ACÚSTICA 2000

TECNIACÚSTICA MADRID • 2000

TXALAPARTA. VIBRACIÓN Y TIMBRE

REFERENCIA PACS: 43.75.Kk

Francisco Javier Sánchez González [1]. Manuel Siguero Guerra [2]
1 Laboratorio de Tratamiento de Palabra y Música.
Centro de Tecnologías Físicas. C.S.I.C.
Serrano 144, 28006 Madrid. España
Tel: 34 915 618 806 ext.446/439. Fax: 34 914 117 651.
E-Mail: javier@iec.csic.es
2 Instituto de Acústica. C.S.I.C.
Serrano 144, 28006 Madrid. España.
Tel: 34 915 618 806 ext.213. Fax: 34 914 117 651.
E-Mail: iacms00@fresno.csic.es

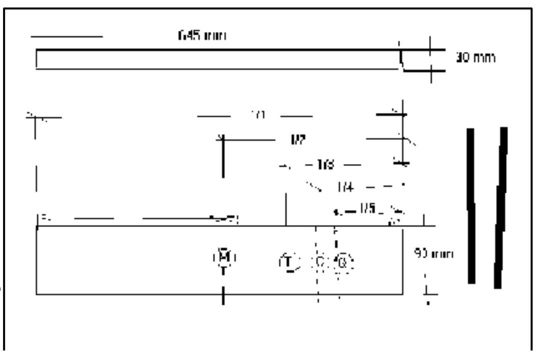
ABSTRACT

The Txalaparta, a traditional Basque instrument is here studied from the acoustical and timbrical viewpoints, It is essentially a parallepipedical piece of wood, hold on two soft supports (originally two straw baskets), stricken in an alternate way by two players, holding two rods each. While being very simple in its construction, when compared to sophisticated musical instruments, the txalaparta reaches musical quality due to its timbrical variety and the complex rhythmical patterns that both players can achieve, as was shown in previous studies. In the present paper, the acoustical properties of vibrating bars of different shapes and types of wood are reminded, then applied to the txalaparta and finally compared with actual measurements of freqxuencies amplitudes of its spectral partial components. Several considerations on the nature and shape of the striking rods are also made, leading us to various suggestions on how to hold and strike the instrument, according to the desired timbrical qualities of its sound.

RESUMEN

La Txalaparta, un instrumento tradicional vasco, se estudia aquí desde las perspectivas acústica y tímbrica, Se trata en esencia de un tablón de madera, soportado por dos blandos apoyos (originalmente dos cestos), golpeado alternadamente por dos txalapartaris, cada uno con dos palos. Si bien es muy simple en su construcción, sobre todo comparado con instrumentos sofisticados, la taxalaparta alcanza calidad musical debido a su riqueza tímbrica y a los complejos patrones rítmicos que ambos tocadores alcanzan al alimón, según se mostró en previos estudios. En este artículo se recuerdan las propiedades acústicas de las barras vibrantes, se aplican a la txalaparta y se comparan resultados. Se realizan además varias observaciones sobre los palos de golpeo lo que conduce a algunas sugerencias sobre el modo y lugar de ese golpear según las cualidades tímbricas deseadas.

INTRODUCCIÓN

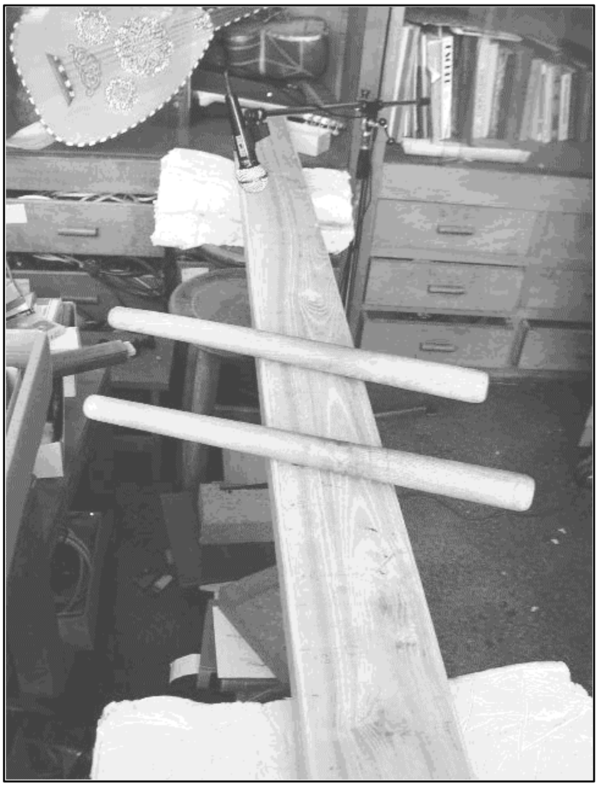


Este instrumento, paradigmáticamente vasco, no ha atraído demasiada atención de los estudiosos de la acústica, e incluso de los estudiosos en general, quizá debido a su simplicidad. Beltran [88] recoge algunas referencias etnomusicológicas sobre instrumentos similares, llamados “bastones de ritmo” o “pateadores”, junto con una breve descripción sobre el instrumento y la manera de tocarlo. Este autor además, es profesor en la Musika Eskola de Hernani y impulsa su difusión mediante las anuales Txalaparta Festa en esa localidad guipuzcoana. Últimamente han aparecido dos libros que tratan de él, específicamente uno de ellos (Goiri, 1996) y otro, sobre instrumentos vascos en general, del propio Beltran [96]. Asimismo existen algunas grabaciones de su toque como en Beltran [85]. Nuestra propia contribución ha versado sobre la acústica del instrumento, Sánchez [95b], y sobre su toque, para el cual se elaboró una teoría rítmica en Sánchez y Beltran [98], dentro de otros estudios dedicados a la métrica poética y a los ritmos populares y no occidentales (Sánchez, 1992, 1993, 1995a, 1998). El presente artículo retoma el tema del primero, desarrollando la teoría de su vibración y comparándola con los espectros obtenidos en laboratorio, todo para una txalaparta real.

Como decíamos entonces, “el propósito de este escrito es contribuir al conocimiento de este instrumento vasco, desde le punto de vista físico-acústico, pero aplicándolo en lo posible a sus posibilidades musicales...Porque la txalaparta es más que un tablón, es verdad; pero también es un tablón, y como tal, ha de ser estudiada”.

VIBRACIÓN TRANSVERSAL de TABLONES y BARRAS

.



Desde el punto de vista acústico, la txalaparta es una tabla o tablón que vibra sobre todo transversalmente, a flexión, cuando es golpeada por una masa en esa dirección, o sea perpendicularmente a la superficie ancha. Se pretende una suspensión tan flotante como sea posible para que el tablón vibre libremente; esa suspensión se logra generalmente mediante cestos de mimbre o balas de paja o maíz (Figura 1).

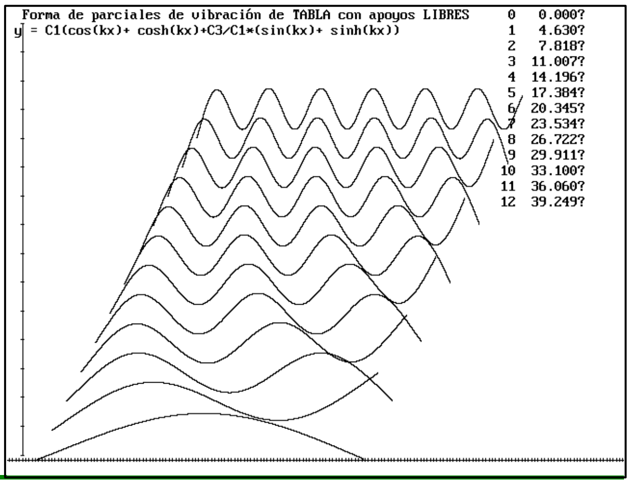
Un tablón así golpeado, presenta vibraciones complejas, compuestas de varios parciales, vibraciones senoidales cuyas frecuencias no presentan relaciones numéricas sencillas (enteras), tal como lo hacen las cuerdas vibrantes o los tubos sonoros. Esto hace que el timbre no sea tonal, o sea, la txalaparta no emite notas en general. No obstante, esos parciales están suficientemente separados en frecuencia para que cada uno de ellos sea percibido aisladamente casi como nota independiente, con un cierto matiz de golpe con tono o casi tono. Más aún, como veremos enseguida, los parciales que siguen al primero, **sí** que forman entre sí una relación muy aproximadamente armónica, con lo que se percibe una nota global, cuando el primer parcial se oye poco, o es muy grave, caso de la txalaparta tradicional.

Estos parciales corresponden a los modos de vibración que la geometría del tablón permite, es decir, flexiones con un solo vientre de curvatura, con dos, con tres, etc. Excluimos un parcial de frecuencia 0, es decir, un mero desplazamiento del tablón debido al golpe, que resulta inútil a efectos sonoros.

Las formas que adopta el tablón para cada parcial responden a la expresión siguiente (Timoshenko,1929):

$$y_p = a_p(\cos(k_p x) + \cosh(k_p x) - (\sin(k_p x) + \sinh(k_p x))) \qquad \cos(kl) \times \cosh(kl) = 1$$

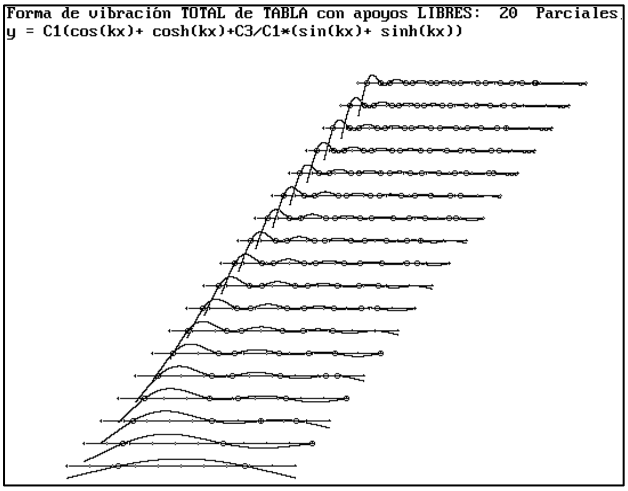
en la que y_p es la ordenada del parcial p en función de la abscisa x, a_p es la amplitud correspondiente al parcial p, y k_p es una constante obtenida a partir de las soluciones de la ecuación de la derecha, en que l es la longitud del tablón.



P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K_p l	4.730	7.853	10.995	14.137	17.278	20.420	23.562	26.703	29.845	32.986	36.128	39.270
f	3.011	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25

Estas soluciones las numeramos con el índice p, (fila 1 de la siguiente tabla) y valen kp l (fila 2). Pero se observa que esos valores son, excepto el primero, múltiplos impares casi exactos de la mitad de pi (3.1416), (fila 3). Por lo tanto podemos decir que los parciales de vibración de una tablón, tienen frecuencias que sí son armónicas, aunque no están todos los armónicos, faltando los pares, el primero o fundamental, y el tercero resulta algo alto, aunque sólo un 3 por 100, un dieciseisavo de semitono.

Numerando esos modos parciales de vibrar de acuerdo al número de vientres, tenemos la serie de los parciales, de la que los 12 primeros son representado en la figura 2, mostrando la posición extrema de cada uno, con igual amplitud. Cada uno vibra senoidalmente, pasando a invertirse la curva tras medio período de vibración; hay pues partes que en la vibración quedan inmóviles, mientras que otras presentan máximo desplazamiento transversal.



La vibración real de un tablón será una combinación lineal de las vibraciones parciales anteriores, dependiendo esa combinación de la forma inicial que adopta el tablón golpeado, lo que depenmde a su vez del lugar donde y la fuerza (velocidad) con que se golpea. En la figura 4 aparecen las formas del tablón vibrante combinando sucesivamente de 1 a 20 parciales sucesivos, todos en fase y con igual amplitud.

Llamando a los primeros Nodos, y a los segundos Vientres, tal como se hace en cuerdas y tubos, podemos conocer las frecuencias de esos parciales y la posición de los nudos

$$f_1 = \frac{k_s}{l^2}\sqrt{\frac{QK^2}{D}}$$

mediante la fórmula y cuadro siguientes, tomados de [Olson,1957]:

donde f_1 es la frecuencia en hercios (vibraciones por segundo) del primer armónico,

k_s es una constante que depende del modo de sujetar o apoyar el tablón o barra,

l es la longitud del tablón, en centímetros,

Q es el módulo de Young, en dinas por centímetro cuadrado, relacionado con la elasticidad del material a la flexión transversal,

K es el radio de giro, o punto donde, supuesta concentrada toda la masa, obtendríamos igual momento de inercia que el de la masa distribuida. Depende de la forma de la sección del tablón, rectangular por lo general,

r es la densidad del material, en gramos por centímetro cúbico.

Ahora bien, como se conocen los radios de giro para varias formas, rectangular, circular y tubular, y todas son proporcionales al grosor del tablón en la dirección de flexión, en definitiva, la frecuencia depende, por un lado, de las dimensiones longitud y espesor *(l, a)*, y,

$$f_p' \; k_p k_m k_s k_f \times \frac{a}{l^2}$$

por el otro, de constantes que dependen del material (ρ , Q). Para parciales diferentes al primero tenemos una constante adicional dependiente del parcial considerado que llamaremos k_p (lo que supone haber tomado k_1 =1). Si sacamos como k_f fuera de la raíz el radio de giro K, que depende de la forma de la sección, y agrupamos en una sola constante k_m las constantes que dependen del material, encontramos la fórmula general:

donde las cuatro constantes dependen respectivamente del parcial considerado, del material, del tipo de sujeción, y de la forma de la sección.

La fórmula anterior proporciona pues las frecuencias de los parciales de una barra dependiendo de su material, de su forma y del modo de sujetarla. Además, nos ofrece ya algunos interesantes comentarios para el txalapartari:

1. Los sonidos de la txalaparta no dependen del espesor de ésta, sólo del grosor y de la longitud.

2. El sonido es más agudo (mayor frecuencia) cuanto menor es la longitud, más corta el tablón, lo que es, y parece, normal.

3. El sonido es más agudo cuanto **más gruesa** (mayor a) es el tablón, lo que a primera vista sorprende. Pero se entiende al recordar que cuanto más gruesa, más resistente es a la flexión, y la fuerza de recuperación elástica es mayor.

Veamos ahora algunas tablas que nos permiten calcular las frecuencias deseadas para diversos tipos de sujeción en los extremos.

SUJECIÓN	k_s	k_{p1}	k_{p2}	k_{p3}	k_{p4}
empotrados	.561	1	6.26	15.55	34.39
empotrado,articula	2.45	1	3.25	6.75	11.5
libres	3.56	1	2.756	5.404	9.933
articulados	3.14	1	4	9	16

Para el tablón con sujeción de extremos libres, repetimos los valores relativos al primer parcial, con el intervalo aproximado que respecto a él tienen los tres siguientes (8º y 4º son octava y cuarta justas, 3ºM es tercera mayor y q es un cuarto de tono) Se incluye además La situación de los nodos (puntos sin vibración) y los vientres o antinodos (puntos de máxima vibración) son, para esos cuatro primeros parciales:

PARCIAL	k_p	intervalo	nodos	vientres (aprox)
1	1	0	.2242	.50
2	2.756	8º+4º+q	.1321 .50	.316
3	5.404	2.8º+4º	.0944 .3558	.2251
4	9.933	3.8º+3ºM	.0734 .2770 .50	.1552 .3885

de modo que golpear en un nodo es evitar el parcial correspondiente, mientras que golpear en un vientre, es hacerlo sonar con toda su amplitud. Todo golpe, pues pondrá en movimiento cada uno de los parciales con amplitudes dependientes de la posición de sus nudos y vientres: cada punto proporciona una combinación de parciales única, un espectro: es decir, un timbre determinado. Algunos puntos merecen especial atención:

El centro, C, que hace sonar máximamente p1 y p3, mientras que p2 y p4 quedan omitidos.

El cuarto Q, cerca del nodo 1, a .22 del extremo, que hace sonar p3 especialmente, suprimiendo p1, y haciendo sonar algo p2 y p4.

El tercio T, que hace sonar especialmente p2, mientras que p1, p3 y p4 suenan poco.

El Sexto, S, que hace sonar especialmente el cuarto, p4, mientras que p2, p1 y p3 son pequeños.

De modo que podemos individualizar cada uno de cuatro primeros armónicos golpeando respectivamente en C, T, Q, y S.

Los radios de giro, para diversas formas de la sección y parámetro a:

SECCIÓN	k_f	A
rectangular	.29	grosor,
circular (barra)	.25	diámetro, D
anillo (tubo)	.5	raíz (D^2 + d^2)

Las constantes del material son:

MADERA	k_m
fresno	450693
haya	392232
corcho	49799
olmo	430331
abeto	464420
caoba	405190
arce	437237
roble blanco	408248

pino blanco	365148
álamo blanco	466252
sicomoro	430331
nogal	462910

En particular nos interesan aquí los modos de vibración de la txalaparta de madera, rectangular, y los de la tobera, metálica, rectangular o redonda, ambas vibrando libremente o casi. Por ejemplo,

TXALAPARTA de NOGAL: Se considera tablón rectangular, sujeción libre,f_1 = (1 x 3.56 x 462910 x .29) x a / l^2 , o sea,

$$f_1 = 477908 \ . \ a \ / \ l^2$$

De modo que un tablón de 2 metros (200 cm) de larga y 4 centímetros de grueso, dará un fundamental (parcial 1) de 47.8 hercios, muy grave, aproximadamente un SOL1, tecla 11 del piano.

Si se acorta el tablón a la mitad, la frecuencia queda multiplicada por 4 (la longitud está elevada la cuadrado), o sea f_1 = 191.161 hercios, SOL3 (algo bajo), tecla 35 del piano.

TABLÓN de PINO: Un tablón de pino cuyas dimensiones son: 101.8 x 11.8 x 2.3--2.5 cm ha sido golpeado para comprobar la fórmula anterior. Las frecuencias teóricas del primer parcial, y los tres siguientes, son:

$$f_1 = (1 \times 3.56 \times 365148 \times .29) \times 2.4 / 102.8^2 = 87.30 \quad para \quad a=2.4$$

$$f_2 = f_1 \times 2.75 = 240.6 \qquad f_3 = f_1 \times 5.404 = 471.79 \qquad f_4 = f_1 \times 9.933 = 867.19$$

Analizados los parciales realmente emitidos, se obtuvieron los siguientes resultados:

PARCIAL	frecuen. teórica (hz)	frecuencia real (hz)	desviación:6 % = 1 sem
1	87.3	92.25	+6%
2	240.6	240	-0.6 %
3	471.79	472.5	+0.1%
4	867	885	+2%

Dada la imprecisión en el conocimiento del grano de la madera, y en el grosor del tablón, consideramos los resultados suficientemente exactos.

VIBRACIONES TRANSVERSALES COMPUESTAS.

En lo anterior hemos considerado una vibración transversal, para la que contaban longitud y grosor, pero no anchura. Ahora bien, el tablón también puede vibrar perpendicularmente a la dirección anterior: lo que era anchura es ahora grosor, y lo que era grosor es ahora anchura. A poco que se golpee sesgadamente el tablón en una de sus caras, se pondrán en movimiento los dos tipos de vibración transversal que comentamos. Ahora sí que tiene interés la otra dimensión. Una juiciosa elección de ambas dimensiones (cualquier proporción sencilla, como 2:1, 3:1, 3:2...) puede conseguir timbres que podemos calificar de "diseño". En todo caso, se busque o no ese efecto, estará presente, y ambos modos de vibración se darán en la txalaparta real. Hay que hacer notar que la constante del material, k_m no será idéntica a la anterior, pues depende de la elasticidad, que varía según la relación del corte a la fibra en los materiales no homogéneos, como la madera.

VIBRACIÓN LONGITUDINAL

Hay un tercer modo de vibración para una tablón o barra: la longitudinal, en la que en lugar de flexionarse transversalmente, sufre alternativas expansiones y compresiones, producidas por un golpe sobre el extremo, perpendicularmente a las otras dos direcciones anteriores. Si se golpea en la dirección longitudinal, aparece entonces otra serie de parciales, ahora armónicos, que dependen sólo de la longitud y del material:

$$f_{Lp} = \frac{k_p}{2l}\sqrt{\frac{Q}{D}} \qquad\qquad f_{Lp} = k_p k''_m \times \frac{0.5}{l}$$

obteniéndose la fórmula de la derecha, si se calculan, como para las transversales, las constantes del material bajo raíz. Ahora k''_m es la misma constante del material que antes, excepto que debido a la no homogeneidad del material, por ejemplo en la madera, no será ya idéntico. Por su parte, k_p se reduce ahora a la serie armónica 1, 2, 3,..etc. La barra se comporta pues como una cuerda o tubo, salvo la diferente significación de k''_m que depende en las cuerdas de la tensión y la densidad lineal.

VIBRACIÓN TORSIONAL

Incluso, como todos los cuerpos, el tablón o barra puede torsionar, es decir, perder su carácter plano y alabearse. Como experimenta una resistencia a ello, si es elástico, volverá a su posición de equilibrio, seguirá la torsión en sentido contrario, y así sucesivamente: vibrará.

Este modo de vibrar se excitará cuando se golpea en un punto lateral (ver figura, punto x) , tanto en sentido longitudinal, como se hace para la flexión normal, como transversal. apareciendo entonces otra serie de parciales, también armónicos, que dependen sólo de la

$$f_{Tp} = \frac{k_p}{2l}\sqrt{\frac{Q}{2D(F+1)}} \qquad\qquad f_{Tp} = \frac{k_p k'_m}{l}$$

longitud, de la densidad y de los módulos de Young, Q, y Poisson, s. Sus frecuencias son:
y pasando, como antes a calcular las cantidades bajo raíz, obtenemos otra constante del material, k'_m, que figura, para algunos metales, en las tablas anteriores. Por su parte, k_p se reduce ahora también a la serie armónica 1, 2, 3,..: La barra se comporta pues, también, como una cuerda o tubo, salvo la diferente significación de k'_m que depende en las cuerdas de la tensión y la densidad lineal, y en la torsión, de la densidad y de los módulos de Young y Poisson.

Se observa (dividiendo ambas fórmulas) que las frecuencias longitudinales y torsionales están en relación fija, relación que depende del material, del llamado módulo de Poisson; puede calcularse que esta relación es aproximadamente de cuarta (4:3) para el paladio, de tercera mayor (5:4), para el acero y hierro forjado, y de tercera menor estrecha (7:6) para el zinc.

ANCHURA DEL TABLÓN

Veíamos más arriba cómo la anchura del tablón (dirección perpendicular a la de flexión, el espesor) no influye teóricamente en las frecuencias emitidas; pero otra cosa es la radiación al exterior de esas frecuencias. Para esto sí hace falta una cierta superficie, sobre todo para radiar las más graves, al igual que ocurre en los altavoces e instrumentos graves que son grandes. Creemos pues que hacen falta tablones anchos para que los parciales graves cobren importancia, se oigan: de lo contrario se desaprovechan las posibilidades de una txalaparta grande, porque sus frecuencias graves, presentes, no son radiadas al exterior, no se oyen. Por otra parte, cuanto más ancha sea la txalaparta, más aumenta el balance posible entre vibraciones de flexión y de torsión, es decir, aumenta la paleta tímbrica del instrumento.

Algo similar ocurre en las barras metálicas. Una posibilidad de hacer audibles las bajas frecuencias consiste en trasmitirlas a una tablón ancho y hacer que éste las radie al exterior. Se trata de una tabla armónica, como la del piano, o violín. Para ello hay que fijar de alguna manera la barra al tablón, y esto obligaría a suprimir algún modo libre. Lo lógico es fijar el tablón en los nodos del fundamental, hacia un quinto de su longitud. en ambos extremos, por medio de un puente que sujeta, no basta apoyar. Si se elige además una tablón con modos de vibración similares (igual longitud), las bajas frecuencias de la barra serán amplificadas por el tablón, radiando muy eficientemente. Experimentos efectuados por nosotros muestran que en efecto, así sucede, oyéndose bellos graves.

SUJECIÓN DEL TABLÓN

Hemos visto cómo influencia el modo de sujetar la txalaparta a los parciales, y por ende, al timbre emitido. En principio es simple, como ocurre en las cuerdas: la inmovilización del tablón en un nodo de un parcial (permitiendo su giro, claro está) no afecta a dicho parcial, pero sí a los que no tienen nodo, bien sea un vientre, supresión máxima, o lugar intermedio (supresión parcial). La vibración libre permite todos los parciales, pero es una situación ideal: el peso del instrumento tenderá a apretarlo contra el apoyo, por blando que sea; se intentan, como decíamos, apoyos que aproximen la sujeción a la libre.

Una posibilidad sería colgar el tablón de modo que su peso no apriete el tablón contra el apoyo en el sentido de su vibración transversal: ello se conseguiría colocándola vertical, con su anchura perpendicular al suelo. Se golpearía entonces horizontalmente, vibrando en esa dirección, mientras que el peso iría en vertical, sin interferirse. La sujeción resultaría así libre, para la dirección de vibración.

Por último, puede emplearse musicalmente, durante la ejecución, la influencia de la sujeción en el timbre: colocando una mano en lugares específicos, incluso presionando más o menos, pasaremos de una sujeción a otra, modificando el sonido, el timbre de la txalaparta. Estos contactos momentáneos se realizan en tambores, variando tono junto con timbre, y en cuerdas (como en el salterio persa, o *santur*), para modificar tono-

GOLPEO Y VIBRACIÓN DE LOS PALOS

No sólo influye en el timbre emitido por el tablón el lugar de golpeo, como se ha visto. También la forma de golpear influye. Naturalmente, cuanto más fuertemente se golpea, más fuerte es el sonido. Pero además, esa fuerza, más repentina, más veloz, crea una deformación más brusca en el punto de impacto, originando flexiones de más arista, podemos decir, lo que corresponde a parciales más agudos: como ocurre en la cuerda, la forma de onda creada al pulsar, da lugar a un reparto armónico más o menos desplazado hacia el agudo. Por igual razón, un palo fino producirá deformaciones más agudas y parciales más agudos, mientras que un palo ancho y redondeado, pondrá en juego parciales más graves.

Por su parte, los palos que golpean el tablón son golpeados asimismo por ella: es un choque en el que todos reciben un golpe. Por lo tanto los palos suenan, y ese sonido pertenece al sonido total de la txalaparta. Como tales barras percutidas longitudinalmente, emitirán parciales que como veremos más adelante son frecuencias armónicas. Aquí también influirá el lugar de sujeción: se potenciaran las frecuencias con nodos en ese lugar, a costa de los que tienen un vientre.

VIBRACIONES COMBINADAS y RIQUEZA TÍMBRICA.

Según la dirección, lugar y modo de golpear el tablón o barra encontraremos una combinación única de modos de vibración y de parciales que hacen cada golpe irrepetible; esto sin descender al detalle, permite acercarse al hecho sorprendente de que un instrumento tan aparentemente simple, interese: incluso olvidando la rítmica y la dinámica del toque de la txalaparta, tenemos una tímbrica muy rica, a cuyos fundamentos físicos hemos querido acercarnos en este breve estudio.

Las consideraciones anteriores podrán, esperamos, junto a la comprensión del instrumento, sugerir a los txalapartaris nuevos modos de construirlo y tocarlo, es decir, a desarrollar este interesante instrumento vasco, para cuyo conocimiento y desarrollo esperamos sea útil el presente escrito.

BIBLIOGRAFÍA

Backus, J. (1977) *The Acoustic Foundation of Music*. Norton, N.York.

Beltran, J.M.

(1988) "Txalaparta". Cuadernos de Etnología de Navarra, nº 52. Pamplona: 419-439.

(1985) (ed.) "Euskal Herriko Soinu Tresnak" /("Instrumentos Musicales del País Vasco"). Gobierno Vasco. Registro en Compact Disk: L.G.55-1166/91-KD.1991: pista 9.

(1996) *Soinutresnak Euskal Herri Musikan (Los Instrumentos de la Música Popular Vasca)*. Orain, Donostia. (en euskera)

Bucur, V. (1995), *Acoustics Of Wood*, New York, Crc Press.

Goiri, J. (1996). *Txalapata, Txakun, Los dos sonidos del corazón*, Arrigoriaga (Bizkaia).

Mercier, J. (1962), *Acoustique*, vol I, Paris, P.U.F.

Olson, H.F.

(1957), *Acoustical Engineering*, Toronto, Van Nostrand.

(1967), *Music, Physics and Engineering*, New York, Dover.

Randall, R.H. (1951), *An Introduction to Acoustics*, Cambridge (USA), Addison-Wesley.

Roederer, J.G. (1979) *Introduction to the Physics and Psychoacoustics of Music*. Springer, N.York.

Sachs,K. (1966) *Musicología Comparada.* Eudeba, B.Aires.

Sánchez González, F.J.

(1992) "Number as Music Builder: Sonance". Symp. Mús.Informática y Psicoacústica. Delfos (Grecia).

(1993) "Psicología del Ritmo Turco y Arabe". Symposium Multidisciplinar sobre Ritmo. Cátedra Salinas de Musicología. Universidad de Salamanca. junio.

(1995a) "Teoría preliminar de la sílaba", *Lenguajes Naturales y Lenguajes Formales X*I C. Martín Vide (ed.) Barcelona: Promociones y Publicaciones Universitarias: 569-578.

(1995b) "Txalaparta. Breve estudio Acústico-Musical", *Txistulari*, 162, pp. 19-24.

(1998) "A numerical theory of rhythm applied to Oriental music analysis". Proceedings of 6th ICEMCO, A. Ubaydli (ed.), Univ. of Cambridge. London.

Sánchez González, F.J. y Beltran Argiñena, J.M. (1998), "Una teoría numérica del ritmo aplicada a la Txalaparta", *Txistulari*, 173, pp. 27-43.

Schloss W.A.(1985) *On the automatic analysis of percussive music* Rep. Nº. STAN-M-27. CCRMA. Stanford (Cal.)

Timoshenko, S.

(1929) *Vibration problems in Engineering.* Van Nostrand. New York: pp.290

(1950) *Resistencia de Materiales.* Vol. I y II. Espasa.Calpe. Madrid.

Tobias, J.V. (,1970) *Foundations of Modern Auditory Theory* Ac.Pres N.York.

Winckel, F.

(1960) *Vues Nouvelles sur le Monde des Sons.* Dunod, Paris.

(1967) *Music, Sound and Sensation*. Dover, N.York

Wood, A.B. (1944), *A Textbook of Sound*, London, G. Bell and Sons. pp.111-118..

Zuaznabar. M.y P. (1975) En *Antología de Instrumentos Vascos* L.P. Columbia- BC3896. S. Sebastián.