

Hernández Fuentes, Fabio M.

Aplicación de parámetros matemáticos en un trabajo multidisciplinario de composición musical asistida por computadora sobre una temática folklórica

Revista del Instituto de Investigación Musicológica “Carlos Vega”

Año XXVI, N° 26, 2012

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central “San Benito Abad”. Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Hernández Fuentes, Fabio M. “Aplicación de parámetros matemáticos en un trabajo multidisciplinario de composición musical asistida por computadora sobre una temática folklórica” [en línea]. *Revista del Instituto de Investigación Musicológica “Carlos Vega”* 26,26 (2012). Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/revistas/aplicacion-parametros-matematicos-hernandez.pdf> [Fecha de consulta:.....]

(Se recomienda indicar fecha de consulta al final de la cita. Ej: [Fecha de consulta: 19 de agosto de 2010]).

APLICACIÓN DE PARÁMETROS MATEMÁTICOS EN UN TRABAJO MULTIDISCIPLINARIO DE COMPOSICIÓN MUSICAL ASISTIDA POR COMPUTADORA SOBRE UNA TEMÁTICA FOLKLÓRICA

FABIO M. HERNÁNDEZ FUENTES

Resumen

En el marco de un proyecto de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Caldas denominado "*Resignificación músico-pictórica del mito de la Salamanca*" surgió la conveniencia de aplicar y diseñar programas de fundamentación matemática que permitieran definir la estructura y el tratamiento acústico de la obra especialmente escrita para este proyecto. Principalmente nos basamos en la implementación de la Transformada Rápida de Fourier (Fast Fourier Transform) para el análisis de espectros armónicos y su modificación en vivo y en la utilización de un entorno de programación para procesamiento de sonido en tiempo real. El marco general de la investigación parte del enfoque de Regionalismo Crítico procedente de las propuestas de Kenneth Frampton referentes originalmente a la crítica de la arquitectura. El planteamiento como investigación multidisciplinaria implica (1) una visión crítica de la substancia mítica y social subyacente, (2) una resignificación pictórica por medio de fotografía, animación y pintura, basada en la sustancia visual que contiene el mito, (3) un enfoque musical electroacústico, a partir del material que surge del folclor local, utilizando la intervención de instrumentos en vivo y procesamiento en tiempo real.

Palabras clave: Mito de la Salamanca, composición musical asistida por computador, Transformada Rápida de Fourier, empleo de Matlab, procesamiento en tiempo real.

Abstract

In the context of an investigation presented at the University of Caldas called "*Musical-Pictorial Redefinition of the Salamanca Myth*", emerged the convenience of applying and designing mathematical foundation programs which

allowed the definition of structures and the acoustic treatment of the piece specially written for this project. Principally we were based on the implementation on the Fast Fourier Transform algorithm for the analysis of harmonic spectra and their live modification, and the use of a programming environment for the processing of sound in real time. The general framework of the investigation comes from the Critical Regionalism ideas proposed by Kenneth Frampton which refer originally to the critique of architecture. As a multi-disciplinary investigation the approach implies (1) a critical vision of the underlying mythical and social substances, (2) a pictorial redefinition by means of photography, animation and painting, based on the visual substance contained in the myth, (3) an electro acoustic musical approach from the material emerging from the local folklore using the intervention of live instruments and real time processing.

Key words: Salamanca Myth, computer-assisted musical composición, Fast Fourier Transform, use of Madlab, real time processing.

* * *

Introducción

En la provincia argentina de Santiago del Estero surgió durante la Colonia una cultura criolla marginal que entre otras cosas supo conservar como única región argentina el idioma quechua y desarrolló particularidades como una serie de mitos y leyendas de corte sincrético entre los cuales el de la *salamanca* es de singular interés (KARLOVICH 2006). El nombre de la *salamanca* indudablemente deriva de la homónima ciudad castellana y de su famosa universidad que en el mundo hispánico de la época era emblema de sabiduría en su más amplio sentido. Pero el nombre connota también la magia, ya que en Salamanca era famosa la iglesia de San Cipriano, el santo de la magia que según la comedia calderoniana *El mágico prodigioso* hizo un pacto con el diablo y se salvó a duras penas. Además de eso, por alteración de "salamandra", la voz también designa ciertos batracios aborrecidos.

La *salamanca* tiene historia en Santiago, pero nos referimos solamente a la *salamanca* "moderna" que describen múltiples testimonios a lo largo del siglo XX y que se ubica prácticamente en todo el territorio santiagueño. Por lo general se trata de un hoyo disimulado por la espesura. Se la puede divisar auditivamente desde lejos por la presencia de música instrumental o también cantada que emana de ella en determinadas horas. Para poder participar hace falta una admisión explícita que se basa en una rigurosa evaluación del coraje del postulante que comienza con el acto blasfemo de

escupir una imagen de Jesucristo y/o de la Virgen. El admitido tiene que entrar desnudo y entonces se encuentra con los bichos más asquerosos que se le montan en el cuerpo y los tiene que aguantar. La *salamanca* está presidida por la bruja, por algún animal, por un salamanquero avanzado o también por el mismo diablo. Mientras que los adeptos coloniales parecen haber acudido más que nada para aprender hechizos y para conseguir insumos de magia, la *salamanca* moderna es esencialmente una casa de estudios diversificada donde se ofrecen carreras de magia y medicina pero también de habilidades y destrezas que el campesino considera de valor: las artes musicales ante todo, la doma y el manejo de los animales, la destreza con cuchillo y facón, la seducción de mujeres entre otras más.

A la hora de elegir la *salamanca* como tema de nuestro trabajo de composición, una de las razones fundamentales ha sido el rol que juega la música en la cultura santiagueña en general y dentro del mito de la *salamanca* en especial. Es conocido el hecho de que Santiago es tierra de músicos y que la importancia de compositores, intérpretes y ritmos santiagueños dentro del folklore argentino es muy superior al peso que tiene la provincia en general. Y dentro de la institución de la *salamanca* la música es constitutiva desde sus albores en la resistencia indígena colonial hasta nuestros días: sin música no hay *salamanca* y la facultad de música siempre fue la más concurrida, porque así pondera las cosas la idiosincrasia santiagueña.

Fundamental para la estética de nuestra obra *Salamanca* es el enfoque del Regionalismo Crítico que Kenneth Frampton desarrollara en el marco de su crítica de la arquitectura: “*La estrategia fundamental del regionalismo crítico consiste reconciliar el impacto de la civilización universal con elementos derivados indirectamente de las peculiaridades de un lugar concreto... Pero... es necesario distinguir entre regionalismo crítico y los ingenuos intentos de revivir las formas hipotéticas de los elementos locales perdidos.*” (FRAMPTON, 1983)). Este enfoque prohibió por lo tanto un comentario meramente ilustrativo del mito para su tratamiento plástico. Hacía falta una reinterpretación desde un punto de vista diferente que arrojaría una luz universal sobre lo histórico-local que conforma el material del mito de la *salamanca*. El trabajo creativo con estudiantes de la Facultad de Artes y Humanidades de la Universidad de Caldas fue sugiriendo una visión urbana de la sustancia rural del mito original. Fueron entonces la estética de lo *urbano* y de la *identidad* los elementos que soportaron en general el proceso creativo, entendiéndolos desde el momento actual del arte y, en general, de la sociedad percibida por

los jóvenes colombianos, vale decir desde las experiencia y las vivencias que tiene el joven al trasegar por la ciudad.

La interdisciplinaridad de la obra consiste esencialmente en la articulación de la música con la imagen, asumiendo los nuevos medios digitales, basados en la metodología del “stop motion” para crear una obra animada donde las disciplinas descritas se fusionan generando una propuesta plástica. Consecuente con la metodología, nos dedicamos a escenificar las diferentes acciones del mito, recopilando cientos de miles de imágenes, cuadro a cuadro. Utilizando el software adecuado, empleamos la animación como soporte fundamental del componente de la imagen.

Materiales y metodología

La instrumentación de la composición *Salamanca* consta de violín/viola, guitarra, bombo, sonidos electrónicos y procesamiento en tiempo real. Para la génesis de la obra fue aplicada la Transformada Rápida de Fourier (FFT) luego de la señalización y selección de varios timbres de los instrumentos que intervendrían en la obra.

En cuanto a la señalización acústica de sonidos del bombo (muy característico del folklore santiagueño) éramos conscientes de la inconveniencia de tomar muestras de este instrumento si lo que se deseaba era extraer componentes que sirvieran para definir un esquema de alturas para la composición. No obstante se logró un resultado suficiente en cuanto a las posibilidades de aplicación para estructurar las ideas musicales. La estrategia inicial para abordar la pieza implicaba tomar muestras muy variadas en su forma de ataque y en cuanto a la región del instrumento en la cual se producían. Se utilizaron distintos implementos de uso tradicional como las baquetas (caso del bombo) y se exploraron diferentes timbres producto de la ejecución con los dedos y las palmas. Finalmente el resultado tal vez más interesante se dio al ejecutar un glissando muy corto en el extremo de uno de los parches del instrumento. Una vez realizado este proceso y obtenidas las frecuencias de los parciales se procedió a elaborar un plan de obra que implicara el uso tanto de las técnicas de conjuntos de grados cromáticos (Pitch Class Sets, Morris, 1980) como de algunas matrices combinatorias. Para una de las secciones finales de la obra se realizó un Patch en Max Msp (software desarrollado por el IRCAM, París) con el fin de intervenir las alturas y modificar microtonalmente algunas de ellas durante el discurso.

Salamanca se configuró entonces, como ya se expuso, en un proyecto interdisciplinario encarado desde las tesis del Regionalismo Crítico, en el cual se trabajaron las ideas musicales a través de una metodología apropiada que reflejara la resignificación de los fenómenos acústicos de la región de Santiago del Estero, incluida la sonoridad de la lengua quichua y la música regional.

El software utilizado fue realizado en ambiente MatLab® en el marco de un proyecto de investigación realizado en la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Autónoma de Manizales (GÓMEZ MONTOYA, 2009)). Uno de los objetivos de dicho proyecto buscaba caracterizar el timbre de un instrumento a partir del análisis de su espectro sonoro y generar curvas de disonancia para dicho timbre empleando el análisis espectral de William A. Sethares, cuyo trabajo se ha reflejado en la utilización de escalas con diversas divisiones de la octava (5, 10, 11, 13, 17...) (SETHARES 2004)¹.

Desde el punto de vista de los posibles usos planteados por Sethares los cuales se basan en sus teorías cuantitativas de la disonancia y la relación entre el timbre y la escala, encontramos de mayor interés para su aplicación el que se refiere a la exploración de sonidos inarmónicos, y que tiene que ver con la relación existente entre los intervalos y el espectro de los instrumentos. Esto permite utilizar los elementos de forma coherente ya que se trata de la utilización de las alturas más apropiadas para un timbre dado. En general, si por ejemplo se piensa en cómo se usan los instrumentos asociados a ciertas manifestaciones musicales de determinadas regiones, se podría llegar a constituir o plantear aportes significativos desde el punto de vista tímbrico, melódico, armónico etc., por medio de esta línea de trabajo compositivo.

El planteamiento inicial para estructurar las alturas durante el proceso compositivo fue la definición de una superposición armónica de dos

¹Algunos antecedentes que han incidido en las tesis de Sethares se encuentran en importantes estudios a cerca de la consonancia y la disonancia, tales como los realizados por Reinier Plomp y Willem J.M. Levelt 'Tonal Consonance and Critical Bandwidth' (1.965) *Jornal of The Acoustical Society*, en los que concluyeron entre otras cosas que la máxima disonancia se producía entre frecuencias cuya diferencia correspondía a 1/4 de ancho de banda crítica (la membrana basilar está compuesta por aproximadamente 24 bandas críticas con cerca de 1.300 neuronas cada una, cuyo ancho de banda varía con la frecuencia).

conjuntos de grados cromáticos de la misma familia (4-1)[2345/89AB] (que fueron el resultado de la aplicación de la FFT) y el no uso ex-profeso de transposiciones o inversiones que pudieran sustraer la típica sonoridad resultante de las alturas obtenidas. Solo luego de la introducción y en puntos determinados de la pieza se fueron incluyendo ciertas notas faltantes del total cromático, ya fuera con el fin de completar en ocasiones la serie de 12 semitonos, o por razón de respetar el resultado de ciertas transposiciones.

El proceso previo y las herramientas utilizadas para estructurar la pieza se ilustran a continuación. En primer lugar se muestran los diagramas de flujo de datos utilizados para la herramienta con la cual se trabajó:

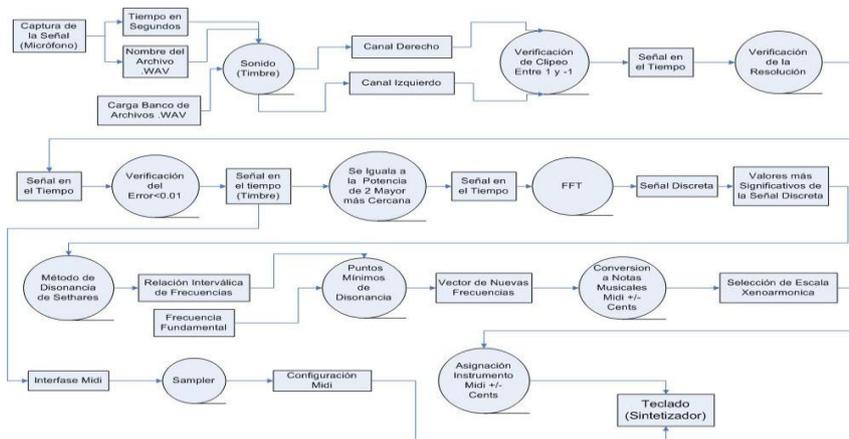


Imagen 1- Modelo Secuencial Diagrama de Flujo de Datos

Las gráficas siguientes corresponden al proceso de señalización y sus resultados aparecen a continuación:

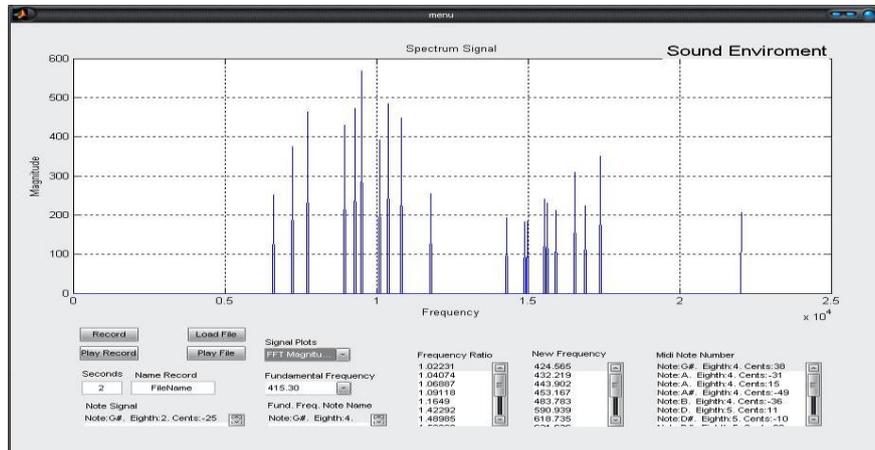


Imagen 2- Espectro de la señal

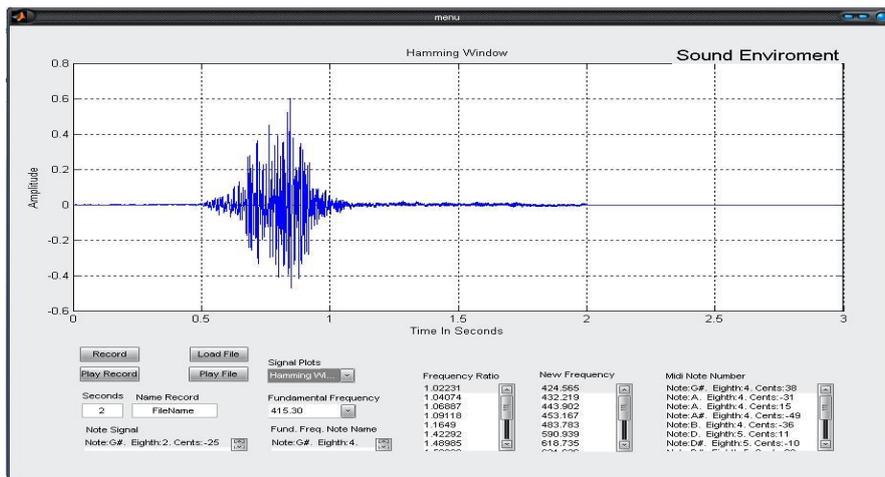


Imagen 3- Ventana de Hamming

El muestreo de esta señal (ver figura 3) permite el análisis empleando el filtro de ventaneo (Hamming). Luego se accede a caracterizar el timbre del instrumento a partir del análisis del espectro de su sonido. En las gráficas de disonancia producidas por el programa, donde se predice la disonancia percibida para dos notas con el timbre analizado en función de la separación relativa de sus frecuencias fundamentales, se pueden apreciar

varios valores mínimos en el valor de la disonancia, con sus correspondientes separaciones relativas en frecuencia con respecto a la primera nota. El programa también encuentra los valores de frecuencia relativa asociados a estos mínimos y los muestra en la ventana, donde se imprimen la frecuencia fundamental inicial, las separaciones relativas de la segunda nota asociadas a mínimos de disonancia, y los valores absolutos de frecuencia de la fundamental de la segunda nota que corresponden con los anteriores, y que se obtienen simplemente multiplicando la frecuencia fundamental inicial por las separaciones relativas en frecuencia. El programa permite fundamentales con frecuencias entre 25.5 y 4186.0 Hz. Finalmente, con ayuda del Software AnalogX Frequency Converter o del MIDI Toolbox, es posible traducir las frecuencias obtenidas en números de nota MIDI y desviaciones microtonales correspondientes en cents.

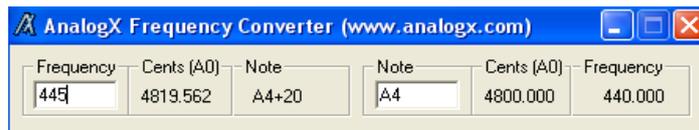


Imagen 4- Software Frequency Converter

En la Figura 4 (Software Frequency Converter), como ejemplo, se observan los datos de la frecuencia 445 (LA) más 20 centésimas.

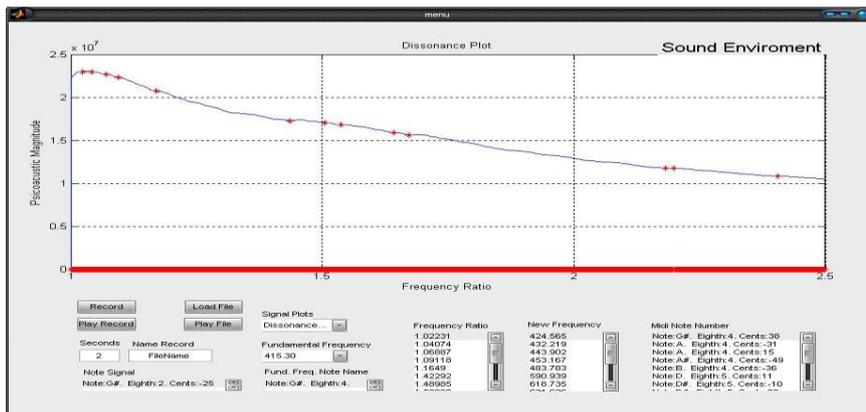


Imagen 5- Curva de disonancia/Datos obtenidos (vista 1 de la Gráfica)

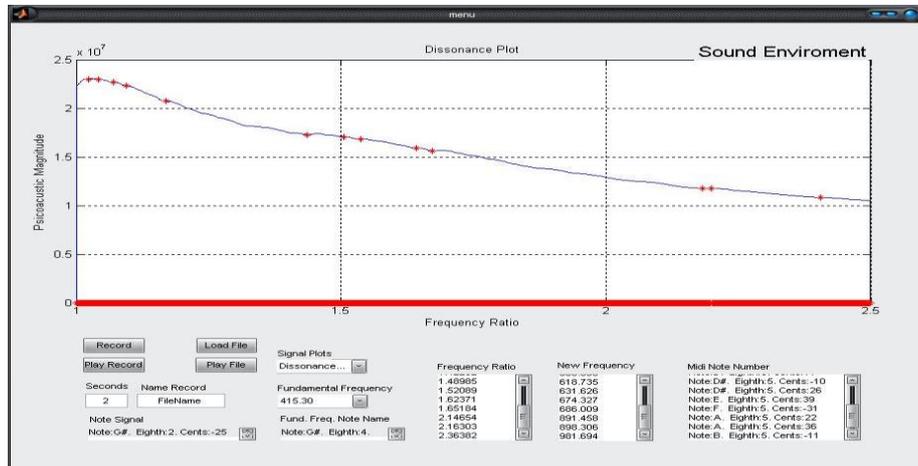


Imagen 5a- Curva de disonancia/Datos obtenidos (vista 2 de la Gráfica)

Partiendo de las frecuencias obtenidas (Figura 5) y el MIDI Toolbox Software Package, Copyright © 2004, University of Jyväskylä Finland (tenido en cuenta para nuevas aplicaciones en la librería de MatLab® en el desarrollo musical) se establece una relación entre la función usada $hz2midi$, con la finalidad de aplicar la conversión de los valores frecuenciales hallados en los mínimos de la curva de disonancia a su correspondiente relación MIDI +/- cents.

Tal como aparece en la figura 5, las frecuencias obtenidas al señalar el glissando del bombo (cuya fundamental resultó ser G#) fueron las siguientes:

G#4 +38 cents // A4 -31 cents // A4 -15 cents // A#4 -49 cents // B4 -36 cents // D4 +11cents // D#4 -10 cents // D#4 +26 cents // E4 +39 cents // F -31cents // A5 +22 cents // A5 +36 cents // B5 -11 cents.

Luego de analizar las notas obtenidas se suprimieron aquellas que resultaron repetidas (A4, D#4, A5), eligiendo las que por su frecuencia con + o - cents se diferenciaron al máximo entre sus vecinas. El resultado fue entonces el que sigue:

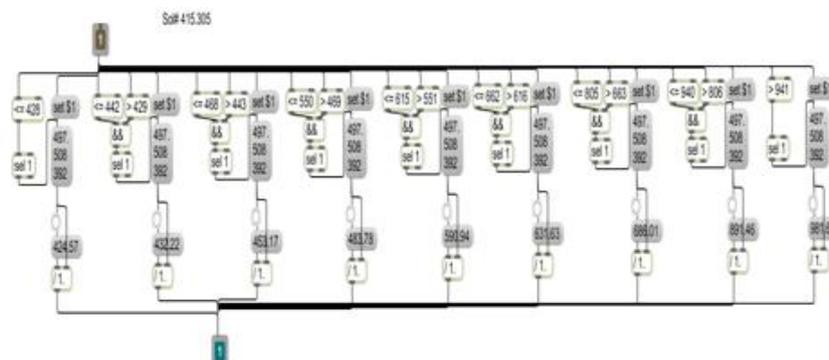


Imagen 7- "redirection-pitch.png"

En la Figura 6 se observa el patch de Max. En la parte superior hay 3 opciones; la de la izquierda corresponde a un seno cuya frecuencia se puede modificar; al centro aparece la señal de audio del micrófono y a la derecha el objeto que permite abrir los archivos de audio (wav, aiff...). Las pruebas se hicieron en primer lugar con una sola frecuencia para probar que se corrigiera cualquier señal dada. Se utilizó un seno simple de 440hz cuyo valor se eligió aproximar a 450hz. Dado que esta frecuencia es dada por un valor numérico la corrección se hace con el objeto llamado *shifter* que multiplica una frecuencia por cualquier número deseado.

En el objeto interno llamado *redirection-pitch* se determinaron las frecuencias que ingresan de la nueva escala (parciales del bombo en este caso). Por medio de condicionales (mayor que, menor que, igual que, etc.), la frecuencia que entra (sea del seno, del micrófono o de la pista) se aproxima a la frecuencia de la nota más cercana elegida para este fin. Lo que hace este interno es calcular el número que permita multiplicar la frecuencia que entra para "cambiarla" por la más cercana de la gama.

Otro recurso de la composición lo constituye la posibilidad de utilizar glissandi entre las distintas alturas o entre las respectivas aproximaciones microtonales de cada nota temperada. Se requiere sin embargo de algunos segundos para disponer del recurso en tiempo real. Prosiguiendo con la descripción del patch la caja que indica "# de semitonos" funciona como transpositor.

Las frecuencias del patch "*redirection-pitch.png*" (Figura 7) corresponden a la programación que permite aproximar las notas que entran del violín u otro instrumento y que pueden ser modificadas de acuerdo a de los parciales obtenidos.

El sistema de alturas escogido para la organización de las alturas se basa en los pitch class sets (PCS), conjuntos de grados cromáticos que con la aplicación de algunas matrices combinatorias (especialmente Cuadrado Romano), constituyen la base estructural de la obra. Se usan también algunos subconjuntos agrupados de a 3 elementos. Aquellas notas que no hacen parte de la serie inicial fruto de la aplicación de la FFT son incluidas en forma libre o aparecen como notas traspuestas durante el transcurso para equilibrar en ocasiones algunos pasajes cuyo color armónico puede resultar saturado, o con fines de establecer puentes de unión entre las secciones. A continuación aparecen las notas elegidas para desarrollar el trabajo, su respectiva frecuencia y clasificación alfanumérica como las formas de elección o agrupación de los conjuntos de grados cromáticos usados:

AS	NOT	S	L	L	S	R	R	M	
	ol#4	a4	a#4	i4	e5	e#5	i		Fa
C (Hz)	FRE 24.57	4 32.22	4 53.16	4 83.78	4 90.94	5 31.62	6 74.32	6 6.009	68
SIF.	CLA	8	9	A	B	2	3	4	5

1. (89AB) / (2345) [PCS 4-1] 2 conjuntos semejantes utilizados para realizar el contrapunto entre cadenas
2. (B234) - (9AB2) [PCS 4-4]
3. (AB23) - (8945) [PCS 4-7]
4. (8A24) [PCS 4-25]

Resultados

Si bien el resultado de la aplicación de los conceptos se refleja en cierta sonoridad característica, esto es intencional, en parte con el fin de sostener al máximo el color de la textura armónica que posteriormente será vinculada con un plano de texturas rítmicas asignadas para el bombo (glissandi con dedos, con baqueta y presión del parche; redobles; contrapunto rítmico con el resto de los planos, etc.). Se busca una fusión tímbrica de los resultados del sonido analizado (glissando) con el resto de los instrumentos, y, además, la imitación de modos de ejecución similares

entre el bombo, por un lado, y el violín y la guitarra (trémolos, por ejemplo) por el otro. Otra de las causas por la cual se privilegió la textura armónica sin mayores variaciones, es la que tiene que ver con la elaboración e intervención de una banda sonora de fondo, entre cuyos fines se encuentra el de establecer una especie de “contrapunto de planos armónicos” que incida en el color a través de batimentos, oposición de los planos o interacción de estos. En este caso sí está contemplado el uso y tratamiento de transposiciones e inversiones del material de los conjuntos.

La escritura de los instrumentos privilegia algunas de las posibilidades tímbricas de cada uno de ellos, ya sea por la forma de articular, el planteamiento de las texturas rítmico-melódicas, la posición y forma de ataque, el uso de armónicos, la oposición de planos diferentes etc.

Los recursos utilizados para la estructuración de la obra musical por medio del desarrollo de programas y aplicaciones matemáticas como la FFT se implementaron en una determinada sección de la *Salamanca*. La forma general de la obra tiene cinco partes y su duración total es de aproximadamente 20 minutos. Como tal, la parte que corresponde al desarrollo de las ideas de este artículo es la sección C, una pieza denominada *El bombo y la ampalagua (Duelo)*, que en total dura cerca de 6 minutos durante los cuales los instrumentistas interactúan e intervienen con el discurso del material electroacústico procesado y espacializado en vivo. La estructura general de esta pieza también comprende cinco secciones con introducción de las cuales la última recoge los elementos tratados en este artículo. La partitura y descripción de esta sección siguen a continuación:

El Duelo

8

pizz. (Barok: levantando la cuerda y dejandola vibrar)

corda VI en Re

normal

tasto

calmado

mf

mp

mf

mp

Imagen 8- Partitura

Esta sección funciona como epílogo de la pieza y está hecha con el fin de facilitar la aplicación del patch de Max, el cual modifica microtonalmente las frecuencias de las notas ejecutadas por el violín. El pasaje del violín lo configuran rigurosamente los parciales obtenidos del glissando del bombo. Dicho pasaje es una línea melódica lenta y espaciada por silencios alternos que hacen parte de un plan previamente elaborado donde hay una aumentación progresiva de los valores de los silencios y las figuras hasta el final de la pieza. A partir de la letra **F** donde se presentan los 2 PCS ejes de la obra, cada conjunto de cuatro grados cromáticos ejecutado por la guitarra es reexpuesto por el violín en forma retrógrada.

Así por ejemplo el primer conjunto (4325) es ejecutado luego por el violín como (5234); el segundo conjunto (BA95) en la guitarra es tomado por el violín como (59AB) etc. Durante estos últimos compases hay una combinación de los planos instrumentales a través de algunas matrices de combinación y de un contrapunto de cadenas donde el plano del violín, muy quieto, se opone al inestable plano de la guitarra. En este epílogo la guitarra es rigurosa al comienzo con el plan de alturas asignado (2345/89AB). Posteriormente incluye las demás notas que completan el total cromático en algunos pasajes y puentes melódicos. Finaliza la pieza con acordes de la guitarra precedidos de apoyaturas, y al final un armónico de Sol# (nota fundamental de la señalización del bombo) mientras el violín culmina con una secuencia del set 4-1/ (2345).

Conclusiones

El uso de la Transformada Discreta de Fourier como herramienta para la obtención de material compositivo es muy efectiva. Su uso y posterior aplicación se enriquecen al combinarse con herramientas para el control de audio y la espacialización en escena. Los resultados obtenidos de la aplicación de la FFT y su posterior diseño y agrupación en conjuntos de grados cromáticos permiten reelaborar un material y tratarlo por medio de matrices combinatorias. El procesamiento en tiempo real a través de Max Msp posibilita redireccionar las frecuencias microtonalmente a pesar de ser compleja su aplicación en vivo. El éxito de la puesta en escena implica un trabajo coordinado por parte de todos los actores y aspectos que intervienen en la obra. Pero es, en últimas, del control de audio y video de lo cual dependerá el resultado final. Un trabajo interdisciplinario de composición mixta de estas características requiere indispensablemente de una consola digital que permita el control del discurso musical y su adecuada relación con la obra pictórica animada.

* * *

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CETTA, Pablo
2004 *Principios de estructuración de la altura empleando conjuntos de grados cromáticos*, Instituto de Investigación Musicológica “Carlos Vega”, Buenos Aires, EDUCA.
- FARBERMAN, Judith
2005 *Las salamancas de Lorenza, magia, hechicería y curanderismo en el Tucumán colonial*, Buenos Aires, Siglo XXI editores.
- FRAMPTON, Kenneth
1983 “Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistance”, in: *The Anti-Aesthetic: Essays on Postmodern Culture*, edited by Hal Foster, Bay Press, Port Townsend
- GALDO, Constanza y CETTA, Pablo
2009 Apuntes del Seminario de Matemática Aplicada a la Composición Musical, Doctorado en Música /Facultad de Artes y Ciencia Musicales /Universidad Católica Argentina.
- GÓMEZ MONTOYA, César Augusto
2009 *Reimplementación y expansión de funcionalidad del ambiente de sonorización basado en la medición cuantitativa de la disonancia psicoacústica de Sethares*, Proyecto de desarrollo para optar a título de Ingeniero Electrónico/Universidad Autónoma de Manizales
- GROSSO, José Luis
1995 *Los indios están todos muertos*, Brasilia, Serie Antropología N° 189. Disponible en internet: <http://www.unb.br/ics/dan/Serie189empdf.pdf>

- KARLOVICH, Atila
2006 *Supay y salamanca en Santiago del Estero*, en: Actas de las VII Jornadas Andinas de Literatura Latinoamericana (JALLA), Bogotá.
- MATHEWS, Max V. Y PIERCE, John
1980 *Harmony and nonharmonic partials*, J. Acoust. Soc Am. 68
- MORRIS, Robert
1987 *Composition with Pitch Classes: A Theory of Compositional Design*, Yale University Press
- PLOMP, R., y W. J. M. LEVELT
1965 *Tonal Consonance and Critical Bandwidth*. J. Acoust. Soc. Am.
- SETHARES, William A.
1998 *Tuning, Timbre Spectrum and Scale*, Springer-Verlag, London.

* * *

Fabio M. Fuentes Hernández es Doctorando en Composición Musical, Facultad de Artes y Ciencias Musicales, Universidad Católica Argentina. Se desempeña además como Profesor Asistente en la Universidad de Caldas.