



1. **Nombre del postulante:** Pablo Cristian Cetta

2. **Institución:** Pontificia Universidad Católica Argentina “Santa María de los Buenos Aires”.

3. **Categoría en el que se desea inscribir la propuesta (seleccione solo una):**
 - **Campus universitario innovador y sostenible:** se premiarán aquellas experiencias que promuevan desarrollo de infraestructura física y tecnológica, flexible y amigable con el medio ambiente, acompañada de servicios que garanticen e incentiven la generación de actividades académicas innovadoras, que redunden en la educación de calidad.

4. **Título de la experiencia y/o proyecto innovador:** *Entorno educativo de programación visual en línea, destinado a la síntesis y procesamiento de sonido y música en tiempo real.*

5. **Palabras clave (entre 4 y 6 palabras separadas por comas)**
Enseñanza, Virtualidad, Programación, Sonido, Música, Procesamiento.

6. **Tiempo de implementación de la experiencia y/o proyecto innovador**
El desarrollo informático requirió de un año de trabajo. La implementación actual en cualquier entorno web o plataforma de *e-learning* es inmediata.

7. **Resumen de la experiencia y/o proyecto innovador (máximo 200 palabras)**
El proyecto se basa en el desarrollo y utilización de una librería informática destinada a la programación visual, para el tratamiento y difusión de sonido y música a través de las páginas de un sitio web o de una plataforma de educación a distancia. Mediante el uso de la librería, alojada en el servidor, es posible incrustar en cualquier archivo HTML una ventana para la utilización y

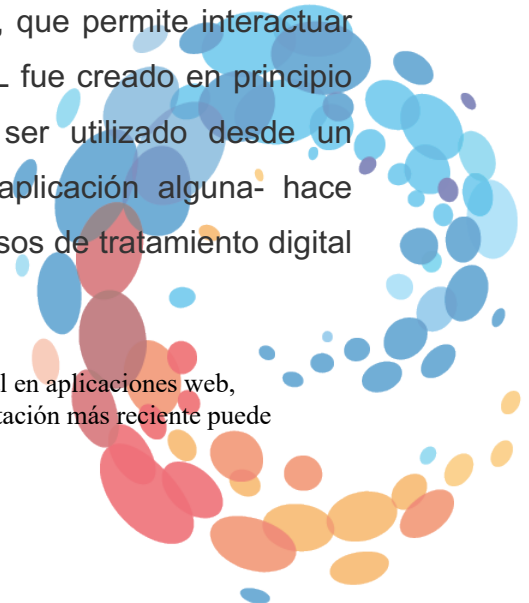
programación visual de aplicaciones (*patches*) orientadas al procesamiento de audio digital. Estas aplicaciones se realizan a través de un lenguaje que utiliza objetos virtuales interconectables, lo cual facilita la tarea de programación por parte de usuarios no expertos. Las aplicaciones posibles de ser creadas se orientan a la síntesis y el procesamiento de sonido y música en tiempo real, de utilidad tanto en las denominadas artes digitales (música electroacústica, arte sonoro, instalaciones multimediales), como en el estudio de procesamiento digital de señales de audio (DSP) en áreas tecnológicas. De este modo, es posible experimentar sobre las técnicas de síntesis sonora, el uso de filtros, retardos, modificaciones espectrales o espacialización del sonido desde un navegador web, sin que sea necesario que el/la usuario/a o estudiante instale programa alguno en su propia computadora.

8. Descripción completa de la innovación y el proceso de implementación (Máximo 1000 palabras)

El propósito del entorno WAUL (por *Web Audio Library*) es la utilización facilitada de la Web Audio API¹ a través de una interfaz gráfica que permite la programación, empleando objetos interconectables por medio de cables virtuales. El desarrollo de la interfaz fue realizado partiendo de la librería p5.js², creada por Lauren McCarthy, y en particular p5.dom, que permite interactuar con distintos elementos presentes en HTML 5. WAUL fue creado en principio con fines didácticos, dado que la posibilidad de ser utilizado desde un navegador de Internet –sin necesidad de instalar aplicación alguna- hace propicia la tarea de difundir y practicar diversos procesos de tratamiento digital

¹ *Web Audio* es una API destinada al procesamiento y síntesis de audio digital en aplicaciones web, desarrollada por el *Audio Working Group* del *W3C Consortium*. La documentación más reciente puede consultarse en <https://webaudio.github.io/web-audio-api/>

² <https://p5js.org/>



de señales de audio, utilizables en música, desde un sitio especialmente creado o una plataforma de e-learning.

La Web Audio API ya se encuentra implementada en gran parte en las versiones más recientes de los navegadores actuales. Si bien se la considera aún un diseño experimental, su utilización permite ver la enorme potencialidad de este desarrollo. La librería WAUL no cubre todas sus características aún, si bien agrega otras, gracias a la posibilidad de extender la API a través de la programación en JavaScript. Por el momento, la librería WAUL fue probada extensamente a través del navegador Google Chrome y no en otros, por lo cual se recomienda su uso.

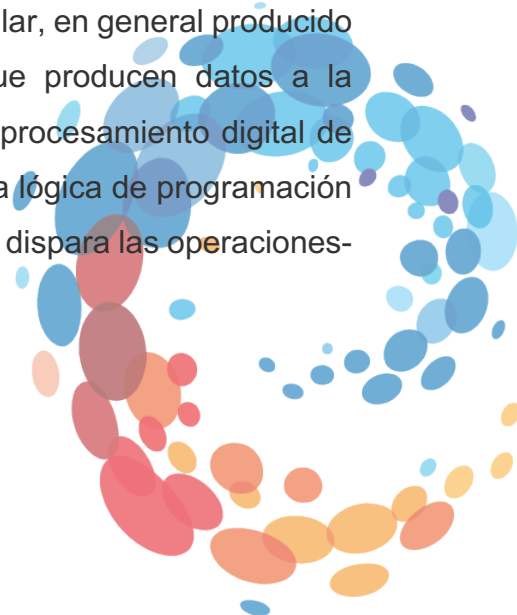
La lógica del flujo de datos utilizada por esta librería intenta seguir los criterios empleados en otros lenguajes de procesamiento en tiempo real, como *Pure Data*³ o *Max-MSP*⁴. Incluso los nombres de los objetos son en muchos casos iguales o similares.

La programación se realiza sobre una ventana -un *canvas*-, en cuya parte superior se destaca un menú desde el cual se puede iniciar el procesamiento de audio, crear nuevos *patches* o recurrir a otros preexistentes, almacenados en el servidor o bien de forma local en el ordenador del usuario.

Los objetos que conforman la librería se dividen en dos grupos: objetos de control – aquellos que responden a un mensaje particular, en general producido por el usuario- y los objetos de audio –objetos que producen datos a la frecuencia de muestreo, cada vez que es iniciado el procesamiento digital de señales. Al igual que en los lenguajes antes citados, la lógica de programación se basa en un *hot inlet* –el primero de la izquierda, que dispara las operaciones-

³ <https://puredata.info/>

⁴ <https://cycling74.com/>





y *cold inlets* –aquellos que almacenan los datos, hasta el momento en que se recibe un valor a través del *hot inlet*.

Entre los dispositivos de control disponemos de objetos que realizan operaciones matemáticas, trigonométricas, operadores relacionales, operadores de conversión y objetos de control temporal (gatillos, retardos y metrónomo). Además, contamos con objetos de interfaz con el usuario, tales como editores para mensajes alfanuméricos, botones, *sliders* y generadores gráficos de envolventes.

Como es propio de los lenguajes basados en una interfaz gráfica, la posibilidad de contar con conexiones remotas facilita la comunicación entre objetos y abstracciones.

Por otra parte, entre los objetos de audio disponibles hallamos los clásicos conversores *adc~* y *dac~*, generadores de señales –osciladores con distintas señales periódicas y ruido blanco-, dispositivos de reproducción y grabación de archivos de audio, líneas de retardo, filtros, generadores de envolventes, convolución aplicable a la síntesis cruzada y a la reverberación natural, compresión dinámica, análisis espectral y espacialización.

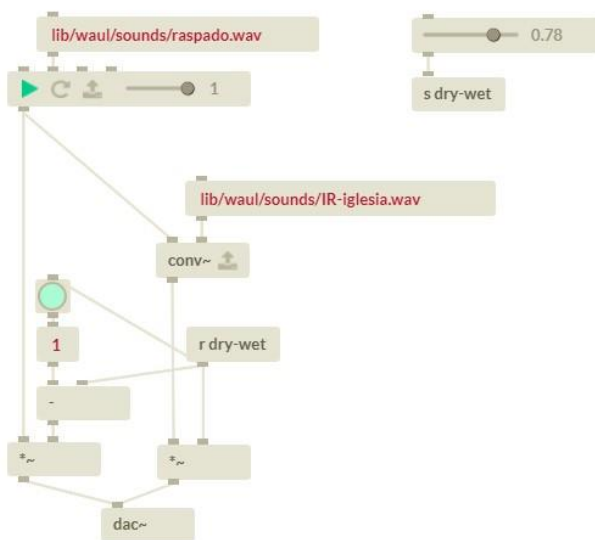


Figura 1. Reverberación natural empleando convolución





La reproducción de archivos de audio se realiza a través de dos técnicas: mediante la lectura directa del archivo, o a través de un buffer. En el segundo caso, es posible variar la velocidad de lectura, y en ambos casos recurrir a archivos locales o a archivos alojados en el servidor, y la reproducción repetitiva. Los filtros disponibles, por otra parte, son de un polo, de un cero – ambos con la posibilidad de aumentar la cantidad de muestras de retardo, para crear así otras configuraciones- y el filtro bicuadrático.

El control de los distintos parámetros de los objetos de audio se realiza a través de constantes, o bien mediante envolventes, tanto numéricas como gráficas.

La Web Audio API propone configuraciones interesantes en cuanto al tratamiento multicanal. La librería WAUL implementa, por el momento, la posibilidad de procesar señales mono o estereofónicas. Lo mismo ocurre con las posibilidades de espacialización sonora. Si bien contamos en WAUL solamente con control de lateralización por intensity panning, se trabaja actualmente en la incorporación de síntesis binaural y otras técnicas multicanal. En cuanto a las abstracciones –patches almacenados en disco que pueden ser incluidos en el patch principal- la librería admite un solo nivel de encapsulamiento. La comunicación entre el programa principal y los subprogramas se realiza exclusivamente mediante conexiones remotas, locales y globales.



Figura 2. Uso de abstracciones. Síntesis aditiva aleatoria



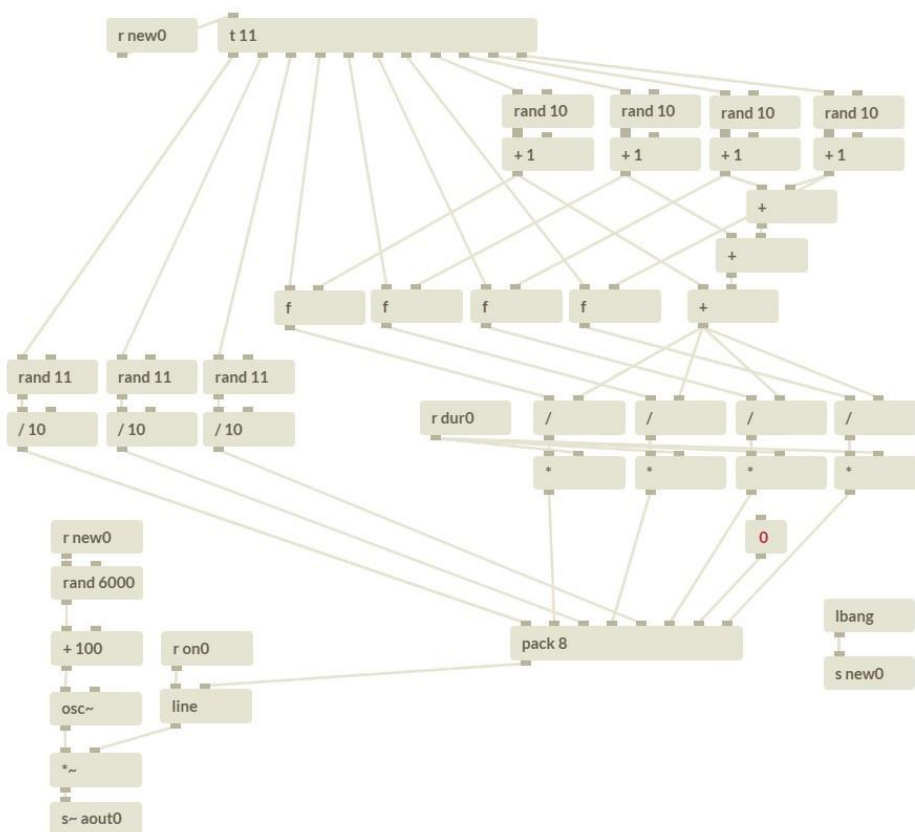
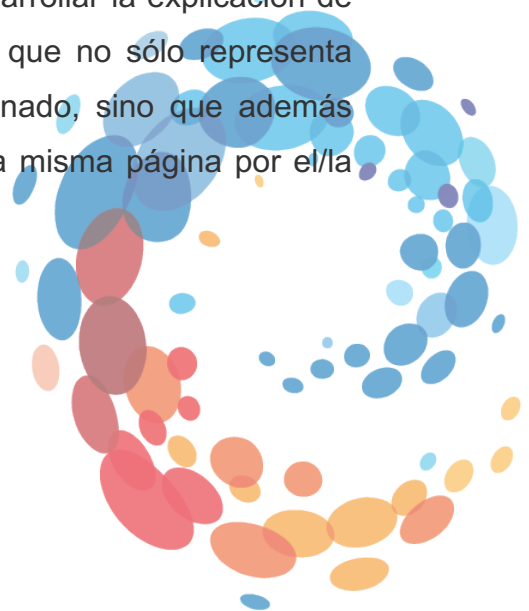


Figura 3. Abstracción (objeto *rosc*) de ejemplo de síntesis aleatoria de la Figura 2

Cabe destacar que la ventana donde se aloja el *patch* o programa es una página web convencional que puede contener texto, gráficos o cualquier otro elemento propio de ese formato. De este modo, es posible desarrollar la explicación de un tema determinado, y ejemplificarlo con un *patch* que no sólo representa visualmente cómo se construye un proceso determinado, sino que además suena y puede ser editado y modificado dentro de la misma página por el/la estudiante.



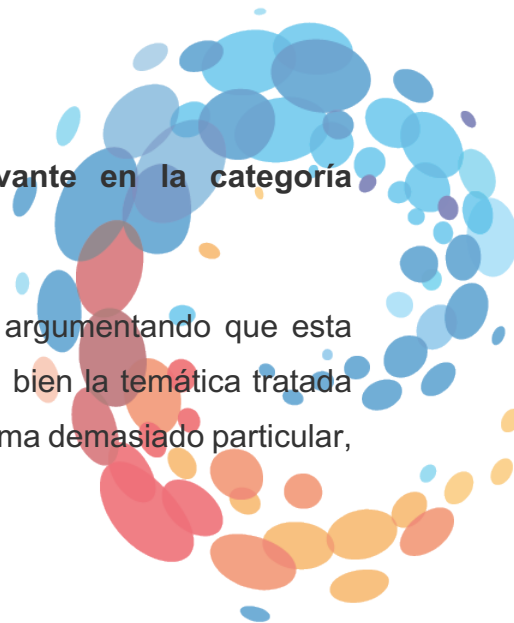


9. Principales resultados e impacto de la iniciativa. Incluya indicadores concretos, evidencia de aplicación en otros contextos, alianzas interareas o interinstitucionales, etc. (Máximo 600 palabras)

El entorno de programación visual fue probado en Argentina por estudiantes de la Universidad Católica Argentina (UCA, Seminario de Composición Asistida del Doctorado en Música y en las asignaturas de grado Composición Electroacústica 1 y 2), Universidad Nacional de Quilmes (UNQ, Licenciatura en Música y Tecnología, Computación Aplicada a la Música IV), Universidad Nacional del Arte (UNA, Licenciatura en Artes Multimediales, Laboratorio de Sonido III), Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF, Especialización en Arte Snoro, Seminario de Procesamiento en TR) y en España, en la Universidad Autónoma de Madrid (UAM, Grado en Historia y Ciencias de la Música y Tecnología Musical). De acuerdo a las encuestas realizadas, el uso de esta herramienta en el contexto de un sitio web específico favoreció el proceso de aprendizaje, gracias a la posibilidad de experimentar a través de la interacción con un objeto incrustado de forma cercana al texto mismo, a otras figuras, cuadros o tablas. El hecho de poder programar desde una página web sin que sea necesaria la instalación de programas especializados, tornó inmediato el acceso a través de cualquier ordenador.

10. ¿Por qué considera que su proyecto es relevante en la categoría seleccionada? (máximo 200 palabras)

Al considerar lo antes expuesto, es posible concluir argumentando que esta herramienta educativa posee un enorme potencial. Si bien la temática tratada puede resultar sumamente específica o relativa a un tema demasiado particular,





lo que se pone de relieve aquí es la necesidad de explotar en mayor medida las posibilidades que la tecnología ofrece en la actualidad. Con este emprendimiento se pretende demostrar que hoy existen diversos desarrollos informáticos que, convenientemente adaptados, pueden formar parte integral de las plataformas educativas, ya sea a través de su uso en aulas presenciales o virtuales. La innumerable cantidad de librerías especializadas, escritas en lenguajes vinculados al desarrollo web, orientadas a tareas tan diversas como el cálculo, la representación de la información, el procesamiento de imágenes, no han sido aún plenamente consideradas en relación con la posibilidad de ampliar los horizontes de los entornos virtuales de aprendizaje.

11. Lecciones aprendidas (Máximo 400 palabras)

Luego de 30 años de desempeño en la educación universitaria, encuentro que siempre es posible mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Un tema específico, aún dictado durante años, reclama siempre una optimización en el modo de transmitirlo. Este proyecto forma parte de esa constante iniciativa, la de mejorar la forma en la que enseñamos a descubrir el conocimiento. Luego de finalizar esta primera versión del desarrollo propuesto, creo más firmemente en la necesidad de formar equipos que superen lo realizable por un único individuo. Posiblemente, esa sea la única y verdadera razón por la cual me propongo difundir este pequeño aporte.

12. Sitios web que evidencien el desarrollo de la experiencia y/o proyecto innovador

A fin de comprobar el uso de la librería desarrollada, y proceder a su descarga, debemos dirigirnos a:

<https://www.pablocetta.com/waul.php>





El archivo comprimido descargable contiene un sitio web básico preconfigurado, listo para copiar en un servidor. La instalación incluye la librería y sus dependencias, archivos *json* de configuración, archivos *css* de estilos, los patches comentados en el tutorial y archivos de audio, entre los que se encuentran varias respuestas a impulso para emplear en convolución.

En la página de descargas encontraremos también la documentación de la librería, con patches de ejemplo, combinaciones de teclas necesarias para la programación y una guía de referencia de los objetos.

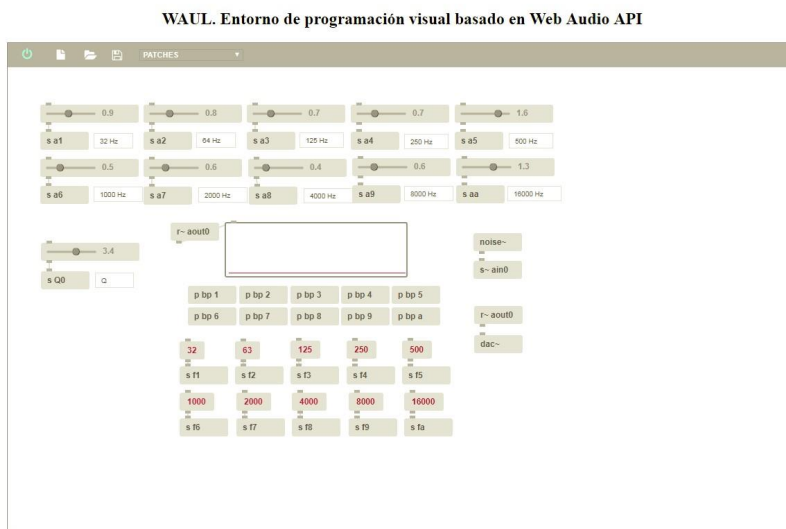


Figura 4. Página de inicio del sitio preconfigurado

Según ya se mencionó, se recomienda la utilización de WAUL en versiones actuales del navegador *Google Chrome*, dado que aún no ha sido probado en profundidad en otros navegadores.

Recuerde que este documento debe adjuntarlo en formato PDF al formulario de inscripción.

