

Un nuevo sistema para la impresión fotoeléctrica del sonido¹

II

REQUISITOS PARA LA PERFECTA REPRODUCCIÓN DEL SONIDO

Propagándose el sonido, como todo movimiento vibratorio, siguiendo una ley sinusoidal, es evidente que todas las transformaciones a que sea preciso someter una onda sonora desde que sale emitida por un cuerpo hasta que es recibida por el sentido humano del oído, deben seguir fielmente aquella ley, o, por lo menos, conocerse exactamente en qué forma y magnitud se han apartado de ella, para que sea posible su restitución antes de dar por terminadas aquellas transformaciones.

DISTORSIONES LINEALES Y NO LINEALES

Todo apartamiento de la ley sinusoidal trae consigo una "distorsión" del sonido, que se llama "lineal", si se conoce a su vez la ley que ha seguido y la manera de enderezar el error, y "no lineal" en el caso contrario.

Se comprende, pues, que todo sistema sonoro que mediante una serie de transformaciones reproduzca el sonido debe cumplir como condición fundamental la de no producir distorsiones "no lineales". Esta condición teórica es irrealizable en la práctica a causa de las llamadas vulgarmente "impurezas de la realidad"; pero sí puede conseguirse que las distorsiones inevitables de un sonido reproducido se limiten a una magnitud tal que el oído humano, que es el aparato con que las vamos a apreciar, no las acuse.

CAUSAS PRINCIPALES DE DISTORSIÓN

Los sonidos que habitualmente percibimos están constituidos por un complicado complejo de notas musicales puras, representadas cada una de ellas por una sinusoide cuyo período da su tono, y su ordenada máxima, o amplitud, su intensidad. La suma geométrica de todas estas curvas elementales es la sinusoide compleja que representa el sonido real.

De aquí se desprende que las tres causas fundamentales de distorsión sean:

- 1.ª Que sufran modificaciones las frecuencias de las sinusoides.
- 2.ª Que la sufran las amplitudes u ordenadas de las curvas.
- 3.ª Que la forma de las curvas no sea sinusoidal.

IMPORTANCIA DE CADA UNA

Afortunadamente, las frecuencias de las distintas sinusoides que integran un sonido se encuentran en la realidad ligadas como las ruedas dentadas de una

cadena de engranajes, por lo cual, al modificar la frecuencia de una de ellas, todas las demás se modifican proporcionalmente. Unido esto a la gran facilidad que existe mecánicamente de modificar en la medida precisa la velocidad de rotación de un elemento, se tiene por resultado que esta primera causa de distorsión, que tan sólo produce un cambio en el tono del sonido, pueda ser completamente eliminada.

Un ejemplo, asequible a todo el mundo, de esta clase de distorsión es la que se produce variando la velocidad de giro de un disco gramofónico, con lo que sube o baja el tono únicamente.

TIMBRE E INTENSIDAD

La segunda de las tres causas de distorsión enunciadas actúa sobre el timbre de los sonidos reproducidos, en los cuales las amplitudes de las distintas sinusoides elementales no han conservado sus magnitudes relativas. Cuando, conservando éstas, se modifican aquéllas en su totalidad, y proporcionalmente entonces el sonido reproducido es más intenso o más débil que el original, distorsión, como la anterior, fácilmente corregible; pero cuando, por el contrario, como ocurre en la realidad, las notas de gran frecuencia (3 000 a 10 000 p. p. s.) sufren en las transformaciones intermedias un amortiguamiento progresivo y enérgico, entonces el sonido se deforma, tomando ese timbre tan característico de los altavoces usuales, transformando completamente la música orquestal al eliminar casi en absoluto algunos instrumentos, destacando indebidamente algunos otros.

Esta causa de distorsión, a pesar de la importancia de sus consecuencias, es relativamente fácil de combatir, y actualmente puede considerarse como una cuestión satisfactoriamente resuelta en la reproducción fotoeléctrica del sonido, con la que han llegado a registrarse frecuencias aun más altas que las que el oído puede percibir.

En el momento presente, el público general admite como en buena reproducción del sonido aquella en la que las frecuencias comprendidas entre unos 100 y 5 000 p. p. s. estén correctamente valoradas. Para que en un 90 por 100 de los casos no puedan conocer los auditores si la música o la palabra que oyen es natural o reproducida se precisa ampliar dichos límites desde 40 a unos 10 000 p. p. s., ideal que, lejos de ser utópico, puede asegurarse será conseguido en breve plazo para el público, pues en los laboratorios es cosa ya realizada.

MUSICALIDAD

Por último, la tercera de las causas de distorsión enunciadas, o sea la que se refiere a la forma sinusoidal de las curvas, ha sido y es el escollo con que tropiezan todos los sistemas fotoeléctricos hasta el

¹ Véase la REVISTA del 15 de diciembre último, pág. 556.

presente empleados para la impresión del sonido sobre película cinematográfica.

En la figura 1 aparecen dibujadas tres curvas pe-

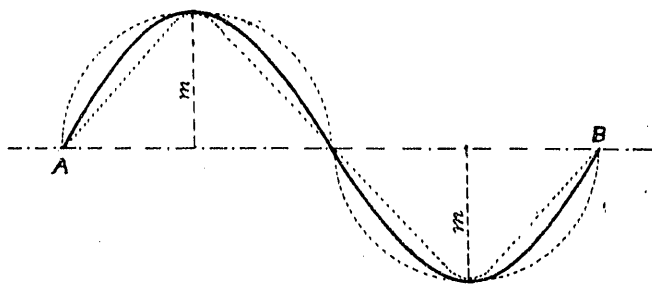


Fig. 1. De todas las curvas de periodo AB y amplitud m , sólo la senoide representa un sonido musical puro

riódicas de idéntica frecuencia y ordenadas máximas o amplitudes. Solamente la senoide (en trazo lleno) representa un sonido. Las demás representan

fotografiado (figuras 2, 3 y 4) demuestra claramente la ventaja fundamental de nuestro sistema por lo que a este importante factor de la musicalidad se refiere.

Mediante el sistema transversal (fig. 2), las senoideas de elevada frecuencia se convierten en afiladísimas agujas, cuya forma geométrica resulta francamente indeterminada. Si las tres curvas de la figura primera las dibujásemos con una escala de ordenadas veinte veces mayor, por ejemplo, resultaría imposible distinguirlas entre sí.

En el sistema de densidad variable, que es actualmente el más usado, la forma sinusoidal está confiada a una especie de sombreado en que la intensidad o densidad de la sombra corresponda en cada punto a la ordenada de la senoide. Claramente se adivina la formidable dificultad que supone la realización práctica de esta terrible condición, sobre la que ya hablamos en la primera parte de este artículo.

El nuevo sistema multitransversal elimina total-

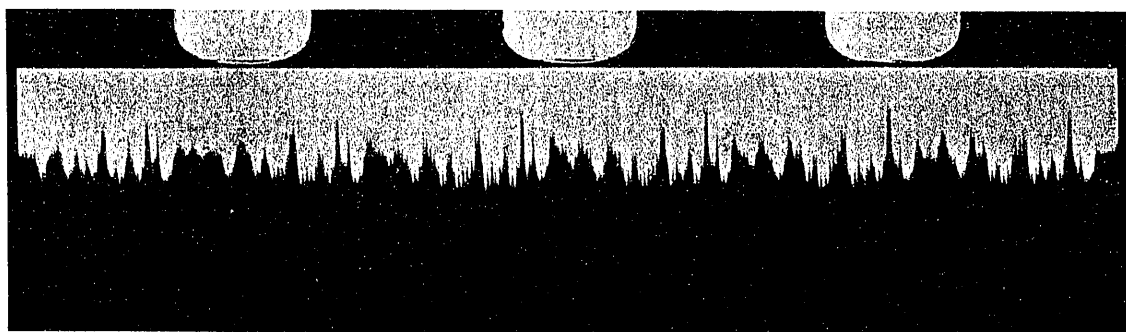


Fig. 2. Ampliación fotográfica de la banda de sonido de una película cinematográfica. Sistema transversal simple

un ruido, más o menos musical conforme se aparten menos o más de ella.

Esta causa de distorsión no afecta directamente ni a la intensidad, ni al tono, ni al timbre del sonido, que son las tres cualidades clásicas del mismo. Afectan a su "musicalidad", nuevo factor que nos atrevemos a bautizar y que estamos convencidos de que,

mente esta indeterminación de la forma de las curvas al yuxtaponer un crecido número de senoideas idénticas dibujadas con una escala de ordenadas tal que los máximos positivos y negativos queden representados por magnitudes del orden de la que represente el semiperíodo en las notas más elevadas que hayan de registrarse.

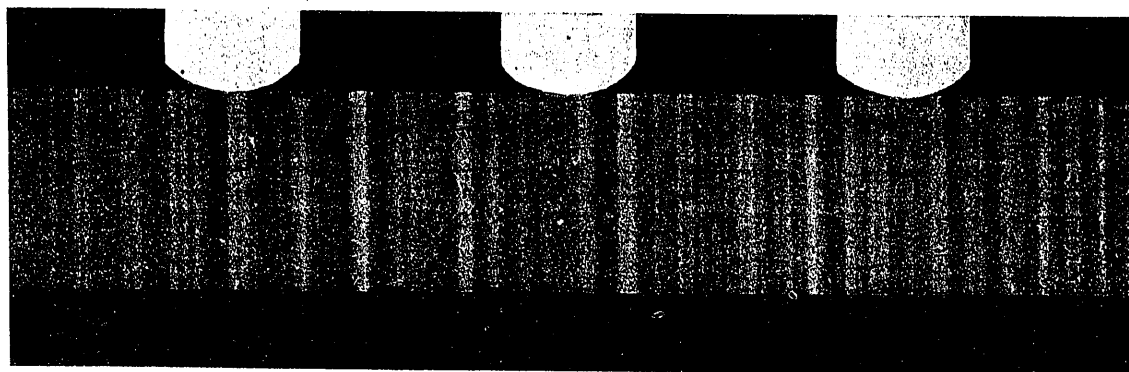


Fig. 3. Ampliación fotográfica de la banda de sonido de una película cinematográfica. Sistema de densidad variable

con un nombre o con otro, será incorporado algún día al estudio de la fonética, pues el oído humano presenta para él gran sensibilidad.

VENTAJAS DEL SISTEMA MULTITRANSVERSAL

La simple comparación de las bandas de sonido

RESUMEN

Como características esenciales del sistema multitransversal pueden señalarse las siguientes:

1.ª El límite superior de las frecuencias acústicas que son susceptibles de ser registradas por este sistema está muy por encima del límite de audibili-

dad, lo que asegura la perfecta impresión de todos los sonidos y ruidos con su timbre o calidad acústica peculiares.

2.^a Se suprime totalmente la complicación que en el proceso fotográfico exigen los sistemas de densidad variable para obtener valores muy críticos de "gamma", tanto en el negativo como en el positivo, ya que en este sistema la impresión carece de medias tintas, no existiendo más que negros opacos y blancos transparentes, cuyo contraste es fácil de obtener al más inexperto fotógrafo.

espectro cromático más apropiados a la emulsión sensible que se emplee, siendo perfectamente aplicables al objeto los dispositivos empleados para los lectores de sonido en los aparatos proyectores que pueden permitir la impresión del negativo de sonido sobre película positiva del tipo corriente, cuyo precio es enormemente más reducido que el de las películas especiales negativas que actualmente se fabrican a este objeto.

6.^a La potencia eléctrica necesaria para la impresión de las más elevadas frecuencias audibles es muy

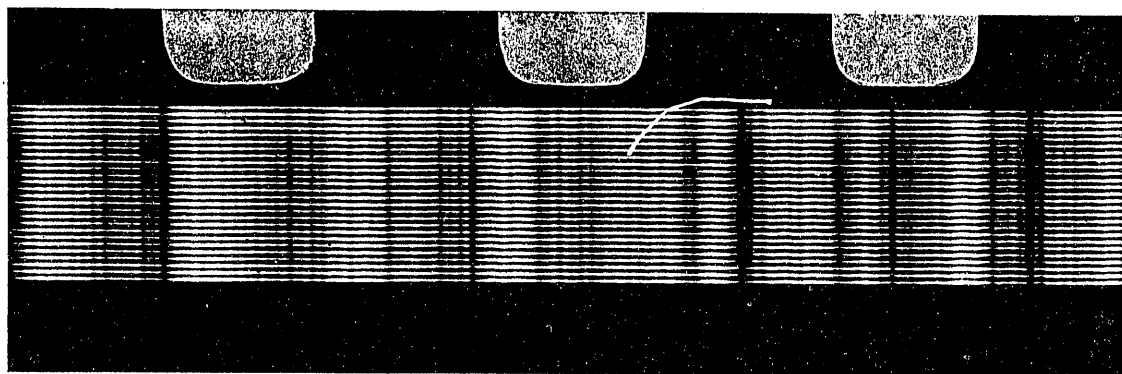


Fig. 4. Amplificación fotográfica de la banda de sonido de una película cinematográfica. Sistema multitransversal Laffón-Selgas (Factor de multiplicación, $N = 50$)

3.^a Como consecuencia de la ventaja antedicha, la obtención de copias positivas más o menos contrastadas no influye sensiblemente más que en la intensidad del sonido reproducido, pero no en su calidad, pudiendo incluso admitirse en una misma copia diferencias de opacidades de unos trozos a otros que pueden ser corregidas con el mando de volumen del amplificador durante la proyección.

4.^a A semejanza del sistema de densidad variable, no produce distorsión apreciable la falta de uniformidad en la iluminación de la ranura, tanto en la impresión como en la proyección, ni tiene que ser absolutamente precisa la situación de la banda de sonido con respecto a la ranura de proyección, inconvenientes tal vez los más serios con que han tropezado los sistemas transversales ensayados.

5.^a La impresión puede hacerse utilizando cualquier clase de fuente luminosa, de la intensidad y

reducida, lo que permite emplear amplificadores microfónicos tan sencillos y económicos como los corrientemente empleados en los aparatos de uso doméstico.

7.^a El oscilador, que constituye por sí solo la esencia del sistema, tiene la simplicidad y escaso coste de un motor de altavoz electrodinámico usual y puede adaptarse a la mayoría de los aparatos actuales de impresión del sonido, de los que aprovecharía el sistema óptico para la proyección de la ranura luminosa y el mecanismo de arrastre de la película, factores comunes a todos los aparatos de este tipo.

8.^a El precio de un equipo completo de impresionar sonido por este sistema no sería superior al que actualmente tienen en el mercado los aparatos proyectores de cine sonoro del tipo portátil para auditorios reducidos.

Ezequiel DE SELGAS
Doctor en Ciencias

Alberto LAFFÓN Y SOTO
Ingeniero de Caminos

Teoría del arco¹

VI

Experiencias en arcos de puentes

EXPERIENCIAS DE LOS INGENIEROS INGLESES

Se han llevado a cabo en la Universidad de Britosh Columbia, por H. Finlay, para estudiar la influencia del tablero en el comportamiento de la estructura: arco con tablero superior sobre palizadas, utili-

zando el procedimiento Beggs, con modelos reducidos de celuloide; aplicando cargas equivalentes a peso propio, sobrecarga y efectos por variación de temperatura; obteniendo las líneas de influencia de los momentos flectores, esfuerzos cortantes y compresiones longitudinales en clave y arranques.

Los modelos investigados corresponden a un puente de 45 metros de luz, con tablero de 6,30 metros de ancho, soportado, mediante quince montantes, por dos arcos gemelos, separados 4,20 entre ejes, con espesores variando de 0,60 metros en clave a 1,45 metros en arranques, y con un ancho de 1,20 metros (fig. 46).

¹ Véase el número de 1.^o de diciembre último, página 530.