

Implementación de un Sintetizador Granular en SuperCollider

AUTOR: JOSÉ ASSIZ ALCARAZ BAXTER

MATERIA: TEORÍA DEL AUDIO DIGITAL I

MODALIDAD: OPCIÓN 2 – IMPLEMENTACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE UN SINTETIZADOR HÍBRIDO

PROFESOR: LUCAS SAMARUGA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LAS ARTES

POSGRADO: SONIDO PARA LAS ARTES DIGITALES.

AÑO: 2025

1. Introducción	2
2. Fundamentación Teórica	2
3. Diseño e Implementación	3
4. Descripción del Código	4
5. Resultados y Experiencia de Uso	5
6. Reflexión Crítico-Creativa	5
7. Conclusiones	6
8. Bibliografía y Anexos	6

1. Introducción

El presente trabajo final se enmarca en la asignatura **Teoría del Audio Digital I** de la **Universidad Nacional de las Artes**, y responde a la **Opción 2: Implementación y Documentación de un Sintetizador Híbrido**, propuesta en la consigna del trabajo integrador.

El objetivo general es **diseñar, implementar y documentar un sintetizador granular** en el entorno **SuperCollider**, aplicando los fundamentos teóricos de la **síntesis digital**, la **codificación del sonido** y los **protocolos de control** estudiados a lo largo del curso.

La elección de la **síntesis granular** responde al interés por explorar una técnica que permite **manipular el sonido a nivel microscópico**, generando texturas y paisajes sonoros a partir de la combinación de pequeños fragmentos temporales denominados **granos**.

La técnica granular representa uno de los enfoques más expresivos de la **síntesis contemporánea**, utilizada tanto en música experimental como en diseño sonoro y arte generativo.

Este trabajo busca articular los **fundamentos conceptuales** con la **implementación práctica**, desarrollando una herramienta funcional y expresiva.

El proyecto incluye:

- Diseño del sintetizador en **SuperCollider**
- Implementación de modulación estocástica y control en tiempo real
- Visualización interactiva sincronizada por **OSC**
- Documentación exhaustiva del código
- Reflexión crítica y estética sobre su potencial expresivo y pedagógico

2. Fundamentación Teórica

La **síntesis granular** parte de la hipótesis de que cualquier sonido puede descomponerse en **unidades mínimas** llamadas **granos**, cuya duración típica oscila entre **10 y 100 ms**.

Cada grano posee información **temporal y espectral**, y la combinación de múltiples granos genera **nuevas texturas sonoras**.

Esta técnica fue introducida conceptualmente por **Dennis Gabor (1947)** en su *Theory of Communication*, y desarrollada musicalmente por compositores como **Iannis Xenakis** y **Curtis Roads**.

La granularidad permite **controlar simultáneamente tiempo y frecuencia**, expandiendo las posibilidades de transformación sonora.

Desde el punto de vista digital, la síntesis granular se sustenta en conceptos fundamentales del programa:

- **Muestreo y cuantización** (Unidad 1):
La fidelidad de los granos depende del **teorema de Nyquist-Shannon**, que establece que la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima contenida.
La **cuantización** introduce error, que puede reducirse mediante interpolación y control de amplitud.

- **Interpolación:**
La lectura fraccionaria del buffer requiere **interpolación cúbica** para evitar aliasing y suavizar transiciones.
- **Envolventes (Unidad 2):**
Cada grano puede estar envuelto por una curva de amplitud que define su ciclo de vida, controlando los parámetros típicos de las envolventes: attack, decay, sustain y release.
- **Modulación:**
El control de parámetros como **posición, duración y pitch** puede realizarse mediante **LFOs** o **fuentes estocásticas** (como `LFNoise1`), generando variaciones microestructurales.
- **OSC (Unidad 4):**
El protocolo **Open Sound Control** permite la comunicación entre procesos, sincronizando la **visualización gráfica** con los **eventos sonoros**.

El instrumento implementado refleja estos principios, aplicando teoría de codificación, control paramétrico y diseño sonoro.

3. Diseño e Implementación

El sintetizador se diseñó en **SuperCollider**, aprovechando su arquitectura **cliente-servidor** y su motor DSP de baja latencia.

Objetivos:

1. Aplicar los fundamentos de **síntesis granular** digital.
2. Integrar **modulación estocástica** para enriquecer la variabilidad sonora.
3. Desarrollar una **interfaz gráfica (GUI)** con **feedback visual** en tiempo real.
4. Optimizar el uso de CPU mediante una arquitectura eficiente.

Estructura general:

- **Inicialización del servidor** (`s.boot`), carga de buffers de audio.
- **Definición del SynthDef \granularLoFi**, responsable de generar granos a partir del buffer.
- **Control de parámetros** mediante **sliders** y mensajes OSC.
- **Visualización sincronizada** que representa en pantalla los disparos granulares.

El flujo de trabajo comienza con la selección del material sonoro, define un segmento dentro del buffer, ajusta los parámetros (densidad, duración, pitch, modulación) y ejecuta el **motor granular** con control en tiempo real.

4. Descripción del Código

El núcleo del instrumento está definido en un **SynthDef** llamado `\granularLoFi`, que utiliza la UGen `GrainBuf.ar` para generar granos desde un buffer cargado. Se recomienda la lectura del README.md adjunto en la entrega para conocer en profundidad la implementación.

Principales parámetros:

- `buf`: buffer de audio.
- `grainRate`: cantidad de granos por segundo.
- `grainDur`: duración de cada grano.
- `posFreq`: frecuencia de modulación de posición.
- `grainCount`: número de voces simultáneas.
- `pitchVariation`: rango de variación estocástica de pitch.
- `segmentStart`, `segmentEnd`: límites normalizados del buffer a granular.
- `gain`, `gate`: control global de salida y activación.

Cada voz:

- Modula la posición de lectura con `LFNoise1.kr(posFreq)`.
- Modula el pitch con ruido lento (`LFNoise1.kr`).
- Dispara impulsos mediante `Impulse.kr(grainRate)`.
- Aplica paneo estereofónico aleatorio con `Pan2`.
- Utiliza `EnvGen.kr(Env.asr)` para controlar el ciclo del instrumento.

Se usa **interpolación cúbica** (**`interp: 2`**) para reducir aliasing, y **`SendTrig.kr`** para emitir triggers OSC que actualizan la visualización.

El diseño de 8 voces simultáneas, enmascaradas según `grainCount`, garantiza eficiencia y estabilidad.

5. Resultados y Experiencia de Uso

Se realizaron pruebas con distintas configuraciones:

a) Texturas densas:

- `grainRate = 40, grainDur = 0.05, grainCount = 8, pitchVariation = 0.2.`
- Resultado: **nube sonora continua**, envolvente y homogénea.
- Aplicación: paisajes sonoros, drones, fondos ambientales.

b) Efectos glitch:

- `grainRate = 80, grainDur = 0.02, pitchVariation = 0.4.`
- Resultado: **textura rítmica y digital**, percusiva e impredecible.
- Aplicación: diseño sonoro experimental.

c) Microtonalidad:

- `grainRate = 10, grainDur = 0.1, pitchVariation = 0.6.`
- Resultado: interferencias y batimientos microtonales.
- Aplicación: exploración de afinaciones alternativas.

Rendimiento:

- Uso de CPU estable (<25%)
- Polifonía máxima: 8 voces
- Liberación automática de procesos (`doneAction: 2`)

La GUI permitió un control intuitivo y comprensión inmediata del efecto de cada parámetro, reforzando su valor pedagógico.

6. Reflexión Crítico-Creativa

El proyecto unifica **teoría, práctica y creación**.

La síntesis granular funciona como **laboratorio sonoro** y metáfora de aprendizaje: el conocimiento se construye fragmento a fragmento.

El diseño enfatiza la **interactividad** y la **visualización**, transformando el instrumento en un entorno de **escucha analítica** y **experimentación pedagógica**.

Estéticamente, se inscribe en la línea **post-digital**, donde el **azar**, la **variabilidad** y el **error** son fuentes de sentido y creatividad.

Cada ejecución es única: el sistema genera resultados irrepetibles, invitando a la exploración constante.

Desde la práctica artística, permite transitar entre lo determinista y lo caótico, reflejando tensiones de la estética digital contemporánea.

Pedagógicamente, consolida aprendizajes sobre codificación, modulación, granularidad y control. Demuestra que **programar sonido es pensar sonido**.

7. Conclusiones

El trabajo alcanzó plenamente sus objetivos:

- **Técnicos:** diseño modular, polifonía controlada, interpolación, sincronización OSC.
- **Pedagógicos:** integración teoría-práctica, comprensión microestructural, interfaz visual.
- **Artísticos:** nuevas texturas, exploración de densidades, estética del azar.

Proyecciones:

- Control MIDI y efectos complementarios.
- Versiones multicanal o ambisónicas.
- Distribución como herramienta educativa abierta.

La experiencia confirma que la síntesis granular no es solo una técnica, sino una **forma de pensar el sonido**, articulando ciencia, arte y educación.

8. Bibliografía y Anexos

Bibliografía:

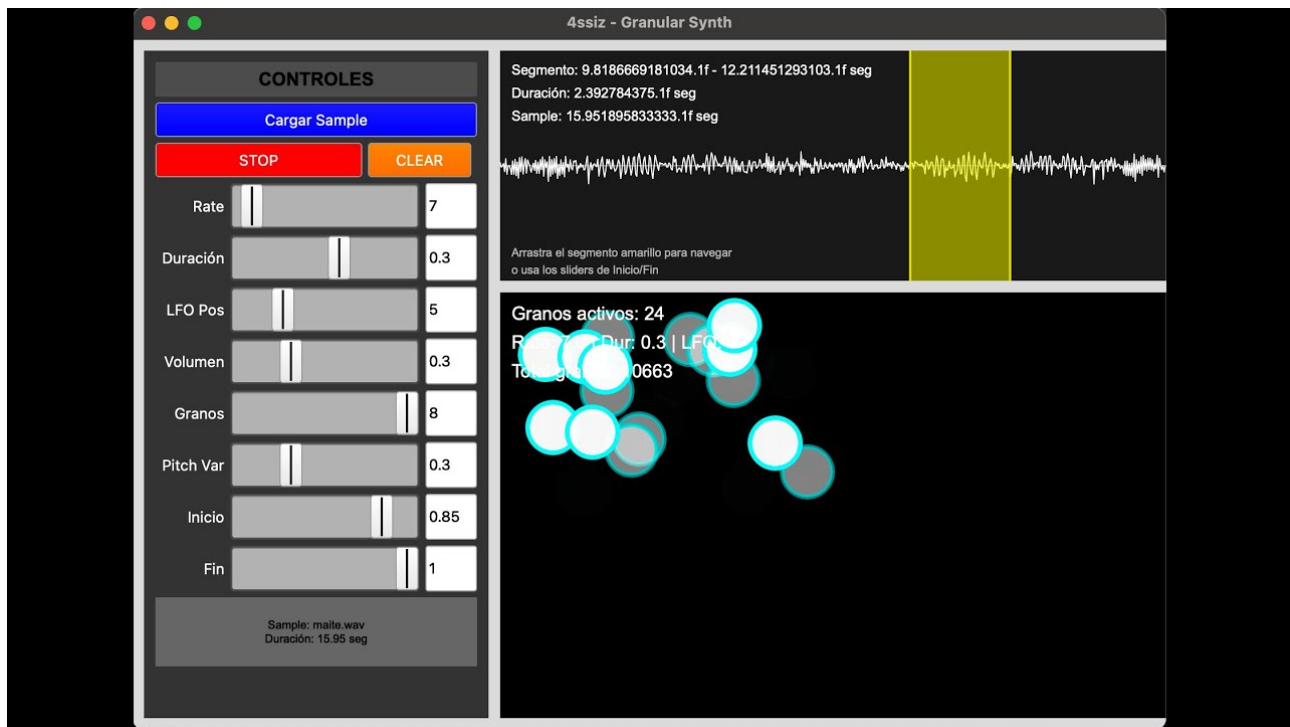
- Roads, Curtis (1995). *The Computer Music Tutorial*. MIT Press.
- Di Liscia, Oscar Pablo (2004). *Síntesis y Procesamiento de Sonido y Música*. UNQ.
- Moore, F. Richard (1990). *Elements of Computer Music*. Prentice Hall.
- Watkinson, John (1994). *Audio Digital*. Paraninfo.
- Gabor, Dennis (1947). *Theory of Communication*. JIEE.
- Documentación oficial de SuperCollider. <https://supercollider.github.io>
- Especificación OSC 1.0. https://opensoundcontrol.stanford.edu/spec-1_0.html

Anexos:

- `Assiz_Alcaraz_TAD_TFI.scd`: código fuente completo.
- `README.md`: memoria técnica.

- https://github.com/assizalcaraz/Granular_Synth

Video Demo



<https://youtube.com/watch?v=o46qhBeV1KI>