

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN COMPUTACIÓN**

No. 80 Serie: AZUL Fecha: Agosto 2000

**Análisis Acústicos de
Artefactos Sonoros de
Viento del México Antiguo**

**Felipe Rolando Menchaca García¹
Roberto Velázquez Cabrera¹**

RESUMEN

En este trabajo se presenta una metodología para el análisis acústico teórico y práctico de instrumentos musicales de viento, muy comunes en las culturas prehispánicas mexicanas. A manera de ejemplo se presenta el análisis de la gamitadera, un aerófono originario del estado de Veracruz. Se discuten además las características acústicas de este tipo de instrumentos.

Palabras clave: Análisis acústico por computadoras, análisis de señales por computadora, artefactos sonoros, artefactos sonoros prehispánicos.

¹Centro de Investigación en Computación del IPN

ANÁLISIS ACÚSTICO DE ARTEFACTOS SONOROS DE VIENTO DEL MEXICO ANTIGUO

1. INTRODUCCIÓN

Evidentemente, la función de un instrumento musical es generar un sonido o un conjunto de sonidos cuyas características físicas sean agradables al oído de los escuchas y le representen información que subjetivamente se valora como armoniosa, bella y correlacionada con recuerdos también agradables a los escuchas.

La conceptualización de lo que es agradable para un grupo social, especialmente en lo que se refiere a la música, tiene relación con la cultura y los recuerdos colectivos de ese grupo. Sin embargo, hay diversas características físicas que son comunes a los sonidos agradables que tienen algún tipo de valor musical. Por ejemplo, de esta manera es que la cultura occidental ha generado la escala musical de igual temple, basada en las siete notas musicales (do, re mi, fa, sol, la, si) y los cinco semitonos (do-sostenido, re-sostenido, fa-sostenido, sol-sostenido y la-sostenido) y los intervalos de octavas. Bajo el marco de esta escala los virtuosos occidentales han creado la producción musical que enorgullece a nuestra cultura.

Las sociedades prehispánicas mexicanas contaban con una gran diversidad de instrumentos sonoros, con los cuales generaban sonidos igualmente bellos y armoniosos, con base en los cuales crearon producciones melodiosas que sirvieron como elementos fundamentales de eventos culturales religiosos, políticos y sociales. Pero los instrumentos sonoros, no únicamente se utilizaron para crear música, sino también se aplicaron como dispositivos de comunicación a distancia para usos comerciales y militares, instrumentos para generar efectos especiales en representaciones teatrales religiosas, dispositivos terapéuticos y armas de ataque por molestia. Existen diversos vestigios históricos que permiten asumir que toda esta gran diversidad de usos fue común.

Consideramos de la mayor importancia, estudiar las características físicas de esos sonidos y de los instrumentos acústicos con los cuales se producían, en aras de establecer correlaciones entre los factores que han determinado el gusto por los sonidos de la humanidad, a través de su historia; y también para conocer los códigos sonoros de comunicación comercial y militar y los usos bioacústicos que se les dio y se les puede seguir dando a los sonidos.

En este trabajo se muestra una metodología para realizar este tipo de estudios, basada fundamentalmente en la teoría acústica y en la instrumentación moderna. La determinación de las características de los instrumentos y de los sonidos que producen es fundamental para hacer comparaciones y determinar los elementos físicos que correlacionan con el gusto sonoro y las aplicaciones que desarrollaron las culturas antiguas

Como un ejemplo del uso de esta metodología se analizan las características de la gamitadera, un aerófono originario del estado de Veracruz. La gamitadera que se presenta en la figura 1, es un instrumento acústico que consta de tres resonadores (áreas **1**, **2** y **3-4** de la figura 2), de un dispositivo generador de flujo turbulento (boquilla u orificio **a** de la figura 2) y de un radiador de pistón virtual (orificio **d** de la figura 2), como se muestra en la propia figura 2.

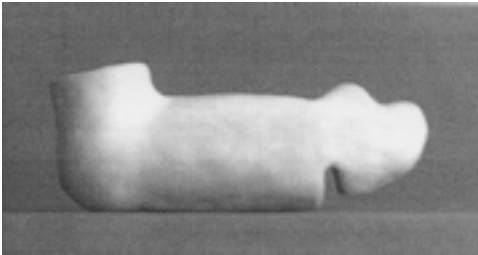


Figura 1. Aerófono de barro quemado de Oaxaca, conocido como Gamitadera (1)

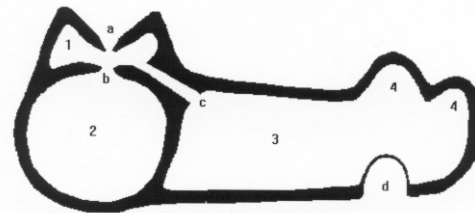


Figura 2. Vista Lateral de la Gamidera (1)

2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS TEÓRICO-PRÁCTICO DE ARTEFACTOS SONOROS DE VIENTO

Para analizar acústicamente los instrumentos musicales de viento, desde el punto de vista teórico y práctico se sugiere la siguiente metodología:

- Determinar los elementos acústicos que conforman al instrumento, mediante la técnica de las analogías electroacústicas
- Determinar el modelo análogo y el comportamiento acústico del instrumento, con base en el análisis de circuito del modelo electracústico análogo
- Determinar las características de comportamiento de la función de transferencia acústica del instrumento
- Grabar digitalmente y medir las características espectrales de los sonidos producidos por el instrumento, mediante un analizador FFT
- Comparar los picos y demás características espectrales de los sonidos, con las características de la función de transferencia acústica del instrumento
- Determinar los parámetros de variación física de los elementos constitutivos del instrumento y su relación con las características de los sonidos que produce
- Analizar los parámetros característicos de los sonidos y su interrelación con la naturaleza subjetiva del concepto de sonido que produce

3. MODELO ACÚSTICO DE LA GAMITADERA

Podemos modelar acústicamente la Gamitadera por medio del circuito acústico de la figura 3. Véase que consta de un conjunto de masas, compliancias y resistencias acústicas arregladas en forma de resonadores, los cuales determinan la coloración de los sonidos que se producen al excitar el instrumento, soplando a través del orificio **a** de la Gamitadera, con un cierto acoplamiento de los labios del ejecutante con la boquilla del instrumento.

La figura 4 muestra el circuito electroacústico análogo correspondiente al modelo acústico de la figura 3. Como puede apreciarse, se trata de un circuito de sexto orden, el cual tiene tres resonancias, que obviamente corresponden con el modelo acústico basado en los tres resonadores. La función de transferencia de este circuito es una función racional cuyo denominador es un polinomio de sexto orden y cuyo denominador es un polinomio de tercer orden. El polinomio de sexto orden del denominador se puede factorizar en tres polinomios de segundo orden con raíces complejas conjugadas que determinan precisamente las tres frecuencias de resonancias del sistema acústico. La frecuencia de las resonancias está determinada por las combinaciones de las masas y compliancias acústicas que forman los resonadores. Las masas y compliancias, a su vez, están determinadas por el tamaño de las cavidades y las longitudes de los tubos que conectan las cavidades. La rugosidad de las superficies internas de los tubos y las cavidades determinan las resistencias acústicas al presentar una fricción al flujo acústico. El factor de calidad de los resonadores está determinado por las resistencias acústicas del flujo viscoso a través de los orificios del instrumento.

La fuente o excitador F_a , puede considerarse como un generador de flujo turbulento, con las características acústicas del ruido blanco.

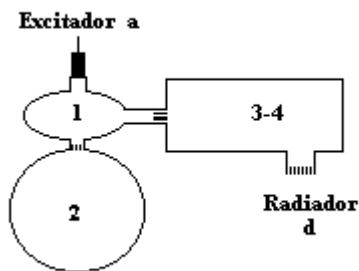


Figura 3. Modelo Acústico de la Gamitadera

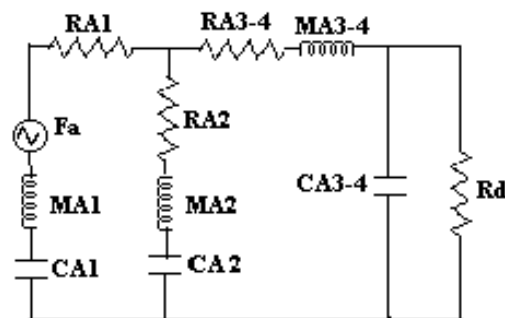


Figura 4. Circuito Electroacústico Análogo de la Gamitadera

Por cuestiones de espacio no incluiremos las ecuaciones de la función de transferencia y de los valores de cada uno de los elementos acústicos que constituyen la gamitadera.

4. CARACTERÍSTICAS ESPECTRALES DE LOS SONIDOS PRODUCIDOS POR LA GAMITADERA

La figura 5 muestra las características espectrales de los sonidos que produce la Gamitadera, determinados mediante el software de análisis de señales acústicas Sat32 (3). Estos sonidos fueron captados por medio de la tarjeta digital de sonido de una computadora personal y la muestra digital obtenida se analizó con el Sat32. Como se ve, estos sonidos tienen tres picos que corresponden las frecuencias de resonancia del dispositivo acústico. Los tres picos están ubicados a frecuencias aproximadas de 1000, 1600 y 2700 Hz. Obviamente se trata de sonidos complejos cuyas componentes principales de frecuencia no guardan una relación armónica. Esto determina que la Gamitadera posea un timbre característico que es el que determina la esencia de sus aplicaciones en las actividades del México antiguo.

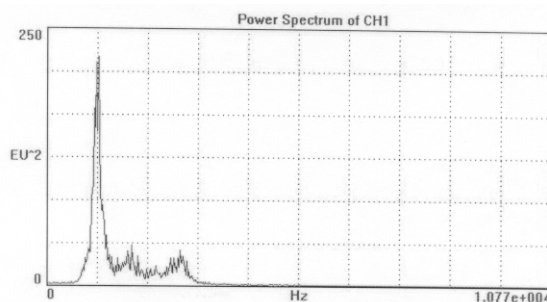


Figura 5 Características Espectrales de la Gamitadera

El ancho de los picos espectrales está determinado por el factor de calidad de los resonadores. A partir de estos picos se puede determinar experimentalmente el factor de calidad de cada una de las resonancias y de ellos se pueden deducir algunas de las características de los elementos acústicos del instrumento.

5. CONCLUSIONES

El análisis acústico teórico y práctico de los instrumentos sonoros musicales y de aplicación diversa, como los que se construyeron en el México antiguo es factible con la tecnología que se dispone en la actualidad. Por otro lado, puede ser muy provechoso conocer las características de los sonidos que se producen con dichos instrumentos y de esta manera determinar el porque de sus aplicaciones y funcionalidad.

El conocimiento de los instrumentos sonoros, no solo contribuye a conocer la cultura histórica de nuestro pueblo, también permitirá a los artistas de la actualidad disponer de nuevos elementos creativos para el desarrollo de su trabajo.

Este conocimiento también permite contar con elementos para conocer más a fondo los elementos subjetivos que determinan el gusto por los sonidos.

Adicionalmente, permite determinar que características conllevan a la molestia que en un momento dado puede producir un sonido, o bien sus aspectos terapéuticos y con ello explicar el porque se utilizaron en el pasado en ceremonias y actividades religiosas y esotéricas.

Igualmente, la caracterización acústica de los bienes arqueológicos sonoros, puede servir para conocer más a fondo las culturas antiguas y para poder identificar, ubicar en el tiempo y autentificar tanto los artefactos, como las costumbres correlativas

Algunos de los dispositivos acústicos producidos por nuestros antepasados, podrían seguir utilizándose, como instrumentos musicales, de entretenimiento, de comunicación y de aplicaciones terapéuticas. Especialmente si se conocen sus características acústicas y psicoacústicas.

BIBLIOGRAFIA

- (1) VELÁZQUEZ R. Análisis Virtual de la Gamitadera. 7°. Congreso Mexicano de Acústica, 26,27 de Octubre del 2000, Veracruz, Ver. México
- (2) MENCHACA F.R. "Apuntes de Ingeniería de Audio" ESIME
- (3) LIANGSON HE. Signal Analyser Toolkit V.2. Sat32
- (4) MENCHACA G.F.R.. "Avances de la Música por Computadora". III Congreso Nacional de Ingeniería Electrmecánica y de Sistemas. Nov. 25-28/1997. México, D.F.
- (5) MENCHACA G.F.R.,DOMÍNGUEZ GARCÍA A. "El Audio en la Computadora". IV Congreso Mexicano de Acústica. Sep. 18-19/1997. Guanajuato, Mex