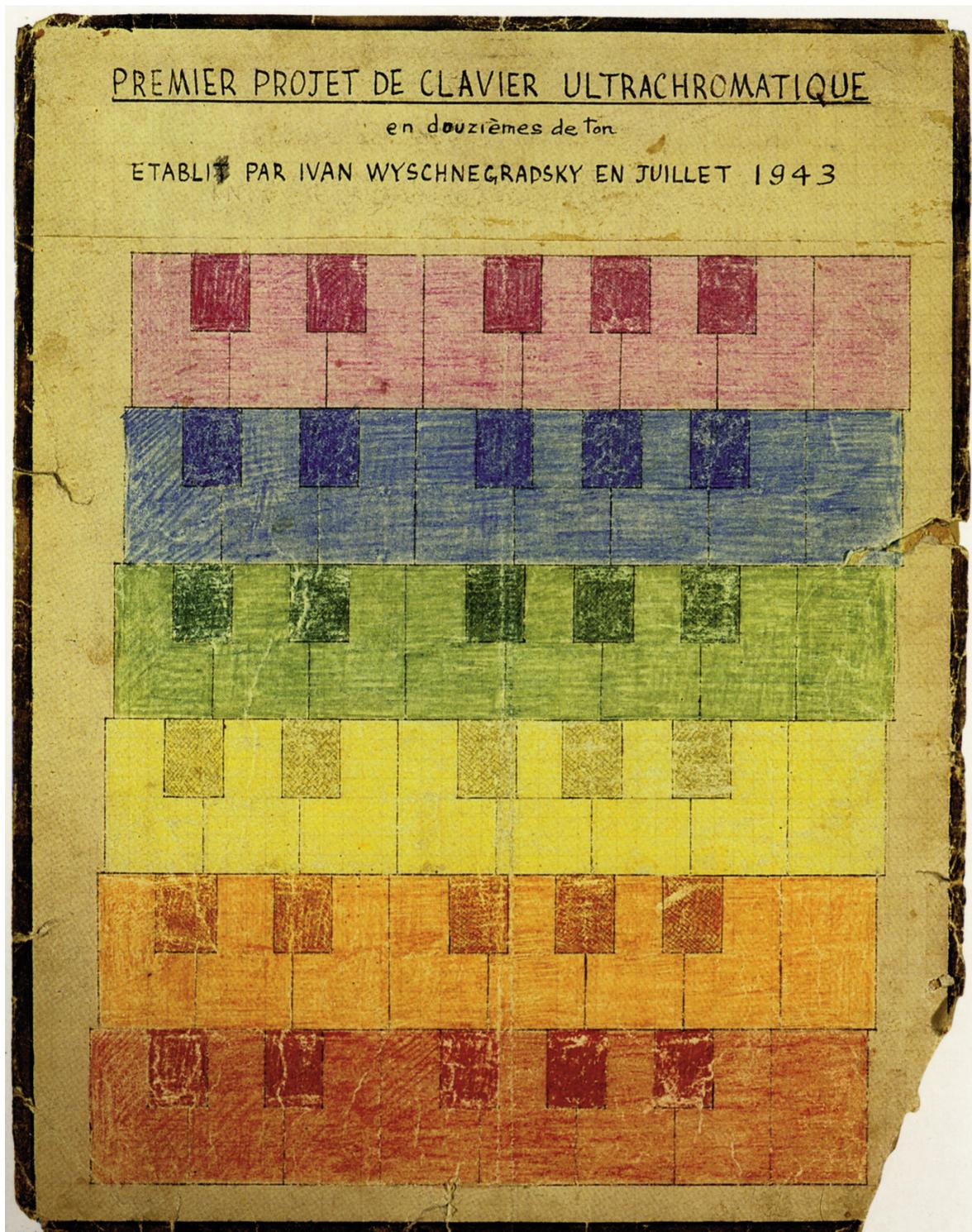


Instrumentos microinterválicos



Ivan Wyschnegradsky: *Proyecto de teclado ultracromático en doceavos de tono* (1943)

Tecnologías de realización microintervalica

Diversos caminos se han explorado para la realización de músicas microintervalicas.

1. Uso de instrumentos de altura continua

Son principalmente las cuerdas frotadas (la familia del violín), la onda Martenot o el Theremin, el trombón entre los aerófonos, y la voz. Entre las formaciones favoritas: el cuarteto de cuerdas y conjuntos de trombones; muchas otras son por supuesto imaginables. También se usan asociados a instrumentos no microintervalicos.

Ejemplos

ALOIS HÁBA: *Cuartetos de cuerdas* n° 2 op. 7, 3 op. 12, 4 op. 14, 5 op. 15, 6 op. 70, 12 op. 90 y 14 op. 94 en 1/4 t., n° 16 op. 98 en 31 n/oct., n° 10 op. 80 y 11 op. 87 en 1/6 t.; *Suite* op. 72, 4 trombones, 1/4 t.; IVAN WYSCHNEGRADSKY: *Cuartetos de cuerdas* n° 1 op. 13, n° 2 op. 18, n° 3 op. 38b, *Composición* op. 43, en 1/4 t.; JULIÁN CARRILLO: *Cuartetos de cuerdas* n° 3 y 4, en 1/4 t.; *Misa de la Restauración a Juan XXIII*, coro en 1/4 t.; BEN JOHNSTON: *String Quartet* n° 2 y 3, ent. arm. lím. 5, n° 4, e. a. lím. 7, n° 5 y 9, e. a. lím. 31, n° 6, e. a. lím. 11 ; IANNIS XENAKIS: *Metastasis B* para orquesta, 1/4 t.; etc.

2. Scordatura en instrumentos de cuerdas

La modificación de la *scordatura* de los instrumentos de cuerda, incluidos los instrumentos con trastes, es otro camino que permite extender el acceso a microintervalos, aunque no siempre en la totalidad de la extensión del registro del instrumento. En algunos casos se reafinan algunas notas en arpas o en piano para introducir microintervalos.

Ejemplos

BRIAN FERNEYHOUGH: *Kurze Schatten II*, guitarra con tres cuerdas subidas de 1/4 t.; BEN JOHNSTON: *Sonata for microtonal piano*, piano reafinado en e. a. lím. 5.; MAURICE OHANA: *Signes*, flauta, cítara afinada en 1/3 t., cítara cromática, piano y 4 percusiones; TORU TAKEMITSU: *Bryce*, flauta, 2 arpas con *scord.* 1/4 t., marimba y percusión; etc.

3. Multiplicación de instrumentos con afinación a distancia de un microintervalo

Otro camino experimentado es el de la multiplicación de un mismo instrumento, reafinando los instrumentos agregados globalmente a distancia fija del microintervalo deseado. Así lo piensa Charles Ives en sus *Three pieces*, y así lo promueve la escuela rusa con Wyschnegradsky y con Gueorgui Rimsky Korsakov. Es aplicable a todos los instrumentos que permiten afinar individualmente las notas de manera reversible, o cuyas subdivisiones son relativas y proporcionales (cuerdas y membranas individuales [piano, clave, arpa] y colectivas [guitarra, laúd, viola de gamba]), pero no es aplicable a los instrumentos de afinación permanente (sólidos libres) o a los aerófonos, que requieren longitudes de columna de aire exactas y no proporcionales.

Ejemplos

IVAN WYSCHNEGRADSKY: *24 préludes dans tous les tons de l'échelle chromatique diatonisée à 13 sons* op. 22, 2 pianos a distancia de 1/4 t., *Ainsi parlait Zarathoustra* op. 17, 4 pianos a dist. 1/4 t.; *Chant funèbre* op. 9, cuerdas y 2 arpas a dist. 1/4 t.; *Prélude et fugue* op. 30, 3 pianos a dist. 1/6 t.; *Arc-en-ciel* op. 37, 6 pianos a dist. 1/12 t.; CHARLES IVES: *Three pieces*, 2 pianos a dist. 1/4 t.; GYÖRGY LIGETI: *Ramifications* para 2 orquestas de cuerdas a dist. 1/4 t.; JAMES TENNEY: *Changes*, 6 arpas a dist. 1/12 t.; BRIAN FERNEYHOUGH: *No time at all*, 2 guitarras a dist. 1/4 t.; etc.

4. Instrumentos especiales

La opción de construir instrumentos especiales o versiones especiales de instrumentos estándares es de las primeras que ocurrieron, ya temprano en el Renacimiento con el desarrollo del cromatismo y su aplicación a los instrumentos, particularmente el clave y el órgano. Dio lugar a teclados especiales, con las teclas cromáticas partidas para acceder a los semitonos ascendentes y descendentes, desiguales, y a otras variedades microintervalicas: teclados de 19, 24 o 31 notas por octava, marginales, pero frecuentemente evocados en los libros de los teóricos importantes de esa época: Zarlino, Vicentino, Praetorius, Mersenne, Colonna, etc.

En el siglo XIX, es la crítica del temperamento igual, desarrollado en el siglo anterior y adoptado ampliamente, que genera iniciativas de instrumentos especiales, entre los científicos y los teóricos de la música, más que entre los compositores e intérpretes. Hermann von Helmholtz o Robert Bosanquet proponen sus solu-

ciones técnicas al respecto, con continuaciones en la primera mitad del s. XX. Esos instrumentos, muy marginales, no participan de la producción musical, pero aportan principalmente modelos de teclados que inspiran algunas experiencias del siglo XX.

En el siglo XX, la perspectiva cambia: la jugada viene de los compositores y los intérpretes, de la necesidad compositiva y de la voluntad de expandir el universo sonoro. Instrumentos estándares en versiones especiales para diferentes tipos de microintervalos, instrumentos especiales para nuevos campos sonoros y microinterválicos, son las dos ramas de creación y desarrollo de instrumentos microinterválicos. En el primer caso, aparecen, tímidamente, piano en cuartos de tono con 2 o 3 teclados, armonio en cuartos y sextos de tono, clarinetes y trompetas en cuartos de tono, órgano en $1/31^{\circ}$ de octava (trigésimoprimal, de Adriaan Fokker), órgano eléctrico en doceavos de tono (ekmélico, de Franz Richter Herf), guitarra en cuartos de tono (entre otros, Carrillo), guitarra eléctrica en $1/4$ t. (Bjørn Fongaard); del lado de los instrumentos especiales, Carrillo desarrolla arpa en $1/16$ t., cítaras en $1/16$ t., y en los años 50, los pianos morfoseadores, de estructura normal, con la extensión que permita un teclado entre 88 y 97 teclas, en tercios, cuartos, quintos, sextos, séptimos, octavos, novenos, décimos, onceavos, doceavos, treceavos, catorceavos, quinceavos y dieciseisavos de tono, o el *Sixxen*, instrumento de tubos percutidos diseñado por Iannis Xenakis; del lado de la entonación armónica, muchas variantes de guitarra con 19, 22, 27, 31, 35 y hasta 53 notas por oct. (*dinarrara* de Sábát), equidistantes o no, adaptables o no; Alain Daniélou adapta armonios a su visión de la escala musical en base a sus trabajos sobre la música de la India indostaní; conjuntos de instrumentos propios específicos como los de Harry Partch, Ivor Darreg, Erv Wilson, o el *zoomoozooophone* (Dean Drummond), y otros, generalmente reservados a su inventor o un pequeño grupo cercano a él.

El principio del siglo XXI ve aparecer cada vez más instrumentos estándares extendidos a microintervalos tales como la flauta en $1/4$ t. Kingma, el acordeón en $1/4$ t., vibráfono o marimba en $1/4$ t., así como todos tipos de adaptaciones de los diapasones de guitarra y otros cordófonos. También reconstrucciones de instrumentos antiguos, como el *archicembalo* o el *arciorgano* de Nicolà Vicentino, o el *clavemusicum omnitorum* de Vito Trasuntino.

Ejemplos - instrumentos estándares extendidos

ALOIS HÁBA: *Suites* n° 1 op. 10, n° 2 op. 11, n° 3 op. 16, n° 4 op. 22, n° 5 op. 23, piano en $1/4$ t., *Suite* n° 1 op. 24, n° 2 op. 55, clarinete en $1/4$ t. & piano en $1/4$ t., *Suite* n° 1 op. 54, guitarra en $1/4$ t.; BRIAN FERNEYHOUGH: *Renvoi/Shards*, guitarra eléctrica en $1/4$ t y vibráfono en $1/4$ t.; IVAN WYSCHNEGRADSKY: *Prélude et fugue* op. 15, piano en $1/4$ t., *Étude ultrachromatique* op. 42, órgano Fokker en $1/31$ oct.; BJØRN FONGAARD: *Reflections* op. 33, guitarra eléctrica en $1/4$ t. & voz; FRANZ RICHTER HERF: *Alapa* op. 9, órgano ekmélico en $1/12$ t.; JÖRG MAGER: *Psaume*, armonio en $1/4$ t.; etc.

Ejemplos - instrumentos especiales

JULIÁN CARRILLO: *Preludio a Colón*, soprano y ensamble con arpa en $1/16$ t.; *Balbuces*, piano morfoseador en $1/16$ t. y orquesta. IVAN WYSCHNEGRADSKY: *Poème* op. 44a, piano morfoseador en $1/6$ t., *Étude* op. 44b, piano morfoseador en $1/12$ t., *Prélude et étude* op. 48, piano morfoseador en $1/3$ t.; BRUCE MATHER: *Hommage à Carrillo*, piano morfoseador en $1/16$ t.

HARRY PARTCH: *The Delusion of the Fury*, teatro musical, voces, coro, ensamble de instrumentos propios; *And on the seventh Day*, *Petals fell in Petalumna*, ensamble de instrumentos propios.

(Ver más detalles de esos instrumentos en las páginas siguientes).

5. Extensión de las técnicas tradicionales

Otro camino, en los instrumentos de altura variable, es el desarrollo de nuevas alturas obtenidas a partir de nuevas digitaciones en instrumentos aerófonos (ver más adelante). Ese desarrollo llevó a numerosos libros técnicos destinados tanto a instrumentistas como a compositores, exponiendo qué digitaciones para diversos espacios microinterválicos, permitiendo el uso específico en numerosas obras desde los años 60 del siglo XX. En todos casos, la precisión de la afinación no depende solamente de la digitación, sino también de la presión de aire, de la posición en la boquilla, y muchas veces se acompaña de inestabilidad o de restricciones en cuanto a la dinámica, o a la posibilidad de trinos o de glissando, o de ataques particulares.

Ejemplos

BRIAN FERNEYHOUGH: *Unity Capsule*, flauta, $1/4$ t. & $1/31$ oct.; KLAUS HUBER: *Plainte - lieber spaltet mein berz*, flauta en sol, $1/3$ t.; MAURICE OHANA: *Sarc*, oboe, $1/3$ t.; KARLHEINZ STOCKHAUSEN: *Pietà*, fliscorno $1/4$ t., soprano & electrónica; etc.

6. Instrumentos electrónicos

La llegada de los instrumentos electrónicos aportó una apertura hacia los microintervalos. El theremin, el Sphärophon y el Partiturophon de Jörg Mager, la onda Martenot y el trautionium tienen capacidad microintervalica, y así lo van a explotar algunos compositores (Gueorgui Rimsky Korsakov con el Sphärophon, Messiaen con la onda Martenot). Las generaciones siguientes de instrumentos electrónicos, más orientados a estudios, también van en esa línea, pero intervienen más en bandas sonoras o en música electrónica que en concierto.

También aparecen instrumentos electrónicos específicamente pensados para microintervalos como el *Archifoon* (Anton de Beer, 1/31 oct.), el *Scalatron* (George Secor, con la firma Motorola), o el *Semantic* en los años 2000, a partir del trabajo de Alain Daniélou.

Con los sintetizadores, se abren posibilidades importantes que varios compositores exploran. Con el advenimiento de la informática musical, esa exploración se desplaza hacia los software de programación o de muestreador, en la frontera con la transformación electrónica en vivo y los instrumentos virtuales.

Ejemplos

IVAN WYSCHNEGRADSKY: *Composition* op. 52, 4 ondas Martenot, 1/4 t. ; OLIVIER MESSIAEN: *Monodie en quart de ton*, ondas Martenot, 1/4 t. ;

EASLEY BLACKWOOD: *Fanfare in 19-note equal tuning* op. 28a, sintetizador en 1/19 oct.; *Twelve Microtonal Etudes for Electronic Music Media* op. 28, sintetizador en 1/13, 1/14, 1/15, ... , 1/23, 1/24 oct.; HENK BADINGS: *Archifonica*, archifoon, 1/31 oct.;

7. Electrónica de estudio

A partir de 1950 se empieza a desarrollar la música electrónica, producto de la generación artificial de sonido mediante medios electrónicos, grabados y manipulados en cinta y luego en soportes informáticos. Lugar por excelencia de experimentación microintervalica, ese medio no se tiene que plantear dificultades técnicas para la realización de la música. En los años 60 y posteriormente, se agrega y progresivamente sustituye la síntesis digital de sonido con las mismas posibilidades microintervalicas sin límite.

Ejemplos

KARLHEINZ STOCKHAUSEN: *Studie II*, electrónica, división de 1/25 de 5 (2 oct. + tercera mayor arm.); TON DE LEEUW: *Elektronische Studie*, 1/31 oct.; ERNST KRENEK: *Spiritus intelligentiae, sanctus* op. 152, 2 voces, narrador & sonido electr. en 1/13 oct.; TOSHIRO MAYUZUMI & MAKOTO MOROI: *Variations on Numerical Principle of 7*, electrónica, división de 1/49 de 7 (2 oct. + tritono séptimal); etc.

8. Transformación electrónica de instrumentos en vivo

Otro camino, aplicable a virtualmente cualquier instrumento: su transformación por medio de su microfoneación y de la aplicación de una transposición electrónica en tiempo real del microintervalo buscado. La operación (“pitch-shifting” en inglés) permite cualquier tipo de microintervalo, independientemente de qué instrumento suena. Si el instrumento emisor está además provisto de un sistema MIDI, podrá sincronizar la emisión y la transformación a la perfección. El límite de ese proceso tiene que ver con la capacidad de proceso en tiempo real del equipamiento, y del virtuosismo que se pretende.

Ejemplos

PIERRE BOULEZ: *Répons*, 6 solistas, ensamble, transformación electrónica y espacialización; etc.

9. Instrumentos virtuales

El desarrollo de la tecnología de muestreo permite a partir de un conjunto de muestras instrumentales recrear virtualmente cualquier instrumento, y aplicarle transformaciones en cualquier parámetro sonoro, prácticamente sin límite. Para los microintervalos, es la posibilidad de utilizar cualquier transposición para generar microintervalos de cualquier índole, incluso, si se quiere, microintervalos determinados al azar o pertenecientes a varios sistemas microintervalicos. Permite, entre otros, el uso simultáneo (poli-microintervalidad) y el uso de cambio progresivo de uno a otro sistema, así como el uso de divisiones microintervalicas en instrumentos en los cuales sería impensable construir modelos adecuados, en particular divisiones muy finas que requieren muchos cuerpos vibrantes (barras, cuerdas, etc.), con dificultad técnica para realizar mecánicas muy complejas (sistemas de llaves en aerófonos). Por ejemplo, esta técnica del instrumento vir-

tual permite crear un clave en $1/16$ t., o una obra para piano iniciando en semitonos (12 notas por octava) y transformándose progresivamente en divisiones más finas hasta el cuarto de tono, pasando por las divisiones intermedias (13 notas equidistantes, 14, 15, ... 24 notas equidistantes por octava).

Ejemplos

JEAN-ÉTIENNE MARIE: *Ecce ancilla domini*, 32 cuerdas en $1/4$ t., cuerdas en $1/5$ y $1/6$ t. sobre cinta; etc.

Teclados

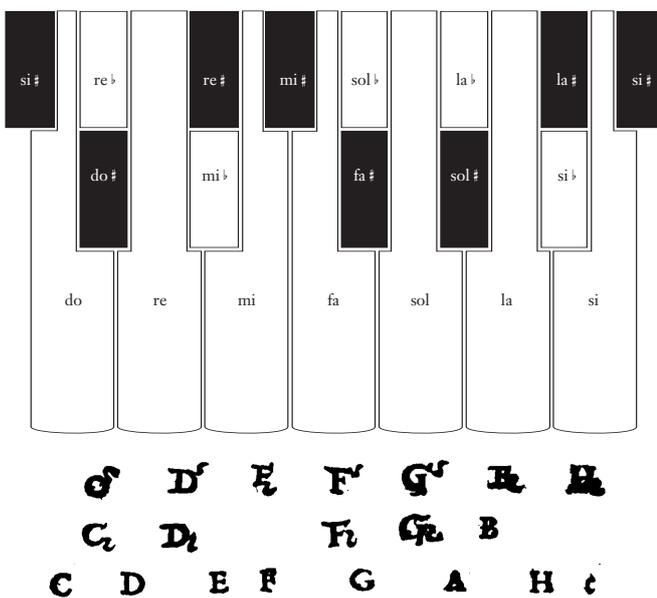
Los teclados no constituyen una categoría organológica en sí, sino un tipo de mecánica aplicable a diferentes tipos de cuerpos vibradores, tales como cuerdas (pulsadas o percutidas), aerófonos (como el órgano), laminófonos (como el armonio) o sintetizadores. Por esta razón están asociados aquí.

I. Cromatismo y enarmonismo renacentista

La experimentación que se desarrolla en el s. XVI tiene que ver primero, como lo indican los nombres atribuidos a los claves y el contexto en el cual se publican sus características, con la idea del cromatismo, consecuencia del desarrollo polifónico contrapúntico de ese momento.

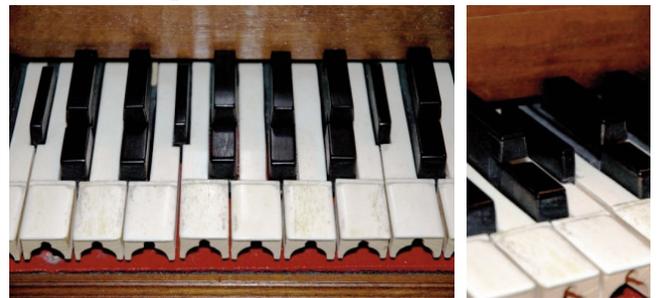
Cembalo cromático (o enarmonico)

En su forma más estándar, el teclado del *cembalo cromático*, a veces también llamado *cembalo enarmonico*, tiene 19 teclas por octava, distribuidas como sigue:



Teclado del Cembalo Universale de Carl Luyton, y su descripción por Michael Praetorius en: *Syntagma Musicus*, parte II, *De Organographia*, 1619, f. 64.

Algunos teclados omiten los mi y si sostenidos y se quedan con 17 teclas por octava.



Reconstrucción del *cembalo cromático* de Francesco Fabbri (1631) Reconstrucción del *Cembalo Universale* de Praetorius, K. Hill, 1983.

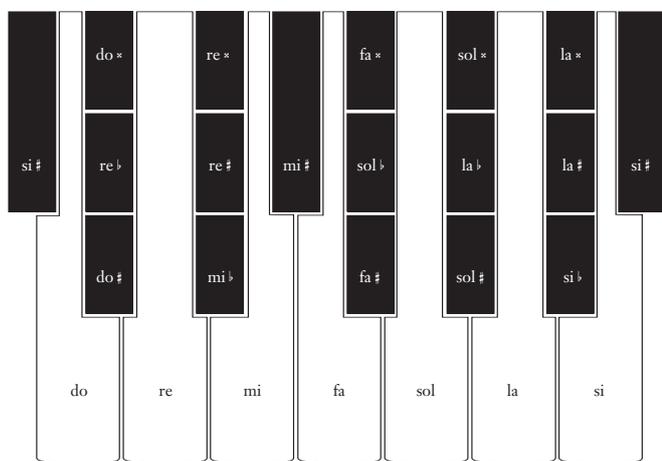
Cembalo de Gioseffo Zarlino, 19 o 24 teclas/oct.

En su libro *L'Istitutione Harmoniche* (1558), Gioseffo Zarlino describe una división de la octava que permita el completo uso de los tres géneros griegos y que implica la división del tono en cuatro partes. Menciona que se realizó un clave con estas características en 1548 (Domenico da Pesaro) y adjunta un dibujo de otro teclado, de 19 teclas por octava, del cual existen algunos ejemplares, aunque no siempre relacionados con

Zarlino. Ese clave realizado por Pesaro también recibe una descripción precisa de parte de Martino Pesenti, quien lo compara a un clave de Vito Trasuntino de 1601, que permite reconstruir su teclado.



Teclado de 19 notas por octava, que corresponde a una forma de los teclados llamados cromáticos.



Teclado reconstruido de 24 teclas, de Zarlino, construido por Domenico da Pesaro en 1548.

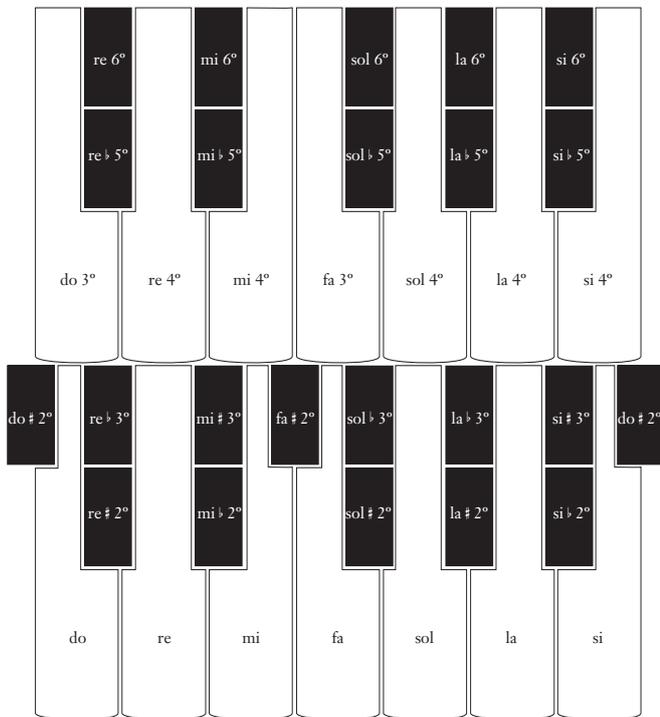
El teclado de 24 teclas parte de un teclado de 19 teclas al cual se agregan teclas para que las notas cromáticas tengan sus respectivas terceras mayores y menores.

Archicembalo (Nicola Vicentino, 1511-1575 o 1576)

El *archicembalo* de Nicola Vicentino, y el posterior arciorgano, del cual se construyeron varios ejemplares, parte también de la voluntad de conciliar en un mismo teclado los tres géneros griegos, aplicados a la música renacentista. En su libro *L'antica musica ridotta a la moderna* (1555), Vicentino propone el modelo sobre el cual se realizan luego los instrumentos mencionados: un teclado doble de 31 notas por octava, con 36 teclas. En el arciorgano, el teclado queda reducido a las 31 teclas necesarias (dos manuales de 19 y 12 teclas).

De los ejemplares construidos entre 1555 y 1630, no sobre vivió ninguno, solo se sabe de su existencia por textos de la época: Luzzasco Luzzaschi, clavecinista y compositor de la línea cromatista, era conocido como virtuoso del archicembalo, del cual poseía un ejemplar.

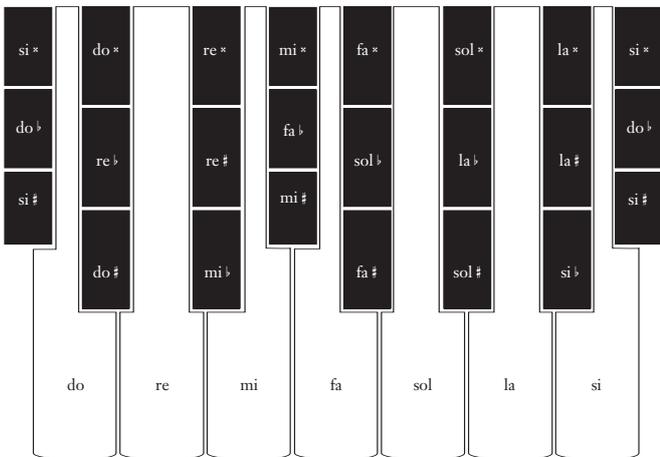
Algunas reconstrucciones modernas del archicembalo y del arciorgano permiten el acceso a su tecnología y a su sonido. Los dos manuales que constituyen el teclado tienen la misma estructura que el teclado cromático de 19 teclas, con la diferencia de las teclas entre mi-fa y si-do, ausentes del segundo manual (un manual de 19 teclas y otro de 17).



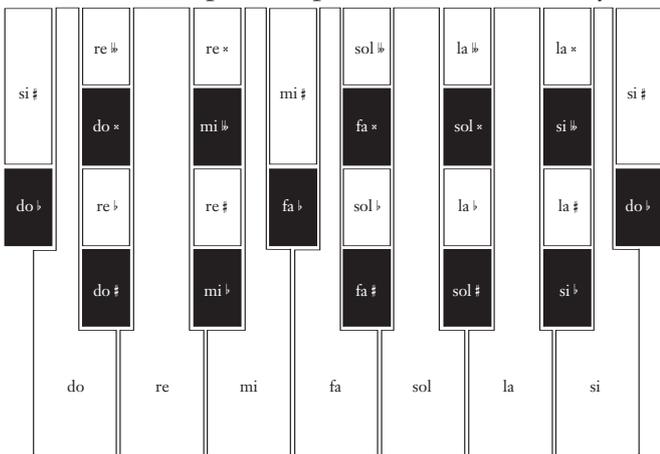
El teclado doble del archicembalo, que estaba previsto para dos modelos diferentes de afinación.

Clavemusicum Omnitonum (Vito Trasuntino, 1526,>1606)

En 1601, Trasuntino construye un clavicembalo para Nicolo de Rossi, que es descrito por Martino Pesenti en el mismo texto en el cual describe el clave de 24 notas de Zarlino y Pessaro. Este teclado posee 28 teclas por octava:



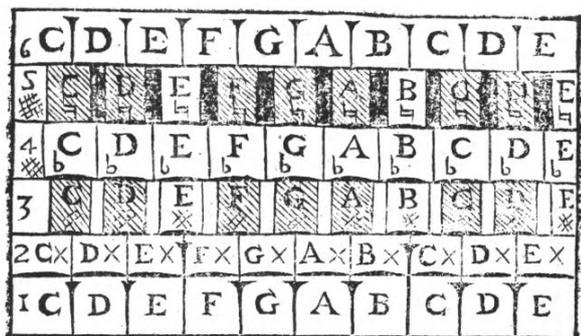
Otro clave, conservado esta vez en el *Museo Civico Medievale* de Bologna, y llamado *Clavemusicum Omnitonum*, se inspira del planteo de Vicentino y lleva 31 notas por octava, repartidas en un solo teclado:



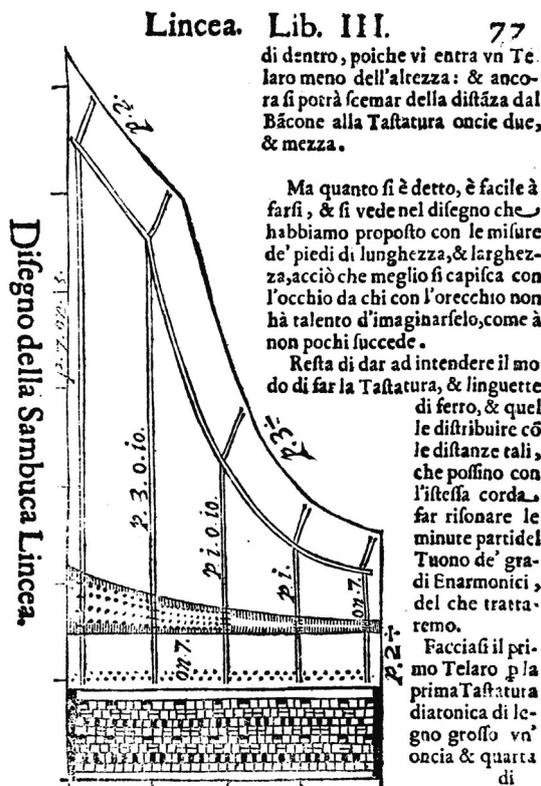
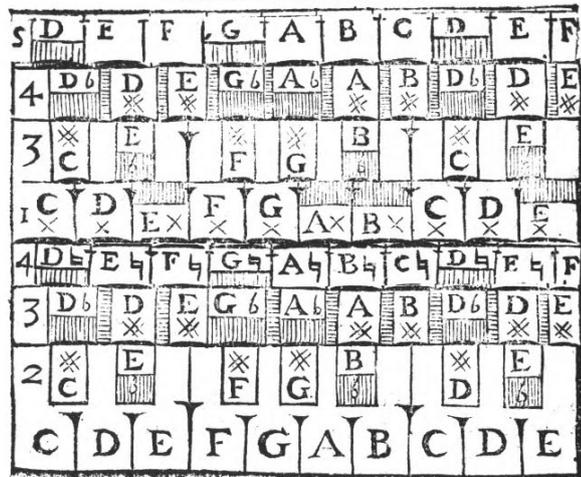
Sambuca lincea (Fabio Colonna, 1618)

El instrumento que describe Colonna en *La sambuca lincea* (1618), lleva ese mismo nombre, está compuesto de encordado, cuerpo de clave et dos modelos de teclado descritos por Colonna. Los lexicógrafos lo nombran a veces “Pentecontochordon”, por las 50 cuerdas que llevaría. La octava está dividida entre 31 notas (5 divisiones por tono).

Tastatura della Sambuca Lincea del Colonna.



Dello Stella ad otto o dini.



di dentro, poiche vi entra vn Telaro meno dell'altezza: & ancora si potrà scemar della distaza dal Bâcone alla Tastatura oncie due, & mezza.

Ma quanto si è detto, è facile à farsi, & si vede nel disegno che habbiamo proposto con le misure de' piedi di lunghezza, & larghezza, acciò che meglio si capisca con l'occhio da chi con l'orecchio non hà talento d'imaginarfelo, come à non pochi succede.

Resta di dar ad intendere il modo di far la Tastatura, & linguette di ferro, & quelle distribuire cõ le distanze tali, che possino con l'istessa corda far risonare le minute partidel Tuono de' gradi Enarmonici, del che tratteremo.

Facciasi il primo Telaro p la prima Tastatura diatonica di legno grosso vn oncia & quarta di

Cembalo pentarmonico (Giovanni Battista Doni, 1595-1647) (publicación: *Dichiaratione del Cembalo Pentarmonico di cinque gradi con cinque Tastature principali et due altre replicate*, 1647)

Clave de 31 notas por octava.

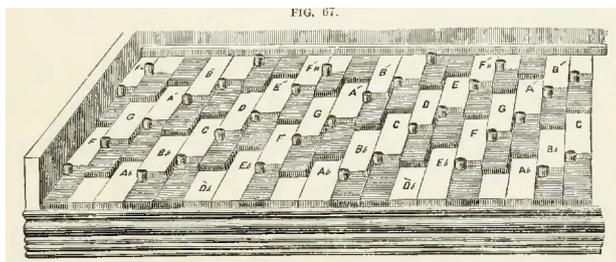
Enharmonic Reed Organ (Joseph Alley, 1868-1871, EEUU)

Este armonio está destinado a una afinación armónica de límite 5.



Voice Harmonium (Colin Brown, 1875, Gran Bretaña)

Autor del libro *True intonation, illustrated by the Voice Harmonium with Natural Fingerboard* (), que anuncia la perspectiva, Colin Brown hace construir por Poole un armonio de 36 notas por octava, utilizando una versión del “Natural Keyboard” de Poole.



El teclado del *Voice Harmonium*, y su descripción en los anexos de Alexander Ellis al libro de Helmholtz traducido al inglés.

Enharmonic Harmonium, Generalized Keyboard (Robert Bosanquet, 1876, Gran Bretaña)

Bosanquet centra su trabajo sobre espacios sonoros pitagóricos, generados por ciclos de quintas. Propone un modelo de teclado, llamado Generalized Keyboard (teclado generalizado), destinado a órgano o armonio, que se realiza luego en algunos ejemplares (armonios). El teclado lleva 53 notas por octava y 84 teclas para acceder a esas 53 notas pitagóricas (prácticamente iguales a la división equidistante de la octava en 53).

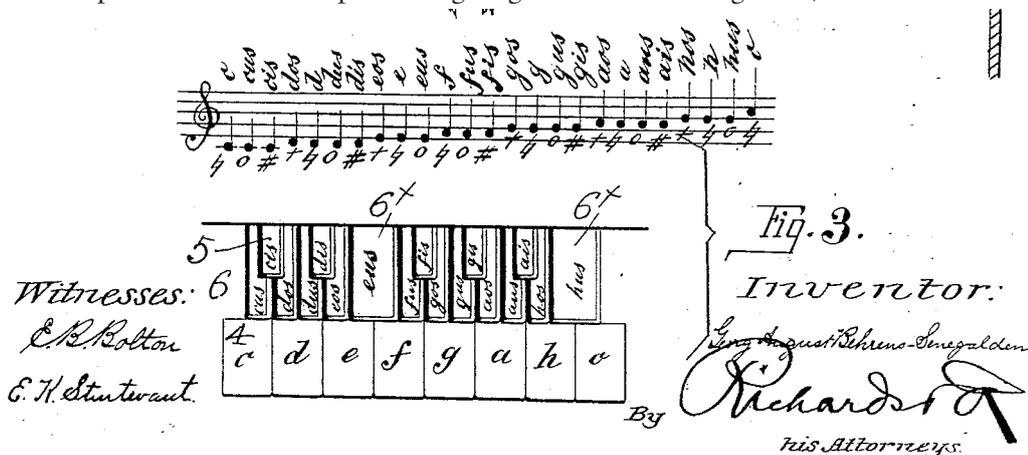
III. Desarrollos modernos

Dos tendencias coexisten en el período moderno, además de la restauración o reconstrucción de instrumentos históricos: la continuación de la búsqueda de los científicos del s. XIX, o la búsqueda de nuevos lenguajes musicales mediante la expansión microintervalica.

Ya al final del s. XIX se plantea la introducción sistemática del cuarto de tono, y luego de otras divisiones equidistantes del tono.

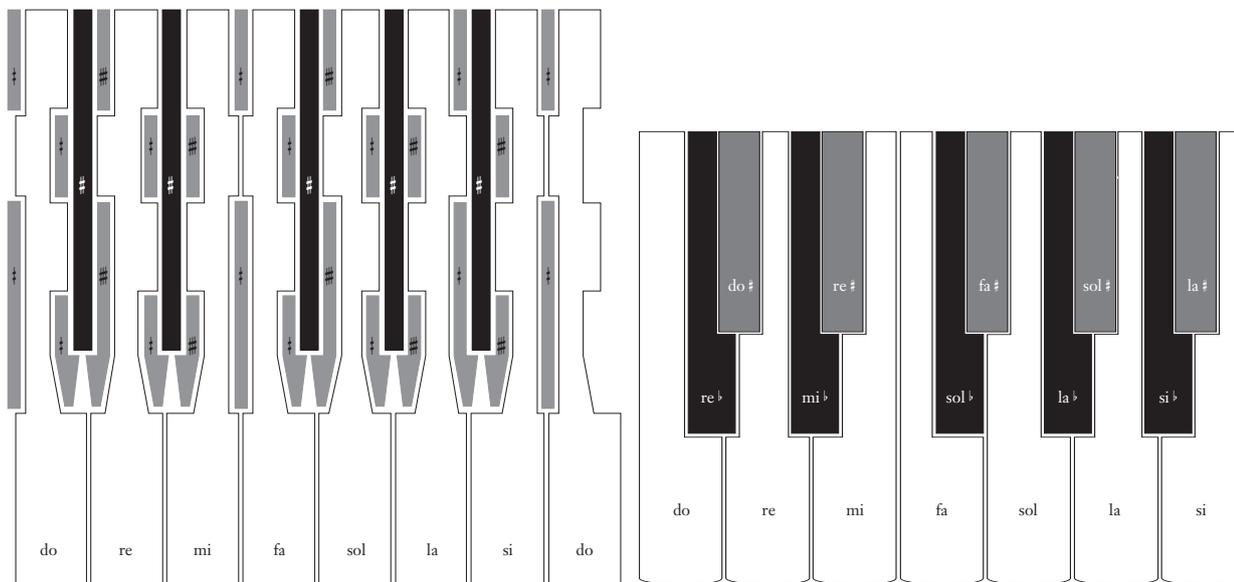
Achromatisches Klavier

Patente presentada en 1893 por Georg August Behrens Senegalden, no se realizó nunca.



Teclado bicromático

Willy Moellendorf, en 1917, publica *Musik mit Vierteltonen*, en el cual describe un armonio en cuartos de tono, y su teclado llamado bicromático: introduce teclas color marrón (grises en el esquema abajo) entre las estándares blanca y negras del teclado común; los tres ordenes de teclas se diferencian en altura, las teclas de cuartos de tono pasan por debajo de las blancas para permitir que estas últimas se puedan apretar al fondo del teclado; el ancho de las teclas negras y marrones es menor que en un teclado común. Pensado para un armonio, no se adaptaría a un piano por la dificultad de conectarle una mecánica adecuada.



Piano en tercios de tono (17 teclas por octava)

Edmond Malherbes, en 1929, propone en un artículo, un sistema de «tercios de tono», basado en entonación armónica y utilizando un teclado de 17 teclas por octava, dispuestas para una mecánica de piano.

Piano en cuartos de tono

En los años 20 del s. XX, tanto Alois Hába como Ivan Wyschnegradsky negocian con varios fabricantes de pianos para la realización de pianos en cuartos de tono. Al final, los realiza la casa Förster, de Alemania, tanto en forma vertical como en forma de piano de cola. El sistema elegido, a sugerencia de Wyschnegradsky, es un teclado con tres manuales, el primero y el tercero actuando sobre los mismos martillos y las mismas cuerdas, y el del medio corrido de un cuarto de tono. De esa manera, la confección de acordes o pasajes melódicos que suman semitonos (disponibles en los manuales 1 y 3) y cuartos de tono (en el manual 2) se puede realizar sin mayor dificultad.



teclado del piano en cuartos de tono



piano en cuartos de tono, de cola, con 2 encordados; piano vertical abierto con mecanismo a la vista

Pianos metamorfoseadores

En los años 1950, Julián Carrillo hace construir para la Exposición Universal de Bruselas de 1958 una serie de quince pianos llamados morfoseadores, cada uno en una división del tono, desde el tercio hasta el dieciseisavo de tono, más un piano en tonos enteros. El fabricante, la casa Sautter, de Alemania, vuelve a construir el modelo en dieciseisavos de tono a pedido desde los años 80.

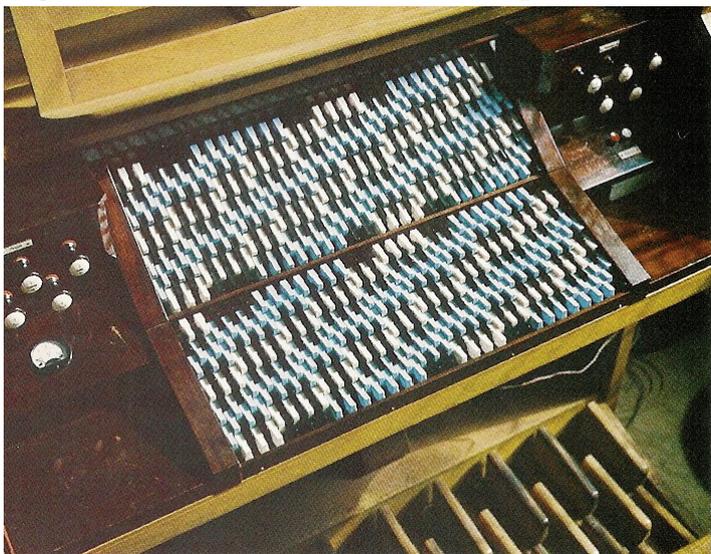
Cada piano tiene un teclado normal con un encordado adaptado al registro que cabe en las notas disponibles en el teclado, según la división de cada piano. El modelo en tonos enteros tiene un teclado más chico, mientras los modelos en quiceavos y dieciseisavos de tono completan una octava, con algunas teclas adicionales (97 en dieciseisavos de tono).



piano en dieciseisavos de tono, teclado común, con la referencia de las notas atrás.

Archifoon & órgano trigésimoprímo

En la línea de los científicos del s. XIX, pero con una posición más abierta, Adriaan Fokker defiende el uso de la división de la octava en 31 alturas equidistantes, como buena representación de todos los intervalos tonales, y a su vez con apertura hacia otros acercamientos a la problemática microintervalica. Construye un órgano sobre esta base, con un teclado particular derivado de los trabajos previos de Bosanquet.



Los dos manuales y la pedalera del órgano trigésimoprímo de Fokker

En los años 70, Fokker desarrolla un instrumento electrónico con el mismo teclado, el *archifoon*:



Órgano enarmónico (Eivind Groven)

Eivind Groven, compositor noruego (1901-1977), defensor de la «entonación justa» y en particular de un sistema escalar de 53 notas por octava, construye un órgano de 36 notas por octava (1936) y luego un órgano electrónico de 43 notas por octava (1965). El teclado es común, usa una tecnología de interruptores que conmutan la abertura del aire en los tubos, permitiendo así hacer que una tecla tenga diferentes afinaciones según necesidad.



Órgano ekmélico (electrónico)

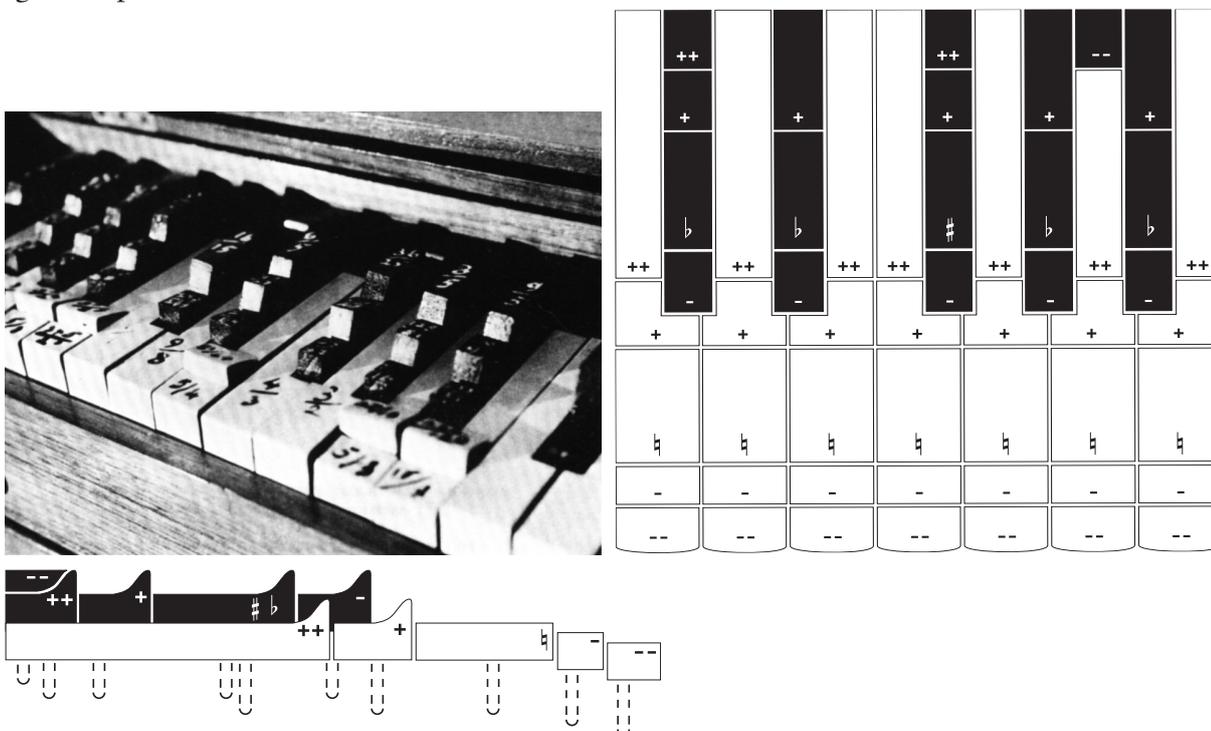
Órgano electrónico fabricado en 1973-1974 para el uso de los compositores de música ekmélica, alrededor de su inventor, Franz Richter Herf. Es un órgano en doceavos de tono, con tres manuales particulares: el del medio está afinado estándar (La 440 Hz), el inferior, un sexto de tono por debajo y el superior un sexto de tono por encima. Las teclas comunes están complementadas de un botón de mismo color encima de la tecla para subir de un doceavo de tono. Implica una técnica particular para activar o desactivar ese doceavo de tono antes de tocar la nota.



Órgano ekmélico y detalle de un manual, con los botones de doceavos de tono.

Armonio (Alain Daniélou)

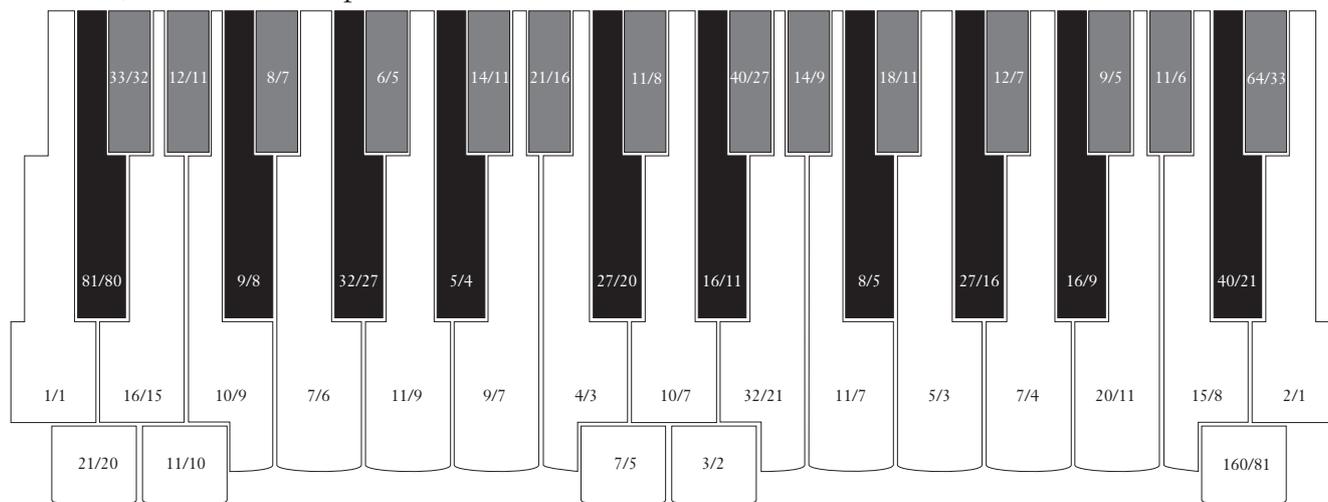
Alain Daniélou, especialista de la India y de su cultura, desarrolla un armonio para poder reproducir los detalles de la música indostaní, a partir de un sistema musical más amplio con vocación general, de 53 notas irregulares por octava, en entonación armónica.



Un teclado de armonio en la India, un modelo de teclado para su sistema, y una vista lateral del mismo

Chromelodeon (Old Chromelodeon II)

Harry Partch transforma armonios en instrumentos a 43 notas por octava. En 1946, arma el teclado siguiente para el Chromelodeon II, luego reemplazado por otro de mismo nombre. Otros dos *Chromelodeon* completan la serie de Partch. En el primero y el último, el teclado no se modifica, sino que se usan los registros para acceder a las notas adicionales. En el segundo, las 43 notas se reparten en un teclado repartido sobre dos octavas, limitando así la posibilidad de acordes simultáneos.



Cordófonos (diapasones)

Los cordófonos occidentales frotados más comunes no tienen trastes, y por lo tanto no tienen más límites para los microintervalos que la habilidad y el oído del músico: violín, viola, violonchelo y contrabajo comparten esta capacidad. Los cordófonos frotados anteriores (la familia de las *viole da braccio* y *viole da gamba*) tenían, como los cordófonos pulsados, trastes que limitaban su capacidad.

Para esos instrumentos de trastes, distintas propuestas de solución se han esgrimido a lo largo del tiempo.

Marin Mersenne menciona, en su tratado *L'harmonie universelle*, de 1636, un laúd con trastes de resorte: « Le sieur le Maire, dont j'ay desia parlé dans ce liure, a mis cette diuision sur le manche du Luth par le moyen d'un nouuel accord, & de plusieurs touches, dont les vnes sont faites par de petits ressorts que le pouce touche par dessous de la manche. » «El señor Le Maire, del cual ya hablé en este libro, puso esta división [24 diesis por octava, cuartos de tono] sobre el mástil del laúd por el medio de una nueva afinación, y de varios trastes que son hechos de pequeños resortes que el pulgar empuja debajo del mástil.»

Ese testimonio de Mersenne introduce bien la problemática de los microintervalos en los cordófonos: la modificación del diapasón a efecto de producir otras alturas. A pesar de esta mención, no aparecen cordófonos modificados como ocurre con los teclados hasta el siglo XIX.

La mención de una guitarra enarmónica aparece en el opúsculo de Thomas Perronet Thompson: *Instructions to my Daughter for playing on the enharmonic guitar*, publicado en Londres en 1829. Luego, una guitarra del Luthier parisino Lacôte aporta novedades tecnológicas (ver 4. *trastes móviles*).

1. Diapasón sin trastes («fretless»)

Un diapasón sin trastes tiene la ventaja de permitir cualquier corte de la cuerda y por lo tanto cualquier entonación. La dificultad es la precisión del corte realizado por el dedo sin el apoyo de una pieza que determine precisamente el punto de corte. La determinación de ese punto queda librada al oído, como en el violín, pero el guitarrista no está acostumbrado a afinar de oído las notas, a la diferencia del violinista. Ese inconveniente se podría eliminar dibujando sobre el diapasón, quizás con láminas transparentes, las posiciones de corte. La precisión del corte quedaría entonces determinada con la precisión del dedo, quizás ayudado de la uña o de algún dedal que permita un corte limpio.



2. Trastes dibujados o pintados

Los trastes dibujados no interrumpen la continuidad lisa de la superficie del diapasón: es una solución para darle precisión al uso de un diapasón sin trastes. Es la solución que utiliza Harry Partch con la *Adapted Viola* y la *Adapted Guitar II* (se cortan las cuerdas con una varilla de plástico o con los dedos).



Adapted Guitar II de Harry Partch



Adapted Viola de Harry Partch, con los trastes marcados en el diapasón liso (la *Adapted Viola* se toca parada como una viola da gamba). La *Adapted Guitar II* tiene marcas para 22 notas en subtonalidad y otras 22 en supratonalidad, mientras la *Adapted Viola* tiene 29 de las 43 notas por octava del sistema monofónico de Partch.

27/16	12/7	7/4	9/5	11/6	28/15	40/21	64/33	1/1	33/32	21/20	15/14	12/11	10/9	8/7	7/6	6/5	11/9	5/4
9/8	8/7	7/6	6/5	11/9	5/4	9/7	4/3	11/8	7/5	10/7	16/11	3/2	14/9	8/5	18/11	5/3		
3/2		14/9	8/5	18/11	5/3	12/7	7/4	9/5	11/6	28/15	40/21	64/33	1/1	33/32	21/20	15/14	12/11	10/9
1/1		33/32	21/20	15/14	12/11	10/9	8/7	7/6	6/5	11/9	5/4	9/7	4/3	11/8	7/5	10/7	16/11	3/2

El diapasón de la *Adapted Viola* de Partch, las marcas de las notas.

La idea de un código de colores para diferenciar los intervalos está muy presente en las entonaciones armónicas. Siemen Terpstra propone dos formas de marcar las posiciones sin trastes con un código de color: sobre el mismo diapasón o en el costado del mástil para que este fácilmente visible para el intérprete.



Guitarra en 1/31 de octava de Siemen Terpstra

3. Trastes fijos

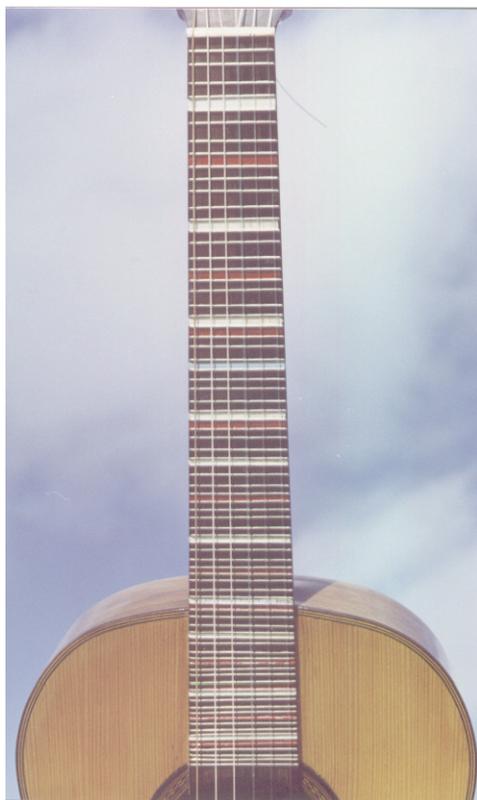
Se desplazan y agregan trastes a los trastes estándares para alcanzar la cantidad y las posiciones necesarias a la entonación deseada. Eso implica una guitarra específica para cada entonación, así como una posible difi-

cultad de ejecución debida a la superpoblación de trastes en una división muy fina, con trastes muy cercanos entre sí, que complican el corte de la cuerda al apretarla.

Dos opciones se presentan ahí, dependiendo del tipo de afinación deseada: trastes enteros para todas las cuerdas del instrumento, o trastes parciales para cada cuerda. Esta última presenta el defecto de agregar una dificultad de referenciación, tanto visual como táctil.

Ejemplos

Guitarra en cuartos de tono de Alois Hába o de Julián Carrillo, *Adapted Guitar I* de Partch, *Dinarra* de Sábát, etc.



Guitarra en cuartos de tono, J. Carrillo; *Dinarra* a 53 notas/oct., Eduardo Sábát; guitarra en entonación armónica (M. Grasso)



Guitarra eléctrica en cuartos de tono (modelo Agile24)

4. Trastes móviles

Inspirándose en los trastes móviles del sitar indio, algunos han fabricado guitarras con trastes móviles, sean trastes completos, aplicados a las 6 cuerdas, o microtrastes individuales, aplicados a una sola cuerda a la vez. Esa solución es interesante, permite una relativamente rápida adaptación, corriendo los trastes necesarios

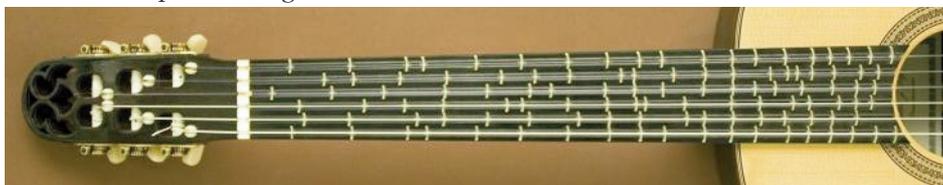
entre 2 piezas por ejemplo. Intuimos que con el tiempo el mecanismo se debe gastar o perder precisión de ubicación. Otro límite es la distancia mínima entre trastes que tiene que dejar lugar para el sistema de fijación y el método de inserción de los trastes individuales: eso limita los intervalos posibles.

Ejemplos

Guitare en tempérament réglable, René Lacôte, Paris, 1852; Adjustable Frets Guitar, 1984, Walter Vogt; *Adjustable Microtonal Guitar* de Tolgahan Çogulu.



Guitare en tempérament réglable, René Lacôte, Paris, 1852, el sistema de trastes móviles.



Adjustable Frets Guitar, Walter Vogt.



Adjustable Microtonal Guitar de Tolgahan Çogulu, inspirado en el modelo de Vogt.

5. Brazo intercambiable

Esta solución consiste en reemplazar el brazo completo de la guitarra para obtener una nueva entonación. Implica desencordar el instrumento, por lo tanto no es usable en tiempo real. La mecánica del brazo intercambiable es además engorrosa y puede presentar riesgos para la integridad del mismo. Si bien existió, no tiene muchos partidarios hoy.

6. Diapasón intercambiable (magnético o mecánico)

Esa solución fue propuesta por Tom Stone en 1979 (patente US 4.132.143, vencida en 1996) y presentada por John Schneider en el libro *The Contemporary Guitar* en 1985. El diapasón, soporte de los trastes, se monta sobre el brazo mecánicamente o magnéticamente, quedando firme ahí. Cambiar el diapasón es cuestión de unos pocos segundos, y permite cambiar en su totalidad, si fuera necesario, la entonación. Esa solución es la más universal, ya que permite adaptar plenamente la guitarra a cualquier tipo de sistema de entonación: alcanza con fabricar diapasones para las entonaciones deseadas. Es la solución adoptada para el cuarteto de guitarras microintervalicas del Instituto de Música de la Facultad de Artes de la Universidad de la República, Montevideo, Uruguay (diapasones intercambiables mecánicos, no magnéticos).



Guitarra sin diapasón y diapasones móviles, magnéticos (Colección de John Schneider)

7. Scordatura, reafinación

La opción de la scordatura (modificación de la afinación de una o varias cuerdas del instrumento) ha sido elegida por compositores para obras particulares. Permite modificar la afinación sin recurrir a un instrumento especial, aunque suele quedar una tesitura subdividida en secciones con entonaciones incompletas.

Pero también existen casos particulares: la reafinación de una guitarra de 12 cuerdas con una de cada par afinada un cuarto de tono arriba, genera así una guitarra completa en cuartos de tono, aunque con la dificultad de la proximidad entre las cuerdas de un mismo par.

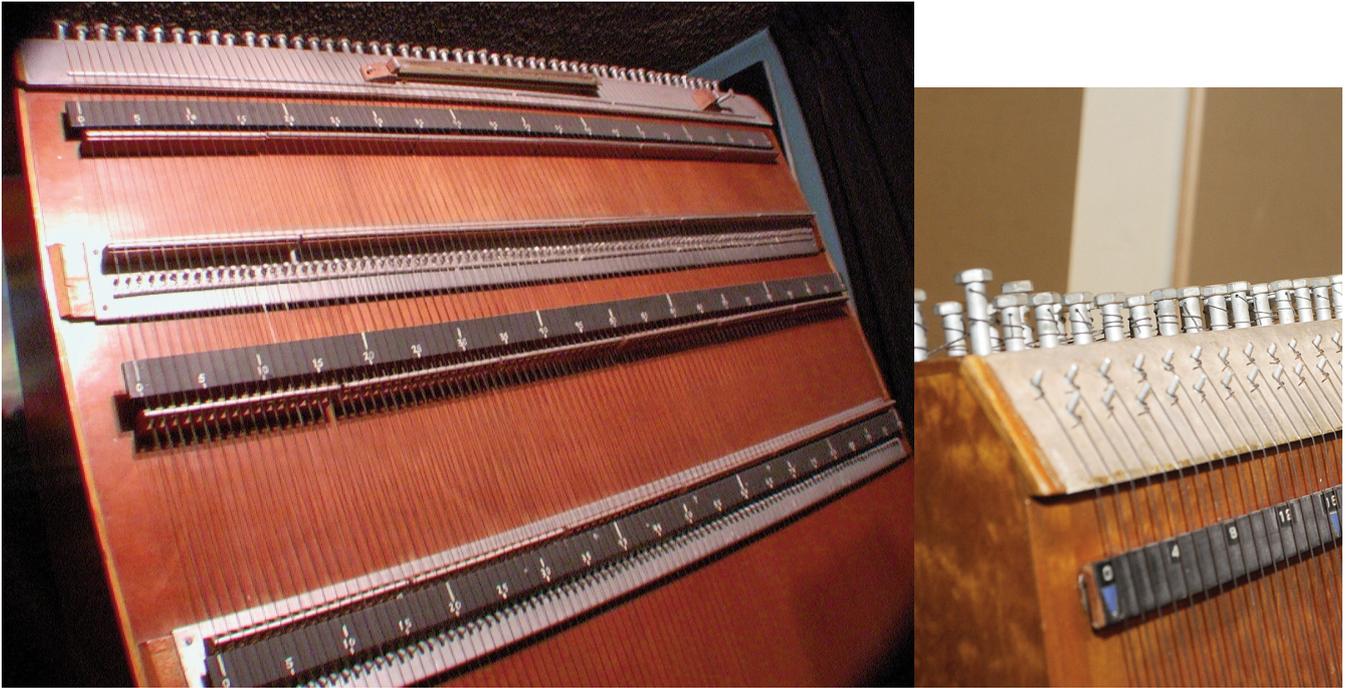
Cordófonos (sin diapasón)

Guitharfe (Jozséf Petzval)

En 1862, Jozséf Petzval, matemático y físico reconocido, hace construir un instrumento híbrido entre guitarra y arpa, con dos diapasones, uno de los cuales con 31 notas/oct.

Arpa en dieciseisavos de tono (Julián Carrillo)

Llamada arpa por Carrillo, se trata en realidad de una cítara, ya que las cuerdas están tensadas sobre la tabla armónica. A veces está citada como cítarpa o arpa-cítara.



Harmonic Canon (Harry Partch)

Otras cítaras, esta vez en entonación armónica, son las de Harry Partch: *Harmonic Canon I, II y III*. Cítara doble sobre tabla armónica con 6 grupos de 8 cuerdas (por 2), con uno o dos puentes por cuerdas, afinadas según la escala de Partch.



Harmonic Canon I (Castor & Pollux), de Harry Partch.

Kithara (Harry Partch)

Con el nombre original tomado de los griegos, las *Kithara* I, II y III son en realidad instrumentos intermedios entre cítaras y liras grandes, con 12 grupos de 6 cuerdas (con clavijeros de guitarra), no individualizables (se rasguean como grupo) y se tocan, como los Harmonic Canons, con varilla de vidrio para generar *glissando*.



New Kithara I, de Harry Partch.



Kithara II

Surrogate Kithara (Harry Partch)

Inspirada en las cítaras modernas y en el Koto japonés, pero con varillas de vidrio para cortar las longitudes de las cuerdas (generando así *glissando*), la Surrogate Kithara es una cítara sin puentes, en dos partes unidas, con 2 cajas de resonancia.

Surrogate Kithara, de Harry Partch

Instrumentos cordófonos no occidentales

Muchos instrumentos no occidentales son particularmente adaptados o adaptables a los microintervalos (lista no exhaustiva).

Por presencia de puentes móviles:

el *Koto* (pulsado, Japón), el *Gayageum* (Corea), el *Guzheng* (China), y otros instrumentos de mismo tipo.

Por ausencia de trastes:

el *Shamisen* (pulsado, Japón) o el *Sanxian* (pulsado, China); el *Erbu* (sin trastes ni diapasón, frotado, China), el *Guqin* (pulsado, China); el Sarod (pulsado, India), el *Sarangi* (sin trastes ni diapasón, frotado, India); el *Morin Khuur* (frotado, Mongolia); el *Kemanche* (frotado, Irán); el 'Ud (pulsado, mundo árabe).

Por tener trastes móviles:

el *Sitar* (pulsado, India), el *Surbahar* (pulsado, India), o el *Dilruba* (frotado, India).

Por ser fácilmente reafinable:

la *cítara* (pulsada, Europa); el *Santur* (percutido, Irán e India); el *Qanun* (pulsado, mundo árabe, Turquía); la *Cora*, el *Ngoni* (pulsados, Mali, Senegal), el *Mvet* África central).

Aerófonos

I. Instrumentos específicos

Órganos: ver Teclados

El principal antecedente en los aerófonos es la *flauta enarmónica* de Giovanni Battista Orazi, en 1797.

Los primeros instrumentos, fuera del piano y el armonio, que interesan los compositores de la escuela de Alois Hába son los aerófonos: producen clarinetes y trompetas en cuartos de tono.

I.1. Clarinetes

Clarinete en cuartos de tono (de doble columna) (Fritz Schüller)

Los primeros intentos de desarrollar un clarinete en cuartos de tono, con Richard Stein alrededor de 1905, generan un sistema de llaves complejo y muy difícil de usar con buena velocidad. El constructor alemán Fritz Schüller sortea este problema con un clarinete doble, en el cual las llaves actúan sobre los dos tubos simultáneamente y una válvula dirige la perturbación de la lengüeta hacia una o la otra columna.



Clarinete en cuartos de tono de doble tubo, visto de frente, atrás y costados.

Clarinete en afinación Bohlen-Pierce

Se construyeron clarinetes en afinación Bohlen-Pierce equidistante (división de $3/1$ en 13) en el marco de un proyecto de desarrollo instrumental en Noruega, desde el año 2003. Tres tamaños de clarinetes se desarrollaron: soprano (equivalente del clarinete en si bemol), tenor y contra.



I.2. Trompetas y fliscornos

Trompeta en cuartos de tono

Se desarrollan modelos con válvulas (Alois Hába) o con pistones (más recientes), agregando un cuarto pistón o válvula bajando el sonido de un cuarto de tono.



Trompeta en cuartos de tono, de válvula.



Trompeta en cuartos de tono, de pistones



Flügelhorn (fliscorno) en cuartos de tono

Trompeta en 19 notas equidistantes por octava

Esta trompeta, producida desde 1998, es una adaptación de una trompeta estándar, en la cual el segmento curvo del lado del pabellón se sustituye por un segmento con válvula manejada por un cable (ya que los dedos no llegan hasta ahí). La idea seguramente es adaptable a otras entonaciones.



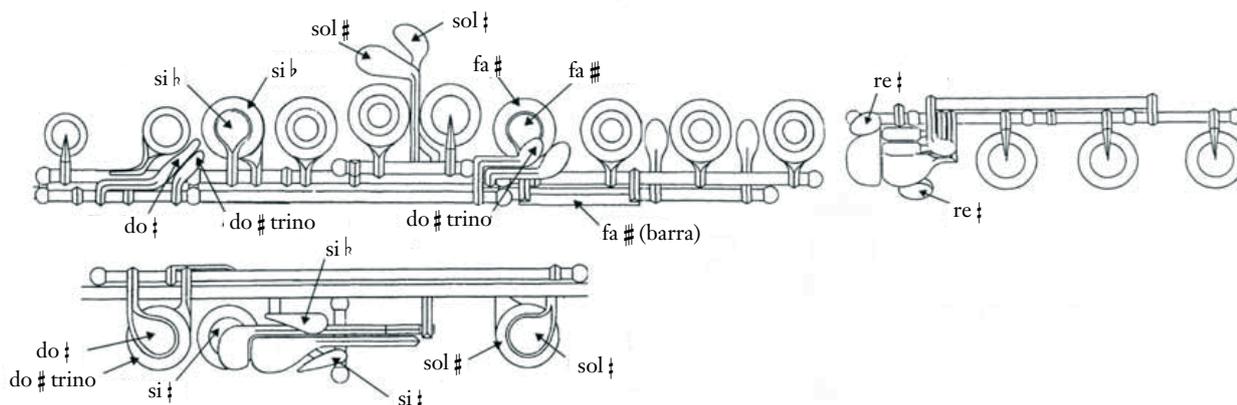
Mecanismo de la trompeta en 19 notas equidistantes por octava

I.3 Flautas

Las flautas previas al sistema Boehm eran flautas cónicas, desde el período barroco, cuyo cuerpo estaba dividido en 3 a 4 partes, la parte central estando intercambiable para permitir diferentes diapasones. A partir de 1847, Boehm propone una flauta cilíndrica, volviendo en cuanto a la forma de la columna de aire a la flauta del Renacimiento, que va en muy poco tiempo reemplazar la flauta cónica heredada del Barroco, ganando una extensión mayor y un timbre con más brillo.

Flauta en cuartos de tono

A fines del s. XX, el fabricante Kingma propone una flauta en cuartos de tono en base a una extensión del mecanismo Boehm:



Sistema de llaves Kingma (solo se indican las llaves diferentes del sistema Boehm)

Flautas de vara (Greta Vermeulen, Jean-Marc Scoatariu)

Al principio de los años 1970, la flautista neerlandesa Greta Vermeulen desarrolla una flauta de vara que se toca como una flauta recta. En los años 2000, el fabricante de flautas Jean-Marc Scoatariu desarrolla una flauta de vara travesera, de fibra de vidrio, de 38 cm, cerrada en su extremo, funcionando entonces como columna de aire cilíndrica cerrada. La primera, muy poco documentada en internet, tiene la ventaja de la visibilidad de la actuación de la mano sobre la vara, mientras la segunda trabaja a ciegas (la flauta no tiene marcados topes, como la vara del trombón, para ubicar las notas). En ambos casos se producen microintervalos y *glissandi* sin dificultad.



Flauta de vara Vermeulen y su embocadura



Flauta de vara Scoatariu al lado de una flauta estándar, y el tapón de la vara.

II. Digitaciones especiales

Los aerófonos pueden producir mucho más que las doce notas estándares: combinando digitaciones, presión de aire y posición respectiva de la boca y la embocadura, una infinidad de otros sonidos pueden agregarse al repertorio tradicional de alturas. Muchos manuales y tratados técnicos han abordado la cuestión, permitiendo tanto al intérprete que los debe producir como al compositor que los quiere usar acceder a información precisa de qué se puede hacer con los distintos aerófonos.

— flauta, piccolo

Artaud, Pierre-Yves: *Flûtes au présent*, Ed. Jobert, Paris, 1980, pp. 36-41 (microintervalos sin precisión)

Dick, Robert: *The Other Flute*, Oxford University Press, London, 1975, pp. 52-71 (cuartos de tono e inflexiones)

Howell, Thomas: *The Avant-Garde Flute*, University of California Press, Berkeley, 1974, pp. 50-51 (cuartos de tono) y 52-54 (1/31 oct.)

Levine, Carine & Mitropoulos-Bott, Christina: *Die Spieltechnik der Flöte*, Bärenreiter, Kassel, 2002, pp. 64-74 (cuartos de tono e inflexiones)

— flauta en cuartos de tono Kingma

La Berge, Anne: *Eighth-tone fingering for the Brannen-Kingma Quartertone Flute* (1996) (octavos de tono)

— flauta dulce

diagramas de digitación en internet

— oboe, corno inglés, oboe d'amore

Chenna, Andrea & Salmi, Massimiliano: *Manuale dell'oboe contemporaneo/The contemporary oboe*, Rugginenti Editore, 2015. (cuartos de tono).

Van Cleve, Libby: *Oboe Unbound*, The Scarecrow Press, 2004, pp. 18-25 (cuartos de tono)

Veale, Peter: *The Techniques of Oboe Playing*, Ed. Bärenreiter, Kassel, 1994, 4ª ed., 2001, pp. 19-24 (octavos de tono)

— clarinete

Alder, Jason: *Clarinet quarter tone full fingering chart* www.jasonalder.com, 2013. (cuartos de tono)

Krassnitzer, Gerhard: *Multiphonics für Klarinette mit Deutschen System*, Ed. Ebenos, 2003, pp. 159-170 (cuartos de tono).

Rehfeldt, Phillip: *New Directions for Clarinet*, The Scarecrow Press, 1994, pp. 15-40. (cuartos de tono, otros microintervalos)

— clarinete bajo

Alder, Jason: *Bass Clarinet quarter tone full fingering chart*, www.jasonalder.com, 2009. (cuartos de tono)

Bok, Henri & Wendel, Eugen: *New Techniques for the Bass Clarinet*, Ed. Salabert, Paris, 1989, pp. 46-53 (microintervalos sin precisión)

— saxófono

Weiss, Markus, & Netti, Giorgio: *Die Spieltechnik des Saxophons*, Bärenreiter, Kassel, 2010, pp. 14-32 (octavos de tono)

— fagot, contrafagot

Penazzi, Sergio: *Metodo per fagotto (Bruno Bartolozzi)*, Ed. Suvini Zerboni, Milano, pp. 14ss. (cuartos de tono)

— corno

Hill, Douglas: *Extended Techniques for Horn*, 1974, 1996, pp. 65-69 (cuartos de tono)

— trompeta

tablas de digitación en internet (cuartos y octavos de tono)

Sólidos libres (placas y barras)

Sixxen (Iannis Xenakis)

Instrumento metalófono construido por instrucciones de Iannis Xenakis para su obra *Pléiades*, consiste en 19 barras semitubulares de metal afinadas con desviaciones con respecto a la escala dodecatónica equidistante. La partitura de la obra incluye instrucciones para realizar el instrumento. Varios otros compositores han incluido el instrumento en otras obras. El nombre en la aglomeración de Six (seis) y Xen (por Xenakis), ya que se precisan seis ejemplares en la obra *Pléiades*.



Parte de un set de Sixxen

Vibráfono y marimba en cuartos de tono

Construidos por percusionistas deseando generar un repertorio para los mismos, se trata de instrumentos que duplican el teclado para acceder a un repertorio completo de cuartos de tono.



Marimba en cuartos de tono



Prototipo de vibráfono en cuartos de tono (2 vibráfonos con modificación de afinación y posición)

Marimba eroica (Harry Partch)

Es la marimba más grande y más grave de Partch, constituida de 4 barras de madera, y cajas rectangulares de resonancia.



Bass Marimba (Harry Partch)



Bass marimba, de 11 barras sobre tubos, en entonación de Partch.

Quadrangularis reversum (Harry Partch)

Xilófono con resonadores de tubo de bambú, en entonación de Partch



Sólidos libres (tubos)

Cloud Chamber Bowls (Harry Partch)

Campanario de vidrio, hecho a partir de recipientes de vidrio reciclados, en entonación de Partch.



Mazda Marimba (Harry Partch)

Teclado de campanas de vidrio, realizado a partir de lámparas recicladas



Mazda marimba

Zoomoozoophone (Dean Drummond) (129 tubos, 31 n./oct. e. a.); Justrakerods

Dean Drummond, discípulo de Partch, desarrolla en 1978 el *Zoomoozoophone*, compuesto de 129 tubos, con 31 notas por octava, en entonación armónica, que se integra a su orquesta (New Band) y luego al ensamble de instrumentos de Partch que dirige hasta su fallecimiento en 2013. Varios compositores, incluso John Cage, han usado este instrumento.



Zoomoozophone

Bellophone (Tony Salinas)

Carillón de campanas cónicas, realizado en 2006 por Tony Salinas, en Londres, con 96 campanas, en dieciséisavos de tono (una octava en total).



Laminófonos

Los laminófonos (o instrumentos de vibrador sólido flexible) incluyen las láminas vibrantes y las lengüetas libres. Los teclados de lengüetas libres (regal, armonio, chromelodeon de Harry Partch, melódica) ya fueron abordados en las páginas dedicadas a los teclados, ya que comparten la problemática de la organización de los mismos.

Sierra musical (Serrucho musical)

Ivan Wyschnegradsky incluye en la primera versión de su teoría de la pansonoridad (1936, publicada en 2005 bajo el título *Une philosophie dialectique de l'art musical*, Ed. L'Harmattan, Paris, p. 80) a la sierra musical, capaz de continuidad y de modulación fina de altura. Su presencia en la música no está muy desarrollada.

Acordeón en cuartos de tono

Varios fabricantes hacen, a pedido, una adaptación del acordeón de concierto a los cuartos de tono, sustituyendo una parte de las cajas de lengüetas por lengüetas afinadas en cuartos de tono. Implica una reubicación de la digitación, ya que la botonera no cambia, pero cambian las notas que suenan. La ventaja es que se adapta en cuestión de minutos de la afinación estándar a una afinación en cuartos de tono. Este cambio le reduce la tesitura.

En el mundo árabe, se adaptan acordeones (incluso acordeón a piano) cambiando algunas lengüetas de las notas necesarias para ciertos *maqam*, de manera a obtener la nota semitonal en un sentido del fuelle y la nota en cuartos de tono en el otro sentido, para un uso básicamente monódico.

Boo I y II (Harry Partch)

Partch lo llamó *Boo* por constituirse de tubos de bambú. Es un instrumento de 64 tubos percutidos sobre una lengüeta tallada en el mismo tubo, afinadas en la escala de Partch.



Boo I, de Harry Partch.