

## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TRANSDUCTOR (SUBKICK) PARA REALZAR FRECUENCIAS BAJAS DE UN BOMBO DE BATERÍA

PACS: 43.38.-P

Romo, William; Herrera Martínez, Marcelo  
Universidad de San Buenaventura  
Carrera 8 H n.º 172-20 | PBX: (57) 1- 667 1090  
Bogotá, Colombia  
mherrera@usbog.edu.co

### Resumen

Un sistema de transducción electroacústica para convertir ondas sonoras, propagándose de un tambor musical a una señal eléctrica es proveído. El sistema incluye una cápsula, un transductor electroacústico, y una cubierta. El dispositivo recibe y convierte las ondas sonoras en la cavidad en una señal eléctrica. Una manera de realzar las frecuencias bajas de una fuente percusiva, es implementar, en la cadena mecano-acústica, un dispositivo denominado Subkick. Este trabajo describe todo el proceso de análisis de transductores en baja frecuencia, es decir radiadores con membranas grandes, hasta el análisis de parámetros relevantes para la adecuación de un sistema Subkick.

### Introducción

Un micrófono dinámico es un instrumento que tiene un transductor con un diafragma para convertir energía mecánica de ondas sonoras en señales eléctricas. Muchos micrófonos son específicamente diseñados para capturar un sonido de un instrumento musical dentro de un rango frecuencial particular. Por ejemplo, algunos micrófonos están específicamente diseñados para capturar un sonido de baja-frecuencia de un tambor, como por ejemplo un tambor-de-bajos, un redoblante, un tambor Tom, un tambor de bongo, etc. Más aún, varios esfuerzos han sido realizados para mejorar la calidad sonora de los micrófonos. Sin embargo, diversos micrófonos producen una señal eléctrica que distorsiona o reproduce de manera inadecuada el sonido de baja-frecuencia que un tambor genera.

El sistema de transducción electroacústica propuesto en el presente trabajo incluye una cápsula, un transductor electroacústico, y una cubierta que tiene una superficie plana. La cápsula está compuesta de una cavidad que consta de una superficie interna y una superficie externa. La superficie externa deflecta las ondas sonoras no-deseadas. El transductor electroacústico recibe las ondas sonoras que se propagan desde el tambor, a través de la boca, y dentro de la cavidad. Además, el transductor convierte las ondas sonoras de la cavidad en señales eléctricas para transmitir las a un dispositivo periférico.

## **ANTECEDENTES**

Basado en las experiencias de ingenieros que por accidente utilizaron un altavoz como sistema de transducción aplicado en la captura de frecuencias bajas en el bombo, utilizando un altavoz de la serie conocida N10 de Yamaha, esta compañía optó por el diseño de un producto dedicado exclusivamente para esta función. Nace el famoso Subkick SKRM-100 (Yamaha), que consta de un altavoz Yamaha montado sobre una estructura de un tambor de batería (Tom), utilizando un sistema básico de conexión sencilla directa, sin utilizar filtrados de señal.

El dispositivo de Subkick entonces, logra capturar y posteriormente emitir una región del espectro que con otros dispositivos convencionales (micrófonos destinados al bombo de batería, no sería viable). El dispositivo resultante no deja de ser en esencia un micrófono, en este caso especializado para las frecuencias bajas.

## **MARCO CONCEPTUAL ACERCA DE LA CAPTURA DE FRECUENCIAS BAJAS PARA BOMBOS**

Para la captura de frecuencias bajas para bombos se utiliza la técnica convencional, es decir colocando un micrófono dinámico PZW dentro del bombo, y otro, también de naturaleza dinámica afuera de éste, como por ejemplo el Beta52A. Sin embargo, para poder capturar de una manera más limpia los tonos graves del bombo, diversos dispositivos han sido implementados. El Subkick parece un tambor, pero no lo es. Parece un altoparlante, pero no lo es. Es un altoparlante funcionando como un micrófono en reversa. El primero de estos dispositivos, como ya ha sido mencionado, fue desarrollado por la compañía Yamaha (ver foto de la figura 1).



Figura 1. Subkick SKRM-100 de Yamaha (Yamaha)

El marco conceptual de transducción electroacústica, puede ser encontrado en el capítulo 3, de Pueo y Ortega (Pueo & Ortega, 2003).

## **Transductores dinámicos**

Principio del transductor: El transductor dinámico es, en el campo de aplicaciones, el más común. En el caso del altavoz dinámico, los creadores de éste fueron Rice y Kellogg (Pueo & Ortega, 2003). El principio del transductor se puede observar en la figura No. 3, en donde

está el conductor de longitud elemental, el cual se encuentra dentro de un campo magnético homogéneo. En el conductor, corre una corriente  $i$ , y una fuerza se ejerce,

$$dF = idl \times B \quad (1)$$

Y si el conductor se mueve dentro de un campo magnético, con una velocidad  $v$ , dentro del conductor existe equilibrio entre la intensidad del campo eléctrico  $E$ , debido al movimiento del conductor (en el sentido del polo negativo hacia el positivo), y la intensidad del campo  $E$ , debido a la acumulación de cargas al final del conductor,

$$E = v \times B \quad (2)$$

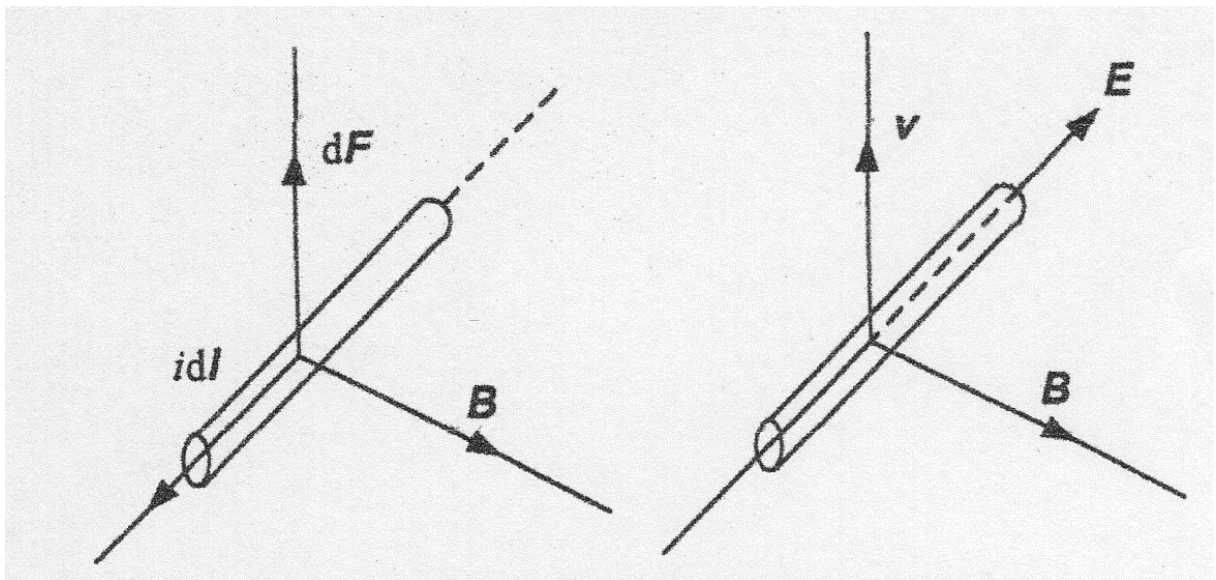


Figura 2. Principio del transductor dinámico (Skvor, 2009)

En este transductor, el campo magnético es homogéneo y el vector del campo magnético es perpendicular al vector  $dl$ . La fuerza que se ejerce en el conductor de longitud  $l$  es igual a,

$$F = \int_0^l iBdl = iBl \quad (3)$$

Y para el voltaje electromotor,

$$e = \int_0^l (v \times B)dl = vBl \quad (4)$$

Esta conversión puede describirse con la ecuación del cuadripolo,

$$\begin{bmatrix} F \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Bl & 0 \\ 0 & Bl \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ v \end{bmatrix} \quad (5)$$

La constante  $Bl$  se denomina coeficiente de transducción dinámica.

$$k_a = Bl(Wb \cdot m^{-1}; T, m) \quad (6)$$

Descripción del transductor:

El transductor está compuesto de una bobina, la cual se encuentra dentro de una cavidad de aire de un imán permanente. La bobina está ligada a una membrana, donde el movimiento de la bobina se transfiere, o durante el régimen contrario del transductor, las vibraciones de la membrana son transferidas en la bobina.

En la capa de aire, en donde el campo magnético actúa en dirección radial, está localizada la bobina en conjunto con la membrana. El corte detallado de la bobina con la dirección de la corriente, la dirección y el sentido de la inducción magnética y la fuerza resultante, pueden observarse en la figura 4.

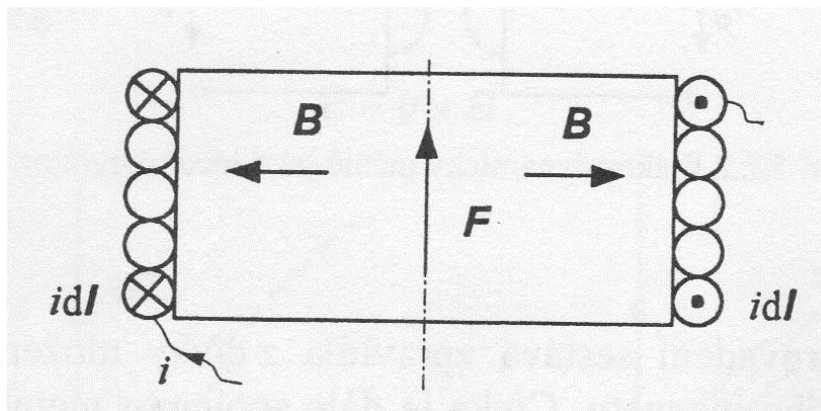


Figura 3. Detalle de la bobina, atravesada por una corriente  $i$ , inmersa dentro de un campo magnético  $B$ , con la descripción de la dirección y el sentido de la fuerza (Skvor, 2009)

En la realidad, es necesario contar con la influencia de la impedancia eléctrica (la resistencia y la inductancia de la bobina), y en la parte mecánica, la reactancia de la masa de la bobina y de la membrana, la reactancia de la compliancia de la membrana, además de la impedancia de las partes acústicas, etc.

Esto puede observarse en el esquema 5, donde  $Z_e$  es la impedancia eléctrica de la bobina-  $Z_m$ , la impedancia mecánica. En los puntos de entrada a-b, está conectado el voltaje  $e'$ , y en los puntos de salida c-d, se "ejerce" una fuerza  $F'$ , la cual depende, entre otros, en la carga en la salida. Este transductor es recíproco, lo cual posibilita, la conversión en sentido inverso. De esta manera los puntos c-d serán la entrada, y la salida a-b.

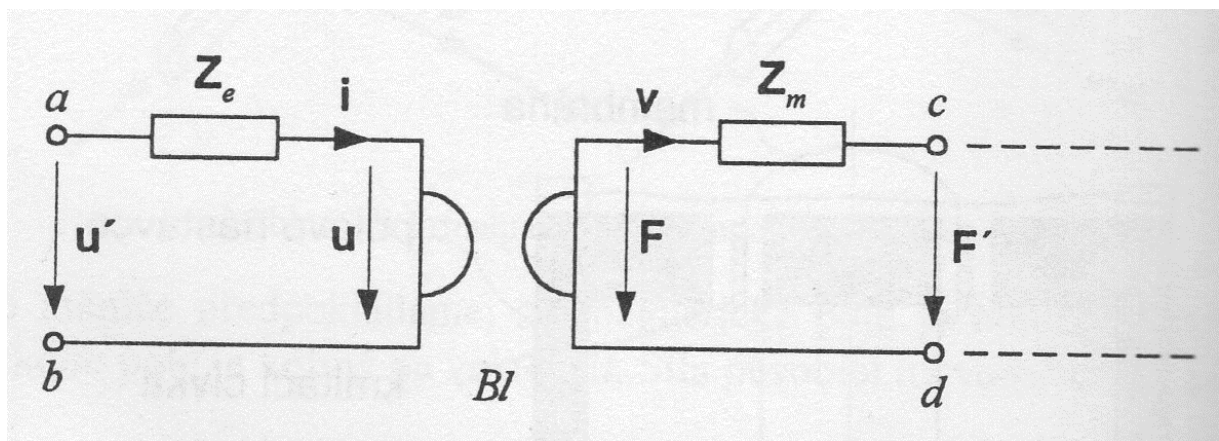


Figura 4. Analogía en impedancia del transductor dinámico (Skvor, 2009)

Para trabajar con los esquemas equivalentes es adecuado utilizar las propiedades del girador y pasar los elementos de la parte mecánica a la parte eléctrica y al contrario. Para esta transformación es válido que,

$$e = k_a v \quad (12)$$

$$i = \frac{F}{k_a} \quad (13)$$

Y de esta manera, si,  $\frac{e}{i} = Z_{0e} = Y_{0e}^{-1}$ , y  $\frac{v}{F} = Y_{0m} = Z_{0m}^{-1}$

$$Z_{0m} Z_{0e} = k_a^2 \quad (14)$$

El elemento de impedancia mecánica con admitancia  $Y_m$  es posible de convertir en el lado eléctrico, como un elemento con impedancia eléctrica  $(Z_m)_e$ , y lo mismo para el elemento eléctrico, con admitancia eléctrica  $Y_e$  es posible de convertir en un elemento con impedancia mecánica  $(Z_e)_m$ . De la ecuación (14) se observa, que el girador ideal transforma sin pérdida de energía de un lado a otro,

$$ei = Fv \quad (15)$$

Con base en la teoría de analogías, los circuitos correspondientes después de la transformación respectiva de un lado a otro del girador, son duales.

### MEDICIÓN DE PARÁMETROS ACÚSTICO-MECÁNICOS DEL PARLANTE PARA EL SUBKICK

La medición de los parámetros acústicos y mecánicos del parlante empleado, se realizó para caracterizar su curva de impedancia, y de esta manera su frecuencia de resonancia. El circuito implementado para la respectiva medición se muestra en la figura 6:

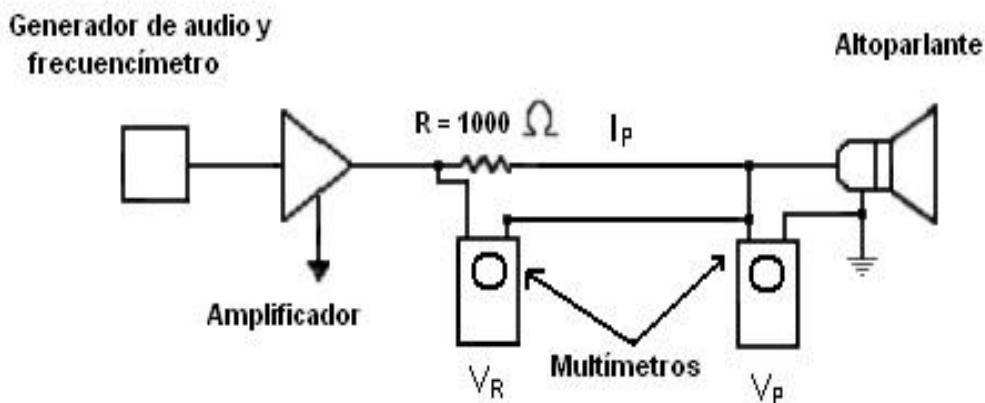


Figura 6. Circuito de medición para la obtención de la curva de impedancia del parlante (Ruffa)

La gráfica de la curva de impedancia obtenida se muestra en la figura 7. De los valores obtenidos se observa que la frecuencia de resonancia del sistema se encuentra en 60 Hz. Debido a esto, se diseñó e implementó dentro del circuito final, un filtro paso-bajo de segundo orden, con sus elementos calculados a esta frecuencia. La frecuencia de corte de este filtro es de 100 Hz.

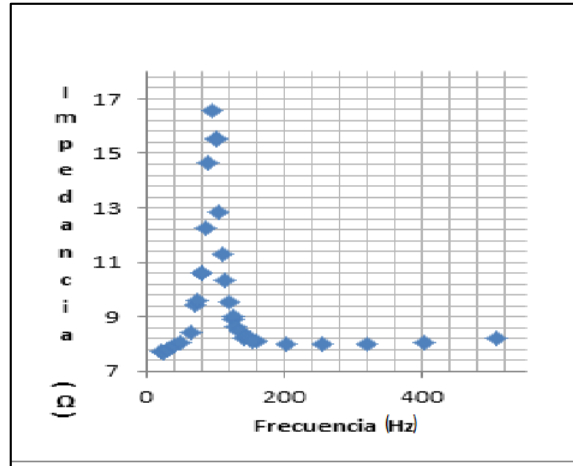


Figura 7. Curva de impedancia del altoparlante utilizado para la construcción del Subkick

**DISEÑO DEL FILTRO PASA-BAJOS PARA EL SUBKICK**

Se procede al cálculo de los parámetros de un filtro paso-bajo, debido a que se desea asegurar que sólo los componentes de frecuencias bajas sean capturados y registrados. Para esto, se ha diseñado el filtro que aparece en la figura 8, donde tenemos:  
Para una frecuencia de resonancia de 100 Hz,

$$R_2 = \frac{1}{2\pi f(0.01\mu F)} = 159.15k\Omega \tag{16}$$

$$R_1 = \frac{1}{2\pi f(0.1\mu F)} = 15.915k\Omega \tag{17}$$

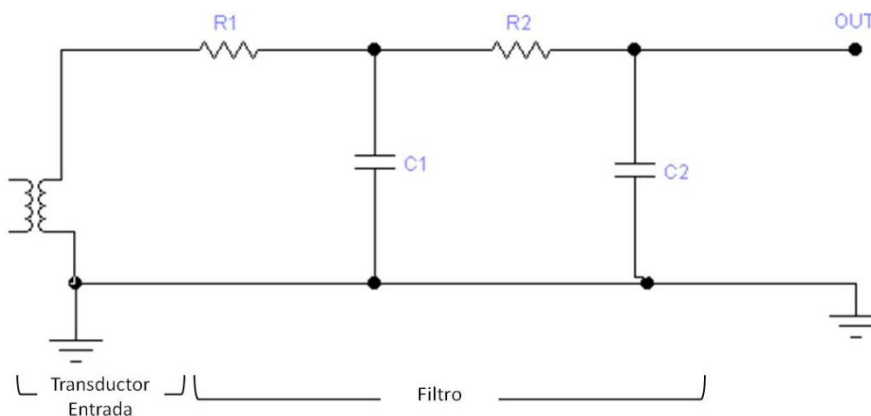


Figura 8. Diseño del filtro paso-bajo para el Subkick

**DISEÑO DE UN SUBKICK PARA EL REALCE DE BAJAS FRECUENCIAS**

El sistema completo consta por lo tanto del transductor, del filtro paso-bajo, y del inversor de polaridad. Finalmente el dispositivo cuenta con los pines de salida respectivos para hacer posible el registro de estas señales de baja frecuencia.

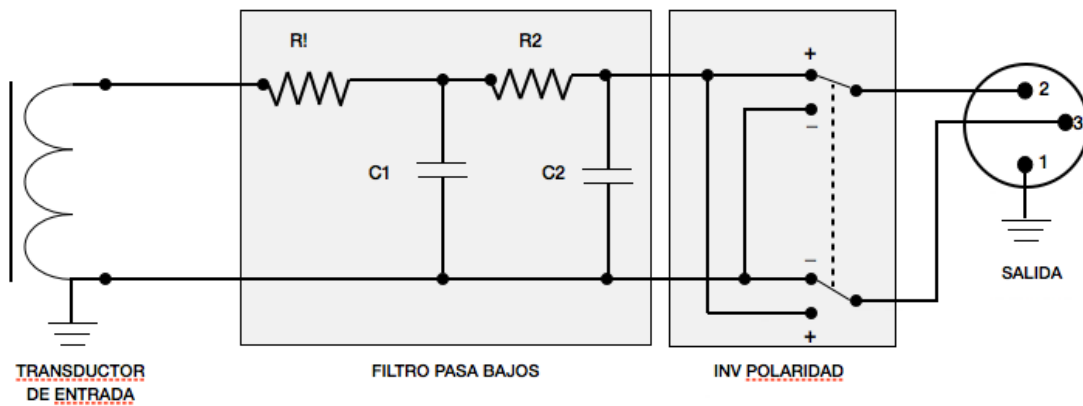


Figura 9. Diseño completo del Subkick

**IMPLEMENTACIÓN DEL SUBKICK PARA EL REALCE DE BAJAS FRECUENCIAS**

En la siguiente fotografía tenemos la imagen del Subkick implementado.



Figura 10. Sistema implementado

## CONCLUSIONES

El Subkick es un elemento de captura de frecuencias bajas, que puede enriquecer al sistema de captura tradicional de tambores. Añadiendo un Subkick a la microfonería del kick de la batería, se posibilitará el registro de un mejor sonido de bajas frecuencias (graves). El sonido del kick se enriquece y se incrementa en profundidad y potencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://usa.yamaha.com/products/musical-instruments/drums/accessories/lowfreq/skrm-100sfv/>

Pueo O.B. & Romá R. M. Electroacústica, Micrófonos y Altavoces, Ed. Pearson, 2003.

Skvor, Z. (2009). Akustika a Elektroakustika. Akademia, Czech Rep.

Beranek, L. Acoustics, American Institute of Physics (1986).

Kinsler, L., Frey R. A., Coppens Alan B. & Sanders J. Fundamentals of Acoustics. Fourth Edition. Jhon Wiley & Sons, Inc. (2000).

Rossing T. D. Springer Handbook of Acoustics. Springer Ed (2007).

Ruffa F. Guía de Laboratorio de Medición de Impedancia del Parlante Dinámico.