

SOFTWARE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PATRONES APLICADO AL ANÁLISIS DE UNA FUGA MUSICAL

S.R. Carmona-Carlos¹, C.G. Nava-Dino¹, L. Míreles-Chávez², N.L. Mendez-Mariscal¹, V.V. Espejel García¹

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería. Chihuahua, Circuito No 1., Campus
Universitario II Chihuahua, Chih. C.P. 31125, México
(+52) (614) 442-95-00
a251888@uach.mx, ndino@uach.mx

²Universidad Autónoma de Madrid
Ciudad Universitaria de Cantoblanco, 28049 Madrid, España
(+34) (914) 97 51 00

RESUMEN.

El uso de tecnologías para el análisis de patrones es un campo en la rama computacional que se está siendo ampliamente explorado en la actualidad. El propósito de esta investigación es el desarrollo y la aplicación de una herramienta de software aplicada para el análisis musical: detecta al “sujeto”, un elemento musical básico sobre el cual se construye la “fuga”, y su incidencia a lo largo de la pieza. Los resultados se comparan con un análisis hecho previamente.

Palabras Clave: Análisis musical, Fuga, Reconocimiento de patrones, MIDI, PYTHON, Music21.

ABSTRACT.

The use of pattern analyzing technologies it's a field in the computational branch that is being widely explored nowadays. The purpose of this research is the development and application of a music analyzing tool: it detects the “subject”, a basic musical element over which the “fugue” is built, and its incidence trough the full piece. The results are compared to a previously made analysis.

Keywords: Musical analysis, Fugue, Pattern recognition, MIDI, PYTHON, Music21.

1. INTRODUCCIÓN

Cada día se avanza más en materia de tecnología computacional. Constantemente crecen las diversas acciones y procesos en los cuales participa una computadora, y entre ellos no queda fuera uno que podría pensarse sería exclusivo para los seres humanos: el desarrollo del arte y en específico, el desarrollo de herramientas para el desarrollo musical.

Así, el software aplicable a la actividad musical puede plantearse como propósito para responder a una necesidad concreta en el campo de la música, generando herramientas computacionales que, a su vez, constituyan una aportación al campo de la ingeniería de Software [2].

Partiendo de la inquietud inicial de orientar el trabajo al desarrollo de herramientas para la composición algorítmica (música computacional) que permitan optar entre diversas clases de composición asociadas a prácticas compositivas de periodos históricos específicos, se observa que los procedimientos implicados en la generación de dichos algoritmos podrían ser útiles también para el desarrollo de herramientas de clasificación de obras o fragmentos musicales basadas en la identificación de patrones dentro de un corpus musical determinado[3].

En este caso, se abarca el análisis de la fuga, una forma composicional estricta, basada en el uso de patrones recurrentes (sujeto y contrasujeto) y se analiza por medio de software para la detección de dichos patrones, y se ataca el problema desde la naturaleza rítmica de la obra, lo que influye en gran medida en el resultado debido a la variable naturaleza de las fugas, que en este caso se usó como corpus de estudio el volumen uno de la obra musical *El Clave Bien Temperado* de Johann Sebastian Bach.

2. LA FUGA MUSICAL

La fuga es una técnica composicional contrapuntística que se genera a partir de una pequeña melodía, llamada sujeto que se presenta al principio de la obra y aparece a lo largo de la pieza.

Dentro de la fuga se pueden encontrar características particulares con cierto orden y comportamiento.

- Sujeto, considerado este como parte integral de la estructura musical.
- Contrasujeto que es una línea que acompaña al sujeto a lo largo de la fuga.



Figura 1. Primeros Compases de la Fuga No.2 en Cm del Clave Bien Temperado, J. S. Bach

Al ser una obra de carácter contrapuntístico, suele ser polifónica, lo que implica que diversas líneas melódicas suenen simultáneamente. Dichas líneas se denominan voces y cada fuga tiene un número variable voces, que van, en el caso del Clave Bien Temperado, desde 2 hasta 5.

3. PARÁMETROS DE LA FUGA.

3.1. Voces y Notas

Para el análisis de la fuga se siguió un esquema similar al propuesto por Giraudet al [8], pero limitando al reconocimiento de patrones rítmicos.

Una fuga se compone de varias voces, y cada voz se compone de una secuencia de notas y silencios. Una nota se define por tres parámetros: (p, o, l) , donde p es la altura (pitch), o es la posición de la nota, y l que es la longitud de la nota. Así, cada voz es una secuencia de notas $x_1, x_2 \dots x_n$, donde $x_1 = (p_1, o_1, l_1) \dots x_n = (p_n, o_n, l_n)$. Es importante resaltar que las voces de las fugas generalmente son monofónicas, es decir, no existen dos notas simultáneas sonando en una sola línea melódica al mismo tiempo, es decir, la posición de una nota más su longitud no deberá exceder la posición de la siguiente nota. $(o_i + l_i \leq o_{i+1})$. Mathieu introduce además el concepto de intervalo (Δp) que en nuestro caso, por ser un análisis puramente rítmico no nos compete.

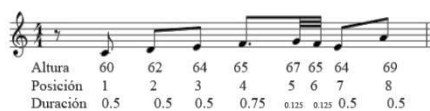


Figura 2. Se muestra un fragmento del sujeto dela fuga No.1 en Do mayor. Debajo de cada nota se muestran los valores de altura (según el estándar MIDI), posición y duración (según el estándar de la librería utilizada para la realización del proyecto, Music21).

3.2. El sujeto

Por la forma composicional de la obra, el sujeto aparece siempre al inicio de la obra, en alguna de las voces (puede ser en cualquiera) y sin acompañamiento alguno, es decir, suena sola. Cuando entra la segunda voz, entra con el mismo tema del sujeto, hasta que este ha concluido de volver a presentar el tema, y así sucesivamente hasta que todas las voces han entrado con el sujeto.

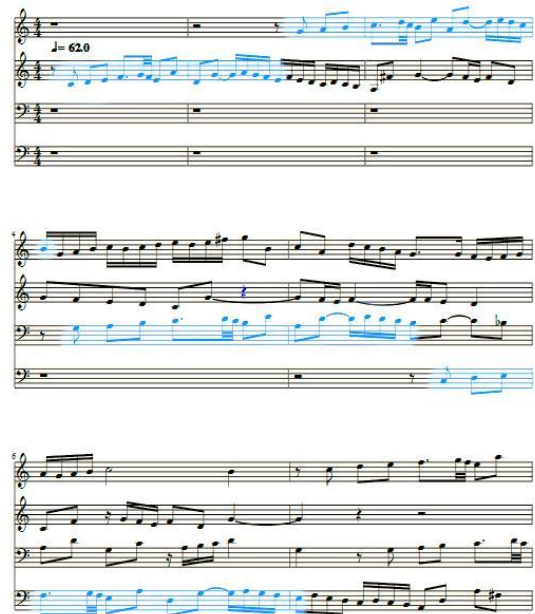


Figura 3. Se muestra un fragmento del sujeto dela fuga No.1 en Do mayor. Se aprecian las entradas de cada voz (4) con la melodía del Sujeto (en azul).

El sujeto comienza siempre de la misma manera, pero no termina igual en todas apariciones, siendo a veces la última nota del mismo más corta que la vez anterior (l_n). Esto supone que el patrón rítmico se mantiene a lo largo de la melodía solo hasta el final de la misma (x_n).

4. ALGORITMO DE DETECCIÓN DE PATRONES RÍTMICOS.

El algoritmo utilizado es un algoritmo sencillo que recorre cada voz e identifica las ocurrencias del sujeto. Pero antes de poder cotejar las ocurrencias del mismo, se debe identificar cual es el sujeto y hasta donde abarca. Para esto se ordenan las voces por su offset mínimo (la primera nota en sonar de la obra), toma la primera voz en entrar (es decir la que tenga la nota inicial con la posición en el offset mínimo) y corta toma todas las notas hasta la entrada de la segunda voz. Luego se comparan las voces para

identificar sus similitudes rítmicas, y en la primera diferencia, se identifica como el final del sujeto.

Por último se recorre cada voz $x_1 \dots x_n$ y se busca donde coinciden los valores de duración (I) del sujeto hasta la penúltima nota (x_{n-1}).

5. DESARROLLO

Se ejecutó el algoritmo en una computadora con Windows 7, y se programó en lenguaje Python 2.7. Se utilizó la librería Music21 para la manipulación de archivos en formato kern, que es un formato para la representación de música (y más específicamente de partituras) de forma digital. Se optó por este formato porque en él se almacenan de forma independiente cada voz.

Los archivos a analizar se obtuvieron de la página KernScores², repositorio de archivos kern. Partiendo de dichos archivos, se procedió a analizar los resultados comparándolos con análisis¹ realizados previamente por Timothy A. Smith de la Northern Arizona University.

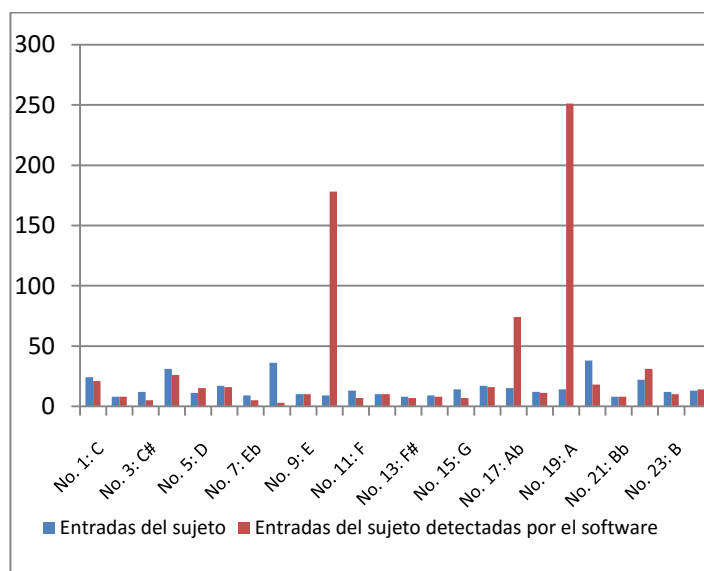


Figura 4. Incidencia del sujeto por voz

En la Tabla 1., se puede observar los resultados, separados por fuga. De cada fuga se muestra el número de entradas del sujeto que Smith encontró en su análisis (columna 2) y el número de entradas que el sistema clasificó como entradas del sujeto (columna 3).

En la figura 4 se puede observar que la mayoría de los datos se encontraron un número igual o por debajo de la cantidad de apariciones del sujeto detectadas por Smith, sin embargo, en tres casos se presentaron incidencias por arriba de las identificadas por Smith, esto es debido a que los sujetos de dichas fugas son rítmicamente muy sencillos y estables. En estos casos más que en los otros hace falta un análisis completo tomando en cuenta el contorno melódico del sujeto.

Tabla 1. Resultados del análisis

Fugas	Entradas del sujeto	Entradas del sujeto detectadas por el software
No. 1: C	24	21
No. 2: cm	8	8
No. 3: C#	12	5
No. 4: c#m	31	26
No. 5: D	11	15
No. 6: dm	17	16
No. 7: Eb	9	5
No. 8: d#/ebm	36	3
No. 9: E	10	10
No. 10: em	9	178
No. 11: F	13	7
No. 12: fm	10	10
No. 13: F#	8	7
No. 14: f#m	9	8
No. 15: G	14	7
No. 16: gm (a)	17	16
No. 17: Ab	15	74
No. 18: g#m	12	11
No. 19: A	14	251
No. 20: am	38	18
No. 21: Bb	8	8
No. 22: bbm	22	31
No. 23: B	12	10
No. 24: bm	13	14

¹Análisis disponibles en: <http://www2.nau.edu/tas3/wtc/>

²Archivos Kern: <http://kern.humdrum.org/cgi-bin/ksbrowse?type=collection&l=osu/classical/bach/wtc-1>

6. RESULTADOS

De 24 archivos analizados:

- Se logró obtener el sujeto de manera exitosa en todos los casos.
- 4 presentaron falsos positivos, 3 de una manera exagerada, debido a la naturaleza del análisis puramente rítmico, puesto que dichas fugas cuentan con sujetos rítmicamente estables.
- 5 fueron analizados exitosamente, obteniendo la cantidad igual que el análisis hecho a mano.
- 5 fueron analizados y tuvieron un error de ± 1 sujeto.
- 8 fueron analizados y tuvieron un margen de error de entre ± 2 hasta ± 10
- 2 fueron analizados y tuvieron un margen de error de -20 o más.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de fugas basado en patrones rítmicos es una herramienta útil al momento de ver patrones en la obra, sin embargo es una vista muy parcializada: no contempla algunas transformaciones que se le pueden hacer al sujeto, además de que, para los casos donde el sujeto es rítmicamente homogéneo, no permite identificar correctamente donde es sujeto y donde no.

Se recomienda abarcar el problema tomando en cuenta los intervalos, es decir, la distancia entre notas, que forman el contorno melódico para identificar en mejor manera las apariciones del sujeto. También se recomienda trabajar en métodos de detección de patrones menos específicos y más aplicables a distintos géneros y estilos compositivos, no solo la fuga.

8. REFERENCIAS

- [1] Alvarado López, J. M, Generación de Melodías Musicales Usando el Modelo E-R. México, DF: UNAM, 2009
- [2] Construction of Domains for Complex Musical Viewpoint in the Harmonization Problem, Journal of New Music Research, 2013, 237-266
- [3] Raczyńska, S. A., Fujayamb, S., & Vincent, E., Melody Harmonization With Interpolated Probabilistics. Journal of New Music Research. 2013, 223-235
- [4] Sharples, M., How we write: Writing as Creative Design. Routledge, 1999
- [5] Tudurí Vila, A., Diseño y aplicación de herramientas tecnológicas aplicadas a la identificación de elementos

diferenciales del estilo compositivo de autores clásicos. Islas Baleares: Universitat de les Illes Balears. 2013

- [6] Kennan, Kent, Counterpoint: Based on Eighteenth-Century Practice, Prentice Hall, 1998
- [7] Jeppesen, Knud, Counterpoint: Polyphonic Vocal Style of the Sixteenth Century, Dover PublInc, 1992
- [8] Giraud Mathieu, Groult Richard, Levé Florence, Subject and counter-subject detection for analysis of the Well-Tempered Clavier fugues, Springer Berlin Heidelberg

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Fortalecimiento de la Calidad en Instituciones Educativas (PIFI) por su financiamiento en este proyecto. Al maestro Edgar Torres por sus sugerencias y apoyo técnico.