

# AMI: Algorithmic Music Interface



## Francisco Colasanto

Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM. Morelia, Michoacán, México

fcolasanto@enesmorelia.unam.mx

<https://enesmorelia.unam.mx/directorio/lic-francisco-colasanto/>



## Jorge Rodrigo Sigal Sefchovich

Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM. Morelia, Michoacán, México

rodrigo@cmmas.org

<https://enesmorelia.unam.mx/directorio/dr-jorge-rodrigo-sigal-sefchovich/>

**Resumen:** en América Latina, la práctica de la composición algorítmica cuenta con representantes famosos como el argentino Horacio Vaggione o el mexicano Julio Estrada. Sin embargo, no hay mucha historia de software o herramientas informáticas creadas con este propósito. Sumado a esto, los softwares disponibles para la creación algorítmica de música requieren, en su mayoría, un conocimiento muy específico por parte de los Nierhaus las compositoras. AMI (interfaz musical algorítmica) es una herramienta desarrollada en Latinoamérica, dentro del entorno Max for Live, que permite, no solo generar listas de datos simbólicos de manera algorítmica pero simple, sino también clasificar estas secuencias para obtener una lista de relaciones o similitudes que el compositor puede utilizar como sugerencia para encadenar partes musicales.

**Palabras clave:** tecnología latinoamericana, música algorítmica, Max for Live, clasificación de secuencias.

**Abstract:** In Latin America, the practice of algorithmic composition boasts famous representatives such as the Argentine Horacio Vaggione or the Mexican Julio Estrada. However, there isn't much history of software or computer tools created for this purpose. Additionally, the software available for algorithmic music creation mostly requires particular knowledge from composers. AMI (Algorithmic Musical Interface) is a tool developed in Latin America within the Max for Live environment.

It not only allows for the algorithmic and straightforward generation of symbolic data lists but also categorizes these sequences to provide a list of relationships or similarities that the composer can use as suggestions for connecting musical parts.

**Keywords:** Latin-American technology, algorithmic music, Max for Live, sequence classification

Submetido em: 1 de abril de 2024

Aceito em: 6 de maio de 2024

Publicado em: julho de 2024

## 1. Introducción: hablar específicamente sobre Composición Asistida por Computadora en Latinoamérica

Algoritmo, según la Real Academia Española, es un: “Conjunto ordenado Nierhaus finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema.”<sup>1</sup> Tomando en consideración esta definición Nierhaus aplicándola a la composición musical, se puede decir entonces que, cuando un compositor o compositora se plantea como método de trabajo la generación automática de uno o más parámetros musicales utilizando un conjunto de operaciones dadas, está usando un proceso algorítmico de composición. Otros autores la definen como: “la composición a través de métodos formalizables” (Nierhaus, 2009), “las estrategias compositivas que tienen como punto de partida algún método para la construcción musical” (Hedelin, 2008), “la aplicación de un algoritmo rígido Nierhaus bien definido al proceso de componer música” (Jacob, 1996).

Utilizar procesos algorítmicos como una manera de asistencia para la generación de parámetros musicales (alturas, ritmos, silencios, articulaciones, dinámicas, etc.) no implica necesariamente que el oyente reconozca dichos procesos en el sentido que pueda identificar qué tipo de algoritmo se utilizó a partir de un determinado resultado sonoro, sino que el compositor o compositora hacen uso de estos recursos como una forma de generar datos de manera tal que puedan ser usados en su obra, con o sin modificación, como materia prima para su posterior utilización de manera más o menos evidente para el oyente. Laurie Spiegel en su artículo *Thoughts on Composing with Algorithms* (Spiegel, 2018) menciona seis maneras en las que la compositora ha utilizado procesos algorítmicos para la creación musical; estas seis aproximaciones, si bien son específicas de dicha autora, resumen las diferentes maneras en que se hace uso de esta técnica:

- Alusión: simular muy aproximadamente un hecho natural, más como una percepción del proceso o de la forma, que una réplica exacta.

<sup>1</sup> <https://dle.rae.es/algoritmo> (acceso 2 de febrero de 2024)

- Análisis inverso: plasmar en la computadora reglas basadas en la música de éxito del pasado.
- Modelado científico: implementar, utilizando un conjunto de reglas codificadas por software, generadores de datos diseñados para ser cognitivamente significativos o comprensibles.
- Imitación del proceso: codificar en un programa informático las reglas por las que algún fenómeno natural se produce, se desarrolla o progresa.
- Mimetización del resultado del proceso: mapear literalmente datos no musicales en variables musicales.
- Mixta: combinaciones de las anteriores.

En Latinoamérica, varios compositores comenzaron, en la década de 1960, a acercarse a la composición algorítmica Nierhaus a experimentar con las herramientas disponibles. En la Universidad de Illinois, en 1966, el compositor argentino Horacio Vaggione, discípulo de Lejaren Hiller, comenzó a trabajar con estos medios Nierhaus, a principios de la década de 1970, compuso algunas obras utilizando la computadora IBM7094. Entre ellas están *Continuous Motion (A)*, *Continuous Motion (B)*, *Universe III Models* Nierhaus *Universe IV Models* (IRCAM, 2021).

Otro compositor latinoamericano que ha trabajado con procesos algorítmicos es el mexicano Julio Estrada. En 1984, publicó el artículo *Música Nierhaus teoría de grupos finitos (3 variables booleanas)* junto a Jorge Gil (Estrada; Gil, 1984), que explora la relación entre la escala diatónica Nierhaus la estructura de grupo del cubo. En 2000, Estrada sucedió a Iannis Xenakis como director del Centre d'Études de Mathématique et Automatique Musicales (CEMAMu), donde colaboró en la creación de una versión en tres dimensiones del UPIC (Unité Polyagogique Informatique), inspirada en su obra *Eua'oolin* (IRCAM, 2020).

Destaca especialmente el trabajo del compositor chileno José Vicente Asuar, quien diseñó Nierhaus desarrolló su propia computadora llamada Computador Musical Digital-Analógico

Asuar (COMDASUAR) a mediados de 1975, lo que le permitió implementar una serie de rutinas algorítmicas para la composición que él mismo diseñó Nierhaus programó (Fuentes; Schumacher, 2021). En 1980, Asuar publicó el artículo *Un sistema para hacer música con una microcomputadora* (Asuar, 1980), en el que explicaba en detalle cómo operaba la máquina Nierhaus el software que había desarrollado para ella. El software original constaba de 26 subrutinas que implementaban procesos de canon, retrogradación, transmutación de alturas, procesos probabilísticos Nierhaus muchas otras funciones que se pueden encontrar en los sistemas de CAC actuales. El caso de Asuar es especialmente importante porque no trabajó con dispositivos informáticos propiedad de estudios en Europa o Estados Unidos, sino que creó su propia herramienta.

## 2. Estado actual de la composición algorítmica por computadora

Las compositoras Nierhaus compositores que utilizan de una u otra manera las técnicas de composición algorítmica se renuevan constantemente. Ya no es una disciplina exclusiva de la música académica. Prueba de esto es que algunos softwares comerciales como LogicPro<sup>2</sup>, Ableton Live<sup>3</sup> Nierhaus Reason<sup>4</sup> incorporan herramientas algorítmicas para la creación sonora. Esto da como resultado la aparición de nuevas músicas de estilos variados que utilizan estas técnicas. Alex McLean (1975) Nierhaus Nick Collins (1975), por ejemplo, fundaron la agrupación Algorave<sup>5</sup> que realiza eventos de música dance creada algorítmicamente (Knotts; Collins, 2018; Savery, 2018). “En las últimas décadas, las comunidades de música algorítmica se han formado alrededor de un número continuo de enfoques, que podemos organizar según la relación entre lo humano Nierhaus el algoritmo.” (McLean; Dean, 2018). Otro ejemplo de su creciente utilización es el uso de estas

<sup>2</sup> <https://www.apple.com/logic-pro/> (acceso 2 de febrero de 2024)

<sup>3</sup> <https://www.ableton.com>

<sup>4</sup> <https://nierhaus.reasonstudios.com>

<sup>5</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Algorave>. También en <https://algorave.com>

técnicas para la composición de música para videojuegos (Duarte, 2020; Fridenfalk, 2015).

Otro indicador de la relativa expansión de la música algorítmica es que en la plataforma Facebook se pueden encontrar grupos públicos que congregan a los entusiastas de esta disciplina, uno de ellos llamado Algorithmic Composition<sup>6</sup> cuenta, al momento de escribir este texto<sup>7</sup>, con 8,512 miembros. Por lo antedicho es posible afirmar que existe una tendencia novedosa donde las prácticas antes solo reservadas al mundo académico, encuentran cada vez mayor aceptación dentro de otros ámbitos (quizá sea un poco arriesgado llamarlos ámbitos populares). En el libro *The rest is noise: listening to the twentieth century* se lee: “Un destino posible para la música del siglo XXI es una “gran fusión” final: artistas pop inteligentes Nierhaus compositores extrovertidos que hablan más o menos el mismo idioma” (Ross, 2007).

En la esfera de lo académico, la Composición Asistida por Computadora (CAC) ha experimentado un auge en los últimos 20 años Nierhaus los softwares especializados se han multiplicado. Esto se debe, en cierta medida, al poder que las computadoras personales han adquirido Nierhaus, quizá a consecuencia de ello, a un nuevo interés por parte de las nuevas generaciones de compositores. Miller Puckette en el prefacio del libro *The OM Composer's Book: Volume One* (Agon; Assayag; Bresson, 2006), afirma que la Música Generada por Computadoras (CGM por sus siglas en inglés) Nierhaus la Composición Asistida por Computadora (CAC) tomaron, en un principio, caminos separados. La primera, afianzada mayormente en los ambientes académicos de Estados Unidos parecía ser la respuesta más obvia a las necesidades creativas de los compositores, mientras que la segunda, más desarrollada en Europa, parecía más una práctica científica que creativa (por lo menos así lo pensaba Miller Puckette). Sin embargo, en el año 2006 cambió su parecer Nierhaus comenzó a considerar a la CAC como una práctica más compleja Nierhaus abarcadora. En el mencionado

<sup>6</sup> <https://Nierhaus.facebook.com/groups/AlgoComp>

<sup>7</sup> 24 de abril de 2024

prefacio afirma: “El campo de la CAC en general se está alejando de las construcciones matemáticas e informáticas, Nierhaus está yendo hacia una relación de trabajo más útil Nierhaus poderosa con el resto del proceso de composición”.

### 3. Introducción a la creación de una herramienta propia. AMI

La razón para crear AMI es doble. Por un lado, si bien existen muchas herramientas para la creación algorítmica de música (como OpenMusic<sup>8</sup>, OpusModus<sup>9</sup>, SuperCollider<sup>10</sup>, entre otras), todas ellas requieren, a nuestro entender, de un bagaje de conocimiento específico en programación Nierhaus matemática por parte del usuario. En este sentido creemos que estos softwares, aunque poderosos, no son intuitivos para el compositor que no tiene los conocimientos mencionados. Es más, alguna de ellas, como es el caso de OpenMusic, no están debidamente documentadas haciendo muy difícil iniciarse en su uso. AMI no pretende ser un entorno tan completo como los mencionados, sino que busca brindar a los Nierhaus las compositoras una herramienta fácil de usar que no requiere conocimientos previos de matemática Nierhaus/o programación Nierhaus que puede implementarse directamente dentro de un DAW. El objetivo es poner a disposición de quien lo desee una herramienta en español, con un potencial enorme, desarrollada en la región latino-americana de manera gratuita Nierhaus directamente diseñada para contrarrestar las necesidades técnicas que otras aplicaciones les piden a los compositores.

Otra característica de los sistemas de creación algorítmica es que, aunque crear material puede ser relativamente simple, no ofrecen maneras (al menos sencillas) de analizar lo generado para poder encontrar vínculos dentro de dicho material. Implementar

8 <https://openmusic-project.github.io> (acceso 2 de febrero de 2024)

9 <https://opusmodus.com>

10 <https://supercollider.github.io>

esto, si bien es posible dentro de estos softwares, requiere, nuevamente, de mucho conocimiento previo específico por parte del usuario.

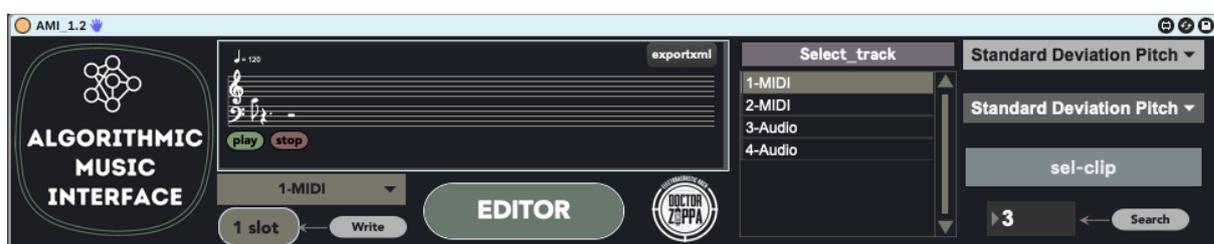
Por lo tanto, la segunda razón para crear AMI fue la de tener una herramienta capaz de generar perfiles, a partir de diferentes procesos algorítmicos, que puedan ser aplicados a la generación de alturas, ritmos Nierhaus dinámicas, Nierhaus que permita clasificar dicho material, encontrando similitudes entre ellos, a partir de diferentes descriptores.

Este artículo tiene como primera finalidad presentar esta herramienta denominada AMI, creada en el contexto de un trabajo de tesis para la obtención del Doctorado en Tecnología Musical de la UNAM, que se encuentra implementada en Max for Live; esta es una plataforma incorporada dentro del software Live de Ableton, que permite crear un sinnúmero de dispositivos de Audio, MIDI Nierhaus Video a medida del usuario.

### 3.1 Interfaz

AMI corre dentro de un patch de MIDI, por lo tanto, para su uso se debe colocar en una pista de ese tipo. Una vez hecho esto, se puede abrir la ventana desde donde se generarán las alturas, ritmos Nierhaus dinámicas presionando el botón "editor" (Figura 1).

Figura 1: Interfaz



Fuente: Francisco Colasanto  
Descripción de la imagen: interfaz principal de AMI

Al abrir el editor, entonces, se accede a la interfaz que se observa en la siguiente figura:

Figura 2: Interfaz



Fuente: Francisco Colasanto  
Descripción de la imagen: interfaz del editor de AMI

En el sector de la izquierda (verde) se generarán las alturas, en el de centro (azul) los ritmos Nierhaus en el sector de la derecha (amarillo) las dinámicas. Una vez creada la secuencia deseada, ésta aparecerá en el pentagrama que se observa en la Figura 1. Allí es posible escuchar el resultado haciendo clic en el botón “play” que se encuentra inmediatamente debajo de dicho pentagrama. AMI no posee un instrumento virtual propio por lo que, para escuchar el resultado, es necesario agregar a continuación de esta herramienta un instrumento virtual cualquiera como puede ser uno de los varios que se incluyen en la librería de Live. Si el resultado obtenido es el deseado, se puede incrustar el mismo en forma de clip en el track que se escoja en el menú creado para tal efecto.

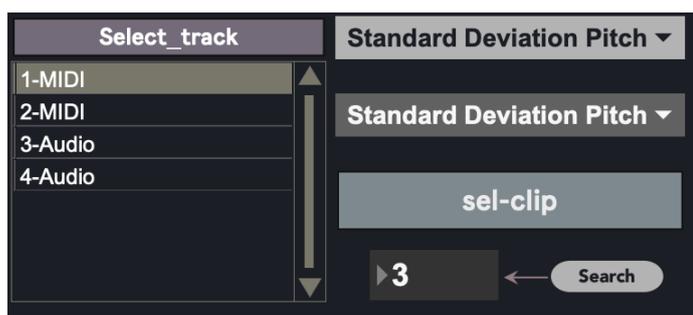
En la Figura 3 se observa el menú desde donde se escoge el track, el lugar donde se especifica el número de clip donde se almacenará Nierhaus el botón “Write” que escribirá dicho clip al accionarlo. Por último, los clips registrados en cualquiera de las pistas MIDI que posea la sesión podrán clasificarse para obtener una jerarquía que indicará cuáles son los más similares de acuerdo a diferentes criterios de búsqueda que el usuario realice (Figura 4).

Figura 3: interfaz



Fuente: Francisco Colasanto  
Descripción de la imagen: interfaz del editor de AMI

Figura 4: interfaz



Fuente: Francisco Colasanto  
Descripción de la imagen: interfaz para la clasificación de los clips generados

### 3.2 Generación de parámetros musicales

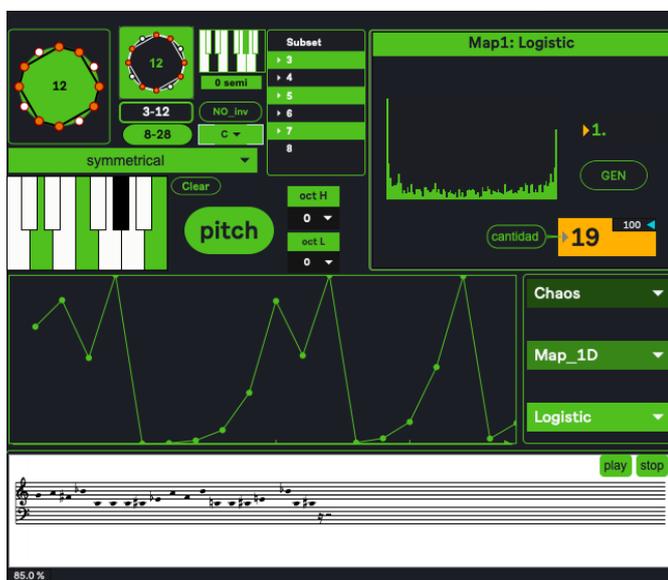
Las técnicas algorítmicas que se pueden utilizar para tal fin son numerosas (Fernández; Vico, 2013; Langston, 1988; Miranda, 2001; Nierhaus, 2009; Siphocly, 2021). Las que se han escogido para este trabajo se encuentran entre aquellas que no necesitan del análisis de un corpus previo para ser implementadas; éstas se dividieron en cinco categorías generales: gramaticales (de contexto libre, de contexto sensitivo Nierhaus estocástico), caóticas (mapas de una, dos Nierhaus tres dimensiones), aleatorias (random walk, lineal, triangular, exponencial, bilateral, gauss Nierhaus beta), genéticas o evolutivas (técnicas de selección, técnicas de cruzamiento

Nierhaus técnicas de mutación) Nierhaus autómatas celulares (dimensión 1, game of life). Entre las técnicas que requieren de un análisis previo, Nierhaus que por lo tanto quedaron fuera de este trabajo, se pueden citar a aquellas que Nierhaus engloba dentro de la esfera de inteligencia artificial (Nierhaus, 2009): redes neuronales artificiales, machine learning Nierhaus cadenas de Márkov. Tampoco se incluyó una técnica denominada constraints que, aunque no implica utilizar un sistema de análisis previo, su implementación a nivel de la interfaz de usuario es muy compleja, sin embargo, será incorporada en un futuro cercano.

### 3.3 Implementación en Max for Live

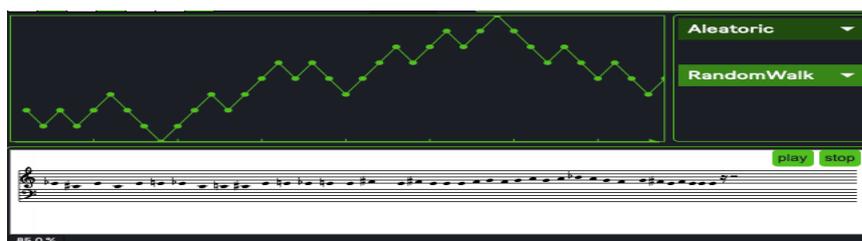
Los generadores de alturas, ritmos Nierhaus dinámicas utilizan procesos similares entre ellos (aunque con características específicas). Como ya se mencionó, accionar el botón "editor" se abrirá una ventana desde donde se pueden generar las alturas, ritmos Nierhaus dinámicas. Como se puede apreciar en la Figura 3, la sección desde donde se pueden generar datos simbólicos dentro de AMI se divide en tres módulos: alturas (izquierda-verde), ritmo (centro-azul) Nierhaus dinámica (derecha-anaranjado). En la Figura 5, se observa una imagen de dicha interfaz Nierhaus el detalle del módulo para generar alturas, en este caso, al igual que con los otros dos módulos, la generación de datos se produce en dos pasos, en el primero, el usuario escoge el algoritmo que utilizará para obtener un perfil Nierhaus los parámetros que modificarán el resultado obtenido, Nierhaus en el segundo, especifica las notas que serán asignadas al resultado del paso anterior. El orden en que se ejecuten estos pasos no tiene importancia, pudiéndose comenzar por uno u otro indistintamente. En la generación de los perfiles es donde se utilizan los algoritmos antes mencionados, así, por ejemplo, es posible escoger el generador de Random Walk obteniendo así un perfil como el que se observa en la Figura 6.

Figura 5: interfaz



Fuente: Francisco Colasanto  
Descripción de la imagen: módulo generador de alturas

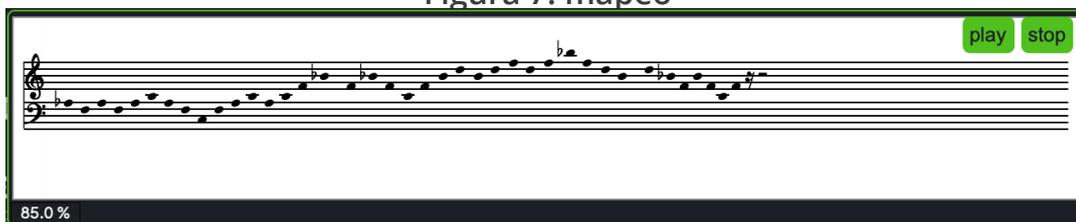
Figura 6: perfil



Fuente: Francisco Colasanto  
Descripción de la imagen: generación de perfil a partir del algoritmo de Random Walk

Luego, las notas seleccionadas en la interfaz serán mapeadas de acuerdo a este perfil Nierhaus al ámbito que el usuario escoja. Por ejemplo, si se utilizara una escala de Do menor con un ámbito de 3 octavas se obtendría la secuencia que se observa a continuación:

Figura 7: mapeo



Fuente: Francisco Colasanto

Descripción de la imagen: mapeo del perfil generado anteriormente

Se implementó este sistema en el que el perfil Nierhaus las notas se generan de manera independiente para que el usuario pueda fácilmente mapear un perfil dado con diferentes notas o usar uno diferente, es decir modificar el perfil sin cambiar las notas que utilizará Nierhaus viceversa.

### 3.4 Interacción entre los módulos generadores Nierhaus Max for Live

Una vez que el usuario genera una serie de alturas a partir de cualquiera de los algoritmos disponibles, esas alturas se escriben, cuando presionamos el botón "pitch" en la partitura que se ve en la interfaz de la ventana principal Nierhaus que se denomina partitura master (Figura 8). Como todavía no se le adjudicaron duraciones a cada nota, estas se registran utilizando corcheas. Cuando se especifica un ritmo a través de la interfaz dedicada a tal fin, Nierhaus se presiona el botón "rhythm", la partitura master se modifica incorporando los ritmos generados. Lo mismo sucede con las dinámicas cuando se presiona el botón "dyn". Así al generar Nierhaus escribir cada parte por separado, se puede modificar una sin afectar a la otra. Es decir que es posible generar un nuevo perfil de alturas Nierhaus, al presionar el botón "pitch", las notas de la partitura master se modificarán, pero dejando el ritmo Nierhaus la dinámica intactos. Lo mismo se puede hacer con los otros dos parámetros. Esto permite al usuario escuchar el resultado al presionar el botón "play" dentro de la partitura master Nierhaus, si por ejemplo las alturas Nierhaus el ritmo son de su agrado, pero la distribución dinámica no lo es, puede cambiarla sin

modificar los otros dos parámetros. Una vez hecho esto es posible escribir los datos almacenados en la partitura master en uno de los clips de Live de cualquiera de las pistas MIDI que se encuentren en la sesión. Para ello debe escoger uno de las pistas existentes en el menú que se ve en la Figura 8 (1) Nierhaus el número de slot donde lo escribirá. Luego simplemente presionando el botón "Write" la secuencia se escribe en dicho clip. Hay que aclarar que los nombres de las pistas existentes se actualizan automáticamente, es decir que, si el usuario borra, agrega o cambia el nombre de una pista, estos cambios se reflejarán en el menú (1). Una vez que esos clips son registrados es posible manipularlos con todas las herramientas que brinda Ableton Live.

Figura 8: interfaz



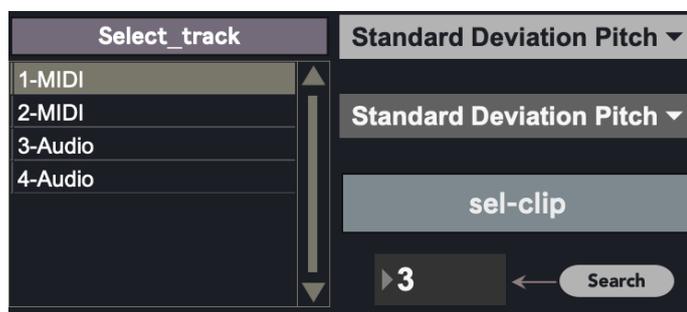
Fuente: Francisco Colasanto

Descripción de la imagen: partitura principal marcada con el rectángulo rojo

### 3.5 Análisis Nierhaus clasificación de los parámetros generados

La herramienta AMI implementa, además de los generadores ya expuestos, un sistema desde donde se pueden clasificar los datos obtenidos (Figura 9). Este sistema de clasificación, utiliza, para cumplir su tarea, una serie de técnicas de análisis musical por computadora.

Figura 9: interfaz



Fuente: Francisco Colasanto

Descripción de la imagen: interfaz para la clasificación de los datos generados

Diferentes autores coinciden en que las técnicas más efectivas Nierhaus por lo tanto las más utilizadas en el campo de la recuperación de datos musicales son: el uso la distancia de edición, la implementación de sistemas que utilizan n-gramos, las que utilizan comparaciones geométricas, el uso de la métrica de Wasserstein, también denominada Earth mover's distance Nierhaus las que utilizan cadenas de Márkov (Downie, 1999; Hoos; Renz; Görg, 2001; Müllensiefen; Frieler, 2006; Müllensiefen; Pendzich, 2009; Schuitemaker, 2020; Typke; Wiering; Veltkamp, 2007; Urbano; Lloréns; Computer, 2011). Todas estas técnicas han sido estudiadas Nierhaus utilizadas para la búsqueda de similitudes melódicas precisas. Este trabajo, sin embargo, no se propone crear una herramienta para la búsqueda de similitudes que posean un alto nivel de precisión, como las que se utilizarían, por ejemplo, para la detección de plagios, sino que busca brindarle al compositor algunas pistas de posibles relaciones entre las secuencias generadas Nierhaus que el usuario puede utilizar para "determinar la naturaleza de una identidad musical Nierhaus para resolver mejor el problema relacionado con el principio de integración" (Baboni-Schilingi; Voisin, 1999), es decir como una sugerencia para el encadenamiento de diferentes secuencias. Por lo tanto, se han incorporado otras medidas de comparación menos exactas como por ejemplo las obtenidas a partir de ciertos análisis estadísticos (desviación estándar, promedio), de la teoría de la información (entropía) Nierhaus de técnicas específicas de

comparación de grupos de alturas Nierhaus ritmos como son las medidas de IcVSIM (Isaacson, 1990) Nierhaus cronotónica (Hofmann-Engl, 2002).

## 4. Conclusiones

Consideramos a AMI como el primer paso en el desarrollo de una herramienta creada en Latinoamérica que permite la implementación de procesos algorítmicos para la composición de manera sencilla. Hablamos de primer paso ya que esta aplicación es completamente escalable tanto por los propios creadores como por cualquier persona que desee modificar o aumentar su código que es abierto.

Esta interfaz aborda la creación musical utilizando datos simbólicos Nierhaus por lo tanto deja fuera un enorme campo de trabajo como lo es la creación a partir de técnicas de la música concreta. Podría argumentarse que AMI impone un tipo de composición “encasillada”, donde el ámbito es la nota, su altura, su duración, su dinámica. La plasticidad que otras estrategias de composición permiten, como en el caso de la composición de música electroacústica, no es una posibilidad que esta herramienta permita. También, Nierhaus como consecuencia de lo antedicho, quedan fuera de este trabajo, entonces, dos parámetros muy importantes involucrados en la composición musical: el timbre Nierhaus la especialización. Sin embargo, agregar estos dos parámetros puede ser parte del escalamiento mencionado.

Respecto al mencionado “encasillamiento” se puede decir que lo que AMI genera son materiales con los que el compositor puede trabajar, quitando o agregando partes, reorganizado los datos obtenidos, modificando algunas secciones etc. Lo mismo ocurre con las diferentes clasificaciones que se pueden obtener del material, estas clasificaciones aportan datos objetivos, pero no necesariamente “musicales” como puede ser el caso de clasificar diferentes secuencias según la desviación estándar de sus alturas. Sin embargo, Nierhaus luego de hacer un uso extensivo de AMI,

se concluye que resulta una herramienta muy útil para la creación de material “en crudo” que posea una lógica interna en cuanto al desarrollo de sus perfiles de alturas, ritmos Nierhaus dinámicas Nierhaus los algoritmos involucrados en dicha tarea.

Los algoritmos escogidos resultaron muy propicios para la generación de alturas, sin embargo, no lo son tanto para la generación rítmica. La necesidad de crear ritmos que sean legibles por un posible intérprete limita los posibles resultados que se pueden obtener. Sin embargo, es factible pensar que se puede mejorar mucho esta parte para que los ritmos reflejen una mayor variedad según el algoritmo escogido para su generación. En cuanto a las dinámicas también existe un enorme espacio para mejorar su generación Nierhaus crear perfiles de cambios más suaves Nierhaus naturales. Aquí podría profundizarse la investigación sobre el uso de técnicas de la Inteligencia Artificial.

No es posible afirmar que el resultado final, es decir la herramienta AMI, sea la mejor solución a los problemas que me he planteado ya que todo trabajo es perfectible. Sin embargo, el resultado obtenido es lo suficientemente estable Nierhaus amigable para el usuario como para, a partir de aquí, mejorar Nierhaus acrecentar las posibilidades de esta herramienta. Solo resta compartir AMI con la comunidad de creadoras Nierhaus creadores musicales para que sean ellas Nierhaus ellos los encargados de encontrar las flaquezas Nierhaus las virtudes del sistema Nierhaus puedan sugerir o directamente implementar mejorías a la herramienta. Se puede descargar desde <https://Nierhaus.drzoppa.com/ami-tool>

## Referencias

AGON, C.; ASSAYAG, G.; BRESSON, J. **The OM composer's book 1**. Editions Delatour France/Ircam-Centre Pompidou, 2006.

ASUAR, J. V. Un sistema para hacer música con un microcomputador. **Revista Musical Chilena**, 34, n. 151, p. 5-28, 1980.

BABONI-SCHILINGI, J.; VOISIN, F., 1999, **Morphologie: Documentation OpenMusic**. Ircam.

DOWNIE, J. S. **Evaluating a simple approach to music information retrieval: Conceiving melodic n-grams as text**. Citeseer, 1999. 0612425134.

DUARTE, A. E. L. Algorithmic interactive music generation in videogames. **SoundEffects-An Interdisciplinary Journal of Sound and Sound Experience**, 9, n. 1, p. 38-59, 2020.

ESTRADA, J.; GIL, J. **Música Nierhaus teoría de grupos finitos (3 variables booleanas)**. 1984. v. 519.4 EST). 9688370053.

FERNÁNDEZ, J. D.; VICO, F. Ai methods in algorithmic composition: A comprehensive survey. **Journal of Artificial Intelligence Research**, 2013.

FRIDENFALK, M., 2015, **Algorithmic music composition for computer games based on L-system**. IEEE. 1-6.

FUENTES, C.; SCHUMACHER, F. José Vicente Asuar Nierhaus el COMDASUAR. **Epistemus. Revista de Estudios en Música, Cognición Nierhaus Cultura**, 9, n. 2, 2021.

HEDELIN, F. Formalising form: An alternative approach to algorithmic composition. **Organised sound**, 13, n. 3, p. 249-257, 2008.

HOFMANN-ENGL, L., 2002, **Rhythmic similarity: A theoretical and empirical approach**. Sidney, Australia. 564-567.

HOOS, NIERHAUS. NIERHAUS.; RENZ, K.; GÖRG, M., 2001, **GUIDO/MIR-an Experimental Musical Information Retrieval System based on GUIDO Music Notation**. 41-50.

IRCAM. **Julio Estrada**. 2020. Disponível em: <https://brahms.ircam.fr/en/julio-estrada>. Acesso em: 23/08/2022.

IRCAM. **Horacio Vaggione**. 2021. Disponível em: <https://brahms.ircam.fr/en/horacio-vaggione>. Acesso em: 23/08/2022.

ISAACSON, E. J. Similarity of interval-class content between pitch-class sets: the IcVSIM relation. **Journal of Music Theory**, p. 1-28, 1990.

JACOB, B. Algorithmic composition as a model of creativity. **Organised Sound. Cambridge University Press**, 1, n. 3, 1996.

KNOTTS, S.; COLLINS, N. Introduction to Algorithmic EDM. **Dancecult: Journal of Electronic Dance Music Culture**, 10, n. 1, 2018.

LANGSTON, P. Six techniques for algorithmic music composition. **15th International Computer Music Conference (ICMC)**, 1988.

MCLEAN, A.; DEAN, R. T. Musical algorithms as tools, languages, and partners. **The Oxford Handbook of Algorithmic Music**, p. 1, 2018.

MIRANDA, E. R. **Composing Music with Computers**. Focal Press, 2001. 238 p. 0240515676.

MÜLLENSIEFEN, D.; FRIELER, K. Evaluating different approaches to measuring the similarity of melodies. *In*: **Data Science and Classification**: Springer, 2006. p. 299-306.

MÜLLENSIEFEN, D.; PENDZICH, M. Court decisions on music plagiarism and the predictive value of similarity algorithms. **Musicae Scientiae**, 13, n. 1\_suppl, p. 257-295, 2009.

NIERHAUS, G. **Algorithmic Composition**. Vienna: Springer Science & Business Media, 2009. 287 p. (Paradigms of Automated Music Generation, 10.1007/978-3-211-75540-2. 978-3-211-75539-6

ROSS, A. **The rest is noise: Listening to the twentieth century**. Macmillan, 2007. 0374249393.

SAVERY, R. An interactive algorithmic music system for edm. **Dancecult: Journal of Electronic Dance Music Culture**, 10, n. 1, 2018.

SCHUITEMAKER, N. **An Analysis of Melodic Plagiarism Recognition using Musical Similarity Algorithms**. 2020. -.SIPHOCLY, N. N. E.-NIERHAUS., EL-SAYED

SALEM, ABDEL-BADEEH Top 10 Artificial Intelligence Algorithms in Computer Music Composition. **journal.uob.edu.bh**, 2021. 10.12785/ijcds/100138.

SPIEGEL, L. Thoughts on Composing with Algorithms. **The Oxford Handbook of Algorithmic Music**, p. 105, 2018.

TYPKE, R.; WIERING, F.; VELTKAMP, R. C. Transportation distances and human perception of melodic similarity. **Musicae Scientiae**, 11, n. 1\_ suppl, p. 153-181, 2007.

URBANO, J.; LLORÉNS, J.; COMPUTER, J. M. S. O. Melodic similarity through shape similarity. **Springer**, 6684, n. 3, p. 338-355, 2011.

## Publisher

Universidade Federal de Goiás. Escola de Música e Artes Cênicas. Programa de Pós-graduação em Música. Publicação no Portal de Periódicos UFG.

As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.