicales, ingresados como cantidad de negras (dependientes al *tempo* general definido en el *patch* principal). Para esto, la abstracción *TempBeatDurFrec* convierte ese argumento de cantidad de negras en un valor de frecuencia que alimenta a cada oscilador sinusoidal para las diferentes modulaciones.

Para los diferentes procesos que se detallaron previamente (ver 7.3.) se emplean los siguiente objetos externos: *ambipan~* (codificación en *Ambisonics B-Format* según coordenadas polares a definir por usuario) y *ambiproc~* (rotación de la imagen *Ambisonics B-Format*) ambos pertenecientes a la librería *Ambilib*³². También se emplea otro objeto externo, *convolve~* que realiza el proceso de convolución en tiempo real. La etapa de conversión de *stereo* a *B-Format* se realizada dentro de la abstracción *stereo2bformat* que simplemente ajusta los valores para el uso del objeto *ambipan~*, de manera similar que la abstracción *ambi-convolve~* simplemente unifica e inicializa cuatro objetos *convolve~*.

³² desarrollada por Dave Malham. Disponible online en: <http://www.york.ac.uk/music/mrc/software/objects/> (último acceso: septiembre, 2015)

A continuación capturas de pantalla de las abstracciones *procesos_de_audio_3D*, *TempBeatDurFrec*, *stereo2bformat* y *ambi-convolve*.

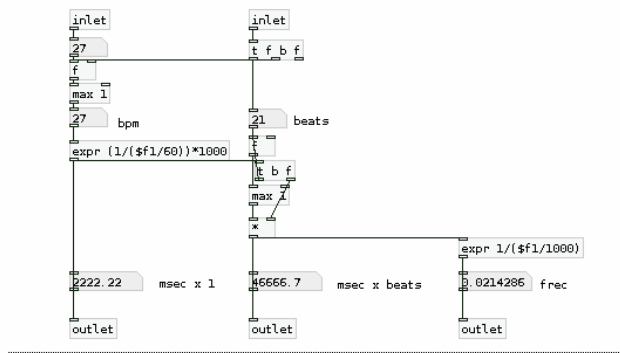


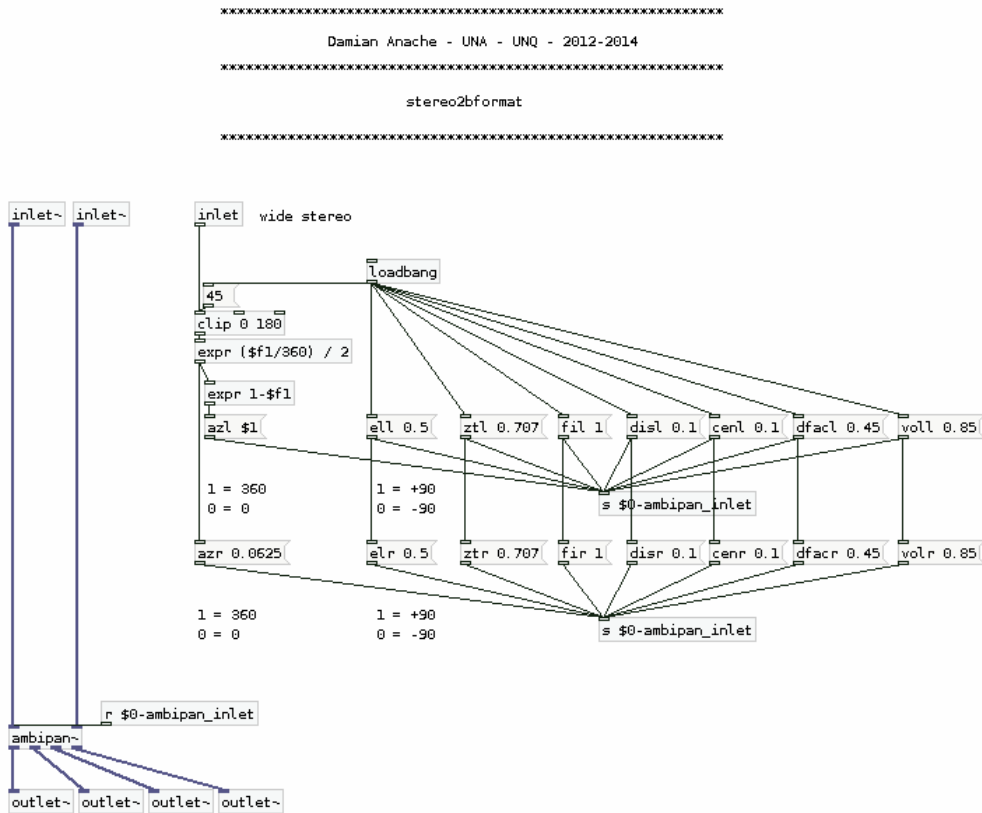
Damian Anache - 2013

UNQ (Universidad Nacional de Quilmes)
IUNA (Instituto Universitario Nacional del Arte)

Tempo x Beats = Duración y Frecuencia

Recibe un valor de tempo y un valor de cantidad de pulsos, con los que calcula cuanto dura cada pulso, la duración de la cantidad de pulso ingresados y convierte esa ultima duración en valor de frecuencia

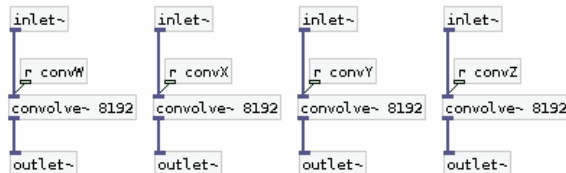




```

    *****
    Damian Anache - 2014
    Universidad Nacional del Arte + Universidad Nacional de Quilmes
    Argentina
    *****

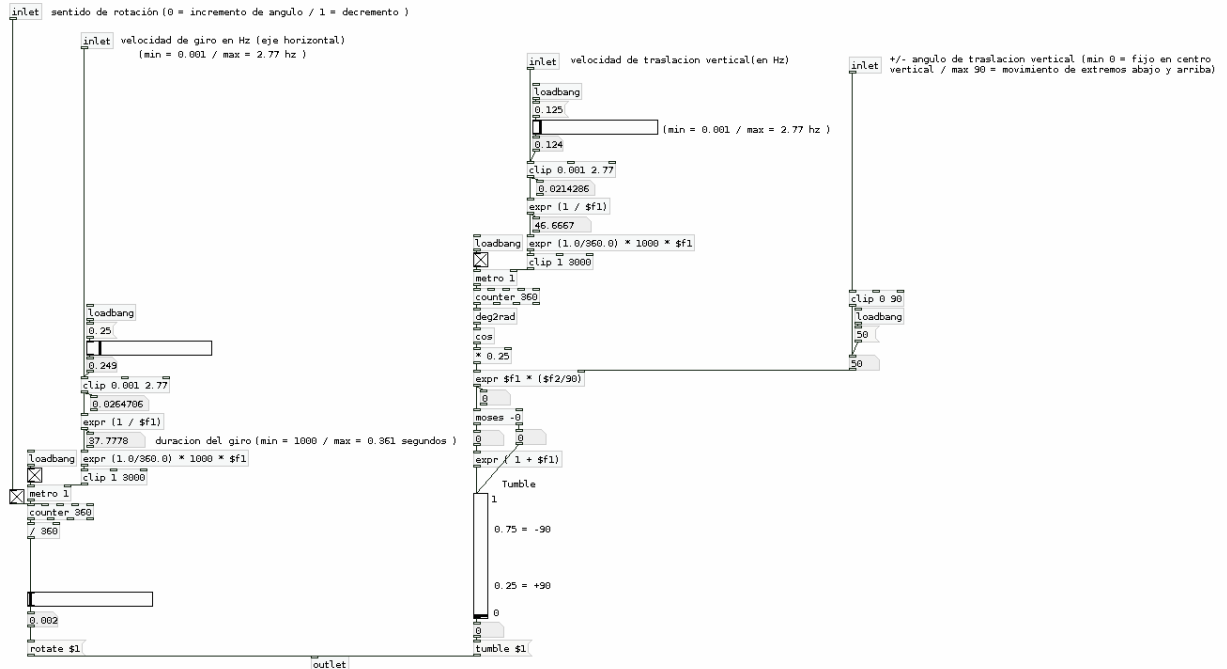
    ambi-convolve~ - variacion del objeto convolve~ para poder
    operar con una señal Ambisonic B-format
    *****
    
```



El *subpatch ambiprocCtrl* adapta los valores generados por los osciladores de baja frecuencia que modifican la posición de la señal B-Format, de manera de generar una constante rotación angular en los dos ejes.

Damian Anache - UNA - UNG - 2012-2014

ambiprocCtrl



A continuación el listado de los todos los archivos (*patch* principal y *abstracciones*) empleados en la obra y una breve descripción de cada uno.

CdUC-PaisajePrimero- MainPatch.pd	Control principal de ejecución de obra.
Ambiconvolve~.pd	Variación del objeto <i>convolve~</i> para operar con una señal <i>Ambisonic B-format</i> de primer orden.
Aprocctrl-CdUC.pd	Abstracción para el uso específico del objeto <i>ambiproc~</i> en este desarrollo, se lo utiliza para automatizar parámetros de control.
Grabar~.pd	Grabación en archivo de formato wav con generación automática de nombre.
MetroFtxt.pd	Generador de secuencia de bang según una célula rítmica definida en archivo externo (.txt)

procesos_de_audio-3D~.pd	Cadena de procesos de audio. Señal de entrada: <i>stereo</i> , salida: <i>Ambisonic B-format</i> de primer orden. Procesos: Controles de nivel, Modulación en amplitud (tremolo lento), convolución con respuesta a impulso y ubicación espacial a partir del objeto externo <i>ambipan~</i> .
Sampler~.pd	Reproductor mono de archivos de audio con control de <i>pitch shifting</i> .
SamplerST-list-rnd~.pd	Reproductor estéreo de archivos de audio elegidos aleatoriamente de una lista y con control de <i>pitch shifting</i> .
Secuencia.pd	Generación de secuencia de valores en tres segmentos, alternando valores predefinidos y aleatorios.
TempBeatDurFrec.pd	Conversión de cantidad de negras en velocidad de frecuencia, a partir de un valor de <i>tempo</i> definido por el usuario.

Aclaración: El desarrollo fue realizado y probado en *Microsoft Windows*, sólo se garantiza su debido funcionamiento en ese sistema operativo.

* * *

Damián Anache (Quilmes, 1981) músico argentino que integra los catálogos de los sellos *Inkilino Records* y *Concepto Cero* gracias a la reciente edición física de la obra *Capturas del Único Camino* (2014). Además ejerce actividades de docencia e investigación en la *Universidad Nacional de Quilmes* y como becario del *CONICET*.

Como performer ha sido invitado del grupo *Buenos Aires Sonora* (período 2007- 2010) y ha integrado el *ENS, Ensemble Nacional del Sur* dirigido por Oscar Edelstein (período 2007-2010).

Como compositor, sus obras han participado de eventos en: *Conservatorio Santa Cecilia* (Roma, Italia), *Museo de Arte Moderno de Ecuador* (Ecuador), *Espacio Sonoro UAM-X – Universidad Autónoma Metropolitana* (DF, Mex), *CMMAS - Centro Mexicano para la Música y las Artes Sonoras* (Morelia, Mex), *Universidad Nacional de Córdoba* (Arg), *Centro Cultural Roberto Fontanarrosa* (Rosario, Arg), *Centro Cultural de España en Buenos Aires* (Arg) y *Centro Cultural Recoleta* (Arg), entre otros.

* * *

Anexo 1: Partitura

Capturas del Único Camino

"Paisaje Primero"
Para Piano, Guitarra, Glockenspiel y Percusión.

Damián Amador, 2014
(revisión 2015)

Reglas para la ejecución de la pieza:
Esta partitura se estructura a partir de la simultaneidad temporal de 4 diferentes intervalos de tiempo que se repiten cíclicamente. A cada intérprete se le designa un ciclo de duración diferente: siendo todos múltiplos de una unidad de tiempo común (segu = 27 bpm). Esas duraciones son 5, 7 y 11 negras, además de un ciclo ad libitum pero mayor a 11 negras que puede cambiar su duración en cada ciclo. Al iniciar el ciclo designado cada intérprete debe realizar una acción. Cada acción a interpretar debe ser elegida de un grupo designado exclusivamente a cada intérprete, debiendo elegir siempre una acción diferente en el ciclo anterior, evitando así la sucesión de dos acciones iguales consecutivas. No se determinan un orden específico para las acciones de cada grupo y al mismo tiempo se requiere que el intérprete evite una repetición ordenada de las mismas, alentando la elección aleatoria influenciada por los otros intérpretes.
Las acciones son gestos instrumentales con una estructura rítmica definida pero con las indicaciones de alturas temporales en abstracto, indicando solo direccionalidad. Las alturas específicas se deberán ejecutar según una serie de pautas descriptas en el apartado de continuación.

La obra inicia con todos los instrumentistas comenzando sus respectivos ciclos de manera sincrona y finaliza al transcurrir 386 negras, cuando los 4 ciclos de duración fija vuelven a coincidir. Cabe aclarar que una de las acciones es sólo silencio (no incluida en los grupos de acciones a continuación, sólo anunciada en esta explicación de texto). Por ese motivo, dependiendo de la arbitraria decisión de los intérpretes, la obra puede finalizar y/o comenzar en una simultaneidad de silencios. Si los intérpretes lo desearan, pueden repetir la obra de manera cíclica cualquier cantidad de veces, siempre completando ciclos de 386 negras y evitando las repeticiones consecutivas de cualquier tipo de patrón en sus elecciones.
Aclaración para Percusión: No se define un conjunto específico de instrumentos de percusión para emplear en la obra, siendo esa decisión del intérprete percusionista. El único requisito es incluir al menos un parche, un platillo, un objeto de madera y un objeto de metal. Se requiere que todos sean percutidos con mazos o baquetas, de feltro o goma blanda (excepto la acción indicada "con arco" o "superhall").

siendo siempre un único grupo en común para todos los intérpretes. No se define una secuencia específica de grupos y se requiere que los intérpretes no generen un patrón en la elección sucesiva de grupos. Para finalizar la obra siempre deberán utilizar el Grupo A. Una vez elegido un grupo, la elección de clases de notas para cada acción no debe ser ordenada; tampoco se debe repetir una clase antes de completar todas las posibilidades de clases internas de ese grupo.

Sistema de alturas

Cada interpretación de las diferentes acciones solo puede realizarse con una única clase de nota. En los casos que se solicitan más de una nota se deberán emplear diferentes octavas de una misma clase. Las clases de notas posibles deberán ser elegidas por todos los instrumentistas a partir de un mismo grupo entre los 4 detallados en la tabla a continuación. Al iniciar la obra, todos escogerán una clase de nota del grupo A o del grupo C. Luego, cada 55 negras (o en la acción siguiente a ese momento según el ciclo de tiempo propio de cada intérprete) se deberá cambiar de grupo.

A	6-35 (trasp o)	Do, Re, Mi, Fa#, Sol#, La#	060603
B	5-33 (trasp o)	Do, Re, Mi, Fa#, Sol#	040402
C	4-23 (trasp 1)	Do#, Re#, Fa#, Sol#	021030
D	3-12 (trasp o)	Do, Mi, Sol#	000300

Acciones

Piano
[Ilustración de acciones de piano]

Guitarra

[Ilustración de acciones de guitarra]

Glockenspiel

[Ilustración de acciones de glockenspiel]

Percusión

[Ilustración de acciones de percusión]

Estructura temporal

♩ = 27

ad lib. >

pppp <-> **mp**
(solo los instrumentos)