

**Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**La integración de la
música en las materias
científicas de 3º de ESO**

Presentado por: Roca Montoya, Pablo

Línea de investigación: Estructura y desarrollo del currículo

Director/a: Balsera Gómez, Francisco José

Ciudad: Cartagena

Fecha: 20/12/2013

RESUMEN

Esta investigación es el resultado de un estudio realizado dentro del Trabajo Fin de Máster para la formación del profesorado impartido en la Universidad Internacional de la Rioja (UNIR), y pretende demostrar la conexión e importancia que tiene la materia de Música con otras materias del currículum de 3º de la ESO eminentemente científicas: Matemáticas, Física y Dibujo Técnico. Por lo general, a lo largo de la historia se ha otorgado una menor responsabilidad o trascendencia a los contenidos impartidos en la materia de música, quizás debido al desconocimiento por parte de algunos de los protagonistas del proceso educativo de la relación entre ésta y otras como las planteadas anteriormente.

Primeramente se ha realizado un estudio teórico para comprobar concretamente que la relación entre estas materias es real. A continuación, y gracias a las encuestas a alumnos de 3º de la ESO, se ha analizado la capacidad de los alumnos para aplicar conceptos musicales en las materias científicas. Con estos datos se han diseñado una serie de actividades con la que la transversalidad entre materias se produzca de la manera deseada, en tanto los alumnos adquieran competencias válidas para todas ellas.

Palabras clave: transversalidad, relación entre materias del currículo, integración.

ABSTRACT

This research is the result of a study within the Master's Thesis for teacher training taught at the International University of La Rioja (UNIR), and aims to demonstrate the connection and importance to the subject of music with other subjects in the CV of 3º ESO eminently scientific: Mathematics, Physics and Technical Drawing. Usually throughout history has given less responsibility or importance to the content taught in the fields of music, perhaps due to the ignorance of some of the protagonists of the educational process of the relationship between this and other such those raised above.

First, it has made a theoretical study to test specifically the relationship between these fields is real. Then, thanks to surveys students of 3rd ESO, we have analyzed the ability of students to apply musical concepts in science subjects. With these data we have designed a series of activities with which the crosscutting between subjects occur in the desired manner, as students acquire skills apply to all of them.

Keywords: transversality relation between curricular subjects, integration.

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	4
2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2.1.- OBJETIVOS	6
2.1.1.- Objetivo general	6
2.1.2.- Objetivos específicos	6
2.2.- BREVE FUNDAMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA	6
2.3.- BREVE JUSTIFICACIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA	7
3.- DESARROLLO	8
3.1.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8
3.1.1.- Currículo de la materia de música en 3º de ESO en la Región de Murcia	8
3.1.2.- Inteligencias múltiples de Gardner	9
3.1.3.- Antecedentes científicos en la música	9
3.1.4.- Música y aritmética	12
3.1.5.- Música y geometría	14
3.1.6.- Música y física	22
3.1.7.- Música y arquitectura	25
3.2.- MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.3.- RESULTADOS Y ANÁLISIS	38
3.3.1.- Cuestionarios	38
3.3.2.- Entrevistas	41
4.- PROPUESTA PRÁCTICA	42
5.- CONCLUSIONES	46
6.- LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS	48
7.- BIBLIOGRAFÍA	49
7.1.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
7.2.- BIBLIOGRAFÍA GENERAL	50
8.- ANEXOS.	51

1.- INTRODUCCIÓN

La música ha estado vinculada desde la antigüedad con la ciencia. Son muchos los aspectos científicos que involucran al arte musical.

En los inicios de la Edad Antigua culturas como la china consideraban a la música una disciplina fundamental para alcanzar la formación moral deseada, ya que se consideraba que conmovía el interior de la persona y le creaba serenidad. Quizás, adecuando al lenguaje actual, creían que ayudaba a apartar al individuo del analfabetismo emocional permitiendo controlar las emociones y de ese modo asumir la responsabilidad de sus decisiones y de sus acciones. Es decir, tenía un papel primordial para la armonización entre las emociones y el pensamiento, entre el corazón y la cabeza de modo que el control de ellas permitiría pensar con claridad.

Para los griegos la música era el mejor símbolo de toda la cultura porque educaba el alma. Aprendían canto, música instrumental y danza. Se practicaba la música de oído, sin ninguna partitura, algo que sin duda seguro ayudó en su formación musical. El instrumento noble por excelencia, la cítara, era de cuerda.

Pitágoras defendía el modelo de música como ciencia: “todas las cosas constituyen una sinfonía, una música; el universo entero, el mundo músico, es una invitación a la armonía, y debemos ajustarnos al ritmo que es la ley del universo.”

Arquitas, continuador de la tradición pitagórica, consideraba a la música como una de las cuatro partes de las matemáticas: aritmética (estudia los números en reposo), geometría (estudia las magnitudes en reposo), música (estudia los números en movimiento) y astronomía (estudia las magnitudes en movimiento).

En la Edad Media las siete artes liberales eran aritmética, geometría, música, astronomía, gramática, retórica y dialéctica. Estas artes eran las ramas del conocimiento enseñadas en las escuelas con el propósito de preparar el estudiante no para ganarse la vida, sino para la búsqueda de la ciencia en el sentido estricto del término, entrenar al hombre libre.

Ya cuando llega el siglo XV hablamos de la música en su pleno desarrollo, va cogiendo la forma a la que estamos acostumbrados actualmente. Se considera el arte musical una actividad provechosa para la sociedad, la cual reconoce la importancia y dificultad de la misma, algo que se ha perdido en la mayoría de las ocasiones en nuestro siglo XXI. Se suceden diversos movimientos (Renacimiento, Barroco,

Clasicismo, Romanticismo, y nuestra música contemporánea) por los que poco a poco se difumina la profesión del músico de algo importante a algo opcional. Posteriormente la música perdió su protagonismo en la formación integral de la sociedad. Por ejemplo, en el plan de estudios de la LOGSE estaba legislada la dedicación de dos horas semanales a música frente a cinco de lenguaje.

El arte musical está entrelazado con ciencias como la física, la aritmética, la geometría o la arquitectura. Y sobre ello va a tratar el trabajo, sobre la capacidad mostrada por la música, de integrar en sí y de aprovechar para sí a estas ciencias de las que aparentemente parece estar alejada y que sin embargo tienen una realidad muy cercana dado que la materia fundamental de la música, el sonido, es un fenómeno físico-acústico. Las competencias que adquieran los alumnos al tratar toda esta temática llevarán a los discentes a disponer de unos conocimientos que podrán extrapolar a las materias de matemáticas, física y dibujo técnico. Puesto que mayoritariamente los alumnos no suelen dar la importancia que tiene a la materia de música, consideramos interesante aportar desde nuestra materia conceptos y competencias que los discentes apliquen en los estudios de la rama científica, para demostrarles el valor real de la música (como por ejemplo en esta relación planteada).

Como aspecto destacable se planteará una actividad en el aula en la que se explicará desde un punto tanto científico como musical el funcionamiento de la acústica de un auditorio ¿por qué no existe la sala de conciertos perfecta? Se considera que en la época en la que estamos disponemos de los medios necesarios para poder concebir la sala cuya acústica sea agradable a los músicos (puedan escucharse todos entre sí) y a la vez proyecte de manera casi inmaculada el sonido. Para ver si esta posibilidad puede darse analizaremos el nuevo auditorio construido en Cartagena por los arquitectos José Selgas y Lucía Cano gracias a unos informes facilitados por el ingeniero acústico del mismo, Higini Arau.

Finalmente se observará, analizando los contenidos explicados con los profesores del resto de materias, si el tratamiento de conceptos transversales ha tenido un efecto positivo en tanto el alumnado pueda aplicar tales conocimientos en las diversas materias.

2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1.- OBJETIVOS

2.1.1.- Objetivo general

- Comprobar que el aprendizaje realizado en la materia de Música se puede extraer y aplicar en otras materias como Matemáticas, Física y Dibujo Técnico, para mostrar al alumnado la importancia de la misma y otorgarle un valor perdido en la actualidad.

2.1.2.- Objetivos específicos

- Analizar la relación que ha existido a lo largo de la historia entre la Música y la rama científica del conocimiento.
- Evaluar el estado actual de la transversalidad entre materias en los centros educativos, en concreto en el que han sido realizadas las prácticas.
- Diseñar una serie de actividades para los alumnos de 3º de la ESO en las que se relacione la música con otras materias del currículo.
- Realizar una exposición en la que se analice la acústica del auditorio y centro de congresos “El Batel” de Cartagena, de modo que los alumnos puedan aplicar los contenidos explicados en el aula con un ejemplo cercano.

2.2.- BREVE FUNDAMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este trabajo de investigación se ha empleado una metodología cualitativa, en tanto se va a dar un enfoque que analice la realidad de la transversalidad en educación desde una visión más personal.

Se han diseñado y aplicado cuestionarios en tres clases de 3º de ESO para comprobar la capacidad de los alumnos de poner en relación las cuatro materias mencionadas. El análisis de estos cuestionarios se ha realizado desde un punto de vista cualitativo. La técnica de la triangulación, la cual tiene una estrecha relación con la metodología cualitativa, será puesta en práctica desde dos de sus tipos: la triangulación de fuentes, en tanto la posibilidad de contrastar la información con

diversos elementos (cuestionarios, entrevistas, etc.); y triangulación metodológica, por el método de obtención de dicha información. Se deberá destacar que, aunque la técnica empleada para los cuestionarios será cuantitativa, la forma de analizar los resultados de los mismos será de forma cualitativa. Las entrevistas a los profesores se realizarán a modo de referencia, sin que por ello tengan una relevancia significativa.

Finalmente, se ha planteado una actividad por medio de la cual los alumnos pongan en práctica los conocimientos que ya tienen y los que se le hayan explicado a lo largo del curso. Además, se ha proyectado una charla final en la que los discentes han observado cómo se aplican los conocimientos en un caso concreto, el análisis del auditorio y centro de congresos “El Batel” de Cartagena.

2.3.- BREVE JUSTIFICACIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

Para configurar el marco teórico se realizó una investigación bibliográfica de un conjunto de artículos, libros, informes, etc., los cuales han sido seleccionados según su relación con el tema en cuestión, el prestigio de los autores, la disponibilidad de acceso a los mismos y la actualidad de la publicación. De especial interés ha sido la obra escrita por Arbonés y Mirlud (2011), los cuales proponen una visión muy clara de la afinidad de la música con la ciencia. Además, los apuntes para la docencia en la Universidad Politécnica de Madrid realizados por Chías y De Blas (2010), nos han aportado un enfoque gráfico y técnico de la relación de la arquitectura y la música.

En cuanto a la legislación vigente nos hemos servido de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, para no realizar ninguna actividad con los alumnos que pueda incumplir su integridad y respete a los mismos como personas.

3.- DESARROLLO

3.1.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1.1.- Currículo de la materia de música en 3º de ESO en la Región de Murcia

Antes de comenzar a tratar los contenidos transversales entre la materia de música y las eminentemente científicas es necesario estudiar la actualidad legislativa que concierne a la Comunidad Autónoma donde se realizará el trabajo de investigación.

Tras examinar el Real Decreto 291/2007, de 14 de septiembre, observamos que en el desarrollo de los bloques de contenidos a tratar en 3º de ESO (escucha, interpretación, creación y contextos musicales) no hay ningún apartado en el que trate explícitamente la integración de la materia de música en las de la rama científica.

Aún así, en el tercer bloque (creación) encontramos un atisbo en el que apoyarnos: “composición individual o en grupo de canciones y piezas instrumentales para distintas agrupaciones a partir de la combinación de elementos y recursos presentados en el contexto de las diferentes actividades que se realizan en el aula”. Será en este apartado en el que podremos hacer hincapié para incluir los rasgos musicales más relacionados con las otras materias a tratar, la composición siguiendo métodos matemáticos, lo que permitirá profundizar aún más en la rama matemática.

Además, aparece otro apartado en este mismo bloque que indica la propuesta de “utilización de recursos informáticos y otros dispositivos electrónicos en los procesos de creación musical”. En dicho apartado podremos incluir el tratamiento de la física mediante la utilización de programas informáticos, así como la repercusión que puede tener en la realidad tangible de la arquitectura (dibujo técnico).

Con esto se demuestra que la transversalidad entre dichas materias no ha sido explorada suficientemente, mas se encuentran esbozos en la legislación vigente en los que apoyarse para desarrollarlos y demostrar a los alumnos la importancia de los contenidos tratados en la materia de música.

3.1.2.- Inteligencias múltiples de Gardner

Comprobada la veracidad de la importancia investigativa en cuanto a la integración musical en la rama científica, se ha creído oportuno resaltar lo aportado por Howard Gardner en tanto su teoría de las “inteligencias múltiples”. De las ocho inteligencias planteadas en su obra *Frames of mind* (lingüística, lógico-matemática, espacial, musical, kinésico-corporal, interpersonal, intrapersonal y naturalista), nos detendremos en la musical, en la cual Gardner relaciona las competencias musicales con otras intelectuales, en concreto con las capacidades espaciales y matemáticas.

En cuanto a las primeras, puesto que las habilidades musicales se focalizan en el hemisferio derecho del cerebro, la cual destaca por ser la fuente de creatividad de la persona, plantea que dichas aptitudes musicales tengan relación con la visión espacial que pudieran desarrollar profesiones como arquitectos, pintores, etc. En tanto las competencias matemáticas, han sido las que más en boga han estado en la sociedad contemporánea. Gardner afirma que existen características matemáticas en la música, pero indica que “a diferencia de los matemáticos, los músicos modelan y organizan los sonidos, no sólo siguiendo aspectos formales sino también atendiendo a su expresividad” (Balsara y Gallego, 2010, p. 21).

Por ello, entre otros temas, y siguiendo el planteamiento de Gardner, profundizaremos en el arte compositivo de carácter matemático, y analizaremos cómo se han realizado las composiciones desde un punto de vista más científico. Además, veremos algunas características espaciales propias de los efectos de las ondas sonoras en los medios físicos arquitectónicos.

3.1.3.- Antecedentes científicos en la música

❖ LA PREHISTORIA Y LA GRECIA ANTIGUA

De la música en sí misma se podría afirmar sin lugar a duda su carácter efímero, ocurriendo en un período de tiempo concreto y finito, un tiempo del cual nacen las matemáticas, de la necesidad de contabilizar el paso del tiempo, consistiendo en un principio en números y símbolos.

Como precedente prehistórico de la música griega primitiva podemos hablar de una música previa que se configura a partir de la necesidad de protegerse de ciertos fenómenos naturales, del intento de persuasión hacia los espíritus malignos,

del mejor vehículo para la adoración divina por medio de su honra y festejo, o de la forma de celebrar el cambio de las estaciones.

Esta manifestación musical se realizó con instrumentos tales como flautas de caña o silbatos de hueso en la parte de viento, y palillos de tambor o sonajas en la parte de percusión.

Tras esta breve introducción de la música prehistórica nos adentraremos de lleno en la música de la Antigua Grecia, la cual veremos será eminentemente matemática gracias a sus figuras más importantes.

La palabra “música” tiene su etimología en el término griego “musiké” (de forma literal “el arte de las musas”, ya que en la mitología griega las musas eran las diosas inspiradoras de cuatro de las artes más importantes en aquellos tiempos, como la música, la danza, la poesía y la astronomía). Es bien sabido que el gran Pitágoras acuñó la palabra matemáticas como “lo que es aprendido”. Trató de describir un sistema que pretendía unificar los fenómenos del mundo físico y del espiritual; buscaba comprender la armonía del universo y consideró, junto con todos sus seguidores, a los números y sus relaciones como los máximos exponentes de la misma. Gracias a ellos desarrollaron modelos astronómicos, acústicos y musicales, creyendo que los movimientos planetarios producían vibraciones y sonidos armónicos que llevaban a una melodía bella, llamada “la música de las esferas” (Fubini, 2005).

Nos detendremos en este apartado para hacer una explicación más profunda a lo largo de la historia, puesto que es un tema ampliamente estudiado. El conocimiento de un cosmos equilibrado fue tratado por los humanistas renacentistas para su recuperación. Una forma de expresar este equilibrio fue la “música de las esferas” o “armonía de las esferas”, defendida por los pitagóricos y explorada asimismo por Platón y Aristóteles: consistía, como se ha explicado anteriormente, en que los planetas generaban sonidos inaudibles para los humanos en tanto su movimiento y posición.

Será Johannes Kepler una de las figuras posteriores más importantes. Estudioso de la religión, ética, física y astronomía pertinentes, también accedió al conocimiento de la teoría heliocéntrica y se interesó por el pensamiento pitagórico y el platónico. A comienzos del siglo XVII, Kepler realizó unas teorías científicas sobre los movimientos planetarios que escapaban a la razón divina anterior de dichos movimientos: pretendía recuperar la visión de la armonía de las esferas del mundo

clásico. Suya es una de las leyes más importantes de la física la cual afirma que “todos los planetas se mueven en órbitas elípticas con el Sol situado en un foco” (Tipler, 2001, p.322)

• **El sistema musical pitagórico**

Pitágoras estudió la naturaleza de los sonidos musicales. Dichos estudios fueron creados tomando como referencia los sonidos que se obtenían de pulsar la cuerda de un instrumento monocordio. La longitud de esa cuerda era similar al de una guitarra actual pero, al variar la longitud de la misma, se generaban sonidos distintos: cuanto más corta era la cuerda, más aguda era la nota producida.

Fue Pitágoras quien descubrió que existe una relación numérica entre tonos que sonaban “armónicos” y fue además el primero en advertir que la música podía medirse con razones de números enteros. Los pitagóricos compararon por pares los sonidos producidos basándose en las distintas longitudes de cuerda: dividiendo la cuerda a la mitad, a la tercera parte, a la cuarta parte, etc. Los resultados fueron apasionantes: los sonidos relacionados con los números más pequeños eran los más armónicos. Los pitagóricos lograron establecer un modelo matemático de un fenómeno físico con la presencia de lo estético, semejante a lo acontecido con la proporción áurea y la idea de belleza renacentista.

Por tratarlo numéricamente, la relación 2:1 corresponde con un intervalo de octava (*diapasón*), cuando se refiere a 3:2 se habla de una quinta (*diapente*) y cuando se trata de 4:3 no encontramos con una cuarta (*diatesarón*). Aún así, los pitagóricos desconocían todo lo relacionado con ondas sonoras y frecuencias; de hecho, la regla que establece que la frecuencia depende de la longitud de la cuerda fue formulada en el siglo XVII por Marin Mersenne. De todas formas, el tema que contiene la física y sus características será tratado posteriormente.

Y ya que se ha empleado el uso de números, señalaremos una fórmula que nos permite hallar intervalos armónicos agradables, lo cual nos lleva a tener una relación directa entre el número y lo armónico, lo bello. Dicha fórmula es:

$$\frac{n+1}{n}$$

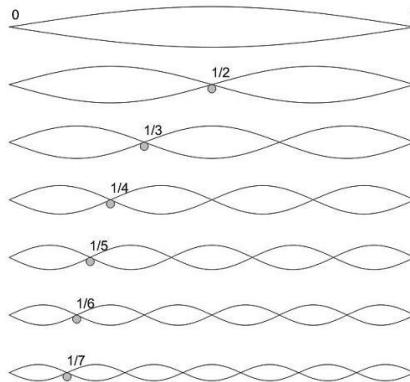


Figura 1. Gráfico de distintas divisiones a realizar en una cuerda.

3.1.4.- Música y aritmética

❖ EL TIEMPO

Visto desde el punto de vista matemático podemos denominar al ritmo musical como la frecuencia en que se producen las articulaciones en las emisiones de los sonidos. El pulso se puede entender como la subdivisión del ritmo, o su denominación más “física”. Esta agrupación rítmica puede llevar un ritmo interno, una *subdivisión del pulso*, que puede ser tanto binario como ternario, aunque también nos podemos encontrar con una mezcla de las dos.

El precedente de lo que hoy tenemos como soporte de la notación musical, el pentagrama, lo tenemos en el desarrollo de la notación neumática de cuatro líneas paralelas.

El ritmo puro tiene su máximo exponente en la percusión, contiene golpes de intensidad, altura y timbre variados que los embellecen. En el campo de la música de cuerda, como el violín, lo más parecido a la percusión lo encontramos en el arte del pizzicato. Actualmente se han compuesto obras en las que las diferentes partes del violín hacen una función rítmicamente pulsada más clara, como es el golpe de arco *con legno*. Compositores como Piazzolla han utilizado el modo de tocar en la parte de la cuerda restante entre el cordal y el puente como un método musical novedoso y característico.

❖ EL COMPÁS

Si hablamos del compás en forma de números observaremos que su notación es claramente una fracción x/y , en la que la x indica el número del tipo de figuras

que caben en un compás. Su forma de escritura ha tenido numerosos cambios desde la figura de Philippe de Vitry en el siglo XIV.

Hemos mencionado en el apartado anterior los conceptos de binario y ternario para el ritmo interno. Esto afectará a la forma de denominar a los compases: si es binario se le llamará simple, y compuesto si es ternario.

También van a existir irregularidades en el tema de los compases, ante lo cual la nomenclatura deberá variar adaptándose al valor más pequeño. Por ejemplo, un compás que lleve dos negras con puntillo y una negra no lo podremos denominar con un 4 en la y: habrá que pensar en corcheas; por tanto la división será de 8/8.

Podríamos pensar en nombrarlo como 4/4, ya que el total del compás son cuatro negras, pero estaríamos en un error, puesto que el pulso del compás es ternario (aunque irregular). Dentro de estas irregularidades podemos señalar la existencia de posibles ritmos binarios en subdivisiones ternarias y viceversa: estamos hablando de los dosillos y tresillos.

Otra cuestión es la de interpretar estos ritmos dependiendo de la velocidad. Al principio lo que se hacía era escribir una forma métrica en forma de palabra escrita (lento, adagio, allegro, presto, etc.), pero esta forma dejaba la situación ampliamente ambigua. Por ello, y por la complejidad que han ido adquiriendo las obras modernas se suele indicar con un número la cantidad de figuras por minuto que el compositor quiere que se reproduzcan: $\text{♩} = 60$.

En este ejemplo observamos que deberían de interpretarse 60 negras en un minuto. También podemos encontrarnos a lo largo de la obra variaciones numéricas del tempo. El primero en establecer de este modo la velocidad de ejecución de una de sus composiciones fue L. V. Beethoven, al cual se le considera como una de las figuras más representativas de toda la música clásica. Como aspecto reseñable tenemos la composición de G. Ligeti *Poème Symphonique for 100 metronomes* en la que el compositor puso a funcionar de manera simultánea cien de estos instrumentos. La pieza terminó cuando el último agotó su cuerda.

Como resumen de este apartado vemos una obviedad clarísima: la partitura es capaz de comunicar un aspecto técnico de la música, pero su interpretación queda como responsabilidad del músico, cuyos sentimientos artísticos sobre dicha música son los que completarán la intención de transmitir el mensaje.

3.1.5.- Música y geometría

❖ COMENZAMOS A COMPONER

- **Nociones previas**

Al hablar de geometría en el arte musical debemos comenzar por el principio (como si fuésemos nosotros mismos los que escribimos), y ese principio es el pentagrama. Su grafismo nos muestra una clara simetría horizontal, con sus cinco líneas y cuatro espacios. A continuación escribimos la clave que nos servirá como referencia para la lectura de las notas: dependiendo de la clave variará el nombre de las mismas.



Figura 1. Principales claves empleadas.

Como breve comentario también añadiremos la simetría que encontramos en el teclado, en el “sol #” y en el “re”.

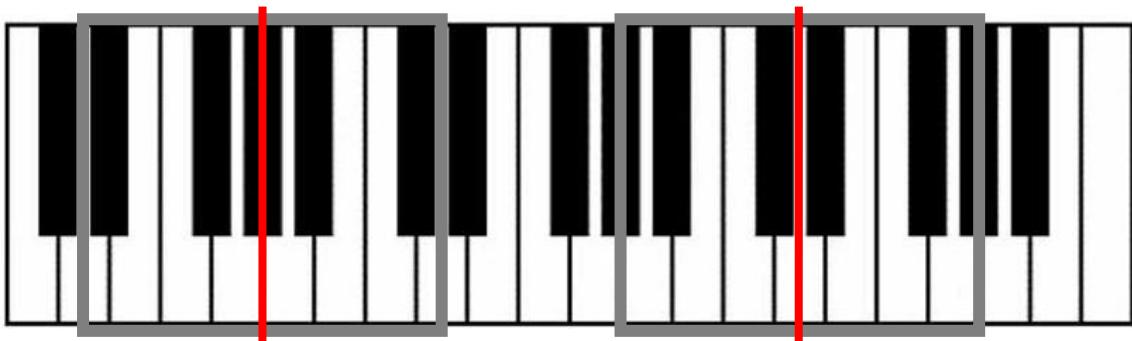


Figura 2. Simetrías existentes en el teclado de un piano.

- **Posibilidades geométricas**

Muchas nociones de la geometría han sido utilizadas por diversos compositores de manera deliberada. Es importante tener en cuenta que existe una diferencia fundamental que condiciona las comparaciones: en el plano, las dos dimensiones corresponden a una misma magnitud, pero en el pentagrama no es así; por tanto, se nos impone la aplicación de transformaciones musicales en ambas

dimensiones (altura y tiempo). En el campo de la figuración se han aplicado transformaciones como si se tratara de figuras geométricas; aun así en algunos casos estaremos frente a un ejercicio que no genera diferencias audibles. Las transformaciones geométrico-musicales brindan una herramienta compositiva más que añadir al arsenal, pero utilizarla con el sentido musical que así se le exige es sólo responsabilidad del compositor (Arbonés y Milrud, 2010).

Hay distintos tipos de transformaciones. Comenzaremos por las isométricas, que son las que respetan las distancias. Si en el plano nos encontramos con traslación, reflexión y rotación, en la música tendrá su símil. Si además se aplican esas transformaciones tanto a la altura como al tiempo (tal y como hemos mencionado antes) las posibilidades de cambio se multiplican. La tabla que a continuación aparece se verá posteriormente explicada.

Tabla 3. Relaciones entre las transformaciones geométricas posibles y su resultado.

Transformación geométrica	Resultado musical		
	Horizontal	Vertical	Horizontal y vertical
Traslación	Repetición y canon	Transporte	Ostinatos y cánones a la 2 ^a , 4 ^a , etc.
Reflexión	Inversión	Retrogradación	
Rotación			Inversión retrógrada

Traslaciones: su aplicación conlleva un desplazamiento de la figura en una dirección sin modificar la forma. Tendremos dos tipos:

- **Traslación horizontal:** implica una traslación en el tiempo, manifestándose de dos formas:
 - *Repetición:* se trata del momento en el que una melodía es interpretada varias veces (más de dos), una a continuación de la otra. En este caso, la melodía repetida más común es la de un motivo, con su posterior repetición.
 - *Canon:* en este caso hablamos de una estructura musical en la que una melodía es interpretada por varias voces de manera simultánea, pero comenzando cada una en su participación tras algunos tiempos de espera desde la entrada de la voz anterior.

The musical score consists of three systems of music for a quartet. The staves are: Violin I, Violin II, Violin III, and Basso. The key signature is G major (one sharp). The time signature is 4/4. The score is annotated with colored brackets to highlight specific entries: red brackets on Violin I and Violin II; blue brackets on Violin III; and green brackets on the Basso. The music is in G major, 4/4 time.

Figura 3. Entradas de las distintas voces de un cuarteto a modo de canon.

Como vemos nos encontramos ante el *Canon de Pachelbel*. La buena consecución de la obra erradica en el hecho de que la armonía acompaña de buena manera a que en ningún momento haya tensiones excesivas gracias al motivo del bajo, el cual repite en la totalidad de la obra.

- **Traslación vertical:** en este caso, la traslación genera un transporte de las notas originales. Como ejemplo tenemos el *Claro de luna*, de Beethoven, en el que el arpegio empleado al comienzo se convierte en elemento generador de la pieza, siendo susceptible de ser transformado.



Figura 4. Comienzo del Claro de Luna de Beethoven (IMSLP.ORG)

- **Traslación horizontal y vertical:** la repetición insistente de cualquier elemento musical (como es el ejemplo anterior) recibe el nombre de *ostinato*. En cuanto a la repetición de los cánones nos van a servir los múltiples compuestos por J. S. Bach.

También tenemos un traslado en diagonal que combina lo horizontal y vertical. En la voz superior, un mismo giro melódico de un compás de extensión se va repitiendo de manera encadenada transportado de manera ascendente.



Figura 5. Extracto de la 5ª Sinfonía de Beethoven (IMSLP.ORG)

Reflexiones: se trata de una transformación que invierte al modelo, como si fuese su reflejo en un espejo. Esta reflexión se podría recuperar si pusiésemos el reflejo obtenido de cara a otro espejo.

- **Reflexión vertical:** en este caso lo que se conseguirá será una retrogradación, en la que una melodía es reescrita comenzando desde la última nota (como volver al origen) y repitiendo las notas de la melodía original en la secuencia contraria. Si tenemos estos dos motivos seguido estaríamos hablando de la existencia de una "simetría melódica" (o también "palíndromo melódico").



Figura 6. Reducción de la melodía de la 9ª Sinfonía de Beethoven.

En este fragmento de la Novena Sinfonía de Beethoven podemos observar lo anteriormente comentado acerca de la retrogradación en forma de espejo.

- **Reflexión horizontal:** en tanto esta propiedad podemos comentar su clara diversidad, puesto que en este caso tenemos la “comodidad” de poder coger cualquier sistema horizontal de referencia.



Figura 7. Ejemplo de existencia de un eje horizontal en una partitura

Rotación: una rotación de 180º equivale a una inversión retrógrada. Una rotación menor (por ejemplo, de 90º) sería contraindicativo para el caso que nos acontece, puesto que las notas en el pentagrama quedarían mal colocadas.

Serán Arbonés y Milrud (2010) los que nos propongan un ejemplo más visual de este caso: lo tenemos en la obra de W. A. Mozart *Der Spiegel* (El Espejo). Se trata de un dueto para dos violines en el que el eje de reflexión horizontal lo encontramos en la tercera línea del pentagrama. A la hora de interpretar la pieza los instrumentistas se sitúan enfrente uno del otro situando la partitura en medio, la cual lleva escrita una clave de sol en ambos lados del pentagrama para posibilitar su legibilidad (Anexo 1).

A pesar de su peculiaridad podemos afirmar que no es una de las obras más conocidas de este gran compositor.

A continuación vamos a tratar otro tipo de transformaciones como son las **transformaciones escalares**. Éstas aumentan o disminuyen la medida de una figura en alguna de sus dimensiones. Según el modo en que se aplique el escalado, se mantendrá la proporción de la figura o se verá deformada (si escalamos tanto vertical como horizontalmente nos quedará la figura con la misma proporción,

mientras que si escalamos en una sola dirección la figura se verá deformada). Al verlo desde el punto de vista musical es necesario discriminar entre las dimensiones.

Escalar horizontalmente: entre los ejemplos más clarificadores están los que afectan al tempo, es decir, cambian la indicación metrónómica. También se puede emplear el cambio de las figuras primeras por sus equivalentes de mayor o menor duración.

Escalar verticalmente: es la más extraña de todas las transformaciones, a la vez que la menos reconocible. En ella todos los intervalos son ampliados proporcionalmente.

Vamos a tratar a continuación la parte de las simetrías armónicas. Por un lado vamos a tener los acordes simétricos, que son los que tomando una referencia tendrán la misma distancia entre las notas, aunque no sean las mismas.



Figura 8. Ejemplo de iguales distancias entre las notas de un acorde.

En cuanto a las escalas también nos vamos a encontrar diversas simetrías, dependiendo de la posición de los tonos y los semitonos. Fue Olivier Messiaen, gran compositor, el que se ocupó de clasificar una serie de escalas que denominó “modos de transposición limitada”. Dichas escalas completan la octava y distribuyen los intervalos que separan cada par de notas de manera simétrica. Basadas en el sistema cromático, están formadas por diferentes grupos simétricos. Una vez establecida se transpone varias veces hasta que es imposible continuar más.

Tabla 4. Traducción de los tipos de escala a tonos y semitonos.

Escala	Composición
De tonos enteros	T-T-T-T-T-T
Octatónica disminuida	ST-T - ST-T - ST-T - ST-T
3ª escala	T-ST-ST - T-ST-ST - T-ST-ST
4ª escala	ST-ST-T+ST-ST - ST-ST-T+ST-ST
5ª escala	ST-2T-ST - ST-2T-ST
6ª escala	T-T-ST-ST - T-T-ST-ST
7ª escala	ST-ST-ST-T-ST - ST-ST-ST-T-ST

Por otro lado, la simetría también se nos presentará en la forma global de algunas de las piezas. Entre algunas de ellas tenemos el *scherzo*, que suele componer alguna de las partes de una sinfonía (como segundo movimiento de la Novena de Beethoven, o como tercer movimiento de la Cuarta de Tchaikovsky). En esencia, el *scherzo* es binario, de la forma A B. Lo que ocurre es que tras interpretar la parte B se repite la parte A de forma íntegra, convirtiéndose en forma ternaria A B A.

Esta repetición puede prolongarse en el tiempo (A B A B A...) e incluso pueden incluir simetrías aún más extensas, como el *Vals op. 34 nº 1* de F. Chopin, el cual se articula de la siguiente manera: A B C D C B A.

• **El número de oro**

El italiano Leonardo de Pisa (aunque más comúnmente conocido como Fibonacci), fue uno de los máximos exponentes en la introducción en Occidente de la notación numérica arábigo. También es el autor de una serie numérica universalmente aclamada como lo es la *Serie de Fibonacci*, la cual consiste en sumar el último y el penúltimo número para hallar el siguiente de la serie:

$$1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, \dots$$

$$\text{Siendo, } \frac{1}{1} = 1; \quad \frac{2}{1} = 2; \quad \frac{3}{2} = 1'5; \quad \frac{5}{3} = 1'666; \quad \frac{8}{5} = 1'6; \quad \frac{13}{8} = 1'625$$

El límite de esta sucesión de cocientes es 1'618033989..., el conocido como *número de oro, proporción divina o sección áurea*. Los términos de la sucesión de Fibonacci surgen en muchos y diversos ámbitos de la naturaleza (en el número de hileras de pepitas de los girasoles, en la espiral de las cochas de los moluscos, etc.).

En relación con la música podemos afirmar que no han sido pocos los compositores que han cultivado esta opción. Algunas composiciones de Mozart y de Beethoven parecen alcanzar el punto más álgido de la obra (el clímax) en un punto que divide la obra en secciones cuyas extensiones estaban aproximadamente en proporción áurea (lo más probable es que llegaran a ese punto de forma intuitiva).

Si bien hemos puntualizado la existencia del número de oro de forma intuitiva por estos dos grandes compositores sería igualmente erróneo hablar de intuición en el caso de Bartók, ya que en su fuga inicial de *Música para cuerdas, percusión y celesta* tiene sus (casi), 89 compases divididos en secciones de 55 y 34, las cuales a su vez lo están en dos de 34 y 21, y 13 y 21. Bartók también empleaba modelos interválicos compuestos por dos, tres, cinco, ocho o trece semitonos.

Por otro lado, Debussy parece que también utilizó sus modelos, como vemos en la introducción del *Dialogue du vent et la mer* de la obra orquestal *La mer*.

Realmente, si se desconoce al escuchar una obra que la misma puede tener intrínsecas algunas características de la serie de Fibonacci o del número de oro es difícil rescatarlo auditivamente: no es raro que si nos advierten de antemano de la presencia de estas cualidades nos sintamos un poco condicionados a su escucha.

❖ **COMPOSICIÓN MATEMÁTICA**

Hablar de las matemáticas en la manera compositiva nos lleva inevitablemente a pensar en el siglo XX y los inicios del dodecafonismo: el atonalismo hecho presencia de la mano de su precursor, Arnold Schoenberg, el cual sería maestro de otros dos grandes cultivadores de esta técnica compositiva, como Alban Berg y Anton Webern. Serán estos tres los que formen la llamada Segunda Escuela de Viena.

Conviene ahora, vistos los primeros compositores más influyentes, explicar cómo funciona esta forma compositiva. El dodecafonismo se refiere principalmente a los doce sonidos de la escala, los cuales van a intentar producir dos cambios considerables y unificadores: el primero radica en la unificación de los sonidos enarmónicos (algo que por ejemplo en la música turca está completamente estratificado, incluyendo cuartos de tono) en tanto un do # será tratado igual que un re b. El segundo quiere conseguir que el tratamiento por octavas sea idéntico: dará igual la octava a la que pertenezca la nota, sólo importará el sonido que sea, para formar la serie, concepto que explicaremos a continuación.

• **Serie dodecafónica**

Se trata de realizar una conjunción de doce sonidos con las doce notas de la escala de forma cerrada; aparecerán todas y únicamente una sola vez. Con este trato se consiguen imponer normas compositivas a la creación musical. El querer completar ciclos de doce notas responde a la intención de no dar preponderancia a ninguna de ellas: de esta forma se consigue la anulación de la tonalidad, ya no hay tónicas, dominantes, sensibles, etc (Arbonés y Milrud, 2010).

Schoenberg es el ejemplo de perfección y claridad en este tipo de composiciones, además de sus reconocidos alumnos Anton Webern y Alban Berg.

Hasta ahora hemos hablado únicamente de sonidos, de notas, pero evidentemente podemos extrapolar el tema de las series a los otros muchos condicionantes que tiene la música, como pueden ser la intensidad, la duración de las notas, el registro, el timbre o los matices. Como cultivadores de esto tenemos a Pierre Boulez o Stockhausen, los cuales llevan a la denominación de “serialismo integral” al trabajo con múltiples tipos de series.

Este serialismo fue ampliamente criticado por Iannis Xenakis, (músico, ingeniero y arquitecto, algo de lo que trataremos posteriormente) el cual pensaba que todo tratamiento serial finalmente impedía la relación entre todos los componentes. Xenakis proponía tratar las grandes líneas de la obra y luego distribuir los demás elementos según modelos matemáticos probabilísticos y algebraicos.

Y si bien hemos visto que todas estas formas compositivas matemáticas preponderan en el siglo XX, fue Mozart quien creó un juego azaroso para componer también en el período clásico. Teniendo compuestos 176 compases colocados en una tabla de 12 filas por 16 columnas, mediante la tirada de dos dados se iban seleccionando los compases. De esta forma se sistematizaba en mayor o menor medida la tarea compositiva, de manera que cualquier persona podía tener su “propia” obra musical.

3.1.6.- Música y física

❖ LA FÍSICA DEL SONIDO

El tono está asociado a las frecuencias de vibración. Cuanto mayor es la frecuencia, mayor es la altura del sonido percibido. El efecto de propagación de la onda se produce mediante compresiones y expansiones de las partículas del aire: se trata de una onda. La velocidad con la que se da este cambio de estados se denomina frecuencia, medida en hercios.

La oscilación de una onda sonora tiene el comienzo en un estado de reposo, del cual avanza hasta tener su máxima elongación (A), la cual se llama *cresta*, para pasar otra vez al estado de reposo y llegar hasta la máxima elongación negativa (-A), denominado *valle*.

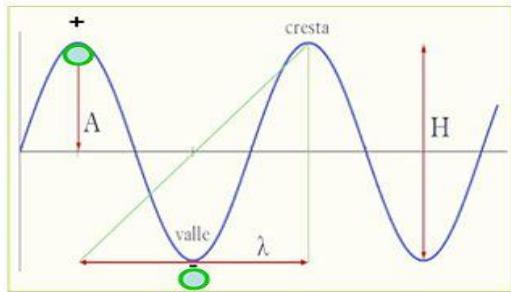


Figura 9. Denominaciones de las distintas partes de una onda.

Estas cualidades nos llevan a tener que observar otras características adicionales, como son la altura, la intensidad o el timbre. Para aclarar la primera hablaremos de que dependiendo de la frecuencia a la que se produzca la onda, el sonido será más grave o más aguda según sea la misma baja o alta, respectivamente. El espectro de frecuencias humano varía de los 16 a los 32000 Hz, si bien el de otros animales suele ser más amplio, y agudo, como el de los perros o los delfines.

La intensidad depende de la amplitud de la onda: a mayor volumen, mayor amplitud de la onda. En este caso, la escala partirá de los 0 dB y llegará hasta los 140 dB, en el que estaría el umbral del dolor.

Para finalizar, el timbre es la característica que otorga personalidad al sonido. Al igual que nos permite diferenciar la voz de diferentes personas, así mismo lo hará con los diferentes instrumentos (Tipler, 2001)

• Las ondas

Vistas un poco las generalidades físicas merece la pena concentrarse en las ondas y sus tipologías para comprender mejor cómo se produce el sonido. Hay ondas unidimensionales (transportan sus pulsos en línea recta). Las que utilizan la superficie se denominan bidimensionales (como una piedra cuando rebota en el agua). Las ondas sonoras son las tridimensionales, en las que el frente de onda son en este caso superficies esféricas.

Cuando se realiza un concierto, los múltiples sonidos producidos llevan a una superposición de ondas sonoras. Si las fases coinciden el resultado es una ampliación del sonido (a); en caso contrario se dará una disminución del mismo (b).

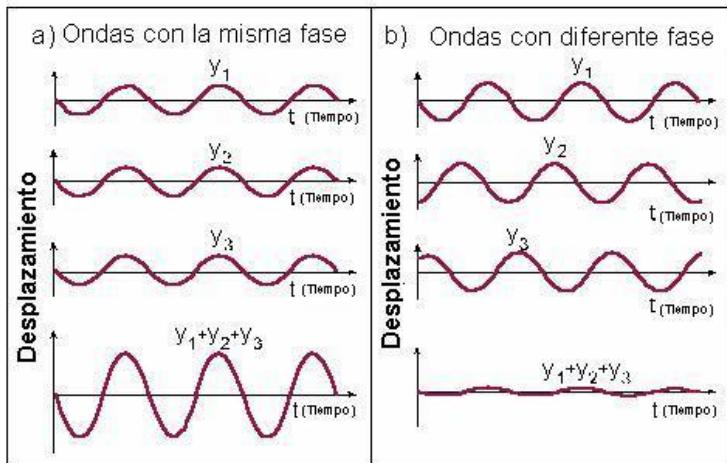


Figura 10. Grafismo de una onda dependiendo de su coincidencia o no de fases.

El claro ejemplo lo podemos ver cuando escuchamos un cuarteto de cuerda o una orquesta. En el segundo caso la capacidad de generar volumen de sonido es mucho mayor que en el primero.

• Efectos de las ondas sonoras

Las ondas pueden reflejarse y refractarse. También se dan las siguientes propiedades:

- Eco: las ondas se reflejan en un obstáculo. Al hablar frente a él se oyen en primer lugar el sonido directo y luego el reflejado.
- Reverberación: se superpone el sonido reflejado con el directo haciéndolo confuso, ocurre cuando la distancia es menor de 17 metros. Se debe a las reflexiones del sonido en las paredes de un recinto. Para evitarlo es necesario instalar materiales absorbentes del sonido en las paredes.
- Resonancia: un cuerpo que recibe las ondas puede comenzar a vibrar a la misma frecuencia que el foco. Para que se produzca entre dos cuerpos sus frecuencias tienen que ser iguales.

Si bien se podría hacer una ampliación de la física hasta estudios pormenorizados (ondas estacionarias, efecto Doppler, principio de Huygens, etc.) se ha creído conveniente apartar en estos datos la explicación de la física en la música, ya que a continuación se va a proceder a un estudio de la acústica y la mejor arquitectura de los auditorios, lo que podría llevar a una repetición de contenidos.

3.1.7.- Música y arquitectura

❖ *LA ACÚSTICA*

• **Introducción histórica**

Explicadas algunas nociones básicas de cómo actúa la física en la música, pasamos a dar algunos conceptos elementales de las propiedades de la acústica en una parte fundamental de las representaciones musicales, como son las salas de conciertos. Muchas de ellas tienen problemas de propagación de sonido, si bien últimamente y gracias a los medios informáticos se han ido solucionando estos escollos.

Pero antes de abordar lo que serían estas salas modernas es conveniente hacer un repaso por la evolución de las mismas, y eso nos lleva a Grecia. En este tiempo, y comenzamos en el siglo VI y VII antes de Cristo en la época arcaica, la orquesta era el lugar donde se producía la danza, y se componía de un altar central, unas bancas de madera y una barraca para los actores con su respectivo fondo escénico.

Posteriormente, en la época clásica (siglo V antes de Cristo) se fue ampliando el espacio, teniendo además muchos más métodos con los que hacer más real la actuación (en el caso del teatro), con prismas triangulares giratorios, tableros pintados, una plataforma móvil y, por raro que parezca, una máquina de truenos y relámpagos cuando menos rudimentaria.

Ya en el siglo IV antes de Cristo los asientos son de piedra y el auditorio abrazaba unas tres cuartas partes de la orquesta, denominándose proskenión al espacio limitado entre el muro y la orquesta: se trata del teatro griego tal y como lo conocemos en la actualidad. Hay innumerables ejemplos, tanto en España como por toda Europa. Un buen ejemplo es el teatro de Epidauro, construido en Grecia en torno al año 350 antes de Cristo (De Blas, 2009).

En él hay una buena visibilidad y audición, salvo en los extremos del arco. La orquesta tiene una característica muy reflectante, lo que lleva a que pueda ser inteligible hasta a 70 metros del foco (una persona que esté hablando en el centro de la orquesta puede ser perfectamente escuchada por otra que esté situada en el punto más alto del teatro).

Va a haber dos tipos de sonidos, el directo (α) y el reflejado (β); éste último siempre será mayor de 5° . El sonido directo estará reforzado por esas reflexiones que se han explicado anteriormente. La pendiente de las gradas se situará entre 20° y 34° , los cuales son los mayores ángulos de incidencia de α y β .

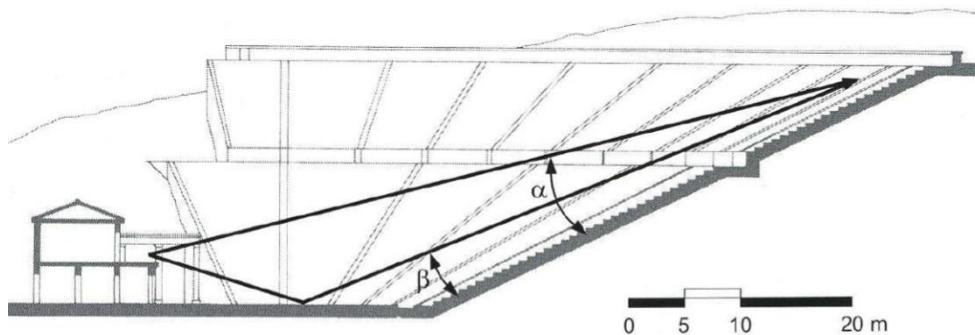


Figura 11. Situación de los ángulos del sonido directo y el reflejado.

Y de Grecia pasamos a Roma, en la cual la forma del teatro no variará demasiado: una novedad es que los romanos podrán construir el teatro en el lugar que deseen, si bien los griegos se aprovechaban de la pendiente de una colina para situar allí su teatro. Otra característica que los difiere es que en Roma se inventa el telón de “boca” (aulaeum) el cual no sube, sino que baja y se esconde en el suelo. Esta novedad se materializa en el año 133 antes de Cristo y se incorpora un techo de lona de algodón pintado (vellarium), que protege la orquesta y el anfiteatro del sol y la lluvia. Desde el punto de vista acústico se introduce el campo reverberante. Un ejemplo podría ser el teatro romano de Cartagena o de Mérida.

Vitrubio fue el primer arquitecto que realizó un escrito sobre acústica, en el siglo I antes de Cristo. En él describe varios diseños para mejorar la acústica de los antiguos teatros romanos como, por ejemplo, utilizar vasijas de bronce afinadas que actuaban como resonadores bajos o agudos: servían para dirigir el sonido en una dirección diferente a la inicial, pero no lo reforzaban.

Pasamos ya al Medievo, y nos encontramos con que no hay una forma del espacio del teatro y la escena, no se trata de teatros (en el sentido arquitectónico) sino de representaciones realizadas en espacio que son construidos por la misma representación.

Y de la época medieval llegamos a las iglesias románicas, en las cuales se cultivaba el canto gregoriano: la melodía resonaba en el amplio espacio y se

mantenía, superponiendo los sonidos y consiguiendo una impresión de armonía. De aquí pasamos al gótico, en el que la música y la catedral son la expresión del concepto medieval del orden cósmico. En las iglesias cristianas de bóvedas altas con muchos problemas acústicos, sobre el púlpito se colocaba un tornavoz, una especie de marquesina que evitaba que el sonido de la voz del predicador se perdiese por las bóvedas. En el siguiente ejemplo de la catedral neogótica de Vitoria podemos ver cómo actúa el sonido en ella (Chías y De Blas, 2010).

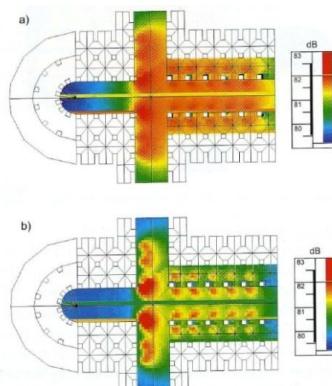


Figura 12. Nivel de sonido según el espacio del recinto.

Esta catedral tiene 36 cajas acústicas en 28 puntos. El nivel total de presión sonora será diferente según si la banda es de 500 Hz (a) o 2 kHz (b).

En 1580 se realizó la construcción del Teatro Olímpico, el cual es una reconstrucción erudita del teatro romano antiguo basada en toda una vida de estudio de los monumentos y de los textos clásicos. En 1588, en el teatro Sabioneta en Mantua, de Scamozzi, aparece por primera vez el escenario con una única apertura, llamada bocaescena.

Posteriormente se procedió a la construcción del palacio de Farnesio de Parma por Aleotti, en 1618. El escenario tiene 20 metros de profundidad más una chácena de otros 20 metros con una maquinaria nueva para poder cambiar los decorados rápidamente (se trataba de unos bastidores móviles y mecanizados). Su aforo es de 4.500 personas. Como curiosidad acústica tenemos la colocación de la madera, estucada en algunos sitios, lo que prueba la reflexión que produce sobre el sonido.

Hay otros teatros de la época, como el Isabelino (1558-1603) cuyo exterior tenía 25 metros de diámetro y 10 de alto, con una capacidad de 2.500 espectadores;

o el de Shakespeare, con sus lados facetados formando un heptágono y en varias alturas.

Entre el siglo XVII y el XVIII, la invención mecánica está completa; lo que comenzó sirviendo para la escenificación de las vidas de santos se ha adaptado a la comedia, a la escena de transformación, a la mutación a la vista. El espectáculo palaciego se ha hecho popular y se ha configurado el llamado teatro a la italiana, definido en esencia por un espacio dedicado a la escena (el Torreón de Tramoya) y otro para el público bien diferenciado. El torreón de tramoya comprende tres partes: el escenario medio donde se desarrolla la acción, el escenario inferior o foso y el superior o telar.

Ya a finales del siglo XVIII el teatro de ópera alcanza su forma canónica y aparece la escena en ángulo. Un ejemplo de esta época es el Teatro de la Scala en Milán (1776-78), de Piernarini, en el que la baja energía está asociada a las primeras reflexiones laterales y las posibles focalizaciones por la concavidad posterior. El volumen total es de 11.250 m^3 , para unas 2.300 personas. En frecuencias medias, la reverberación se mueve entre 0'9 y 1'2 segundos. En la siguiente imagen vemos la generación de reflexiones laterales (a) y un mapa de niveles de presión sonora correspondientes al sonido reflejado por las paredes laterales (b).

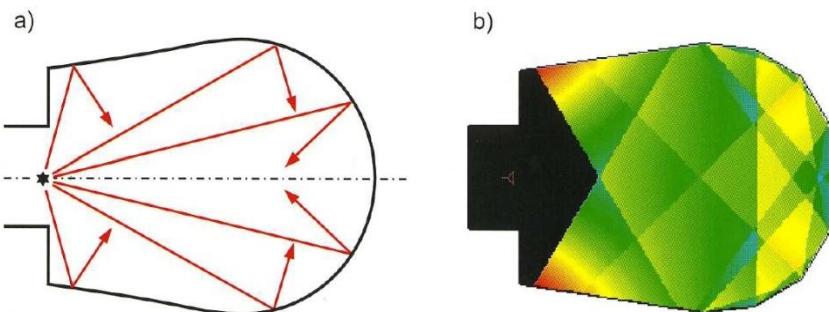


Figura 13. Relación entre las reflexiones laterales y los niveles de presión producidos.

Posteriormente, otra construcción importante será el Altes Gewandhaus en Leipzig (1.780-81), de Dauthe, en la cual se consigue una acústica íntima gracias a un breve tiempo de reverberación. Tenía un volumen de 2.130 m^3 y un aforo de 400 personas. Aún así, esta sala fue sustituida por la Neues Gewandhaus, más grande y resonante. Su tiempo de reverberación es de unos 1'3 segundos.

Otra sala que es importante destacar es la Festspielhaus en Bayreuth (1.872-76), de Brückwald. Con un volumen de 10.300 m³ y una capacidad de 1.800 espectadores, su capacidad acústica es más reverberante para mezclar los timbres de las óperas de Wagner, en principio. El tiempo de reverberación es más alto que en las otras dos salas, en torno a 1'5 segundos, según las frecuencias medias.

A finales del siglo XIX aparece la acústica moderna con el físico americano Wallace Clement Sabine. Después de Sabine aparecieron otras figuras como Gilbert, el cual demostró que gracias a la utilización de una ecuación integral se podía obtener un resultado por un procedimiento iterativo. A partir de 1968 se han desarrollado métodos informáticos de trazado de rayos sonoros con la idea de seguir todas las reflexiones que se producen y de esta forma calcular el tiempo de reverberación.

Y para concluir este repaso rescatamos esta frase del compositor italiano Nono (siglo XX), que afirma: “Me parece que en nuestro tiempo se ha hecho muy difícil escuchar la música. Se está más habituado a ver que a escuchar; se quiere por ello traducir inmediatamente los hechos musicales en contenidos visuales, verbales e ideológicos. Se intenta espasmódicamente la escucha, la confirmación de categorías mentales que se tiene en la cabeza y no en el oído”.

• **Aplicación física en la acústica**

Hecho este trepidante recorrido histórico por las salas desde los griegos hasta el siglo XX vamos a ver la parte más técnica de la acústica, lo relacionado con cálculos y leyes. En el capítulo anterior se han comentado las posibilidades de las ondas sonoras, en tanto su reflexión y su refracción. Cuando una onda sonora incide sobre una pared, parte de la energía de la onda es reflejada y otra parte es absorbida por ella. La relación entre la energía absorbida y la incidente se denomina coeficiente de absorción, α , de la pared.

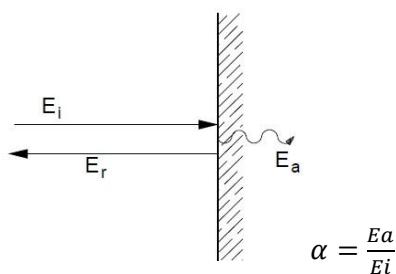


Figura 14. Representación de los tipos de energía actuantes en un muro.

El coeficiente de absorción depende principalmente del material con que esté recubierta la pared. Así, en un recinto, las paredes tendrán normalmente distintos coeficientes de absorción dependiendo del material que las cubra (cortinas, moquetas, pizarras, cemento,...).

Conociendo el coeficiente de absorción de los materiales que forman una pared podemos obtener la absorción de la misma multiplicando α por la superficie: $A = \alpha S$. La absorción total de un recinto es la suma de las absorciones de todas sus paredes.

Para exemplificarlo supondremos una “sala de concierto” formada por el esquema de un cubo:

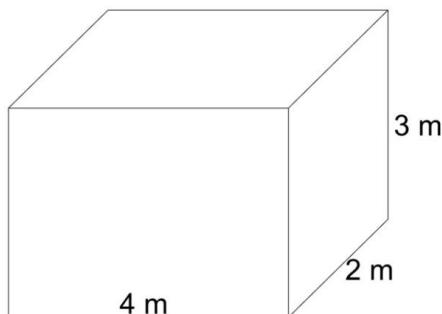


Figura 15. Ejemplo de las medidas de una sala de concierto como apoyo a los cálculos.

Si el suelo está cubierto por una moqueta, y una de las paredes de 3×2 está cubierta por una cortina obtendremos:

$$\alpha_{\text{moqueta}} = 0'2; \alpha_{\text{cortina}} = 0'5; \alpha_{\text{pared de yeso}} = 0'09$$

$$A = \alpha_{\text{moqueta}} (2 \times 4) + \alpha_{\text{cortina}} (2 \times 3) + \alpha_{\text{pared de yeso}} (2 \times 3 + 3 \times 4 \times 2 + 2 \times 4) = 8'02$$

Se ha considerado que cada uno de los materiales de las paredes tiene un único coeficiente de absorción. Sin embargo, la realidad es que los materiales ofrecen una absorción distinta a cada frecuencia, por lo que el estudio de la absorción deberá hacerse para varios valores de ésta. Este hecho da lugar a que la absorción total de la sala dependa también de la frecuencia lo que hace pensar que la sala influirá sobre el espectro del sonido recibido por el oyente. Hablaremos entonces de una respuesta en frecuencia del recinto.

Mencionado anteriormente el concepto de la reverberación se comentaba que ésta se debe a las reflexiones del sonido en las paredes de un recinto. Pues bien,

puesto que ha quedado claro que la cantidad de energía que se refleja al incidir un sonido sobre una pared depende del coeficiente de absorción, resulta evidente que cuanto mayor sean los coeficientes de absorción de las paredes de un recinto, más amortiguados llegan los ecos al oyente, con lo que la "prolongación" del sonido debido a estas reflexiones será más corta.

Se define entonces el tiempo de reverberación de un recinto como el tiempo necesario para que el nivel de presión sonora debido a una determinada fuente se reduzca en 60 dB una vez que la fuente deja de emitir. Este tiempo depende de una serie de factores:

- Cuanto mayor sea la *absorción* de la sala más débil llegarán las reflexiones al oyente y, por tanto, antes se extinguirá el sonido. O sea, el tiempo de reverberación es menor cuanto mayor es la Absorción.
- El *volumen* de la sala también influye ya que si las distancias que han de recorrer las ondas son mayores, los ecos llegarán desde más lejos y, por tanto, más tarde. O sea que el tiempo de reverberación aumenta con el volumen del recinto.
- Estas conclusiones fueron obtenidas experimentalmente por el físico Sabine, quien expresó la siguiente fórmula:

$$T_r = 0'161 \frac{V}{\sum_{i=1}^N \alpha_i S_i}$$

❖ *PROPAGACIÓN DEL SONIDO EN ESPACIO REVERBERANTE*

Cuando una fuente sonora radia en el interior de un recinto cerrado cuyas paredes son parcialmente reflectantes, al oído llega en primer lugar el sonido directo procedente de la fuente y, tras un tiempo de retardo inicial, llegan las reflexiones que se producen en las paredes, techo, suelo y demás objetos del recinto.

En las proximidades de la fuente, la magnitud de estas reflexiones en comparación con la intensidad del sonido directo es prácticamente despreciable. Si la proximidad es aún mayor sucede que las ondas ni siquiera son esféricas, sino que tienen una forma parecida a la de la fuente sonora.

Al aire libre, es decir, en ausencia de reflexiones, podemos diferenciar dos zonas en las que las características del sonido son diferentes:

- *Campo próximo*: es el situado a pocos centímetros de la fuente sonora. En esta zona no son aplicables la mayoría de las leyes de propagación del sonido, ya que las ondas no son esféricas.
- *Campo lejano*: se considera campo lejano el situado a más de 1 metro de la fuente. En esta zona se cumple que el nivel de presión sonora se reduce en 6 dB cada vez que se duplica la distancia a la fuente.

Al situar la fuente en el interior de un recinto, distinguiremos otras dos zonas:

- *Campo directo*: aquel en el que las condiciones de propagación se asemejan a las del campo libre, es decir, la atenuación es de 6dB al doblar la distancia.
- *Campo reverberante*: la influencia de las reflexiones hace que se pierdan las características de atenuación con la distancia del campo directo. Si el recinto es muy reverberante, desaparecerá por completo el campo lejano de la fuente.

Lo deseable en todo recinto en el que se pretenda una cierta calidad acústica, es que el campo reverberante sea difuso, es decir, que la distribución de energía sea homogénea en todo el recinto.

Para conseguir campo difuso es importante evitar superficies cóncavas que concentren el sonido en puntos determinados. Las superficies convexas distribuyen el sonido y, por tanto, contribuyan a la creación de un campo difuso.

A simple vista, puede considerarse que la calidad acústica de un recinto depende principalmente del tiempo de reverberación, pero hay otros factores determinantes.

Sin embargo, un recinto con un determinado tiempo de reverberación puede ser bueno para algunos usos y péjimo para otros. Como ejemplo, podemos pensar en la acústica de una iglesia. Sin duda, el elevado tiempo de reverberación es ideal para la música coral y de órgano, pero si se pretende dar una conferencia en una iglesia encontraremos que el excesivo tiempo de reverberación hace que la palabra sea casi ininteligible. Es imprescindible usar refuerzo sonoro.

El tiempo de reverberación óptimo depende de varios factores, tales como el volumen del recinto, el tipo de fuente sonora, la naturaleza de la obra musical e, incluso, de la frecuencia. Si el recinto va a ser destinado a la escucha de la palabra el T_{op} deberá ser bajo para evitar que las sílabas se confundan unas con otras. De esta

forma se mejora la inteligibilidad. Si se va a destinar el recinto para audición de música, un tiempo de reverberación demasiado bajo puede producir confusión; es más agradable una ligera superposición entre notas consecutivas.

Otro factor a tener en cuenta es lo que espera escuchar el oyente. Tradicionalmente estamos acostumbrados a que el tiempo de reverberación en recintos de gran volumen sea más elevado que en recintos más pequeños. Si no ocurriera así, la sensación no sería agradable, sea cual sea el tipo de música que se desea escuchar o cualquiera otra finalidad del recinto.

Vamos a tratar a continuación las diferentes condiciones que ha de tener la sala, según sea para la palabra o para la música.

• **Tiempo óptimo de reverberación para la palabra**

El factor más importante a tener en cuenta es la **inteligibilidad**. Esta viene determinada por la **pronunciación índice**, que se define como el porcentaje de sílabas correctamente entendidas del total de las pronunciadas. Aunque la mejor forma de obtener este índice es la empírica, una buena aproximación viene dada por la siguiente expresión (en la que se parte de que el porcentaje de sílabas bien entendidas nunca será superior al 96%):

$$P_i = 96 \cdot k_L \cdot k_T \cdot k_N \cdot k_S (\%)$$

donde k_L , k_T , k_N , k_S dependen, respectivamente, del nivel sonoro, del tiempo de reverberación, del nivel de ruido y de la forma y dimensiones del recinto.

Considerando un recinto rectangular de dimensiones regulares en el que el ruido de fondo sea muy bajo, podemos aproximar los coeficientes k_N y k_S a la unidad, con lo que la expresión anterior queda:

$$P_i = 96 \cdot k_L \cdot k_T (\%)$$

• **Tiempo óptimo de reverberación para la música**

Si el recinto va a ser destinado a la música, el tiempo óptimo de reverberación depende tanto del volumen como del tipo de música que se va a oír. La siguiente figura indica el tiempo óptimo de reverberación para una frecuencia de 500 Hz según distintos tipos de música y en función del volumen del recinto.

El tiempo de reverberación no es el único factor determinante de la calidad acústica de un recinto destinado a sala de conciertos. Beranek (2008) realizó un

amplio estudio contando con la ayuda y asesoramiento de técnicos, músicos y críticos, y llegó a definir una escala basada en 18 atributos que permitía dar una puntuación a la calidad acústica de una sala. Algunos de ellos son: brillantez, intensidad del sonido directo y reverberante, difusión, balance, etc.

• **Materiales**

Lo que hemos visto en apartados anteriores es que la frecuencia del sonido en general va a ser baja y por ello, para conseguir una buena absorción del sonido sin que merme el resultado final y para no tener que emplear gresores exagerados se utilizan sistemas formados por paneles absorbentes alineados en la dirección de la propagación. Para mejorar su efectividad dichos paneles contienen una lámina de gran masa que actúa de barrera antirretorno. Se construye una triple pared de densidad creciente: madera, lámina de alta densidad y una placa de yeso que mejora la adaptación de impedancias antes de llegar al muro estructural (Carrión, 1998)

En el suelo se colocará uno de tipo flotante formado por dos capas de madera de alta densidad con lámina intermedia, y sobre el nuevo suelo se instala un parquet sintético flotante de alta resistencia. El techo se cubre primeramente con una manta eficaz contra el ruido de impacto. El techo flotante se realiza con placas de yeso soportadas por una estructura suspendida con soportes elásticos aislantes. Entre ambos techos se instala una manta de fibra de vidrio.

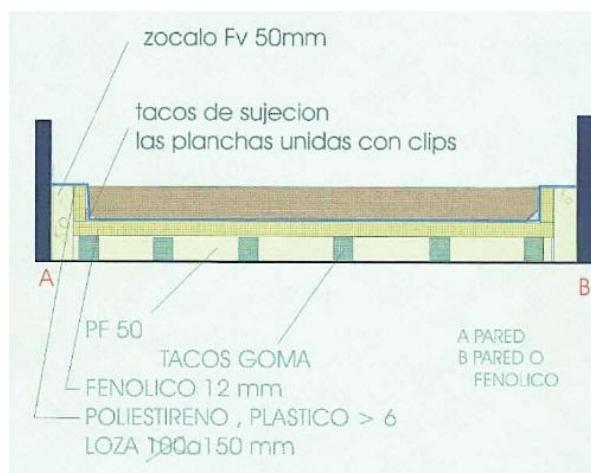


Figura 16. Sección constructiva del techo de una sala de concierto.

• **Difusión acústica**

Se trata del efecto de redistribuir espacialmente la energía acústica sobre una superficie denominada “difusor”. Se obtiene con sólo colocar superficies con diferentes coeficientes de absorción una al lado de otra o con la colocación de elementos expresamente diseñados para dispersar de forma uniforme y en múltiples direcciones la energía sonora que incide sobre los mismos.

Aunque no lo parezca estos difusores puedes encontrarse en cualquier instalación. Los beneficios son muchos, tanto sobre intérpretes como espectadores:

- Sobre los intérpretes: todos se oirán apropiadamente debido a que el sonido puede distribuirse de forma correcta dentro del recinto, llevando al mínimo las causas de estrés o cansancio auditivo por no tener que utilizar los altos niveles sonoros y por no sentirse los mismos en un ambiente “sordo”.
- Sobre los espectadores: éstos percibirán una “imagen” sonora de mucha mayor especialidad y envolvimiento debido a que los recintos aportarán una mejora al sonido reproducido en ellos, teniendo entonces una mejor utilización y disfrute de la sensación sonora y un complemento perfecto a la sensación visual.

Todos estos métodos son realizados desde mediados del siglo XX, si bien es interesante acabar con una construcción “accidental” de difusores acústicos, pero curiosamente en el siglo IV antes de Cristo. Los romanos y griegos ya utilizaban en sus teatros esta aplicación acústica, aunque se piensa que surgió sin intención.

En el teatro griego de Epidauro (analizado anteriormente), cuando fueron colocados las piedras de las gradas no podrían ni imaginarse que estaban construyendo un sofisticado filtro acústico: casi nadie pensaba que fueran los asientos el secreto de tal éxito. Se elaboraron teorías señalando que el viento del lugar (que fluye principalmente desde el escenario hacia la audiencia) era la causa.

Otros sospecharon que las máscaras usadas por los actores podían haber actuado como altavoces. Incluso se especuló con que podía deberse a la cadencia de dicción propia del griego antiguo. Así mismo, teorías más técnicas tomaron en cuenta la pendiente de las filas de los asientos.

Tales estudios analizan que las gradas del teatro son importantes en la acústica, al menos cuando el teatro no está totalmente lleno de espectadores. Los

asientos, que constituyen una superficie acanalada, sirven como un filtro acústico que transmite el sonido que viene del escenario a altas frecuencias.

Las gradas proporcionan un efecto difusor, suprimiendo el sonido de frecuencia baja, el componente principal del ruido de fondo, y rompiendo las bajas frecuencias de las voces. Además, las filas de los asientos de piedra, reflejan las altas frecuencias hacia atrás, hacia las audiencias, realzando el sonido. Esto hace, que los espectadores situados a 70 metros de distancia de los actores puedan escuchar perfectamente las actuaciones.

3.2.- MATERIALES Y MÉTODOS

Vista toda la fundamentación teórica, en la que hemos querido profundizar para no dejar ningún posible resquicio que pueda llevar a confusión, pasaremos a indicar lo realizado en el apartado más empírico de nuestra investigación. Se ha realizado un cuestionario a tres grupos de 3º de ESO del centro La Sagrada Familia, situado en Cartagena (Murcia), teniendo en total 76 muestras.

Dicho cuestionario se ha elaborado de manera que los alumnos nos otorgasen su visión acerca de la relación existente entre la música y las materias particularmente científicas, la importancia que para ellos tiene la música en su formación, y si consideran que podría ser interesante incluir más actividades comunes entre dichas materias.

A continuación, reflejamos el cuestionario realizado:

- 1.- Además de estudiar música en el colegio, ¿realizas otros estudios extraescolares?
- 2.- ¿Tienes pensado hacia dónde quieres guiar tu futuro? (Trabajar, seguir estudiando, etc.) ¿Has considerado alguna profesión en concreto?
- 3.- ¿Crees que la materia de Música es importante o relevante para tu futuro? ¿Por qué?
- 4.- ¿Qué echas de menos en la materia de música para que te produzca un mayor interés?
- 5.- ¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como las matemáticas? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?

6.- ¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como física? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?

7.- ¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como dibujo técnico? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?

8.- ¿Te gustaría que las actividades que se realizan en clase tuvieran relación con las matemáticas, la física y el dibujo técnico? ¿Con cuál de ellas prefieres?

Por otro lado, se realizaron tres entrevistas a diversos profesores de distintas especialidades. Con las preguntas planteadas se quería comprobar la visión que los docentes tenían para con el tema tratado, y valorar si realmente la inclusión de otras temáticas en la materia de música relacionada con sus asignaturas supone una innovación en su manera de proceder habitual.

Las preguntas realizadas a los distintos tipos de docentes únicamente variarán según si el entrevistado es la profesora de música (preguntas 4 y 5) o el resto de profesionales. A continuación, reflejamos las preguntas realizadas:

1.- ¿Cómo entiende que es el nivel adquirido por los alumnos del curso de 3º de ESO?

2.- ¿Qué grado de interés considera que tienen los alumnos para con su materia?

3.- ¿Qué piensa acerca de la transversalidad entre las distintas materias científicas (Matemáticas, Física, Dibujo Técnico) y la Música? ¿A qué nivel cree que se ha desarrollado la relación entre dichas materias?

4.- ¿Con qué aspecto o aspectos concretos cree que se relaciona su materia con la de Música? / ¿Con qué aspecto o aspectos concretos cree que se relaciona su materia con el resto de materias científicas?

5.- ¿Cree que incluyendo y haciendo hincapié a rasgos musicales de su materia, los alumnos podrán aumentar su motivación hacia su asignatura? / Tras los cuestionarios realizados, ¿cree que incluyendo y haciendo hincapié a rasgos científicos de su materia, los alumnos podrán aumentar su motivación hacia la asignatura, puesto que la verán más útil para su futuro?

6.- ¿Qué relación tiene con los demás profesores de 3º de ESO? ¿Suelen poner en común asiduamente las técnicas de trabajo realizadas con los alumnos?

En el anexo se han transcritos algunos cuestionarios y entrevistas significativas (Anexos 4 y 5).

3.3.- RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.3.1.- Cuestionarios

El análisis de los resultados de los cuestionarios realizados ha sido estructurado según diversos apartados, expresados dichos resultados en %:

- **Realización de actividades extraescolares.**

Por lo general nos encontramos con actividades más físicas, como pueda ser baile, danza, gimnasia, etc. En definitiva, tenemos un porcentaje muy bajo de alumnos que sigan en contacto con el aprendizaje musical fuera del aula.

1: Nada; 2: Música; 3: Inglés; 4: Baile; 5: Deporte.



Figura 17. Gráfico de las actividades extraescolares realizadas.

- **Futuro profesional y relación de la música con ese futuro.**

En este apartado observamos que la música no está entre una de sus opciones a elegir en un futuro, aunque consideran que sí es importante en una media aproximada. El futuro profesional en general lo dirigen hacia carreras de la rama de ciencias.

1: Arquitectura; 2: Medicina; 3: Derecho; 4: Magisterio; 5: Ingeniería;

6: Biología; 7: Idiomas; 8: Veterinaria; 9: Otros; 10: Aún no sabe.

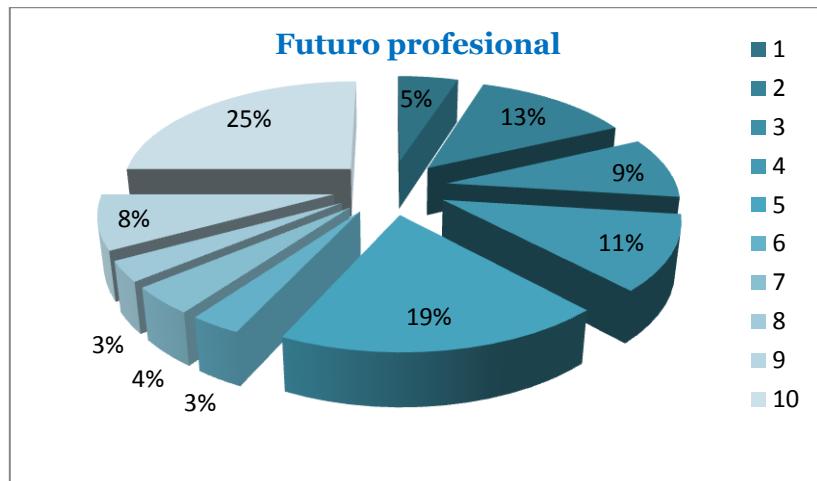


Figura 18. Gráfico del futuro profesional deseado.

- **Qué echan en falta en las clases para mayor interés.**

En tanto un mayor interés para con la asignatura, observamos que los discentes se encuentran conformes con el proceder de la misma, aunque echan de menos una visión más práctica de la materia (tocar instrumentos, actividades prácticas, etc.).

1: Tocar instrumentos; 2: Escuchar audiciones; 3: Música actual; 4: Nada.

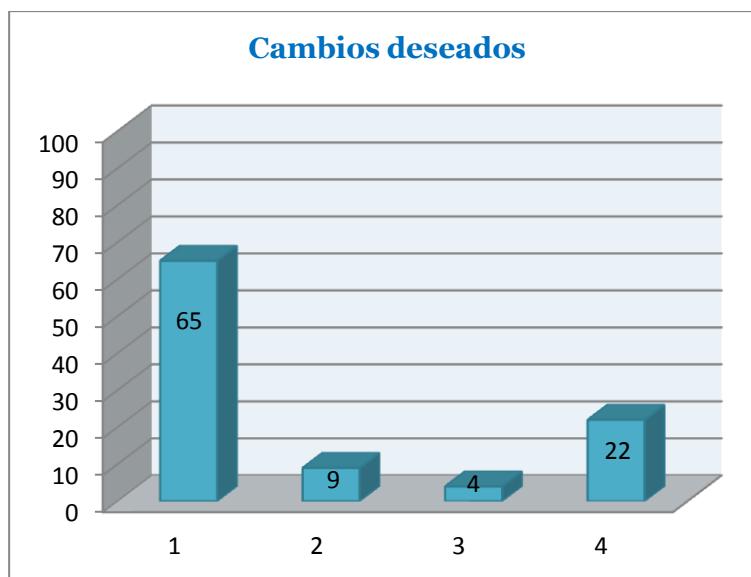


Figura 19. Gráfico de las posibles mejoras en el aula.

- **Relación de Música con Matemáticas, Física y Dibujo Técnico.**

Para estas cuestiones hemos visto un total desconocimiento por parte del alumnado de las posibles relaciones entre la música y las materias más científicas. De forma general los alumnos no ven relación alguna. Consideran que si en verdad existiera dicha conexión, ésta sería con las Matemáticas (en tanto la división de la figuración en partes iguales) o con el Dibujo Técnico (cuando tienen que “dibujar” las notas, lo que hace denotar que no conciben la escritura pautada como tal). Todo esto nos servirá como punto de inflexión para mostrar la conexión que hasta ahora desconocen y animar a los estudiantes a su disfrute.

1: Matemáticas; 2: Física; 3: Dibujo Técnico; 4: Ninguna.



Figura 20. Gráfico de las relaciones entre la música y las demás materias tratadas.

- **Materia preferida para realizar una actividad relacionada con la materia de música.**

En este caso, los alumnos se niegan a que los contenidos tengan algún carácter más científico, y, en el caso de tener que elegir, preferirían que fuese con la materia de dibujo técnico, la cual ven más fácil.

1: Matemáticas; 2: Física; 3: Dibujo Técnico; 4: Ninguna.



Figura 21. Gráfico de la materia preferida para realizar una actividad.

3.3.2.- Entrevistas

Los resultados que hemos obtenido de las entrevistas realizadas a los docentes sacan a la luz la falta de tratamiento de la transversalidad de conocimientos entre las distintas materias del currículo.

En general, los resultados y el nivel adquirido por el alumnado son aceptables, aunque echan en falta un mayor interés hacia la materia más allá de la búsqueda del aprobado, una iniciativa por aprender más que por aprobar.

Además, los entrevistados también consideran que esta relación entre música y ciencia puede ser interesante, puesto que puede ser provechoso para el alumnado. Aún así, entienden que para que esta relación se produzca se debería modificar el currículo de su materia, o bien aumentar el número de horas y de personal docente, ya que entienden que sería mayor trabajo a realizar.

Uno de los puntos que más repercusión tendrán en el desarrollo del trabajo tiene que ver con una reflexión realizada por la profesora de música: al consultarle acerca de la posible inclusión de rasgos científicos en su materia, ella aprobaba la idea, mas consideraba que quizás dificultaría el proceder en los contenidos. Por ello, al diseñar las posibles actividades contemplaremos como factor a tener en cuenta la facilidad y amenidad de las mismas, para que los alumnos se motiven con su realización y aumenten su interés por conocer aspectos adyacentes a los explicados.

4.- PROPUESTA PRÁCTICA

Para nuestra propuesta práctica diseñaremos una serie de actividades en la que los alumnos puedan comprobar la relación que existe entre la materia de música y las demás materias planteadas, primero desde un punto de vista más lúdico para posteriormente plantear un ejercicio más formal. Finalmente, y a modo de conclusión de este apartado científico realizado en el aula, se expondrá a los alumnos imágenes y gráficos del auditorio de Cartagena “El Batel”, con las que visualicen lo aprendido a lo largo de este período.

❖ MÚSICA Y MATEMÁTICAS

Como en las encuestas realizadas por lo general los alumnos sí consideraban que existía una conexión entre la música y las matemáticas, plantearemos directamente una actividad de composición, en la cual los alumnos pongan en práctica lo explicado en tanto las series dodecafónicas.

Pondremos al alumno en contacto con la figura de Arnold Schoenberg y su Suite op. 25, en la que nos facilita un claro ejemplo de composición dodecafónica, en la cual trabaja, además de con la serie anteriormente descrita, con las técnicas compositivas de retrogradación, inversión e inversión retrógrada. La serie estaría formada por las siguientes notas:

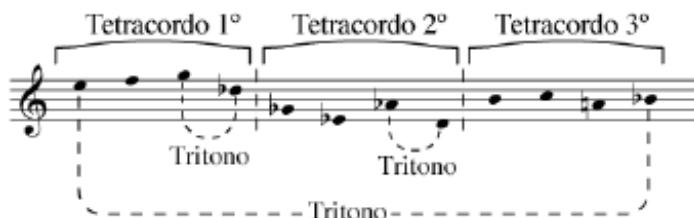


Figura 22. Serie planteada por Schoenberg para su Suite op. 25.

Esta sería la serie original y, basándose en los métodos derivativos de la misma, se consigue otra cantidad de series, las cuales podemos ver en el siguiente cuadro:

	I0	I1	I3	I9	I2	I11	I4	I10	I7	I8	I5	I6	
O0	E	F	G	Db	Gb	Eb	Ab	D	B	C	A	Bb	R0
O11	Eb	E	Gb	C	F	D	G	Db	Bb	B	Ab	A	R11
O9	Db	D	E	Bb	Eb	C	F	B	Ab	A	Gb	G	R9
O3	G	Ab	Bb	E	A	Gb	B	F	D	Eb	C	Db	R3
O0	D	Eb	F	B	E	Db	Gb	C	A	Bb	G	Ab	R0
O1	F	Gb	Ab	D	G	E	A	Eb	C	Db	Bb	B	R1
O8	C	Db	Eb	A	D	B	E	Bb	G	Ab	F	Gb	R8
O2	Gb	G	A	Eb	Ab	F	Bb	E	Db	D	B	C	R2
O5	A	Bb	C	Gb	B	Ab	Db	G	E	F	D	Eb	R5
O4	Ab	A	B	F	Bb	G	C	Gb	Eb	E	Db	D	R4
O7	B	C	D	Ab	Db	Bb	Eb	A	Gb	G	E	F	R7
O6	Bb	B	Db	G	C	A	D	Ab	F	Gb	Eb	E	R6
	IR0	IR1	IR3	IR9	IR2	IR11	IR4	IR10	IR7	IR8	IR5	IR6	

Figura 23. Inversiones y retrogradaciones obtenidas de la serie original.

En los laterales del cuadro observamos el nombre con el que se denomina a cada una de las series surgidas, tanto inversas como retrógradas y retrógradas invertidas. Esta representación se puede realizar también de forma circular.

Con esto propondremos a los alumnos que realicen su propia composición, bien siguiendo las series planteadas por Schoenberg, o creando su propia serie y sus respectivas inversiones y retrogradaciones para posteriormente proceder a la composición de su propia obra. Se les facilitará papel pautado.

❖ MÚSICA Y FÍSICA

Consideramos que este apartado tiene una relación muy estrecha con el campo de la arquitectura, y por tanto con el dibujo técnico. Aun así, creemos interesante plantear una actividad en la que el alumno pueda ver de forma tangible los efectos de las ondas en una cuerda.

Para ello, primeramente serán explicados los conceptos básicos concernientes a las ondas de forma muy esquemática (amplitud, longitud de onda, etc.). A continuación, dispondremos de una cuerda de guitarra (lo más gruesa posible para evitar heridas), la cual estará sujetada en uno de sus extremos: el alumno golpeará la cuerda, que estará más o menos tensa según su criterio, para comprobar cómo

influye esta circunstancia en la percepción sonora que tendremos tras el agite de la cuerda, así como de su frecuencia de vibración, su amplitud, etc.

Esta actividad se complementará con el aprendizaje de la herramienta de sonido “Audacity”. Este programa permite tanto grabar audio en vivo como copiar y unir sonidos, además de cambiar la velocidad y el tono de una grabación. Con su inclusión en la actividad, el alumno podrá ver de forma más latente la gráfica que produce una onda determinada, según su timbre, intensidad, etc. (UNIR, 2013, “Recursos didácticos”, tema 5).

Tras una sesión básica de explicación, se planteará un trabajo por grupos en la que los alumnos graben con medios informáticos una obra musical interpretada por ellos (pueden incluso utilizar la composición realizada anteriormente, y con el instrumento que ellos elijan), para posteriormente retocarla con este programa de gestión de datos. (Figura ejemplificativa en anexo 4).

❖ MÚSICA Y DIBUJO TÉCNICO (ARQUITECTURA)

La música y el dibujo técnico están muy ligados al campo de la arquitectura, y con ello, como se ha explicado anteriormente, con el de la acústica.

Plantearemos primeramente una actividad más visual de la relación entre materias, como será la comprobación de simetría en el sello personal que J. S. Bach diseñó para sí mismo: esto indica que la simetría estaba muy presente en su vida.

Es como un juego simbólico visual con tres partes fundamentales: la corona, que representa a Dios; las tres iniciales de su nombre (JSB), que aparecen en su imagen normal y especular; y, combinando la J de una simetría con la S de la otra forma la letra χ, que representa la cruz, y es la inicial de “Cristo” en griego. Esta situación aparece en las dos simetrías y por tercera vez combinando las dos S.

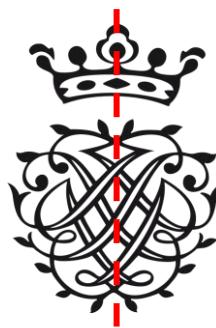


Figura 24. Sello personal de J. S. Bach.

Tras esta demostración plantearemos al alumnado que intenten realizar su propio sello personal, teniendo en cuenta la característica de simetría. Esta actividad será de corta duración puesto que no es puramente musical: con ella lo que queremos es captar la atención del alumno para que se sienta involucrado con la materia que estamos explicando.

Posteriormente, y tras la explicación de la materia más teórica que hemos tratado en el marco teórico, se plantearán dos actividades prácticas.

Por un lado, nos detendremos en la composición de los materiales para una mejor transmisión del sonido: los alumnos cantarán una canción en un aula con una moqueta gruesa tanto en suelo como en paredes, para a continuación realizar ese mismo canto en un aula en la que los paramentos sean de madera o semejante. De este modo, los estudiantes comprobarán de forma empírica cómo influyen los materiales de los que está compuesta una sala de conciertos.

Por otro lado, y para finalizar las actividades de este marco, se realizará una actividad fuera del aula. La proximidad existente en Cartagena entre el Teatro Romano y el auditorio “El Batel” nos permitirá plantear una excursión didáctica en la que los alumnos vean los avances constructivos de 2000 años. En el aula ordinaria serán explicados los conceptos básicos que se deseen, tanto del teatro como del auditorio, para posteriormente en la visita mostrar al alumno las características vistas en clase.



Figura 25. Imágenes representativas de los lugares a visitar.

Consideramos que no hay mejor aprendizaje que el que se realiza de forma empírica; por ello será muy importante que la mayor carga lectiva que tenga nuestra explicación y desarrollo sea de forma práctica.

5.- CONCLUSIONES

A lo largo de estas páginas hemos procurado obtener información acerca de la relación existente entre la música y las materias eminentemente científicas, como serían las matemáticas, la física y el dibujo técnico.

En nuestra investigación se han visto cumplidos los objetivos planteados en un primer momento. Tras elaborar la fundamentación teórica, así como realizar las encuestas a los discentes y crear la propuesta práctica, nos encontramos en disposición de enunciar estas conclusiones, las cuales relacionaremos con los objetivos inicialmente enunciados.

El objetivo general planteaba “comprobar que el aprendizaje realizado en la materia de Música se puede extraer y aplicar en otras materias como Matemáticas, Física y Dibujo Técnico, para mostrar al alumnado la importancia de la misma y otorgarle un valor perdido en la actualidad”. Tal objetivo se ha conseguido mediante la puesta en práctica de algunas de las actividades planteadas, y observar la respuesta y el grado de implicación del alumnado. Los estudiantes han podido comprobar que realmente existe una relación latente entre música y ciencia, y que la materia de música puede tener una función más allá de la imaginada en un primer momento.

En tanto los objetivos específicos, el primero indicaba “analizar la relación que ha existido a lo largo de la historia entre la Música y la rama científica del conocimiento”. Esto se ha logrado gracias a la realización de toda la investigación mostrada en la fundamentación teórica. Realmente, algunos de los contenidos analizados han servido para ponernos en situación con el tema y no dejar ningún posible hueco a analizar. Tal amplitud ha sido positiva puesto que nos ha mostrado, además de gran cantidad de conceptos teóricos, muchas curiosidades que poder poner en conocimiento del alumnado, e incluso ser el germen de una posible investigación futura.

El segundo apostaba por “evaluar el estado actual de la transversalidad entre materias en los centros educativos, en concreto en el que han sido realizadas las prácticas”. Este aspecto se ha analizado con los cuestionarios realizados a los alumnos de 3º de ESO, además de las entrevistas realizadas a los profesores, lo cual ha sacado a la luz la nula transversalidad entre las materias tratadas: los profesores se han preocupado por tratarlo, y por tanto los alumnos no son conscientes de que

exista una relación demasiado latente entre las materias. Con esta circunstancia consideramos que la línea de trabajo realizada ha sido provechosa para profundizar en un tema poco investigado hasta la actualidad en el marco educativo.

Ya con el tercero, planteábamos “diseñar una serie de actividades para los alumnos de 3º de la ESO en la que pongan en relación la música con otras materias del currículo”. Se han desarrollado una serie de actividades sencillas que los alumnos sean capaces de realizar fácilmente. Esto ha demostrado que el escaso interés que los alumnos tenían acerca de que la materia de música contuviese rasgos científicos se debía al desconocimiento de los mismos por la parte más curiosa y divertida de la ciencia, que en multitud de ocasiones se relaciona directamente con la música.

Finalmente, quisimos “realizar una exposición en la que se analice la acústica del auditorio y centro de congresos “El Batel” de Cartagena, de modo que los alumnos puedan aplicar los contenidos explicados en el aula con un ejemplo cercano”. Esto se ha conseguido con una actividad en la que se ha planteado la controversia entre los teatros romanos y los nuevos auditorios, gracias a la existencia de ambos en la localidad de origen (Cartagena), acabando por mostrar que, aún pasando gran cantidad de años y multitud de avances técnicos, desde siempre se ha buscado que la música adquiera importancia, para lo cual necesitaba apoyarse en la ciencia, en la arquitectura, para proyectarse del mejor modo posible.

En definitiva, consideramos que gracias a la investigación realizada hemos podido devolver a la música la importancia que tenía en sus orígenes, demostrando al alumnado que, en contra de lo que pudieran pensar, la materia de música puede serles útil para su futuro, ya esté ligado directa o indirectamente con ella.

6.- LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

Todos los estudios e investigaciones que adentren dentro del trabajo con los estudiantes de Educación Secundaria, que investiguen las técnicas y recursos que mejor se adaptan al alumnado, son necesarios. En nuestro caso, hemos querido remarcar la importancia de la integración de la música en las demás materias, demostrando al alumno la responsabilidad que tienen para con la asignatura y que en muchas ocasiones se había perdido.

Aún con todo el desarrollo propuesto, proponemos las siguientes líneas de investigación a realizar:

- Profundizar aún más si cabe en la investigación científico-musical realizada, para poder mostrar al alumnado posibles relaciones un tanto ocultas y no contempladas en el desarrollo del trabajo.
- Poner en práctica las actividades planteadas para el curso de 3º de ESO, en la medida de lo posible en varios grupos para comprobar su eficacia y tener más datos que sirvan de referencia para la modificación y mejora de las mismas.
- Aumentar el interés del alumnado para con esta relación entre materias, graduando progresivamente la dificultad de las actividades, planteando primeramente algunas más sencillas, para posteriormente realizar otras más complejas que permitan al alumno profundizar en tales contenidos transversales.
- Comprobar si gracias a esta nueva visión que se ha dado a la materia, los alumnos han sido capaces de aplicar los conocimientos musicales adquiridos en las otras materias científicas, y si dicha aplicación ha tenido efectos positivos.
- Analizar si con esta integración y transversalidad entre materias, el contacto entre los docentes de las mismas se ha visto mejorado, o por el contrario se ha producido un cierto recelo entre ellos por miedo a una posible invasión de sus competencias.

7.- BIBLIOGRAFÍA

7.1.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arbonés, J. y Milrud, P. (2011). *La armonía es numérica. Música y matemáticas*. Barcelona: RBA.
- Balsera, F. J. y Gallego, D. (2010). *Inteligencia emocional y enseñanza de la música*. Barcelona: DINSIC Publicacions Musicals.
- Beranek, L. L. (2008). Concert Hall Acoustic. *Audio Engineering Society*, 56, 532-544. Recuperado el 19 de noviembre de 2013 de <http://www.slideshare.net/AdolfoPerez6/beranek-l-2008-concert-halls-acoustics>.
- Carrión Isbert, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona: Edicions UPC.
- Chías, P. y De Blas, F. (2010). *Música y arquitectura: espacios y paisajes sonoros*. Universidad Politécnica de Madrid. Material no publicado. Recuperado el 7 de diciembre de 2013 de <http://ocw.upm.es/expresion-grafica-arquitectonica/musica-y-arquitectura-espacios-y-paisajes-sonoros/contenidos/material-de-clase/t-1.pdf>
- De Blas, F. (2009). *Tema 1: La música, la palabra y la arquitectura*. Universidad Politécnica de Madrid. Material no publicado. Recuperado el 8 de diciembre de 2013 de <http://ocw.upm.es/expresion-grafica-arquitectonica/musica-y-arquitectura-espacios-y-paisajes-sonoros/contenidos/material-de-clase/t-4.pdf>
- Decreto 291/2007, de 14 de septiembre, por el que se establece el *currículo de la Educación secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*. Boletín Oficial de la Región de Murcia, 221, de 24 de septiembre de 2007.
- Fubini, E. (2005). *La estética musical desde la antigüedad hasta el siglo XX*. Madrid: Alianza Editorial.
- Tipler, P. A. (2001). *Física para la ciencia y la tecnología*. Barcelona: Reverté.

- Universidad Internacional de La Rioja (2013). *Recursos didácticos de la especialidad de música. Tema 5: Educación musical e Internet*. Material no publicado
- Universidad de Murcia (2011). *La física de la música. Bloque 5: Acústica arquitectónica*. Material no publicado.

7.2.- BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Arau, H. (2009). *Informe técnico del Auditorio El Batel, Cartagena*. Material no publicado.
- Douglas, H. (1999). *Gödel, Escher, Bach: un eterno y grácil bucle (una eterna trenza dorada)*. Basic Books.
- Calvo-Manzano, A. (2002). *Acústica físico-musical*. Madrid: Real Musical.
- Morgan, R. (1994). *La música del siglo XX*. Madrid: Akal.
- Pérez, M. A. (2009). *Integración del conocimiento de la música:una perspectiva didáctica constructivista*. Universidad de Caldas, Manizales. Recuperado el 10 de diciembre de 2013 de [http://latinoamericana.ucaldas.edu.co/downloads/Latinoamericana5\(1\)_7.pdf](http://latinoamericana.ucaldas.edu.co/downloads/Latinoamericana5(1)_7.pdf).

8.- ANEXOS.

- ❖ Anexo 1. Composición de W. A. Mozart.

The Mirror – Duett für zwei Violinen – Der Spiegel

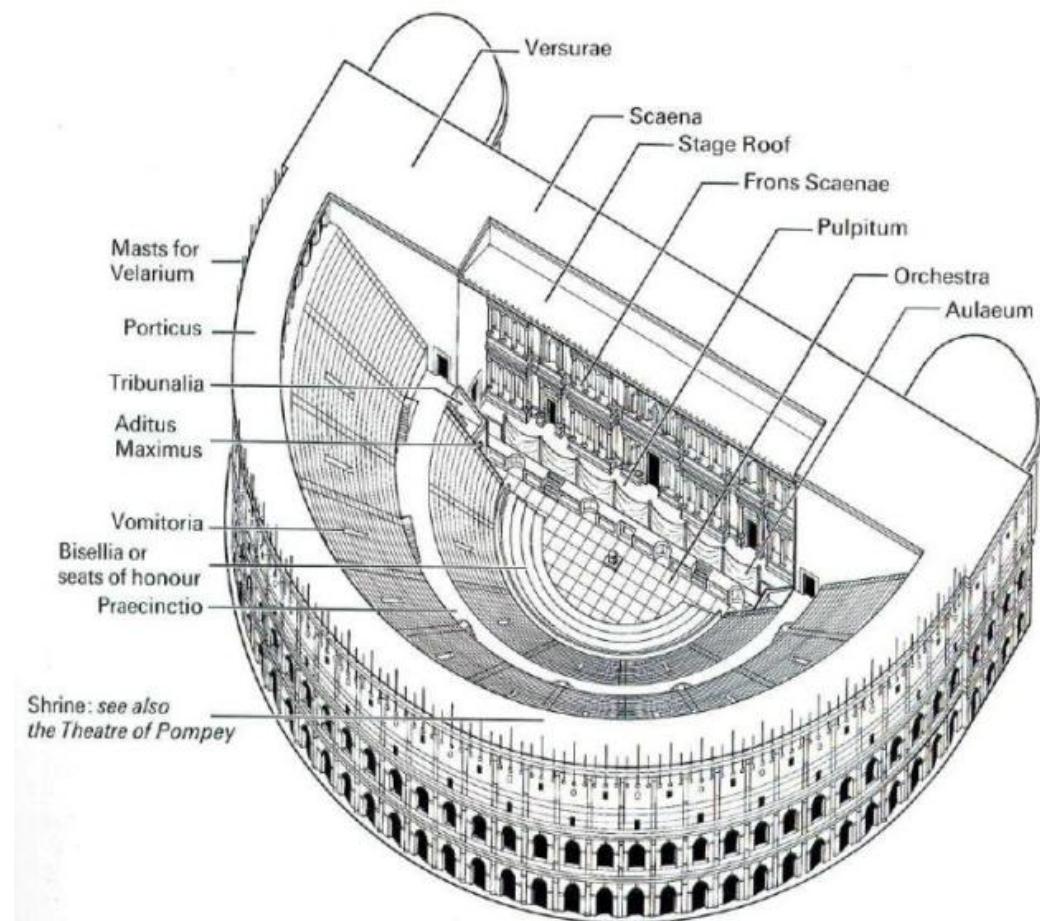
Allegro

W.A. Mozart (1756-1791)

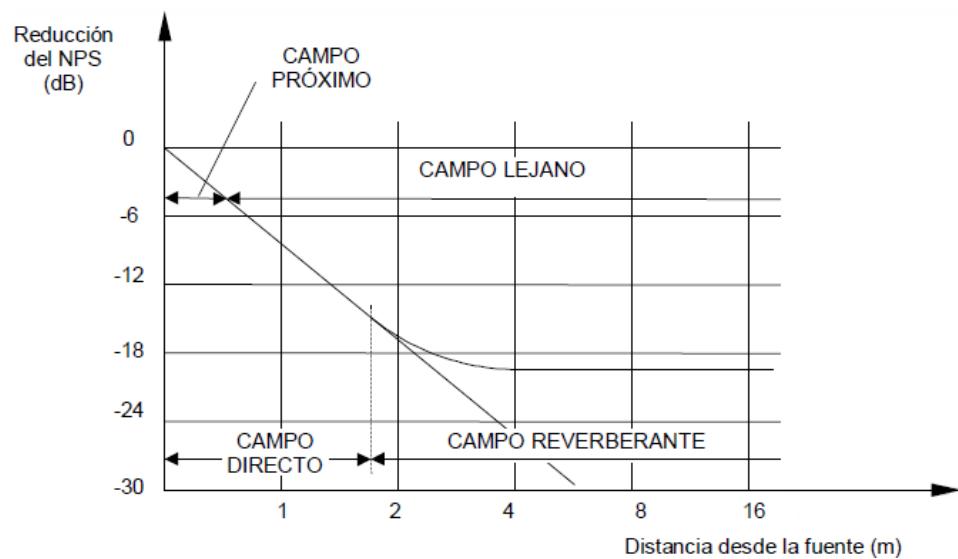
Allegro

W.A. Mozart (1756-1791)

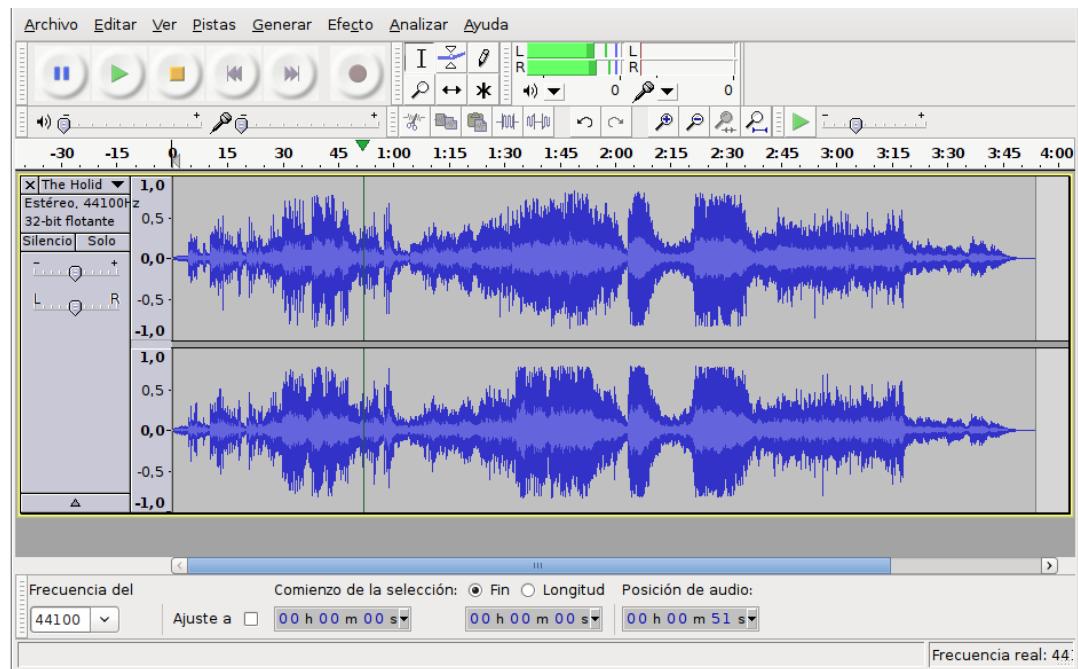
- ❖ Anexo 2. Partes que componen un teatro romano.



- ❖ Anexo 3. Propagación del sonido en espacio reverberante. Tipos de campos.



- ❖ Anexo 4. Ejemplo del funcionamiento de Audacity.



❖ Anexo 5. Ejemplos de cuestionarios realizados.

➤ EJEMPLO DE CUESTIONARIO 1.

- **Además de estudiar música en el colegio, ¿realizas otros estudios extraescolares?**

No, pero estoy pensando en apuntarme a inglés.

- **¿Tienes pensado hacia dónde quieres guiar tu futuro? (Trabajar, seguir estudiando, etc.) ¿Has considerado alguna profesión en concreto?**

Seguir estudiando en la universidad y sacar una carrera.

Una profesión en concreto no, pero quiero hacer algo de idiomas.

- **¿Crees que la materia de Música es importante o relevante para tu futuro? ¿Por qué?**

Más o menos, No creo que la vaya a utilizar mucho, pero es útil aprender cultural general, porque nunca se sabe.

- **¿Qué echas de menos en la materia de música para que te produzca un mayor interés?**

Más práctica y menos teoría e historia.

- **¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como las matemáticas? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?**

Sí, en las matemáticas por los tiempos (1.2, 1:5, etc.), la suma de pulsos, etc.

- **¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como física? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?**

Sí, por el proceso del sonido.

- **¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como dibujo técnico? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?**

Sí, al dibujar los pentagramas y figuras.

- **¿Te gustaría que las actividades que se realizan en clase tuvieran relación con las matemáticas, la física y el dibujo técnico? ¿Con cuál de ellas prefieres?**

No, sólo con dibujo técnico. No me gustan las ciencias.

➤ EJEMPLO DE CUESTIONARIO 2.

-
- **Además de estudiar música en el colegio, ¿realizas otros estudios extraescolares?**

Sí, robótica.

- **¿Tienes pensado hacia dónde quieres guiar tu futuro? (Trabajar, seguir estudiando, etc.) ¿Has considerado alguna profesión en concreto?**

Seguiré estudiando en la universidad, seguramente electrónica.

- **¿Crees que la materia de Música es importante o relevante para tu futuro? ¿Por qué?**

No es muy importante porque por ejemplo nadie te va a preguntar quién era Josquin Desprez ni nada de eso.

- **¿Qué echas de menos en la materia de música para que te produzca un mayor interés?**

Los pentagramas con su música, la práctica. Hay demasiada historia.

- **¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como las matemáticas? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?**

Sí, la métrica por ejemplo.

- **¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como física? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?**

Sí, por ejemplo cuando tensas una cuerda suena más agudo.

- **¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como dibujo técnico? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?**

No.

- **¿Te gustaría que las actividades que se realizan en clase tuvieran relación con las matemáticas, la física y el dibujo técnico? ¿Con cuál de ellas prefieres?**

Sí, matemáticas y física.

➤ EJEMPLO DE CUESTIONARIO 3.

- **Además de estudiar música en el colegio, ¿realizas otros estudios extraescolares?**

Academia.

- **¿Tienes pensado hacia dónde quieres guiar tu futuro? (Trabajar, seguir estudiando, etc.) ¿Has considerado alguna profesión en concreto?**

A ver, yo tengo unas carreras pensadas: son magisterio, periodismo, psicología y trabajo social.

Pienso que son unas carreras muy bonitas pero no creo que vaya a poder hacerlas por falta de dinero.

- **¿Crees que la materia de Música es importante o relevante para tu futuro? ¿Por qué?**

Sí, es importante para todos, o sea para una persona que quiere ser músico lo es aún más, pero para las personas que no, como yo, nos puede resultar interesante la realización y composición de la música en incluso su historia.

- **¿Qué echas de menos en la materia de música para que te produzca un mayor interés?**

Más práctica y actividades entretenidas.

-
- **¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como las matemáticas? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?**

No, no lo creo, como mucho en historia por la sucesión de elementos.

- **¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como física? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?**

No, no lo creo.

- **¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como dibujo técnico? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?**

No, no lo creo.

- **¿Te gustaría que las actividades que se realizan en clase tuvieran relación con las matemáticas, la física y el dibujo técnico? ¿Con cuál de ellas prefieres?**

A ver, por una parte sí porque luego sería más fácil estudiar porque lo relacionas todo y se aprende más fácilmente, pero no del todo.

➤ EJEMPLO DE CUESTIONARIO 4.

- **Además de estudiar música en el colegio, ¿realizas otros estudios extraescolares?**

No, porque voy a apuntarme al gimnasio.

- **¿Tienes pensado hacia dónde quieres guiar tu futuro? (Trabajar, seguir estudiando, etc.) ¿Has considerado alguna profesión en concreto?**

Sí, hacia lo más alto, quiero ser la mejor en lo mío.

Sí, juez, abogado o relacionado con la política.

- **¿Crees que la materia de Música es importante o relevante para tu futuro? ¿Por qué?**

Creo que es importante, ya que la música es fundamental en la vida, aunque para la carrera que yo quiero no sea necesaria.

- **¿Qué echas de menos en la materia de música para que te produzca un mayor interés?**

Pues tocar algún instrumento, hacer cosas más divertidas. Que nos enseñen, por ejemplo, a tocar un poco el piano, la guitarra, etc.

- **¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como las matemáticas? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?**

No sé.

- **¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como física? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?**

No sé.

- **¿Crees que la música tiene algo de relación con otras materias como dibujo técnico? En caso afirmativo ¿podrías poner algún ejemplo?**

No sé.

- **¿Te gustaría que las actividades que se realizan en clase tuvieran relación con las matemáticas, la física y el dibujo técnico? ¿Con cuál de ellas prefieres?**

Sí, porque así podríamos estudiar divirtiéndonos en un ámbito que nos gusta.

Con matemáticas.

- ❖ Anexo 6. Ejemplos de entrevistas realizadas.

➤ PROFESOR TECNOLOGÍA.

- **¿Cómo entiende que es el nivel adquirido por los alumnos del curso de 3º de ESO?**

Los grupos de 3º de Diversificación son como máximo de 15 alumnos lo que permite una mejor atención y por consiguiente se consiguen buenos resultados.

- **¿Qué grado de interés considera que tienen los alumnos para con su materia?**

Es una asignatura que despierta el interés de muchos alumnos ya que contiene una gran parte práctica en la cual consiguen resultados de forma casi inmediata.

- **¿Qué piensa acerca de la transversalidad entre las distintas materias científicas (Matemáticas, Física, Dibujo Técnico) y la Música? ¿A qué nivel cree que se ha desarrollado la relación entre dichas materias?**

La música se puede utilizar como elemento motivador a la hora de poder aplicar los conocimientos de las otras asignaturas. La asignatura de dibujo técnico es el primer paso para poder construir cualquier instrumento musical.

- **¿Con qué aspecto o aspectos concretos cree que se relaciona su materia con la de Música?**

Desde la posibilidad de utilizar música de fondo en las actividades prácticas en las aulas-taller, pasando por la construcción de instrumentos musicales hasta el conocimiento de la informática para múltiples aplicaciones musicales como la confección de partituras etc.

-
- **¿Cree que incluyendo y haciendo hincapié a rasgos musicales de su materia, los alumnos podrán aumentar su motivación hacia su asignatura?**

Los alumnos siempre están interesados por cualquier actividad que esté relacionada con aspectos musicales. El resultado positivo está garantizado.

- **¿Qué relación tiene con los demás profesores de 3º de ESO? ¿Suelen poner en común asiduamente las técnicas de trabajo realizadas con los alumnos?**

La coordinación entre profesores es buena, se efectúa desde la elaboración consensuada de distintos apartados de la `programación como criterios de calificación, metodología, normas de comportamiento, etc.

Dicha coordinación continúa diariamente en pasillos y sala de profesores, así como en las reuniones correspondientes de evaluaciones, departamentos etc.

➤ PROFESOR MATEMÁTICAS.

- **¿Cómo entiende que es el nivel adquirido por los alumnos del curso de 3º de ESO?**

En general la mayoría alcanza todas las competencias, más del 95% es calificado positivamente. Sin embargo las calificaciones principalmente están en el cinco, pocos llegan al notable y ninguno al diez

- **¿Qué grado de interés considera que tienen los alumnos para con su materia?**

Principalmente están preocupados por conseguir las notas más altas en todas las materias, les preocupa cómo van a ser las pruebas escritas, si lo que se está explicando va a salir en la prueba, si van a ser parecidas las preguntas de la prueba a las actividades desarrolladas en clase.

Su objetivo es arañar para subir la nota en lugar de alcanzar conocimientos superiores a lo mínimo que se debe conseguir.

- **¿Qué piensa acerca de la transversalidad entre las distintas materias científicas (Matemáticas, Física, Dibujo Técnico) y la**

Música? ¿A qué nivel cree que se ha desarrollado la relación entre dichas materias?

Relación entre la música y mi materia existe pero no se trabaja directamente entre profesores de esas materias conjuntamente. Sería necesaria otra jornada laboral, sin alumnado, para poder coordinarse entre materias y eso exigiría abandonar la preparación ordinaria de las clases y el trabajo individualizado hacia cada alumno.

Deben ser docentes los que hagan esas tareas pero dedicados extraordinariamente y exclusivamente a ese menester. Así podrían aportar la experiencia en el aula y tener el tiempo para pensar en modos de relacionar las distintas materias. Es como realizar un currículo de la transversalidad.

- **¿Con qué aspecto o aspectos concretos cree que se relaciona su materia con la de Música?**

Existen temas como las fracciones que sería muy didáctico mezclarlo con la música.

La medición del tiempo es necesaria siempre, incluso para dedicarse eficientemente a realizar una prueba porque algunos alumnos corren el peligro de estancarse en una pregunta y no responder a otras cuestiones de las que posiblemente conozcan las respuestas.

- **¿Cree que incluyendo y haciendo hincapié a rasgos musicales de su materia, los alumnos podrán aumentar su motivación hacia su asignatura?**

Indudablemente, sería algo muy atractivo y chocante. La atención del alumno no se consigue con monotonía y de esa manera se rompería ampliando las fronteras de mi materia.

- **¿Qué relación tiene con los demás profesores de 3º de ESO? ¿Suelen poner en común asiduamente las técnicas de trabajo realizadas con los alumnos?**

Más que las técnicas metodológicas se suelen tratar cuestiones disciplinarias relacionadas con el grupo o con algún caso individual. Es la figura del tutor la que convoca a reunión cuando es necesario tratar algún tema de esa índole. Pero esto sólo cuando hay alguna cuestión grave. Trimestralmente se realiza una reunión de todos los profesores que le dan clase al grupo donde se tratan temas grupales y de forma individualizada a los alumnos.

Cada vez que el tutor tiene una entrevista con la familia de algún alumno recaba información del resto de profesores, tanto académica como de conducta, para transmitirla.

➤ PROFESOR MÚSICA.

- **¿Cómo entiende que es el nivel adquirido por los alumnos del curso de 3º de ESO?**

Creo que el nivel adquirido no se puede considerar muy alto debido a que la formación que traen de cursos inferiores no lo es tampoco, y además se añade que las horas que se imparten de clase (2 horas semanales) son insuficientes para poder adquirir una formación adecuada. Eso no quita para que los alumnos se lleven unos conocimientos básicos que les permitan apreciar y entender la música, y les abra puertas a otro mundo que para ellos puede ser desconocido.

- **¿Qué grado de interés considera que tienen los alumnos para con su materia?**

Creo que es bueno, los alumnos muestran interés por la materia, pero no les agrada esforzarse por estudiar para aprender. Hay que “luchar” mucho para hacer entender tanto a los alumnos como a las familias que la música es una materia a la que hay que dedicar su tiempo para entenderla y asimilarla y en muchas ocasiones te tienes que ingeniar mil estrategias para conseguir ese interés.

- **¿Qué piensa acerca de la transversalidad entre las distintas materias científicas (Matemáticas, Física, Dibujo Técnico) y la Música? ¿A qué nivel cree que se ha desarrollado la relación entre dichas materias?**

Creo que es muy interesante poder relacionar actividades con otras materias y hablar de acústica y física del sonido, del número áureo, de proporciones. Creo que no se ha relacionado dichas materias, cada una desarrolla su contenido, incluso no se ha planteado la posibilidad de relacionarla, porque se sigue considerando la música como una materia que debe ser ligera, fácil que no “complique” al alumno su trabajo. La

importancia está en las matemáticas, en la física, en el dibujo como materias independiente y la música se queda aparcada.

Opino que en un curso, con dos horas semanales y con un temario tan extenso (los alumnos deben aprender lenguaje musical, historia de la música, escuchar obras, etc.) es difícil poder trabajar la transversalidad.

- ¿Con qué aspecto o aspectos concretos cree que se relaciona su materia con el resto de materias científicas?

Con la proporción, la armonía de los números, las equivalencias, la acústica, la relación de los sonidos con la altura, la onda sonora, el timbre, series de números infinitos, características físicas de altura o frecuencia, intensidad o volumen, timbre o forma de la onda

- Tras los cuestionarios realizados, ¿cree que incluyendo y haciendo hincapié a rasgos científicos de su materia, los alumnos podrán aumentar su motivación hacia la asignatura, puesto que la verán más útil para su futuro?

Podría ser, pero creo personalmente que sería muy difícil incluir rasgos científicos, ya que sería “complicar” el contenido a desarrollar de la materia y la realidad es que la música es una materia considerada de poco valor académico respecto a las demás. Son importantes las matemáticas, la física pero hasta el momento funcionando solas.

Pienso que sería muy interesante poder hacer entender esa relación y dejar abierta una puerta que ahora no se contempla, ni por parte de los alumnos ni por parte de las familias.

- ¿Qué relación tiene con los demás profesores de 3º de ESO? ¿Suelen poner en común asiduamente las técnicas de trabajo realizadas con los alumnos?

La relación es excelente, todos nos apoyamos, nos comunicamos y por supuesto solemos compartir experiencias y técnicas de trabajo, aunque señalo que compartimos pocas experiencias de forma transversal en este curso.