

7.1 TEMPERAMENTO IGUAL Y MICROTONOS

El desarrollo de esta séptima parte tiene como objetivo el estudio de otras geometrías posibles del temperamento igual más allá del modelo de doce sonidos que manejamos de manera habitual.

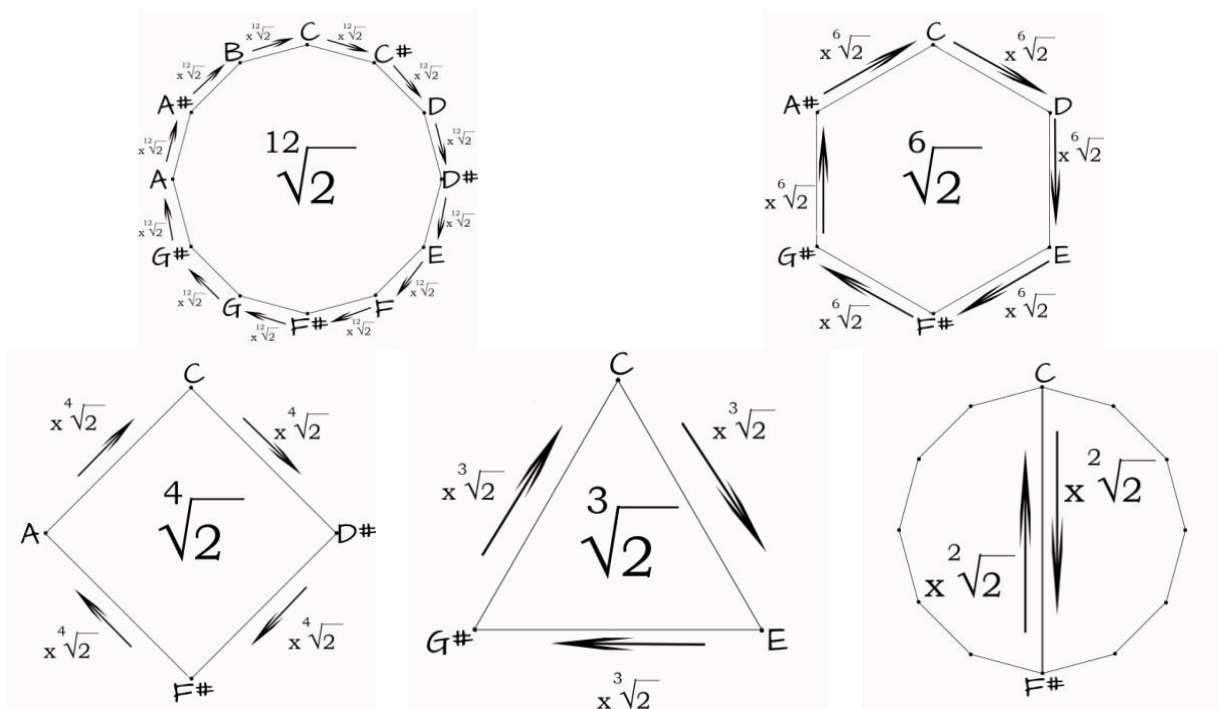
Sabemos que el temperamento igual nos permite dividir el intervalo de octava en partes proporcionalmente iguales entre sí. Su cálculo en términos de frecuencia lo logramos multiplicando por la raíz x de dos. ¹



En la ecuación el radicando dos representa la proporción del intervalo de octava (ya que este se obtiene al multiplicar por dos la frecuencia fundamental) y el índice de la raíz representa el número de notas en los que se desea dividir el intervalo de octava.

El valor de un **semitono temperado** se obtiene al multiplicar por **la raíz duodécima de dos**, y si repetimos el procedimiento doce veces seguidas con cada nueva frecuencia alcanzamos un valor del doble con respecto al punto de partida (es decir, su intervalo de octava).

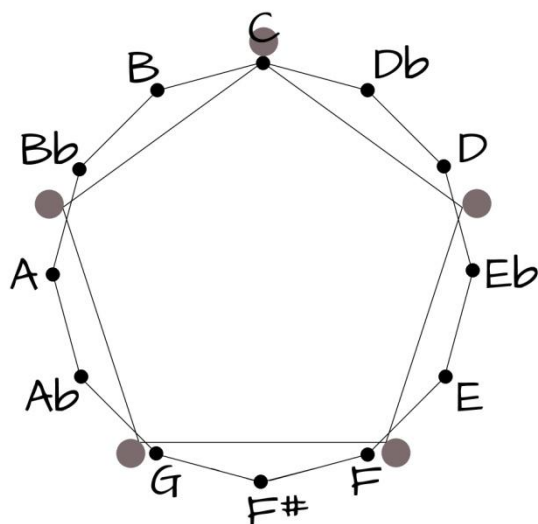
El número doce puede descomponerse en los números seis, cuatro, tres y dos, por lo que hemos manejado en múltiples ocasiones estos valores en el índice de la raíz para la obtención de un tono temperado o la escala de tonos (raíz sexta de dos), las notas de la tetrada disminuida (raíz cuarta de dos), las notas de la triada aumentada (raíz cúbica de dos), y también para el intervalo de tritono (raíz cuadrada de dos).



¹ Nos hemos referido a esta ecuación en diferentes momentos a lo largo de la primera y segunda parte. Recomendamos especialmente la revisión de los capítulos 1.5, 1.7 y 2.3 en caso de duda.

Una vez hemos comprendido el funcionamiento de la ecuación, resulta inevitable cuestionarse qué es lo que puede suceder si manejamos otros números diferentes en el índice de la raíz.

Obviamente, podemos dividir en intervalo de octava en cinco notas proporcionalmente iguales entre sí (*por ejemplo*) al aplicar el número 5 en el índice. Sin embargo, el número cinco no es un submúltiplo de doce, lo que va a provocar que ninguna de las cuatro notas obtenidas coincida con alguno de los otros once sonidos del Temperamento¹². Sucede geométricamente al superponer un pentágono (*regular*) sobre un dodecágono a partir de un vértice común.



$$5\sqrt[5]{2}$$

Curiosamente, esta escala de cinco sonidos es utilizada de manera muy aproximada en el Gamelán indonesio. Cuatro sonidos del pentágono quedan distribuidos a distancias microtonales con respecto a los intervalos del Temperamento¹².

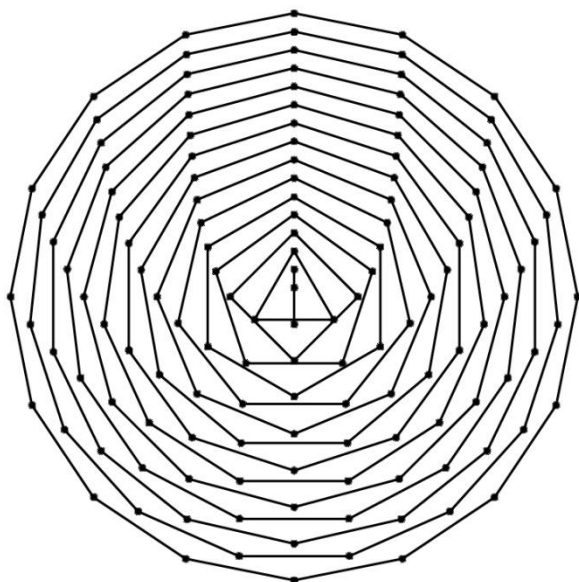
El oído occidental se ha acostumbrado de manera muy férrea a la sonoridad del Temperamento¹². Hasta tal punto que incluso la consonancia perfecta del quinto armónico (*tercera mayor*) es percibida como si estuviese baja de afinación. La escucha de la microtonalidad requiere por tanto de una mentalidad abierta y tolerante ante estos sonidos, que de otro modo pueden ser fácilmente considerados como "*desagradables*" o "*desafinados*".

La microtonalidad es explorada a principios del s. XX. Henry Cowell hace alusión a la existencia de un piano en el conservatorio de Moscú diseñado para tocar cuartos de tono construido en 1864. Charles Ives realiza algunas incursiones en este terreno haciendo usos de cuartos de tono en sus composiciones. Su sinfonía n° 4 (1910-16) requiere además de una grandísima orquesta con una gran sección de percusión, coro y saxofones, de dos pianos (*uno de ellos afinado un cuarto de tono con respecto al otro.*) También Alois Haba, Wyschnegradsky, Busoni, Mildred Couper, Harry Partch entre otros realizan experimentos con cuartos de tono, tercios de tono y otras subdivisiones y elementos microtonales.

El mejicano Julián Carrillo desarrolla composiciones musicales llegando a utilizar divisiones de tercios de tono y hasta dieciseisavos de tono con un sistema teórico y de notación propio al que denomina "*Sonido 13*". Carrillo desarrolla su obra durante décadas hasta su muerte en 1965 haciendo uso de su metodología microtonal empleando para ello pianos, arpas y otros instrumentos preparados especialmente para generar estos intervalos. Actualmente existe en Méjico un movimiento activo que mantiene vivo y difunde el legado de Carrillo y su "*Sonido 13*".

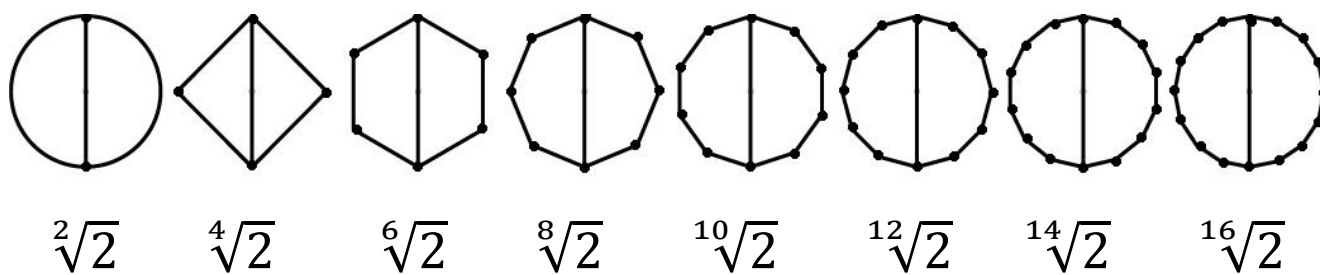
Nuestra intención para el desarrollo de esta séptima parte es establecer relaciones entre las diferentes opciones de temperamento igual tomando siempre como referencia el Temperamento¹², ya que es el que conocemos y manejamos con soltura. Se pretende de este modo facilitar el acceso a estas otras posibilidades a través de su comprensión geométrica.

Aunque para este menester no vamos a establecer conexiones rítmicas entre las frecuencias obtenidas, encontramos un paralelismo geométrico evidente entre los distintos índices de la raíz de dos y los polígonos contenidos en un ritmicón. ²

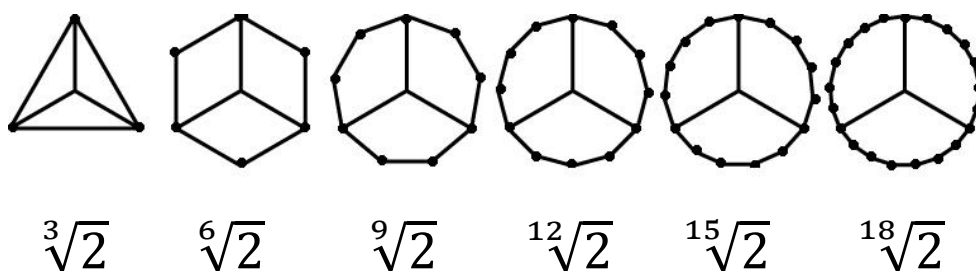


Esta comparativa nos permite deducir que el conocimiento rítmico de la serie armónica es válido también para saber qué intervalos en común tienen los diferentes temperamentos.

Todos los temperamentos pares contienen los dos intervalos del eje entre la fundamental y su tritono. *(Los impares carecen de intervalos de tritono).*

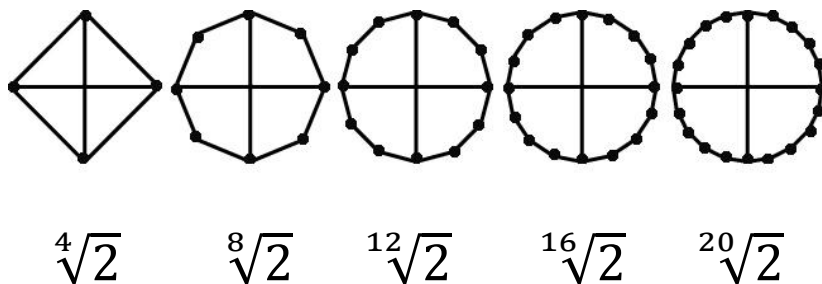


Los temperamentos que sean múltiplos de tres contendrán las tres notas de la triada aumentada.



² Establecemos paralelismo geométrico con el estudio rítmico de la serie armónica que llevamos a cabo en la sexta parte. Ver Cap. 6.3

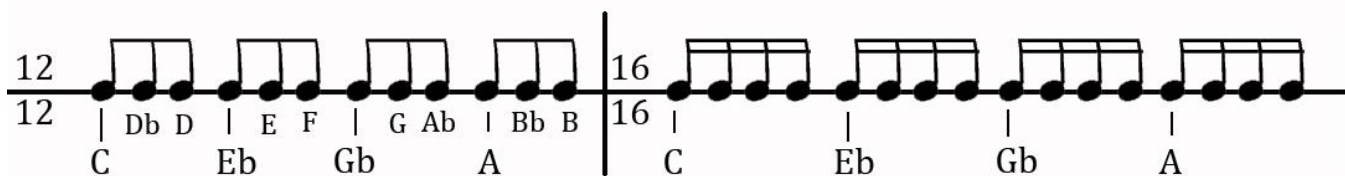
Los temperamentos que sean múltiplos de cuatro contendrán las cuatro notas de la tetrada disminuida.



Del mismo modo, los temperamentos múltiplos de seis contarán con las seis notas de la escala de tonos (TEMP12, TEMP18, TEMP24) y los temperamentos múltiplos de doce con las doce notas de la escala cromática (TEMP24, TEMP36).

Esta información resulta de gran utilidad para establecer puntos de apoyo sólidos y claros, ya que los intervalos compartidos con el Temperamento12 seremos capaces de ubicarlos de manera inmediata.

En estos casos el concepto de pasar de un temperamento a otro se podría equiparar con la habilidad rítmica para encajar un número diferente de figuras manteniendo el pulso. Cambiar de TEMP12 a TEM16 sería por lo tanto algo parecido a realizar un cambio rítmico de 12/12 a 16/16.³



Apoyándonos en las cuatro notas de la tetrada disminuida hemos de ser capaces de encajar cuatro sonidos donde caben tres semitonos. Para el manejo de estos sonidos adicionales hemos de desarrollar nuestras capacidades microtonales.

Los temperamentos que no cuenten con submúltiplos de doce van a resultar más complicados de utilizar, ya que no contaremos con estos puntos de apoyo (TEMP5, TEMP7, TEMP11, TEMP13, etc..)

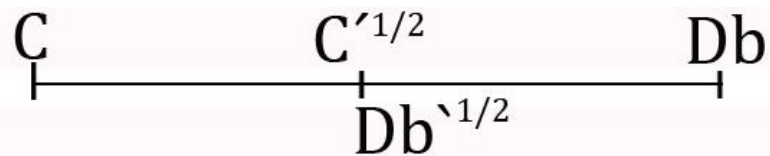
Se hace necesario establecer un cifrado que podamos manejar para los intervalos microtonales. En este estudio decidimos emplear **fracciones de semitono**, lo que nos va a permitir referenciar cual es la nota más cercana del Temperamento12 y desde esta aumentar o disminuir la fracción indicada. Para indicar el sentido ascendente o descendente manejaremos los símbolos $\acute{\text{}}$ y $\grave{\text{}}$, como ya hicimos en los capítulos 5.7 y 5.8 en los que introducimos el Temperamento24 y los intervalos de cuarto de tono.

$\acute{\text{}}$ Fracción ascendente

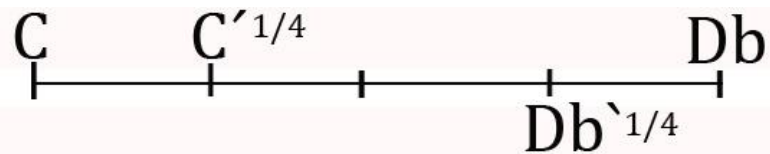
$\grave{\text{}}$ Fracción descendente

³ El capítulo 7.9 está dedicado a esta cuestión. Profundizaremos en la comparativa entre temperamento igual y ritmo.

Un cuarto de tono será por lo tanto equivalente a medio semitono, por lo que emplearemos la fracción 1/2 para referirnos al cuarto de tono.



La fracción 1/4 de semitono es equivalente a un octavo de tono.



El salto que se genera entre intervalos en los diferentes temperamentos puede ser medido en semitonos dividiendo el número doce entre el índice empleado en cada raíz.

Temperamento	Proporción frecuencia	Cálculo	Semitonos entre intervalos
2	$\sqrt[2]{2}$	12/2	6
3	$\sqrt[3]{2}$	12/3	4
4	$\sqrt[4]{2}$	12/4	3
5	$\sqrt[5]{2}$	12/5	2,4
6	$\sqrt[6]{2}$	12/6	2
7	$\sqrt[7]{2}$	12/7	1,714
8	$\sqrt[8]{2}$	12/8	1,5
9	$\sqrt[9]{2}$	12/9	1,33
10	$\sqrt[10]{2}$	12/10	1,2
11	$\sqrt[11]{2}$	12/11	1,09
12	$\sqrt[12]{2}$	12/12	1
13	$\sqrt[13]{2}$	12/13	0,923
14	$\sqrt[14]{2}$	12/14	0,857
15	$\sqrt[15]{2}$	12/15	0,8
16	$\sqrt[16]{2}$	12/16	0,75
17	$\sqrt[17]{2}$	12/17	0,705
18	$\sqrt[18]{2}$	12/18	0,66
24	$\sqrt[24]{2}$	12/24	0,5

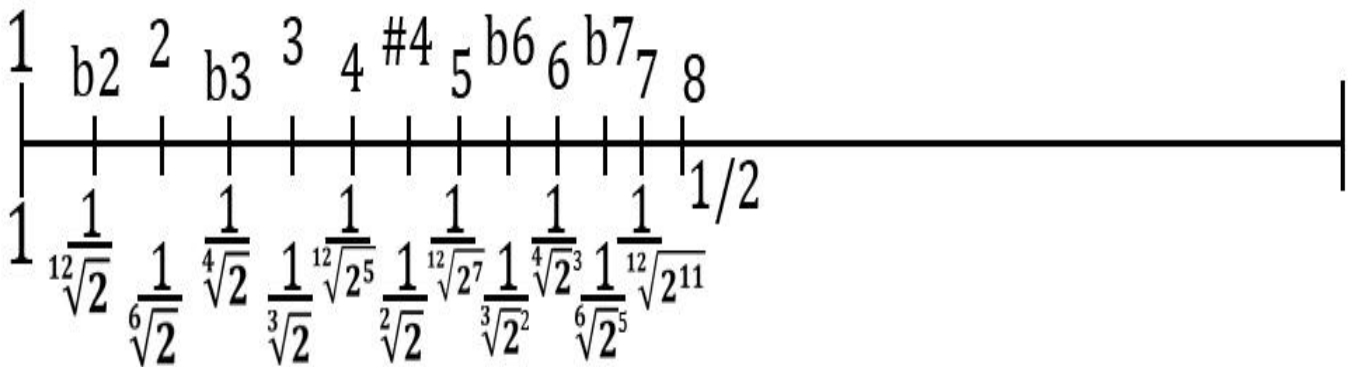
Los resultados con decimales son los que manifiestan la necesidad de emplear fracciones microtonales. En el **Temperamento 8** por ejemplo, el salto entre intervalos es de 1,5 semitonos. Partiendo de la nota **C** un salto de 1,5 semitonos da como resultado la nota **D' 1/2**.

La manera más precisa de alcanzar estas afinaciones va a ser siempre calcular y medir las frecuencias. Con este propósito es posible la utilización de la informática y la afinación de instrumentos de cuerda o viento. Pero son especialmente interesantes los instrumentos de cuerda sin trastes para manejar con soltura los diferentes temperamentos, pudiendo incluso acceder a ellos desde cualquier nota, combinarlos o cambiar de uno a otro de manera inmediata manteniendo la afinación habitual de las cuerdas.

Ya conocemos la relación inversamente proporcional que existe entre la longitud de onda y la frecuencia. Sabemos que al digitar sobre la cuerda alteramos la longitud de onda y obtenemos sonidos progresivamente más agudos a medida que acortamos el tamaño de la cuerda.

En términos de frecuencia, un semitono temperado ascendente se calcula multiplicando por la raíz duodécima de dos. En cambio, para calcular dónde se ubica el intervalo en una cuerda será necesario dividir su longitud por la raíz duodécima de dos.

Podemos aplicar de forma invertida las proporciones definidas en la página 83 para calcular la **posición de cada intervalo del Temperamento12:** ⁴



Elegimos en próximos ejemplos la ubicación de los intervalos microtonales sobre una cuerda, ya que resulta muy visual su comprensión facilitando además el entendimiento de la proporcionalidad entre longitudes de onda. La principal dificultad a la que nos enfrentamos es que la distancia métrica entre intervalos va disminuyendo a medida que acortamos la cuerda. Esto repercute de manera directa en la ubicación de los intervalos microtonales. Medio semitono no es equivalente a la mitad de la distancia que existe entre dos semitonos. Su ubicación exacta queda ligeramente más cercana a la nota aguda.

Nos parecen especialmente interesantes los temperamentos que ofrecen la posibilidad de emplear geometrías contenidas entre sus submúltiplos. Resultan bastante atractivas para una ampliación de los modos de transposición limitada. ⁵ El cromatismo microtonal o la armonía en espejo son otras utilidades interesantes que podemos aplicar.

A lo largo de los siguientes capítulos analizaremos las peculiaridades de diferentes temperamentos y sus relaciones entre sí, tomando siempre como referencia principal el Temperamento12.

⁴ En la página 83 se definen estas proporciones en términos de frecuencia. Para calcular sus respectivas longitudes de onda es necesario aplicarlas de manera invertida.

⁵ Los modos de transposición limitada del TEMP12 los estudiamos en el capítulo 5..11