

Aplicaciones de codificación y decodificación *Ambisonics* en tiempo real

Mariano Martín Cura

1. Introducción

El presente trabajo aborda un conjunto de herramientas de *software* para la espacialización de sonido en tiempo real, utilizando la técnica *Ambisonics*¹. Estas aplicaciones están especialmente diseñadas para situaciones performáticas, como obras para medios mixtos, *live electronics*, etc.

La plataforma elegida para este desarrollo es el entorno *Pure Data* (Miller S. Puckette et al) [1], debido a que es ideal para el procesamiento en tiempo real, multiplataforma y de dominio público.

2. *Ambisonics*, consideraciones generales.

Ambisonics es una técnica de espacialización de sonido multicanal que puede representar campos sonoros de dos y tres dimensiones. Su desarrollo comienza en Inglaterra en la década de 1970 con el trabajo de Gerzon (1973)[2] y otros.

En este capítulo nos centraremos en la implementación de esta técnica en las aplicaciones anteriormente mencionadas, por lo que se abordarán las consideraciones teóricas generales del sistema basándose en artículos específicos: Malham (2009) [3] Monro, (2000) [4] cuya lectura se recomienda.

Ambisonics se puede pensar como una expansión en tres dimensiones de la técnica *M/S*² (*mid/side stereo*), en la que se agregan mas cápsulas para muestrear el campo sonoro tridimensional. Existen varios micrófonos que trabajan con esta técnica, el *Soundfield*³, es uno de los mas conocidos.

Ambisonics es un sistema jerárquico que aborda la espacialización de sonido en dos etapas. La primera es la representación del campo sonoro tridimensional con una señal multicanal que codifica la información espacial de direcciones y amplitudes, tomando como referencia el punto central de una esfera. La segunda parte es la decodificación de la señal codificada para diferentes sistemas de reproducción, partiendo de un mínimo de cuatro parlantes para una reproducción en dos dimensiones y de ocho para una tridimensional. Esta característica de codificar la información espacial en un formato multicanal y su posterior decodificación, es particularmente beneficiosa debido a que un mismo programa sonoro puede ser reproducido en diferentes sistemas de parlantes

¹ *Ambisonics* es una marca registrada de *Nimbus Communications International*.

² Técnica de grabación estéreo desarrollada por Blumlein (1931), en la que se codifica una imagen estéreo frontal, utilizando un micrófono figura ocho, para registrar la información lateral; mas un micrófono cardioide, para la información central. Permitiendo en la posterior decodificación controlar el ancho de la imagen estéreo.

³ Los micrófonos *Soundfield* registran el campo sonoro tridimensional utilizando cuatro capsulas cardioides, codificando su salida en un formato B *Ambisonics*. Para mas información ver <http://www.tslproducts.com/soundfield/>

y permite elegir el sistema de reproducción en función de las posibilidades técnicas y características del recinto acústico.

2.1. Codificación

La codificación de la señal *Ambisonics* se puede obtener mediante una grabación con un micrófono *soundfield* o partiendo de una señal mono, sintetizando la señal *Ambisonics*, con la utilización ecuaciones de codificación *Furse/Malham* (Fuma).

Ambisonics representa el campo sonoro tridimensional con un sistema de coordenadas donde x representa el eje adelante/atrás, y representa el eje izquierda/derecha y z representa el eje arriba/abajo.

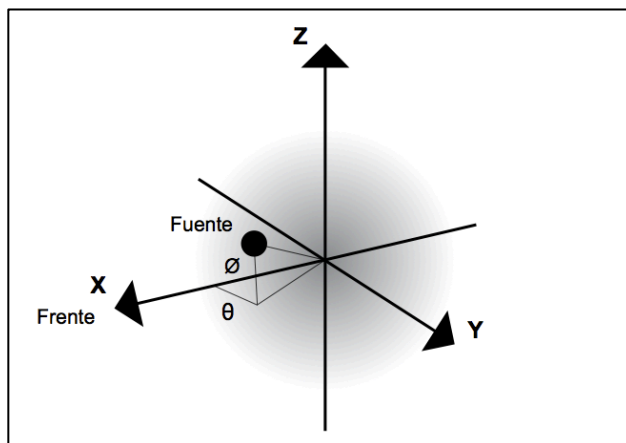


Imagen 1. Representación eje de coordenadas *Ambisonics*.

Existen diversos formatos para el almacenamiento de la señal codificada *Ambisonics*. En este trabajo se utilizará el Formato B en virtud de que es uno de los más versátiles y difundidos.

En el Formato B cada canal representa la información de cada uno de los armónicos esféricos utilizados en la codificación. La cantidad de armónicos dependerá del número de orden del formato *Ambisonics*. En la actualidad existen formatos de primero a quinto orden, a medida que el orden es más alto, mayor cantidad de armónicos esféricos son utilizados, logrando mayor precisión en la representación del campo sonoro, pero demandando mayor complejidad y requerimiento de proceso para la implementación del sistema.

Las herramientas de software que se abordan en este capítulo trabajan en *Ambisonics* de primer y segundo orden, por lo que se utilizarán señales formato B de cuatro y nueve canales que se denominan por convención de acuerdo a cada armónico esférico de la siguiente manera:

Ambisonics formato B de primer orden, canales: W, X, Y, Z.

Ambisonics formato B de segundo orden, canales: W, X, Y, Z, R, S, T, U, V.

El codificador trabaja partiendo de señales mono y aplicando las ecuaciones de codificación de *Furse/Malham*, sintetiza una señal en formato B de primer o segundo orden, que serán decodificadas posteriormente.

La codificación consiste en tomar la señal mono a espacializar, las coordenadas x, y, z y sintetizar los armónicos *Ambisonics* aplicando las siguientes ecuaciones:

$$(W_s) = (M_s) \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$(X_s) = (M_s)x$$

$$(Y_s) = (M_s)y$$

$$(Z_s) = (M_s)z$$

$$(R_s) = (M_s) \frac{1}{2}(3z^2 - 1)$$

$$(S_s) = (M_s)2xz$$

$$(T_s) = (M_s)2yz$$

$$(U_s) = (M_s)(x^2 - y^2)$$

$$(V_s) = (M_s)2xy$$

(M_s) = es la señal mono a espacializar

$(W_s), (X_s), (Y_s), (Z_s), (R_s), (S_s), (T_s), (U_s), (V_s)$ = armónicos de la señal *Ambisonics*

x, y, z = coordenadas *Ambisonics* de la posición en la que se ubicará la señal de entrada luego del proceso de codificación y decodificación

2.2. Decodificación

La decodificación del formato B se puede realizar para sistemas pantofónicos (de dos dimensiones) y sistemas perifónicos (de tres dimensiones). *Ambisonics* considera el espacio tridimensional como una esfera en la que el micrófono *Soundfield*, que codifica la información espacial, está ubicado en el centro de la misma. En la decodificación se trata de representar ese espacio con un arreglo de parlantes, ubicados regularmente en la superficie de esa esfera teórica, para sistemas tridimensionales, o en el perímetro de una circunferencia, para sistemas de dos dimensiones.

Para realizar la decodificación del formato B, se debe seleccionar un sistema de reproducción y utilizar las ecuaciones correspondientes que determinaran la proporción de cada armónico esférico para cada parlante. Si bien una decodificación para menos de cuatro canales no puede representar correctamente el campo sonoro *Ambisonics*, existe la

posibilidad de realizar una decodificación al formato UHJ⁴, permitiendo utilizar sistemas estéreo, al costo de la pérdida de parte de la información espacial.

La decodificación general de *Ambisonics* genera un campo sonoro único de dos o tres dimensiones con la salida de varios parlantes que cooperan entre si, de los cuales algunos se encuentran fuera de fase con respecto a otros. Este resultado es muy bueno en el punto central de escucha, pero produce efectos no deseados para áreas de cobertura mayores como las de una sala de concierto. Para solucionar este problema Malham (1992) propone correcciones de fase en la decodificación, asegurando que todos los parlantes que colaboran en recrear el campo sonoro, se encuentren en fase. A la decodificación con estas correcciones, se la conoce como decodificación en fase o control de opuestos.

En el decodificador que se presentará se implementan dichas ecuaciones con correcciones de fase para dos y tres dimensiones de primer y segundo orden, para cada parlante del sistema de reproducción, de *Gordon Monro* (2000), que se detallan a continuación:

Ecuación de decodificación *Ambisonics* de 1º orden 2D con corrección de fase

$$out_i = g_0 \frac{\sqrt{2\pi}}{n} (W_s) + g_1 \frac{2\sqrt{\pi}}{n} ((x_i(X_s) + y_i(Y_s) + z_i(Z_s)))$$

$out_i = \text{salida parlante}_{n^{\text{o}} \text{ parlante}}$

$n = n^{\text{o}} \text{ de parlante}$

$x_i, y_i, z_i = \text{coordenadas cartesianas ambisonics del parlante}_i$

$(W_s), (X_s), (Y_s), (Z_s) = \text{señales ambisonics de 1º orden}$

$g_0 = 1 \text{ (escalamiento de intensidad unitaria)}$

$g_1 = g_0/2$

Ecuación de decodificación *Ambisonics* de 2º orden 2D con corrección de fase

$$out_i = g_0 \frac{\sqrt{2\pi}}{n} (W_s) + g_1 \frac{2\sqrt{\pi}}{n} (x_i(X_s) + y_i(Y_s) + z_i(Z_s)) \\ + g_2 \frac{2\sqrt{\pi}}{n} ((x_i^2 - y_i^2)(U_s) + (2x_i y_i)(V_s))$$

⁴ El formato UHJ permite codificación de los primeros cuatro armónicos de una señal *Ambisonics* de primer orden en un sistema de dos canales; incorporando el trabajo de la *BBC* para su sistema cuadrafónico, utilizando la *Matrix H*. La ventaja de esta codificación es su compatibilidad con sistemas de reproducción estéreo y mono (sumando los dos canales UHJ).

$out_i = salida\ parlante_{n^\circ\ parlante}$

$n = n^\circ\ de\ parlante$

$x_i, y_i, z_i = coordenadas\ cartesianas\ ambisonics\ del\ parlante_i$

$(W_s), (X_s), (Y_s), (Z_s), (R_s), (S_s), (T_s), (U_s), (V_s) = señales\ ambisonics\ de\ 2^\circ\ orden$

Factores de esalamiento:

$g_0 = 1$ (escalamiento de intensidad unitaria)

$g_1 = g_0 \cdot p_1$

$g_2 = g_0 \cdot p_2$

Soluciones para q_1 y q_2

La solución suave: $p_1 = 0,6667, p_2 = 0,1667$

La solución de extender 1º orden: $p_1 = 0,5000, p_2 = 0,4268$

La solución de máxima energía: $p_1 = 0,6795, p_2 = 0,3192$

La solución de máxima proporción adelante – atras: $p_1 = 0,6667, p_2 = 0,3333$

La solución de máxima proporción integrada adelante – atras: $p_1 = 0,7071, p_2 = 0,25$

La solución de Furse: $p_1 = 0,658, p_2 = 0,342$

La solución de primer y segundo orden simultáneos: $p_1 = 0,5, p_2 = 0,25$

Ecuación de decodificación *Ambisonics* de 1º orden 3D con corrección de fase

$$out_i = h_0 \frac{4\pi}{n} \sqrt{\frac{1}{4\pi}} (W_s) + h_1 \frac{4\pi}{n} \sqrt{\frac{3}{4\pi}} (x_i (X_s) + y_i (Y_s) + z_i (Z_s))$$

$out_i = salida\ parlante_{n^\circ\ parlante}$

$n = n^\circ\ de\ parlante$

$x_i, y_i, z_i = coordenadas\ cartesianas\ ambisonics\ del\ parlante_i$

$(W_s), (X_s), (Y_s), (Z_s) = señales\ ambisonics\ de\ 1^\circ\ orden$

$h_0 = 1$ (escalamiento de intensidad unitaria)

$h_1 = h_0/3$

Ecuación de decodificación *Ambisonics* de 2º orden 3D con corrección de fase

$$\begin{aligned} out_i = h_0 \frac{4\pi}{n} \sqrt{\frac{1}{4\pi}} (W_s) + h_1 \frac{4\pi}{n} \sqrt{\frac{3}{4\pi}} (x_i (X_s) + y_i (Y_s) + z_i (Z_s)) \\ + h_2 \frac{4\pi}{n} \sqrt{\frac{15}{16\pi}} \left(\sqrt{\frac{1}{\sqrt{3}}} (3z_i^2 - 1)(R_s) + (2x_i y_i)(S_s) + (2y_i z_i)(T_s) \right. \\ \left. + (x_i^2 - y_i^2)(U_s) + (2x_i y_i)(V_s) \right) \end{aligned}$$

$out_i = salida\ parlante_{n^o\ parlante}$

$n = n^o\ de\ parlante$

$x_i, y_i, z_i = coordenadas\ cartesianas\ ambisonics\ del\ parlante_i$

$(W_s), (X_s), (Y_s), (Z_s), (R_s), (S_s), (T_s), (U_s), (V_s) = señales\ ambisonics\ de\ 2^o\ orden$

Factores de esalamiento:

$h_0 = 1$ (escalamiento de intensidad unitaria)

$h_1 = h_0 \cdot q_1$

$h_2 = h_0 \cdot q_2$

Soluciones para q_1 y q_2

La solución suave: $q_1 = 0,5, q_2 = 0,1$

La solución de extender 1º orden: $q_1 = 0,3333, q_2 = 0,3633$

La solución de máxima proporción adelante – atras: $q_1 = 0,5714, q_2 = 0,2282$

La solución de máxima proporción integrada adelante – atras: $q_1 = 0,5714, q_2 = 0,2$

La solución de Furse: $q_1 = 0,504, q_2 = 0,102$

La solución de primer y segundo orden simultáneos: $q_1 = 0,3333, q_2 = 0,3155$

3. Aplicaciones para codificación y decodificación en tiempo real.

Las aplicaciones de espacialización tratadas en este capítulo han sido desarrolladas para el uso en situaciones performáticas, en el lenguaje *Pure Data*. Esto permite su integración con otras aplicaciones de síntesis o procesamiento de señales desarrolladas en el mismo entorno.

3.1. Codificador de primer y segundo orden.

En la codificación implementada podemos trabajar con diez señales mono individuales simultáneas, localizarlas dentro de un campo sonoro tridimensional, codificándolas en *Ambisonics* y mezclarlas para su posterior decodificación. Este proceso se realiza por medio de dos abstracciones de *PD*, *ambicontrol.pd* y *ambimixer.pd*.

La primer etapa la realiza *ambicontrol.pd*, que es una interface de control gráfica en la que se selecciona la señal a espacializar y le asignan las coordenadas x,y,z que se utilizarán en la codificación de dicha señal.

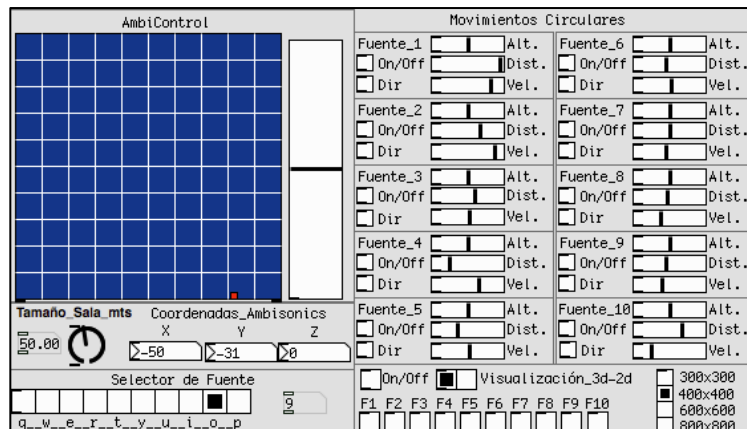


Imagen 2. Interfaz de ambicontrol.pd.

Lo primero es elegir el canal o fuente sonora a controlar, para esto se utiliza el selector de fuentes, introduciendo el numero de fuente en la caja numérica, seleccionado con el mouse en la botonera adjunta o utilizando las teclas del teclado (*q,w,e,r,t,y,u,i,o,p*).

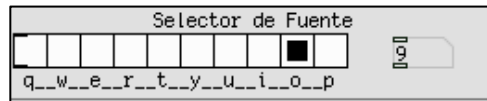


Imagen 3. Selector de fuentes.

En la parte superior de la interfaz se encuentra un eje de coordenadas *x, y* para ingresar las mismas con el mouse y una corredera vertical para la coordenada *z*. También se pueden ingresar las coordenadas de manera numérica con las cajas correspondientes. Nótese que la interfaz refleja las coordenadas de la fuente seleccionada, por lo que cuando se selecciona una nueva fuente, cambian los valores de la misma.

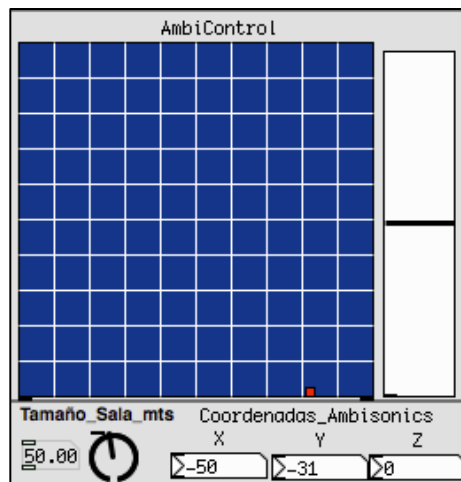


Imagen 4. Control de coordenadas.

Otra forma de controlar las posiciones de las fuentes es mediante los motores de movimientos circulares individuales. Cada uno consta de controles de on/off, dirección, altura, velocidad y distancia al centro.

Movimientos Circulares			
Fuente_1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alt.
<input type="checkbox"/> On/Off	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dist.
<input type="checkbox"/> Dir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vel.
Fuente_2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alt.
<input type="checkbox"/> On/Off	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dist.
<input type="checkbox"/> Dir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vel.
Fuente_3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alt.
<input type="checkbox"/> On/Off	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dist.
<input type="checkbox"/> Dir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vel.
Fuente_4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alt.
<input type="checkbox"/> On/Off	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dist.
<input type="checkbox"/> Dir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vel.
Fuente_5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alt.
<input type="checkbox"/> On/Off	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dist.
<input type="checkbox"/> Dir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vel.
Fuente_6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alt.
<input type="checkbox"/> On/Off	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dist.
<input type="checkbox"/> Dir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vel.
Fuente_7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alt.
<input type="checkbox"/> On/Off	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dist.
<input type="checkbox"/> Dir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vel.
Fuente_8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alt.
<input type="checkbox"/> On/Off	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dist.
<input type="checkbox"/> Dir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vel.
Fuente_9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alt.
<input type="checkbox"/> On/Off	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dist.
<input type="checkbox"/> Dir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vel.
Fuente_10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alt.
<input type="checkbox"/> On/Off	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dist.
<input type="checkbox"/> Dir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vel.

Imagen 5. Controles de movimientos circulares.

Otro parámetro relevante en la codificación es la posibilidad de escalar el tamaño del campo sonoro con el potenciómetro etiquetado “*Tamaño_sala_mts*” que permite simular espacios de diferentes dimensiones.

Para tener una idea global de las ubicaciones de todas las fuentes se cuenta con un visualizador gráfico de las posiciones de cada una de ellas.

Con el interruptor *on/off* se abre y cierra una ventana de las dimensiones elegidas en el selector de la derecha ($300 \times 300 - 400 \times 400 - 600 \times 600 - 800 \times 800$), que puede visualizar la posición de cada fuente en dos o tres dimensiones seleccionando *Visualización 3d-2d*.

Con los interruptores etiquetados $F1$, $F2$, $F3$, $F4$, $F5$, $F6$, $F7$, $F8$, $F9$ y $F10$ se controla la visualización individual de cada fuente, que será representada por el número correspondiente.

☐ On/Off
 ☒ Visualización_3d-2d
 ☐ 300x300
☐ 400x400
☐ 600x600
☐ 800x800

Imagen 6. Control de visualización.

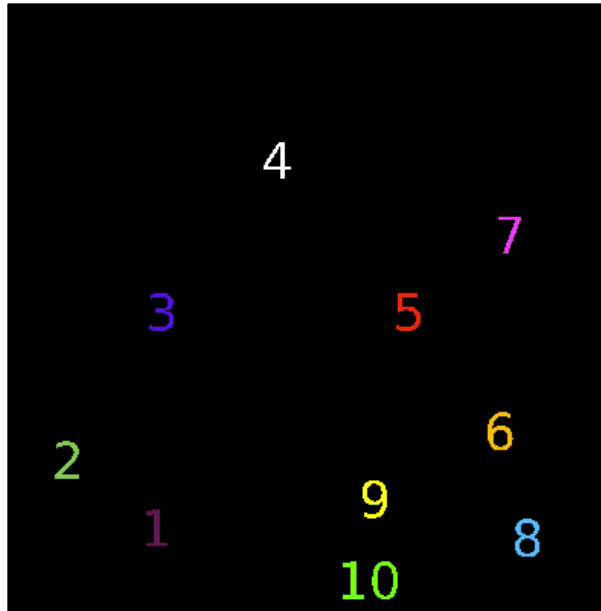


Imagen 7. Visualizador 2d.

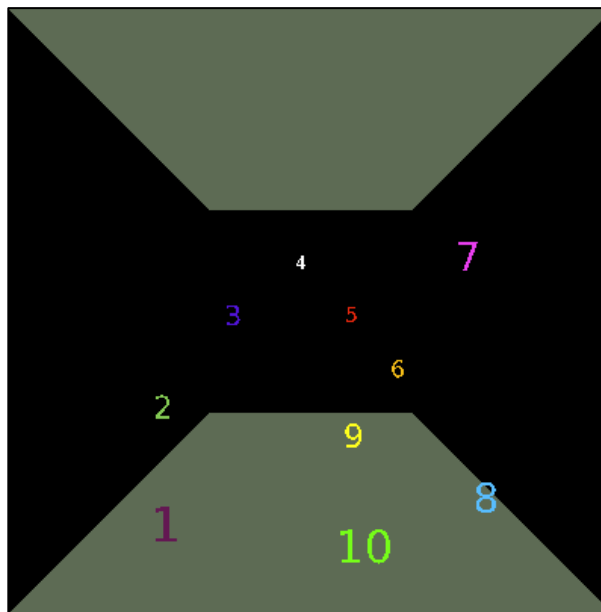


Imagen 8. Visualizador 3d.

La segunda etapa del proceso de codificación es realizada por *ambimixer.pd*, que se encarga de recibir las señales mono, las coordenadas para cada fuente, codificarlas en formato *Ambisonics*, mezclarlas y enviarlas al decodificador.

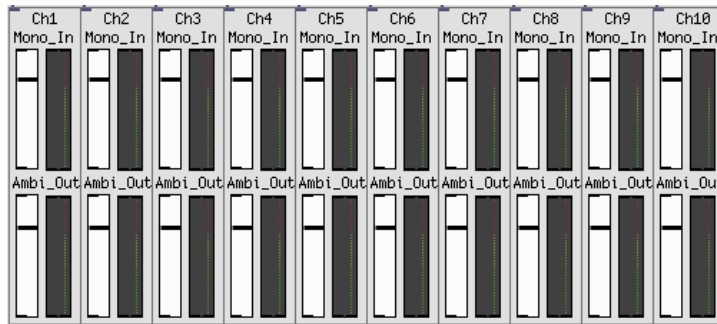


Imagen 9. Codificador y mezclador *ambimixer.pd*

Ambimixer.pd es una mezcladora de diez canales mono de entrada, que codificará dichos canales con las coordenadas enviadas por *ambicontrol.pd*.

Esta mezcladora cuenta con controles de ganancia para cada una de las señales mono de entrada y sus salidas *Ambisonics*, que serán mezcladas en una única señal de formato B de primer o segundo orden.

Las entradas de audio de la mezcladora se encuentran en la parte superior del objeto, como suele ser en *PD*, pero también se puede enviar audio a cada canal por medio de los envíos “*throw~ Ch1 al Ch10*”, facilitando así la conexión e integración con otros procesos disponibles en *PD*.

3.2. Decodificador de primer y segundo orden.

El decodificador *ambidec.pd* puede recibir señales en formato B de primer y segundo orden y las decodifica para diferentes arreglos de parlantes. Por razones de practicidad se puede elegir entre los diferentes formatos de reproducción:

Decodificación en dos dimensiones

4 canales

6 canales

8 canales

Decodificación en tres dimensiones

Cubo 8 canales

Doble hexágono 12 canales

En todos los casos se puede optar por sistemas de rango completo o la utilización de dos subwoofers.

Para lograr una correcta calibración del sistema en diferentes recintos, el decodificador permite a cada canal de salida insertarle un tiempo de retardo, una corrección de ganancia y una inversión de fase.

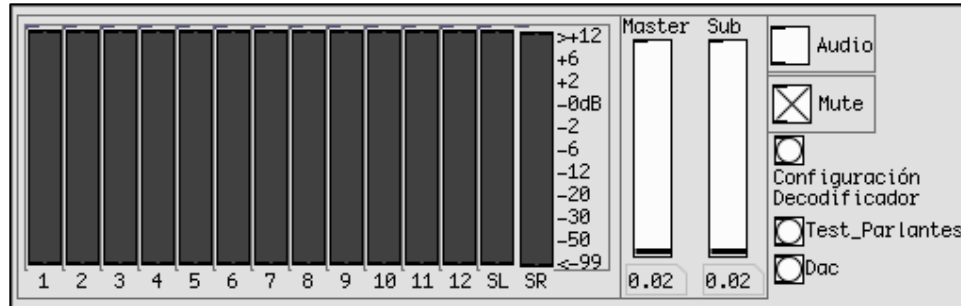


Imagen 10. Decodificador *ambidec.pd*.

Como se puede ver en la imagen, la interfaz del decodificador cuenta con un vúmetro para cada canal de salida 1 al 12 y *subwoofer* izquierdo y derecho; un control de ganancia de salida para el *master* y para los *subwoofers*; un interruptor de *Audio*, que enciende o apaga el motor de audio de *PD*; un interruptor *Mute* que silencia la salida del decodificador y tres pulsadores que abren las herramientas de configuración del mismo.

Para comenzar a utilizar el decodificador es necesario configurar la interface de audio, el decodificador tomará la configuración de *PD* y por defecto tiene asignadas sus salidas a los canales 1 al 14 del objeto *dac~*. Como es posible que no todas las interfaces ordenen sus salidas de la misma forma podemos pulsar el botón etiquetado *Dac* y nos abrirá una ventana en la que se ven los objetos *catch~ out1* al *out14*, que reciben los canales de salida del decodificador y se los asigna al objeto *dac~*. Si la asignación por defecto no es la correcta para el equipamiento utilizado, en esta ventana se puede entrar al modo de edición y reasignar las salidas.

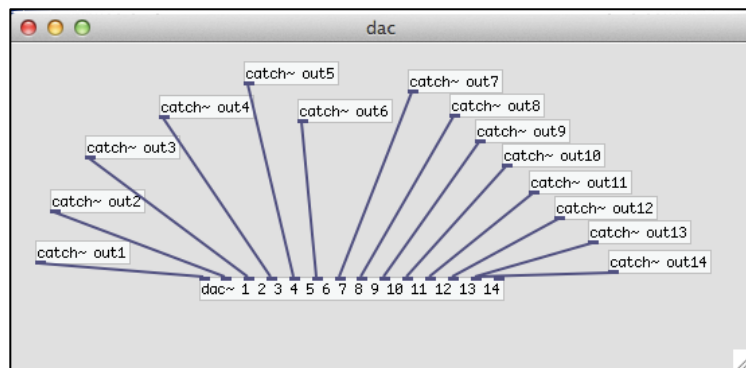


Imagen 11. Configuración *Dac~*.

Para facilitar el testeo de la asignación de salidas, pulsando el botón etiquetado *Test_Parlantes*, se abrirá una ventana en la que se encuentra un generador de ruido.

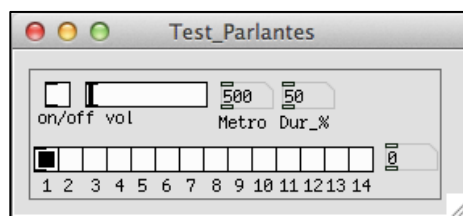


Imagen 12. Test Parlantes.

La interfaz gráfica, en la parte superior cuenta con un interruptor de encendido y apagado, un control de volumen, una caja etiquetada *Metro* en la que se define cada cuantos milisegundos se genera la señal y una caja etiquetada *Dur_%* que determina en la duración de la señal proporcionalmente al intervalo definido anteriormente. De esta manera si utilizamos la configuración por defecto tendríamos un señal de ruido con una duración de 250 milisegundos que se repite cada 500 milisegundos y si configuramos la duración al 100% obtendríamos un ruido continuo.

En la parte inferior se encuentra un selector en el que se elige el número de canal de salida al que se enviará la señal, también es posible ingresar el número deseado en la caja numérica que se encuentra a la derecha.

Es importante aclarar que la señal de prueba no esta en formato *Ambisonics* y por lo tanto no pasa por la etapa de decodificación, solo por la etapa de control de salida, ruteando la señal a cada salida individual de decodificador, de manera de facilitar la asignación de salidas y la posterior calibración del sistema de reproducción en diferentes salas.

Una vez configuradas las salidas de audio podemos configurar el tipo de decodificación a utilizar, para ello pulsando el botón etiquetado *Configuración Decodificador*, se abre la ventana de configuración del decodificador.

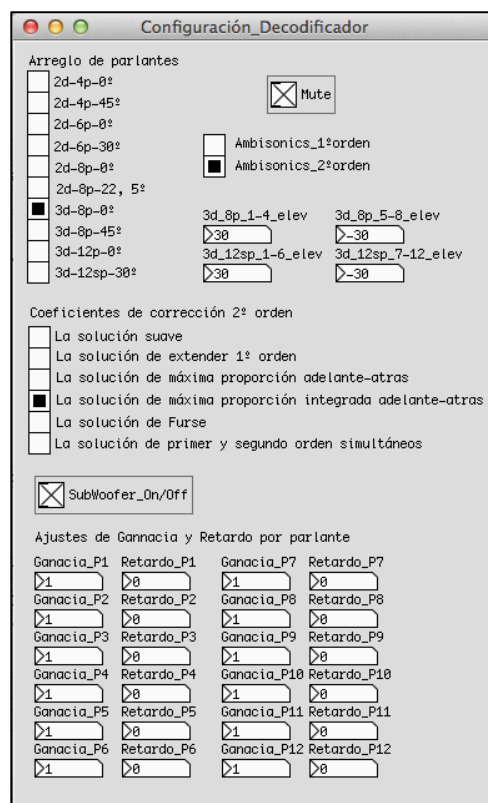


Imagen 13. Configuración *ambidec.pd*.

Para evitar sonidos no deseados al cambiar la configuración del decodificador, cada vez que se abre la ventana de configuración el decodificador se silencia

automáticamente, el interruptor *Mute* de esta ventana es un espejo del de la ventana principal, por lo que se puede habilitar el audio de cualquiera de las dos ventanas.

Lo primero a definir es el arreglo de parlantes a utilizar en la decodificación, seleccionando las opciones que se encuentran arriba a la izquierda.

Las etiquetas de cada configuración de parlantes (2d-4p-0°) corresponden en primer lugar al tipo de decodificación en dos o tres dimensiones; en segundo lugar a la cantidad de parlantes a utilizar y por último al ángulo de la posición del primer parlante.

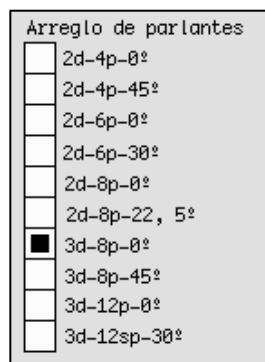


Imagen 14. Configuración arreglo de parlantes.

A continuación se presentan gráficos de cada una de las configuraciones disponibles:

Ubicaciones de los parlantes para un arreglo de dos dimensiones, de cuatro parlantes, con el primero en 0° o en 45°.

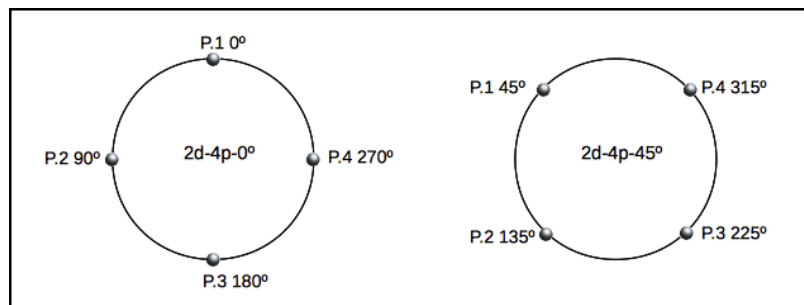


Imagen 15. Ubicación parlantes 2d-4p-0° - 2d-4p-45°.

Ubicaciones de los parlantes para un arreglo de dos dimensiones, de seis parlantes, con el primero en 0° o en 30°.

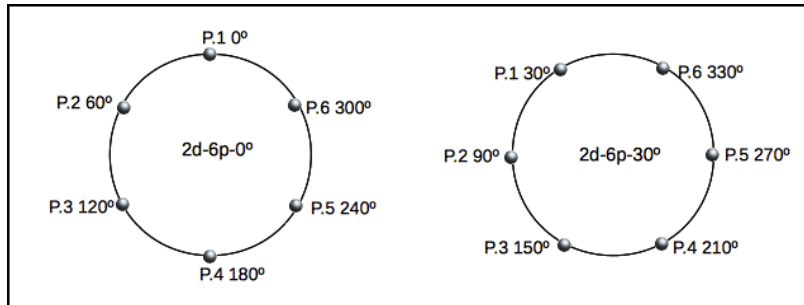


Imagen 16. Ubicación parlantes 2d-6p-0° - 2d-6p-30°.

Ubicaciones de los parlantes para un arreglo de dos dimensiones, de ocho parlantes, con el primero en 0° o en 22,5°.

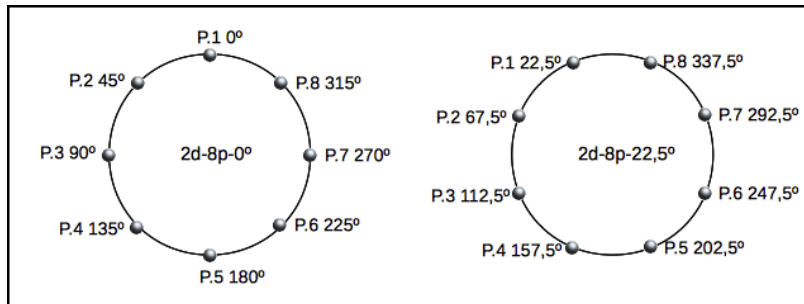


Imagen 17. Ubicación parlantes 2d-8p-0° - 2d-8p-22,5°.

Para la decodificación de tres dimensiones, siempre los primeros canales corresponden a las ubicaciones superiores y los últimos a las inferiores. Para ajustar la elevación de los parlantes, es necesario ingresarla en grados en las cajas numéricas correspondientes ubicadas a la derecha del selector de arreglos de parlantes. Los ángulos de elevación toman como referencia al plano medio de una esfera teórica, por lo que para el sistema superior podemos ingresar valores de 0° a 45° y para el sistema inferior de 0° a -45°.

3d_8p_1-4_elev	3d_8p_5-8_elev
<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="-30"/>
3d_12sp_1-6_elev	3d_12sp_7-12_elev
<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="-30"/>

Imagen 18. Elevación parlantes 3d-8p - 3d-12p.

Ubicaciones de los parlantes para un arreglo de tres dimensiones, de ocho parlantes, con el primero en 0°.

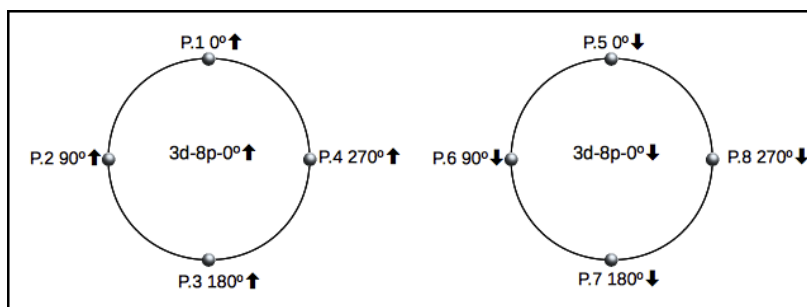


Imagen 19. Ubicación parlantes 3d-8p-0°.

Ubicaciones de los parlantes para un arreglo de tres dimensiones, de ocho parlantes, con el primero en 45°.

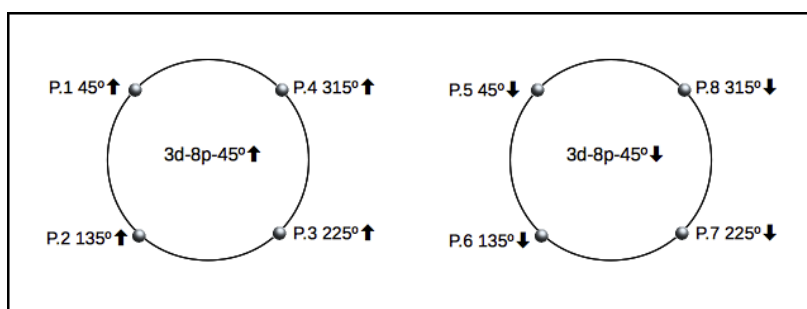


Imagen 20. Ubicación parlantes 3d-8p-45°.

Ubicaciones de los parlantes para un arreglo de tres dimensiones, de doce parlantes, con el primero en 0°.

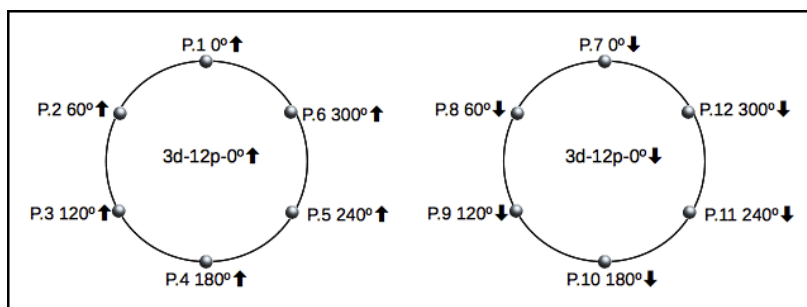


Imagen 21. Ubicación parlantes 3d-12p-0°.

Ubicaciones de los parlantes para un arreglo de tres dimensiones, de doce parlantes, con el primero en 30°.

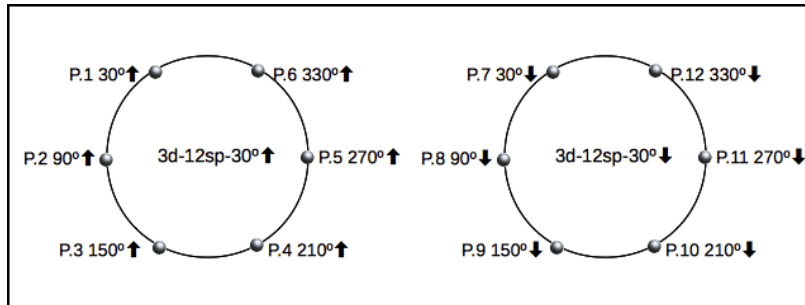


Imagen 22. Ubicación parlantes 3d-12p-30°.

Es necesario elegir si se decodificará un formato de primer o segundo orden. Es importante aclarar que si se quiere decodificar un formato B de segundo orden como si fuera de primer orden, no hace falta convertir la señal codificada dado que, en este caso, las señales de segundo no serán consideradas.

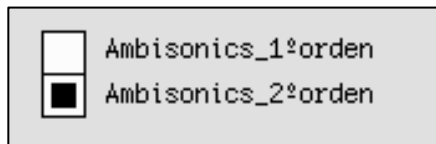


Imagen 23. Selector de n° de orden *Ambisonics*.

Si se selecciona la decodificación en segundo orden, se puede elegir entre varias opciones de coeficientes de corrección. Todas garantizan una correcta decodificación, pero se puede preferir una por sobre otra dependiendo del tipo de señal a decodificar y del recinto en que se realice la decodificación⁵.

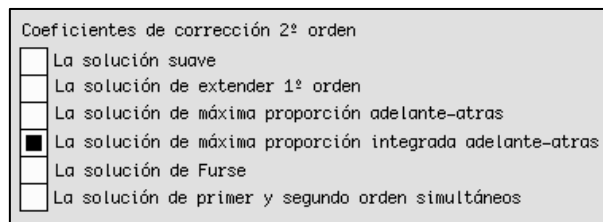


Imagen 24. Coeficientes de corrección segundo orden.

La última opción, “primer y segundo orden simultáneos”, debe ser elegida cuando se quiera combinar señales de primer y segundo orden simultáneos.

Otra de las opciones a configurar, es la de encender los canales de *subwoofer*.

⁵ Se recomienda al lector referirse a bibliografía especializada para obtener detalles sobre este tema, *Gordon Monro (2000)*.

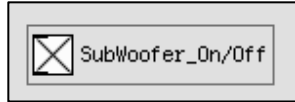


Imagen 25. Configuración Subwoofer.

Cuando esta opción es seleccionada, se habilita la salida de dos canales de bajas frecuencias, uno izquierdo “SL” y otro derecho SR, que sumarán la energía por debajo de los 110hz de los canales principales del decodificador.

Es importante aclarar que la asignación de los canales de salida corresponden al número de parlantes utilizados y en las configuraciones de menos parlantes se utilizarán solo las salidas a esa configuración mas los canales de bajas frecuencias. De esta manera si se utilizara un arreglo de cuatro parlantes el parlante uno saldría por el canal uno, el parlante dos por el canal dos y así siguiendo hasta el cuatro, o la cantidad de parlantes seleccionada. Los canales que no se utilizan son silenciados automáticamente.



Imagen 26. Ajustes de ganancia y retardo.

En la calibración de un sistema de reproducción *Ambisonics* es importante que los parlantes estén ubicados en las posiciones específicas de cada configuración, como esto no siempre es posible, generalmente hay que realizar correcciones para que la señal de cada parlante llegue al mismo tiempo y con la misma intensidad al centro del círculo o esfera.

Para poder realizar estas correcciones se cuenta con los ajustes de ganancia y retardo por parlante o canal.

Los ajustes de ganancia permiten escalar individualmente la señal de salida de cada parlante en valores que van de -2 a 2. Los valores negativos son utilizados cuando se desea invertir la fase de un canal. Los valores de retardo están expresados en milisegundos y permiten calibrar el sistema para que en el punto central de escucha, las salidas de cada canal lleguen en fase.

Las configuraciones del decodificador son guardadas junto con el *patch ambidec.pd*, por lo que para almacenar diferentes configuraciones, es necesario guardar el *patch* con un nuevo nombre, por ejemplo, *ambidecsala1.pd*.

3.3. Herramientas complementarias.

Otras herramientas complementarias a las de codificación y decodificación son las que se detallan a continuación:

- `monoplayer.pd` – reproductor de archivos de sonidos mono.
- `bf1player.pd` – reproductor de archivos de sonidos Ambisonics Formato B de 1º orden.
- `bf2player.pd` – reproductor de archivos de sonidos Ambisonics Formato B de 2º orden.
- `testsig.pd` – generador de señal de testeo.

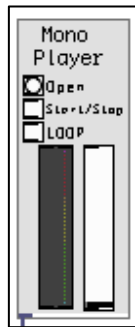


Imagen 27. `monoplayer.pd`.

La abstracción `monoplayer.pd`, reproduce un archivo de sonido mono desde el disco rígido. Su interfaz de control cuenta con los siguientes controles:

Un pulsador *Open*, que abre una ventana para seleccionar el archivo a reproducir.

Un interruptor de *Start/Stop*, que inicia o detiene la reproducción.

Un interruptor de *Loop*, que habilita la reproducción cíclica de todo el archivo.

Una corredera vertical que controla el volumen de reproducción.

Un vúmetro que visualiza la intensidad de la salida del reproductor.

La salida del reproductor se encuentra en la parte inferior izquierda de la abstracción, como es la norma de los objetos de *PD*.



Imagen 28. `bf1player.pd` y `bf2player.pd`.

Las abstracciones `bf1player.pd` y `bf2player.pd`, reproducen un archivo de sonido *Ambisonics* formato B de 1º o 2º orden respectivamente desde el disco rígido. Su interfaz de control cuenta con los siguientes controles:

Un pulsador *Open*, que abre una ventana para seleccionar el archivo a reproducir.

Un interruptor de *Start/Stop*, que inicia o detiene la reproducción.

Un interruptor de *Loop*, que habilita la reproducción cíclica de todo el archivo.

Una corredera vertical que controla el volumen de reproducción.

Un vúmetro que visualiza la intensidad de la salida del reproductor.

La salida de los cuatro o nueve canales del reproductor, dependiendo si es un formato de 1º o 2º orden, es inalámbrica y envía las señales a decodificar directamente al decodificador *ambidec.pd*. Es importante aclarar que se pueden abrir varias instancias de los reproductores *bf1player.pd* y *bf2player.pd* en un *patch* de *PD*, pero solo un decodificador *ambidec.pd*.

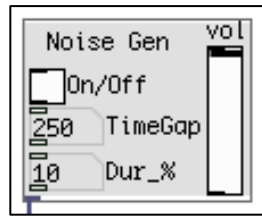


Imagen 29. *Testsig.pd*.

La abstracción *testsig.pd* está diseñada para poder testear el sistema de codificación y decodificación. Básicamente es un generador de ruido similar al utilizado para configurar las salidas del decodificador *ambidec.pd*. Su interfaz gráfica cuenta con un interruptor de encendido y apagado, un control de volumen, una caja etiquetada *Metro* en la que se define cada cuantos milisegundos se genera la señal y una caja etiquetada *Dur_%* que determina en la duración de la señal proporcionalmente al intervalo definido anteriormente. De esta manera si utilizamos la configuración por defecto tendríamos una señal de ruido con una duración de 25 milisegundos que se repite cada 250 milisegundos y si configuramos la duración al 100% obtendríamos un ruido continuo. La salida de audio se encuentra en la parte inferior izquierda de la abstracción, como es la norma de los objetos de *PD*.

3.4. Integración de las aplicaciones para su utilización en tiempo real.

La integración de las aplicaciones presentadas en este capítulo, con el objeto de su utilización en tiempo real, consiste en la creación de un *patch* de *PD* en el que se incorporen las todas herramientas necesarias para un proyecto en particular. A modo de ejemplo se presenta el *patch* *ambitest.pd*.

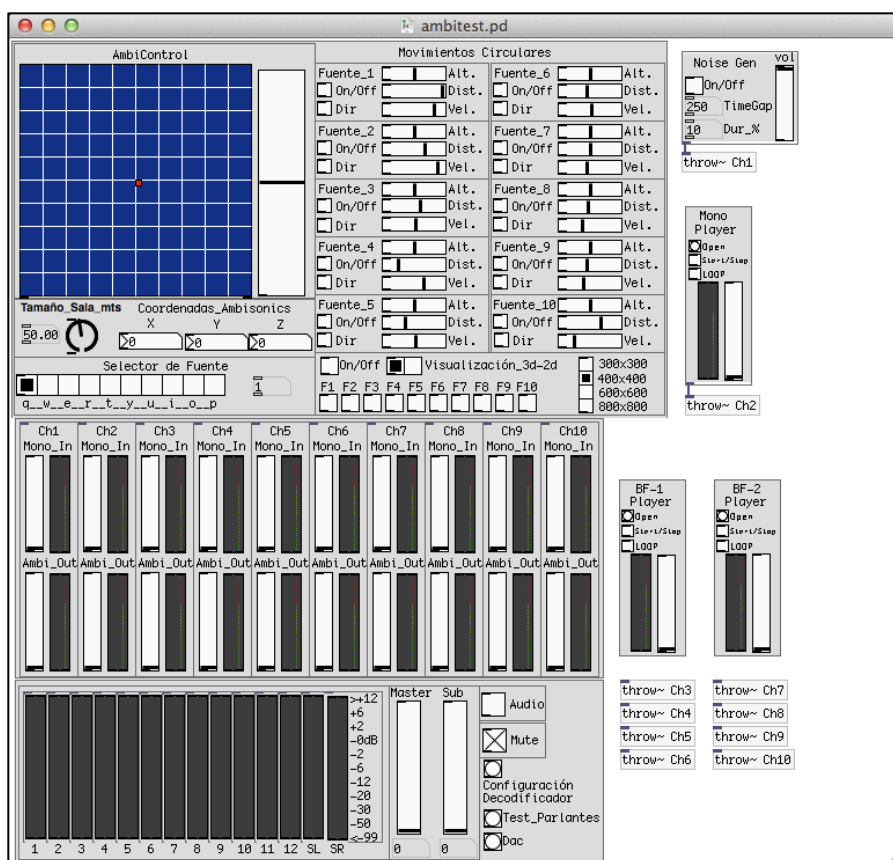


Imagen 30. *Ambitest.pd*.

En este ejemplo se integran las siguientes aplicaciones:

- *ambicontrol.pd*
- *ambimixer.pd*
- *ambidec.pd*
- *testsig.pd*
- *monoplayer.pd*
- *bf1player.pd*
- *bf2player.pd*

Como ya se detalló anteriormente, las aplicaciones *ambicontrol.pd*, *ambimixer.pd* y *ambidec.pd* se conectan entre sí de forma inalámbrica, de manera tal que no es necesario realizar ningún conexionado entre ellas. Las aplicaciones *bf1player.pd* y *bf2player.pd*, envían sus salidas de forma inalámbrica a *ambidec.pd*, por lo que tampoco necesitan conexión de audio alguna.

Recordemos que la aplicación *ambimixer.pd* tiene sus entradas de audio en la parte superior o recibe de forma inalámbrica las señales que estén conectadas a los objetos *throw~ Ch1* al *Ch10*. En este caso particular tenemos conectada la salidas de audio de *testsig.pd* a *throw~ Ch1* y de *monoplayer.pd* a *throw~ Ch2*, por lo que *ambimixer.pd*, recibirá en sus canales de entrada 1 y 2 las señales correspondientes y las codificará en formato *Ambisonics* con las coordenadas que les asignemos a cada señal desde *ambicontrol.pd*.

Ambidec.pd recibirá las señales enviadas por *ambimixer.pd*, *bfl1player.pd* y *bf2player.pd* y decodificará la suma de las mismas de acuerdo al sistema de reproducción configurado.

Una vez configurado el decodificador, estamos en condiciones de probar el sistema, encendiendo *testsig.pd* y espacializando el tono de prueba.

Estas aplicaciones permiten integrarse con otras herramientas de generación y/o procesamiento de *PD*, por lo que lo único que necesitamos hacer es conectar la salida mono de cualquier objeto o programa de *PD* a las entradas de *ambimixer.pd*.

4.Referencias.

[2] Gerzon, M. A. (1973), “*Periphony: With-height Sound Reproduction*”, *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 21, N° 1, pp. 2-10.

[3] Malham, D. G. (2009), “El espacio acústico tridimensional y su simulación por medio de Ambisonics”, capítulo V “Música y espacio: ciencia, tecnología y estética”, Universidad Nacional de Quilmes, Argentina.

[4] Monro, G. (2000), “Spherical Harmonics and Ambisonics”, School of Mathematics and Statistics, university of Sydney F07 NSW2006 Australia.

[4] Monro, G. (2000), “In-phase corrections for Ambisonics”, *Proceedings of ICMC 2000*, Berlín, pp. 292-295.

[1] Puckette, Miller. 1990. Pure Data. Código fuente, binarios y documentación en: <http://puredata.info>