¡FÍSICA MAESTRO!

DE LA SENSACIÓN DEL TONO AL SAXOFÓN

LINA MARÍA PUENTES ESPEJO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN FÍSICA

BOGOTÁ 2018

¡FÍSICA MAESTRO!

DE LA SENSACIÓN DEL TONO AL SAXOFÓN

LINA MARÍA PUENTES ESPEJO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE LICENCIADA EN FÍSICA

Asesor:

Profesor: JUAN CARLOS CASTILLO AYALA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN FÍSICA

BOGOTÁ 2018

Dedicatoria

¡Que nadie se quede afuera, se los dedico a todos y todas!

Sobre todo a ese ser de luz que hace que mis días sean maravillosos. Con su amplia sonrisa, con esos ojos cafés, tan cafés como la corteza de los arboles que rodeaban mi hogar en Muzo. Gracias por ser mi cómplice mi confidente, mi amiga, por ayudarme a crecer por amarme, por ser tan tú, pero sobre todo gracias por nunca cortarme las alas, gracias por enseñarme a luchar, a siempre persistir, a tener verraquera a amar y, amar ensanchar el alma, sí te lo dedico a ti mami. Porque mi corazón te pertenece. Te amo

Agradecimientos

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para ustedes. A mis padres María Esther Espejo y Roberto Puentes Gómez por todo su amor, comprensión y apoyo, pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me han tenido. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas, otras malas, otras locas. Gracias por darme la libertad de desenvolverme como ser humano

A mis hermanos Michael Puentes y Felipe Puentes por llenarme de alegría día tras día, por todos los consejos brindados, por compartir horas y horas de películas, series y mucho Dragón Ball Z, por las peleas, los gritos y herir mi cuerpo de puro amor. ¡Sin esos dos hombres no hay vida!

A mi abuelo, tu memoria, tus risas, tus palabras, estarán siempre en mi alma y en mi piel, estabas, estarás y estás. También esto es por ti.

A mi asesor, profesor, amigo Juan Carlos Castillo Ayala, por todas las palabras de sabiduría, por escucharme, apoyarme y ante todo por hacer posible esta investigación. Por todo el corazón y el empeño, acá están los frutos Casti. A Lin Zheng por todo el apoyo y conocimiento brindado en el transcurso de este tiempo, gracias.

A mis amigos. Con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas. Ana Lucía Ríos, Carolina Suárez por brindarme enseñarme el valor de la fraternidad y por tejer más allá del hogar, por hacerme sentir parte de su familia, infinitas gracias por el apoyo incondicional, a Dante Calderón Ríos por ser ese ser que iluminaba los días más grises con una sonrisa, algún juego, alguna pataleta o película. A Santiago Garzón, Camilo Vásquez, Camilo Ramírez, John Ricardo, Miguel Vergara por cada alegría, cerveza helada, comida, apoyo y buenos momentos.

Aquellos amigos del cole, que se convierten en amigos de vida Liliana Vargas Vargas, Alexander Hernández, Sebastián Valero, gracias.

A la combativa, revolucionaria Universidad Pedagógica Nacional por acogerme, abrazarme y brindarme la mejor formación que pude tener el ser educadora. ¡Siembra rebeldía, cosecha libertad!

Y a todos y todas que se quedaron por fuera y que de alguna manera contribuyeron a este proceso a cada alegría solamente

Gracias totales.

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Titulo del documento	¡Física Maestro! De la sensación del tono al saxofón
Autor(es)	Puentes Espejo, Lina María
Director	Castillo Ayala, Juan Carlos
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2018, 50p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	TONO, ARMÓNICOS, LONGITUD DE ONDA, ESCALA ARMÓNICA, DIÁLOGO DE SABERES, NARRATIVA PEDAGÓGICA.

2. Descripción
El siguiente trabajo de grado se realizó alrededor del comportamiento acústico y musical de los tubos sonoros en especial la caracterización del saxofón y su tonalidad posibilitando un diálogo de saberes a partir de la experiencia tanto de la maestra en formación y los alumnos del maestro Lin Zheng saxofonista de la Universidad Pedagógica Nacional.

3. Fuentes
Referentes Bibliográficos ANSA, A. M. (s.f.). *(S,F) El txistu sus ondas armónicas* . Ayala M., S. O. (2013). *Construcción de Fenomenologías y Procesos de Formalizacion para la enseñanza de las ciencias.* Bogotá: Grupo física y cultura. Donington, R. (1986). *La música y sus instrumentos.* Madrid: Castellana Alianza.

GARCÍA, V. M. (2005). *ESTUDIO ANALISIS DE LA ORGANILOGIA EN EL CLARINETE.* VALENCIA: UNIVERSIAD POLITECNICA DE VALENCIA.

Guthrie W, K. (1991). *Historia de la filosofia Griega Tomo I "Los primeros presocraticos y los pitagoricos"* . Marid: Ed Gredos.

Helmholtz. (1885). *On The Sensation Of Tone* . Alemania: La traducción al inglés de Alexander J. Ellis .

Hernández Sampieri, R. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.* MÉXICO D.F: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Leff, E. (2006). *COMPLEJIDAD, RACIONALIDAD AMBIENTAL Y DIALOGO DE SABERES.* MEXICO: Centro Nacional de Educación Ambiental.

Martínez, F. (2017). *El saxofón 1.* España.

Mesa, A. G. (2005). *Notas de clase Oscilaciones y Ondas.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Unibiblos.

Otaola, P. G. (2014). *Francisco de Salinas, Música, teoría y matemática en el renacimiento.* Salamanca: Universidad de Salamanca y autores.

PEDAGÓGICA NACIONAL, U. P. (2013). *LICENCIATURA EN MÚSICA.* BOGOTÁ: UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL.

Stolik, D. (2012). *Del timbre a lo desconocido.* CUBA: Universidad de la Habana.

Suarez, D. H. (2017). *RELATAR LA EXPERIENCIA DOCENTE. LA DOCUMENTACIÓN NARRATIVA DEL MUNDO ESCOLAR.*

Urbina, F. R. (2013). *NOTAS PARA UN «DIÁLOGO DE SABERES».* Bogotá: S/E.

Bibliografía

ÁLVAREZ, J. *Galileo Y Vincenzo. La Música Y El Nacimiento Del Método Experimental*, Editor, César Carrillo Trueba, Revista de Ciencias, Facultad de Ciencias, Departamento de Física, UNAM. México.

AYALA, M. ROMERO, A.MALAGÓN, J. RODRIGUEZ, L. AGUILAR, Y & GARZÓN M (2008) *Los Procesos De Formalización Y El Papel De La Experiencia En La Construcción Del Conocimiento Sobre Los Fenómenos Físicos*, Bogotá, Colombia, Universidad Pedagógica Nacional. Medellín, Colombia, Universidad de Antioquia

CAMACHO REYES, RODOLFO MENDOZA ROSENDO, PITÁGORAS & LA ESCALA MUSICAL, Barcelona, España, (Universidad de Barcelona), Consultado el 01 de Noviembre del 2017 en: http://www.midebien.com/boletin/002/pitagorasysuescalamusical.pdf

EL CANTO DE MI PUEBLO., (s, f) *Unidad didáctica de Educación musical para Primaria © de esta edición: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia Consejería de Educación,* Ciencia e Investigación Dirección General de Ordenación Académica.

CHAPARRO, C. GONZALEZ, F. OROZCO, J. PEDREROS, R. VALLEJO, J. (1996) *Introducción A La Física De Procesos Desde Una Perspectiva Fenomenológica,* Bogotá, Colombia Universidad Pedagógica Nacional, Departamento de física.

CRESWELL, J. (1994) *Qualitative Inquiry And Research Design* Investigación Cualitativa Y Diseño Investigativo CHOSING AMONG FIVE TRADITIONS Selección Entre Cinco Tradiciones.

D' STOLIK REVISTA CUBANA DE FISICA, [S.l.], v. 29 (2012), *Física Y Música: Del Timbre, A Lo Desconocido.* La Habana: Universidad de La Habana, Facultad de *Física.*

ISRAEL M, (2015) *Los Armónicos En El Saxofón,* Editorial de Música, S. A. VALENCIA (España).

MALAGÓN, J. AYALA M. & SANDOVAL M. (2013) *Construcción De Fenomenologías Y Procesos De Formalización: Un Sentido Para La Enseñanza De Las Ciencias* Bogotá, Colombia, Universidad Pedagógica Nacional.

MESA T, RINCÓN G., (2007) *Diseño De Un Instrumento Musical De Viento A Partir De La Gaita Hembra De La Costa Atlántica Colombiana.* Universidad Eafit, Departamento De Ingeniería De Diseño de Producto, Medellín.

GONZÁLEZ DÁVILA J. (S.F) *Matemáticas y música sobre la contribución de las matemáticas a la teoría del sonido.*

MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL (2006) *Estándares Básicos De Competencias En Lenguaje, Matemáticas, Ciencia Y Ciudadanas,* Bogotá, Colombia.

MONTES, J. RIVERA, Y (2014) *Percepción Y Organización De La Experiencia En La Construcción De Fenomenologías,* Bogotá, Colombia, Universidad Pedagógica Nacional.

PASTOR, V (S, F) *Introducción a la acústica de los instrumentos de viento- metal.*

REYES M, M (2006) *Música como ciencias y las ciencias de la música y su importancia en la educación.*

RODRIGUEZ, I. (2013) *Descripción Física De La Armonía Clásica*, Bogotá, Colombia, Universidad Pedagógica Nacional.

STOLIK, D.C (2005) *El aporte de los físicos en la música*. Universidad de la Habana. Facultad de Física.

TIBURCIO, S. (2001-2002) *Música y matemáticas (21-26).*

TOMASINI M.C. (2003) *El fundamento matemático de la escala musical y sus raíces Pitagóricas.*

SUÁREZ. D, & OCHOA L (2006) *Documentación narrativa de experiencias pedagógicas. Una manera de indagar el mundo y las experiencias escolares. Entre maestros.* Revista para maestros de educación básica. Vol. 6, N° 16. Universidad Pedagógica de México.

SUÁREZ. D, (2007) *Docentes narrativa e investigación educativa. La documentación narrativa de las prácticas docentes y la indagación pedagógica del mundo experiencias escolares.*

SVERDLICK. (ED) (s, f) *La investigación educativa: Una herramienta del conocimiento y acción (Pág 71-110)* Buenos Aires

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE. FACULTAD DE CIENCIA DEPARTAMENTO DE FÍSICA, (2014) Diseño De Una Unidad Didáctica Para La Enseñanza De Algunos Conceptos De Sonido En El Subsector De Física En Nm1 Utilizando Instrumentos Musicales. Santiago, Chile

4. Contenidos

El presente trabajo de grado inicia dándole a lector una idea sobre el contenido de la investigación, desglosado en cuatro capítulos de la siguiente manera:

El primer capítulo, ***Contextualización y ubicación de la problemática***, donde se describe el contexto de la problemática, los objetivos, se da a conocer la pregunta problema, los antecedentes que nos apoyaron y por último la metodología que ayudo a guiar la investigación.

El segundo capítulo, ***Fundamentos teóricos,*** se dan a conocer los aspectos acústicos que ayudan a comprender el comportamiento de los tubos sonoros desde el tono y la frecuencia, el tono y la longitud de onda, los armónicos en los tubos sonoros y su relación con la frecuencia, la caracterización del instrumento, la escala armónica y por último el diálogo de saberes.

El tercer capítulo, ***Propuesta de aula titulada ¡Música Maestro!,*** se presenta el diseño e implementación de una ruta de aula con el fin de generar la relación física-música a través de las experiencias tanto de la investigadora como del saxofonista. Sistematizando alrededor de una narrativa donde se manifieste mediante el relato todas los análisis, las propuestas que abarcan dichas experiencias.

Y, por último el cuarto capítulo, ***Consideraciones finales,*** donde se describen cada una de las conclusiones que se generaron alrededor de los puntos centrales de la investigación; tono, tubos sonoros, armónicos, longitud de onda, escala armónica y diálogo de saberes.

5. Metodología

La metodología de investigación que nos guio a construir este proyecto de investigación fue la metodología cualitativa desde un enfoque interpretativo-descriptivo donde nos permitió la reflexión respecto al lenguaje musical, la realidad de cada uno de los saxofonistas que hicieron parte de los procesos del diálogo de saberes desde la descripción de actividades o acciones, los puntos de vista de los individuos y la experiencia generada alrededor de la experiencia desde la interpretación musical. La investigación descriptiva-interpretativa pone en manifiesto la actividad de relación mediante el diálogo que ha generado la investigadora y la descripción del instrumento mediante las contextualizaciones de la física acústica que proporciona dicho instrumento musical.

6. Conclusiones

Para iniciar, históricamente las relaciones entre la música y la física ha sido tema de estudio no solo para los músicos sino también para los físicos donde ha sobresalido la acústica desde los experimentos en las cuerdas, su tonalidad, su consonancia y los armónicos que se generan, también la parte matemática que ha sido un aporte para poder entender que pasa con los armónicos no solo en las cuerdas sino también en la variedad de los instrumentos musicales. Sin embargo, hay un concepto que sobresale y nos guía a los demás como lo es el *tono*, desde el reconocimiento de las frecuencias ya sean graves o agudas en el instrumento nos permite llegar a explorar y contextualizar el funcionamiento de las llaves en el caso del saxofón a través de su longitud y sus

armónicos, como se evidencio en el capítulo II de los fundamentos teóricos. Se debe aclarar que es necesario hacer un análisis de las propuestas y relaciones que han involucrado de algún modo el arte y la ciencia desde las posturas tanto musicales y acústicas. Desde autores como Pitágoras, Vicenzo y Galileo Galilei, Zarzino, Bernoulli, Fourier, Helmholtz, etc.

Por otra parte, el reconocimiento acústico del saxofón desde los tubos sonoros clasificándolo como un tubo casi "cerrado" en un extremo y abierto en el otro nos ayuda a comprender a través de su geometría que sucede cuando ingresa el gas o aire a ese instrumento, cuando abrimos y cerramos una llave generamos una calidad tonal que se halla directamente relacionado con las frecuencias que produce, además de complementarse con la escala armónica y explicar que pasa con las frecuencias de cada nota.

Consecuentemente, alrededor de lo nombrado anteriormente se pudo generar una propuesta de aula que nos permitió entablar un diálogo de saberes a través del impacto que genero esta relación para los saxofonistas. En general se reconoció la re significación de posturas que han aportado a la enseñanza de la física desde la acústica, y algunas musicales que han significado para ellos el análisis de las realidades a través de su experiencia, de la interpretación y reconocimiento de su instrumento desde otra perspectiva. Por otro lado, la prueba piloto nos generó un acercamiento activo con los sujetos poseedores de su conocimiento y primordialmente manifestar por medio del relato las experiencias de las prácticas pedagógicas contadas a través de la voz, las palabras, sentires y saberes de los maestros en formación.

Para finalizar, se manifiesta como las relaciones más formales, horizontales y colaborativas entre la investigadora; maestra en formación y los saxofonistas permitieron de alguna forma o medio la re significación de la enseñanza de la física en el marco de las relaciones de la acústica y el conocimiento musical del saxofón. Generando una visión más crítica y compleja de la realidad, sin desmeritar los vínculos donde el conocimiento se desarrolla constantemente mediante el intercambio de conceptos y experiencias en un territorio especifico como el musical

Elaborado por:	Puentes Espejo, Lina María.
Revisado por:	Castillo Ayala, Juan Carlos.

Fecha de elaboración del Resumen:	06	10	2018

Tabla de contenido

Introducción **1**

Capítulo I Contextualización y ubicación de la problemática 3

1.1 Planteamiento del problema 3

1.2 Objetivos……5

1.2.1 Objetivo General ……5

1.2.2 Objetivos Específicos…….....6

1.3 Experiencias, prácticas e interpretaciones musicales contadas a través de la narrativa……..6

1.4 Antecedentes……8

Capitulo II Fundamentos teóricos 13

2.1 El tono 13

2.2 Diálogo de saberes 32

Capitulo III Propuesta de aula ¡Música Maestro! …… 33

3.1 Sistematización narrativa: "Sonidos para el alma"…… 33

Capítulo IV Conclusiones……. 46

Referentes bibliográficos……47

Índice de tablas

Tabla 1 Antecedentes nacionales, locales e internacionales 8

Tabla 2 Consonancias e intervalos en la escala armónica 28

Tabla 3 Acordes en la escala armónica …… 29

Tabla 4 Relación aritmética, geométrica y armónica……...29

Tabla 5 Escala de Do …….31

Tabla 6 Escala de La……31

Índice de Anexos

Anexo 1. Propuesta de aula ¡Música Maestro!..... 51

Anexo 2. Traducciones textuales on the Sensation Of tone Hermann von Helmholtz ……... 60

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realizó alrededor del comportamiento acústico y musical de los tubos sonoros en especial la caracterización del saxofón y su tonalidad posibilitando un diálogo de saberes a partir de la experiencia tanto de la maestra en formación y los alumnos del maestro Lin Zheng saxofonista de la Universidad Pedagógica Nacional. Ésta idea de investigación surgió a partir de las experiencias como docente en formación y la práctica pedagógica que se realizó en la sede de Bellas Artes; donde se evidenció la concepción de la ciencia y los imaginarios que he se han implantado en nuestra sociedad tales como, la descontextualización de teorías, leyes, conceptos, etc.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, resulta pertinente generar un ambiente de aprendizaje, con el fin de que la enseñanza de la física posibilite un diálogo entre el mundo físico y el mundo musical permitiendo la comprensión continua de los sonidos dados a las frecuencias y las notas musicales que se encuentran en la escala armónica, cada uno de estos conceptos pueden relacionarse mediante formalizaciones tal como lo afirma (Stolik, 2012): "Usar métodos físicos para comprender el significado de los sonidos, las escalas, los instrumentos y cualquier aspecto constitutivo de la música" (Pág.1) .

Al reconocer la diversidad con la que se lee e interpreta el mundo, se visibiliza que no puede establecerse una relación jerárquica entre los discursos tanto de la física como de la música, en tanto ambas tienen como objeto construir un sentido a la manera en como el ser humano se relaciona con su entorno, con sus pares, y construye una respuesta modesta a *¿Quién es él y cuál es su misión?* En ese sentido la relación física-música posibilita el enriquecimiento de las propuestas que invitan a una reflexión continua en torno a cómo el sujeto *construye conocimiento* bajo la óptica del saxofón y lo que su interpretación[1] conlleva.

Consecuentemente, el presente documento consta de cuatro capítulos los cuales describen el desarrollo de la presente investigación. El primer capítulo, ***Contextualización y ubicación de la problemática***, donde se describe el contexto de la problemática, los objetivos, se da a conocer la pregunta problema, los antecedentes que nos apoyaron y por último la metodología que ayudo a guiar la investigación.

[1] *El uso adecuado del instrumento musical.*

El segundo capítulo, ***Fundamentos teóricos,*** se dan a conocer los aspectos acústicos que ayudan a comprender el comportamiento de los tubos sonoros desde el tono y la frecuencia, el tono y la longitud de onda, los armónicos en los tubos sonoros y su relación con la frecuencia, la caracterización del instrumento, la escala armónica y por último el diálogo de saberes.

El tercer capítulo, ***Propuesta de aula titulada ¡Música Maestro!,*** se presenta el diseño e implementación de una ruta de aula con el fin de generar la relación física-música a través de las experiencias tanto de la investigadora como del saxofonista. Sistematizando alrededor de una narrativa donde se manifieste mediante el relato todas los análisis, las propuestas que abarcan dichas experiencias.

Y, por último el cuarto capítulo, ***Consideraciones finales,*** donde se describen cada una de las conclusiones que se generaron alrededor de los puntos centrales de la investigación; tono, tubos sonoros, armónicos, longitud de onda, escala armónica y diálogo de saberes.

CAPÍTULO 1: CONTEXTUALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

En el proceso de mi formación como docente fui evidenciando con el paso del tiempo como los constructos en la sociedad han permeado una imagen totalmente distinta de la ciencia especialmente de la física y los aportes que se han construido alrededor de la acústica, en especial en la comunidad musical.

En ese orden de ideas, a partir del desarrollo de la práctica pedagógica realizada en Bellas Artes se fueron confirmando los argumentos anteriores; donde la acústica de los instrumentos de viento se ve alejada de los procesos que llevan los estudiantes al momento de interpretar su instrumento. Es posible que estas manifestaciones se vean afectadas por la poca simpatía que desarrollan los músicos alrededor de esta rama o por el contrario, el músico simplemente muestra su mayor interés en torno a la interpretación musical y no al estudio continúo de las teorías ondulatorias.

A causa de esto, el funcionamiento acústico del saxofón se reconoce en la comunidad musical como algo superfluo e impreciso, estos instrumentos siendo de viento madera se fueron desarrollando en torno a la idea de crear un clarinete con una campana más grande, el cual permitió la creación de lo que conocemos hoy en día como el saxofón; la caracterización de sus llaves ha permitido una constante mejora ante el sonido que genera éste instrumento. Así mismo, permite reconocer los avances musicales a mediados de los siglos XV-XVI-XVII, llevando de la mano también los avances científicos y acústicos.

Simultáneamente, los primeros pasos que se evidencian en la ciencia se manifestaron por medio del *monocordio* [2]de Pitágoras (IV a.c) donde por medio de este instrumento se le atribuye el descubrimiento de los intervalos regulares es decir las relaciones aritméticas de la escala musical, las razones y la proporcionalidad que existían en la armonía musical al creer que el

[2] Instrumento musical de una sola cuerda

universo siempre se encontraba en armonía. También, mediante mejoras del monocordio de Ramos de Pareja[3] como lo afirma (Otaola, 2014):

"*Sin duda la música práctica. Dada a su conexión directa al fenómeno físico, empujaba constantemente a los cantores e instrumentista a la búsqueda de la sonoridad que poseía sus picos de consonancia. Justo allí donde aparecían las proporciones ya referidas y tal como demostrará los experimentos de acústica y la física"*. Alrededor de la construcción del monocordio se pudo obtener el conocimiento de la naturaleza del sonido a partir de las proporciones lo cual era sin duda el comportamiento de una onda estacionaria en una cuerda vibrante. Por otra parte, encontramos a Zarzino (1517-1590) uno de los músicos más destacados en la época Renacentista, crea su propia escala basada en los principios físicos y la escala armónica con el fin de contribuir a la mejora progresiva de los instrumentos de viento, además no podemos dejar de lado el descubrimiento matemático de Bernoulli para el avance acústico en los tubos sonoros y Joseph Fourier en contraste con Bernoulli permite la aproximación de la onda simple a la compleja para el desarrollo teórico de las cualidades del sonido y los posibles armónicos.

Continuamente, Galileo Galilei este físico italiano contemporáneo a los siglos nombrados anteriormente, desarrolla el amor hacia la música gracias a su padre Vincenzo Galilei un gran músico que aporto a toda la parte acústica desde las teorías Pitagóricas donde estudia paso a paso las vibraciones en distintas cuerdas realizando una variedad de experimentos que no solo influencio la longitud sino que también la tensión. En tanto, establece la construcción de las cuerdas del mismo material, misma longitud las cuales eran capaz de producir por medio su vibración la quinta justa $4/9$ y la inversa del cuadrado $3/2$.

Examinaremos brevemente ahora, la influencia que genero Vincenzo a Galileo Galilei donde no fue solo el amor por la música que heredo Galileo sino que también se complementaban respecto a la experimentación moderna especialmente en la caída de los cuerpos por tanto surgían varios interrogantes como por ejemplo el pensar ¿Cómo pudo Galileo calcular los tiempos más cortos de la caída de los cuerpos?, y sí, la respuesta fue la música, para

[3] *Bartolomé Ramos de Pareja (ca. 1440 - 1522), fue un teórico de la música y compositor español, que se desempeñó en la cátedra de música en la Universidad de Salamanca. Tomado de Wikipedia.*

poder comparar las proporciones de los tiempos era necesario dividir los intervalos en tiempos iguales lo cual permitía no utilizar ningún instrumento de medida. Así la familia Galilei permitió reconocer la estrecha relación de la mecánica y la música.

En definitiva, los procesos históricos han evidenciado el continuo a porte de la física a la música, modernamente podemos nombrar a Von Helmholtz con su libro On the sensation of tone (1885); realiza un estudio detallado de las escalas, los tonos, los intervalos la consonancia, habla del número de vibraciones y sus proporciones en diferentes intervalos, explica como uno de sus mayores contribuciones a los tubos sonoros o tuberías como él llama a través de la observación y el comportamiento de los armónicos y las frecuencias puede reconocer la estructuración de estos cuerpos vibrantes.

En efecto, gran variedad de físicos realizaron estudios sobre la acústica en los instrumentos musicales donde podemos evidenciar que no se pueden aislar las relaciones de estas dos ciencias ni mucho menos fragmentar el conocimiento respecto a ellas. Así, para la música el reconocimiento del funcionamiento acústico del saxofón permitiría generar una restructuración a la experiencia del intérprete en términos de explorar su instrumento no solo en la parte musical sino que también en los aspectos de propagación y producción del sonido que pueden llegar a ser útiles para el músico. En este orden, se evidencia la importancia de generar espacios en el aula, para el desarrollo y la comprensión de fenómenos relacionados con el sonido, que estén sujetas al funcionamiento de instrumento de viento y recalquen la observación, la caracterización continua del empalme de saberes desde diferentes formas de ver el mundo.

De acuerdo con lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo se puede establecer la relación entre la física y la música mediante un diálogo de saberes a propósito del tono como objeto de estudio por medio del saxofón?

OBJETIVOS

Objetivo General

Generar un diálogo de saberes particularmente entre la física del sonido y el conocimiento musical de los saxofonistas a través del reconocimiento e interpretación de su instrumento.

Objetivos Específicos

1. Realizar un estudio alrededor del tono a partir del análisis de los armónicos y la escala en los tubos sonoros por medio de los planteamientos de Von Helmholtz alrededor de su libro On The Sensation of Tone.
2. Diseñar e implementar una propuesta de aula que esté basada en el análisis de ciertos fenómenos sonoros que permita el acercamiento a cada una de las posibles realidades que han permeado los procesos de formación en los saxofonistas.
3. Componer un relato por medio de la narrativa donde se describan principalmente las perspectivas y experiencias desde la enseñanza de la física.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

EXPERIENCIAS, PRÁCTICAS E INTERPRETACIONES MUSICALES CONTADAS A TRAVÉS DE LA NARRATIVA.

En la construcción de la metodología de investigación se acudió a la memoria, experiencia y los saberes musicales de cada uno de los saxofonistas que han configurado su existencia desde el reconocimiento de su instrumento[4] hasta las formas de interpretación que con el tiempo se han concebido desde la educación y la cultura. Por otra parte, para recolectar estos saberes resulto pertinente emplear varias herramientas tales como la investigación cualitativa, observaciones continuas, la interpretación de varios instrumentos musicales desde flautas a pianos para el intercambio comunicativo en el marco de la narrativa, desde un enfoque interpretativo-descriptivo.

[4] *Saxofón: Instrumento musical cónico de viento constituido en la familia de viento-madera. Generalmente hecho de latón consta de una boquilla y una caña.*

En relación con la narrativa o cualquier ejercicio de interpretación se manifiesta la construcción de conocimiento mediante la reorganización de experiencias como una herramienta que ha permeado cada una de las perspectivas en la enseñanza de la física mediante el análisis e interpretaciones de los saberes. En tanto, el reconocimiento entre la investigadora y los músicos postulen relaciones más formales y transversales, alrededor del trabajo cultural que complementa las posturas de cada uno de los sujetos involucrados en esta plática y construcción narrativa.

Como se afirma arriba, los espacios académicos se ven permeados por las descripciones educativas a través de la práctica pedagógica donde los sujetos son protagonistas de su realidad expresada en términos retóricos. Así, cada uno de los músicos mediante el diálogo y la manifestación del lenguaje musical describen cada uno de sus saberes en tanto se presente por medio de la interpretación del instrumento y actividades generadas entorno a los principios teóricos, que han permitido la construcción del saber por medio de la de un relato pedagógico como lo afirma (Suarez, 2017):

"Consiste básicamente en una estrategia de producción individual y colectiva de textos orientados a reconstruir de forma narrativa, difundir y debatir experiencias y prácticas educativas llevadas a cabo por los mismos docentes autores de los relatos en diferentes situaciones culturales, geográficas, históricas e institucionales. En el proceso de escritura, los docentes que protagonizaron experiencias pedagógicas en las escuelas se convierten en narradores de relatos e historias escolares, al mismo tiempo que tornan públicamente disponibles los saberes profesionales y las comprensiones pedagógicas que ponen a jugar en sus prácticas y cuando las recrean narrativamente".

Todas estas observaciones implican otorgarle una gran relevancia a cada espacio de encuentro de formación con los estudiantes que constituyeron nuestra experiencia y aportaron al afianzamiento y la redefinición de las teorías científicas, en especial las posturas físicas directamente relacionadas con las dinámicas físico-acústicas.

Se debe agregar que, el enfoque interpretativo-descriptivo pone en disputa el análisis continuo de los argumentos respecto a los contextos y la diferenciación del lenguaje; en tanto nos acerquemos a otras manifestaciones de constituir la realidad, la manera de ver el mundo de los músicos adquiere sentido desde formas descriptivas donde se realiza una definición desde procesos colectivos e individuales, donde el que hace, como lo hace y el por qué lo hace toma sentido a causa de lo interpretativo como lo afirma: (Hernández Sampieri, 2014): "La investigación cualitativa se fundamenta en una perspectiva interpretativa centrada en el

entendimiento del significado de las acciones de seres vivos, sobre todo de los humanos y sus instituciones (busca interpretar lo que va captando activamente)".

"Postula que la "realidad" se define a través de las interpretaciones de los participantes en la investigación respecto de sus propias realidades. De este modo, convergen varias "realidades", por lo menos la de los participantes, la del investigador y la que se produce en la interacción de todos los actores" (Pág. 9).

Como consecuencia de lo anterior, se presenta una propuesta de aula que concreta la metodología nombrada y nos permite realizar el acompañamiento mediante la correlación de cosmovisiones donde se construye desde un lenguaje científico, artístico y cultural, expresado través de la narrativa. Permitiéndonos encaminar hacia el cambio de perspectiva respecto al aprendizaje y al reconocimiento de las ciencias desde una actividad cultural.

A partir de la construcción y la reconstrucción de las experiencias vividas y contadas por los estudiantes se generó un diálogo de saberes expresado por medio de la narrativa permitiendo establecer las siguientes categorías:

A) El reconocimiento del Saxofón como un tubo sonoro casi "cerrado"-abierto.
B) El estudio de la escala mayor para la comprensión del armónico.
C) El tono desde las interpretaciones sonoras.

2. ANTECENTES

Como punto de partida se hace una revisión de trabajos nacionales, internacionales y locales alrededor de la acústica en especial el tono, relación física y música, y fenomenología del sonido.

Para ser más específicos será preciso mostrar los siguientes trabajos que han contribuido al desarrollo de este proyecto investigativo:

Tabla 1.

ANTECEDENTES LOCALES, NACIONALES E INTERNACIONALES

TRABAJO	AUTORES	AÑO	APORTE
La tesis de pregrado titulada, Descripción Física De La Armonía Clásica. Universidad Pedagógica Nacional	Por Ismael Fernando Rodríguez , asesorado por el docente Juan Carlos Castillo Ayala	2013	Esta investigación ayuda a entender la relación existente de la física y las teorías musicales, dando paso a las concepciones relacionadas con las cualidades del sonido, la armonía musical, evidenciando el papel que ha generado estas disciplinas al momento de hablar de la importancia del conocimiento científico y cultural.
La tesis de maestría titulada, Percepción Y Organización De La Experiencia En La Construcción De Fenomenologías. Universidad Pedagógica Nacional	por Juan Pablo Montes/ Yuly Hadbleydy Rivera Vargas asesorado por Sandoval Osorio Sandra; Malagón Sánchez José Francisco	2014	Ésta investigación permite dar ideas acerca de la comprensión de los aspectos relacionados con la percepción y la organización de la

			experiencia, además de profundizar los semblantes pedagógicos respecto a la fenomenología, y los procesos relacionados con el sonido en el aula.
La Revista Cubana De Física v. 29, titulada, Física y Música: Del Timbre, A lo Desconocido. Facultad de Física, Universidad de la Habana	D' Stolik	2012	En forma concisa se describe la relación entre la física con su lenguaje matemático y la música. Se analizan algunos conceptos fundamentales: frecuencia y altura, el intervalo musical, la escala, la frecuencia fundamental de un tono, la no linealidad e inarmonicidad de

			los instrumentos musicales.
La tesis de pregrado titulada, Estudio de la palabra equilibrio en comunidades culturalmente diferenciados (Nasa y Citadina) desde la perspectiva del diálogo de saberes	Jaime Orlando Camayo Guegue Asesorado por: Rosa Inés Pedreros y Clara Chaparro	2015	Ésta investigación ayuda a reconocer lo que se considera un diálogo de saberes entorno a la enseñanza de la física como una actividad cultural y los diferentes enfoques pedagógicos y disciplinarios, alrededor de la palabra equilibrio en las comunidades Nasa donde el autor subraya el lenguaje (NASAYUWE). Así pone de precedente la importancia de reconocer los contextos y las diferentes realidades para la estructuración de la experiencia.

La tesis de Maestría titulada, Documentación Narrativa de las primeras experiencias de enseñanza de la física: Un estudio Autobiográfico. Universidad Pedagógica Nacional	Martha Andrea Vargas Guerrero Asesorado por: María Cristina Cifuentes	2013	Ésta investigación nos sitúa al reconocimiento de la experiencia y la reconstrucción de los conocimientos pedagógicos y didácticos al momento de plasmar por medio de una narrativa las perspectivas, experiencias de todo aquello que era enseñar para la maestra, la autora de este trabajo nos relata cada una de sus realidades en el aula como una forma de construcción de conocimiento.
El artículo, Tecné, Episteme y Didaxis, Vol 0, Iss 39, titulado. Desarrollo de los conocimientos sobre los estudiantes	María Cristina Cifuentes Arcila	2017	Éste trabajo de investigación articula a través de la metodología narrativa cada una de las experiencias, usando como

durante las experiencias en el practicum: el caso de una aspirante a profesora de Física Universidad del Valle Universidad Pedagógica Nacional		recurso al retorica para poder plasmar cada uno de los constructos en el aula alrededor de su práctica pedagógica.

Los antecedentes expuestos anteriormente, logran dar información ligada a ciertos parámetros que se han justificado al momento de la construcción de los contenidos relacionados con los fenómenos sonoros, la importancia del diálogo de saberes y la metodología investigativa del presente trabajo.

II CAPITULO

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El TONO

En la física acústica podemos analizar cada uno de los posibles sonidos de la naturaleza en tanto nuestro estímulo del oído permita la aproximación al reconocimiento de las vibraciones y cada una de las posibles frecuencias, recordando que las unidades de medida de la frecuencia están dado por los Hertz (Hz). El oído humano entorno a las variaciones de presión puede escuchar en términos de frecuencias audibles de 20 a 20.000 Hertz (Hz). Estas oscilaciones están caracterizadas por dos componentes fundamentales: El desplazamiento y la fuerza restauradora, el primer componente va relacionado con la energía que transporta cada una de las partículas gaseosas el cual permite reconocer la perturbación del medio y la fuerza restauradora hace referencia a cada uno de los instrumentos musicales, donde el tono juega un papel

importante ya que nos permite reconocer la diferenciación que existe entre las fuentes sonoras clasificándolas a partir de las frecuencias.

Las frecuencias mayores son las agudas y las frecuencias menores son graves, a partir de esto podemos reconocer cada una de las figuras musicales o notas musicales alrededor de las frecuencias nombradas anteriormente. Así, los procedimientos físicos analizan por medio del reconocimiento del fenómeno y la matematización cada uno de los comportamientos sonoros en los instrumentos musicales; desde las longitudes y vibraciones en las cuerdas hasta el aire que se transporta por medio de un instrumento de viento. En este capítulo haremos énfasis en los instrumentos de viento musicalmente hablando y los tubos sonoros casi "cerrado"[5]-abierto como es clasificado el saxofón desde el lenguaje físico.

El saxofón o saxófono es un instrumento de la familia de los viento-madera consiste en las vibraciones de la columna del aire contenida en los tubos. Helmholtz, en su libro On The Sensation Of Tone hace una descripción al comportamiento de este gas "aire" en el tubo, chimeneas, flautas, pipas, tuberías como él lo cataloga de la siguiente manera:

... El movimiento del aire que tiene lugar en el interior de los tubos de órgano, un sistema de ondas planas que se reflejan hacia atrás y hacia delante entre la dos extremos de la tubería. En el extremo detenido de una tubería cilíndrica, la reflexión de cada onda que lo golpea es muy perfecta, de modo que la onda reflejada tiene la misma intensidad que tenía antes de la reflexión. En cualquier tren de olas moviéndose en una dirección, la velocidad de las moléculas oscilantes en la porción condensada de la onda tiene lugar en la misma dirección que la propagación de las ondas, y en la parte enrarecida en la dirección opuesta. Pero en el extremo parado de una pipa la cubierta no permite ningún movimiento hacia adelante de las moléculas de aire en la dirección de la longitud de la tubería. (Helmholtz, 1885, pág. 43).

A pesar que el material que se encuentra construido el instrumento es de latón el sonido es producido por medio de las ondas que se genera a partir de las vibraciones de la caña o lengüeta ésta se encuentra ubicada en la boquilla del instrumento donde las corrientes de aire son generadas por los labios del intérprete.

[5]*Se dice que el saxofón es un instrumento cerrado ya que la pequeña apertura se encuentra intercomunicada con la boquilla y la caña generan una onda sonora tan pequeña que el sonido en esa sección del tubo sonoro se convierte en nulo.*

Éste instrumento fue creado por Adolphe Sax a principios de la década de 1840, en el intento de crear un clarinete de "Metal" nace lo que conocemos hoy en día como saxofón al ser un tubo cónico donde la parte de la boquilla-tudel-caña/ lengüeta generan un tubo casi-cerrado y el otro extremo del instrumento donde se encuentra la campana es totalmente abierto puesto que esta parte del saxofón ayuda a que las ondas de sonido se reflejen mínimamente aunque este proceso provoca una frecuencia alta y las resonancias[6] se debiliten a diferencia de las frecuencias bajas donde la resonancia es mucho mayor de hecho la campana tiene la capacidad de proporcionar la altura perfecta para las mínimas notas bajas de modo que su comportamiento sea similar al de las notas producidas por los orificios abiertos. Dicho de otra manera la campana es importante para las notas bajas, sin embargo, ayuda a generar los altos armónicos en la mayoría de las notas musicales.

El saxofón está constituido de la siguiente familia:

Modificación de Imagen 1: Familia de Saxofones tomado de:
http://www.elsaxofon.org/2015/06/tipos-de-saxofones-y-registro.html.

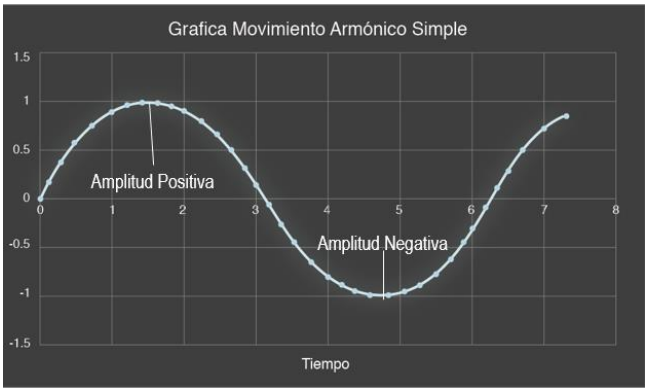
[6] (Helmholtz, 1885) *"Este fenómeno se encuentra siempre en aquellos cuerpos que una vez en movimiento por cualquier impulso, continúan realizando una larga serie de vibraciones antes de que se detengan. Cuando estos cuerpos son golpeados suavemente, pero periódicamente, aunque cada golpe puede ser separadamente bastante insuficiente para producir un movimiento sensible en el cuerpo vibratorio, sin embargo, siempre que el tiempo periódico de los golpes suaves sea exactamente el mismo que el tiempo periódico de las propias vibraciones del cuerpo, pueden producirse oscilaciones muy grandes y poderosas. Pero si el tiempo periódico de los golpes regulares es diferente del tiempo periódico de las oscilaciones, el movimiento resultante será débil o completamente insensible"*

De izquierda a derecha: Sopranino, Soprano, Alto, Tenor, Barítono, Bajo. Como podemos observar no todos los saxofones están en curvados el Sopranino y Soprano son totalmente cónicos pero los saxofones Alto, Tenor, Barítono, Bajo, en las partes curvas dejan de ser cónicos[7]. En contraste con lo anterior, los orificios o las llaves a lo largo del tubo se subdividen entre 23 y 24 que conforman el instrumento, estos tienen un diámetro el cual determina su timbre, su tonalidad respecto al sonido categorizado por fundamental, las notas musicales y la longitud del tubo sonoro pueden generar tonos que suenan armónicamente.

Hay que mencionar además, que los movimientos oscilatorios que se evidencian en el saxofón van relacionados con el periodo con el cual oscila la onda, así en estos movimientos los periodos son muy pequeños y pueden dar una definición al movimiento nombrado anteriormente. También el movimiento vibratorio reconoce la oscilación como una vibración cuyo énfasis es el movimiento armónico simple o complejo según su naturaleza. A causa del posible desplazamiento en los cuerpos vibrantes y su proporcionalidad con las fuerzas que producen dichos desplazamientos podemos concluir que el movimiento resultante es lo que conocemos como el *armónico* en el instrumento.

Así mismo, para poder reconocer mejor la naturaleza de estos fenómenos ondulatorios procederemos a mostrar la siguiente grafica para el análisis del periodo, amplitud y frecuencia en movimiento oscilatorio, en un eje de coordenadas (X, Y) donde representamos la oscilación en el eje X y en el eje Y los tiempos medios como fracciones del periodo T/12, T/6, T/4…. Sobre movimiento se desplazan diferentes elongaciones como consecuencia de la vibración de un cuerpo en este caso de la columna de aire del tubo sonoro de una forma armónica.

[7]*Cada una de las curvas que resultan al cortar un cono de revolución mediante un plano que no pase porsu vértice. Matemáticamente una cónica se define como una curva plana cuya ecuación es de segundo grado. Seclasifican en e lipse, hipérbola y parábola. Tomado de Diccionario de WordReference.*



Modificación de Imagen 2: Gráfica del movimiento armónico simple.

Tomado de:

http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/ContenidosAprender/G_11/S/S_G11_U01_L06/S_G11_U01_L06_03_01.html

Exploremos un poco la idea alrededor de lo enunciado anteriormente, con lo que conocemos como el periodo de oscilación ya que el periodo y la frecuencia son magnitudes totalmente inversas así que cuando conocemos el periodo, la frecuencia será igual a:

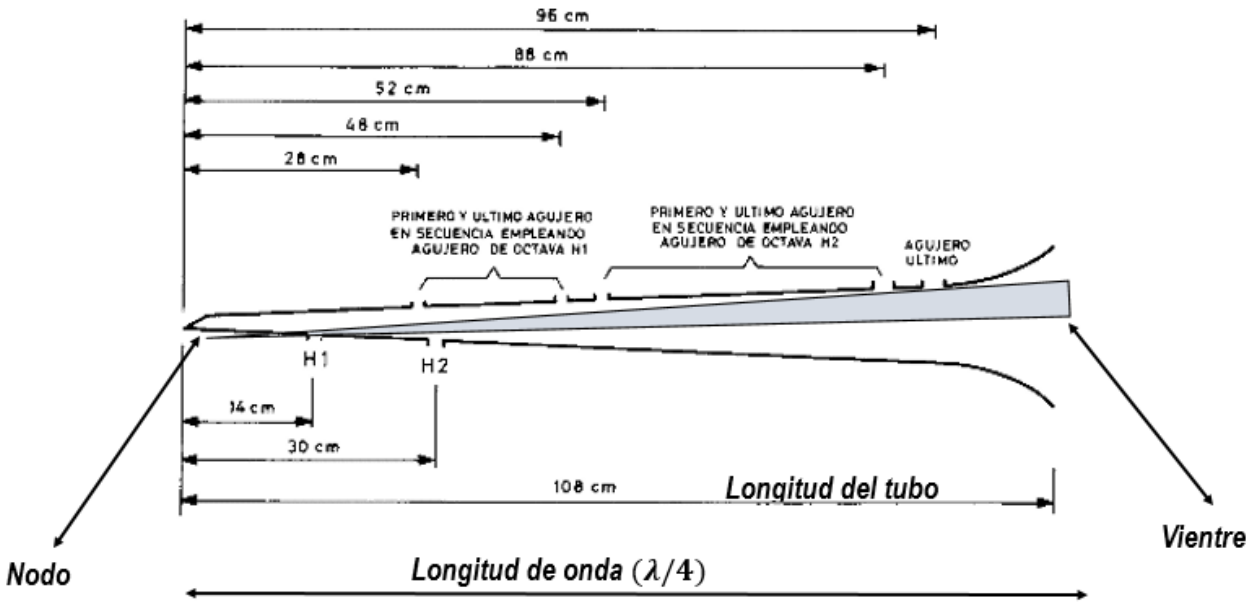
$$\boldsymbol{F = \frac{1}{T}}$$

Deseo subrayar que el valor ante el reconocimiento de la naturaleza se le atribuye a Joseph Fourier (1768-1830) este gran matemático francés desarrolla toda la matematización respecto a la onda periódica compuesta donde esta puede descomponerse en suma de ondas sinodales de amplitud, fase y frecuencia, las frecuencias de este tipo de ondas se relacionan de la siguiente manera: $f, 2f, 3f, 4f. etc$ ...

Así mismo este tipo de frecuencias en apoyo de la longitud de onda, la velocidad sonora, puede establecer la siguiente relación; si la onda recorre una distancia igual a la longitud de onda con una velocidad constante c en cierto intervalo de tiempo en un periodo T, entonces la expresión nos queda de la siguiente manera $c = \frac{e}{T}$ donde e representa la longitud de onda , obtendremos:lo siguiente

$$T = \frac{1}{f};\ \lambda = \frac{c}{f}$$

Así si conocemos la frecuencia y la velocidad del sonido podemos determinar la longitud de onda[8] en nuestros tubos sonoros, en específico el comportamiento de la longitud de onda está dada por la distancia entre los nodos y vientres esta longitud de onda se ve también afectada con la longitud del tubo donde se da por una semilongitud $(\lambda/2)$ la relación inversa entre los vientres y nodos corresponde a $(\lambda/4)$. Enfatizando en el tubo casi cerrado en un extremo y abierto en el otro extremo podemos analizarlo así; el sonido fundamental del tubo sonoro en la parte casi cerrada se encuentra una onda estacionaria con un nodo cerrado y en el otro extremo es decir en la campana encontramos un vientre abierto equivale a $(\lambda/4)$, donde podemos concluir que este equivale a cuatro veces la longitud del tubo es decir el del saxofón.



Modificación de Imagen 3: Longitud de onda en el saxofón

Tomado de: https://fundacionandresgonzalez.jimdo.com/curso-de-piano-guitarra-canto/canto/saxofon-y-vientos/

[8] *La longitud de onda es la distancia entre dos puntos que se hallan con la misma fase o dos amplitudes.*

Así podemos apreciar los armónicos que se encuentran en el tubo sonoro con la siguiente imagen:

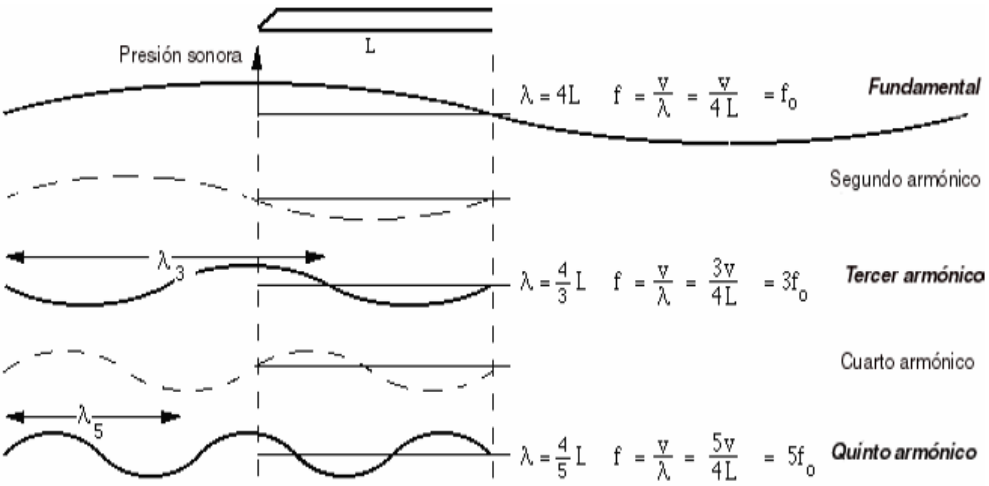


Imagen 4: Comportamiento de los armónicos en el saxofón

Tomado de: https://miguelmorateorganologia.wordpress.com/vibraciones-de-los-tubos-sonoros/

Recordando el papel de la física-acústica ha sido ligada más a los fenómenos que se han evidenciado en las cuerdas, un ejemplo es Fourier en torno a la onda periódica compuesta pudo analizar todo aquel fenómeno que hacia parte de las cuerdas cuando oscilaban libremente. Aun así mediante estos procesos físicos se pudo llegar a clasificar el tono y los ruidos, otro personaje en la historia de la acústica que corroboro esta diferenciación fue (Helmholtz, 1885) afirmando lo siguiente:

……Los ruidos y los tonos musicales pueden ciertamente entremezclarse en varios grados y pasar insensiblemente un entre otro, pero sus extremos son extensamente separados.

La naturaleza de la diferencia entre los tonos musicales y los ruidos puede ser generalmente determinada por la observación auditiva atenta sin asistencia artificial. Nosotros percibimos esto generalmente, un ruido es acompañado por una alteración rápida de diferentes tipos de sensaciones de sonido. Pensar, por ejemplo, en el traqueteo sobre el pavimento de

granito, el salpicar o el agitar de una cascada o de las olas del mar, el susurro de las hojas en el bosque. En todos esos casos nosotros tenemos rápidas e irregulares, pero perceptibles alternaciones de varios tipos de sonidos, los cuales surgen a la inversa. Cuando el viento aúlla la alternancia es lenta, el sonido suavemente y gradualmente crece y luego cae de nuevo. Esto es también más o menos posible para separar inquietamente alternando sonidos en caso del más grande número de ruidos….

Otro punto es analizar estos conceptos desde la acústica donde todos los sonidos generados en el saxofón se transfieren a un cuerpo vibrante generando un sonido fundamental y armonioso de ahí las cualidades del sonido como la altura se vuelve creciente y la intensidad decreciente lo que nos ayuda a referenciar el tono en la escala armónica. Además cabe resaltar que todos los instrumentos de viento-madera como habíamos nombrado anteriormente ante la clasificación del saxofón, permite generar vibraciones que despliegan ondas estacionarias que se desplazan por el tubo sonoro y se ven también afectados por su longitud.

La longitud de este tubo está caracterizada por tener cierta cantidad de orificios que dividen la columna de aire en segmentos con frecuencias propias dicho de otra manera cada abertura corresponde a un extremo del tubo donde son totalmente abiertos como la campana así podemos reconocer cada uno de los armónicos pares e impares en un registro grave y agudo. A causa de esto el diámetro de los orificios o llaves terminan siendo igual a la frecuencia de la onda, permitiéndonos reconocer la columna de aire de la siguiente manera:

"Se tiene un tubo de determinada longitud al cual le pertenece una frecuencia, tomando en cuenta que, si se varia el diámetro del tubo, se puede conseguir que exista un tubo más fino predominando los armónicos, se hablan de notas agudas y diámetro mayor, se identifican notas graves por lo tanto las ondas cortas se despreciaran en la amplitud del tubo. Se conoce que el agujero que pertenece al tubo da las ondas por su amplitud. Sin embargo, el tubo está constituido por sus agujeros laterales el cual se obtiene por su longitud, siendo así con su intensidad correspondiente" (ANSA, pág. 69).

Para ilustrar mejor analizaremos las columnas de aire como una forma vibrante donde ésta puede vibrar con toda su longitud si la intensidad con la que pasa el gas o el aire es lo suficientemente alta para generar un armónico y sus subdivisiones así; el primer caso se

relaciona con el sonido fundamental o el primer armónico, luego la sucesión de sonidos pasa por el segundo armónico superiores o parciales, el tercer armónico por medio de la subdivisión hace parte de los tercios mayores o menores. Por tanto, la onda recorre cada uno de los extremos del tubo uno donde los vientres dan paso a la formación del armónico de tipo simétrico y los nodos permean el sonido como totalmente nulo, en tanto el recorrido que genera la onda a lo largo del tubo se evidencia de la siguiente manera:

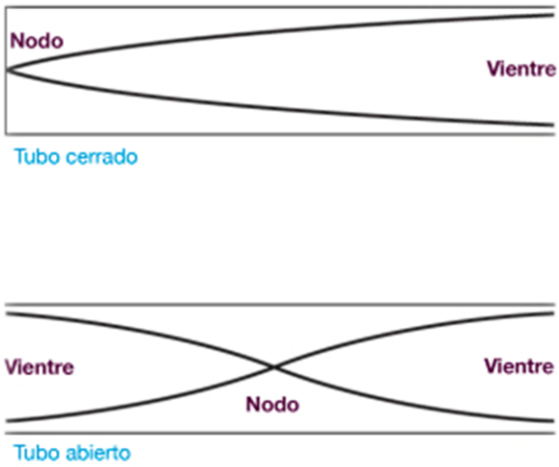


Imagen 5: Representación sonido fundamental desde una onda estacionaria en un tubo abierto y un tubo cerrado

Tomado de: https://miguelmorateorganologia.wordpress.com/vibraciones-de-los-tubos-sonoros/

Considerando que la primera parte del saxofón actúa como tubo casi cerrado donde como hemos nombrado anteriormente ubicamos la boquilla con lengüeta o caña, este constituye un nodo, y en parte de la campana evidenciamos un vientre la derivación de esto es que el primer armónico se evidencia cuando la onda longitudinal y su reflejo parte de reconocer el nodo que genera la lengüeta y un vientre donde la amplitud es creciente simultáneamente obtendremos la longitud de onda completa en el tubo que corresponde al sonido fundamental más grave.

En consecuencia de esto encontramos la semilongitud de onda $(\lambda/2)$ así la distancia del vientre y del nodo que nombramos anteriormente al ser consecutivo está dada por $(\lambda/4)$. Así

nuestra primera frecuencia en nuestro instrumento musical en este caso el saxofón esta expresada de la siguiente manera: $f1 = \frac{c}{\lambda} = \frac{C}{4L}$

Veamos el segundo armónico donde la vibración se lleva alrededor de acotar el tubo en tres vientres y dos nodos, es decir la *octava* de la fundamental, dado que cada dos vientres consecutivos existe la longitud de onda expresada así,

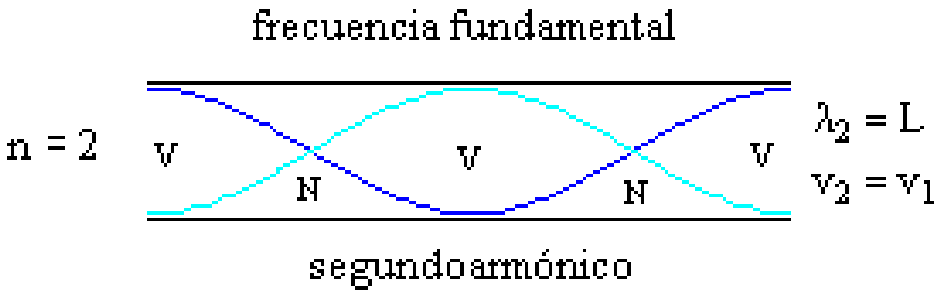
$$L = \frac{2\lambda}{2}$$

Despejando nos queda de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{2L}{2}$$

Entonces, la frecuencia resultante del segundo armónico será: $f2 = \frac{c}{\lambda 2} = \frac{2c}{\lambda} = 2f1$

Es decir el doble de la frecuencia fundamental[9]



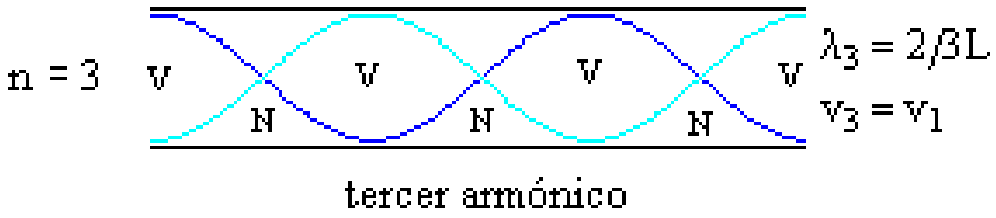
Modificación de Imagen 6: Segundo armónico en un tubo sonoro abierto

Tomado de**:** **https://fisica-en-la-web9.webnode.es/news/tubos-sonoros/**

La próxima vibración divide la longitud de la onda en un tercio de la primera donde actúan cuatro vientres y tres nodos que producen el tercer armónico a la *doceava* de la frecuencia

[9] Frecuencia más baja a la que un elemento o sistema vibrante puede oscilar.

fundamental queda de la siguiente manera, $f = \frac{c}{\lambda}$ entonces, $f3 = 3f1$ así obtenemos sonidos armónicos derivados de la fundamental $2f1,3f1,4f1$ ... ...



Modificación de Imagen 6: Tercero armónico en un tubo sonoro abierto

Tomado de: **https://fisica-en-la-web9.webnode.es/news/tubos-sonoros/**

Todas estas observaciones se relacionan también con la vibración fundamental en los tubos sonoros aplicados al saxofón.

En el saxofón la presión máxima la evidenciamos en la caña y donde es totalmente nula es en la campana dado esto las ondas se expresan en forma de $Sen\,(1/r)$ y $Cos\,(1/r)$ esto teniendo en cuenta que el tubo sonoro tiene un comportamiento cónico, así la longitud de onda $\frac{2L}{n}$ L es la longitud del instrumento y n es un número entero, el *seno* debe estar en cero $r = L$ y tendrá el máximo en la caña así la frecuencia fundamental estará compuesta por un armónico y la misma longitud de un cilindro abierto, para explicar mejor procederemos a mostrar la siguiente gráfica.

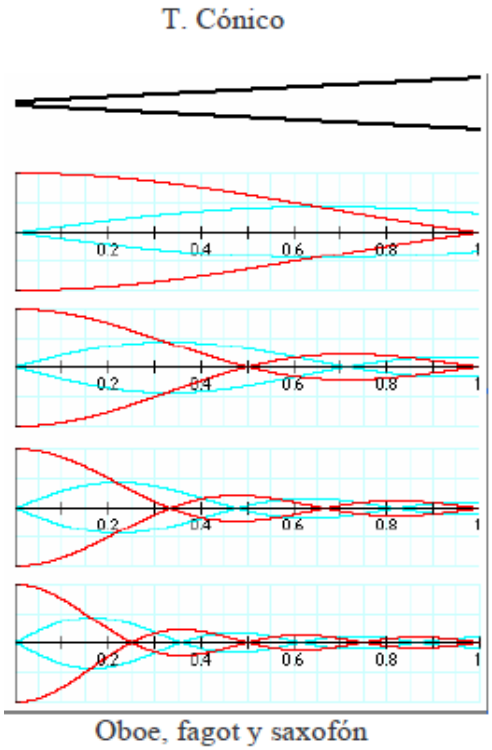


Imagen 7: Resonancia y vibración en el saxofón

Tomado de: https://miguelmorateorganologia.wordpress.com/vibraciones-de-los-tubos-sonoros/

Podemos evidenciar en esta gráfica los vientres de presión corresponden con un nodo y un vientre de desplazamiento.

Así el comportamiento de los tubos abiertos se evidencia con la siguiente ecuación:

$$fn = \frac{cn}{2l}$$

Y en los cerrados; $fn = (2n - 1)\frac{c}{4L}$

Para concluir, las columnas de aire producen el sonido en tanto las relaciones de boquilla, caña o lengüeta y la longitud del instrumento permitan definir toda la acústica de un instrumento como lo es el Saxofón (Viento-Madera).

De igual manera podemos evidenciar el tono divididos en dos segmentos, uno conocido como el *tono de corte* este tono se llama así por la altura del sonido que se obtiene al dividir en segmentos la columna de aire mediante el gas que ingresa al tubo por medio la embocadura que se realiza a través de los labios del interprete así;

El tono de corte se altera variando la presión de choque de las corrientes de aire, en efecto dado que el aire pierde energía cuando intenta vencer la resistencia, el tono de corte puede descender si se aleja la arista del extremo del instrumento y se aumenta la fricción, disminuyendo así la frecuencia de los remolinos, o bien reduciendo la presión del aire soplando más suavemente. Pero si se incrementa la presión y la velocidad del aire, reduciendo la distancia entre los labios del instrumentista y la abertura del instrumento, estos remolinos se rompen en dos y el tono de corte salta entonces al segundo armónico, esto es, la octava más aguda, doblándose así la frecuencia. Aumentando la presión de soplo es posible que el remolino se rompa en tres mitades y sobrevenga el tercer armónico a la doceava triplicando así la fundamental de referencia. (GARCÍA, 2005)

El segundo tono es conocido como *el tono de lengüeta* se llama así, primero porque es la pieza fundamental del instrumento para que genere sonido, segundo por tener una frecuencia propia parecida a la del tubo así las vibraciones se ven excitadas por la fuerza que genera el aire al ingresar al instrumento, además todas las columnas de aire generan sonido alrededor de la excitación que se le proporciona acompañado de todos los orificios y el comportamiento al interior del tubo.

LA ESCALA ARMÓNICA EN EL SAXOFÓN

La escala armónica o también conocida como escala de resonancia de un sonido puro compone el primer armónico dado a una frecuencia denotada f consecuentemente el siguiente armónico en la escala corresponderá a los armónicos parciales conocidos así: Segundo armónico ($2f$), tercer armónico ($3f$) así repetidamente hasta completar toda la escala armónica.

Para cada uno de estos armónicos se asigna una frecuencia propia, considerando que, para poder conocerla debemos tomar el número de orden que se le asigna en la escala. Por

ejemplo la frecuencia de la nota $La_4 = Corresponde\ a\ (440Hz)$; esta nota es el quinto armónico en la escala por lo cual nos queda de la siguiente manera

$$440 \times 5 = 2200\ Hz$$

Sin embargo, en los ámbitos musicales el sonido se define al reconocer la escala armónica como un sistema temperado[10] para calcular dichos sonidos se debe determinar el intervalo que se le asigna a cada pareja de armónicos.

Así mismo, podemos determinar el intervalo en nuestra escala conocido como semitono que constituye parte de la escala cromática temperada[11]. Cada uno de estos sonidos musicales se encuentran separados, de cierta manera, lo cual permite reconocer un intervalo mediante las distancias musicales que hay entre las mismas o de la distancia numérica donde se hace uso de las proporcionalidades que existen en las frecuencias. En particular la física nos permite determinar el tono desde las posibles diferenciaciones que hay en una nota más aguda o la más grave de los instrumentos musicales, en música la diferenciación de los tonos va ligados a los semitonos y a los intervalos de mayor o menor altura. Para ejemplificar lo nombrado anteriormente procedemos a identificar las notas así; entre DO y RE existe un TONO[5] de diferencia, así la nota Re es un tono más alto que la nota Do, también, podemos decir que la nota Do es un tono más alto que Re, lo mismo sucede con la nota RE y MI se encuentran distanciadas por un tono, en cambio cuando llegamos a la nota MI y FA encontramos la distancia o diferencia de medio tono o semitono[6].

Los semitonos están definidos por la siguiente expresión: $(\sqrt[12]{2})^n$ para llegar a esto consideramos dos sonidos a la octava uno del otro, establecemos la relación geométrica donde el primer término es 1 y el segundo es 2 nos queda expresado de la siguiente manera, $\sqrt[12]{2}$

Para realizar los cálculos de los posibles semitonos entre cada pareja de sonidos generados simultáneamente se eleva el valor del semitono, a la *n* se le asigna un número y consideramos un armónico cualquiera mayor *a* y uno menor *b* de la siguiente forma:

[10] *Es un sistema musical con el que poder modular fácilmente a otras tonalidades.*
[11] *La escala cromática temperada está compuesta por 12 sonidos, es decir 12 notas musicales (Do, Do#, Re, Re#, Mi, Fa, Fa#, Sol, Sol, La, La#, Si)*

$$(\sqrt[12]{2})^n = \frac{a}{b}$$

Para poder despejar la antigua ecuación utilizamos logaritmos así;

$$\log(\sqrt[12]{2})^n = \log\frac{a}{b}$$

Operando los logaritmos nos queda de la siguiente manera:

$$n\log(\sqrt[12]{2})^n = \log b - \log a$$

Luego,

$$n\log\frac{1}{12}\log 2 = \log b - \log a$$

Obtenemos para calcular el intervalo del semitono lo siguiente:

$$n = 12\frac{\log b - \log a}{\log 2}$$

Para conocer todos los semitonos daremos el siguiente valor a la ecuación:

$$Intervalo\ {}^{2}/_{1} \quad n = 12\frac{\log b - \log a}{\log 2}$$

Los anteriores argumentos se esclarecerán alrededor del vínculo proporcional que existen entre las notas musicales y las frecuencias. Donde Pitágoras hace uso de las proporciones numéricas en las cuerdas para poder caracterizar cada uno los posibles intervalos.

Así por ejemplo Pitágoras alrededor de la longitud y la pulsación de la cuerda determina ocho sonidos al momento de evidenciar las posibles divisiones de la cuerda y concorde a esto la relaciona con la escala musical y las 8 notas que la componen. Para condensar lo dicho hasta aquí, las relaciones de la longitud con un cuerpo vibrante determina la relación nombrada anteriormente entre las notas y sus frecuencias, así podemos analizar que esto mismo sucede con los tubos sonoros en especial con los casi cerrados en un extremos y abiertos en el otro como es el saxofón.

Justamente si dividimos la longitud *L* de nuestro tubo sonoro al momento de abrir o cerrar una llave en dos partes iguales encontraremos una relación $1/2$ una relación del cociente de 1 a 2 pero en la parte musical lo relacionamos con la *octava* [12] (*Do-Do')* la nota que corresponde a la octava *Do'* la conocemos como nota tónica[13] y en tanto la frecuencia relaciona el intervalo $2/1$. Ahora si dividimos el tubo en tres partes iguales nuestro tubo encontraremos la relación $2/3$ intervalo de *Quintas*[14] *(Do'- Sol)* y en tanto la frecuencia $3/2$ y así cada uno de las *cuartas y terceras.* Así al momento de ver los semitonos fraccionados podemos agruparlos y clasificarlos de la siguiente manera: *Aumentados, Justos, Mayores, Disminuidos, Menores.* Sin embargo, las relaciones de los intervalos y las frecuencias hacen referencia a lo que conocemos como consonancia éste término lo estudiaron dos físicos importantes uno que ya hemos nombrado alrededor del desarrollo de este trabajo que es Hermann Von Helmholtz físico Alemán afirma lo siguiente en la pág. 5 del libro The Sensation Of Tone*: "La magnitud de los intervalos consonantes es independiente de la cualidad del tono, pero la armonía de las consonantes".* La consonancia al ser la combinación de frecuencias agradables al oído permite establecer la relación entre los acordes y la relación numérica que se le dan a los sonidos de la siguiente manera:

Tabla 2

Consonancias e intervalos en la escala armónica

CONSONANCIA E INTERVALOS	INTERVALO
Octava Justa	2/1
Quinta Justa	3/2
Cuarta Justa	4/3
Tercera Mayor	5/4
Sexta Mayor	5/3
Tercera Menor	6/5
Sexta Menor	8/5
Tono Grande	9/8

[12] *La sucesión de ocho notas seguidas Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si, Do. En este caso Do' seria la octava.*
[13] *Es la nota que corresponde a la base de la escala y a la octava comportándose en la frecuencia fundamental.*
[14] *La sucesión de cinco notas es decir entre Do' y Sol existen estas notas (Do', Re, Mi, Fa, Sol)*

Tono Pequeño	10/9
Séptima Mayor	15/7
Semitono diatónico	16/15
Séptima Menor	16/9

Tabla 3

Acordes en la escala armónica

ACORDES	INTERVALO
Perfecto Mayor	6/5/4
Segundo Grado	9/7/6
Tercer Grado	15/12/10
Séptima Menor	7/6/5/4
Séptima Tónica	15/12/10/8

Tabla 4

Relación Aritmética Geométrica y Armónica

ACORDES	INTERVALO	PROPORCION	EXPRESIÓN
Octava	$2/1$	$Geometrica$	$\frac{a}{b} = \frac{b}{c}$
Quinta	${}^{3}/_{2}$	$Aritmetica$	$b = \frac{a+c}{2}$
Cuarta	$4/3$	$Armónca$	$b = \frac{2ac}{a+c}$
Tono	$9/8$	$\frac{Aritmetica}{Armónica}$	$b = \frac{\frac{a+c}{2}}{\frac{2ac}{a+c}}$

Para poder construir los dieciséis armónicos que corresponden a la escala armónica debemos reconocer el sonido fundamental donde podemos realizar el siguiente método; para reconocer algún armónico debemos constituirlo de dos sonidos ya conocidos, y los que tienen doble número se hallan con una disonancia[15] de la octava de la distancia, así si conocemos el sonido fundamental así podemos establecer el armónico del doble del número es decir: 2, 4, 8, 16. El tercer armónico lo determinamos dividiendo la distancia de los armónicos ya conocidos por ejemplo 2-4 en dos partes; una mayor se le asigna el intervalo más grave, y la más pequeña al agudo, la distancia que hay de 2 a 3 es una distancia dividida en 12 semitonos. Del mismo modo los siete semitonos que encontramos en la relación 2-3 corresponden a la relación que existe con el sistema temperado siendo este un sonido muy grave y de 3 a 4 el más agudo así logramos hallar el tercer armónico de nuestra escala con este proceso. Consecuentemente, podemos analizar los armónicos del doble de estas frecuencias es decir 6. 12. 24 y así podemos seguir hasta completar nuestra escala, aunque, existen ciertos parámetros que se deben tener en cuenta al momento de proceder a encontrar algunos armónicos ya que no cumplen a cabalidad los números enteros cuando desarrollamos el armónico 12 y 14 encontramos que la relación del semitono no es un número entero corresponde a 1, 49, así que si asignamos el número 2 obtendremos un sonido donde identifíquesenos los primeros ocho semitonos de su octava. Siempre que, el sonido 12 de la octava cumpla siendo el 6 armónico donde identificamos los primeros siete semitonos.

Se debe agregar que, la relación y la importancia que tienen esta cantidad de armónicos no solo se ven influenciados por el sonido que produce la nota La (440 Hz) si no que podemos analizar desde los aspectos musicales las siguientes relaciones

La nota Mi de la octava siguiente de la nota La le corresponde una frecuencia de 660 Hz

La nota Re de la octava siguiente de la nota La le corresponde una frecuencia de 587 Hz

Así para concluir podemos evidenciar los armónicos relacionados con las teorías tanto geométricas, aritméticas y armónicas en relación con sus frecuencias resultan siendo la relación entre una serie de tonos o tonalidades dadas por las oscilaciones de las ondas dado de la siguiente manera:

[15] *Dos sonidos que no son armónicamente agradables al oído.*

"Toda onda compleja puede ser descompuesta en las oscilaciones simples que la forman. Cuando esto se hace, aparece una serie de ondas de diferentes frecuencias, amplitudes[1] y fases relativas. Las frecuencias de las ondas complejas se dividen en dos: ***Frecuencia fundamental****, que por ser la más baja determina la tonalidad del sonido; y los* ***armónicos pares o impares****, según sean o no múltiplos de la frecuencia fundamental" (Labrado, J.)*

Para terminar mostraremos en la siguiente tabla las frecuencias y los armónicos tanto de la escala de Do y la escala de La

Tabla 5

Escala de Do

Armónico	Frecuencia	Nota	Armónico	Frecuencia	Nota
1°	33 Hz	Do_1	9°	297Hz	Re_4
2°	66 Hz	Do_2	10°	330 Hz	Mi_4
3°	99 Hz	Sol_2	11°	363 Hz	$Fa_{\#}$
4°	132 Hz	Do_3	12°	396 Hz	Sol_4
5°	165 Hz	Mi_3	13°	429 Hz	La_4
6°	198 Hz	Sol_3	14°	462 Hz	Sib_4
7°	231 Hz	Sib_3	15°	495 Hz	Si_4
8°	264 Hz	Do_4	16°	528 Hz	Do_5

Tabla 6

Escala de La

Armónico	Frecuencia	Nota	Armónico	Frecuencia	Nota
1°	55Hz	La_1	9°	495 Hz	Si_4
2°	110 Hz	La_2	10°	550 Hz	$Do_{\#5}$
3°	165 Hz	Mi_3	11°	605 Hz	Re_5
4°	220 Hz	La_3	12°	660 Hz	Mi_5
5°	275 Hz	Do_4	13°	715 Hz	Fa_5
6°	330 Hz	Mi_4	14°	770 Hz	$Fa_{\#5}$
7°	385 Hz	Sol_4	15°	825 Hz	$Sol_{\#5}$
8°	440 Hz	La_4	16°	880 Hz	La_5

ENSEÑANZA DE LA FÍSICA COMO UN DIÁLOGO DE SABERES

El diálogo de saberes alrededor de sus construcciones teóricas permitió la estructuración de las prácticas educativas en un ambiente muy particular como el musical. Donde, la diversidad se manifiesta mediante el tejido de carácter socio-cultural permeado por diferentes ideales que han contribuido a los procesos de los sujetos que participan en éste diálogo, manifestándose por medio del reconocimiento de dos teorías que aunque equiparadas entre sí se ven de alguna u otra manera distanciadas es el caso de la teoría de ondas de la física y el conocimiento musical de los Saxofonistas.

Para seguir el proceso del diálogo de saberes referenciaremos a (Leff, 2006) : "El diálogo de saberes posibilita la valoración del otro el derecho a ser reconocidos con los saberes, y saberes propios de un determinado territorio, saberes desde rasgos culturales, complejidad, racionalidad ambiental y dialogo de saberes" pág. (1-12). Así mismo, el sujeto se dinamiza como un poseedor de las realidades que se generan a partir de cada una de las posibles historias y reflexiones de diferente índole que se han reconfigurado a través de la formalización de la experiencia posibilitando el entendernos como seres disímiles. Pero, también ser parte del proceso donde los saberes, el análisis de las experiencias tanto semejantes como análogas aporta a cada uno de los intereses tanto individuales como colectivos.

Se debe agregar que, el diálogo de saberes ayuda a cualificar la comprensión de los significados, los cambios constantes, y las relaciones sociales en el marco de distintos contextos donde se exprese mediante las teorías de la física acústica, el tono, el armónico, el instrumento musical y la narrativa la recuperación de cada realidad y la construcción del conocimiento. El diálogo de saberes construye de manera intersubjetiva la expresión del SABER cómo la apropiación de cada persona o grupo donde se comprende o interpreta la realidad[16] vivida y así se pueda realizar un proyecto educativo fundamentado desde la enseñanza de las ciencias.

[16] *La realidad es conocida como la relación histórica con lo intersubjetivo en tanto se desarrollen capacidades humanas en el proceso de formación.*

Conviene subrayar que con el paso del tiempo se ha evidenciado como la ciencia ha sido relevante en los grandes cambios que se han dado en el desarrollo del pueblo y su sociedad, enmarcando cada uno de los avances científicos desde la existencia de sistemas sociales, medios comunicativos y en sí aspectos significativos que han sido participes de dichos avances. Así, el ámbito científico ha sido orientado por la sociedad, a una imagen matemática, teórica y experimental, dejando de lado su significado de interacción con el mundo físico y sus explicaciones, en tanto por medio del diálogo de pueda establecer relaciones en distintos contextos enriquecida por personas e identidades culturales puestas en colaboración para este proyecto como lo afirma (Urbina, 2013): *"El «diálogo de saberes» y/o el «diálogo de cosmovisiones» consiste, en su forma más elemental, en intercambiar ideas para lograr entre todos los dialogantes un mejor manejo de mundo, o del mundo de la vida, o de la vida, o de la realidad de la que hacen parte quienes dialogan."* (Pág. 9).

CAPITULO III

PROPUESTA DE AULA

SISTEMATIZACIÓN NARRATIVA

SONIDOS PARA EL ALMA

A mediados del año 2017, inicia mi etapa en los procesos musicales que llevaban cada uno de los saxofonistas; grupo guiado por el maestro Luis Aguilar.

Mi tarea como practicante era empezar a intervenir en el aula, claro no fue nada sencillo llegar a ese espacio académico y más siendo de otra disciplina, tenía miedo, ansiedad, curiosidad pero sabía ante todo que quería estar ahí, que quería formar este proyecto de investigación, pero, si debo contar que ingresar ahí no fue nada fácil. Recuerdo muy bien ese día caminaba desde la calle 72 sede de la Universidad Pedagógica Nacional hacia la 78 sede de Bellas Artes; charlaba amenamente con el profesor Juan Carlos Castillo docente que me acompaño desde ese día hasta la culminación de esta experiencia. Llegamos donde la secretaria Nina tuvimos que esperar mucho tiempo, así que el profesor tuvo que retirarse, recuerdo muy bien las palabras de Nina "Si ves el Maestro allá de pie, ten paciencia él es así, y siempre tiene alumnos". No sabía que me

quería decir con eso hasta que estreche la mano de este personaje sin duda uno de los mejores saxofonistas del país; uno de los mejores maestros y sí lo primero que me dijo fue: ¿Para qué quiere ingresar a mi clase? Le haré tres preguntas y ahí decido, no sé imaginan mi angustia, mis miedos, y mis inseguridades por que las preguntas no eran fáciles como: ¿Qué es para usted la música? ¿Que debe generar un músico cuando este en una obra? ¿Qué quiere hacer con mis estudiantes y conmigo?; aun así le conteste: Primero; "la música para mí son sonidos para el alma, para sanar, para vivir, para bailar", segundo; "Un músico debe generar miles de sentimientos encontrados desde que el suba un escenario, interprete un instrumento, una obra hasta que baje de ahí debe enseñar a la sociedad el placer de sentir", y por último le dije: "Deseo aprender de ustedes, de su experiencia, y que aprendan de la mía, mi intención no es enseñar física, mi intención es aprender más cada día". Así que sorprendentemente ahí estaba en las clases del maestro Aguilar.

Las clases fueron tomando su rumbo, ahí interactuaba, hablaba de física acústica en su instrumento desde la obra que estaban en ese momento interpretando, aprendí cosas de música que no reconocía desde figuras en la partitura, hasta que pasaba con las partes de dicho instrumento, y de toda esta experiencia nace la construcción de esta propuesta de aula. Tal vez quedo corta hablando de esta experiencia, pero estoy segura que se complementa con la implementación de esta propuesta. Y consecuentemente pensaba que todos éramos distintos, perfectamente distintos, no todos aprendíamos de la misma forma, ni bajo los mismos ambientes, de ahí tenía que crear alternativas, métodos, propuestas para integrar los saberes y contextualizarlos. Así que iniciaremos contando como fue esta prueba:

Se realizó con dos estudiantes del maestro Lin Zheng, Nicolás y Juan ahí estábamos los cuatro iniciando nuestro diálogo de saberes reconociendo cada uno de estos saxofonistas desde aspectos socio culturales hasta la re significación cada una de estas investigaciones desde los dos contextos musicales y acústicos. Inicia nuestro diálogo desde los conocimientos previos de cada uno donde se realizaron la serie de preguntas:

LINA: la idea como tal es que nosotros podamos generar el diálogo de saberes a partir de sus conocimientos previos, revisando como ustedes a partir de su formación, su realidad, su experiencia en el ámbito de la música han podido como tener en cuenta ciertos conceptos que son ligados a las cualidades del sonido; mi tesis claramente está enfatizada que pasa con la

tonalidad de su saxofón a partir de la acústica de él, es decir en su funcionamiento encontramos que el saxofón se comporta como un tubo sonoro, que pasa con su geometría, con sus partes, con su campana porque es así y no como la del clarinete. Entonces, para poder empezar iniciaremos nuestro diálogo.

La primera pregunta es ¿Qué entiende como las cualidades del sonido en su instrumento?

NICOLAS: Las cualidades del sonido supongo que son la matiz o el brillo, el tono, la articulación.

LINA: ¿Para ti que es el matiz?

NICOLAS: Depende del material, no es lo mismo tocar la misma nota en un piano, en el saxofón tiene una sonoridad distinta por su material.

LINA: Y, ¿el tono?

NICOLAS: Si pensamos que en el saxofón la lengüeta vibra para generar sonido entre más recorre, más onda de sonido de amplia es bajo, entre más rápido vibra es mucho más alto.

LINA: Y la tercera cualidad fue: La articulación

NICOLAS: Los diferentes sonidos

LINA: Entonces tú me dices a mi matiz, me dices que es la diferenciación de un instrumento y otro. Luego, que el tono es relacionado a las frecuencias, luego, la articulación la manera en que genero un sonido.

NICOLAS: Es diferente lanzar aire continuo, es muy diferente enviar mismo sonido un mismo tono

LINA A JUAN: Y tú, ¿Qué entiendes como las cualidades del sonido? ¿Las mismas?

JUAN: Mas o menos, añadiría que el matiz es más el color, no lo entiendo tanto como la diferenciación de un instrumento a otro, depende como el músico le puede dar a este instrumento por más que él y yo tengamos un saxofón el sonido es distinto, depende de los gustos, de su experiencia desde cómo fue educado en su interpretación musical, si yo toco más arriba o más abajo. Tono lo entiendo igual como las frecuencias y para añadir el ritmo es la frecuencia que tiene esos tonos, como una secuencia de manera lineal del tiempo.

LINA: Segunda pregunta ¿Caracterice las cualidades del sonido?, fue lo que nos acabaron de decir cada uno. La tercera pregunta: ¿Desde su lenguaje musical, el papel del tono es ligado a la diferenciación de un sonido ya sea grave o agudo?

NICOLAS: Mmmm, tono, creo que es algo que se asume, pero uno realmente no piensa mucho sobre eso, si hay esa noción que hay cambios de tono a tono, no sé cómo que uno juegue con esas variaciones para producir música, pero en nuestra mente más que agudo o grave esta la nomenclatura, como que se olvida uno de la característica de cada nota por que le puso un nombre, se nos olvida que esas cosas tienen un modo y qué relación tiene con las otras.

LINA: Y tú lo entiendes ¿así?

JUAN: Si, pero la definición se queda un poco corta, si bien cuando yo estoy hablando de una escala del tono a otro va subiendo el rango de grave- agudo, yo creo que también si haces un La# en el saxofón así con estas llaves acá el lado también lo puedes hacer con estas dos, si tocas uno y tocas el otro notas si hay una diferencia a pesar que es la misma nota, tal vez hay más cualidades en el tono para tener en cuenta.

LINA: Cuarto, ¿Cuál es el origen de la serie armónica?

NICOLAS: Yo pensaría que, es que creo que la mejor manera de mostrarlo es con una cuerda es asumir que tengo una cuerda grande y si la dobla llega a la nota tercera, y otra vez a la mitad a la tónica.

JUAN: No pues la verdad no estoy muy seguro, lo que medio recuerdo fue que el profesor nos comentó, si no estoy mal fue Pitágoras, que a través de la cuerda empezaba a medir el sonido, no creo que no tengo más información sobre eso.

NICOLAS: Creo que si uno tuviera la cuerda y la pudiera tocar e ir cortado la cuerda podría observar el fenómeno

LINA: Pues le cuento que alrededor de las cuatro preguntas que les hice ahora si vamos a entablar el dialogo, para nosotros los físicos clasificamos las cualidades del sonido hace referencia más o menos a lo que ustedes clasificaron acá, pero por ejemplo cuando hablamos del matiz y del color nosotros hacemos referencia al timbre, el timbre para nosotros es lo que nos permite diferenciar del porque un instrumento como el saxofón suena de esa forma y no igual a un piano o a una guitarra, esa la diferenciación del instrumento alrededor de las ondas sonoras y las frecuencias audibles Para nosotros las frecuencias audibles es la capacidad que tiene el oído de escuchar de decir esto es una nota es un La pero no suena igual que un Re.

El tono si es alrededor de la frecuencia y lo dividimos en un agudo y en un grave, de donde podemos diferenciar las frecuencias agudas.

LINA: ¿Para ustedes que son las frecuencias agudas y graves?

JUAN: Las altas, figamos que el recorrido del aire y tienen a durar mucho la tonalidad del agudo es mucho menor.

NICOLAS: Si tuviera que dividir el instrumento por notas graves y agudas utilizaría el Do central de ahí para delante son graves, y de para allá son agudas.

LINA: Como lo vemos en un piano

NICOLAS: Sí

LINA: nosotros vemos las frecuencias de esa forma solo que esa frecuencia me denota una nota y esa nota tiene un comportamiento a partir de la onda simple, una onda armónica simple, si

nosotros empezamos a mirar que La tiene una frecuencia de 440 Hz que pasaría con La2 con la segunda

JUAN: La segunda como una octava arriba, una aguda

NICOLAS: La segunda octava, o el segundo grado

JUAN: Esta es la segunda

LINA: Si quieres tócala

JUAN: Interpreta la octava de La

LINA: Listo, ¿Qué pasa con esa frecuencia es la misma?

NICOLAS: No, no sé cómo que la oscilación es mucho más rápida, digamos que la onda reproduce el mismo intervalo en menos tiempo

LINA: ¿Cómo creen que sería la frecuencia? ¿Aguda? ¿Grave?

NICOLAS: ¿Aguda? Más pequeña

LINA: Es igual a 880Hz, se duplica es la segunda octava, es nuestro segundo armónico, y eso pasa con lo que decías de Pitágoras, el hizo un monocordio y que al tensionarla generan ciertas vibraciones existe una frecuencia fundamental, pero si la dividimos serian dos veces esa frecuencia. Realmente nosotros hacemos toda la composición de los armónicos, la articulación que genera un sonido es lo que hace su caña la que genera la vibración, porque ni siquiera es el aire es la vibración y la presión de como ingresa el aire. Alrededor de esas frecuencias y esa cuerda nace lo que es la consonancia y cuando Juan me dice que queda corto, sí porque de ahí nace la consonancia en la escala armónica hace referencia a los intervalos que hay entre dos notas es decir un tono un semitono y luego un tono.

LINA: Entonces si yo les pregunto Si interpretamos la nota Re, Re#, Mi, Fa, Fa# en el instrumento. ¿Qué pasaría con el tubo sonoro es más largo o corto?

NICOLAS Y JUAN: Interpretan la melodía

LINA: ¿Qué creen que pasa con su instrumento?

NICOLAS: Como a medida que vamos moviendo los dedos, vamos haciendo que el tubo se reduzca por decir algo el tubo que es el instrumento tenemos que utilizar la nota más grave.

LINA: ¿Cuál es la más grave?

NICOLAS: A medida que vamos subiendo en el tono el tubo se va acortando

LINA: es lo mismo que decía Pitágoras, es lo mismo pero en nuestro tubo si acortamos nuestro tubo en unos segmentos proporcionales vamos acortándolo por primera, segunda frecuencia vamos generando armónicos eso pasa con nuestro tubo abierto o cerrado.

Y la última Planteando el ejercicio anterior. ¿Cómo concibe las frecuencias, el tono y los posibles armónicos con esa melodía?

JUAN: La frecuencia es el viaje que hace el aire hasta la caña, el caso de mi señala el instrumento por donde sale el aire, entonces como se alarga el tubo en caso de Re entonces el tono será mucho más grave entonces la frecuencia será más corta y mucho más grave.

NICOLAS: Bueno es que digamos al ser un tubo la manera con la que podemos usar el aire podemos llegar a generar una octava de Re si cambiar la posición si no aumentando la frecuencia de la vibración que tenga el mismo recorrido por los armónicos, la frecuencia es la vibración que viaja por todo el tubo hasta que sale, el tono entre más largo el tubo la onda de la frecuencia va ser más amplia y mucho más grave de eso dependerá los tonos que tenga el instrumento

LINA*:* algo muy importante en mi trabajo con lo que hemos nombrado ¿cómo creen que sería la acústica de nuestro instrumento? Antes de pasar a la actividad dos.

NICOLAS: Acústica ¿Cómo funciona?

JUAN: Bueno por la embocadura tiene que ser un aire dirigido, el aire golpea la caña y esta la hace vibrar y empieza a rebotar ya depende la nota que estemos tocando el aire encontrará una salida según la nota que estemos interpretando

LINA; ¿Qué pasa con la campana? ¿Por qué su instrumento tiene una campana?

NICOLAS: Supongo que es para el *Sib*

LINA, JUAN, NICOLAS: Risas

LINA: Bueno, les voy hablar de la acústica del instrumento, alrededor del instrumento lo primero que hacemos es caracterizar cada parte de su instrumento, porque es cóncavo, cilíndrico, cóncavo, esas curvas del saxofón entonces que pasa con la boquilla claro cuando ingresa el aire hay mucha presión por que la onda tiene algo que se llama vientres y nodos, el nodo es cuando la frecuencia se hace muy pequeña se hace cero, el aire en física lo conocemos como un gas cuando ingresa el gas pasa por las posibles llaves, son orificios me permite interpretar una nota me permite a mi observar la tonalidad del instrumento, pero si hice un Re fui acortando el tubo, fui generando una tonalidad distinta fui corroborando que fuera aguda o más grave. La campana en nuestro instrumento simplemente es para que exista más resonancia en un instrumento.

¿Qué pasa cuando hay más resonancia en un instrumento?

NICOLAS: Se hace más grave

JUAN: Suena mucho más duro

LINA: Necesitamos este mueble para poder entender toda la parte de los armónicos. Eso es lo que pasa con la acústica de nuestro sonido, por eso las cualidades del sonido son tan importantes, listo, si el tono es acá voy a revisar qué pasa con una armonía y melodía o un ritmo corrobora al pulsar una llave las posibles frecuencias alrededor de las notas musicales. Entonces vamos a

hacer unos ejercicios del libro Top Tones de Sigurd Raschér. Pero antes, vamos a entender desde nuestra primera actividad vamos hacer el trabajos individuales y colectivos solo con su boquilla y tudel.

NICOLAS Y JUAN: Interpretan sonidos del agudo al grave sostenido solo con boquilla y tudel

LINA: Si ven la diferenciación de las frecuencias en nuestro instrumento a eso hago referencia cuando hablamos de La con una frecuencia de 440 y la octava arriba de 880. Fourier físico matemático plantea la afinación fundamental de los instrumentos debe estar en 440 como una frecuencia fundamental que es la que siempre encontraremos que se encuentran afinados a pesar que nuestro instrumento es transpositorio. Vamos hacer nuestra segunda parte del grave al agudo o sea lo contrario

NICOLAS Y JUAN: Interpretan el instrumento

LINA: Siempre tenemos la misma frecuencia ahí porque estamos jugando solo con una parte de nuestro tubo, si ya le colocáramos la otra parte a nuestro saxofón empezaríamos a jugar con

todos los armónicos que tiene. Vamos a practicar sonidos ascendente y descendente solo con boquilla y tudel

NICOLAS Y JUAN: Interpretan el instrumento

LINA: Luego, vamos a usar nuestro instrumento como tal, acá viene la siguiente actividad. Formar todos los intervalos posibles individualmente, a partir de la nota más grave del instrumento (*Sib).*

NICOLAS Y JUAN: Interpretan el instrumento.

LINA*:* Luego vamos hacer por último los siguientes ejercicios. Realizar tres ejercicios de la serie armónica a partir del método de estudios técnicos Top Tones de Sigurd Raschér.

NICOLAS Y JUAN: Interpreta el instrumento

LINA: Alrededor de los ejercicios de la serie armónica a partir del libro Top Tones de Sigurd Raschér. Un libro muy específico para comprender que está pasando con los armónicos en el instrumento y para mejorar su parte musical entendimos que alrededor de los armónicos como empezaba nuestros sonidos desde un sonido fundamental pasábamos de ahí a la

NICOLAS, JUAN Y LINA: Octava, Quinta, Octava otra vez luego el sonido fundamental

LINA: Ahí podemos encontrar la relación de la escala entre tonos y semitonos y esa relación son todas las posibles frecuencias que tenemos en nuestro instrumento, es decir cuando empezamos hacer nuestro armónicos empezamos a reducir y a modificar encontramos que pasaba con las frecuencias de Sib, de Re, de Mi, de Fa o de la nota musical que estemos hablando cuando hicimos la quinta empezamos hablar de nuestros sonidos consonantes. ¿Ustedes como entienden la consonancia?

NICOLAS: Al acortar la cuerda que relaciones tienen, no sé tal vez la octava está en un sonido base la quinta tal vez podría ser 1/3 de esa cuerda, tiene una relación proporcional

JUAN: la diferencia entre el tono la nota fundamental, pasar a la quinta seria otro tono y pasar a la quinta sería un semitono, recortar.

LINA: Esa consonancia nos ayuda a relacionar todos los intervalos que hay dependiendo que si suena consonante es agradable a nuestro oído y que esos intervalos me den la relación de los semitonos y como al acortar suena esas frecuencias fundamentales alrededor de 1/3,2/3 etc. Esa es la relación que hace Pitágoras para entender el tono. Si vamos analizar la tercera es lo que nos

permite ver tres veces esas frecuencias, pero como es un semitono. ¿Qué entienden cómo semitono?

JUAN: La mitad de un tono

LINA: Es la mitad de esa frecuencia y eso nos permite corroborar como se está comportando dentro de su instrumento más que allá que lleguemos a escuchar más allá de un sonido armónico melodioso, como ya entendemos que pasa con la octava vamos a empezar hacer la octava del último ejercicio.

NICOLAS Y JUAN: Interpretan las octavas de la segunda actividad, iniciando Nicolás, luego Juan.

LINA: esa fue nuestra actividad y mi propuesta de aula estaba enfatizada como a partir de su sonido podemos concebir las frecuencias, el tono y nuestro instrumento acústicamente, para concluir quiero que concluyan a partir de su experiencia y la experiencia que acabamos de tener como entendieron la acústica de su instrumento y como les pareció la relación que hicimos entre la física y la música.

NICOLAS: Creo que es importante entender de alguna manera así sea el acercamiento primero al instrumento siempre es intuitivo, es chévere y necesario saber de qué manera se comporta el instrumento y como puedo utilizar eso para mis necesidades como músico…. Eh... no sé por decir necesito una octava y no alcanzo hacerla por la posición teniendo el conocimiento como funciona físicamente el instrumento puedo el ahorrarme el tener que mover todos los dedos apra llegar a una octava o a otra nota de algún armónico simplemente sabiendo cómo es la relación del instrumento del aire y de la frecuencia

JUAN: A mí me gustó mucho la actividad aprendí cosas que realmente no sabía creo que si es pertinente la relación entre ambas disciplinas no solo esas si no muchas más hay unas cosas que uno desconoce de tu instrumento es totalmente empírico entonces, lo que dice Nicolás tiene razón, estoy seguro que el 90% de las personas jurarían y dan por el hecho que el sonido sale por la campana cuando aun así como nos explicaste es la caja de resonancia, tiene sus métodos y también podemos llegar a las notas más graves, ese conocimiento nos da la posibilidad de llegar como es la dinámica del instrumento, como viaja el aire como podemos a partir de ese conocimiento buscar nuevas técnicas o utilizar las que están hechas pero con ciertas certezas. El

ejercicio de Sib, subir a la octava es algo que el músico puede hacer pero no entiende si no sabe la física del instrumento.

LINA: ¡Gracias!

IV CAPITULO: CONSIDERACIONES FINALES

A continuación, se dan a conocer las reflexiones alcanzadas en éste trabajo de investigación por parte de la autora alrededor de los ejes de investigación tales como: El tono, los armónicos, el instrumento, diálogo de saberes y el reconocimiento de las realidades y experiencias a través de la prueba piloto sistematizada por medio de la narrativa y los referentes bibliográficos.

Para iniciar, históricamente las relaciones entre la música y la física ha sido tema de estudio no solo para los músicos sino también para los físicos donde ha sobresalido la acústica desde los experimentos en las cuerdas, su tonalidad, su consonancia y los armónicos que se generan, también la parte matemática que ha sido un aporte para poder entender que pasa con los armónicos no solo en las cuerdas sino también en la variedad de los instrumentos musicales. Sin embargo, hay un concepto que sobresale y nos guía a los demás como lo es el *tono*, desde el reconocimiento de las frecuencias ya sean graves o agudas en el instrumento nos permite llegar a explorar y contextualizar el funcionamiento de las llaves en el caso del saxofón a través de su longitud y sus armónicos, como se evidencio en el capítulo II de los fundamentos teóricos. Se debe aclarar que es necesario hacer un análisis de las propuestas y relaciones que han involucrado de algún modo el arte y la ciencia desde las posturas tanto musicales y acústicas. Desde autores como Pitágoras, Vicenzo y Galileo Galilei, Zarzino, Bernoulli, Fourier, Helmholtz, etc.

Por otra parte, el reconocimiento acústico del saxofón desde los tubos sonoros clasificándolo como un tubo casi “cerrado” en un extremo y abierto en el otro nos ayuda a comprender a través de su geometría que sucede cuando ingresa el gas o aire a ese instrumento, cuando abrimos y cerramos una llave generamos una calidad tonal que se halla directamente relacionado con las frecuencias que produce, además de complementarse con la escala armónica y explicar que pasa con las frecuencias de cada nota.

Consecuentemente, alrededor de lo nombrado anteriormente se pudo generar una propuesta de aula que nos permitió entablar un diálogo de saberes a través del impacto que genero esta relación para los saxofonistas. En general se reconoció la re significación de posturas que han aportado a la enseñanza de la física desde la acústica, y algunas musicales que han significado para ellos el análisis de las realidades a través de su experiencia, de la interpretación y reconocimiento de su instrumento desde otra perspectiva. Por otro lado, la prueba piloto nos

generó un acercamiento activo con los sujetos poseedores de su conocimiento y primordialmente manifestar por medio del relato las experiencias de las prácticas pedagógicas contadas a través de la voz, las palabras, sentires y saberes de los maestros en formación.

Para finalizar, se manifiesta como las relaciones más formales, horizontales y colaborativas entre la investigadora; maestra en formación y los saxofonistas permitieron de alguna forma o medio la re significación de la enseñanza de la física en el marco de las relaciones de la acústica y el conocimiento musical del saxofón. Generando una visión más crítica y compleja de la realidad, sin desmeritar los vínculos donde el conocimiento se desarrolla constantemente mediante el intercambio de conceptos y experiencias en un territorio especifico como el musical.

Referentes Bibliográficos

ANSA, A. M. (s.f.). *(S,F) El txistu sus ondas armónicas* .

Ayala M., S. O. (2013). *Construcción de Fenomenologías y Procesos de Formalizacion para la enseñanza de las ciencias.* Bogotá: Grupo física y cultura.

Donington, R. (1986). *La música y sus instrumentos.* Madrid: Castellana Alianza.

GARCÍA, V. M. (2005). *ESTUDIO ANALISIS DE LA ORGANILOGIA EN EL CLARINETE.* VALENCIA: UNIVERSIAD POLITECNICA DE VALENCIA.

Guthrie W, K. (1991). *Historia de la filosofia Griega Tomo I "Los primeros presocraticos y los pitagoricos"* . Marid: Ed Gredos.

Helmholtz. (1885). *On The Sensation Of Tone* . Alemania: La traducción al inglés de Alexander J. Ellis .

Hernández Sampieri, R. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.* MÉXICO D.F: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Leff, E. (2006). *COMPLEJIDAD, RACIONALIDAD AMBIENTAL Y DIALOGO DE SABERES.* MEXICO: Centro Nacional de Educación Ambiental.

Martínez, F. (2017). *El saxofón 1.* España.

Mesa, A. G. (2005). *Notas de clase Oscilaciones y Ondas.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Unibiblos.

Otaola, P. G. (2014). *Francisco de Salinas, Música, teoría y matemática en el renacimiento.* Salamanca: Universidad de Salamanca y autores.

PEDAGÓGICA NACIONAL, U. P. (2013). *LICENCIATURA EN MÚSICA.* BOGOTÁ: UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL.

Stolik, D. (2012). *Del timbre a lo desconocido.* CUBA: Universidad de la Habana.

Suarez, D. H. (2017). *RELATAR LA EXPERIENCIA DOCENTE. LA DOCUMENTACIÓN NARRATIVA DEL MUNDO ESCOLAR.*

Urbina, F. R. (2013). *NOTAS PARA UN «DIÁLOGO DE SABERES».* Bogotá: S/E.

Bibliografía

ÁLVAREZ, J. *Galileo Y Vincenzo. La Música Y El Nacimiento Del Método Experimental*, Editor, César Carrillo Trueba, Revista de Ciencias, Facultad de Ciencias, Departamento de Física, UNAM. México.

AYALA, M. ROMERO, A.MALAGÓN, J. RODRIGUEZ, L. AGUILAR, Y & GARZÓN M (2008) *Los Procesos De Formalización Y El Papel De La Experiencia En La Construcción Del Conocimiento Sobre Los Fenómenos Físicos*, Bogotá, Colombia, Universidad Pedagógica Nacional. Medellín, Colombia, Universidad de Antioquia

CAMACHO REYES, RODOLFO MENDOZA ROSENDO, PITÁGORAS & LA ESCALA MUSICAL, Barcelona, España, (Universidad de Barcelona), Consultado el 01 de Noviembre del 2017 en: http://www.midebien.com/boletin/002/pitagorasysuescalamusical.pdf

EL CANTO DE MI PUEBLO., (s, f) *Unidad didáctica de Educación musical para Primaria © de esta edición: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia Consejería de Educación,* Ciencia e Investigación Dirección General de Ordenación Académica.

CHAPARRO, C. GONZALEZ, F. OROZCO, J. PEDREROS, R. VALLEJO, J. (1996) *Introducción A La Física De Procesos Desde Una Perspectiva Fenomenológica,* Bogotá, Colombia Universidad Pedagógica Nacional, Departamento de física.

CRESWELL, J. (1994) *Qualitative Inquiry And Research Design* Investigación Cualitativa Y Diseño Investigativo CHOSING AMONG FIVE TRADITIONS Selección Entre Cinco Tradiciones.

D' STOLIK REVISTA CUBANA DE FISICA, [S.l.], v. 29 (2012), *Física Y Música: Del Timbre, A Lo Desconocido.* La Habana: Universidad de La Habana, Facultad de Física.

ISRAEL M, (2015) *Los Armónicos En El Saxofón,* Editorial de Música, S. A. VALENCIA (España).

MALAGÓN, J. AYALA M. & SANDOVAL M. (2013) *Construcción De Fenomenologías Y Procesos De Formalización: Un Sentido Para La Enseñanza De Las Ciencias* Bogotá, Colombia, Universidad Pedagógica Nacional.

MESA T, RINCÓN G., (2007) *Diseño De Un Instrumento Musical De Viento A Partir De La Gaita Hembra De La Costa Atlántica Colombiana.* Universidad Eafit, Departamento De Ingeniería De Diseño de Producto, Medellín.

GONZÁLEZ DÁVILA J. (S.F) *Matemáticas y música sobre la contribución de las matemáticas a la teoría del sonido.*

MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL (2006) *Estándares Básicos De Competencias En Lenguaje, Matemáticas, Ciencia Y Ciudadanas,* Bogotá, Colombia.

MONTES, J. RIVERA, Y (2014) *Percepción Y Organización De La Experiencia En La Construcción De Fenomenologías,* Bogotá, Colombia, Universidad Pedagógica Nacional.

PASTOR, V (S, F) *Introducción a la acústica de los instrumentos de viento- metal.*

REYES M, M (2006) *Música como ciencias y las ciencias de la música y su importancia en la educación.*

RODRIGUEZ, I. (2013) *Descripción Física De La Armonía Clásica*, Bogotá, Colombia, Universidad Pedagógica Nacional.

STOLIK, D.C (2005) *El aporte de los físicos en la música.* Universidad de la Habana. Facultad de Física.

TIBURCIO, S. (2001-2002) *Música y matemáticas (21-26).*

TOMASINI M.C. (2003) *El fundamento matemático de la escala musical y sus raíces Pitagóricas.*

SUÁREZ. D, & OCHOA L (2006) *Documentación narrativa de experiencias pedagógicas. Una manera de indagar el mundo y las experiencias escolares. Entre maestros.* Revista para maestros de educación básica. Vol. 6, N° 16. Universidad Pedagógica de México.

SUÁREZ. D, (2007) *Docentes narrativa e investigación educativa. La documentación narrativa de las prácticas docentes y la indagación pedagógica del mundo experiencias escolares.*

SVERDLICK. (ED) (s, f) *La investigación educativa: Una herramienta del conocimiento y acción (Pág 71-110)* Buenos Aires

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE. FACULTAD DE CIENCIA DEPARTAMENTO DE FÍSICA, (2014) Diseño De Una Unidad Didáctica Para La Enseñanza De Algunos Conceptos De Sonido En El Subsector De Física En Nm1 Utilizando Instrumentos Musicales. Santiago, Chile.

Anexos

Propuesta de Aula

UNIDAD DIDÁCTICA

ACÚSTICA DEL SONIDO

LÍNEA DE PROFUNDIZACIÓN ENSEÑANZA DE LA FÍSICA DESDE UNA PERSPECTIVA CULTURAL

LINA MARÍA PUENTES ESPEJO

TITULO:

¡MÚSICA MAESTRO!

1. INTRODUCCIÓN

La finalidad de este trabajo es poner en interacción saberes desde dos contextos distintos, donde el lenguaje y la experiencia nos permitan construir estructuras desde los principios físicos acústicos, hasta las formas de interpretación musical.

La unidad didáctica va dirigida al maestro Lin Zheng de la Licenciatura en música, basada en la naturaleza del sonido, consta de dos sesiones que se desarrollaran en el transcurso del semestre 2018-II.

1.1 Características de la institución y los alumnos.

En la caracterización de la institución y sus alumnos se manifiesta la proyección que abarca la facultad de Bellas Artes conocida como el Nogal como lo afirma la Universidad.

(PEDAGÓGICA NACIONAL, 2013): “El programa de Licenciatura en Música de la Facultad de Artes de la Universidad Pedagógica Nacional tiene una tradición fundada en casi cuarenta años de compromiso con la formación de docentes en el campo de la música. En 1974 se graduó la primera promoción de expertos en Pedagogía Musical desde ese momento en adelante se han formado docentes que dan cuenta del saber musical y el saber pedagógico aplicado a la enseñanza musical”

Situación en la etapa de la Unidad Didáctica

Las características sociológicas y epistemológicas están ligadas al entorno artístico, por lo que es de gran relevancia conocer un ambiente musical que permita empalmar saberes desde diferentes lenguajes y explotar sus potenciales.

Como objetivos marcados, a nivel social, que nos permita generar un ambiente positivo y saludable en medio de las actividades generadas en dicha Licenciatura. Para poder obtener una elevada socialización física y musical como un complemento hacia el conocimiento.

2. PROBLEMÁTICA

En la actualidad la ciencia y sus productos han reconfigurado drásticamente las dinámicas socio-culturales, basta a manera de ejemplo la dependencia de este a los aparatos tecnológicos que permiten, entre una de sus muchas utilidades la comunicación de forma instantánea, el transporte en cortos periodos de tiempo, etc.

Bajo esta óptica se considera importante desarrollar ciencia en la sociedad Musical, en tanto ella permite construir una red de sentidos que significa continuamente la interacción del ser con la naturaleza con el fin de lograr el progreso y una mejora en el empalme de saberes.

Sin embargo, resulta curioso observar como las personas dependen tanto de la ciencia, pero desconocen gran parte de las dinámicas que la construye, bajo esta perspectiva, el objeto de la educación cobra especial importancia y queda cuestionada puesto que no se ha logrado generar una cultura científica; luego se hace necesario reflexionar sobre el papel de la misma y del maestro.

La práctica pedagógica, en este sentido ha permitido observar que las dinámicas en los entornos escolares y las propuestas didácticas se quedan cortas al momento de enriquecer la relación del maestro y sus estudiantes, permitiendo de esta manera, seguir, concibiendo el proceso de construcción del conocimiento, como una actividad pasiva y estática, en el cual el estudiante es receptor de información.

A causa de esto, se cree pertinente generar espacios donde se integre de manera coherente la ciencia, y otras formas de interpretación del mundo.

Así, el papel de la física toma sentido al momento de relacionar términos acústicos como lo es el tono desde los sonidos musicales, estos son generados alrededor de ciertos métodos físicos que nos han permitido reconocer la vibración de una cuerda, por ejemplo, de una guitarra, un violín, etc. También, explorar el aire al interior de un instrumento de viento, como lo es, el saxofón, el clarinete la trompeta etc., permitiéndonos caracterizar los sonidos desde mayores o menores frecuencias en las notas musicales. Estas las podemos identificar desde su altura denominados agudos, y las menores frecuencias denominados graves.

Entretanto, las frecuencias desde la física la conceptualizamos desde una interpretación cuantitativa como el número de oscilaciones por unidad de tiempo y la medimos en Hertz (Hz) esta puede ser medida desde aparatos especializados que pueden calcular la frecuencia auditiva, así la frecuencia termina siendo la elevación y la subjetivación de los sonidos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Generar un dialogo de saberes alrededor del tono, donde, se reconozcan los principios físicos-acústicos que se evidencian en el saxofón.

OBJETIVOS DIDÁCTICOS

1. Reconocer destrezas basadas en el pensamiento musical, que se pueden desarrollar a través de las concepciones físicas.
2. Interpretar algunos elementos del lenguaje musical y el lenguaje físico.
3. Despertar interés en los músicos por medio de propuestas que me permitan el aprendizaje de ciertos fenómenos sonoros, con instrumentos musicales, en este caso con el saxofón

4. JUSTIFICACIÓN

La elaboración de esta unidad didáctica inicia concibiendo la música como un hecho cultural que se implanta en las costumbres del ser sociable. Así pues, la música, como arte, tendrá una relación con el mundo que le rodea. Por lo tanto, parece importante estrechar la mano con otro tipo de lenguaje como es el físico, permitiendo concebir el conocimiento científico como una base desarrolladora del pensamiento e integradora de saberes.

Al reconocer estos lenguajes se plantea un tema interés basado en el sonido, específicamente en las concepciones sonoras, que me permita desmitificar las ideas de ciencia, y apropiar las formalizaciones físicas desde terminologías hasta el funcionamiento de un instrumento musical. Así mismo, generar otras explicaciones y aportes al momento de realizar una interpretación y caracterización musical desde el instrumento (Saxofón).

5. CONTENIDOS DE APRENDIZAJE

EL TONO

En los instrumentos de viento podemos evidenciar que la longitud de estos nos lleva a concebir la sensación del tono relacionado con la frecuencia fundamental[17], donde este se ve influenciado al momento de interpretar una nota. En particular en el saxofón se establece la variación de la frecuencia al cerrar o abrir una llave, así, la longitud de este tubo sonoro abierto o instrumento musical varía y nos permite reconocer un armónico desde la nota más grave hasta la nota más aguda. Las longitudes L de los tubos sonoros o cilíndricos y el área transversal adquiere

[17] Es la frecuencia más baja que forma una onda periódica.

un gas conocido como el aire suministrado por el intérprete que en equilibrio tiene una presión y una densidad que afectan de manera consecuente el sonido y el saxofón como tubo sonoro, este se comporta como un tubo de relación abierto-abierto. Así al momento de interpretar una armonía[18] el tubo al variar su longitud forma un armónico desde la octava por esto mismo como lo afirma (Mesa, 2005, págs. 208-209): "Esto explica las diferencias en el sonido de los dos tipos de tubos, mientras que uno abierto-abierto al tocar una nota simultáneamente da todos los primeros armónicos, en un tubo abierto-cerrado solo se excitaran los armónicos impares".

Las notas agudas y graves también se ven influenciadas por la longitud de este, ya que las notas agudas se reconocen cuando el diámetro es mayor en el tubo sonoro, y las notas graves al momento de generar la frecuencia de la onda, esta, se convierte en una onda totalmente pequeña y se desprecia en el tubo. Este tubo está caracterizado esencialmente por sus agujeros laterales que nos llevan a escuchar su intensidad correspondiente generando una afinación de los intervalos y los armónicos permitiéndonos reconocer los tonos y semitonos.

ESCALA MAYOR DE LA

La escala musical inicia su construcción concibiendo ciertas relaciones de proporción presentes entre sus notas, a mediados del siglo (V a.C) algunos filósofos, en especial Arquitas de Tarento que perteneció a la escuela Pitagórica, afirma que (Guthrie W, 1991):

: "La música tiene tres medidas, una aritmética, la segunda es geométrica, la tercera la medida sub-contraria, llamada armónica", justamente las medidas que tiene la música enfatiza la construcción de la escala organizándola en ocho sonidos por grados conjuntos o la unión de dos tetracordios[19] espaciados por tonos y semitonos.

Así mismo, la escala como los tetracordios especifican las distancias tonales entre sus notas por tanto denota las posibles combinaciones de los sonidos o notas simultáneamente emitidos, así, la armonía y la melodía se complementan al momento de interpretar varias melodías a la vez. Es necesario recalcar que podemos caracterizar la melodía como un conjunto de sonidos armónicos que se emiten uno tras de otro.

[18] Intervalos musicales que combinan sonidos y tonalidades.
[19] *Los tetracordios es el grupo ordenado de cuatro notas musicales (Do,Re,Mi,Fa)*

Así la escala mayor de La adquiere como nota tónica [20]LA, como todas las escalas mayores tienen siete notas es decir heptatónica, constituida de patrones diferenciados como lo hemos nombrado anteriormente de tonos y semitonos de la siguiente manera:

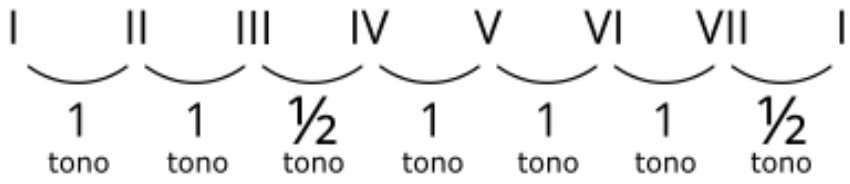


Imagen sucesión de tonos y semitonos tomada de:
https://hablamosdemusica.wordpress.com/2010/12/01/lenguaje-musical-iii/

Considerando que la primera nota es La evidenciamos el comportamiento de tonos y semitonos de la siguiente manera:

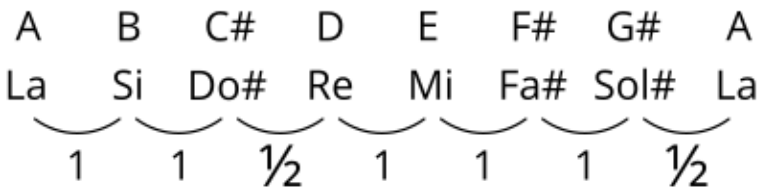


Imagen sucesión de tonos y semitonos con notas de la escala mayor de La tomada de:
https://hablamosdemusica.wordpress.com/2010/12/01/lenguaje-musical-iii/

1.1 Procedimientos

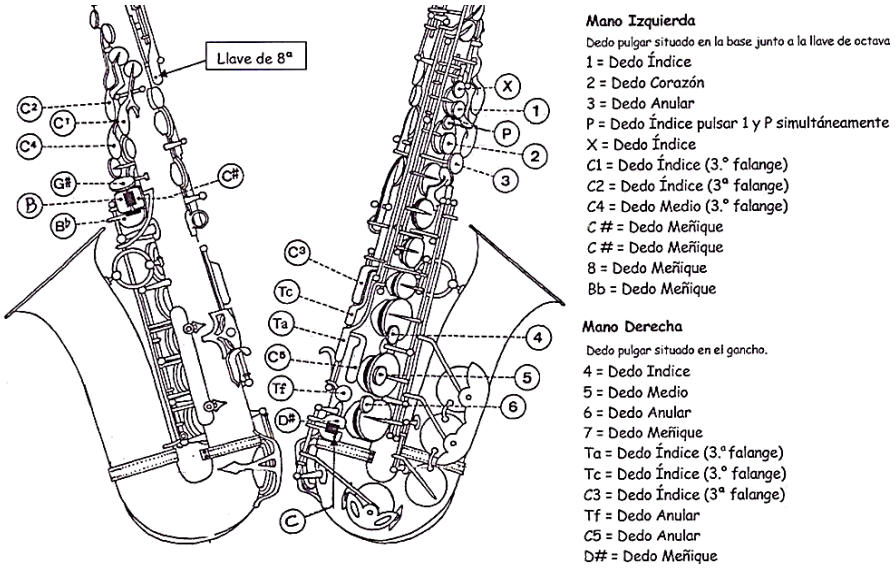
- ✓ Interpretación de un estudio técnico del instrumento que me permita comprender los conceptos físico –acústicos.
- ✓ Exploración y empalme de experiencias a partir de conceptos físicos y musicales.
- ✓ El saxofón como recurso para el aprendizaje del lenguaje físico.

[20] *Este concepto también es conocido como centro de gravedad tonal. Se trata de una nota que actúa como sonido de referencia para las demás y para los demás componentes de una obra o un fragmento musical. A partir de esta nota se marcan todas las demás y también se definen sus características: su tensión o su color, por ejemplo*.

2. Caracterización del instrumento

El saxofón o también conocido como el saxófono es un instrumento perteneciente a los vientos-madera caracterizado por tener una forma cónica, generalmente hecho de latón consta de una boquilla y una caña simple. (Martínez, 2017): *"Estas características también las proporciona el Oboe y el clarinete, cabe resaltar que el saxofón es un instrumento de evolución, fue creado por Adolphe Sax en el año 1840, es asociado comúnmente a la música popular, blues, y jazz"*

Desde esta perspectiva, es considerado un instrumento de viento-madera puesto que el sonido no es generado desde los labios del intérprete, si no, a partir de la vibración y la onda oscilante que genera la caña del instrumento.



Modificación de imagen Saxofón y sus llaves tomada de:
http://www.adolphesax.com/index.php/es/saxforo/21-foro-para-principiantes/226089-numeracion-de-las-llaves

6. ACTIVIDADES

- ***Actividad 01***

Como primera medida se tiene en cuenta los conocimientos previos que adquieren cada uno de estos saxofonistas, para ello se realizara un cuestionario, que me permita comprender su lenguaje.

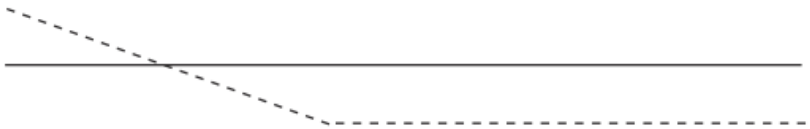
1. ¿Qué entiende como las cualidades del sonido?
2. Caracterice las cualidades del sonido
3. ¿Desde su lenguaje musical, el papel del tono es ligado a la diferenciación de un sonido ya sea grave o agudo?
4. ¿Cuál es el origen de la serie armónica?
5. Si interpretamos la nota Re, Re#, Mi, Fa, Fa# en el instrumento. ¿Qué pasaría con el tubo sonoro es más largo o corto?
6. Planteando el ejercicio anterior. ¿cómo concibe las frecuencias, el tono y los posibles armónicos con esa melodía?

- ***Actividad 02***

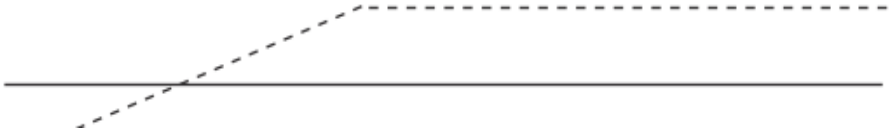
Una vez realizada la primera actividad, se hace una primera aproximación en medio de la experiencia, luego, se concibe realizar una serie de actividades que van ligadas al trabajo en individual y colectivo.

Ejercicios con la boquilla solamente:

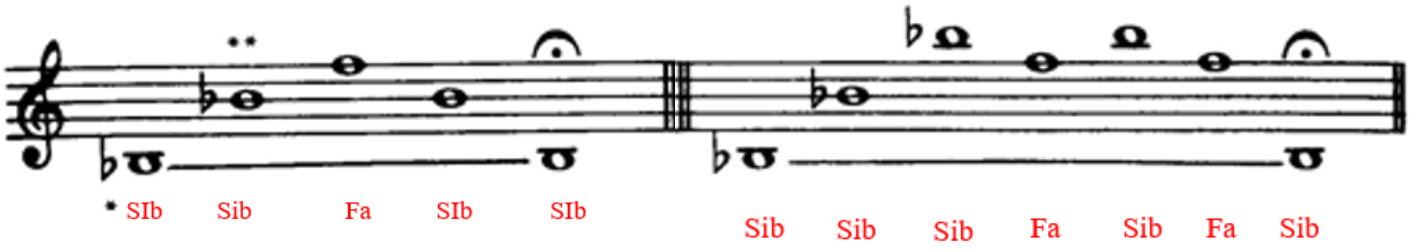
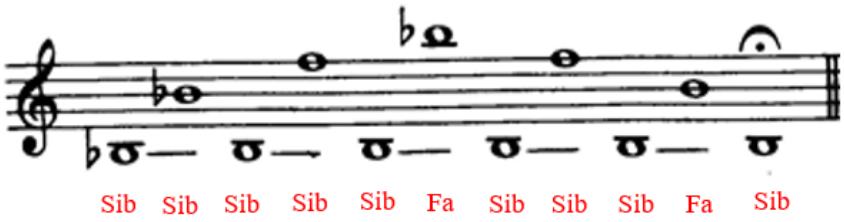
1. Practicar sonidos que vayan del agudo al grave y que quede mantenido.



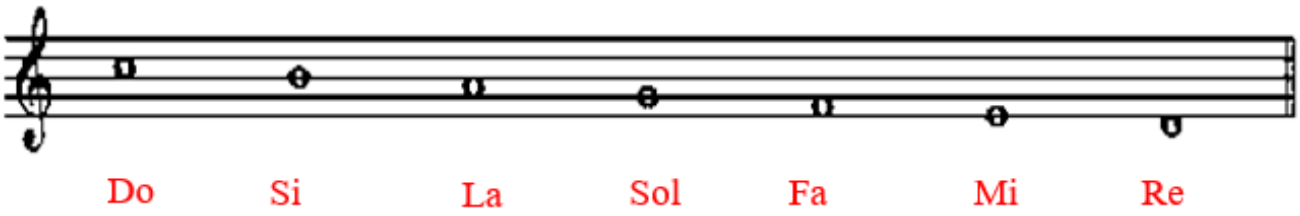
2. Practicar sonidos que vayan del grave al agudo y que quede mantenido.



3. Practicar sonidos en sentido ascendente y descendente.

4. Formar todos los intervalos posibles individualmente, a partir de la nota más grave del instrumento (*Sib).*
5. Realizar diversos ejercicios colectivos, de enlace de intervalos armónicos de dos o más notas.
6. Realizar tres ejercicios de la serie armónica a partir del método de estudios técnicos Top Tones de Sigurd Raschér.



7. Con la octava, tocar las siguientes notas:



7. RECURSOS

- El instrumento musical (Saxofón)
- Libro *Top Tones for the Saxophone. Sigurd Raschér.*
- Experiencia de cada uno de los saxofonistas.

8. TIEMPOS

- La unidad se desarrollara en dos sesiones de dos horas cada una, que contaran una forma secuencial basada, primero, en los conocimientos previos por medio de preguntas. Segundo, la organización colectiva e individual en medio de organizaciones de diferentes lenguajes.

Traducciones Textuales Libro on the Sensation Of tone Hermann von Helmholtz

(Páginas 1 a 4)

En la presente obra se intentarán conectar los límites de dos ciencias que, aunque equiparadas entre sí por muchas afinidades naturales, hasta ahora se han mantenido prácticamente distintas – me refiero a los límites de la acústica física y fisiológica de un lado, y de la ciencia musical y la estética, por el otro-. La clase de lectores a la que se dirigirá este texto, consiguientemente han tenido una educación muy diferente y se verán afectados por intereses diferentes. Por lo tanto, no será superfluo que el autor, al principio, manifieste claramente su intención en la realización de la obra, y el objetivo que ha tratado de alcanzar. Los horizontes de la física, la filosofía y el arte han sido separados ampliamente y, como consecuencia, el lenguaje, los métodos y los objetivos de cualquiera de estos estudios presentan cierta dificultad para el estudiante de cualquier otro de ellos; Y posiblemente esta es la causa principal, el problema asumido aquí no ha sido considerado y avanzado más a fondo desde hace mucho tiempo, hacia su solución.

Es cierto que la acústica emplea constantemente conceptos y nombres tomados de la teoría de la armonía, y habla de la "escala", "intervalos", "consonancias", y así sucesivamente; y de manera similar, los manuales de Thorough Bass[21] en general comienzan con un capítulo físico que habla del número de vibraciones ", y fija sus" proporciones "para los diferentes intervalos; Pero, hasta el presente, esta aparente conexión de la acústica y la música ha sido totalmente externa, y puede considerarse más bien como una expresión dada a la sensación de que tal conexión debe existir, tanto como su formulación actual. El conocimiento físico puede haber sido útil para los fabricantes de instrumentos musicales, pero por el desarrollo y fundamento de la teoría de la armonía hasta ahora ha sido totalmente estéril. Y todavía los hechos esenciales dentro del campo que aquí será explicado, se han sabido desde los tiempos más tempranos. Incluso Pitágoras (fl., Circa B.C 540-510) sabía que cuando las cuerdas de diferentes longitudes, pero del mismo uso, y sometidas a la misma tensión, solían dar las consonancias perfectas de la Octava, Quinta o Cuarta, sus longitudes deben estar en las proporciones de 1 a 2, 2 a 3 o 3 a 4 respectivamente, y si, como es probable, su conocimiento fue en parte derivado de los sacerdotes egipcios, es imposible conjeturar en qué remota antigüedad esta ley fue conocida primero. Más tarde, la física ha extendido la ley de Pitágoras pasando de la longitud de las cuerdas al número de vibraciones y, por lo tanto, lo hace aplicable a los tonos de todos los instrumentos musicales, y las relaciones numéricas 4 a 5 y 5 a 6 se han añadido a los anteriores(FIN DE LA PAGINA 1) para las

[21] Es una especie de notación musical en la que los números y símbolos (a menudo accidentales) indican intervalos y tonos que no son acordes y que un músico que toca clavecín, órgano, laúd (u otros instrumentos capaces de tocar acordes) toca en relación con las notas bajas en las que estos números y símbolos aparecen arriba o abajo.

consonancias menos perfectas de los tercios mayor y menor, pero no soy consciente de que se haya dado un paso real hacia la respuesta a la pregunta: ¿Qué tienen que ver las consonancias musicales con las proporciones de los seis primeros números? Tanto los músicos como los filósofos y los físicos se han contentado generalmente con decir que las mentes humanas estaban de alguna manera en un estado de desconocimiento, de tal manera que descubrieron las relaciones numéricas de las vibraciones musicales y tenían un placer peculiar al contemplar proporciones simples fácilmente comprensibles.

Mientras tanto, la estética musical ha hecho avances inconfundibles en aquellos puntos que dependen más de la sensación psicológica que de la acción de los sentidos, introduciendo la concepción del movimiento en el análisis de las obras musicales del arte. E. Hanslick, en su libro "Sobre lo bello de la música", atacó triunfalmente el falso punto de vista del sentimentalismo exagerado, del cual estaba de moda teorizar sobre la música, y remitió al crítico a los elementos simples del movimiento melódico. Las relaciones estéticas para la estructura de las composiciones musicales, y las diferencias características de las formas individuales de composición, se explican plenamente en la "estética" de Vischer. En el mundo inorgánico, el tipo de movimiento que vemos revela el tipo de fuerza motriz en acción y, en última instancia, el único método para reconocer y medir los poderes elementales de la naturaleza que consiste en determinar los movimientos que ellos generan y éste es también el caso de los movimientos de cuerpos o de voces que tienen lugar bajo la influencia de los sentimientos humanos.

Por lo tanto, las propiedades de los movimientos musicales que poseen un carácter agraciado, lento o pesado, forzado, aburrido o poderoso, tranquilo o excitado, y así sucesivamente, dependen evidentemente y principalmente de la acción psicológica. De la misma manera, las cuestiones relativas al equilibrio de las partes separadas de una composición musical, a su desarrollo mutuo y a su conexión como un todo claramente inteligible, tienen una estrecha analogía con cuestiones similares en la arquitectura. Pero todas esas investigaciones, por muy fecundas que hayan sido, no pueden haber sido sino imperfectas e inciertas, siempre y cuando no tuvieran su origen y fundamento propios, es decir, mientras no hubiera fundamento científico para sus reglas elementales relativas a la construcción de escalas, acordes, llaves y modos, en fin, a todo lo que normalmente se encuentra en las obras de "Thorough Bass". En esta región elemental tenemos que tratar no sólo con invenciones artísticas libres, sino con el poder natural de la sensación inmediata. La música está en una conexión mucho más estrecha con la sensación pura que cualquier otra de las artes. Estos últimos tratan más bien de lo que los sentidos capturan, es decir, de las imágenes de los objetos exteriores, recogidas por los procesos psíquicos de la sensación inmediata. La poesía apunta más claramente a la simple excitación de la formación de las imágenes, dirigiéndose especialmente a la imaginación y la memoria, y es sólo por auxiliares subordinados de tipo más musical, como el ritmo y las imitaciones de los sonidos, que apela a la Sensación inmediata de audición. De ahí que sus efectos dependan principalmente de la acción psíquica. Las artes plásticas, aunque hacen uso de la sensación de la vista, se dirigen al ojo casi de la misma manera que la poesía se dirige al oído. Sus propósitos principales para estimular en nosotros la imagen de un objeto externo de forma determinada color. El espectador

pretende esencialmente interesarse en su (FIN DE LA PAGINA 2) imagen, y disfrutar de su belleza; No para detenerse en los medios por los cuales fue creado. Por lo menos se debe permitir que el placer de un conocedor o virtuoso en el arte constructivo mostrado en una estatua o un cuadro, no sea un elemento esencial del disfrute artístico.
Sólo en la pintura encontramos el color como un elemento que es apreciado directamente por la sensación, sin ningún acto intermedio del intelecto. Por el contrario, en la música, las sensaciones del tono son el material del arte. En la medida en que estas sensaciones se estimulan en la música, no creamos de ellas ninguna imagen de objetos o acciones externas. Una vez más, cuando al oír un concierto reconocemos un tono debido al violín y otro al clarinete, pero únicamente en nuestro disfrute artístico, no depende de nuestra concepción un violín o clarinete, sino únicamente en nuestro oído de los tonos que producen, el disfrute artístico resultante de la visión de una estatua de mármol no depende de la luz blanca que refleja en el ojo, sino de la imagen mental de la bella forma humana que llama. En este sentido, está claro que la música tiene una conexión más inmediata con la sensación pura que cualquier otra de las bellas artes y, por consiguiente, que la teoría de las sensaciones auditivas está destinada a desempeñar un papel mucho más importante en la estética musical que, por ejemplo, la teoría del claroscuro o de la perspectiva en la pintura. Esas teorías son ciertamente útiles al artista, a medios para lograr la más perfecta representación de la naturaleza, pero no tienen parte en el efecto artístico de su obra. En la música, por el contrario, no se busca tal representación perfecta de la naturaleza; Los tonos y sus sensaciones existen por sí solos y producen sus efectos independientemente de cualquier cosa detrás de ellos.

Esta teoría de las sensaciones del oído pertenece a la ciencia natural, y se sitúa bajo la acústica fisiológica. Hasta ahora es la parte física de la teoría del sonido que ha sido casi exclusivamente tratada en detalle, es decir, las investigaciones se refieren exclusivamente a los movimientos producidos por cuerpos sólidos o gaseosos cuando producen los sonidos que la oreja aprecia. Esta acústica física no es más que una sección de la teoría de los movimientos de los cuerpos elásticos. Es indiferente físicamente si las observaciones se hacen en cuerdas estiradas, por medio de espirales de alambre de latón (que vibran tan lentamente que el ojo puede seguir fácilmente sus movimientos y, por consiguiente, no provocan ninguna sensación de sonido) o por medio de una Cuerda de violín, (donde el ojo puede apenas percibir la vibración que el oído aprecia fácilmente). Las leyes del movimiento vibratorio son exactamente las mismas en ambos casos; Su rapidez o lentitud no afecta en lo más mínimo a las propias leyes, aunque obliga al observador a aplicar diferentes métodos de observación, el ojo por uno y el oído por el otro. Por lo tanto, en la acústica física, los fenómenos de la audición sólo se toman en consideración porque el oído es el medio más conveniente y práctico para observar las vibraciones elásticas más rápidas y el físico se ve obligado a estudiar las peculiaridades del instrumento natural que emplea, con el fin de controlar la corrección de sus indicaciones. De esta manera, aunque la acústica física hasta ahora perseguida ha recogido sin duda muchas observaciones y muchos conocimientos sobre la acción del oído, que por lo tanto pertenecen a la acústica fisiológica,

estos resultados no fueron el objeto principal de las investigaciones; Eran meramente secundarios (FIN DE LA PAGINA 3)y hechos aislados. La única justificación para dedicar un capitulo separado a la acústica en la teoría de los movimientos de los cuerpos elásticos, a las cuales esencialmente pertenecen, esa la aplicación del oído como un instrumento de búsqueda influenciado por la naturaleza de los experimentos y los métodos de observación.

Pero además a lo físico hay una teoría psicológica de acústica, el objetivo de la cual es investigar el proceso que toma lugar dentro del oído mismo. La sección de esta ciencia la cual trata de la conducción de los movimientos de acuerdo al sonido que es debido, desde la entrada del oído externo a la expansión de los nervios en el laberinto del oído interno, había recibido mucha atención, especialmente en Alemania, desde la tierra fue rota por Johannes Mueller. Al mismo tiempo debió ser confesado que no muchos resultados habían sido hasta ahora establecidos ciertamente. Pero estos intentos atacaron solamente una porción del problema, dejaron el resto sin tocar.

Investigaciones dentro del proceso de cada uno de nuestros órganos de los sentidos, tienen en general tres diferentes partes. Primero nosotros tenemos para descubrir como el agente alcanza los nervios para ser excitado, como luz para el ojo y sonido para la oreja. Esto puede ser llamado la parte física de la correspondiente investigación psicológica. En segundo lugar, nosotros tenemos para investigar los diferentes modos en los cuales los nervios son estimulados por sí mismos, dando lugar a sus sensaciones varias y finalmente las leyes de acuerdo a las cuales estas sensaciones resultan en imágenes mentales de determinados objetos expertos, estos es, en percepciones. Por lo tanto, nosotros tenemos en segundo lugar una investigación psicológica especialmente para las sensaciones, y, en tercer lugar, una investigación psicológica para las percepciones. Ahora mientras la parte física de la teoría de la audición ha sido ya frecuentemente atacada, los resultados obtenidos para sus secciones psicológicas y fisiológicas son pocos, imperfectos y accidentales. Aun así, es precisamente la parte fisiológica en especial- la teoría de las sensaciones de audición, la que la teoría de la música ha tomado para la fundación de su estructura.

En la presente obra, entonces, he tratado en primer lugar de colectar y organizar tales materiales para una teoría de las sensaciones de audición, como ya existe, o como yo fui capaz de agregar desde mis propias investigaciones personales. Por supuesto un primer intento debe ser un poco imperfecto y ser limitado a los elementos y las divisiones más interesantes del tema discutido. Es de esta manera que deseo que estos estudios sean reconocidos. A pesar de que en las proposiciones así recogidas hay algunos nuevos descubrimientos y aunque incluso aparentemente nuevos hechos y observaciones que contienen son, en la mayor parte, mas propiamente dicho las consecuencias inmediatas para mi, completamente llevadas a cabo sobre teorías conocidas y métodos de investigación para sus legítimas consecuencias, para que tener más disminuidos sus resultados que ya habían sido intentados, aunque no puedo más que pensar que estos hechos frecuentemente reciben nueva importancia e iluminación, siendo considerados desde un punto nuevo de vista y una nueva conexión.

La primera parte de la siguiente investigación es esencialmente física y fisiológica. Esta contiene una investigación general del fenómeno armónico de los tonos parciales superiores. La naturaleza de este fenómeno es establecida y su relación a la calidad del tono es probada. Una serie de cualidades de tono son analizadas en consideración a sus tonos armónicos parciales superiores y resulta (FIN DE LA PAGINA 4) que estos tonos parciales superiores no son, como fue pensado antes, un fenómeno aislado de pequeña importancia, pero eso, con muy pocas excepciones, ellos determinaron que las cualidades del tono de casi todos los instrumentos, son de gran importancia para aquellas cualidades de tono las cuales son mejor adaptadas para propósitos musicales. La pregunta de cómo el oído es capaz de percibir esos tonos armónicos superiores entonces conduce a una hipótesis respecto al modo en el cual los nervios auditivos son estimulados, que está bien equipado para reducir los hechos y leyes en este departamento a una concepción mecánica relativamente simple.

La segunda parte trata de las alteraciones producidas por la producción simultanea de dos tonos, a saber, los tonos combinacionales y los beats. La investigación fisiológica -física muestra que dos tonos pueden ser simultáneamente escuchados por el oído sin una mutua perturbación, solamente cuando ellos se toleran entre sí perfectamente determinados y sean bien conocidas las relaciones de intervalos que forman consonancia musical. Nosotros estamos así, inmediatamente introducidos dentro del campo de la música propiamente dicha, y somos dirigidos a descubrir las razones fisiológicas para esa relación numérica enigmática anunciada por Pitagoras. La magnitud de los intervalos consonantes es independiente de la cualidad del tono, pero la armonía de las consonantes, y la diferencia de su separación de las disonancias, depende de la cualidad del tono. Las conclusiones de la teoría fisiológica aquí se acuerdan precisamente con las reglas de la formación de acordes; incluso van más en particular de lo que era posible para que se haga, y tener como yo lo creo, la autoridad de los mejores compositores en su favor.

En estas dos primeras partes del libro, no se presta atención a las consideraciones estéticas. Son solo tratadas como un fenómeno natural obedeciendo a una necesidad ciega. La tercera parte trata de la construcción de notas y escalas musicales. Aquí nosotros venimos de una vez al terreno estético, y las diferencias de los sabores, naciones e individualidades que empiezan a aparecer. La música moderna ha desarrollado el principio de la tonalidad, el cual conecta todos los tonos en una pieza de música por su relación a un tono jefe, llamado el tónico. Al admitir este principio, los resultados de las anteriores investigaciones proporcionan un método de construcción de nuestras modernas escalas y modos musicales, desde los cuales toda la arbitraria suposición es excluida.

Yo fui reacio para separar la investigación fisiológica de las consecuencias musicales, porque la exactitud de esas consecuencias debe ser para el fisiólogo, una verificación de la exactitud de los puntos avanzados de lo físico y fisiológico, y para el lector , quien toma mi libro solo por sus conclusiones musicales, no puede formar una perfecta y clara vista del significado y soporte de estas consecuencias, a no ser que el haya tardado en obtener al menos alguna concepción de sus fundamentos en la ciencia natural. Pero en orden para facilitar el uso del libro a los lectores quienes no tengan un conocimiento especial de física y matemáticas, he transferido a apéndices,

al final del libro, todas las instrucciones especiales para amaestrar los más complicados experimentos, y también todas las investigaciones matemáticas. Estos apéndices son por lo tanto especialmente destinados para el físico y contienen las pruebas de mis afirmaciones. En este sentido yo espero haber consultado los intereses de ambas clases de lectores. (FIN DE LA PAGINA 5)

Es el curso imposible para alguien que entienda las investigaciones a fondo, quien no tome los problemas de llegar a estar familiarizado por la observación personal con al menos el fenómeno fundamental mencionado. Afortunadamente con la asistencia de instrumentos musicales comunes esto es fácil, para quien llegue a estar familiarizado con los tonos parciales superiores, tonos combinacionales, los beats y el tónico. La observación personal es mejor que la descripción exigida, especialmente cuando, como aquí, la materia de investigación es un análisis de sensaciones en ellas mismas, las cuales son siempre extremadamente difíciles para describir a aquellos quien no las han experimentado.

En mi intento algo inusual, pasé de la filosofía natural a la teoría de las artes, espero que yo haya mantenido las regiones de la fisiología y la estética suficientemente diferentes. Pero puedo apenas distinguir de mí mismo que a pesar de que mis búsquedas son confinadas al más bajo grado de la gramática musical, ellos pueden probablemente parecer demasiado mecánicos e indignos de la modestia del arte, para estos teóricos quienes están acostumbrados a convocar los sentimientos entusiásticos llamados por los más altos trabajos de arte a la investigación científica de su base. Para estos yo quisiera simplemente comentar, en conclusión que la siguiente investigación realmente trata solamente del análisis de las sensaciones actualmente existentes, que los métodos físicos de observación empleados son casi exclusivamente para facilitar y asegurar el trabajo de este análisis y comprobar su totalidad y que este análisis de las sensaciones será suficiente para proporcionar todos los resultados requeridos por la teoría musical, incluso independientemente de mi hipótesis fisiológica concerniente a los mecanismos de audición, ya mencionados, por eso yo no estaba dispuesto para omitir esa hipótesis porque esta es muy adecuada para proporcionar una conexión extremadamente simple entre todos los muy variados y muy complicados fenómenos los cuales se presentan a sí mismos en el curso de esta investigación. (FIN DE LA PAGINA 6)

PARTE UNO
SOBRE LA COMPOSICION DE LAS VIBRACIONES
TONOS PARCIALES SUPERIORES Y CUALIDADES DE TONO

CAPITULO 1
SOBRE LA SENSACION DEL SONIDO EN GENERAL

Las sensaciones resultan de la acción de un estímulo externo en el aparato sensitivo de nuestros nervios. Las sensaciones de diferente tipo, en parte con el órgano del sentido estimulado y en parte con la naturaleza del estímulo empleado. Cada órgano de sentido produce unas sensaciones particulares, las cuales no pueden ser excitadas por medio de cualquier otro. El ojo da sensaciones de luz, el odio sensaciones de sonido, la piel sensaciones de tacto. Incluso cuando algunos rayos de sol excitan en el ojo sensaciones de luz, choca con la piel y alborota sus nervios, ellos son sentidos solamente como calor, no como luz.

En el mismo sentido las vibraciones de los cuerpos elásticos escuchados por el oído, pueden también ser sentidos por la piel, pero en este caso solo se produce una sensación de zumbido, no sonido. La sensación del sonido es por lo tanto una especie de reacción frente a un estímulo externo, peculiar para el oído, y no excitante para otro órgano del cuerpo, y es completamente distinto a otra sensación.

Como nuestro problema es estudiar las leyes de las sensaciones de audición, nuestra primera tarea será examinar cómo muchos tipos de sensaciones para el oído se pueden generar, que diferencias en los medios externos de excitación o sonido hay, y como corresponden a esas diferencias de sensaciones.

La primera y principal diferencia entre varios sonidos experimentados por nuestro oído, es esta entre ruidos y tonos musicales. El susurro, aullido y silbido del viento, el salpicar del agua, el rodar y ruido de los carruajes, son ejemplos del primer tipo y los tonos de todos los instrumentos musicales del segundo tipo.

Los ruidos y los tonos musicales pueden ciertamente entremezclarse en varios grados y pasar insensiblemente un entre otro, pero sus extremos son extensamente separados.

La naturaleza de la diferencia entre los tonos musicales y los ruidos puede ser generalmente determinada por la observación auditiva atenta sin asistencia artificial. Nosotros percibimos esto generalmente, un ruido es acompañado por una alteración rápida de diferentes tipos de sensaciones de sonido. Pensar, por ejemplo, en el traqueteo sobre el pavimento de granito, el salpicar o el agitar de una cascada o de las olas del mar, el susurro de las hojas en el bosque. En todos esos casos nosotros tenemos rápidas e irregulares, pero perceptibles alternaciones de varios tipos de sonidos, los cuales surgen a la inversa. Cuando el viento aúlla la alternancia es lenta, el sonido suavemente y gradualmente crece y luego cae de nuevo. Esto es también más o menos posible para separar inquietamente alternando sonidos en caso del más grande número de ruidos. Nosotros luego llegaremos a familiarizarnos con un instrumento llamado resonador. El cual ayudará materialmente al oído en hacer esta separación. Por otra parte, un tono musical golpea el oído perfecta e imperturbablemente, un sonido uniforme el cual (FIN DE LA PAGINA 7)

(PAGINAS 36 a 49)

CAPÍTULO III
ANÁLISIS DE LOS TONOS MUSICALES POR RESONANCIA SIMPÁTICA

Procederemos a demostrar que los sencillos tonos parciales contenidos en una masa compuesta de tonos musicales producen efectos mecánicos peculiares en la naturaleza, totalmente independientes del oído humano y de sus sensaciones, y también totalmente independientes de la mera significación de estas peculiares consideraciones teóricas. Estos efectos, por consiguiente, dan una peculiar importancia objetiva a este método de análisis de las formas vibratorias.

Tal efecto ocurre en el fenómeno de la resonancia simpática. Este fenómeno se encuentra siempre en aquellos cuerpos que una vez en movimiento por cualquier impulso, continúan realizando una larga serie de vibraciones antes de que se detengan. Cuando estos cuerpos son golpeados suavemente, pero periódicamente, aunque cada golpe puede ser separadamente bastante insuficiente para producir un movimiento sensible en el cuerpo vibratorio, sin embargo, siempre que el tiempo periódico de los golpes suaves sea exactamente el mismo que el tiempo periódico de las propias vibraciones del cuerpo, pueden producirse oscilaciones muy grandes y poderosas. Pero si el tiempo periódico de los golpes regulares es diferente del tiempo periódico de las oscilaciones, el movimiento resultante será débil o completamente insensible.

Los impulsos periódicos de este tipo proceden generalmente de otro cuerpo que ya está vibrando regularmente, y en este caso los cambios de éste en el curso de un poco de tiempo, convierten en acción los cambios del primero. Bajo estas circunstancias tenemos el proceso llamado oscilación simpática o resonancia simpática. La esencia del efecto mecánico es independiente de la velocidad del movimiento, que puede ser lo suficientemente rápida para excitar la sensación del sonido, o lo suficientemente lento como para no producir nada de este tipo. Los músicos están bien familiarizados con la resonancia simpática. Cuando, por ejemplo, las cuerdas de dos violines están en unísono exacto, y una cuerda se inclina, la otra comenzará a vibrar. Pero la naturaleza del proceso se ve mejor en los casos en que las vibraciones son lo suficientemente lentas para que el ojo siga todas sus fases sucesivas.

Así, por ejemplo, se sabe que las campanas de las iglesias más grandes pueden ser puestas en movimiento por un hombre, o incluso por un niño, que les tira las cuerdas a intervalos apropiados y regulares, incluso cuando su peso de metal es tan grande que el hombre más fuerte apenas podía moverlos con sensatez, si no aplicaba su fuerza en determinados intervalos periódicos. Cuando una campana se pone en movimiento, continúa, como un péndulo golpeado, oscila durante algún tiempo, hasta que gradualmente vuelve a descansar, aunque se deje por sí sola, y no se emplea fuerza alguna para detener su movimiento. El movimiento disminuye gradualmente, como sabemos, porque la fricción en el eje y la resistencia del aire en cada oscilación destruyen una porción de la fuerza de movimiento existente.

A medida que la campana gira hacia atrás y hacia delante, la palanca y la cuerda fijada a su eje suben y bajan. Si al caer la palanca un niño se aferra al extremo inferior de la cuerda de la campana, su peso actuará para aumentar la rapidez del movimiento existente. Este aumento de velocidad puede ser muy pequeño, pero producirá un aumento correspondiente en la extensión de las oscilaciones de la campana, que continuará durante un tiempo hasta que se destruya por la fricción y resistencia del aire. Pero si el niño se aferrara a la cuerda de la campana en un momento equivocado, mientras asciende, por ejemplo, el peso de su cuerpo disminuiría. Ahora

bien, si la dejamos subir libremente, en cada oscilación el movimiento de la campana sólo aumentaría en velocidad, y sus oscilaciones se iran haciendo gradualmente más y más grandes, hasta que por su aumento el movimiento impartido en cada oscilación de la campana a las paredes de el campanario, y el aire exterior llegaría a ser tan grande como para ser cubierto exactamente por el poder ejercido por el niño en cada oscilación.
El éxito de este proceso depende, por lo tanto, esencialmente de que el niño aplique su fuerza sólo en aquellos momentos en que aumentará el movimiento de la campana. Es decir, debe emplear su fuerza periódicamente, y el tiempo periódico debe ser igual al de la campana o no tendrá éxito. Con la misma rapidez se pondría en reposo la campanilla, si se aferraba a la cuerda sólo durante el ascenso, y así dejaba subir su peso por la campana.

Un experimento similar que se puede probar en cualquier instante es el siguiente. Construya un péndulo colgando un cuerpo pesado (como un anillo) en el extremo inferior de un hilo, sujetando el extremo superior en la banda. Al establecer el anillo en vibración pendular, se verá que este movimiento puede ser aumentado gradual y considerablemente observando el momento en que el péndulo ha alcanzado su mayor separación de la vertical, y luego dando a la mano un movimiento muy pequeño en la dirección opuesta. Así, Entonces el péndulo está más a la derecha, mueve la mano muy ligeramente a la izquierda; Y cuando el péndulo está más a la izquierda, mueva la mano hacia la derecha. "El péndulo puede ponerse en movimiento de manera similar a partir de un estado de reposo, dando a la mano movimientos similares muy pequeños que tengan el mismo tiempo periódico que las propias inclinaciones del péndulo. Los desplazamientos de la mano pueden ser tan pequeños en estas circunstancias, que apenas se pueden percibir con la mayor atención, circunstancia a la que se debe la aplicación supersticiosa de este pequeño aparato como vara de adivinación.
Sin pensar en su banda, sigue las oscilaciones del péndulo con el ojo, la mano sigue fácilmente el ojo, y se mueve involuntariamente un poco hacia atrás o hacia adelante, precisamente en el mismo momento que el péndulo, después de que este ha comenzado a moverse accidentalmente. Estos movimientos involuntarios de la mano suelen pasarse por alto, excepto, cuando el observador no está acostumbrado a las observaciones exactas sobre tales influencias discretas. De este modo, cualquier vibración existente del péndulo es aumentada y mantenida, y cualquier movimiento accidental del anillo se convierte fácilmente en vibraciones pendulares, que parecen surgir espontáneamente sin ninguna cooperación del observador, y por lo tanto se atribuyen a la influencia De metales ocultos, corrientes, etc. Si por otro lado el movimiento de la mano es intencionalmente hecho en la dirección contraria, el péndulo pronto descansa. La explicación del proceso es muy simple. Cuando el extremo superior del hilo está sujeto a un soporte inamovible, el péndulo, una vez golpeado, continúa oscilando durante mucho tiempo, y la extensión de sus oscilaciones disminuye muy lentamente. Podemos suponer que la magnitud de las oscilaciones se mide por el ángulo que el hilo hace con la vertical en su mayor defección de ella. Si el cuerpo unido en el punto de mayor deflexión se encuentra a la derecha, y movemos la mano hacia la izquierda, aumentamos manifiestamente el ángulo entre la cuerda y la vertical y, en

consecuencia, también aumentamos la extensión de la oscilación. Moviendo el extremo superior de la cuerda en la dirección opuesta debemos disminuir la extensión de la oscilación. En este caso no hay necesidad de mover la mano en el mismo tiempo periódico que el péndulo oscila. Podemos mover la mano hacia atrás y hacia adelante sólo a cada tercer o quinto u otra oscilación del péndulo, y todavía debemos producir grandes oscilaciones. Por lo tanto, cuando el péndulo está a la derecha, mueva la mano a la izquierda y manténgala inmóvil, hasta que el péndulo haya girado hacia la izquierda, luego de nuevo a la derecha y luego otra vez a la izquierda y luego regrese la mano A su primera posición, luego esperar hasta que el péndulo haya girado a la derecha, luego a la izquierda y de nuevo a la derecha, y luego volver a comenzar el primer movimiento de la banda. De este modo se producen tres vibraciones completas o dobles excursiones del péndulo,

Corresponderá a un movimiento izquierdo y derecho de la mano. De la misma manera, un movimiento izquierdo y derecho de la mano puede hacerse corresponder con siete o más oscilaciones del péndulo. El significado de este proceso es siempre que el movimiento de la mano debe hacerse en cada caso en tal momento y en una dirección que se oponga a la deflexión del péndulo y, en consecuencia, para aumentarlo. Por una ligera alteración del proceso podemos hacer fácilmente dos, cuatro, seis, etc., oscilaciones del péndulo correspondientes a un movimiento izquierdo y derecho de la mano; Pues un movimiento repentino de la mano en el instante del paso del péndulo a través de la vertical no influye en el tamaño de los columpios. Por lo tanto, cuando el péndulo se encuentra a la derecha, mueva la mano hacia la izquierda y así aumente su velocidad, gire a la izquierda, observe el momento de su paso por la línea vertical y en ese instante regrese la mano a su posición original, Permita que llegue a la derecha, y luego otra vez a la izquierda y una vez más la extremidad derecha de su arco, y luego recomenzar el primer movimiento de la mano. Podemos entonces comunicar un movimiento violento al péndulo mediante vibraciones periódicas muy pequeñas de la mano, teniendo su tiempo periódico exactamente igual de grande, o bien dos, tres, cuatro, veces tan grandes como la de la oscilación pendular. Tenemos aquí considerado que el movimiento de la mano está hacia atrás. Esto no es necesario. Puede ocurrir continuamente de cualquier otra manera que se desee. Cuando se mueve continuamente habrá generalmente porciones de tiempo durante las cuales aumentará el movimiento del péndulo, y otras tal vez en las que disminuirá lo mismo. Para crear fuertes vibraciones en el péndulo, entonces será necesario que los incrementos del movimiento sean predominantemente permanentes y no deban ser neutralizados por la suma de los decrementos.

Ahora bien, si se asignaba un movimiento periódico determinado a la mano y queríamos descubrir si producía vibraciones considerables en el péndulo, no siempre podíamos predecir el resultado sin cálculo. Sin embargo, la mecánica teórica prescribirá el siguiente proceso: Analice el movimiento periódico de la mano en una suma de vibraciones pendulares simples de la mano, exactamente de la misma manera que se estableció en el último capítulo para los movimientos periódicos de la mano Las partículas de aire, entonces, si el tiempo periódico de una de estas vibraciones es igual al tiempo periódico de las oscilaciones del péndulo, el péndulo se moverá en

movimiento violento, pero no de otro modo. Podemos componer pequeños movimientos pendulares de la mano fuera de las vibraciones de otros tiempos periódicos, tanto como nos gustó, pero no deberíamos producir oscilaciones fuertes duraderas del péndulo. Por lo tanto, el análisis del movimiento de la mano en oscilaciones pendulares tiene un verdadero significado en la naturaleza, produciendo efectos mecánicos determinados y, para el presente propósito, ningún otro análisis del movimiento de la mano en otros movimientos parciales puede ser sustituido. Ejemplos el péndulo podría ser puesto en vibración simpática, cuando la mano se movía periódicamente a la misma velocidad que el péndulo; En este caso la vibración parcial más larga de la mano, correspondiente al tono principal de una vibración resonante, estaba, por así decirlo, al unísono con el péndulo. Cuando tres oscilaciones del péndulo iban a un movimiento hacia atrás y hacia delante de la mano, era el tercer movimiento parcial de la mano, respondiendo como si fuera al duodécimo de su tono principal, que puso el péndulo en movimiento. Y así. El mismo proceso que nos hemos familiarizado con las oscilaciones del tiempo periódico largo, se sostiene precisamente para oscilaciones de tan corto período como vibraciones resonantes. Cualquier cuerpo elástico que esté sujeto de manera que permita continuar sus vibraciones durante algún tiempo cuando una vez puesto en movimiento, también se puede hacer vibrar con simpatía, cuando recibe agitaciones periódicas De cantidades comparativamente pequeñas, teniendo un tiempo periódico correspondiente a la de su propio tono.

Toque suavemente una de las teclas de un pianoforte sin golpear la cuerda, para levantar el amortiguador solamente, y después cante una nota del paso correspondiente que dirige a fuerza la voz contra las secuencias del instrumento. Al dejar de cantar, la nota se repetirá desde el piano. Es fácil descubrir que este eco es causado por la cuerda que está al unísono con la nota, pues directamente la mano es quitada de la tecla, el amortiguador se deja caer y el eco cesa. La vibración simpática de la cuerda es aún mejor poniendo algunos pedazos de papel sobre él, que se sacuden tan pronto como la cuerda vibra. Cuanto más exacto, es el golpe de voz del cantante en el campo de la cuerda, más fuertemente vibra. Una muy pequeña desviación de la ecuación exacta falla en la emocionante vibración simpática. En este experimento el tablero sonoro del instrumento es primero golpeado por las vibraciones del aire estimulado por la voz humana. La placa de resonancia es bien conocida por ser una amplia placa de madera flexible que, debido a su superficie extensa, está mejor adaptada para transportar la agitación de las cuerdas al aire, y del aire a las cuerdas, que la pequeña superficie sobre la cual la cuerda y el aire están directamente en contacto La sonda primero comunica las agitaciones que recibe del aire excitado, a los puntos donde se fija la cuerda. La magnitud de cualquier agitación semejante es, por supuesto, infinitamente pequeña. Un número muy grande de tales efectos debe necesariamente ser agregado, antes de que cualquier movimiento sensible de la secuencia pueda ser causado. Y tal adición continua de efectos realmente tiene lugar, si, como en los experimentos precedentes, se comunican las extremidades de la Cadena por el aire, a través de la intervención del tablero de resonancia, corresponde exactamente al tiempo periódico de las Vibraciones de la cuerda. Cuando este es el caso, una larga serie de tales vibraciones realmente pondrá la cuerda en movimiento que es muy violento en comparación con la causa estimulante.

En lugar de la voz humana podríamos, por supuesto, utilizar cualquier otro instrumento musical proporcionado como lo que puede producir el tono de la cuerda del pianoforte con precisión al sostenerlo poderosamente, traerá a este último en vibración simpática. En lugar de un piano, también podemos emplear cualquier otro instrumento de cuerda que tenga una tabla de resonancia, como violín, guitarra, arpa, etc., y también membranas estiradas, campanas, lenguas elásticas o placas, etc., siempre que estén tan sujetos que admiten que dan un tono de duración sensible cuando se hace sonar una vez. Cuando el tono del cuerpo resonante original no es exactamente el del cuerpo simpatizante, o lo que se pretende es que vibre en simpatía con él, este último, a menudo hace vibraciones simpáticas sensibles, que disminuirán en amplitud como la diferencia de altura. Pero a este respecto diferentes cuerpos resonantes muestran grandes diferencias según el tiempo que siguen sonando después de haber sido puestos en acción antes de comunicar todo su movimiento a los cuerpos aéreos de pequeña masa que comunican fácilmente su movimiento al aire , y rápidamente cesan de sonar, como, por ejemplo, las membranas estiradas o cuerdas de violín, que se colocan fácilmente en la vibración simpática, porque el movimiento del aire es a la inversa fácilmente transferido a ellos, y son también sensiblemente movidos por agitaciones suficientemente fuertes del Aire, aun cuando estos últimos no tengan precisamente el mismo tiempo periódico que el tono natural de los cuerpos simpatizantes. Los límites del tono capaces de excitar la vibración simpática son, en consecuencia, un poco más amplios en este caso. Por la influencia comparativamente mayor del movimiento del aire sobre cuerpos elásticos ligeros de este tipo que ofrecen poca resistencia, su tiempo periódico natural puede ser ligeramente alterado y adaptado al del hueso excitante. Por otro lado, los cuerpos elásticos masivos, que no son fácilmente movibles y son lentos a comunicar sus vibraciones resonantes al aire, tales como campanas y placas, y siguen sonando durante mucho tiempo, son también más difíciles de mover por el aire. Para ello se requiere una adición mucho más larga de efectos y, por consiguiente, también es necesario acertar el tono de su propio tono con mucho mayor agudeza, para hacerlos vibrar con simpatía. Sin embargo, es bien sabido que los vasos en forma de campana pueden ponerse en movimiento violento cantando su propio tono en ellos; De hecho, se relaciona que los cantantes con voces muy poderosas y puras, a veces han sido capaces de romperlos por la agitación que se produce. La dificultad principal en este experimento es golpear el tono con suficiente precisión, y retener el tono en ese paso exacto durante un tiempo suficiente. Las horquillas de ajuste son las más difíciles de establecer en la vibración simpática. Para ello deben ser sujetados en cajas de resonancia que han sido ajustadas exactamente a su tono, como se muestra en la fig. 13. (VER FIGURA 13 página 40) Si tenemos dos bifurcaciones de exactamente el campo de juego, y estimulamos uno por un arco de violín, el otro comenzará a vibrar en simpatía, incluso si se coloca en el extremo posterior de la misma habitación, y continuará sonando, cuando el primero está amortiguado. La asombrosa naturaleza de tal caso de vibración simpática aparecerá si comparamos solamente la pesada y poderosa masa de acero puesta en movimiento con la luz que produce la masa de aire que produce el efecto por tan pequeñas fuerzas motrices que no podían moverse La primavera más ligera que no estaba en sintonía con el tenedor. Con tales bifurcaciones el tiempo requerido para ponerlas en pleno

movimiento por acción simpática es también de duración sensible, y el más leve desacuerdo en el tono es suficiente para producir una disminución sensible en el efecto simpático. Colocando un pedazo de cera en una de las puntas del segundo tenedor, suficiente para hacer que vibre una vez por segundo menos que el primero -una diferencia de tono apenas sensible al oído más fino- la vibración simpática será totalmente destruida. Después de haber descrito así el fenómeno de la vibración simpática en general, se procede a investigar la influencia ejercida en la resonancia simpática por las diferentes formas de onda de un tono musical. En primer lugar, debe observarse que la mayoría de los cuerpos elásticos que han sido puestos en vibración sostenida por una fuerza suave que actúa periódicamente, (con algunas excepciones a considerar en lo sucesivo) se hacen siempre oscilar en vibraciones pendulares. Pero son en general capaces de ejecutar varios tipos de vibración, con diferentes tiempos periódicos y con una distribución diferente sobre las diversas partes del cuerpo vibrante. Por lo tanto, a las diferentes longitudes de los tiempos periódicos corresponden diferentes tonos simples producibles sobre un cuerpo elástico de este tipo. Estos son los llamados tonos propios, pero sólo excepcionalmente, como en las cuerdas y los tipos más estrechos de los tubos de órgano, que estos tonos adecuados corresponden en el tono con el armónico superior (Tonos Parciales) de un tono musical ya mencionado. En su mayor parte son inarmónicas en relación con el tono principal. En muchos casos, las vibraciones y su modo de distribución sobre los cuerpos vibrantes pueden hacerse visibles esparciendo un poco de arena fina sobre el último. Tomemos, por ejemplo, una membrana (como una vejiga o pieza de caucho fino) extendida sobre un anillo circular. En la Fig. 14 (VER FIGURA 14 página 40) se muestran las diversas formas que una membrana puede asumir cuando vibra.

Los círculos de los diámetros en la superficie de la membrana, marcan aquellos puntos que permanecen en reposo durante la vibración, y se conocen como líneas nodales. Por estos la superficie se divide una serie de compartimentos que se doblan alternativamente hacia arriba y hacia abajo, de tal manera que mientras que los marcados (+) suben, los marcados (-) caen. Sobre las figuras a, b, c, se muestran las formas de una sección de la membrana durante la vibración. Sólo se dibujan aquellas formas de movimiento que corresponden a los tonos más profundos y fáciles de producir de la membrana.

El número de círculos y diámetros puede aumentarse a gusto, tomando una membrana lo suficientemente delgada, y estirándola con suficiente regularidad, en caso de que los tonos continuamente se afilen en el tono. Esparciendo arena en la membrana las figuras se hacen fácilmente visibles, porque tan pronto como empieza a vibrar las partículas de arena se acumulan en las líneas nodales. De la misma manera, si es posible hacer visibles las líneas nodales y las formas de vibración de las membranas ovaladas y cuadradas, y de las placas elásticas planas de diferentes formas, barras, etc. Estos forman una serie de fenómenos muy interesantes descubiertos por Chladni, estudiarlos nos llevaría demasiado lejos de nuestro propio tema. Basta con dar algunos detalles sobre el caso más simple,

La de una membrana circular. Durante el tiempo requerido por la membrana para ejecutar 100 vibraciones De la forma a, fig. 14, (p.40), el número de vibraciones ejecutadas por las otras formas es el siguiente:

	Form of Vibration	Vibrational Number	Pitch
a	without nodal lines	100	*c*
b	with one circle	229·6	*d'* +
c	with two circles	359·9	*b'b* +
d	with one diameter	159	*ab*
e	with one diameter and one circle	292	*g'*
f	with two diameters	214	*c'♯*

El tono principal aquí ha sido arbitrariamente asumido como **c,** con el fin de observar los intervalos de los tonos más altos. Los tonos simples producidos por la membrana que son ligeramente más altos que los de la nota escrita, están marcados (+); Los inferiores, por (-) En este caso no hay proporción conmensurable entre el tono principal y los otros tonos, es decir, ninguno expresable en números enteros.

Esparce arena en una membrana muy delgada de este tipo, y suena fuertemente en su vecindario; La arena será impulsada por las vibraciones hacia el borde, donde se recoge. Al producir otro de los tonos de la membrana, la arena se recoge en las correspondientes líneas nodales, y así podemos fácilmente determinar a cuál de sus tonos respondió la membrana. Un cantante que sabe cómo golpear los tonos de la membrana correctamente, puede fácilmente hacer que la arena se disponga a su gusto en un orden o en el Otro, cantando los tonos correspondientes poderosamente a distancia. Pero en general las figu más simples de los tonos más profundos son más fáciles de generar que las figuras complicadas de los tonos superiores. Es más fácil fijar la membrana en movimiento general sonando su tono principal, y por lo tanto tales membranas se han utilizado mucho en la acústica para demostrar la existencia de cierto tono determinado en un cierto punto determinado del aire circundante. Es más adecuado para este propósito conectar la membrana con una masa cerrada de aire. En la fig. 15, (VER FIGURA 14 página 42) tenemos una botella de vidrio, que tiene una boca abierta A, y en lugar de su fondo B, una membrana estirada, que es de vejiga de cerdo húmedo, se deja secar después de haber sido estirada y fijada. En C se adjunta una sola fibra de un capullo de seda, que lleva una gota de cera selladora, y colgando como un péndulo contra la membrana. Tan pronto como la membrana oscila, el pequeño péndulo se agita violentamente. Tal péndulo es muy conveniente siempre y cuando no tengamos razón para aprehender cualquier confusión del tono principal de la membrana con cualquier otro de sus tonos apropiados. No hay dispersión de arena, y el aparato está por lo tanto siempre en orden. Pero para decidir con certeza qué tonos realmente agitan la membrana, debemos colocar después la botella con su boca hacia abajo y sembrar arena sobre la membrana. Sin embargo, cuando la botella es del tamaño correcto, y la membrana uniformemente estirada y fijada, es sólo el tono principal de la membrana (ligeramente alterado por el de la masa de aire simpáticamente vibrante en la botella) que se excita fácilmente. Este tono primo puede hacerse más profundo aumentando el tamaño de la membrana, o el volumen de la botella, o disminuyendo la tensión de la membrana o tamaño del orificio de la botella.

Una membrana estirada de este tipo, esté o no unida al fondo de una botella, no sólo se pondrá en vibración por tonos musicales del mismo tono que el tono apropiado de la botella, sino también por los tonos musicales tales como Contienen el tono adecuado de la membrana entre sus tonos parciales superiores.

En general, dada una serie de ondas entrelazadas, para descubrir si la membrana vibrará con simpatía, supongamos que el movimiento del aire en el lugar dado sea analizado matemáticamente en una suma de vibraciones pendulares. Si hay uno entre ellos cuyo tiempo periódico es el mismo que el de cualquiera de los tonos propios de la membrana, la forma vibratoria correspondiente de la membrana será superinducida. Pero si no hay ninguno, o ninguno suficientemente fuerte, la membrana permanecerá en reposo. En este caso también encontramos que el análisis del movimiento del aire en vibraciones pendulares y la existencia de ciertas vibraciones de este tipo son decisivos para la vibración simpática de la membrana, y en este caso ningún otro análisis similar del movimiento del aire puede sustituirse por su análisis en vibraciones pendulares. Las vibraciones pendulares en las que se puede analizar el movimiento compuesto del aire, se muestran capaces de producir efectos mecánicos en la naturaleza externa, independientemente de la oreja, e independientemente de la teoría matemática. De ahí que se confirme la afirmación de que la visión teórica que primero llevó a los matemáticos a este método de analizar las vibraciones compuestas, se funda en la naturaleza misma de la cosa. Tomemos como ejemplo la siguiente descripción de un solo experimento:

Una botella de la forma mostrada en fig. 15 estaba cubierta con una delgadass4ass46tya membrana de caucho indio vulcanizado, de la cual la superficie vibrante tenía 49 milímetros de diámetro, teniendo la botella 140 milímetros de altura y teniendo una abertura en la boca de latón de 13 milímetros (41 pulgadas) de diámetro. Cuando soplaba, daba f '#, y la arena se amontonaba en un círculo cerca del borde de la membrana. El mismo círculo resultó, de que yo diera el mismo tono f '# en una physharmonica[22], o su más profunda Octava f # o la más profunda veinteava B. Tanto F # como D dieron el mismo círculo, pero más débilmente. Ahora el de la membrana f '# es el tono principal del tono physharmonica f' #, el primer tono parcial superior de f #, el segundo de B, el tercero de F # y el cuarto de D2. Todas estas notas al sonar ponen la membrana en el cuarto f# de la quinta de D. Todas esas notas suenan con la membrana en el movimiento debido a su más profundo tono. Un segundo círculo más pequeño (19 milímetros en diámetro) fue producido sobre la membrana b1 y la misma más débil que b y no había un rastro de este por la profunda doceava e, esto es, por tonos simples de los cuales los números vibracionales fueron ½ y 1/3 esto de b.

Las membranas estiradas de este tipo son muy convenientes para estos y para experimentos similares sobre los parciales tonos compuestos. Ellos tienen la gran ventaja de ser independientes del oído, pero ellos no son muy sensitivos para los tonos débiles simples. Su sensibilidad es un interior lejano para que los resonadores los cuales yo he introducido. Estos son esferas huecas de vidrio o metal, o tubos, con dos aberturas, con dos aberturas como muestra en la figura 16 a y 16

[22] La physharmonica es un instrumento de teclado equipado con cañas libres, una especie de armonio muy utilizado en Alemania a principios del siglo XX.

b. Una apertura (a) tiene bordes afilados. La otra (b) es una forma de embudo. Y adaptada para la inserción dentro del oído. Este más pequeño final por lo general recubierto con cera selladora derretida y cuando la cera se enfría lo suficiente no lastima el dedo para ser tocada, además es muy suave. Yo presiono la abertura en dentro de la entrada de mi oído. La cera derretida entonces se moldea a sí misma para la superficie interior de esta abertura, y cuando yo después uso el resonador, este encaja fácilmente y es aire apretado. Como un instrumento es muy parecido a la botella resonadora ya descrita, figura 15. Por lo cual la propia membrana del tímpano observada ha sido hecha para reemplazar la forma artificial de la membrana.

La masa de aire en un resonador, junto con este en pasaje aural y con la membrana timpánica o piel de tambor, forma un sistema elástico el cual es capaza de vibrar en una forma peculiar, y en especial, el primer tono de la esfera , el cual es mucho más profundo que cualquier otro de los tonos apropiados, puede ser ajustado dentro de una adecuada y poderosa vibración, y luego el oído, el cual esta inmediatamente conectado con el aire dentro de Si nosotros detenemos un oído la esfera percibe este tono aumentado por acción directa. Si nosotros detenemos una oreja (lo cual es mejor hecho por una conexión de cera derretida moldeada dentro de la entrada del oído) y aplicar un resonador a el otro, más de los tonos producidos por el aire circundante será considerablemente amortiguado. Pero si el tono adecuado del resonador es sonado, este suena dentro del oído más poderoso.

De ahí que cualquiera, aunque no tenga oído para la música, o tenga muy poca practica en la detección de sonidos musicales, se pone en condiciones de reconocer el tono simple requerido, aunque sea relativamente débil, de un gran número de otros. El tono apropiado del resonador puede incluso ser oído a veces surgiendo en el silbido del viento, el ruido de las ruedas del carro, las salpicaduras de agua. Para estos propósitos tales resonadores son incomparablemente más sensibles que las membranas sintonizadas. Cuando el tono simple que se observa es débil en comparación con los que lo acompañan, es ventajoso aplicar el resonador y retirarlo un poco alternativamente. Por lo tanto, fácilmente se siente si el tono apropiado del resonador comienza a sonar el instrumento, mientras que un tono continuo uniforme no es tan fácilmente percibido. Una serie debidamente sintonizada de tales resonadores es, por lo tanto, un instrumento importante para experimentos en los que los tonos débiles individuales tienen que ser claramente oídos, aunque acompañados por otros que son fuertes, como en las observaciones sobre los tonos parciales combinatorios y superiores y una serie de otros fenómenos para ser descrito aquí en relación con los acordes. Sus investigaciones pueden ser llevadas a cabo incluso por oídos muy poco entrenados en la observación musical, mientras que previamente había sido imposible llevarlos a cabo excepto por oídos musicales entrenados, y mucha atención debidamente asistida. Estos tonos fueron, por consiguiente, accesibles a la observación de muy pocos individuos; Y un gran número de físicos e incluso músicos nunca habían logrado distinguirlos. Y de nuevo, incluso el oído entrenado puede ahora, con la ayuda de resonadores, llevar el análisis de una masa de tonos musicales mucho más lejos que antes. Sin su ayuda, de hecho, apenas habría

logrado hacer las observaciones descritas más adelante, con tanta precisión y certeza, como en la actualidad.

Debe observarse cuidadosamente que el oído no escucha el tono requerido con fuerza aumentada, a menos que ese tono alcance una intensidad considerable dentro de la masa de aire encerrada en el resonador. Ahora bien, la teoría matemática del movimiento del aire muestra que, mientras la amplitud de las vibraciones sea suficientemente pequeña, el aire cerrado ejecutará oscilaciones pendulares del mismo tiempo periódico que las del aire exterior, y ninguna otra, y que Sólo aquellas oscilaciones pendulares cuyo tiempo periódico se corresponde con el del tono propio del resonador tienen una fuerza considerable; La intensidad del resto disminuyendo a medida que la diferencia de su tono de la del tono apropiado aumenta. Todo esto no tiene nada que ver con la conexión de la oreja y el resonador, excepto en la medida en que la membrana timpánica forma una de las paredes de cierre de la masa de aire. Teóricamente este aparato no difiere de la botella con una membrana elástica, (fig. 15), pero su sensibilidad se incrementa sorprendentemente al usar la piel de tambor en la oreja para la membrana de cierre de la botella, y así ponerla en conexión directa con los propios nervios auditivos. Por lo tanto, no podemos obtener un tono Potente en el resonador, excepto cuando un análisis del movimiento del aire externo en vibraciones pendulares, mostraría que una de ellas tiene el mismo tiempo periódico que el tono apropiado del resonador. Aquí, en las vibraciones pendulares daría un resultado correcto. Es fácil para un observador convencerse de las propiedades antes mencionadas de los resonadores. Aplicar uno a la oreja, y dejar que un pedazo de música armonizada, en la que el tono adecuado del resonador ocurre con frecuencia, sea ejecutado por cualquier instrumento. Con tanta frecuencia como este tono es golpeado, el oído al que se sujeta el instrumento, lo oirá contrastar violentamente con todos los otros tonos del acorde.

Este tono apropiado se escucha a menudo, pero más débilmente, cuando ocurren tonos musicales más profundos, y en la investigación encontramos que en tales casos se han tocado tonos que incluyen el tono apropiado del resonador entre sus tonos parciales superiores. Tales tonos musicales más profundos se llaman el sub-tono armónico del resonador. Son tonos musicales cuyo tiempo periódico es exactamente 2, 3, 4, 5 y así sucesivamente, tiempos mayores que el del resonador. Así, si el tono apropiado del resonador es d ', se oirá cuando un instrumento musical suene d, f, c, F, D, C, etc. En este caso el resonador está hecho para sonar adecuadamente con una de los tonos armónicos superiores del tono de la composición música el cual está vibrando en el aire externo. Esto debe, como sea, ser notado que no significa todos los tonos parciales superiores ocurrido en los tonos compuestos de cada instrumento, y que ellos tienen muy diferentes grados de intensidad en diferentes instrumentos. En los tonos musicales de violines, pianofortes y armonios, la primera quinta o sexta son generalmente muy distintivamente presentadas. Una cuenta más detallada de las notas parciales superiores los instrumentos de cuerda serán detallados en un siguiente capítulo. Sobre el armonio desigualmente numerado en tonos parciales (1,3,5) son generalmente más fuertes que los desiguales numerados unos (2,4,6). En el mismo sentido los tonos superiores parciales son claramente escuchados por medio de los

resonadores en los tonos firmados de la voz humana, pero difiere en fuerza por las diferentes vocales, como será visto después.
Entre los cuerpos capaces de una vibración adecuada fuerte deben ser contados en cadenas estrechas las cuales están conectadas con una caja de resonancia, como en el pianoforte. La principal marca de distinción entre curdas y los otros cuerpos los cuales vibran dulcemente, es estas formas vibrantes diferentes de cuerdas dan tonos simples correspondiendo a lo harmónico tonos superiores parciales del primer tono, mientras el tono simple secundario de membranas , campanas, etc, son inharmonicos con el primer tono, y las masas de aire en resonadores tiene generalmente solo tonos parciales muy altos o superiores, también principalmente inarmónico con el tono principal, y no es capaz de ser mucho más reforzado por el resonador.

Las vibraciones de las cuerdas deben ser estudiadas también en los acordes elásticos levemente estirados, y no sonoros, pero balanceados lentamente este su movimiento debe ser seguido con la mano y el ojo, o también las cuerdas sonoras, como las del pianoforte, guitarra, mona cuerda, violín. Las cuerdas de primer tipo son mejor hechas de delgadas espirales de cable de latón, seis a diez pies de longitud. Ellas deberían ser suavemente estiradas, y ambos finales deberían ser pegados. Una cuerda de esa construcción es capaz de hacer muy largas excursiones con gran regularidad, los cuales son fácilmente vista por una gran audiencia. Las oscilaciones son perturbadas por el movimiento de la cuerda regularmente hacia atrás y hacia adelante por el dedo cerca de una de sus extremidades.

Una cuerda puede ser hecha para vibrar como en figura 17 esta aparece cuando se desplaza desde su posición del resto, está siempre de una media ondulación. La cuerda en este caso da un sencillo tono simple, puede producirse más profundo, y no otros tonos harmónico secundarios son audibles.Pero la cuerda debe también durar su movimiento asumiendo las formas, fig 17,b,c,d. En este caso las formas de las cuerdas es esta dos, tres o cuatro medias oscilaciones de una simple curva de onda. En la forma vibracional b la cuerda produce solamente la octava superior o alta de su principal tono, en la forma de c la doceava, y en la forma d la segunda octava. Las líneas punteadas muestran la posición de las cuerdas, al final de la mitad de su tiempo periódico. En b el punto B continua la resto, en c dos puntos y1 y y2 continua al resto, en d tres puntos , d1,d2,d,3. Esos puntos son llamados nodos. En un hilo espiral oscilante los nodos son vistos, y para una cuerda resonante ´por pequeños paseos de papel, los cuales son molestada des las partes vibradoras y continúan asentados sobre los nodos. Entonces la cuerda es dividida por un tono dentro de dos secciones oscilantes, esto produce un tono simple teniendo un número de tono doble que del tono principal. Para tres secciones el número de vibraciones se triplica, para cuatro secciones cuadruplicadas, y así sucesivamente.

Para traer un alambre espiral a estas diferentes formas de vibración, o lo movemos periódicamente con el dedo cerca de una extremidad, adoptando el período de sus oscilaciones más lentas para a, el doble de esa velocidad para b, t tres veces para c, y cuatro veces para re. o simplemente tocamos suavemente uno de los nodos más cercanos a la extremidad con el dedo, y arrancamos la cuerda a mitad de camino entre este nodo y el extremo más cercano. Por lo tanto,

cuando en c, o en d, se mantiene en reposo por el dedo, arrancamos la cuerda en E. Los otros nodos aparecen cuando la vibración comienza.

Para una cuerda resonante las formas vibratorias de la fig. 17 se producen más puramente aplicando a su tarjeta de resonancia al mango de un diapasón que ha sido golpeado y da el tono simple correspondiente a la forma requerida. Si sólo se desea un número determinado de nodos, y es indiferente si los puntos individuales de la cadena hacen O no ejecutan vibraciones simples, es suficiente tocar las cuerdas muy suavemente en uno de los nodos y o bien desplumar la cuerda o frotar Con un arco de violín. Al tocar la cuerda con el dedo todas esas vibraciones simples se amortiguan que no tienen nodo en ese punto, y sólo quedan aquellas que permiten que la cuerda quede en reposo en ese lugar.

El número de nodos en cadenas largas y delgadas puede ser considerable. Dejan de formarse cuando las secciones que se encuentran entre los nodos son demasiado cortas y rígidas para ser capaces de vibración resonante. Las cuerdas muy finas dan por consiguiente un mayor número de tonos más altos que los más gruesos. En el violín y en las cuerdas del piano menor no es muy difícil producir tonos con diez secciones; Pero con neumáticos extremadamente finos se pueden hacer sonar tonos con dieciséis o veinte secciones.

Las formas de vibración aquí mencionadas son aquéllas en las que cada punto de la cuerda realiza oscilaciones pendulares. Por lo tanto, estos movimientos excitan en el oído la sensación de un solo tono simple. En todas las demás formas vibratorias de las cuerdas, las oscilaciones no son simplemente pendulares, sino que tienen lugar según una ley diferente y más complicada. Este es siempre el caso cuando la cuerda es arrastrada en el camino habitual con el dedo (como para la guitarra, arpa, cítara) o se golpea con un martillo (como en el pianoforte), o se frota con un arco de violín. Los movimientos resultantes pueden entonces considerarse compuestos de muchas vibraciones simples que, tomadas por separado, corresponden a las de la fig. 17.

La multiplicidad de tales formas compuestas de movimiento es infinitamente grande, puede considerarse que la cuerda es capaz de asumir cualquier forma dada (siempre que nos limitamos en todos los casos a muy pequeñas desviaciones de la posición de reposo), porque, según lo dicho en el capítulo II, cualquier forma dada de la onda se puede componer de un número de ondas simples tales como se demuestran en la fig. 17, a, b, c, d. Por lo tanto, una cuerda arrancada, golpeada o inclinada permite que se oiga un gran número de tonos parciales armónicos superiores al mismo tiempo que el tono primo, y generalmente el número aumenta con la finura de la cuerda. El tintineo o hendidura peculiar de cuerdas metálicas muy finas, es claramente debido a estos tonos secundarios muy altos. Es fácil distinguir los tonos simples superiores hasta el dieciséis por medio de resonadores. Más allá del decimosexto están demasiado cerca el uno del otro para separarse claramente por este medio.

Por lo tanto, cuando una cuerda se excita con simpatía por un tono musical en su vecindario, respondiendo al tono del tono principal de la cuerda, toda una serie de diferentes formas vibratorias simples generalmente se generarán al mismo tiempo en la cuerda. Entonces, el tono principal del tono musical corresponde al tono primo de la cuerda, todos los tonos parciales

superiores armónicos de los primeros corresponden a los del segundo, y son por lo tanto capaces de excitar las formas vibratorias correspondientes en la cuerda.
En general, la cuerda será llevada a tantas formas de vibración simpática por el movimiento del aire como el análisis de ese movimiento muestra que posee formas vibratorias simples con un tiempo periódico igual al de una forma vibratoria que la cuerda es capaz de asumir. Pero como regla general, cuando hay una forma vibratoria tan simple en el aire, hay varias, y será a menudo difícil determinar por medio de los muchos posibles tonos simples que producirían el efecto, la cuerda se ha estimulado. Por lo tanto, las cadenas no son tan convenientes para la determinación del tono de tales tonos simples existentes en una masa compuesta de aire como las membranas o el aire cerrado de resonadores. Para hacer experimentos con el pianoforte sobre las vibraciones simpáticas de las cuerdas, seleccione un instrumento plano, levante su tapa para exponer las cuerdas, luego presione la tecla de la cuerda (para d suponga) que ponga en la vibración simpática, pero tan lentamente que el martillo no golpea, y coloca un pequeño trozo de Madera a través de esta cuerda.

Mientras sólo un tono parcial superior de la cuerda "C" sea interesante, los nodos correspondientes pueden ser descubiertos y por lo tanto la forma particular de su vibración determinada. Pero ya no es posible por los metodos mecánicos anteriores cuando dos tonos parciales superiores son perturbados, como “c” y “g” debería ser el caso si estas notas son golpeadas en seguida sobre el pianoforte, porque la cuerda completa de c debería estar en movimiento.

Aunque las relaciones por cuerdas parecen más complicadas para el ojo, su vibración adecuada es materia para la misma ley como la que sostiene los resonadores, las membranas y otros cuerpos elásticos. La vibración adecuada es siempre determinada por el análisis de los movimientos sonoros que sean, en vibraciones simples. Si el tiempo periódico de una de estas vibraciones simples corresponden al tiempo periódico de una de los tonos adecuados del cuerpo elástico, este cuerpo, puede ser una cuerda, una membrana, o una masa de aire, será puesto dentro la vibración adecuada fuerte. Estos hechos dan un valor real al análisis del movimiento resonante en la vibración pendular simple, y ese valor no se uniría a ningún otro análisis. Cada sistema individual de ondas formadas por vibraciones pendulares existe como una unidad mecánica independiente, expande y pone en movimiento otros cuerpos elásticos que tienen el correspondiente tono apropiado, perfectamente inalterados por cualquier otro tono simple de otros tonos que pueden expandirse al mismo tiempo, y que pueda proceder ya sea de la misma u otra fuente de sonido. Cada tono sencillo, puede, como hemos visto, estar separado de la masa compuesta de tonos, por medios mecánicos, es decir, por cuerpos que vibrarán compasivamente con él. Por lo tanto, cada tono parcial individual existe en el tono musical compuesto producido por un solo instrumento musical, así como verdaderamente, y en el sentido del juego, ya que los diferentes colores del arco iris existen en la luz blanca procedente del sol o de cualquier otro cuerpo aluminífero. La luz es también sólo un movimiento vibratorio de un medio elástico peculiar, el éter aluminífero, así como el sonido es un movimiento vibratorio del aire. En un haz

de luz blanca hay una especie de movimiento que puede representarse como la suma de muchos movimientos oscilatorios de varias etapas periódicos, cada una de los cuales corresponde a un color particular del espectro solar. Pero, por supuesto, cada partícula de éter en cualquier momento particular tiene una sola velocidad determinada. Y sólo una partida determinada de su posición media, al igual que cada partícula de aire en un espacio atravesado por muchos sistemas de ondas resonantes. El movimiento realmente existente de cualquier partícula de éter es, por supuesto, sólo uno e individual; y nuestro tratamiento teórico de ella como compuesto, es en cierto sentido arbitrario. Pero el movimiento ondulatorio de la luz también puede ser analizado en las ondas correspondientes a los colores separados por medios mecánicos externos, como por refracción en un prisma, o por transmisión a través de rejillas finas, y cada onda individual simple de luz correspondiente a un color simple, existe mecánicamente por sí mismo, independientemente de cualquier otro color.

Por lo tanto, no debemos considerar que es una ilusión del oído, o mera imaginación, cuando en el tono musical de una sola nota que emana de un instrumento musical, distinguimos muchos tonos parciales, como he encontrado a los músicos inclinados a pensar incluso cuando Han oído esos tonos parciales muy claramente con sus propios oídos. Si admitimos esto, debemos tener también en cuenta los colores del espectro que están separados de la luz blanca, así como una mera ilusión del ojo. La existencia exterior real de los tonos parciales en la naturaleza puede establecerse en cualquier momento por una membrana que arroja arena por vibración simpática.
Finalmente, observo que, en cuanto a las condiciones de la vibración simpática, me he visto obligado a referirme frecuentemente a la teoría mecánica del movimiento del aire. Puesto que en la teoría del sonido tenemos que tratar con fuerzas mecánicas bien conocidas, como la presión del aire, y con movimientos de partículas materiales, y no con ninguna explicación hipotética, la mecánica teórica tiene una autoridad ineludible en este departamento de ciencia. Por supuesto, aquellos lectores que no están familiarizados con las matemáticas, deben aceptar los resultados en la fe. Una forma experimental de examinar los problemas en cuestión se describirá en el capítulo siguiente, en el que deben establecerse las leyes del análisis de los tonos musicales por el oído. La prueba experimental allí dada para el oído también puede realizarse exactamente de la misma manera para membranas y masas de aire que vibran con simpatía, y la identidad de las leyes en ambos casos resultará de esas investigaciones.

Capítulo 4 sobre el análisis de los tonos musicales por el oído

Esto fue frecuentemente mencionado en el anterior capitulo que los tonos musicales podrían ser resueltos solo por el oído, sin ayuda de ningún aparato peculiar, dentro de unos tonos parciales corresponden a las vibraciones simples pendulares en una masa de aire, esto es, dentro de los mismos componentes como aquellos dentro de los cuales el movimiento del aire es resuelto por la vibración adecuada de las cuerdas elásticas. Nosotros procederemos para ver la exactitud de su afirmación.

Cualquier persona que se esfuerce para el tiempo principal de distinguir los tonos parciales superiores de un tono musical, generalmente encuentra considerables dificultades en simplemente escucharlos.

El análisis de nuestros sentidos, entonces, no puede ser adjunto a las correspondientes diferencias en objetos externos, conocer las dificultades peculiares, la naturaleza y el significado de las cuales tendrán que ser consideradas después. La atención del observador tiene generalmente que estar en el fenómeno, tiene que observar lo peculiarmente seleccionado. Hasta que el precise que buscar. Una vez que haya tenido éxito el será capaz de arrojar a un lado las ayudas. Las dificultades similares que conocimos en la observación de los tonos musicales superiores. Yo primero doy una descripción tales procesos puestos más fácilmente para un observador inexperto. dentro de una posición para reconocer los tonos parciales superiores y yo recalcare de paso que un oído entrenado musicalmente no necesariamente escuchara los tonos superiores parciales con mayor caso y certeza que un oído no entrenado. El éxito depende más bien sobre un poder peculiar de una abstracción mental o un dominio sobre la atención. Pero un observador entrenado musicalmente tiene una ventaja esencial sobre el otro no entrenado en su poder de imaginarse como los tonos simples buscados deberían sonar, mientras el observador no entrenado tiene continuamente para escuchar esos tonos sonados por otros medios en orden de guardar sus efectos frescos en su mente.

(PAGINA 88 a 95)

Ellos son un duodécimo inferior que en el violín. Por otro lado, los tonos más favorecidos de la viola (tenor) que se corresponden casi con l ", no se encuentran entre la segunda y la tercera cuerdas, sino entre la segunda y la tercera, y esto parece estar relacionado con la alteración de la calidad del tono Desafortunadamente esta influencia no puede ser numéricamente.

El máximo de resonancia para los tonos apropiados del cuerpo de aire no es muy marcado; Si fuera de otro modo habría mucha más desigualdad en la escala que se juega sobre estos instrumentos inclinados, inmediatamente al pasar el tono de los tonos apropiados de sus cuerpos de aire. Por consiguiente, debemos conjeturar que su influencia sobre la intensidad relativa de los parciales individuales en los tonos de estos instrumentos no es muy prominente.

5. Tonos musicales de tubos de flauta o chimenea.

En estos instrumentos el tono es producido por la corriente de aire de conducción contra una abertura, generalmente amueblada con bordes afilados, en algún espacio hueco lleno de aire. A esta clase pertenecen las botellas descritas en el último capítulo, y se muestra en la fig. 20, y especialmente las flautas y la mayoría de los tubos de órgano. Para las acanaladuras, el cuerpo resonante de aire está incluido en su propio orificio cilíndrico. Se sopla con la boca, que dictan la respiración contra los bordes algo afilados de su agujero de la boca.

La construcción de tubos de órgano se verá a partir de las dos figuras adyacentes. Higo. 27, A, muestra una tubería cuadrada de madera, cortada longitudinalmente, y B la apariencia externa de

un tubo redondo de estaño. R R en cada uno muestra el tubo que encierra el cuerpo sonoro de aire, a b es la boca donde se sopla, terminando en un labio Sharp. En la Fig. 27, A, vemos la cámara de aire o garganta K en la que el aire es impulsado por primera vez desde los fuelles, y de donde sólo puede escaparse a través de la estrecha hendidura d que la dirige contra el borde del labio. La tubería de madera A, tal como está dibujada aquí, está abierta, es decir, su extremo está descubierto, y produce un tono con una ola de aire dos veces más larga que el tubo R R.
La otra tubería, B, está cerrada, es decir, su extremo superior está cerrado. Su tono tiene una onda cuatro veces la longitud del tubo RR y, por lo tanto, una octava más profunda que una tubería abierta de la misma longitud. * Cualquier cámara de aire se puede hacer dar un tono musical, al igual que los tubos de órgano, las flautas, las botellas Anteriormente descrita, las cajas de viento de los violines, etc., tienen una abertura suficientemente estrecha, amueblada con bordes afilados algo salientes, dirigiendo una fina corriente plana de aire a través de la abertura y contra sus bordes. El movimiento del aire que tiene lugar en el interior de los tubos de órgano, un sistema de ondas planas que se reflejan hacia atrás y hacia delante entre la
dos extremos de la tubería. en el extremo detenido de una tubería cilíndrica, la reflexión de cada onda que lo golpea es muy perfecta, de modo que la onda reflejada tiene la misma intensidad que tenía antes de la reflexión. En cualquier tren de olas moviéndose en un dirección, la velocidad de las moléculas oscilantes en la porción condensada del onda tiene lugar en la misma dirección que la propagación de las ondas, y en la parte enrarecida en la dirección opuesta. pero en el extremo parado de una pipa la cubierta no permite ningún movimiento hacia adelante de las moléculas de aire en la dirección de la longitud de la tubería. de ahí la onda incidente y reflejada en esta lugar combinan tan 88 para excitar velocidades opuestas de oscilación de las moléculas de aire, y por consiguiente por su superposición la velocidad de las moléculas de aire en la tapa. de aquí se deduce que las fases de presión en ambos, ya que movimientos opuestos de oscilación y propagación opuesta, resultan en presión de acuerdo.

por lo tanto, en el extremo parado no hay movimiento, sino gran alteración de la presión.

lo contrario ocurre en el extremo abierto de las tuberías, en el que también se incluye la apertura de la boca. en un extremo abierto donde el aire de la tubería comunica

libremente con la gran masa exterior de aire, ninguna condensación sensata puede

lugar allí. En la explicación habitualmente dada del movimiento del aire en las tuberías, es usual que tanto la condensación como la refracción desaparecen en los extremos abiertos de las tuberías, que es pero no exactamente correcto. si no hubo alteración alguna dela densidad en ese lugar, habría una reflexión completa de cada onda incidente en los extremos abiertos, que una onda reflejada igualmente grande sería generada con

un estado opaco de densidad, pero la dirección de oscilación de las moléculas del aire en ambas ondas estaría de acuerdo. la superposición de tal incidente y la onda reflejada de hecho dejaría el

estado de la densidad inalterada en los extremos abiertos, pero produciría una gran velocidad en las moléculas oscilantes del aire.

En realidad la suposición explicada señala los fenómenos de los tubos de órgano. Consideremos primero una tubería con dos extremos abiertos. En nuestra emocionante ola de condensaciónen un extremo, se extiende hacia el otro extremo, se refleja como una ola de rarefacción, se remonta al primer extremo, se refleja de nuevo aquí con otra alteración de fase, es una ola de condensación, y luego repite el mismo camino de la misma manera por segunda vez. Esta repetición del mismo proceso produce, onda en el tubo que ha pasado una vez hacia delante y una vez hacia atrás, que es dos veces a través toda la longitud del tubo. El tiempo necesario para hacer esto es igual al doble de longitud de la tubería dividida por la velocidad del sonido. esta es la duración de la vibración del tono más profundo que el tubo puede dar. Supongamos ahora que en el momento en que la onda comienza su segundo avance y retroceso, se da un segundo impulso en la misma dirección, digamos por una vibración de un diapasón. El movimiento del aire recibirá entonces un refuerzo, que aumentará constantemente, si los nuevos impulsos tienen lugar en el mismo ritmo , avance y retroceso de las olas.

Incluso si la onda de retorno no coincide con el primer impulso del diapasón, pero sólo con el segundo o tercer o cuarto y así sucesivamente,el movimiento del aire se reforzará después de cada paso hacia adelante y hacia atrás. Por lo tanto, un tubo abierto en ambos extremos servirá como resonador para los tonos cuyos números de tono son iguales a la velocidad del sonido (332 met, res) dividido por el doble de la longitud del tubo, es decir, los tonos de resonancia más fuerte para un tubo de este tipo, en cuerdas, formarán la serie completa de armónicos superiores de su primo.

El caso es algo diferente para las tuberías detenidas si tienen un extremo abierto, mediante un diapasón vibratorio, excitamos un impulso de condensaciónque se propaga a sí mismo a lo largo del tubo, va a correr hasta el final parado, será reflejada como una ola de condensación, de retorno, se reflejará de nuevo en el extremo abierto con fase alterada en una ola de rarefacción, y sólo después de haber sido nuevamente reflejada en el extremo parado con una fase similar, y luego una vez más al extremo abierto con una fase alterada como condensación, se repetirá el proceso, es decir, no hasta después de haber recorrido la longitud de la tubería cuatro veces.

Éstas tienen por lo tanto las mismas fases, y anulan su efecto sobre el retorno de la onda con el fago opuesto. por lo tanto, los tonos de resonancia más fuerte en la parade corresponden con la serie de parciales desigualmente numerados de su tono. Suponiendo que el número de paso es n, entonces 3n es el duodécimo de n, que es el quinto de 2n la octava superior, y 5n es la tercera mayor de 4n la siguiente octava superior y 7n del subtono menor de la misma octava, y continúe.

Ahora bien, aunque los fenómenos siguen estas reglas en los puntos principales, ciertas desviaciones de ellos ocurren porque no hay precisamente ningún cambio de presión

en los extremos abiertos de las tuberías. De estos extremos el movimiento del sonido comunica al aire puro, más allá, y las olas que se esparcen en los extremos de los tubos tienen relativamente poca alteración de presión, pero no totalmente sin algunos. por lo tanto parte de cada onda que es incidente en el final abierto de la tubería que no se refleja, sino que sale al aire libre, mientras que el resto o mayor parte de la onda se refleja, y vuelve al tubo. Cuanto más completas, más pequeñas son las dimensiones de la apertura del tubo en comparación con la longitud de onda del tono en cuestión.

La teoría también, de acuerdo con el experimento, muestra que la fase 8 del reflejado

parte de la ola son el juego que sería si la reflexión no tuviera lugar a la altura de la apertura misma, pero en otro plano y algo diferente, por lo tanto, lo que se puede llamar la longitud reducida de la tubería, o la que responde al largo es algo diferente de la longitud real, y la diferencia entre dos depende de la forma de la boca, y no en el tono de las notas producidas a menos que sean tan altos y, por lo tanto, sus longitudes de onda sean cortas, las dimensiones de la abertura no pueden ser descuidadas con respecto a ellas. Para tubos cilíndricos de sección circular, con extremos cortados en ángulo recto su longitud es la distancia entre el plano de reflexión y el extremo de la tubería determinado a estar a una distancia de (0 • 7854) el radio del círculo. f para un tubo de madera de sección cuadrada, de los cuales los lados eran de 36 mm. (4 pulgadas) interno. Encontré la distancia del plano de reflexión 14 mm. (• 55 pulgadas). Ahora bien, debido a la imperfecta reflexión de las ondas en los extremos abiertos de un tubo (y respectivamente en sus bocas) es parte del movimiento del aire que debe escapar al aire libre en cada vibración, cualquier movimiento oscilatorio de la cara del aire debe ser agotado rápidamente, si no hay fuerzas para reemplazar el movimiento perdido. De hecho, al dejar de soplar un tubo de órgano casi nada después del sonido, es observable. Sin embargo, la onda es con bastante frecuencia reflejada hacia delante y hacia atrás para que sea perceptible al golpear contra la tubería.

Para entender la acción de este proceso, debemos recordar que cuando el aire es soplado de tal hendidura que se encuentra debajo del labio de la pipa, se rompe a través del aire que descansa delante de la hendidura en una lámina delgada como una cuchilla. y, por lo tanto, al principio no extrae ninguna parte sensible de ese aire en su propio movimiento. No es hasta que alcanza una distancia de algunos centímetros [un centímetro es casi cuatro décimas de una pulgada) que la hoja de la efusión se divide en remolinos o vórtices, que efectúan una mezcla del aire en reposo y el aire en movimiento. Esta lámina en forma de hoja de aire en movimiento se hace visible mediante el envío de un flujo de aire impregnado con humo o nubes de salamoniacos por la boca de una tubería que el propio tubo se retira, tal como se encuentra comúnmente entre aparatos físicos. Cualquier llama de gas en forma de cuchilla que provenga de un quemador es también un ejemplo de un proceso similar. La quema hace visibles los límites entre la capa de gas y la atmósfera. Pero la llama no muestra la continuación de la corriente visible.

Ahora la forma de la hoja de aire en la boca del quemador a un lado u otro por cada aire que toca la superficie, exactamente este gas hace que cuando la oscilación de la masa de aireen el tubo , este para entrar a través de los extremos de la tubería, la forma de hoja corriente de aire que se origina de la boca está inclinada hacia adentro y l a masa de aire en el tubo durante la fase opuesta de la vibración. Por otro lado, cuando el aire sale de los extremos de la tubería toda la masa de esta hoja de aire es expulsado hacia fuera. por lo tanto sucede que exactamente en los tiempos cuando el aire en la tubería es la más condensada, más aire todavía es impulsado desde el fuelle, de donde la condensación y consecuentemente también el equivalente de trabajo de la vibración del aire se incrementa, mientras que en los periodos de rarefacción en el tubo el viento del fuelle vierte su masa de aire en el espacio abierto delante de la tubería. Recuerde también que la hoja en forma de hoja de aire requiere tiempo para atravesar el ancho de la boca del tubo, y es durante este tiempo expuesto a la acción de la columna vibradora de aire en la tubería, y no llega al labio (es decir, línea donde los dos caminos, hacia dentro y hacia fuera, se cruzan) hasta el final de esta hora cada partícula de aire que es soplado adentro, consecuentemente alcanza una fase de vibración en el interior de la tubería, que es algo posterior a la que fue expuesto al atravesar la abertura. Si esta última moción era hacia adentro, encuentra la siguiente condensación en el interior de la tubería y así sucesivamente. Este modo de excitar las condiciones de tono también la peculiar calidad del tono de estos tubos de órgano, podemos considerar la corriente de aire en forma de cuchilla como muy delgada en comparación con la amplitud de las vibraciones del aire.

Esta última cantidad suele ser a 10 o 16 milímetros (39 a 63 pulgadas), como puede verse al traer pequeñas llamas de gas cerca de esta abertura. Concretamente, la alternancia entre

períodos de tiempo durante los cuales se vierte toda la explosión en el interior de la tubería,

y aquellos para los que se ha vaciado completamente fuera, es bastante repentino, de hecho casi instantáneo, por lo tanto, se sigue que las oscilaciones excitadas por soplado son de

un tipo similar; a saber, que para una cierta parte de cada vibración la velocidad de la

partículas de aire en la boca y en el espacio libre, tienen un valor constante dirigido

y para una segunda parte de la misma, un valor constante dirigido hacia dentro.

con el soplado más fuerte que dirigido hacia adentro será más intenso y de más corto

duración: con un soplo más débil, puede ocurrir lo contrario. además, seguro en la masa de aire puesta en movimiento en la tubería también debe alternarse entre dos valores constantes con una rapidez considerable. La rapidez de este cambio, sin embargo, ser moderada por la circunstancia de que la hoja de aire en forma de cuchilla no es infinitamente delgada, pero requiere un corto tiempo para sobre el labio de la tubería, y que en segundo lugar, las longitudes de onda de los inrtiales superiores superiores sólo exceden ligeramente a la diámetro de la tubería, por regla general se desarrollan imperfectamente. El tipo de movimiento del aire aquí descrito es

exactamente el que se muestra en la fig. 23, b y c, fig. 24, a y para los puntos de vibración de cuerda de violín.

El constructor de órganos ha señalado desde hace tiempo la similitude calidad de tono, para el tope de tubo cilíndrico más estrecho cuando está fuertemente soplado, mostrada por los nombres: geigen principal, di gamba, violoncello, v 'iolon-bau. Y que las conclusiones de la de soplar corresponden a los hechos de la naturaleza, demostrados por los experimentos de toepler & boltzmann, quienes rindieron la forma de la pruera en el interior de la tubería ópticamente impermeable por la interferencia de la luz a través de un nodo de la vibraciónde aire. cuando la fuerza del viento era pequeña encontraron una vibración simple (cuanto más pequeña es la oscillación de la pala de aire en el labio, más completamente desaparecen las continuidades) pero cuando la fuerza del viento era mayor, encontraron una alternancia muy rápida entre dos valores diferentes de presión, cada uno de los cuales permaneció casi por una fracción de una vibración. Los experimentos de mach y j. hervcrt´s con damas de gas colocadas de una tubería abierta para hacer visibles las vibraciones, muestran que la forma de movimiento sólo describen realmente en los extremos de las tuberías. las formas de vibración que deducidas del análisis de las formas de las llamas corresponden con las de una cuerda de violín, excepto que, por la razón dada arriba, sus esquinas son redondeadas. mediante el uso de resonadores, encuentro que en tubos estrechos de este tipo los tonos parciales puede ser claramente escuchado hasta el sexto.

Para los tubos abiertos, por otra parte, los tonos adyacentes apropiados del tulx son algo más que los correspondientes tonos armónicos del primo, y por lo tanto estos tonos se reforzarán mucho por la resonancia del tubo amplio, que tienen masas de aire vibrante y admitir que son mucho más fuertemente sopladas sin saltar hacia arriba en un armónico, arco usado para el gran cuerpo de gound en el órgano, y por lo tanto se llaman principa1 stimmen.s por lo anterior las razones por las que producen el tono principal solos fuerte y completamente, con mucho más débil séquito de tonos secundarios. para las tuberías principales de madera, encuentro el tono principal y su octava o primer parcial superior muy distinto; la duodécima o segunda parte superior parcial, pero débil, y las partes superiores superiores ya no son claramente perceptibles. para las tuberías de metal, la cuarta era todavía perceptible. la calidad del tono en estos tubos son más llenos y más suaves que los del geigen principal.

Las salidas de humo del órgano, y la flauta alemana son sopladas suavemente, los parciales superiors fuerza a un ritmo mayor que el tono principal, y por lo tanto la calidad musical se vuelve débil y suave otra variedad se observa en los tubos que son cónicamente más estrechos en el extremo superior, en las paradas galicional, genuhorn y spitzßöte su abertura superior

tiene generalmente la mitad del diámetro de la sección inferior; para la misma longitud el tubo tiene el más estrecho, y el gpitzßöte la acción más ancha. Estas tuberías creo, la propiedad de emitir tonos parciales más altos, desde la quinta al séptimo, comparativamente más fuerte que el inferior. la calidad del tono es por consiguiente pobre pero peculiarmente brillante. las tuberías cilíndricas coronadas de narrou´rer tienen los tonos correspondientes a los parciales desiguales

del primo, es decir, el tercero parcial o duodécimo, el quinto mayor parcial o mayor tercera, y. para las tuberías detenidas más anchas, los tubos abiertos de par en par, los próximos tonos adyacentes de la mao de aire son claramente superior a los correspondientes parciales del primo, y consecuentemente estos los parciales superiores son muy ligeramente, si es que están reforzados. por lo tanto las tuberías anchas paradas, especialmente cuando son sopladas suavemente, dan el tono primo casi solo, y fueron por lo tanto previamente aducidos como ejemplos de tonos simples.

Tuberias estrechas detenidas, por otro lado que la duodécima sea muy distintamente al mismo tiempo con el horario estelar; y por lo tanto han sido llamados quintaten (ruintam cuando estos tubos están fuertemente soplados también dan el quinto parcial, o más alto

mayor tercero. muy claramente. otra variedad de calidad producida por la rohrßöte.t aquí un tubo, abierto en ambos extremos, es insertado en la tapa de una tapa tubería, y en los ejemplos examinados, su longitud era de una tubería abierta quinto tono parcial del tono principal del tubo detenido. la quinta partiaj tonö es así proporcionalmente más fuerte que el débil tercer parcial en estas tuberías, y la calidad del tono se vuelve peculiarmente brillante "en comparación con las tuberías abiertas la calidad del tono en las tuberías detenidas, en las que los tonos parciales ausentes, es algo hueco; las tuberías más anchas tienen una calidad opaca de tono, especialmente cuando son profundas, y son poderosas pero su suavidad ofrece un contraste con las cualidades más cortantes de las tuberías abiertas más ruidosas paradas compuestas, de las cuales ya he hablado, y que, como es bien conocido, forman un tono compuesto uniendo muchos tubos que corresponden y los tonos parciales superiores del ite.

Las tuberías de madera no producen tal corte de viento como las tuberías de metalde maderalos lados no resisten la agitación de las olas de sonido así como las de metal, y por lo tanto, las vibraciones de mayor tono parecen ser destruidas por la fricción. para éstas raciones de madera da un tono más suave, pero más aburrido, menos penetrante de tono que el metal.

Es característico de todas las tuberías de este tipo que hablan fácilmente, y por lo tanto admitir una gran rapidez en las divisiones y cifras musicales, pero, como un pequeño aumento de

fuerza en el soplado altera claramente el tono, su de tono apenas puede ser cambiado por lo tanto en el órgano forte y el piano tienen que ser producidos por las paradas, que regular la introducción de tuberías con diversas cualidades de tono, a veces más, a veces menos, ahora el fuerte y cortante, ahora el débil y suave el significado de expresión sobre este instrumento son por lo tanto algo limitados, pero, la banda, claramente debe parte de sus magníficas propiedades a su poder de sostener tonos con la fuerza inalterada, imperturbada por la emoción subjetiva.

6. tonos musicales del tubo de lámina

El modo de producir los tonos en estos instrumentos se asemeja al usado para la sirena: el pasaje para que el aire sea alternativamente cerrado y abierto, es corriente separado en la serie b de pulsos individuales. Esto se efectúa en la sirena, ya lo han visto, por medio de un disco giratorio

perforado con agujeros. en instrumentos de caña que se utilizan placas o lengüetas elásticas que se ajustan en vibración y por lo tanto alternativamente cerrar y abrir la abertura en la que están sujetos a estos.

los tubos de caña del órgano / y el vibrador de los armonios. sus lenguas,

mostrado en perspectiva en la fig. 28, a, y en sección en la fig. 28, b, son delgadas oblongas

placas de metal, z z, sujetada a un bloque de latón que hay un agujero, b b, detrás de la lengua y de la misma forma. cuando la lengua está en su posición de descansa, cierra el agujero completamente, con la excepción de una grieta muy fina su margen. cuando está en movimiento marcó z, y z. en la fig. 28, b. en la posición z, hay una abertura para la corriente de aire para entrar, en la dirección mostrada por la flecha, y esto está cerrado cuando la lengua ha alcanzado la otra posición extrema z .. la lengüeta mostrada un vibrador libre o anche libre, tal como se emplea ahora universalmente. Ellos las lenguas son ligeramente más pequeñas que la abertura correspondiente, que doblan hacia adentro sin tocar los bordes del agujero o caña ', que en cada oscilación chocaron contra su marco pero como estos produjeron una dura calidad de tono y un tono incierto han estado fuera de uso.

(pagina 246 a 258)

las consecuencias psíquicas de este descuido de la armonía son varias en composiciones musicales.

Los griegos habían introducido la depresión del tono b a bb en un peculiar tetrachord, el de los tynêmmenoi, y esto fue retenido. baides esta .f #, y se utilizaron, para introducir protagonistas en los cadetes. de ahí la modulación, la entendemos, de la llave de una tónica a la de otra con una diferente la firma estaba casi totalmente ausente. además, los acordes utilizados por preferencia hasta el final del siglo quince, se formaron de la octava y quinta

sin el tercero, y tal cuerda suena ahora pobre y se evita todo lo possible, para los compositores medievales que sólo sentían la falta de la más perfecta consonoridades, las teorías de las iglesias parecían lo mas agradable, y no se podían usar otras al cierre de una pieza.

Durante este período, hizo poco más por la armonía y el sistema tonal que por acumular un maa no digerido desde la progresión de la parte que dio origen a la cuerda en transposiciones extremadamente variadas y los músicos de este período no podían sino escuchar estas cuerdas y conocerse con su efecto no obstante lo poco que hicieron al hacer uso de ellos. a cualquiera la experiencia de este período preparó el camino para la música armónica propiamente dicha, y hizo que fuese posible que la música la produjera, con las circunstancias externas el descubrimiento.

3. la musica armonica

La música armónica moderna is caracterizada por el significado independiente de la harmmonia para la expresión y la conexión artística de una composición musical.

La inducción externa para la transformación de la música era de diversa índole, primero allí estaba la iglesia eclesiastica protestante (era un principio que la congregación misma debe realizar el canto) pero no se podía esperar que la ejecución de los laberintos rítmicos artisticos fuera Buena. Por otro lado, los fundadores de la nueva confesión, con Lutero estaban demasiado penetrados con el poder y la importancia de la música, para reducirlo inmediatamente a un unisono indomable. De ahí que los compositores de la música eclesiástica protestante tuvieron que resolver el problema de producer armorizado coros, en el que todas los voices progresaban en el tiempo de juego. Excluyeron las repeticiones canónicas de las frases melódicas en diferentes partes, que hasta entonces había formado la unidad principal de toda la pieza. una nueva connexion el principio tenía que ser buscado en el sonido de los tonos, he encontrado en una referencia de todos a un tónico predominante.

El problema fue facilitado por el hecho de que el himno protestante fue adaptado principalmente a exaltar las melodias populares, y las caciones populares del germánico y celtio, las razas, ya señaladas, traicionaron un sentimiento más sentido, que los de las naciones del sur. Así, ya en el siglo xix, se dio el Sistema de armonia eclesiastico "modo tónico iónico (nuestro actual mayor).

Se desarrolló con una corrección solemne, para que estos corales no golpeen orejas modernas como extrañas, para marcar la clave, como, por ejemplo, la cuerda de la séptima dominante.

por otra parte, era mucho más largo que los otros modos eclesiásticos, mucha incertidumbre todavía prevalecía, se fundieron en el tono menor modern.

Los himnos eclesiásticos protestantes de ese tiempo produjeron grandes efectos

sobre los sentimientos de los contemporáneos -un hecho acentuado en todos los lados en los más vivos idiomas, que sin duda puede existir que la impresion hecha por tal música, eraalgo tan nuevo como peculiarmente poderoso.

En la iglesia romana también surgió para alterar su música las divisions de música polifónica dispersó el sentido de las palabras, y las hizo ininteligibles al público no practicado, e incluso un aprendizaje y cultivado quehacer traeria grandes dificultades en el nodo de la voz en consecuencia de las actas del concilio de trento y por orden del papa pío iv. (anuncio.

1559-1565), palestrina (a.d. 1524 - 1594) llevó a cabo esta simplificación y la música, y se dice que la simple belleza de su tono han impedido el destierro total de una parte de la música de la liturgia romana.

Las voces también son más o más frecuentemente barbas juntas en progresiones se utilizaron en los corales, y en estos acordes consonantes que predominaron. de esta manera hizo sus piezas más comprensibles e inteligibles, y en general muy agradable al oido pero la desviación de forma, el nuevo modo inventado en tiempos para el tratamiento no es tan notable como en las

composiciones de palestrina, y los de compositores italianos contemporáneos de música ecologista, entre los cuales giovanni gabrieli, un veneciano, debe ser nombrado.

Palestrina era un alumno de claude goudimel (un huguenote, muerto en lyon en una masacre)

que había armonizado el camino de francia de una manera que, cuando la escala era importante, era muy diferente al moderno habitat. Estas melodias de salmos habían sido borradas, o por lo menos imitados de canciones populares. por lo tanto palestrina estaba ciertamente familiarizado con este modo de tratamiento, a través de su maestro, pero ser malo para tratar con temas del cantum Gregorianum que se trasladó en tonos ecologistas, que se vio obligado a mantener estrictamente él mismo inventó o adaptó las melodías. ahora estos modos requirieron que el tratamiento harmónico totalmente diferente, que suena muy extraño a los modernos.

Sólo voy a citar el comienzo de su stabat mater de ocho partes. A quí, al comienzo de una pieza, justo donde deberíamos requerir una caracterización de la clave, encontramos una serie de acordes en las más variadas claves, de mayor a mayor de f, aparentemente lanzados juntos en baphamrd, en contra de todos

nuestras reglas de modulación. ¿qué persona que era ignorante de los eclesiásticos podría adivinar la tónica de la de este comienzo? como tal encontramos el final de la primera estrofa, y la nitidez de c en el primer acorde melodía que se da al tenor, también apunta a d.

Desde el comienzo que d es la tónica. pero no recibimos un acorde menor de d hasta la octava barra, mientras que una empresa moderna se habría visto obligada a introducir en el buen lugar que podía encontrar en el bar.

Vemos de este carácter "inclinarse grandemente la naturaleza de todo el sistema de

ecclesiastico (de modos diferentes de nuestras claves modernas como palestrina fundó su método de una correcta sensación por el carácter peculiar de los modos y que, como no podían dejar de ser con los avances contemporáneos en la música eclesiástica protestante,

su trabajo no era ni arbitrario ni inaceptable.

PERIODO DE LA MUSICA ARMONICA

Lo que extrañábamos en tales ejemplos, es primero la cuerda tónica no juega la misma parte prominente asignada a este en la música moderna. En el último acorde tónico tiene la misma prominencia y el significado entre los acordes como lo tónico o tono clave entre los tonos de la escala. después nos perdemos por completo este sentimiento por la conexión de los acordes consecutivos los cuales en tiempos modernos ha permitido un arreglo muy general para darles un tono común. Estos esta evidentemente relacionado al hecho que como nosotros veremos después, esto no fue posible en los modos antiguos eclesiásticos para producir cadenas de acordes muy íntimamente conectados uno con el otro y con el acorde tónico, como el modo mayor y modo menor modernos.

Por lo tanto, aunque reconocemos en Palestrina y Gabrieli una delicada sensibilidad artística para el efecto estético de separar los acordes de varias clases, en cuanto al independiente significado en sus harmonías, aun así, estos los medios de establecer una conexión interna entre en el tejido de los acordes tenían que ser descubiertos. Este problema, como sea, requiere de una reducción y transformación de las escalas previas. de nuestra menor y mayor. De otra manera, esta reducción sacrifico la gran variedad de expresiones las cuales dependían de la diversidad de la escala. Las viejas escalas particularmente forman transiciones entre mayor y menor, y parcialmente mejora el carácter de la menor como en el modo frigio eclesiástico. Pag 245. Esta variedad se ha perdido, esta ha de ser remplazada por nuevos arreglos, tal como la trasposición de las escalas para diferentes tónicos y el pasaje modular desde la llave a otra.

Esta trasformación fue completada durante el siglo 17 , pero la más activa causa para el desarrollo de la música armónica se debe al comienzo de la ópera. Esto había sido ocasionado por el renacimiento de lo conocido con la antigüedad clásica, y su declarado objeto que fue rehabilitada de la tragedia antigua, la cual había sido reconocida oír haber sido recitada musicalmente. Aquí surgió inmediatamente el problema de permitir una o dos voces para ejecutar solo; pero esto de nuevo ha de ser armonizado para encajar entre los coros, los cuales fueron tratados en la forma polifónica. El objeto será partes del solo expuestas prominentemente adelante y mantenida en el acompañamiento de voces muy inferiores. Estas condiciones primero dieron aumento a lo Recitativo, inventado por Giacomo Peri y Caccini en 1600, las canciones de solo con aire, inventada por Claudio Monteverde y Viadana. Las nuevas miradas tomadas de la armonía se muestran en la música escrita por la aparición de las bases cifradas en los trabajos de esos compositores. Cada base cifrada representaba un acorde, para que estos acordes fueran colocados, por la progresión de las partes de las cuales ellos fueron constituidos fueron dejados para el gusto del interprete. Y entonces esto fue simplemente en la música polifónica, llegando a ser principal y a la inversa.

La ópera también necesito el descubrimiento de más poderosos medios de expresión que fueron admitidos en la música eclesiástica. Monteverde, quien fue extremadamente prolífico en inventos, es el primer compositor quien uso los acordes de la séptima dominante sin preparación por lo cual es fue severamente culpado por su contemporáneo Artusi. Generalmente nosotros encontramos un más audaz uso de los disonantes, los cuales fueron empleados independientemente , para expresar los agudos contraste de expresión, y no, como antes , como los resultados accidentales de la progresión de las partes.

Bajo estas influencias, incluso tan tempranas como en el tiempo de Monteverde, el dórico, el eólico, los modos prigiano eclesiástico. Página 245 comenzó a ser transformado y fundido dentro de nuestro moderno modo menor. Esto fue completado en el siglo 17, y estos modos fueron así hechos más adecuados para dar prominencia a lo tónico de la armonía, como será más poderosamente visto después.

Nosotros ya habíamos dado un contorno de la naturaleza de la influencia de la cual estos cambios ejercidos sobre la constitución del sistema tonal. El modo de conectar las frases musicales en boga. -Las repeticiones canónicas de las figuras melódicas similares- habían sido necesariamente abandonadas tan pronto como un acompañamiento armónico

había sido subordinado por una melodía. Por lo tanto, algunos nuevos medios de conexión artística habían de ser descubiertos en el sonido de los acordes por sí mismos. Esto fue efectuado, primero por la fabricación de los referentes armónicos, sus tonos mucho más definidos para un tónico más predominante que antes, y segundo, por dar fuerza a las relaciones entre los acordes y entre los otros acordes y el acorde tónico. En el curso de nuestras investigaciones nosotros podremos ver que la distintiva peculiaridad del sistema moderno de tonos puede ser deducido desde este principio, y este principio en sí mismo es muy estrictamente llevado en nuestra música presente. En realidad, el modo en los cuales los materiales de música son ahora trabajados por el uso artístico, es este un maravilloso trabajo de arte, en el cual, la experiencia, la ingenuidad el sentimiento estético de las naciones europeas ha sido laboradas entre dos y tres mil años, desde los días de Terpanter y Pitágoras. Pero la completa formación de las características esenciales como nosotros vemos ahora, en apenas doscientos años en la práctica de los compositores musicales, y la expresión teórica no fue dada por el nuevo principio hasta el tiempo de Rameau al principio del último siglo. En el punto de vista histórico, por lo tanto, esto es totalmente el producto de los tiempos modernos, limitados nacionalmente por las razas alemanas, romanas, celtas y esclavistas.

Con este sistema tonal, el cual admite gran riqueza de forma con una estricta consistencia artística, esto ha sido posible para construir trabajos de arte, de mucho mayor alcance, en formas y partes más ricas, mucho más energética en expresión, que cualquiera producida en tiempos pasados; y de ninguna manera estamos inclinados a la pelea con los músicos modernos estimando esto a lo mejor de todo, y dedicando su atención a esto exclusivamente. Pero científicamente, cuando nosotros procedemos a explicar su construcción y explicar su consistencia nosotros no debemos olvidar que nuestro moderno sistema no fue desarrollado por una necesidad natural, pero si desde un libre principio escogido de estilo; que junto a él y ante él, otros sistemas tonales han sido desarrollados desde otros principios, y que cada uno de estos sistemas el más alto nivel de belleza artística ha sido buscada, por la más satisfactoria solución de los más limados problemas.

Esta referencia de la historia de la música fue necesitada por nuestra incapacidad en este caso para recurrir a la observación y experimento para establecer nuestras explicaciones, porque educados en un sistema moderno de música, no podemos de fondo arrojarnos dentro de las condiciones de nuestros ancestros, quienes no sabían nada de lo que para nosotros ha sido familiar desde nuestra niñez, y quienes habían encontrado esto fuera de ellos mismos, Las únicas observaciones y experimentos, que por esto, podemos recurrir son aquellas que la humanidad han emprendido en el desarrollo de la música.

Si nuestra teoría del sistema tonal moderno es correcta esta debe también suministrar la explicación requerida de las formas menos perfectas de los estados de desarrollo.

Como el principio fundamental para el desarrollo del sistema tonal europeo, nosotros debemos asumir que la masa entera de tonos y la conexión de las harmonías debe permanecer en una cerrada y siempre distintiva relación de algunos Tónico seleccionado arbitrariamente, y que la masa entera de tonos la cual forma la composición entera, debe ser desarrollada desde este tónico, y debe finalmente regresar a este. El mundo antiguo desarrollo este principio en la música homofónica, el mundo moderno en la música armónica. Pero es evidente que este es simplemente un principio estético, no una ley natural.

La exactitud de este principio no puede ser establecido a priori, este debe ser evaluado por sus resultados. El origen de tales principios estéticos no debería ser declarado a una necesidad natural. Estas son las invenciones del genio, como nosotros previamente nos esforzamos en ilustrar para referenciar los principios del estilo de la arquitectura.

CAPÍTULO XIV.

LA TONALIDAD DE LA MÚSICA HOMOFÓNICA

La música fuerza primero a estudiar, y entonces dar forma para el material en el que funciona. La pintura y escultura encuentran un aliado fundamental de su material. Encontarr su material le da forma y voz al lenguaje. A sus propias formas: pero se las obligaron por no por consideración puramente artística. Solo la música se encuentra un infinitamente rica, pero totalmente plástica material en los tonos del mundo humano como instrumento musical, que debe aplicarse a los principios puramente artísticos, sin referencia alguna a la utilidad de la arquitectura, o la imitación , o al exigente de gonndg en Petry Hay una mayor y más absoluta en el uso del material para la música que para cualquier otro Del arte.

Limitar la anchura del camino que el artista tiene que viajar. Hasta ahora el material tonal o musico tiene, tenemos mucho Más que el desarrollo del Otro. Ahora es nuestro para investigar el cultivo de los beats. El primer hecho de que te encuentres con la música de las naciones , todavía está lejos.

El material incorregente de mucho más adaptación para seguir la intrición musical en el mas delicado para cada especie De movimiento, cualquier material, Siempre ligero. Con agraciada rapideza, grave tranquilidad, tendremos diferentes tipos de movimiento y otro de los más variados. La música expresa estas emociones, es una expresion mental que, naturalmente, evocan emociones similares, ya sea de la del pensamiento y del sentimiento mismo. Cada movimiento y Expresion que no se opone a la fuerza motriz por la cantidad de movimiento que tiene que aguantar y actuar más debido al esfuerzo por la Voluntad humana que para el movimiento mecánico. La expresión del buzo, las condiciones de la distincion humana pero no por lo menos

de lo que se entiende es por los sentimientos. En inglés, la frase out tine, unst • ung, en alemán la palabra "inmune, literalmente afinando, es transferencia de la música a estados mentales. Las palabras están destinadas a denotar las características de la mentalidad que son capaces de representación. Creo que podríamos estimular la melodía mental, que representan a ese general. Metros mostrados por el movimiento de nuestro y la correspondiente imprenta en los movimientos de nuestra voz. Nuestro pensamiento puede ser que vayan de un lado a otro y con ansiedad en la excitación ansiosa, o mantener objetivo determinado claramente enérgicamente en vista; que puede

sin cuidado o esfuerzo en agradable o, impulsado por recuerdos, que pueden regresar lentamente y audazmente desde el punto de todo esto que puede ser imitado y expresado por el movimiento melódico de los tonos, el oyente puede así recibir una imagen más perfecta y más perfecta de la melodía. Otra mente, que por cualquier otro animo, de la forma en que tal persona realmente se comporta y actúa. Aristóteles también formó una concepción similar del efecto de la música. El problema para él: ¿Por qué los ritmos y que son del sonido?, Sean las acciones del movimiento que también los movimientos la energía misma pertenece

Al sentimiento y al sentimiento. Pero los gustos y los olores no se dan en el pan.

'Estos ritmos son útiles, y la acción es el signo de sentir no sólo la música, sino incluso otros tipos de emociones similares el agua en movimiento ¿Cuánto tiempo y cómo a menudo podemos sentarnos Y mirar las olas rodando en la costa Su movimiento rítmico, en detalle, prusico? Una peculiar sensación de reposo o la impreøion de una poderoso vida ordenada, ligada finamente. Cuando el es tranquilo y nosotros disfrutamos de la vida por un tiempo, pero este no es un placer duradero el rodar olas. Las pequeñasen el otro en las superficies de agua, siguen uno otro rápidamente, y molestar más bien que por favor.

Pero el movimiento del movimiento del tono en la delicadeza y con el que recibe e imita las descripciones de Expresion. De aquí que sea por derecho la representación de estados de

Mente, que el otro arte sólo puede tocar mostrando las situaciones que la emoción, al dar las palabras resultantes, ya que la unión de la música a las palabras es importante, porque

las palabras pueden representar la causa del estado de ánimo, el objeto al que se refiere,

Y la sensación de que mientras que la música expresa el tipo de mental de transición que es debido a la sensación. Cuando el oyente diferente trata de describer la impresion de la música instrumental, a menudo asume completamente diferente que la ituación o sentimiento que ellos supusieron haber sido sinónimos de la música.

Ahora sentimiento diferente bajo circunstancias diferentes y el estado de la mente en diferentes situaciones mientras que los mismos sentimientos pueden dar lugar a diferentes estados mentales. Está sientiendo. Pero la música no lo representa directamente.

Dado que la proximidad de la relación depende de la intensidad de los tonos parciales superiores coincidentes, y aquellos que tienen un número ordinal superior son generalmente más débiles que las que tienen una inferior, la relación de dos tonos es generalmente más débil, mayor es el número ordinal de los parciales coincidentes. Estos números ordinales, como el lector recordará de la teoría de los intervalos consonantes, también dará el inicio de los números vibratorios de las notas correspondientes.

En la siguiente tabla, la primera línea horizontal contiene los números ordinales de los tonos parciales de la tónica c, y la primera columna vertical del tono correspondiente de la escala. Cuando las correspondientes columnas se intersecan las líneas zontales, se da el nombre del tono de la escala para el que se sostiene esta coincidencia. Sólo estas notas se admiten como arco distante del tónico por leu que una octava. Por debajo de cada grado de la escala se colocan los dos números ordinales de los parciales coincidentes, que servirán de escala para medir la cercanía de la relación.

En esta comparación sistemática encontramos la siguiente serie de notas situadas en la octava por encima de la nota fundamental c, y relacionadas con la tónica c en el primer grado, ordenadas en el orden de su relación.

c	*C*	*F*	*G*	*E♭*	*A♭*	*A*
1 : 1	1 : 2	3 : 2	4 : 3	5 : 3	5 : 4	6 : 5

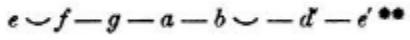
Y siguiendo series en la octava descendente:

c	*C*	*F*	*G*	*E♭*	*A♭*	*A*
1 : 1	1 : 2	3 : 2	4 : 3	5 : 3	5 : 4	6 : 5

La serie se interrumpe cuando los intervalos de los resultados se hacen muy cercanos. Intervalos adaptados para el uso práctico no debe ser para cerrar puede ser fácilmente tomada y distinguida. Cuál es el intervalo más pequeño admisible en una escala es una pregunta que diferentes naciones han respondido de manera diferente según la dirección diferente de su gusto, y según la delicadeza diferente de su oído parece que en el primero del desarrollo de la música muchas naciones evitan el uso de intervalos de un Tono, und henee forma que Alternata en intervalos de un Toue a un Tono y medio. Según un ejemplo de este tipo, no sólo entre los chinos sino también entre las ramas de los mongoles entre los malayos de Java y Sumatm, la habitante de Hudson "los Papuas de Nueva Guinea, el habitante de Nueva Caledonia, y los fullah negros de la lira de cinco tringas (kizar) de la población del Norte de África y de Abyssinia, que está en el bajo relieve de los palacios australianos, un instrumento jugado por cautivos, también estaba, según Villoteau, sintonizado por la escala de cinco grados:

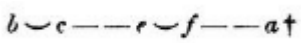
g — a — b — d' — e' §

Trazas De una escala antigua De este tipo son proporcionadas por la lira de cinco cuerdas o el laúd de los griegos. Por lo menos Terpander, que desempeñó un papel conspicuo en el desarrollo de la música griega antigua, y que añadió una séptima cuerda a los antiguos cítaros de cuerdas utilizó una escala compuesta por un tetracord y un tricord, teniendo la brújula de un y sintonizado así:



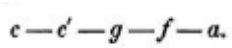
En la que no hay c, y el tetracordio superior no tiene intervalo de semitono, aunque hay un intervalo de este tipo en el inferior.

Olympus, que introdujo la música asiática Bute en Grecia y la adaptó a los gustos griegos, transformó la escala dórica griega en uno de los cinco tonos de la antigua escala enharmonica:

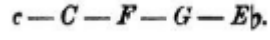


Lo que se veía era que él vivía cinco tonos con él y sólo tomaba prestada la parte de los interáses de un Semitono del Griego. Entre las naciones los chinos y los celtas de Escocia y de Irlanda conservan todavía la escala de cinco notas sin semitonos, si bien tienen algo con la completa de notas. Entre los Chiruse, un cierto primo Tsay-yu uid para tener la escala De notas en medio de gran opera de músicos conservadores. La división o el Octavo en doce y la transposición de las cervezas han sido digeridas por esta inteligente y hábil nación. Pero los melodíes truncados por la travessia de las cinco notas Los Gaels y Eme también han sido azotados con la diatónica de siete por el salmo y en la forma actual de su popular los tonos son simplemente notas. Sin embargo, en muchos casos, en muchos casos, sólo se puede compilar la fortuna más antigua de los mehános, y suele ser posible omitir lo que hace

No pertenecen a la escala de cinco tonos sin menoscabar la melía. Esto no sólo es cierto o más antiguo, sino que tiene un objetivo más común que fueron durante los últimos dos centenares, ya sea por músicos aprendidos o no. Hasta ahora los Galeses así como los chinos, no tienen su comprensión con el vatem tonal del xiem, se sostiene, se niega que evitando los Semitones del punto escoces diatónico reciba un peculiar brillo, sin embargo hay mas para los chinos. La escala De cinco admite De una cierta variedad en instrucciones C el tónico y añadirle lo relacionado en la Octava ascendente, hasta que viene a un Semitono. Esto da:

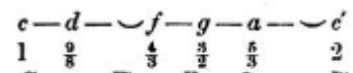


La siguiente nota e formaría un semitono con f. En la Octava descendente encontramos de la misma manera

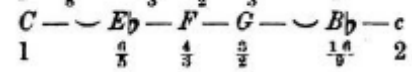


Las grandes aberturas en las escalas entre c en la primera, entre la y la segunda en la segunda son llenadas por los tonos rellenados en el segundo grado. Puesto que lo relacionado con la Octava sólo puede repetir aquellas relacionadas directamente con la tónica,

1) Ascending

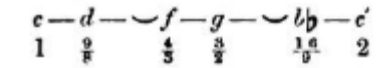


2) Descending



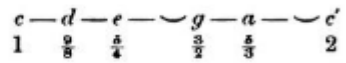
Los siguientes tonos a considerar están relacionados con el quinto superior y el inferior con F, y estos son d (el quinto el quinto superior) y Bb (el quinto debajo de la Quinta V). Obtenemos así la escala

3)



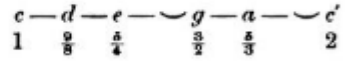
Pero en lugar de los tonos más lejanos relacionados con el tónico en el grado finito, los sistemas de tonos relacionados con el grado superior y esto dar un serie resultante de una simple progresion de quinto, como

4)



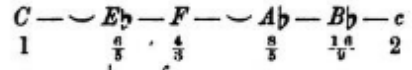
Luego también hay algunas formas más irregulares de esta escala de cinco tonos, en la que el Tercer mayor reemplaza el Cuarto, que está más relacionado con el tónico c. Es probable que la transformación de la tijera sea debida a la moderna para el modo principal, y se ha convertido en un apetito en muchas melodías escocesas. Escala es entonces

4)

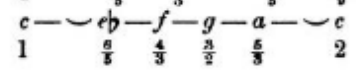


Los ejemplos de un intercambio similar del quinto g para el sexto Ab menor son dudosos. Esto daría la escala

5)



The scale 6)



En la que todos los están relacionados en el grado quinto, pero para los cuales las notas más cercanas el tónico, de cualquier manera, son un Tono y Semitono de él, no todavía en uso real. Los cinco anteriores formas de la Oe de cinco todo sea que pueden ser en las notas de un piano sin tocar los blancos.

Esta es la conocida regla simple para las melodías escocesas.