

El siguiente es un apunte realizado por **Luis Aceto** con material extractado y ampliado de :

<http://es.wikipedia.org>

<http://www.xtec.es>

<http://www.ehu.es>

Serie armónica

Sucesión de los sonidos cuyas frecuencias son múltiplos enteros positivos de la de una nota base, llamada fundamental.

- **Propiedades de la serie armónica**

Para estudiar la serie armónica se numera cada sonido con un índice, comenzando por el número uno para el sonido fundamental. Es una importante propiedad de la serie el hecho de que las proporciones (las razones o cocientes) entre los índices respectivos de dos sonidos cualesquiera, es también la proporción entre las frecuencias vibratorias de dichos sonidos; esta proporción caracteriza al mismo intervalo entre dos notas cualesquiera, cuando sus frecuencias se encuentran en la misma proporción.

Escala armónica.



Nº de Armónico	Frecuencia	Nota	Intervalo
1º armónico	66 Hz	do ₁	tono <u>fundamental</u> (el primer do a la izquierda del piano)
2º armónico	132 Hz	do ₂	octava
3º armónico	198 Hz	sol ₂	quinta
4º armónico	264 Hz	do ₃	octava
5º armónico	330 Hz	mi ₃	tercera mayor
6º armónico	396 Hz	sol ₃	quinta, una octava sobre el 3º
7º armónico	462 Hz	sib ₃	séptima menor (muy desafinada)
8º armónico	528 Hz	do ₄	octava
9º armónico	594 Hz	re ₄	segunda mayor, una quinta sobre el 6º

10° armónico	660 Hz	<i>mi</i> ₄	tercera mayor, octava del 5°
11° armónico	726 Hz	<i>fa</i> # ₄	cuarta aumentada
12° armónico	792 Hz	<i>sol</i> ₄	quinta justa, una octava sobre el 6°
13° armónico	858 Hz	<i>la</i> ₄	sexta mayor (muy desafinada)
14° armónico	924 Hz	<i>si</i> b ₄	séptima menor (muy desafinada, igual que el 7°)
15° armónico	990 Hz	<i>si</i> ₄	séptima mayor, una quinta sobre el 10°
16° armónico	1056 Hz	<i>do</i> ₅	octava

El **primer** sonido de la serie, o sonido fundamental, tiene una frecuencia que coincide con la de la nota cuya altura se percibe. El resto de los sonidos se añaden a éste sin alterar su altura aparente, pues el oído funde o integra todos los armónicos en una sola sensación.

El **segundo** sonido de la serie tiene una frecuencia doble de la del primero. Su altura es una octava por encima de aquél.

El **tercer** sonido tiene una frecuencia triple de la del primero, y está en una proporción de 3 a 2 con la del segundo; su altura es una quinta justa por encima de éste, y una doceava (intervalo compuesto por una octava más una quinta) por encima del primero.

El **cuarto** sonido tiene una frecuencia doble de la del segundo; su altura será una octava por encima de éste, y por tanto serán dos octavas por encima del fundamental. Cada vez que el número de orden (o índice) de un armónico es doble, su altura estará siempre una octava por encima.

Si bien el intervalo de octava está bien representado en el pentagrama, pues es una proporción fija de 2 a 1, con la quinta justa y otros intervalos (como veremos más adelante) no sucede lo mismo, pues existen diversos tipos de quinta, cuyas diferencias la notación convencional no tiene en cuenta en absoluto. Las alteraciones clásicas como el bemol y el sostenido no son adecuadas para expresar las pequeñas diferencias o comas entre intervalos equivalentes en el sentido del lenguaje musical.

El sonido número **cinco** se encuentra una tercera mayor por encima del sonido número cuatro. De acuerdo con lo expresado en el párrafo anterior, la tercera mayor que hay entre los sonidos 4 y 5 de la serie armónica es apreciablemente más pequeña que la tercera mayor del

sistema temperado, y esta diferencia no queda reflejada en la notación convencional basada en un pentagrama.

Otro tanto ocurre con los sonidos **5** y **6** cuya distancia es de una tercera menor: se trata de un intervalo relativamente grande cuando se compara con la tercera menor del sistema temperado o del sistema de Pitágoras. El sonido **6** tiene un índice doble del **3** y está una octava sobre él; también forma una proporción $3:2$ sobre el sonido **4**, y por tanto está a una distancia de quinta sobre él.

El sonido número **7** era rechazado por Zarlino como válido para construir intervalos. De hecho, su altura no puede representarse con la suficiente aproximación en el pentagrama. Su separación con el sonido número **6** podría considerarse una tercera menor muy pequeña, y con el sonido **8** formaría una segunda mayor muy grande.

El sonido **8** tiene un índice doble del **4** y su sonido correspondiente estará (una vez más) una octava por encima de éste.

Los sonidos **8**, **9** y **10** dejan entre sí dos intervalos sucesivos de segunda mayor de distinta amplitud (pues no es lo mismo $9/8$ que $10/9$). El tono que hay entre los sonidos **8** y **9** es un "tono grande" y el que hay entre los sonidos **9** y **10** es un "tono pequeño".

De forma similar a lo que ocurre con el sonido **7** de la serie, el número **11** no tiene una representación adecuada en el pentagrama. Su intervalo desde el sonido **10** sería un tono muy reducido.

El sonido **12** es doble del **6** y forma una octava con él. También está en la proporción $3:2$ sobre el sonido **8** y está a una distancia de quinta sobre él.

La representación en el pentagrama del sonido **13** sufre el mismo problema que el **11** y el **7**.

El sonido **14** no escapa a la peculiaridad ya mencionada para el sonido **7**, pero podemos asegurar que forma una octava por encima de éste por ser doble su índice.

El sonido **15** está en proporción de 3 a 2 con el **10**, lo que lo sitúa a una quinta sobre él.

Para terminar, el sonido **16** es, de acuerdo con la misma lógica aplicada hasta ahora, un sonido situado una octava por encima del **8** y cuatro octavas por encima de la fundamental. El intervalo que lo separa del sonido **15** es una segunda menor o semitono diatónico. Este semitono es grande comparado con el semitono temperado; tengamos en cuenta que la tercera mayor entre los sonidos **15** y **12**

es igual a la que hay entre los sonidos 5 y 4 (es por tanto una tercera mayor pequeña). Siendo la cuarta entre el 12 y el 16 de una medida muy similar a la cuarta temperada, no es extraño que el semitono que resulta de la diferencia entre la cuarta y la tercera mayor, sea más grande cuando la tercera mayor es más pequeña, y viceversa. Esta segunda menor "grande" es la que los intérpretes que afinan por el sistema justo aplican para la interpretación de la música antigua.

- **La serie armónica y el timbre**

En una teoría simplificada del timbre musical, cada uno de los sonidos de la serie armónica es un componente del timbre o color del sonido representado por una nota cuya frecuencia es la del sonido fundamental. A los sonidos de la serie armónica, componentes del timbre, se les llama sonidos armónicos o simplemente armónicos. También se han denominado a veces sonidos parciales, alícuotas, acompañantes o concomitantes.

Con alguna licencia, los sonidos de la serie armónica representan los elementos de la serie de Fourier que resulta al aplicar el análisis de Fourier a una forma de onda periódica. Puesto que las formas de onda de los sonidos del mundo real nunca son estrictamente periódicas, el timbre que se analiza por este método se corresponde con el concepto de timbre estático. A la lista de los armónicos (y sus intensidades relativas) que constituyen un sonido y que determinan el timbre estático de éste, se le llama "receta" del timbre. Podemos asimilar la "receta" de armónicos de un timbre musical con la lista de ingredientes de un plato de comida. Cualquier modificación en esta lista o en las proporciones de cada ingrediente, altera el "sabor", "color" o timbre del sonido.

El timbre de un sonido musical representado esquemáticamente por su receta de armónicos, es una versión muy simplificada del espectro de dicho sonido.

- **El papel de cada armónico**

La contribución de cada armónico al timbre del sonido, en su lugar correspondiente dentro de la "receta", es el que sigue:

El sonido fundamental proporciona por sí solo la misma sensación de altura que el fundamental con todos sus armónicos; decimos que la frecuencia de la nota que se oye es igual a la del sonido fundamental.

Debido al fenómeno de la "fundamental fantasma" que tiene su explicación en el carácter no lineal del oído humano, el sonido fundamental no es imprescindible para percibir el conjunto como una nota con la misma altura, siempre y cuando existan o suenen el resto de los sonidos de la serie. El oído "reconstruye" el sonido que falta como si dedujese este resultado de una ecuación cuya única solución posible es esta fundamental.

Los sonidos números 2, 4, 8 y todos los que forman una relación igual a una potencia de 2 con la fundamental, refuerzan el carácter inequívoco de la sensación de altura del conjunto.

Los sonidos 3, 6, 12 y todos aquellos que forman con el 3 una relación que es una potencia de 2, aportan un timbre nasal al conjunto.

Los sonidos 5 y 10 producen un timbre o color "redondo", "profundo", "cálido" y otros adjetivos semejantes.

Los sonidos 7, 11, 13 y 15 son disonantes y dan un carácter "áspero" al sonido.

Al crecer el número de orden de un armónico, su aportación es de más brillantez o claridad; más brillantez que claridad si es un número múltiplo de los 16 primeros excepto los que hemos denominado como disonantes.