



Universidad de Valladolid

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**MÁSTER EN PROFESOR DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA OBLIGATORIA Y
BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL
Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS**

Especialidad de Tecnología e Informática

**Uso de los teléfonos inteligentes para
la realización de prácticas de
laboratorio fuera del centro
educativo.**

**Use of smartphones to carry out
laboratory practices outside the
educational centre.**

Autor:

D. Samuel Fraile Lobato

Tutores:

D. Miguel Ángel González Rebollo

D. Manuel Ángel González Delgado

Valladolid, 15 de Septiembre de 2020

Resumen

La evolución tecnológica de los dispositivos de comunicación móvil en la última década ha sido tan grande, y su uso tan extendido y generalizado que no se puede obviar su introducción como herramienta pedagógica en las aulas de los centros educativos. Esta medida es aún más relevante a raíz de lo vivido en los últimos meses cuando, debido a la situación de emergencia sanitaria surgida a causa del Covid-19, los centros educativos cerraron sus puertas. Aunque la docencia virtual ha resultado útil para las clases teóricas no se puede decir lo mismo en cuanto a las prácticas. Esta situación se puede mejorar convirtiendo los teléfonos inteligentes en instrumentos de medida al alcance de todos. Mediante la utilización de estos dispositivos se pueden obtener multitud de datos e información para realizar prácticas y experimentos didácticos. Este trabajo se estructura como un manual docente en el que se proporciona información sobre cómo utilizar los teléfonos inteligentes como herramientas pedagógicas, tanto por su configuración de hardware como presentando aplicaciones de software que permiten el análisis de los datos obtenidos mediante los sensores incorporados en estos dispositivos. La idea principal es que esta guía docente pueda ser utilizada por futuros profesores como una ayuda para el diseño de actividades prácticas adaptadas para ser realizadas fuera del centro educativo. La guía se complementa con varios video tutoriales con pautas y explicaciones sobre las prácticas propuestas.

Palabras clave: teléfono inteligente, sensores, sonido, prácticas de laboratorio, tutoriales.

Abstract

The technological evolution of mobile communication devices in the last decade has been so great, and their use so widespread that their introduction as a pedagogical tool in the classrooms of educational centres cannot be ignored. This measure is even more relevant as a result of what has been experienced in recent months when, due to the health emergency situation that arose due to Covid-19, the educational centres closed their doors. Although virtual teaching has been useful for theoretical classes, the same cannot be said in terms of practical ones. Turning smartphones into measuring instruments within everyone's reach could help to improve this issue. By using these devices, a multitude of data and information can be obtained and be used to carry out didactic practices and experiments. This work is structured as a teaching manual in which information is provided on how to use smartphones as pedagogical tools, both due to their hardware configuration and presenting software applications that allow the analysis of data obtained through the sensors incorporated in the device. The main idea is that this teaching guide could be used by future teachers as an aid for the design of practical activities adapted to be carried out outside the educational centre. The guide is complemented by several video tutorials with guidelines and explanations on the proposed practices.

Key words: Smartphone, sensors, sound, practical activities, tutorials.

Índice

| | |
|---|-----------|
| Resumen | 2 |
| Índice | 3 |
| 1. Introducción | 4 |
| 2. Justificación | 6 |
| 3. El teléfono inteligente como herramienta pedagógica | 13 |
| 3.1 Los sensores..... | 15 |
| 3.2 El micrófono..... | 20 |
| 3.3. Aplicaciones para el acceso a los sensores. Phyphox..... | 21 |
| 4. El sonido | 27 |
| 4.1. Cualidades del sonido..... | 29 |
| 4.2. Nivel de sonido. El decibelio..... | 33 |
| 4.3. Análisis espectral. El espectro de frecuencias..... | 38 |
| 5. El oído humano | 42 |
| 6. Experiencias prácticas | 49 |
| 6.1. Práctica 1. Medición de la intensidad de señales sonoras..... | 49 |
| 6.2. Práctica 2. Los armónicos y el timbre..... | 54 |
| 7. Conclusiones y líneas futuras | 58 |
| 8. Referencias bibliográficas | 60 |
| 9. Enlaces a los vídeos | 61 |
| Anexo 1. Imágenes de Phyphox | 62 |
| Anexo 2. Mediciones de nivel de presión sonora | 63 |
| 1ª medida..... | 63 |
| 2ª medida..... | 65 |
| 3ª medida..... | 67 |
| Anexo 3. Espectros de frecuencia de sonidos emitidos por distintos instrumentos tocando la nota La4. | 69 |
| Anexo 4. Rúbrica de evaluación de las prácticas propuestas | 71 |

1. Introducción

En los últimos meses hemos observado como el sistema educativo se ha visto afectado por un problema global como ha sido el de la pandemia causada por el Covid-19. Hemos tenido que adaptar los métodos para ser capaces de poner en práctica una enseñanza a distancia en la que profesores y alumnos están en contacto a través de aplicaciones y software de videoconferencias. A pesar de las dificultades encontradas, esto es dentro de lo que cabe posible para clases teóricas pero no es tan eficaz para las clases prácticas y laboratorios. Mientras para las primeras se precisan relativamente pocos recursos (apuntes, presentaciones, hojas de ejercicios...) para las últimas son necesarios además materiales, equipos de medida y simuladores entre otros.

Una de las tendencias en los sistemas educativos del mundo avanzado es la incorporación de las nuevas tecnologías a la práctica docente. Las Tecnologías de la Información y Comunicación, conocidas como TIC, permiten la realización de actividades que, antes de la existencia de las mismas, eran casi imposibles de imaginar. Facilitan enormemente la búsqueda de información, permiten una interacción y comunicación mucho más dinámicas que con las herramientas tradicionales y también se pueden realizar tareas de forma telemática (Lawrence, J. E. & Tar, U. A., 2018).

La posibilidad de utilizar los teléfonos inteligentes como equipos para la realización de actividades didácticas facilita y simplifica enormemente las mismas e incrementa la efectividad de las metodologías activas de aprendizaje. (Shahid, Aleem, Islam, Iqbal & Yousaf, 2019). Utilizando aplicaciones como Phyphox se consigue tener al alcance de todos simulaciones de diversos equipos de laboratorio para poder realizar experimentos en distintos lugares fuera del centro educativo, como son nuestras casas o la misma calle.

Las actividades prácticas que se pueden realizar son muchas gracias a los sensores implementados dentro de los teléfonos inteligentes. Para este trabajo proponemos dos ejemplos prácticos que se centran en aspectos que tienen que ver con el sonido y que están relacionados con el currículo de secundaria, como veremos más adelante.

Este trabajo se estructura de la siguiente manera. Dedicamos el siguiente apartado a desarrollar la justificación educativa del mismo viendo la relación entre nuestra propuesta y la adquisición de las competencias básicas por parte del alumnado, la utilización de metodologías activas y la colaboración entre varias asignaturas.

Después hablamos de la incorporación en las aulas de los teléfonos inteligentes como herramientas pedagógicas, explicamos las funciones de los sensores que

incluyen, con los que podemos adquirir datos del mundo real y de las aplicaciones que controlan estos sensores y que nos permiten realizar experiencias prácticas fuera del centro educativo.

Como las actividades propuestas en este trabajo están estrechamente relacionadas con el sonido, los dos siguientes apartados están dedicados a hablar de este efecto, de sus cualidades musicales y las magnitudes medibles; y del la fisiología del oído humano, de la manera en la que se capta e interpreta este efecto físico y de los riesgos existentes para la salud auditiva cuando, por ejemplo, se sobrepasan niveles de intensidad sonora muy elevados.

A continuación incluimos los guiones de los dos experimentos que hemos diseñado para explicar la utilidad de los dispositivos móviles como herramientas de adquisición y procesado de datos de magnitudes físicas, las cuales están apoyadas por unos videos de creación propia accesibles en la plataforma YouTube donde se explican con más detalle y se muestra el desarrollo de la práctica en sí.

Por último exponemos las conclusiones sobre este trabajo y proponemos líneas futuras de acción para complementar la información aportada o utilizar este trabajo como punto de partida.

2. Justificación

Este trabajo se justifica como una propuesta didáctica que pretende entre otras cosas:

- Fomentar el uso del teléfono inteligente como una herramienta pedagógica.
- Trabajar y desarrollar las competencias básicas.
- Una colaboración efectiva entre varias asignaturas.
- Utilizar material audiovisual como una metodología activa.
- Facilitar documentación y ejemplos a los profesores que quieran incorporar estas tecnologías a la práctica docente.

Desde el punto de vista de las competencias, el Real Decreto 1105/2014 por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato enuncia que *“para una adquisición eficaz de las competencias y su integración efectiva en el currículo, deberán diseñarse actividades de aprendizaje integradas que permitan al alumnado avanzar hacia los resultados de aprendizaje de más de una competencia al mismo tiempo”*. Así mismo, *“se potenciará el desarrollo de las competencias Comunicación lingüística, Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología”*.

Con esta propuesta didáctica podemos desarrollar varias competencias:

- **La competencia matemática.** Para la comprensión de los resultados obtenidos en las prácticas se precisa del razonamiento matemático y alguna de sus herramientas como la representación gráfica, además de la toma de datos y medición de magnitudes. También ayuda a desarrollar actitudes basadas en el respeto a los datos, el rigor y la veracidad.
- **Las competencias básicas en ciencia y tecnología.** La realización de ejercicios prácticos permiten un acercamiento al mundo físico y la interacción con los fenómenos asociados a él, ayudan a desarrollar el pensamiento científico y técnico y fomentan la adquisición de destreza manual para manejar dispositivos, herramientas y montar experimentos.
- **La competencia digital.** Estamos potenciando el uso de equipos digitales para la realización de prácticas, lo que implica su utilización en la búsqueda y tratamiento de información, el aprendizaje de nuevas herramientas informáticas y aplicaciones para dispositivos móviles; y estamos mostrando una forma de generar contenido virtual mediante la creación de video tutoriales explicativos.
- **Aprender a aprender.** Al proponer la realización de experimentos de forma autónoma fuera del centro educativo y sin más asistencia que la aportada por el material audiovisual y las guías de los experimentos fomentamos la adquisición y el desarrollo de esta competencia. El alumno tendrá que aprender

a organizar su trabajo, gestionar su tiempo y asumir responsabilidades personales.

En el artículo 8 de la Orden EDU/362/2015 por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la Educación Secundaria Obligatoria en Castilla y León; y que trata sobre los principios pedagógicos dice que *“la metodología didáctica será fundamentalmente activa y participativa, favoreciendo el trabajo individual y cooperativo del alumnado, así como el logro de los objetivos y competencias correspondientes”*. *“Los centros docentes elaborarán sus propuestas didácticas desde la consideración de la atención a la diversidad y del acceso de todo el alumnado a la educación común. Asimismo, arbitrarán métodos que tengan en cuenta los diferentes ritmos de aprendizaje del alumnado, favorezcan la capacidad de aprender por sí mismos y promuevan el trabajo en equipo”*. *“La integración y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación se promoverá como recurso metodológico eficaz para llevar a cabo las tareas de enseñanza y aprendizaje”*.

En el presente trabajo se proponen una serie de actividades prácticas con el fin de fomentar la autonomía del alumnado y la cooperación entre iguales todo ello integrando el uso de los teléfonos inteligentes.

La misma orden, en el apartado dedicado a la asignatura de tecnología dice que *“pretende que los alumnos observen en su entorno los objetos y los avances que les rodean y vean en ellos el resultado de un proceso que abarca la ciencia y la técnica, el pensamiento científico y las habilidades prácticas”*. *“La materia Tecnología aporta al alumno “saber cómo hacer” al integrar ciencia y técnica, es decir, “por qué se puede hacer” y “cómo se puede hacer”. Por tanto, un elemento fundamental de la tecnología es el carácter integrador de diferentes disciplina con un referente disciplinar común basado en un modo ordenado y metodológico de intervenir en el entorno” (Orden EDU/362, 2015)*.

Teniendo en cuenta lo anterior nuestra propuesta toma procedimientos asociados con el mundo tecnológico para que sean aplicados en diferentes disciplinas como, en el ejemplo de este trabajo, la asignatura de música.

“Dado el carácter práctico, Tecnología es la materia más indicada para que el alumnado sea consciente de que los contenidos que aprende realmente son aplicables. Esta funcionalidad se va a ver reflejada en el desarrollo de un proyecto en el que los alumnos van a aplicar todos y cada uno de los conocimientos que han ido adquiriendo en forma de contenidos teóricos y problemas o casos prácticos” (Orden EDU/362, 2015).

En este caso, los contenidos teóricos vistos en la asignatura de música sobre las cualidades del sonido pueden ser observados, medidos y analizados para una mejor comprensión de los mismos, así como para entender su naturaleza y su efecto en el mundo real.

“Las tecnologías de la información y la comunicación van a estar presentes en todo momento. No solamente a la hora del aprendizaje del manejo básico de las aplicaciones sino en la utilización práctica de software específico, simuladores, creación de documentación técnica de proyectos, búsqueda de información en internet, presentaciones de contenidos y otras tareas que el profesor pueda proponer en las que el uso del ordenador sea necesario” (Orden EDU/362, 2015).

Aunque aquí se habla específicamente del ordenador, mediante la utilización de los teléfonos móviles y las aplicaciones creadas para sacar el máximo rendimiento a estos dispositivos se puede dotar de más versatilidad al diseño de actividades, la búsqueda de información y la comunicación entre los alumnos.

Sobre la asignatura de Tecnologías de la Información y la Comunicación añade que *“tiene como fin proporcionar al alumnado los conocimientos, las destrezas y aptitudes digitales necesarias que faciliten un aprendizaje continuo a lo largo de su vida, de forma que pueda adaptarse a los cambios inherentes de las TIC y adquiera las competencias necesarias en la utilización de los medios informáticos y de comunicación. La adquisición de dichas competencias garantizará un uso autónomo, adecuado y crítico de ellas en sus procesos de aprendizaje y en entornos particulares como el acceso a información, el acceso a los recursos, el ocio o la interacción social” (Orden EDU/362, 2015).*

Ser individuos actualizados y a la última, en cuanto a los avances tecnológicos en el ámbito educativo se refiere, hace que nos encontremos mejor posicionados y preparados para adaptarnos a los vertiginosos cambios que se producen en la actual sociedad de la información.

Formamos parte de una sociedad cambiante y que evoluciona a pasos agigantados. Es por ello que *“Tecnologías de la Información y las Comunicación ampliará y profundizará en los conocimientos que de ella el alumnado haya adquirido en cursos anteriores, enseñándole, a su vez, la forma de integrar estos aprendizajes con el resto de materias. Ello le permitirá continuar sus estudios con éxito o incorporarse al mundo laboral con el grado adecuado de adquisición de la competencia digital” (Orden EDU/362, 2015).*

Con una metodología de carácter tan práctico y aplicado se pueden trabajar contenidos de varias materias conjuntamente. Una colaboración efectiva entre docentes de distintas áreas puede lograr que recursos asociados a las disciplinas

científicas y técnicas sean utilizados para la enseñanza de contenidos de otros departamentos. Todo depende del buen diseño de las actividades que se utilicen para ello. A continuación vamos a ver como se relacionan estos contenidos con aspectos desarrollados en esta propuesta didáctica.

En la asignatura de **Tecnología** se trabajan, entre otros, los contenidos que vemos en la tabla siguiente. Corresponden al bloque 5 que trata sobre las TIC.

| Tecnología (ESO) | | |
|--|---|--|
| Contenidos | Criterios de evaluación | Estándares de aprendizaje evaluable |
| Primer curso | | |
| El ordenador como medio de comunicación: Internet y páginas web. Herramientas para la difusión, intercambio y búsqueda de información. | Utiliza de forma segura sistemas de intercambio de información. | Maneja espacios web, plataformas y otros sistemas de intercambio de información. |
| Tercer curso | | |
| El ordenador como medio de comunicación intergrupala: comunidades virtuales. Internet. Foros, blogs y wikis. | Conocer los diferentes sistemas de comunicación e intercambio de información y utilizarlos de forma segura. | Maneja espacios web, plataformas y otros sistemas de intercambio de información. |

Figura 1. Contenidos curriculares de la asignatura Tecnología de ESO. Tomado de Orden EDU/362, 2015.

Los videos de las prácticas que incluimos en nuestra propuesta tienen una componente importante de intercambio de información. Son videos explicativos en los que el docente está dando pautas a los alumnos sobre cómo realizar las experiencias prácticas. Es un intercambio asíncrono que puede ser accesible en cualquier lugar y momento en plataformas para compartir videos o en blogs creados por el docente. Los videos que hemos creado para completar este trabajo se pueden encontrar en el canal de YouTube “**Samu The Professor**”.

En la materia **de Tecnologías de la Información y la Comunicación** podemos trabajar la elaboración de contenidos audiovisuales con los alumnos. Podemos transmitir la experiencia que, como docentes, hemos adquirido al grabar, editar y crear los vídeos explicativos y proponer proyectos de trabajo en los que sean los

alumnos los que tengan que crear su propio video sobre alguna actividad didáctica, ya sea de carácter práctico o no.

| Tecnologías de la información y la comunicación (ESO) | | |
|--|---|--|
| Contenidos | Criterios de evaluación | Estándares de aprendizaje evaluable |
| Cuarto curso | | |
| El ordenador como medio de comunicación: Internet y páginas web. Herramientas para la difusión, intercambio y búsqueda de información. | Elaborar contenidos de imagen, audio y video y desarrollar capacidades para integrarlos en diversas producciones. | Emplea dispositivos de captura de imagen, audio y video y mediante software específico edita la información y crea nuevos materiales en diversos formatos. |

Figura 2. Contenidos curriculares de la asignatura Tecnologías de la información y la comunicación de ESO. Tomado de Orden EDU/362, 2015.

La relación con la asignatura de **Música** la encontramos en el contenido de las actividades prácticas que se incluyen en este trabajo. Son propuestas que tratan sobre dos de las cualidades del sonido como son la intensidad y el timbre. Desarrollando buenas experiencias de carácter práctico podemos conseguir una mejor comprensión de los conceptos teóricos por parte del alumnado y también que sean capaces de relacionar la teoría aprendida con su aplicación y efectos en la vida cotidiana.

| Música (ESO) | | |
|---|---|---|
| Contenidos | Criterios de evaluación | Estándares de aprendizaje evaluable |
| Segundo curso | | |
| Cualidades del sonido: altura, duración, intensidad y timbre. Identificación de situaciones cotidianas en las que se produce un uso indiscriminado del sonido. La contaminación acústica como problema global: análisis y propuestas de soluciones. | Reconocer los parámetros del sonido. Identificar situaciones del ámbito cotidiano en las que se produce un uso indiscriminado del sonido, analizando sus causas y proponiendo soluciones. | Reconoce los parámetros del sonido. Elabora trabajos de indagación sobre la contaminación acústica. |

Figura 3. Contenidos curriculares de la asignatura Música de ESO. Tomado de Orden EDU/362, 2015.

También podemos trabajar contenidos que tienen que ver con la **Física**, en concreto con aprendizajes sobre la realización de experimentos en el laboratorio, realización de trabajos de investigación aplicando el método científico, análisis e interpretación de resultados usando las TIC...

| Física y Química (ESO) | | |
|--|--|---|
| Contenidos | Criterios de evaluación | Estándares de aprendizaje evaluable |
| Segundo curso | | |
| Utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. El trabajo en el laboratorio. | Reconocer los materiales e instrumentos básicos presente en los laboratorios de Física y Química. | Identificar materiales e instrumentos básicos de laboratorio y conocer su forma de utilización para la realización de experimentos. |
| Tercer curso | | |
| Utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. El trabajo en el laboratorio. | Desarrollar pequeños trabajos de investigación y presentar el informe correspondiente, en los que se ponga en práctica la aplicación del método científico y la utilización de las TIC. | Realiza pequeños trabajos de investigación sobre algún tema objeto de estudio aplicando el método científico, y utiliza las TIC para la búsqueda y selección de información y presentación de conclusiones en un informe. |
| Cuarto curso | | |
| Expresión de resultados. Análisis de los datos experimentales. Tablas y gráficas. Tecnologías de la Información y la Comunicación en el trabajo científico. El informe científico. | Realizar e interpretar representaciones gráficas de procesos físicos o químicos a partir de tablas de datos y de las leyes o principios involucrados. Elaborar y defender un proyecto de investigación, aplicando las TIC. | Representa los resultados obtenidos de la medida de dos magnitudes relacionadas. Elabora y defiende un proyecto de investigación sobre un tema de interés científico utilizando las TIC. |

Figura 4. Contenidos curriculares de la asignatura Física y Química de ESO. Tomado de Orden EDU/362, 2015.

De la misma manera que hemos asociado el uso del teléfono inteligente como una herramienta para trabajar estas materias se podría hacer lo mismo con muchas más. Es una herramienta metodológica que debido a su versatilidad puede ser utilizada para la realización de las más variadas actividades didácticas. Usándolo de forma controlada, responsable y meditada puede conseguir atraer la atención del alumnado y mejorar el aprendizaje que se espera de él.

3. El teléfono inteligente como herramienta pedagógica

Desde su aparición hace más de diez años y la posterior generalización de su uso, los teléfonos inteligentes se han convertido en los dispositivos electrónicos más utilizados por las personas en todas las partes del mundo, desde los países desarrollados hasta los que están en vías de desarrollo (Poushter, Bishop & Chwe, 2018). Tanto es así que hoy en día pasamos más tiempo mirando su pantalla que la de la televisión. Y por supuesto, mucho más que mirando las páginas de un libro.

Como se extrae del estudio realizado sobre el tiempo diario de uso de los medios tecnológicos de pantalla (MTP), podemos observar el tiempo que emplean alumnos de los distintos cursos de ESO y 1º de Bachillerato delante de estos dispositivos. En todas las edades se observa cómo el teléfono móvil es el dispositivo que utilizan durante más tiempo al día, desde algo más de 1,5 horas para los alumnos de 1º de ESO hasta las más de 3 horas que lo utilizan los alumnos de bachillerato. Si a este tiempo le añadimos el que pasan delante del televisor, el ordenador y jugando a los videojuegos, entendemos la importancia de integrar estos dispositivos en las aulas. (Simón Montañés, Abós Catalán, Aibar Solana, García González & Sevil Serrano, 2020).

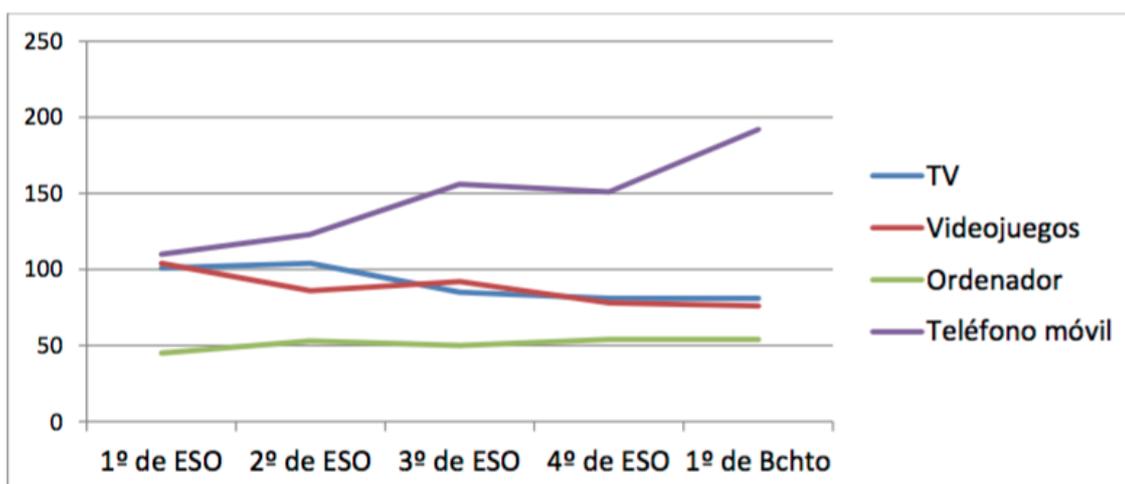


Figura 5. Evolución en el uso de los diferentes MTP en función del curso académico. Tomado de Simón Montañés, Abós Catalán, Aibar Solana, García González, Sevil Serrano, 2020, p. 60.

Pensar que podemos ser capaces de concentrar la atención del alumnado en las técnicas didácticas que se utilizaban hace 15 años para el proceso de enseñanza-aprendizaje obviando la utilización de los teléfonos inteligentes sería algo ingenuo. La actual generación de “nativos digitales” están totalmente acostumbrada al uso de las nuevas tecnologías por lo que los profesores pueden y deben propiciar su incorporación en las aulas enseñando utilidades y aplicaciones para su uso (Pedró, 2011). Teniendo en cuenta que pasan varias horas del día utilizándolo es más lógico intentar adaptarlo a la práctica docente que prohibir su uso en el aula.

Aunque un sector de la comunidad docente lo considera un distractor educativo, su utilización puede reforzar los procesos pedagógicos en multitud de ocasiones (Pedró, 2011). Las aplicaciones existentes hoy en día convierten los teléfonos inteligentes en herramientas multifuncionales y además son una alternativa perfecta para ser utilizada bajo condiciones especiales como puede ser la educación a distancia, permitiendo el acceso a la información y una comunicación casi instantánea entre las partes.

Para lograr la adaptación de estos dispositivos en el aula es necesario promover un cambio cultural en los procesos educativos por parte de los docentes y los alumnos. Se debe fomentar el uso responsable de los teléfonos y diferenciar el uso pedagógico frente al uso lúdico de los mismos y para conseguir esto el papel del docente y las autoridades educativas es fundamental. De lo contrario pueden aparecer riesgos asociados al uso intensivo del teléfono inteligente como son los problemas sociales, familiares y académicos, riesgos psicológicos como estrés crónico, baja estabilidad emocional y depresión, ciberacoso, abstracción y pérdida del sentido de la realidad, saturación de información... (Augner & Hacker, 2012). Es importante analizar el impacto que esto puede ocasionar con el fin de minimizar los aspectos negativos y maximizar las ventajas para conseguir mayores niveles de satisfacción.

Con la tecnología móvil se posibilita una nueva forma de aprendizaje llamada *“aquí y ahora”* que se refiere al acceso a la información en cualquier lugar y cualquier momento, y que permite la realización de actividades de calidad dentro del aprendizaje de los alumnos (Martin & Ertzberger, 2013). El reto al que se enfrentan los docentes es propiciar el cambio en el uso que se les da a los teléfonos inteligentes para convertirlos en verdaderas herramientas pedagógicas.

Hemos mencionado anteriormente las posibilidades de comunicación y acceso a la información, creación y organización de contenido. Pero también nos permiten realizar algo que muchos docentes desconocen y en lo que se centra nuestra propuesta, que es la captación de fenómenos físicos mediante los sensores que incorporan los teléfonos. Estos componentes pueden captar sonidos, imágenes, efectos magnéticos y otros que posteriormente son procesados y pueden ser interpretados de distintas maneras.

En el siguiente apartado vamos a profundizar en los sensores más utilizados e implementados en los teléfonos inteligentes para conocerlos y comprender mejor su funcionamiento y las posibilidades que nos ofrecen.

3.1 Los sensores

Cuando pensamos en un teléfono inteligente nos imaginamos un dispositivo que nos permite hacer llamadas telefónicas, mandar mensajes, conectarnos a internet y utilizar infinidad de aplicaciones, todo esto a través de una pantalla táctil. Y por decirlo de alguna manera, es una definición bastante acertada. Sin embargo pocas veces nos preguntamos cómo se consigue que estos dispositivos funcionen de la forma en la que lo hacen. Y se consigue con la gran cantidad de sensores que poseen y que son utilizados para controlar las distintas funciones que ejecuta el teléfono (Ramírez, 2019). Vamos a hablar de los más comunes, los que se incluyen en la mayoría de los modelos comerciales profundizando algo más en el micrófono, que será el sensor que utilizemos para la realización de las prácticas propuestas.

- **Acelerómetro.**

El acelerómetro es un componente mecánico que sirve para detectar la orientación en la que está colocado el teléfono, de manera que el dispositivo pueda saber cuando se está mirando en posición horizontal, vertical o incluso cuando está colocado boca abajo. También permite detectar si vibra o se agita.

Los acelerómetros modernos están integrados dentro de chips mediante tecnología de construcción microelectromecánica (MEMS) y son capaces de detectar la aceleración en los tres ejes de coordenadas (X, Y, Z). Este sensor consta de una parte móvil y una fija que producen variaciones de tensión eléctrica las cuales son medidas para determinar el movimiento y la posición del dispositivo.

- **Giroscopio.**

El giroscopio es otro sensor que mide la aceleración no gravitacional, y que complementa la información que aporta el acelerómetro sobre la orientación que tiene el teléfono midiendo el giro del móvil.

El giroscopio, al igual que el acelerómetro, está construido con piezas microelectromecánicas desarrolladas gracias a la nanotecnología. Está formado por unos elementos que vibran constantemente, cuya vibración varía cuando se detecta algún movimiento. Esta variación es medida por un elemento de detección.

Este sensor entra en funcionamiento cuando, por ejemplo, giramos ligeramente la pantalla del teléfono. Se utiliza para controlar funciones que dependen de pequeños giros como son las implementadas en algunos juegos y aplicaciones.

- **Sensor de proximidad**

Este sensor está formado por un emisor y un receptor con tecnología LED. Se emite un rayo de luz infrarroja que es detectado cuando rebota contra alguna superficie. Se calcula el tiempo empleado por el haz infrarrojo para calcular la distancia a la que se encuentra el objeto detectado.

Se utiliza principalmente para apagar la pantalla cuando nos acercamos el teléfono a la cara al realizar una llamada. Algunos modelos incluyen también una opción de desbloqueo de pantalla al pasar la mano sobre él controlada por este sensor.

- **Sensores capacitivos**

Las pantallas táctiles se basan en esta tecnología de construcción. Hay un conductor transparente con una corriente constante circulando por él y recubierto por una capa aislante, que suele ser el cristal de la pantalla. El sensor mide la variación de la corriente eléctrica detectando el lugar exacto en el que los dedos hacen contacto en la pantalla.

Para que funcione de forma correcta es preciso que el elemento que entra en contacto con la pantalla sea un conductor de carga electrostática. Es por este motivo que las pantallas táctiles actuales no funcionan al utilizar en ellas elementos de materiales no conductores como el plástico.

- **Sensor de la cámara**

Es posiblemente el sensor más utilizado de todos ya que es el que utiliza la cámara de fotos. Está formado por varias lentes que amplifican y dirigen la luz hacia un sensor que registra las imágenes formadas.

En los teléfonos de última generación cada vez se montan sensores más complejos con mejor óptica, además de incorporar dos o tres en sus cámaras para obtener fotos de mayor calidad

- **Magnetómetro**

El magnetómetro detecta y mide el campo magnético terrestre de forma electrónica. La utilidad de la brújula configura este sensor para que detecte los polos magnéticos y así poder calcular la orientación del teléfono. También se utiliza para detectar cuando si las fundas con cierre magnético están abiertas o cerradas y así bloquear o apagar la pantalla.

- **GPS**

Los teléfonos utilizan el sensor GPS para detectar la señal que emiten los satélites, en conjunción con las redes de Wi-Fi y las antenas de telefonía en un proceso llamado “GPS asistido” para calcular la ubicación del teléfono rápidamente. La posición se calcula triangulando la señal recibida de varios satélites y se ajusta mediante la señal que se recibe de las antenas para una mayor precisión.

La señal de este sensor no consume datos y al depender de la señal proveniente de satélites de comunicación puede debilitarse cuando nos encontramos en el interior de un edificio.

El GPS es utilizado por varias aplicaciones y utilidades como son los mapas y las direcciones y rutas, hasta videojuegos que utilizan la realidad aumentada en su desarrollo. Es una función que se puede apagar o encender a nuestro gusto para controlar el consumo de energía del dispositivo móvil.

- **Lector de huellas**

De forma parecida a las pantallas táctiles el lector de huellas incorpora varios sensores capacitivos en un área sobre la que colocamos el dedo. El teléfono es capaz de reconocer las líneas de la huella dactilar y escanear una imagen de ella que es almacenada. Cuando desbloqueamos el dispositivo utilizando este sensor, se compara la imagen actual con la que existe en la memoria del teléfono y si coinciden se habilita el desbloqueo.

Este sensor ha sustituido a los patrones de puntos o códigos numéricos como la manera más utilizada para desbloquear el móvil o identificar la identidad del usuario para acceder a determinadas aplicaciones.

- **Cámaras de reconocimiento facial**

Se utiliza las cámaras del teléfono para reconocer los rostros de las personas generando una imagen digital que se almacena. Se puede utilizar para desbloquear el dispositivo o simplemente para organizar las fotos que tomamos según las personas que salgan en ellas. Puede llegar a reconocer rostros a pesar de cambiar el vello facial o utilizar gafas.

Todavía están en proceso de desarrollo ya que hay que mejorar sus prestaciones ante condiciones de luz no óptimas o si la posición de la cara no está bien definida.

- **Lector de iris**

Está basado en los mismos principios que el sensor de la huella dactilar. Se almacena en el dispositivo una imagen de alta resolución en la que se identifican los patrones que tiene el iris. Para conseguir esto de forma precisa se utiliza una luz infrarroja que reduce los reflejos del ojo para obtener una imagen mucho más detallada. Este sensor sirve como método biométrico de identificación del usuario comparando la imagen almacenada con la que se obtiene en el momento en el que se está utilizando esta función.

- **Podómetro**

El podómetro se utiliza para contar los pasos cuando caminamos. Esto se consigue detectando el balanceo que se produce al caminar. Configurando los parámetros como la longitud de la zancada podemos calcular la distancia recorrida en un determinado trayecto. Las aplicaciones de salud utilizan este sensor para calcular las calorías quemadas realizando ejercicio físico.

En la actualidad muchos móviles no incluyen este sensor ya que pueden utilizar el acelerómetro para realizar las mismas funciones, eso sí, a costa de una precisión algo menor.

- **Medidor de ritmo cardiaco**

Utiliza un emisor LED para dirigir un haz de luz a una zona de la piel en la que hay vasos sanguíneos. Esta luz se refleja y es detectada por un sensor óptico, que midiendo la intensidad identifica si el reflejo se ha producido en el momento en el que había un pulso cardíaco. Procesando esta información se puede calcular el número de pulsaciones por minuto.

Es uno de los sensores que se han incorporado más recientemente a los teléfonos móviles aunque la tendencia actual es la de montarlos en las pulseras de actividad y los relojes inteligentes, mucho más utilizados durante la realización de ejercicio físico y deporte.

- **Termómetro**

Por lo general, en los dispositivos electrónicos de un cierto valor se incorporan termómetros que controlan la temperatura de los circuitos y elementos como la placa base. Cuando la temperatura es muy alta, los teléfonos disminuyen la velocidad de funcionamiento o se apagan como medida de protección. En ocasiones, aunque no muchas, los teléfonos incorporan un termómetro externo para medir la temperatura ambiente exterior.

- **Sensor de luz ambiental**

Este sensor se utiliza para medir la intensidad de la luz que incide sobre el teléfono y se utiliza principalmente para controlar el brillo de la pantalla y ajustarlo automáticamente a las condiciones externas de luminosidad dependiendo de si nos encontramos en interior o exterior, o si es de noche o de día. La opción de regulación automática se puede activar o desactivar de forma voluntaria.

- **Sensor de humedad**

En un sensor que incorporan muchos teléfonos móviles y que detecta la humedad de su interior para desconectarlo totalmente si se ha mojado, protegiendo así la circuitería interna. Los hay de diferentes tipos. Algunos detectan cambios en la capacidad de un condensador que varía cuando se humedece y otros miden constantemente la conductividad de ciertos metales que cambia cuando se moja.

- **Sensor de humedad del aire**

Se utilizan para medir la humedad del ambiente, pudiendo determinar si nos encontramos en un entorno seco o húmedo y sirven para ofrecer un pronóstico del tiempo más acertado.

- **Lector de códigos QR**

Más que considerarlo un sensor en sí mismo es una utilidad que ofrecen la mayoría de los teléfonos actuales y que utilizan la cámara, en ocasiones mediante una aplicación externa, para escanear la luz que se refleja en el código de barras en forma de una señal analógica. Posteriormente esta imagen se digitaliza y se obtiene una determinada información asociada a ese código como puede ser abrir una página web en el navegador o ejecutar una determinada función en una aplicación.

- **Sensor infrarrojo**

Este sensor no está tan generalizado y hay muchos teléfonos que no lo incluyen. Su función principal es la de controlar otros dispositivos electrónicos del hogar como son la televisión, las equipos de música o los aparatos de aire acondicionado operando como un mando a distancia tradicional. Para ello utilizan un haz de luz infrarroja.

- **Barómetro**

Se incluye en algunos móviles y se utiliza para medir la presión de aire en el ambiente. En este proceso el teléfono móvil puede utilizar este dato para calcular la altura a la que se encuentra, ya que esta magnitud está

directamente asociada con la presión atmosférica. Se puede utilizar para conseguir un mejor posicionamiento del GPS.

- **Altavoz**

El funcionamiento de un altavoz es el inverso a un micrófono. El sonido que queremos reproducir se convierte en una señal eléctrica que mediante un electroimán mueve una membrana. Esta transforma la señal eléctrica en ondas de presión que llegan a nuestros oídos en forma de sonido.

El altavoz no es un sensor estrictamente hablando pero es un componente de los más importantes que puede incluir un teléfono. Sin él no podríamos reproducir ningún sonido, ni el tono de llamada, ni las conversaciones, ni siquiera música.

Los altavoces llevan unos componentes asociados a ellos que son necesarios para su funcionamiento. El primero es un conversor digital/analógico, que transforma la señal de audio de digital a analógica. La resolución y la frecuencia de muestreo de este dispositivo tienen mucho que ver con la calidad de sonido que podamos conseguir. También es necesario un amplificador, que será el encargado de amplificar la señal eléctrica a niveles con los que pueda excitar el altavoz para producir el sonido.

3.2 El micrófono

Es el sensor que vamos a utilizar para la realización de las experiencias prácticas propuestas en este trabajo por ello vamos a dedicarle un apartado más extenso. Para entenderlo bien vamos a profundizar en la física que hay detrás de su funcionamiento.

Los micrófonos consisten básicamente en un diafragma que es atraído por un electroimán. Al vibrar el diafragma se modifica la corriente eléctrica que circula por un circuito. Dependiendo de la presión acústica que reciba el diafragma sus movimientos serán de mayor o menor amplitud, resultando en mayores o menores variaciones eléctricas relacionadas con la energía asociada a la onda sonora. Es decir, funciona como un transductor electroacústico que convierte el sonido en una señal eléctrica que puede ser manipulada, almacenada, reproducida o transmitida.

Los micrófonos que incorporan los teléfonos inteligentes son los microeletromecánicos que ofrecen una gran calidad de respuesta a pesar del reducido tamaño que tienen. En estos el diafragma sensible a la presión acústica se graba directamente en un circuito electrónico y por lo general se acompaña de un preamplificador integrado. Se construyen integrados en

circuitos convertidores Analógico/Digital en el mismo chip, haciendo de este un micrófono digital completo, siendo más fácil de incorporar a productos digitales modernos.

La mayoría de los teléfonos modernos incluyen más de un micrófono. Esto permite al dispositivo ser direccional en el sentido de que ayuda a reducir ruidos no deseados cuando se está realizando una llamada. Aunque esta estrategia de reducción de ruido es muy útil puede ser problemática si lo que se desea medir es el nivel del propio ruido. Por ejemplo, si queremos utilizar una aplicación que convierta el teléfono en un medidor de nivel de sonido pueden haber errores de medición si el teléfono no está orientado correctamente a la fuente de sonido.

Mientras el uso de micrófonos MEMS ha añadido valor a la calidad de los teléfonos inteligentes modernos, implica unas limitaciones en el rango dinámico. El rango dinámico es la diferencia en decibelios entre el sonido más suave y más fuerte que puede ser transducido por el micrófono. En los micrófonos actuales este rango es del orden de 60dB. En una conversación normal el rango entre el sonido más débil y más fuerte puede ser de unos 35dB. Lo que significa que el rango de estos micrófonos es adecuado para esta variación en el habla sin problemas. Sin embargo, el rango dinámico de la música o de ruidos ambientales puede llegar a ser mayor que esos 60dB por lo que será preciso la utilización de alguna forma de compresión de la señal de audio. Algunos desarrolladores de aplicaciones móviles optan por la estrategia de utilizar micrófonos externos conectados al teléfono para minimizar los problemas ocasionados por las limitaciones constructivas de los micrófonos MEMS. Estas aplicaciones pueden convertir los dispositivos móviles en medidores de ruido (sonómetros), grabadoras/reproductores e incluso permiten emparejarlos con dispositivos externos de ayuda auditiva vía Bluetooth.

3.3. Aplicaciones para el acceso a los sensores. Phyphox.

Existen multitud de aplicaciones para los teléfonos inteligentes que nos permiten tener acceso a los datos que proporcionan los sensores. Con ellas podemos obtener los valores que registran el acelerómetro y el giroscopio, el efecto del campo magnético terrestre sobre el magnetómetro, la presión atmosférica detectada por el barómetro o la ubicación del teléfono mediante los satélites GPS (Ramírez, 2019).

Algunas de estas aplicaciones están especializadas en el tratamiento de algún fenómeno físico en particular como es el caso de **DecibelX** que mide el nivel de

presión sonora o **SpectrumView** que analiza sonidos desde el punto de vista de su frecuencia e intensidad.

Otras aplicaciones ofrecen un abanico de opciones más amplio ya que permiten acceder a los datos sin procesar de los sensores e incorporan herramientas analíticas que permiten la realización de experimentos asociados a fenómenos físicos como son la acústica o la mecánica. Dos ejemplos de estas aplicaciones son **PhysicsToolbox** y **Phyphox**, que es la aplicación escogida para la realización de nuestras prácticas. A continuación profundizamos en ella.

Phyphox es una aplicación desarrollada por el Instituto de Física de la RWTH Aachen University (Alemania). Su nombre es un acrónimo de “Physical Phone Experiments” (Experimentos de física en el teléfono). Es una aplicación de gran potencial pedagógico que utiliza los sensores integrados en los teléfonos inteligentes para obtener mediciones y datos que pueden exportarse para ser analizados posteriormente. Permite a los usuarios realizar experimentos por sí mismos y adquirir experiencia práctica (Institute of Physics of the RWTH Aachen University, s.f.).

Algunas de las características más interesantes de esta aplicación son:

- Permite utilizar los sensores del teléfono para realizar experimentos.
- Permite exportar los datos obtenidos en varios formatos.
- Control remoto de los experimentos desde cualquier PC conectado en la misma red que el teléfono.
- Biblioteca de experimentos predefinidos.
- Creación de experimentos propios.

Esta aplicación está disponible de forma gratuita para ser instalada en teléfonos que utilicen sistema operativo Android e iOS.

Phyphox posee una colección de herramientas muy útiles al momento de realizar un experimento, las cuales están agrupadas según distintos tipos de experimentos. Estas serán accesibles dependiendo de los sensores que incluya el dispositivo en el que se encuentra instalada. A continuación explicamos brevemente cada una de ellas.

Sensores

- **Aceleración (sin gravedad).** Obtiene datos sin procesar del acelerómetro lineal, que proporciona la aceleración real sin la aceleración gravitacional. A diferencia de la “aceleración con g”, este sensor informa 0 cuando el dispositivo está en reposo.

- **Aceleración (con gravedad).** Obtiene datos sin procesar del acelerómetro. Este sensor no resta la fuerza gravitacional, por lo que mostrará una aceleración de $9,8 \text{ m/s}^2$ cuando el teléfono esté en reposo.
- **Giroscopio.** Obtiene datos sin procesar del giroscopio para medir la velocidad de rotación.
- **Magnetómetro.** Obtiene datos sin procesar del magnetómetro. El magnetómetro es bastante sensible, ya que está diseñado para medir el campo magnético de la tierra para actuar como una brújula. Sin embargo, siempre está expuesto a campos internos de la electrónica del teléfono, lo que conduce a resultados incorrectos. Phyphox intenta obtener el campo magnético calibrado del sistema. Para ello se debe girar el teléfono varias veces mientras se ejecuta el experimento.
- **Presión.** Obtiene datos sin procesar del barómetro.
- **Ubicación (GPS).** Obtiene datos sin procesar de la navegación por satélite. Los datos disponibles pueden depender de la implementación en cada teléfono inteligente. Algunos dispositivos pueden no proporcionar precisión vertical o no detectar todos los satélites. La velocidad y la dirección generalmente las proporciona el dispositivo basándose en dos o más correcciones de posición consecutivas.

Acústica

- **Amplitud de audio.** Obtiene la amplitud de los sonidos. Registra intervalos cortos desde el micrófono y calcula el nivel de presión de sonido (SPL). Este cálculo es relativo y los resultados pueden ser bastante imprecisos. Por lo tanto, es necesaria una referencia para calibrar la medición.
- **Autocorrelación de audio.** Mide la frecuencia de un solo tono. Graba el audio del micrófono y lo analiza para determinar su frecuencia. Solo funciona si hay un solo tono con una frecuencia fija. El análisis se realiza calculando la autocorrelación de la señal de audio. Luego, el experimento considera todos los picos que exceden la mitad de la señal máxima en la autocorrelación. La posición del última de estos picos dentro de la autocorrelación da un múltiplo del periodo de la señal. Al contar el número de picos podemos obtener el periodo de la frecuencia base.
- **Efecto Doppler.** Detecta pequeños cambios de frecuencia del efecto Doppler. Se necesita un generador de tonos que emita una frecuencia constante como referencia. El experimento determina la frecuencia registrada y calcula la velocidad relativa del sonido.
- **Espectro de audio.** Muestra el espectro de frecuencia de una señal de audio. Graba el audio del micrófono y calcula su espectro de frecuencia a través de una transformada de Fourier (FFT). Si sólo se tienen un único tono con una sola

frecuencia, puede obtener resultados más precisos con el experimento de audio de “autocorrelación”.

- **Generador de tonos.** Genera un tono de una frecuencia específica.
- **Historial de frecuencia.** Mide el cambio de frecuencia a lo largo del tiempo para un solo tono. Este experimento graba el audio del micrófono y lo analiza para determinar su frecuencia durante cortos periodos de tiempo. Esto solo funciona si hay un solo tono con una frecuencia fija, ya que utiliza la autocorrelación. El resultado se traza como una frecuencia a lo largo del tiempo.
- **Sónar.** Mide distancias a través de ecos y la velocidad del sonido. Este experimento genera un chirrido, lo envía a través del altavoz y comienza una grabación. Una correlación cruzada del chirrido y los datos grabados proporciona información sobre el momento en que se producen los ecos. Este tiempo puede multiplicarse por la velocidad del sonido (y dividirse por 2, ya que el sonido viaja hacia adelante y hacia atrás) obteniendo así la distancia a la que se generó el eco.
- **Visualizador de audio.** Muestra datos de audio grabado. Este experimento solo registra periodos cortos de datos de audio y los muestra. Para lograr una imagen estable, se utiliza un cruce por cero como disparador y eje de tiempo.

Herramientas

- **Espectro de aceleración.** Muestra el espectro de frecuencia de los datos del acelerómetro. Este experimento registra datos del acelerómetro y calcula su espectro de frecuencia a través de una transformada de Fourier (FFT). La frecuencia máxima detectable depende de la velocidad máxima de adquisición del sensor.
- **Espectro magnético.** Muestra el espectro de frecuencia de datos del magnetómetro. Este experimento registra datos del magnetómetro y calcula su frecuencia a través de una transformada de Fourier (FFT). La frecuencia detectable máxima depende de la tasa de adquisición máxima del sensor.
- **Inclinación.** Mide el ángulo de inclinación del teléfono. Esta herramienta usa el acelerómetro para determinar la inclinación. Cuando el teléfono descansa sobre una mesa, la inclinación es cero. Para una inclinación distinta de cero, la dirección de la inclinación se da como rotación. Hay que tener en cuenta que la definición de los ángulos se ha elegido para la tarea de medir una inclinación (experimentos de plano inclinado) independiente de la rotación del teléfono (alrededor del eje z).
- **Regla magnética.** Usa una serie de imágenes para medir la distancia, la velocidad y la aceleración del teléfono. Para este experimento se deben colocar una serie de imanes idénticos a lo largo de la trayectoria que recorrerá el teléfono. La distancia entre los imanes tiene que ser la misma para cada imán y

hay que introducirla en el experimento. Después el teléfono usa el magnetómetro para determinar cuándo se ha pasado un imán, lo que permite calcular la distancia total recorrida.

Mecánica

- **Aceleración centrípeta.** Visualiza la aceleración centrípeta en función de la velocidad angular. Este experimento calcula el valor absoluto de la velocidad angular del giroscopio así como la aceleración absoluta del acelerómetro. Una vez obtenidos estos datos se calcula la aceleración.
- **Colisión inelástica.** Determina la energía perdida durante colisiones inelásticas de una pelota que rebota. Este experimento funciona como el del cronómetro acústico. Sin embargo, en esta caso espera que el sonido provenga de una pelota que rebota en una superficie y calculará la altura del rebote y la energía cinética restante en relación con el primer rebote analizando el intervalo entre el sonido del impacto. Al suponer que la pelota retiene el mismo porcentaje de energía cinética en su primer rebote, phyphox calcula la altura inicial desde la cual se deja caer la pelota.
- **Péndulo.** Determina la constante de gravedad utilizando el teléfono como un péndulo. Este experimento utiliza el giroscopio para medir el movimiento del péndulo y calcula el periodo de oscilación T . El usuario debe ingresar la longitud de la cuerda utilizada para el péndulo para que se pueda calcular G . Alternativamente se puede suponer el valor de la constante gravitacional para determinar la longitud de la cuerda a partir del movimiento del péndulo.
- **Resorte.** Analiza la frecuencia y periodo de un sistema mecánico de resorte. Este experimento usa el acelerómetro para medir el movimiento del oscilador y calcula el periodo de oscilación. Además, en la pestaña de resonancia, traza la amplitud contra la frecuencia detectada. De esta manera, puede construir un oscilador controlado y cambiar su frecuencia para medir una curva de resonancia.

Temporizadores

- **Cronómetro acústico.** Obtiene el tiempo entre dos eventos acústicos. Este experimento permite medir el tiempo entre dos señales acústicas fuertes. Estas pueden ser clics, pitidos, aplausos, etc., siempre que sean más fuertes que el sonido ambiente. Es posible ajustar el umbral de activación del cronómetro. El reloj se activará con el primer ruido que exceda el umbral y se detendrá con el segundo ruido.
- **Cronómetro de movimiento.** Obtiene el tiempo entre dos eventos de movimiento. Este experimento permite medir el tiempo entre dos aceleraciones (como pequeños choques). Es posible ajustar el umbral para el que se activa el cronómetro. El reloj se activará con la primera aceleración que exceda el umbral y se detendrá con la segunda aceleración.

- **Cronómetro de proximidad.** Mide los tiempos en función del sensor de proximidad. En este experimento acercas un objeto al sensor de proximidad y mide los momentos en que el objeto está cerca o lejos del teléfono. La precisión depende en gran medida del sensor de proximidad del teléfono.

Vida cotidiana

- **Ascensor.** Determina la velocidad de un ascensor usando el barómetro. Cambios de altura dentro de un corto plazo de tiempo pueden ser medidos con mucha exactitud usando el barómetro. Esto se puede utilizar para obtener la velocidad vertical de un ascensor. Adicionalmente, la aceleración se mide usando la componente z del acelerómetro, por lo que para conseguir una medida exacta de la aceleración, el teléfono móvil debería estar tumbado sobre el suelo del ascensor.
- **Medidor de aplausos.** Asigna puntuaciones a la longitud y amplitud de un aplauso. Este experimento integra la amplitud del sonido a lo largo del tiempo y asigna puntuaciones. De esta manera, un fuerte y largo aplauso obtiene la puntuación más alta. Puede evaluar múltiples concursantes y comparar su desempeño en el gráfico de barras.

4. El sonido

Podemos definir una onda de sonido como una cadena de variaciones de presión que se propagan como una onda acústica a través de un medio que puede ser sólido, líquido o gaseoso. De hecho, casi cualquier medio puede transmitir sonido pero como el aire es el medio que normalmente está en contacto con nuestros oídos es el que nosotros consideramos por defecto cuando hablamos de sonido. De la misma manera si no hay un medio por el que se puedan propagar las variaciones de presión entonces no puede haber sonido. Esa es la razón por la que no hay sonido en el espacio (Jaramillo, 2007).

Definido desde el punto de vista fisiológico, el sonido es la recepción e interpretación de estas ondas por el cerebro. Es básicamente la sensación que las ondas de presión producen en nuestros oídos. Para producir un sonido se necesita un emisor, un medio y un receptor. Las ondas sonoras que genera el emisor se originan por una vibración de partículas. Esto es lo que conocemos por sonido. Este se transmite por un medio elástico y llega al receptor que capta dichas ondas, las cuales se convierten en movimientos transmitidos hasta el oído interno que son luego asimilados por el cerebro. Cuando un objeto vibra realiza pequeños movimientos hacia adelante y atrás con los que empuja y atrae las partículas de aire que hay frente a él. Si pudiéramos visualizar la física detrás del sonido se vería como en la figura 6.

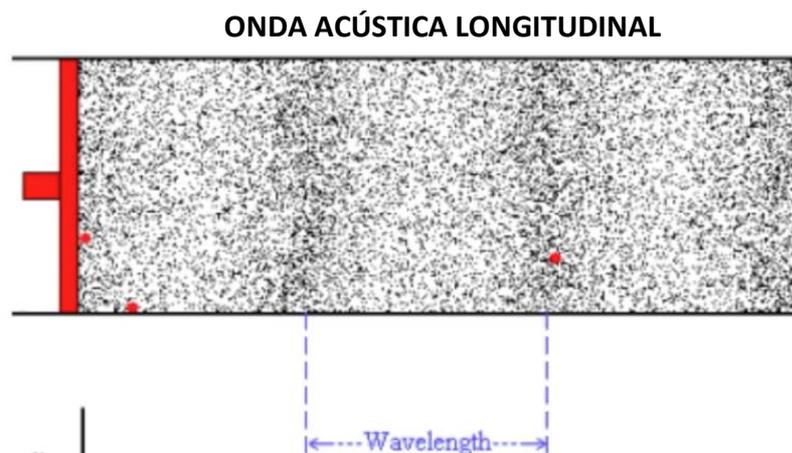


Figura 6. Representación de una onda acústica de presión.

Mientras el objeto se encuentra vibrando, durante su movimiento hacia adelante empuja las partículas de aire creando una región de aire comprimido o alta presión. Estas partículas empujan a las siguientes y esas a las siguientes, causando que se propague en el aire una región de alta presión. Durante el movimiento del objeto hacia atrás este atrae partículas de aire creando una región de aire expandido o baja presión. En este caso las partículas atraen a las siguientes propagando la región de baja presión a través del aire. Es importante mencionar que las partículas de aire no se trasladan como tal sino que únicamente vibran en su punto de equilibrio. Este patrón continua repitiéndose mientras el objeto siga vibrando.

La vibración transmitida se debilita conforme aumenta la distancia por eso los sonidos lejanos los escuchamos más débilmente. La onda de abajo es simplemente una representación gráfica más visual y simple de lo que sucede en realidad.

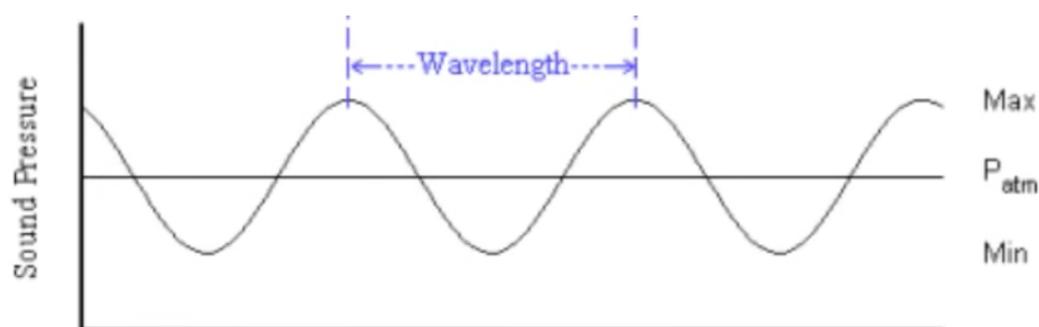


Figura 7. Representación de una onda sonora senoidal.

En la gráfica los picos superiores marcan los puntos de alta presión y los picos inferiores los de baja presión. La longitud de onda, expresada en unidades de longitud como los metros o los centímetros, es la distancia física entre dos puntos idénticos del patrón de vibración de la onda. Dentro del rango audible (20Hz-20kHz) la longitud de onda puede medir desde aproximadamente 2 centímetros hasta los 17 metros.

El sonido se propaga en todas las direcciones y el frente de ondas es esférico por lo que las zonas de alta y baja presión se comportan como esferas concéntricas. Si hiciésemos una representación en dos dimensiones de este fenómeno tendríamos algo parecido a la imagen.

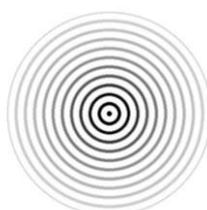


Figura 8. Representación en dos dimensiones de una onda sonora.

Las siguientes dos formas de visualizar el sonido las observamos cuando representamos una pista de audio en un software de edición musical. La diferencia radica en que el primero está visto desde lejos y el otro desde cerca.

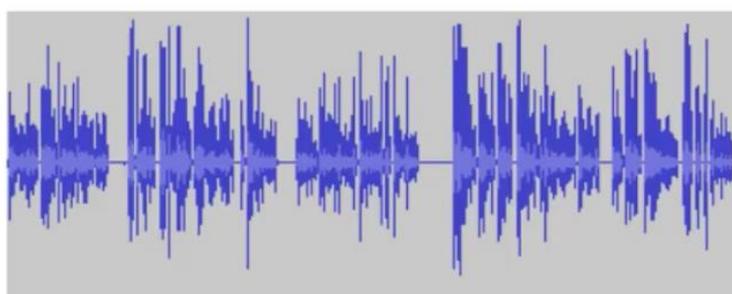


Figura 9. Señal de audio vista en un software de edición musical.

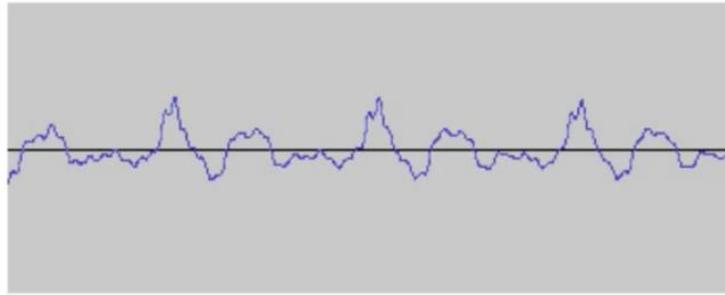


Figura 10. Señal de audio vista en un software musical con zoom.

La velocidad a la que viaja el sonido depende del medio en el que se propaga y de la temperatura en este medio. Para aire seco a 20°C su velocidad es de aproximadamente 343 m/s o 1234 km/h y es la referencia adoptada en el sistema internacional. Por ejemplo, un avión supersónico viajando a velocidad MATCH 1 viaja a 1234 km/h. Si viaja a MATCH 2 la velocidad es el doble, 2468 km/h. En la figura 11 vemos un avión rompiendo la barrera del sonido. Las nubes se ven debido a que al romper la barrera del sonido se causa una condensación en el aire que rodea el avión.



Figura 11. Imagen de un avión rompiendo la barrera del sonido.

En el siguiente apartado vamos a hablar de las propiedades del sonido desde el punto de vista musical, que son principalmente cuatro: la intensidad, la duración, la altura y el timbre.

4.1. Cualidades del sonido

- **Intensidad**

La intensidad o amplitud describe cómo de fuerte o silencioso es un sonido. Es lo que comúnmente denominamos “volumen”. Se da físicamente por la variación de presión en la onda. Entre más variación haya más fuerte será el sonido. Cuando vemos la representación de una onda, la amplitud se corresponde con el valor del eje vertical.

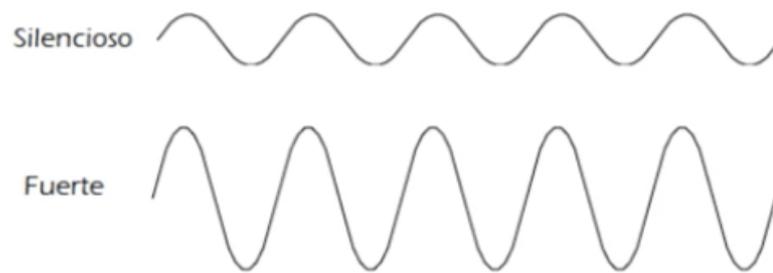


Figura 12. Ondas sonoras de distinta intensidad.

Hay que especificar que las palabras intensidad, amplitud y volumen significan cosas ligeramente diferentes y se utilizan en distintos contextos.

- **Duración**

La duración es el tiempo que transcurre desde que se comienza a percibir un sonido hasta que dejamos de escucharlo, es decir el tiempo que dura la vibración de las ondas sonoras. Por ejemplo, los tonos de una llamada telefónica cuando estamos esperando a que nos contesten duran aproximadamente un segundo y cuando la línea se encuentra ocupada el teléfono emite tonos más cortos, de aproximadamente un 1/3 de segundo. También podemos decir que una canción dura 2:30 minutos. Esa sería la duración del sonido de la canción.

En música, la duración de las notas se representa con diferentes símbolos llamados figuras musicales, cuyos valores son fracciones relativas de una “redonda” que se considera un valor entero. Por ejemplo, una blanca durará la mitad que una redonda y una negra la mitad de una blanca.

| Figura | Nombre | Valor |
|--------|-------------|-------|
| ● | Redonda | 1 |
| ♪ | Blanca | 1/2 |
| ♩ | Negra | 1/4 |
| ♪♪ | Corchea | 1/8 |
| ♩♪♪ | Semicorchea | 1/16 |

Figura 13. Figuras musicales y su duración relativa.

- **Altura**

La altura define cómo de grave o agudo es un sonido. Es lo que nos permite diferenciar una nota musical de otra aunque provengan del mismo instrumento. La característica que define esto es la **frecuencia** de la onda. Esta magnitud se mide en Hercios (Hz), que son la cantidad de veces que se repite el patrón de vibración de un sonido periódico en un segundo. Cuando hablamos de un sonido periódico nos referimos a que tiene un patrón de vibración constante, por lo que la onda es igual cada vez que se repite. Por ejemplo, una onda de baja frecuencia tiene una vibración relativamente lenta y por lo tanto una longitud de onda larga.

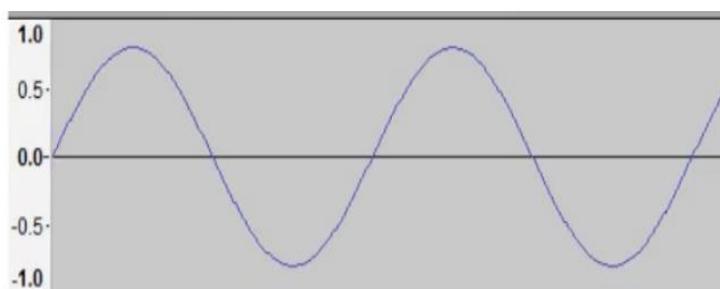


Figura 14. Onda sonora de baja frecuencia y tono grave.

Por el contrario, una onda de alta frecuencia tiene una vibración rápida y una longitud de onda corta.

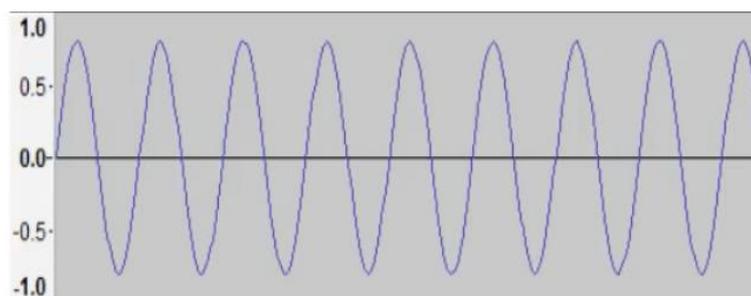


Figura 15. Onda sonora de alta frecuencia y tono agudo.

- **Timbre**

El timbre es lo que nos permite distinguir los sonidos emitidos por distintos instrumentos musicales o la voz de distintas personas, aunque estén tocando o entonando la misma nota. En música también se denomina el “color” del tono musical. La característica que define esto es la forma de la onda y por consiguiente su contenido espectral. Aunque es más útil analizar el sonido desde el punto de vista del contenido espectral por el momento lo veremos desde el punto de vista de la forma de onda, que es más sencillo de visualizar.

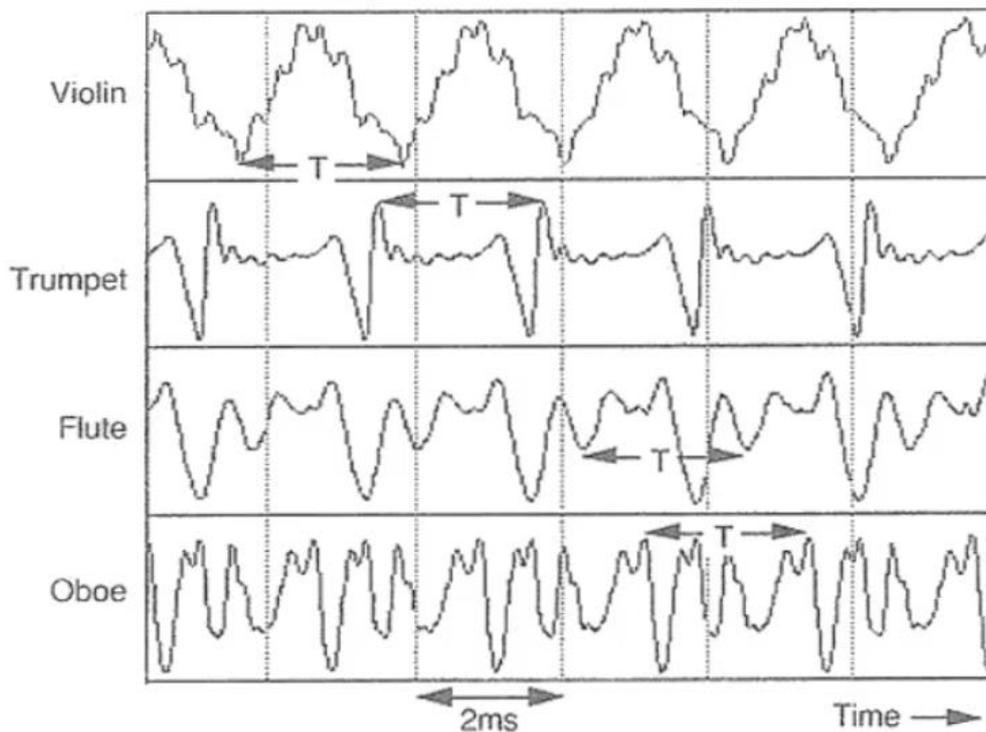


Figura 16. Ondas sonoras de distintos instrumentos musicales tocando la misma nota.

En la imagen anterior vemos las formas de onda de cuatro instrumentos: violín, trompeta, flauta y oboe. Podemos observar que las cuatro tienen una forma de onda diferente que representa la manera en la que cada instrumento vibra y por consiguiente, cómo van a ser las variaciones de presión que cada uno produce en el aire. Es por esta diferencia por lo que percibimos cada sonido de manera diferente a pesar de que estén tocando la misma nota musical, **La4**. Es lo que sucede en la imagen. Aunque cada onda tiene un patrón de vibración distinto su frecuencia, que es la inversa del periodo T , es la misma, **440Hz**.

El timbre del sonido es su característica más particular y tiene que ver con los armónicos de la onda sonora. Los armónicos se generan partiendo de un sonido base con una frecuencia determinada, al que llamaremos fundamental. A partir de este sonido se genera el primer armónico que posee el doble de frecuencia que la fundamental pero menor intensidad. De este armónico sale otro que posee el triple de frecuencia que la fundamental y aún menor intensidad. Esto se va repitiendo sucesivamente hasta el 16º armónico, que posee una frecuencia 16 veces más alta que la fundamental.

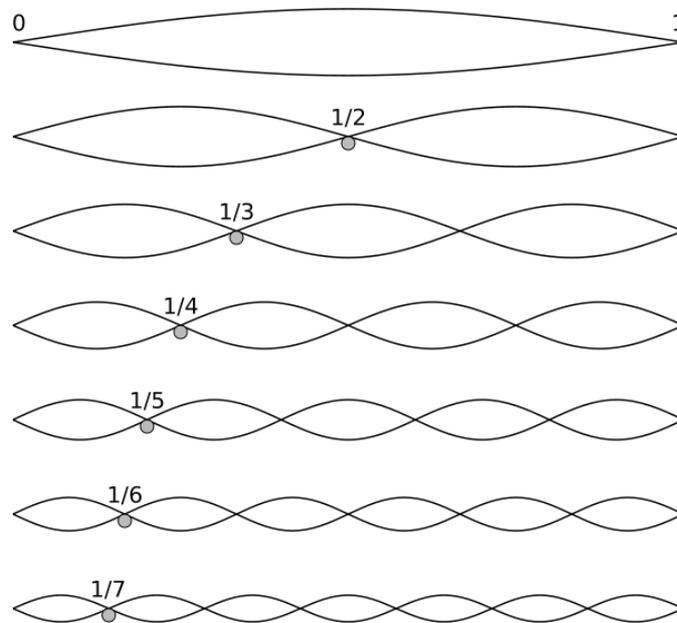


Figura 17. Onda fundamental y sus seis primeros armónicos.

Debido a que la intensidad de los armónicos disminuye progresivamente son prácticamente imperceptibles para el oído humano. Esta composición del sonido fundamental y los distintos armónicos con sus distintas amplitudes es la que conforma el timbre característico de un emisor de sonido, ya sea este un instrumento musical, una voz humana, el canto de un pájaro o cualquier otro sonido generado por un objeto.

4.2. Nivel de sonido. El decibelio.

Es común escuchar que el decibelio es la unidad de medición del sonido, sin embargo esta afirmación es incorrecta. El decibelio es una unidad de medición utilizada no solo en sonido sino también para voltaje, potencia y algunos otros casos y que principalmente tiene dos funciones: expresar no una magnitud sino la relación entre la medición realizada y una referencia previamente establecida y reducir una escala numérica muy extensa a una más pequeña utilizando un logaritmo.

Un logaritmo es una función con dos número, a y b , que como resultado nos dará el exponente necesario para que b elevado a ese exponente de cómo resultado a . Al número b se le llama la base del logaritmo.

$$\log_b a = c \quad b^c = a$$

Por ejemplo, este logaritmo se leería como el logaritmo en base 2 de 8 y el resultado es 3 porque 2 elevado a 3 es 8.

$$\log_2 8 = 3 \quad 2^3 = 8$$

Cuando el logaritmo no muestra una base explícita normalmente se asume que el logaritmo es de base 10.

$$\log a = \log_{10} a$$

Cuando trabajamos con amplitudes de onda el valor en decibelios se calcula con la primera fórmula pero cuando utilizamos potencias se utiliza la segunda.

$$dB = 10 \log \left(\frac{\text{magnitud medida}}{\text{referencia}} \right)$$

$$dB = 20 \log \left(\frac{\text{magnitud medida}}{\text{referencia}} \right)$$

La regla general es que cero decibelios significa que la medición es igual que la referencia. Decibelios positivos significan que la medición es mayor que la referencia y decibelios negativos que la medición es menor que la referencia. Por ejemplo, los decibelios de nivel de presión de sonido o dB SPL (Sound Pressure Level) son los que se usan específicamente para medir nivel de sonido. En la fórmula vemos que están referenciados a 20 micropascales, la presión mínima audible.

$$dB \text{ SPL} = 20 \log \left(\frac{\text{presión medida}}{20 \mu Pa} \right)$$

$$20 \mu Pa = \text{Presión mínima audible}$$

Considerando que 0 dB significa "igual que la referencia" entonces 0 dB SPL es igual a 20μPa y los decibelios negativos corresponden a presiones demasiado bajas para poder ser percibidas por el oído

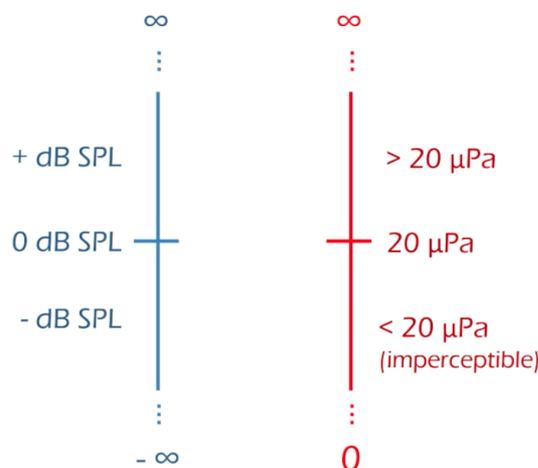


Figura 18. Comparativa entre los valores positivos y negativos de decibelios y su correspondencia con los valores de presión en pascales.

Los humanos podemos escuchar desde 0dB hasta 140dB SPL aproximadamente, donde empezamos a sufrir daños auditivos a los 90dB y el umbral del dolor está en los 130dB . En la figura 19 se indican los decibelios correspondientes a distintas situaciones de la vida cotidiana.

| | |
|--------------|-------------------------------------|
| 140 dB SPL | Límite de audición |
| 130 dB SPL | Avión despegando (umbral del dolor) |
| 120 dB SPL | Motor de avión en marcha |
| 110 dB SPL | Concierto |
| 100 dB SPL | Perforadora eléctrica |
| 90 dB SPL | Tráfico (comienza el daño auditivo) |
| 80 dB SPL | Tren |
| 70 dB SPL | Aspiradora |
| 50/60 dB SPL | Aglomeración de gente |
| 40 dB SPL | Conversación |
| 20 dB SPL | Biblioteca |
| 10 dB SPL | Respiración tranquila |
| 0 dB SPL | Umbral de audición |

Figura 19. Nivel de decibelios asociado a sonidos de situaciones cotidianas.

Si convertimos estos niveles de sonido a pascales despejando la formula de los decibelios obtenemos los resultados que vemos en la figura 20. Se observa claramente cómo los decibelios reducen el extenso rango entre 20 μ Pa y 200Pa y además convierten el incremento exponencial de presión en un incremento lineal.

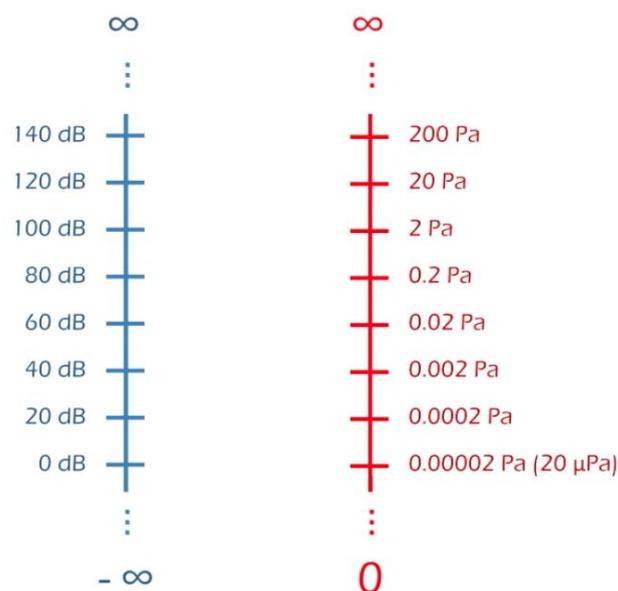


Figura 20. Comparativa entre los valores de intensidad sonora en una escala logarítmica de decibelios y una lineal de pascales.

Una consideración importante es que el sonido se atenúa con la distancia así que siempre es necesario especificar la distancia a la que se mide una fuente sonora.

Igual que en el caso de las frecuencias, las intensidades de sonido también las percibimos de forma logarítmica, es decir la escala de los decibelios está más asociada a cómo nuestro oído percibe la intensidad de sonido a diferencia de la escala lineal en pascles que está más relacionada a cómo se produce el sonido en el mundo real.

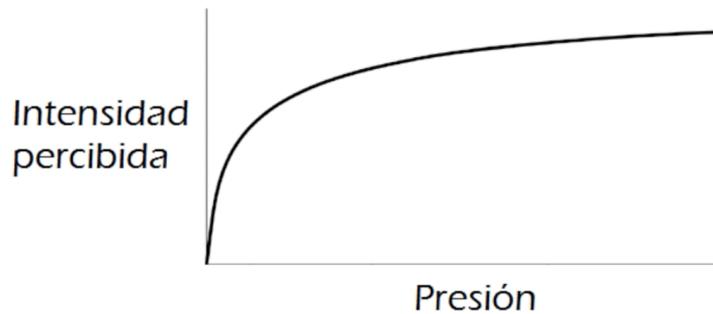


Figura 21. Representación logarítmica de la intensidad percibida en función de la presión.

El doble de una amplitud no lo percibimos como el doble de volumen sino que de acuerdo a la psicoacústica, nuestro oído percibe el doble de volumen con cada incremento de 10 dB SPL, es decir una presión 3,16 veces mayor.

En la siguiente gráfica de la respuesta de frecuencia del oído podemos ver que los decibelios utilizados no son dB SPL sino que son relativos a la magnitud medida en 1kHz independientemente de cual haya sido esa magnitud.

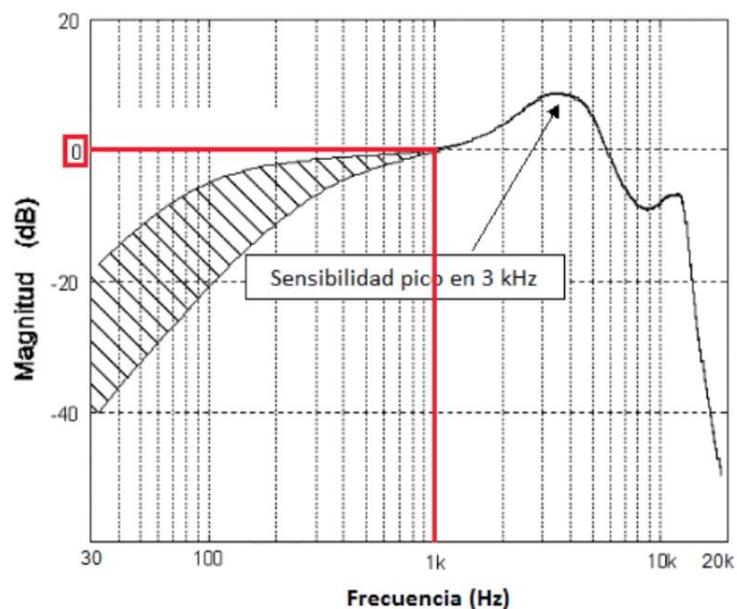


Figura 22. Gráfica de la sensibilidad del oído humano.

Los decibelios también son utilizados en la amplificación de señales sonoras. Amplificar una onda significa multiplicar el valor de todos sus puntos individuales por un número. Por ejemplo, para amplificar una onda al doble de su amplitud multiplicamos todos sus puntos por 2. Una atenuación es simplemente amplificar o multiplicar por un número positivo menor a 1. En el caso de utilizar 0,5 la amplitud se reduciría a la mitad. En la tabla 1 se muestran algunas conversiones comunes entre escala lineal y decibelios.

| Escala lineal | Decibeles |
|---------------|------------------------------|
| x2 | +6 dB |
| x4 (x2 x2) | +12 dB (+6 dB + 6 dB) |
| x8 (x2 x2 x2) | +18 dB (+6 dB + 6 dB + 6 dB) |
| ÷2 (x 0.5) | -6 dB |
| ÷4 (÷2 ÷2) | -12 dB (-6 dB - 6 dB) |
| x10 | +20 dB |
| ÷10 | -20 dB |

Tabla 1. Conversiones entre escala lineal y decibelios.

Por ejemplo, si tenemos una onda con una amplitud de 0,5 y le sumamos 6 dB transformamos su amplitud al doble, por lo que su nueva amplitud será 1. De la misma forma, si le restamos 6 dB reducimos su amplitud a la mitad, regresando a 0,5 de amplitud. Y si volvemos a restar 6 dB vuelve a reducir su amplitud a la mitad, obteniendo 0,25. Es por esta razón que cada atenuación consecutiva parece tener menos efecto sobre la onda a pesar de que siempre se esté restando el mismo número de decibelios.

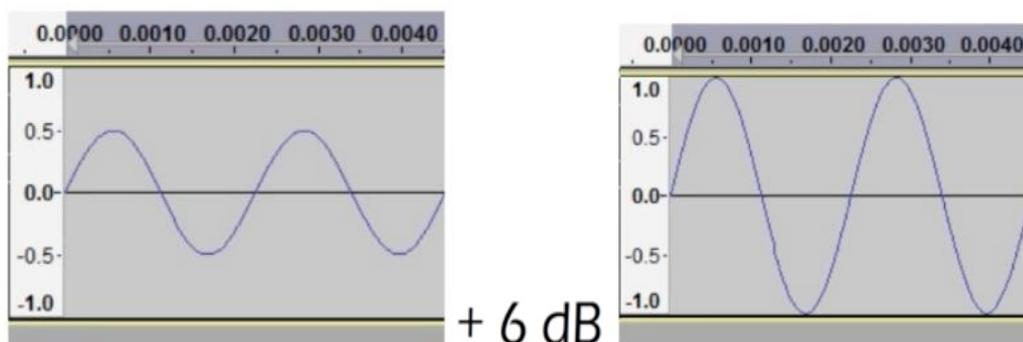


Figura 24. Un aumento de 6 dB duplica la amplitud de la onda.

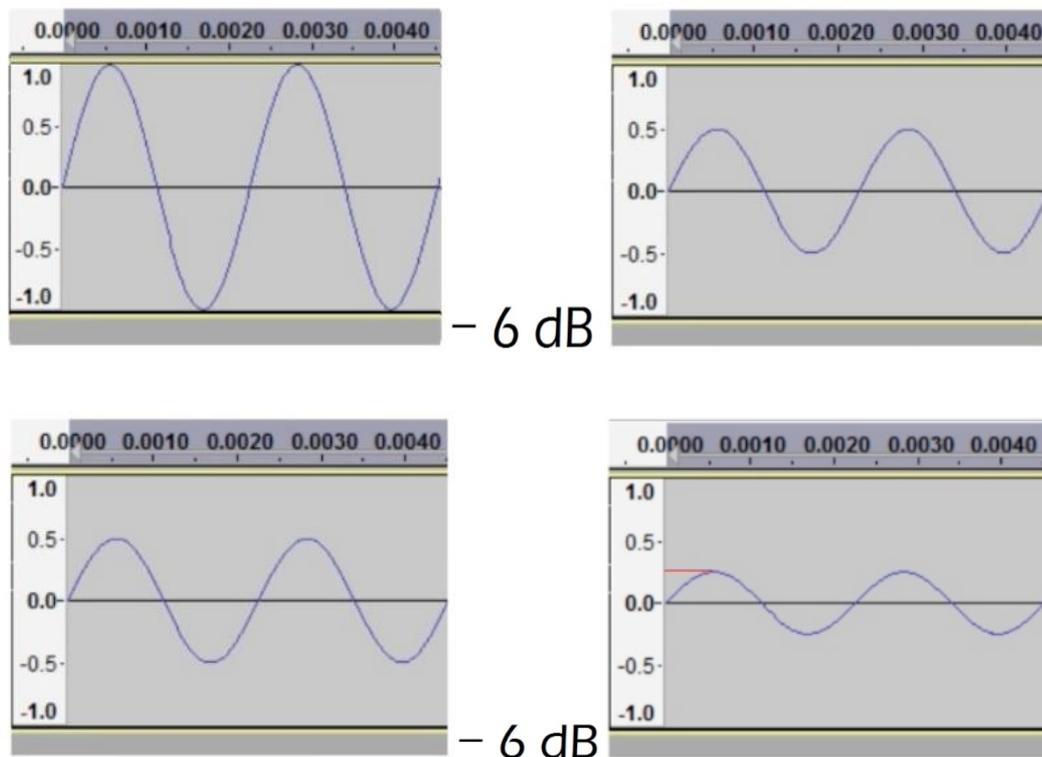


Figura 25. Una disminución de 6 dB reduce la amplitud de onda a la mitad.

4.3. Análisis espectral. El espectro de frecuencias.

El análisis espectral consiste en analizar un sonido no respecto a su forma de onda sino como la superposición de ondas senoidales que serían necesario sumar para obtener la forma de onda original. Este conjunto de ondas senoidales, que es particular para cada forma de onda específica, es lo que llamamos su espectro de frecuencias.

Cuando hablamos de análisis espectral es muy común usar la palabra frecuencias para referirse a cada una de las ondas senoidales que existen dentro del espectro. El espectro de frecuencias se obtiene a través de una ecuación que llamada la Transformada de Fourier. Es un calculo muy complicado para ser realizado a mano pero afortunadamente los ordenadores pueden llevar a cabo una simplificación denominada la **Transformada Rápida de Fourier (FFT)** en una fracción de segundo.

Por ejemplo, si mediante la FFT obtenemos el espectro de frecuencias de una onda senoidal de 440 Hz, solo vamos a observar una frecuencia, porque solo se necesita una frecuencia para crear una onda senoidal. La frecuencia y la amplitud que observamos en el espectro son las mismas que las de la onda analizada.

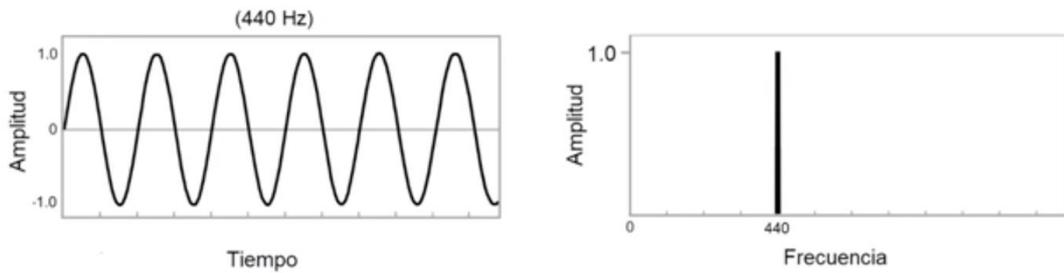


Figura 26. Forma de onda senoidal y su espectro de frecuencias.

Al obtener el espectro de una onda cuadrada vamos observamos que esta está formada por varias frecuencias con distintas amplitudes que serán las necesarias para formar la onda cuadrada una vez sumadas todas ellas.

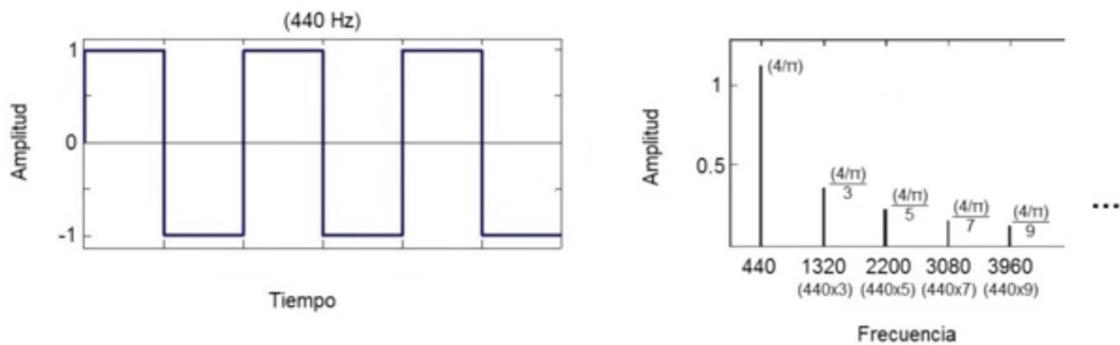


Figura 27. Forma de onda cuadrada y su espectro de frecuencias.

En el espectro de un sonido periódico, a la onda de menor frecuencia se le llama **fundamental** y a las demás, si son múltiplos de la fundamental, se les llama **armónicos**. La frecuencia de la fundamental se corresponde con la de la onda compuesta y es la que determina la nota musical que escuchamos, mientras que los armónicos son los que le dan un timbre específico al tono y además le dan a la onda su forma característica.

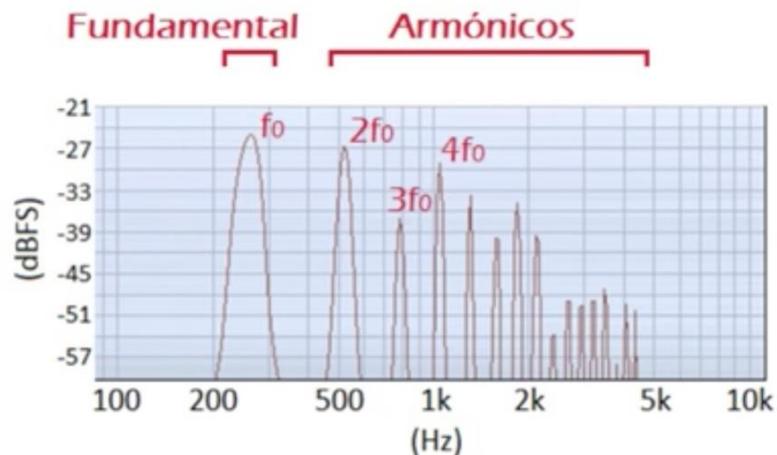


Figura 28. Espectro de frecuencias con la fundamental y algunos de sus armónicos.

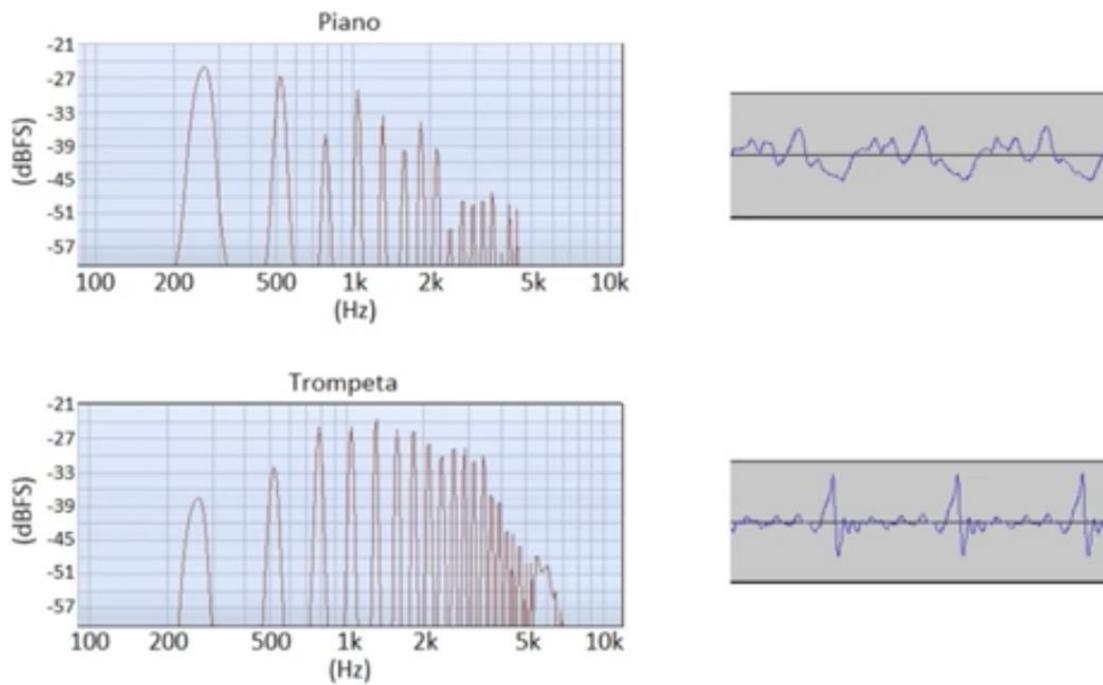


Figura 29. Comparación entre los espectros de frecuencias y las formas de onda de un piano y una trompeta.

Mientras que los sonidos en los que percibimos una nota musical predominante tienen componentes armónicas, los sonidos ruidosos tienen muchas componentes que no son múltiplos de la fundamental, es decir, son **inarmónicas**.

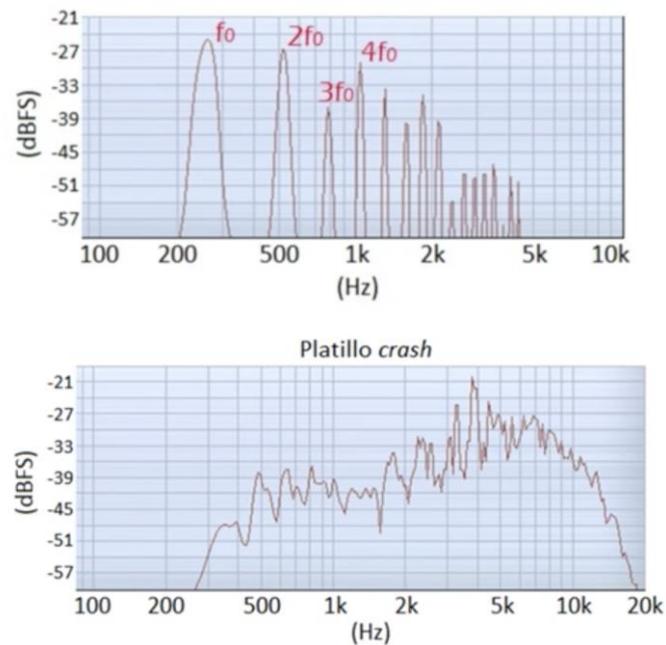


Figura 30. Comparativa entre el espectro de frecuencias de una nota musical emitida por un piano y del sonido de un plato de una batería.

En la música, el contenido espectral cambia con el tiempo ya que las notas musicales, los instrumentos y sus amplitudes varían en diferentes momentos así que para visualizarla en términos de sus frecuencias tendríamos que utilizar un espectrograma, que nos permite ver la variación en el tiempo en una sola gráfica.

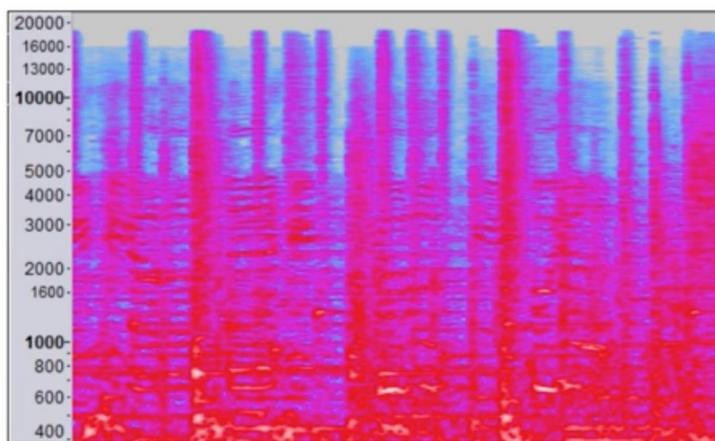


Figura 31. Ejemplo de un espectrograma.

También podríamos obtener el espectro de frecuencia de trozos pequeños de audio repetidamente, uno por uno muchas veces en el lapso de un solo segundo. Esto último es lo que hacen los software de música para visualizar el sonido en forma de barras, donde cada barra abarca un cierto rango de frecuencias.

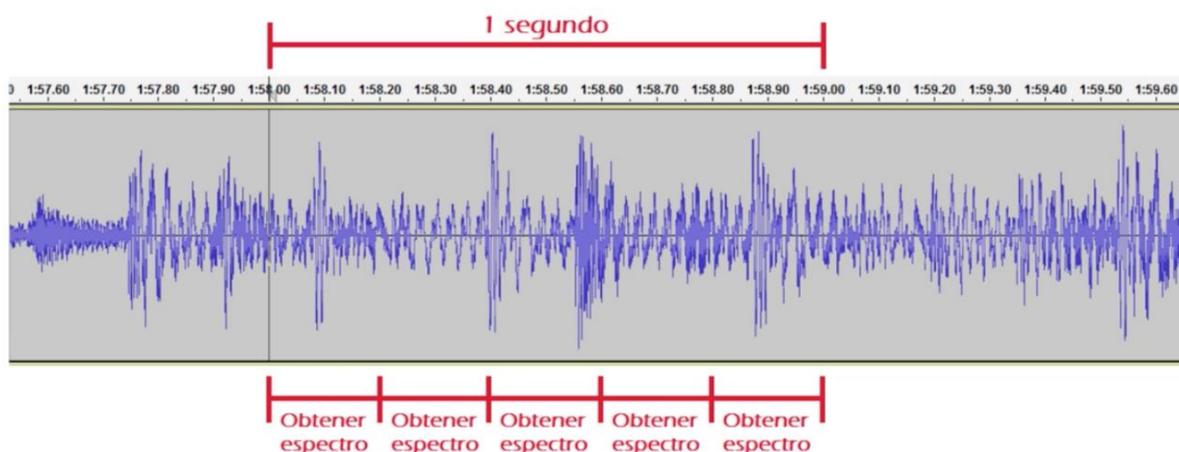


Figura 32. Representación gráfica del seccionamiento de una onda de sonido para obtener su espectro de frecuencia en franjas de 0,2 segundos.

5. El oído humano

El oído es el órgano del cuerpo humano encargado de la audición y del sentido del equilibrio. Es un mecanismo perfectamente engranado que permite convertir vibraciones del orden de décimas de nanómetro en impulsos eléctricos hasta 1000 veces más rápidamente que la velocidad con la cual los fotorreceptores pueden responder a la luz. Se divide en tres partes principales: el oído externo, encargado de recoger las ondas sonoras y canalizarlas hacia el interior; el oído medio, que transmite las vibraciones sonoras a la ventana oval; y el oído interno, que se encarga de transformar las vibraciones en señales eléctricas para enviarlas al sistema nervioso y al cerebro para su interpretación (Tortora & Derrickson, 2007).

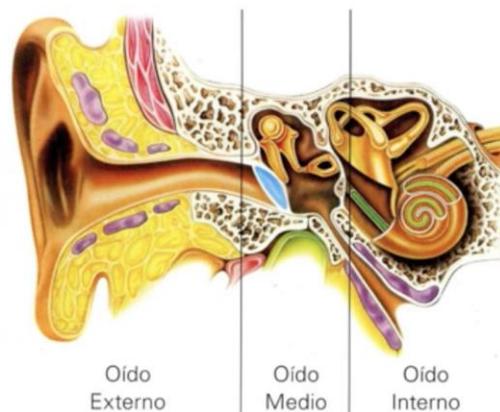


Figura 33. Imagen de las tres partes que componen el oído humano.

El oído externo está compuesto por la oreja o pabellón auricular y el canal auditivo, que termina en el tímpano. La oreja ayuda a captar el sonido más eficientemente ya que este impacta en su superficie y la hace vibrar mecánicamente transfiriendo estas vibraciones al canal auditivo. La oreja ayuda enormemente a captar el sonido que proviene de frente a nosotros y desde detrás y aumenta el área donde se puede percibir el sonido proveniente de los lados (Tortora & Derrickson, 2007). Sin la oreja, el único sonido que podríamos escuchar bien sería el que incidiese perpendicularmente al canal auditivo.

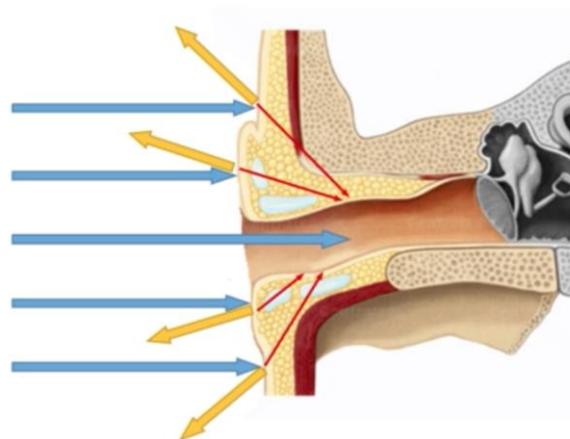


Figura 34. Representación del oído externo sin la oreja.

El oído medio es una cámara de aire con pequeños huesos cuya función es amplificar las vibraciones antes de transferirlas al oído interno. Esto es necesario ya que el oído interno está lleno de un líquido espeso en vez de aire, así que las vibraciones deben ser mas fuertes. El tímpano es una membrana que vibra de acuerdo a las variaciones de presión que impacta sobre él. El tímpano transfiere las vibraciones a estos huesecillos que funcionan como una palanca concentrando la fuerza en el último, el estribo, que golpea la ventana oval que es lo que conecta con el oído interno. La amplificación se logra porque el extremo del estribo es mucho más pequeño que el área del tímpano, así que la misma cantidad de energía mecánica se concentra en un área menor (Tortora & Derrickson, 2007).

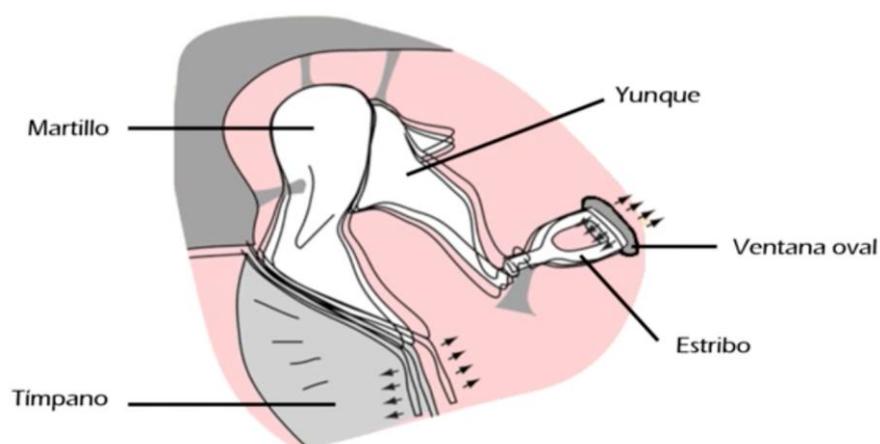


Figura 35. Dibujo del oído medio y los movimientos que produce la vibración del tímpano.

Además el oído medio está conectado a la nariz por medio de la trompa de Eustaquio. La finalidad de esto es que se pueda igualar la presión del aire exterior con la presión del aire en el oído medio. Una diferencia entre estas dos presiones nos causa la típica sensación de presión en el oído cuando estamos en un avión o conduciendo a través de montañas.

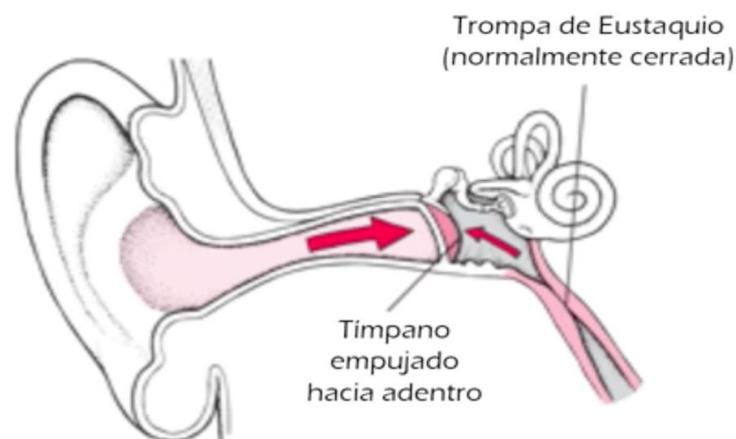


Figura 36. Dibujo oído junto a la trompa de Eustaquio.

A través de la ventana oval el sonido se transfiere a la cóclea, dentro de la cual se encuentra enrollada la membrana basilar (figura 37). Si la desenrollamos vemos que esta membrana es delgada y rígida en su base y ancha y flexible en el otro extremo llamado ápice (figura 38), cambiando gradualmente de un extremo a otro (Sanagustín, 2013).

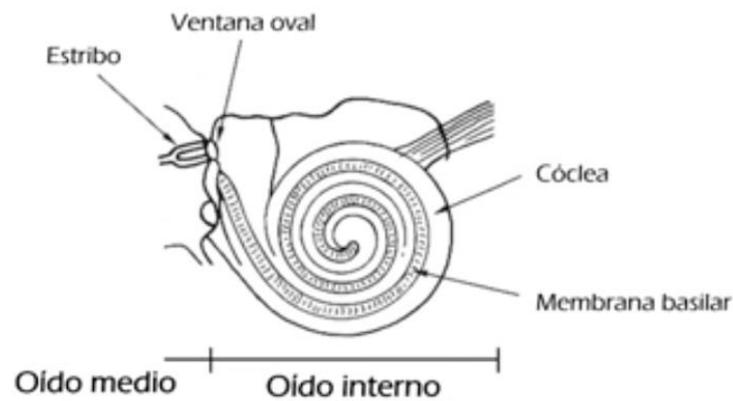


Figura 37. Dibujo de la cóclea.

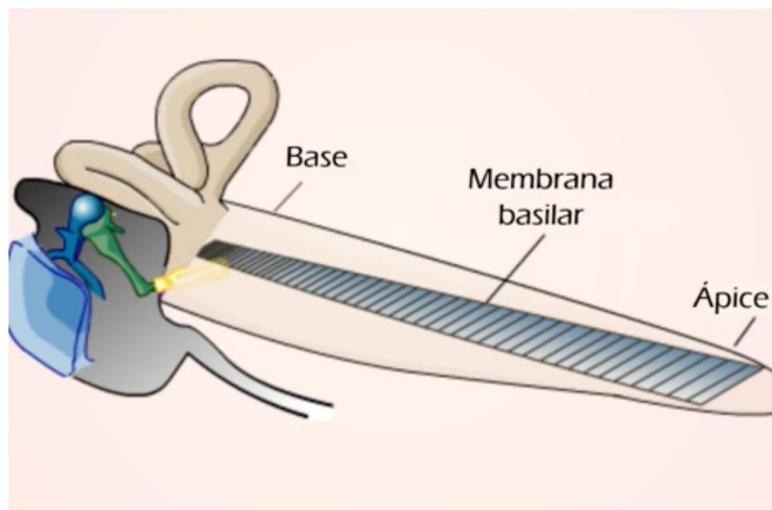


Figura 38. Representación de la cóclea desenrollada y sus partes.

Esa estructura hace que las diferentes frecuencias que componen el sonido resuenen en diferentes puntos. Las altas la hacen vibrar en su base y las bajas en su ápice, como vemos en la figura 39. Esto hace vibrar el órgano de Corti hacia arriba y hacia abajo y hace vibrar la membrana tectorial hacia los lados, y a su vez ambos estimulan a las células ciliadas (figura 40). Estas células producen la señal eléctrica que es enviada a nuestro cerebro a través del nervio auditivo y el sonido es percibido por nosotros hasta que estas señales eléctricas llegan a nuestro cerebro (Sanagustín, 2013).

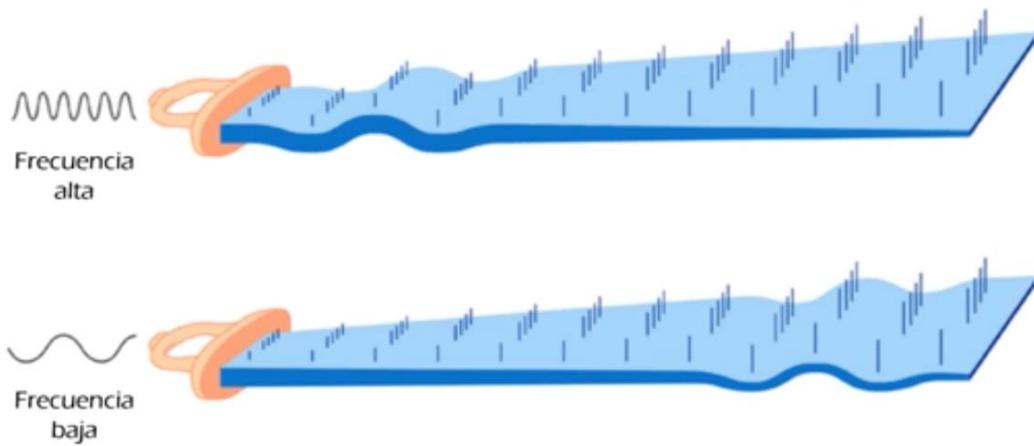


Figura 39. Representación de la vibración producida en diferentes partes de la cóclea para altas y bajas frecuencias.

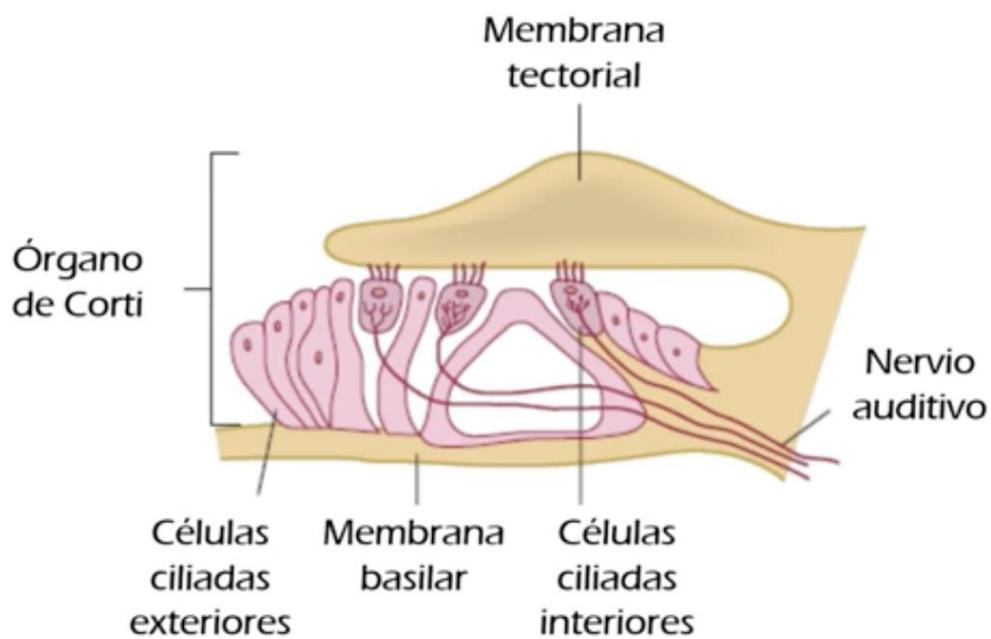


Figura 40. Corte transversal del órgano de Corti y las partes que lo componen.

Consideramos el hecho de que diferentes frecuencias resuenan en diferentes puntos de la membrana basilar. Este suceso básicamente se puede interpretar como que la membrana basilar está separando un sonido en sus diferentes componentes frecuenciales y las células ciliadas se encuentran en diferentes puntos sobre las membranas basilar, por lo que las células que serán estimuladas dependerán de los puntos donde resuene la membrana basilar. En otras palabras el oído interno realiza un análisis espectral, es decir, el sonido lo percibimos no en base a su forma de onda sino en base a su espectro de frecuencias. Es por esto que en una canción podemos percibir y poner la atención en diferentes instrumentos aunque estén mezclados en una sola forma de onda. Las frecuencias las percibimos por separado y somos capaces de poner la atención a diferentes grupos de frecuencias especialmente cuando ya sabemos como suenan los instrumentos por si solos.

La siguiente gráfica muestra el grado con el que podemos escuchar diferentes frecuencias. Observamos que tenemos la mayor sensibilidad alrededor de los 3kHz, que tiene sentido desde un punto de vista evolutivo ya que en esas frecuencias principalmente se encuentra la inteligibilidad de la voz humana. Mientras que nuestra sensibilidad cae mucho cuando nos acercamos a los extremos de los 20Hz y 20kHz.

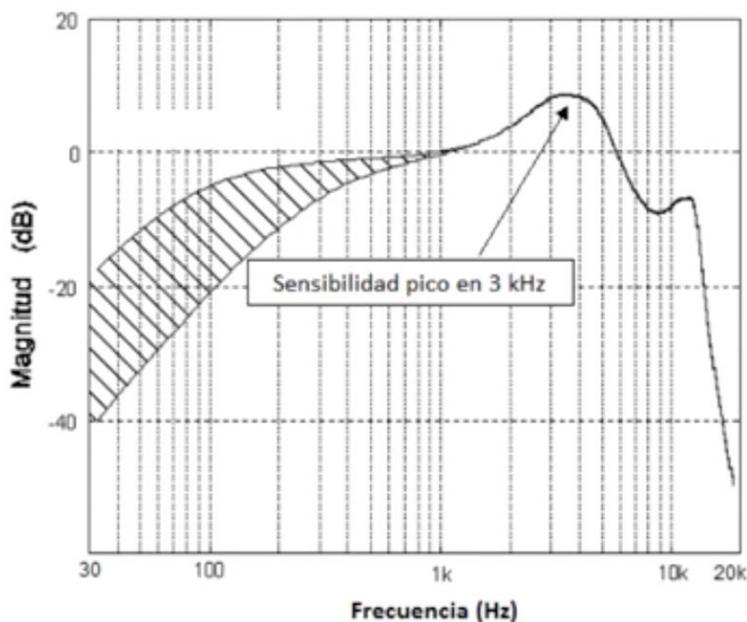


Figura 41. Gráfica de la sensibilidad del oído humano para distintas frecuencias.

La sonoridad es una medida subjetiva de la intensidad con la que el oído humano percibe un sonido que nos permite ordenar los sonidos en una escala de intensidad. Su unidad de medida es el Fonio.

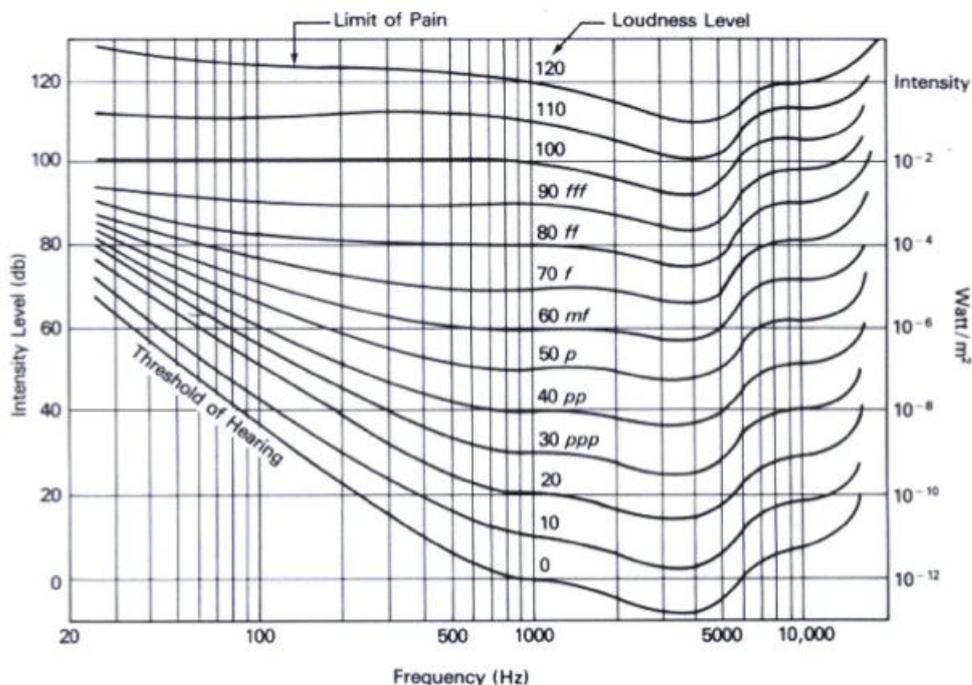


Figura 42. Curvas isofónicas.

En la figura anterior tenemos las curvas isofónicas. En ellas se representa el nivel sonoro que ha de alcanzar una onda sinusoidal de una determinada frecuencia para que sea percibida por el oído de la misma forma que un tono puro de 1000Hz a un nivel de intensidad dado. Cada curva representa puntos de la misma presión sonora, es decir, todos los puntos de una misma curva se perciben con la misma intensidad a pesar de que las intensidades reales varíen notablemente.

La curva inferior marca el umbral de audición, que es la mínima intensidad sonora que se requiere para que el oído perciba un sonido, y la superior el umbral del dolor, que representa el nivel de potencia sonora a partir del cual el oído empieza a notar sensación de dolor y a sufrir daños.

Podemos observar cómo las curvas se van aplanando a medida que aumenta la intensidad. Esto es debido a que según aumenta la presión sonora la dependencia de la frecuencia es menor. Si la intensidad sonora disminuyese, los primeros sonidos que dejaríamos de escuchar serían los graves y los últimos los que están en torno a los 3000Hz que es el punto para el que el oído humano tienen mayor sensibilidad.

Si nos fijamos en la curva de volumen 0, la que corresponde al umbral de audición, podemos ver que para percibir de la misma forma un sonido de 1000Hz que uno de 30Hz habría que aumentar su intensidad de 0dB hasta aproximadamente 65dB. Para un sonido a 10000Hz necesitaría una intensidad de aproximadamente 10dB.

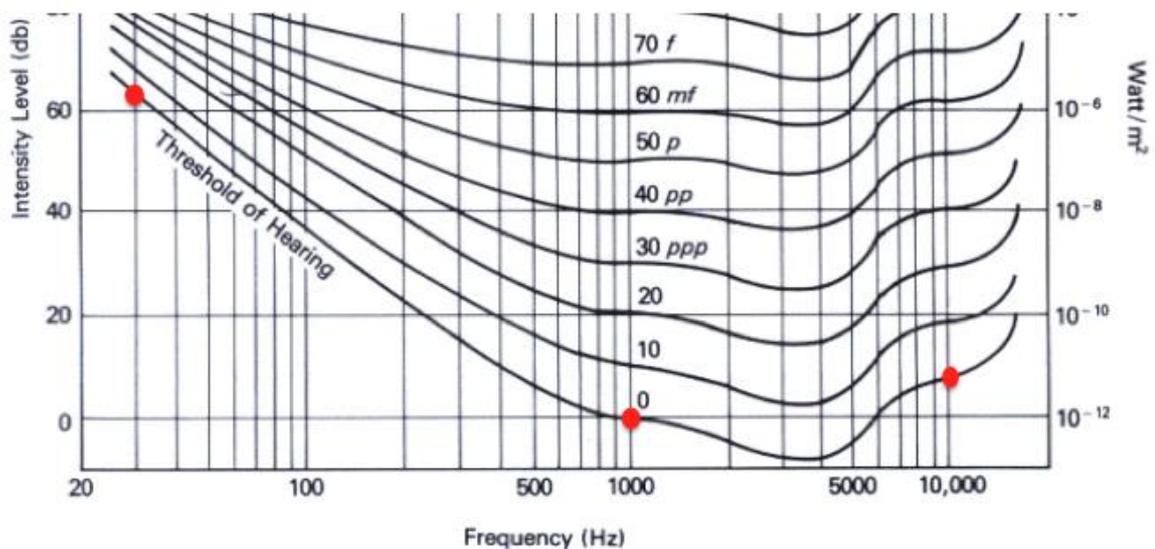


Figura 43. Puntos de la curva del umbral de audición con la misma sonoridad (0 fonos) para distintas frecuencias y distintos niveles de intensidad.

Si analizamos estas mismas frecuencias en la curva de volumen 100 vemos como el oído percibe de la misma manera el rango de frecuencias comprendido entre los 20Hz y los 1000Hz.

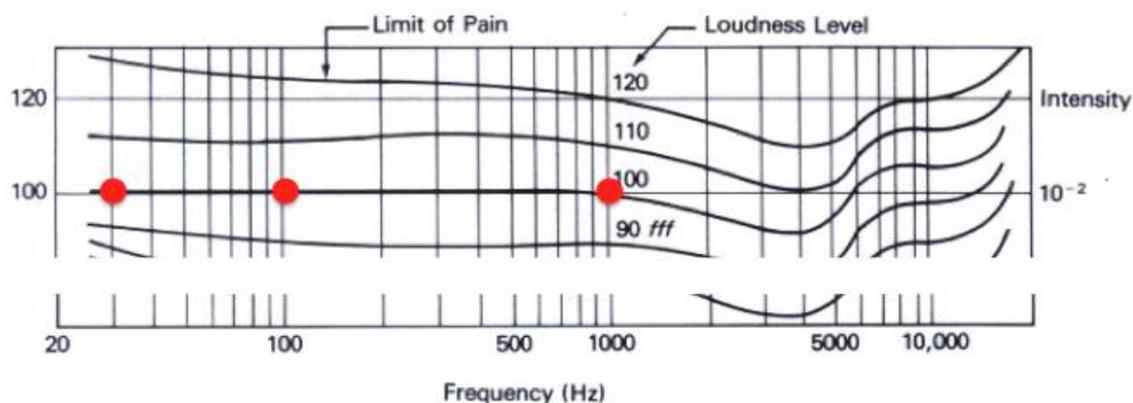


Figura 44. Puntos de la curva del umbral de audición con la misma sonoridad (100 fonios) para distintas frecuencias y mismos niveles de intensidad.

De la curva del umbral de dolor podemos sacar la siguiente lectura. Si percibimos un sonido de 1000Hz a 120dB estaríamos en el límite del dolor. Si aumentamos esa frecuencia a 4000Hz deberíamos disminuir la intensidad hasta 110dB para no sufrir mantenemos en el límite del umbral. Y si disminuimos la frecuencia a 50Hz podríamos aumentar el nivel hasta los 125dB.

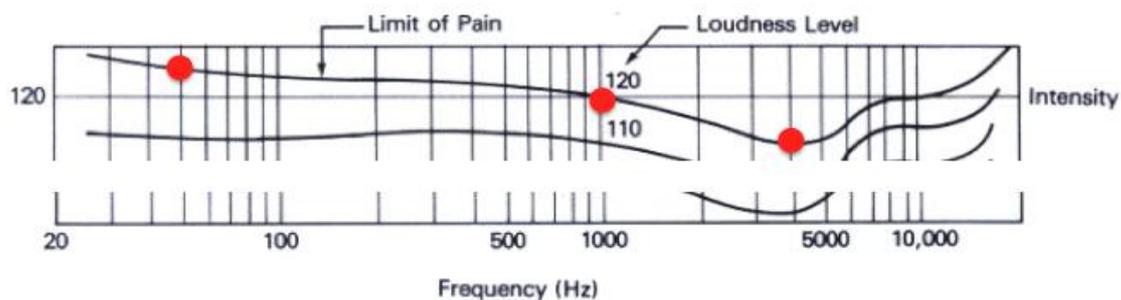


Figura 45. Puntos de la curva del umbral de dolor con la misma sonoridad (120 fonios) para distintas frecuencias y distintos niveles de intensidad.

Un dato curioso. Si te has preguntado por qué tu voz se escucha diferente después de grabarla esto es porque de hecho tu propia voz la escuchas a partir de dos fuentes combinadas: la voz que sale de tu boca y se transmite por el aire a tus oídos y la voz que se transfiere directamente de tu boca a tus oídos a través de vibraciones en tu cabeza. La demás gente así como los micrófonos solo escuchan la primera de estas fuentes. Así que parte de tu propia voz, literalmente, se queda dentro de tu cabeza.

6. Experiencias prácticas

A continuación encontramos dos ejemplos de prácticas que podrían utilizarse para explicar cuestiones relacionadas con el sonido dentro de la asignatura de música de 2º curso de ESO.

Hemos diseñado dos experiencias asociadas a dos de las propiedades del sonido: la intensidad y el timbre. En la primera de ellas mediremos la intensidad sonora ante varias situaciones de aislamiento acústico y analizaremos los datos obtenidos para dar una explicación científica. En la segunda analizaremos el espectro de frecuencia de distintos instrumentos musicales para observar el contenido armónico de cada sonido y entender influencia para diferenciar distintos timbres.

6.1. Práctica 1. Medición de la intensidad de señales sonoras.

Objetivos

El objetivo de esta práctica es que el alumno observe y comprenda cómo varía la intensidad acústica recibida por un receptor de sonido ante distintas situaciones de aislamiento acústico del emisor. La contaminación acústica es uno de los problemas ambientales que afectan a la sociedad en diferentes ámbitos. De ahí la importancia de conocer la función del aislamiento acústico en entornos con altos niveles de ruido (Suárez & Espinosa, 2020).

Equipamiento necesario

- Teléfono móvil / ordenador (emisor).
- Teléfono móvil con Phyphox (receptor).
- Caja de cartón.
- Plástico.
- Toalla.
- Manta.

Preparación de la práctica

Antes de empezar la práctica nos aseguraremos que el teléfono que funciona como receptor tiene descargada e instalada la aplicación Phyphox. Si no es así habrá que descargarla desde AppStore o GooglePlay dependiendo de si el sistema operativo del teléfono es iOS o Android.

Así mismo necesitamos que el emisor (teléfono u ordenador) tenga un generador de tono. Para ello podemos utilizar el que incluye Phyphox o podemos utilizar uno online, por ejemplo <https://onlinetonegenerator.com>

Una vez que estamos listos, seleccionamos una frecuencia y un volumen en el emisor. Durante toda la práctica estos valores se mantendrán constantes siendo las condiciones de aislamiento acústico del emisor las que modificaremos. También se mantendrán fijas las posiciones elegidas para el emisor y el receptor. Para simular las distintas condiciones de aislamiento proponemos varias situaciones que son fáciles de conseguir:

- Emisor al aire libre.
- Emisor dentro de una caja de cartón.
- Emisor envuelto plástico.
- Emisor envuelto en una toalla.
- Emisor envuelto en una manta.

Toma de datos

Estamos listos para comenzar las mediciones. Abrimos phyphox en el receptor y seleccionamos la herramienta **“Amplitud de audio”**. Reproducimos el tono en el emisor, pulsamos el botón de “Reproducir” en el receptor, grabamos la medida durante unos segundos y lo pausamos. Modificamos el aislamiento del emisor y registramos la nueva medida. Repetimos estos pasos para todas las condiciones de aislamiento propuestas hasta obtener una gráfica como vemos en la siguiente imagen.



Figura 46. Captura de pantalla de la utilidad amplitud de audio una vez realizada la toma de datos para las distintas condiciones de aislamiento acústico

Notas:

- *Para que las medidas sean lo más precisas posibles es conveniente hacer esta práctica en un lugar que no haya mucho ruido ambiental ya que este podría influir en el nivel de dB que registramos en la aplicación.*
- *Los valores en dB obtenidos no están calibrados. Esto no es importante desde el punto de vista de que no estamos buscando una medida precisa de presión sonora sino observar la variación relativa de medidas en las distintas condiciones de aislamiento.*
- *Debido a la sensibilidad del dispositivo es recomendable que el observador ocupe la misma posición respecto al teléfono en cada medición para no distorsionar las medida.*

En el **anexo 2** podemos ver las imágenes con las mediciones obtenidas en Phyphox.

| Frecuencia = 440Hz | Nivel de dB (1ª medida) | Nivel de dB (2ª medida) | Nivel de dB (3ª medida) |
|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Emisor al aire libre | -29,64 | -33,19 | -30,53 |
| Emisor dentro de una caja de cartón | -38,92 | -39,74 | -39,94 |
| Emisor envuelto en plástico | -32,81 | -34,69 | -31,96 |
| Emisor envuelto en una toalla | -36,04 | -37,14 | -37,37 |
| Emisor envuelto en una manta | -38,82 | -38,28 | -38,55 |

Tabla 2. Mediciones del nivel de presión sonora para las distintas condiciones de aislamiento. Elaboración propia.

Análisis de los datos

Una vez tomados los datos los representamos en una gráfica utilizando Excel para compararlos entre sí.

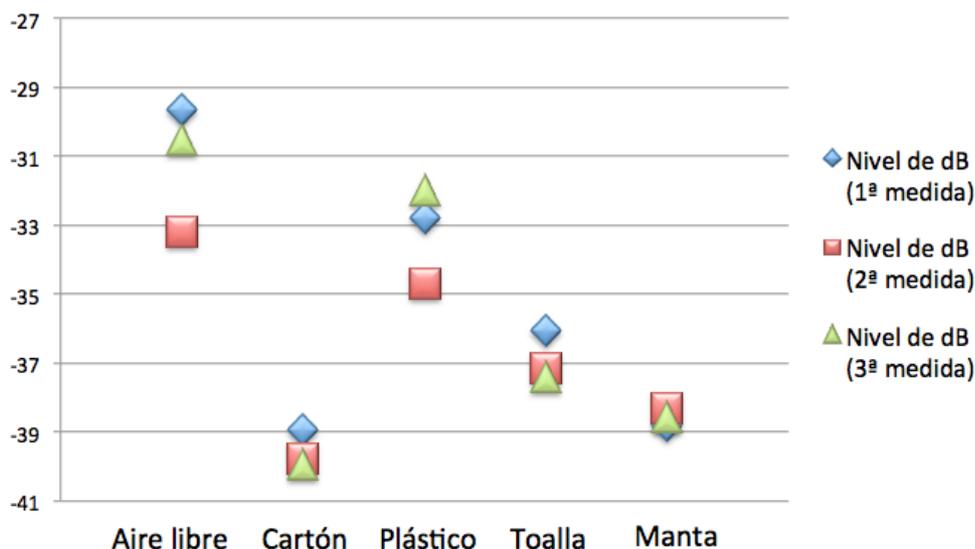


Figura 47. Representación gráfica de los valores obtenidos en las distintas mediciones.

Como mencionamos anteriormente no estamos buscando una explicación a los datos numéricos obtenidos sino a su variación ante las distintas formas de aislamiento acústico. En las tres mediciones podemos observar una misma evolución de los valores de la intensidad.

En todas ellas el valor más alto de decibelios se corresponde a la situación en la que el emisor se encuentra descubierto. Esto tiene su lógica ya que en este caso no hay ningún elemento que se oponga a la vibración de las partículas del aire, que es el medio por el que se propaga la onda sonora.

Al introducir el emisor en una caja de cartón completamente cerrada y cuyas paredes tienen una determinada rigidez creamos una barrera que obstaculiza la vibración de las partículas del medio por lo que la onda sonora pierde energía y por eso obtenemos una medida menor.

En las otras tres situaciones de aislamiento vemos que el nivel está en el rango intermedio de las primeras dos situaciones. Se puede observar cómo el plástico es el material que menos oposición genera a la transmisión del sonido por el aire. Entre los dos casos restantes, debido al grosor y al tipo de material, algodón para la toalla y lana para la manta, es esta última la que ofrece un mayor aislamiento acústico.

Evaluación

Para evaluar esta práctica se tendrán en cuenta varios criterios como son la entrega de un informe escrito, una breve exposición oral por parte de cada alumno y el desarrollo de la actividad. En el **anexo 4** se muestra una rúbrica con la que podríamos calificar estos aspectos.

Conclusiones

Podemos observar cómo el análisis de los resultados obtenidos concuerda con lo que vimos en la parte teórica sobre el nivel de sonido y su relación con los decibelios, cómo una menor medida implica que la intensidad del sonido es menor.

En el apartado del desarrollo teórico donde se habla de los decibelios y el nivel de sonido vimos como una reducción de 6dB en una onda significaba que su intensidad se reducía a la mitad. Pues bien, a raíz de los datos obtenidos podemos ver que con algunos de los aislantes propuestos conseguimos una disminución de la presión sonora de ese orden de magnitud e incluso mayor.

Esto nos puede dar una idea de la importancia del aislamiento acústico en lugares donde se generen ruidos o exista un nivel de sonido muy alto como pueden ser fábricas y sitios de ocio nocturno, como bares y discotecas. En estos recintos es fundamental incorporar métodos de aislamiento. Si bien en una discoteca no vamos a cubrir los altavoces con una manta o meterlos en cajas cerradas lo que si que se hace es recubrir las paredes y los techos con materiales aislantes. Con ello se consigue amortiguar el sonido que sale del recinto pero también los rebotes, reflejos y ecos que se producen dentro de la sala consiguiendo una mejor calidad del sonido, lo que hace que la música se pueda escuchar a un volumen menor y de esta forma proteger la audición de las personas.

Lo mismo sucede en entornos en los que se quiera potenciar la comunicación oral, como por ejemplo un aula de un instituto. Con el uso de estos aislantes se puede reducir el ruido ambiente, sobre todo para determinados rangos de frecuencia, facilitando la escucha de la voz.

Se podrían hacer adaptaciones de esta práctica. Una de ellas sería utilizando distintos materiales aislantes como, por ejemplo, cajas de cartón, madera, plástico y metal. También podríamos ver si hay alguna diferencia en la evolución del nivel sonoro si cada una de las tres medidas la hacemos a una frecuencia distinta, por ejemplo 440Hz, 880Hz y 1760Hz. Y también podríamos variar la distancia existente entre emisor y receptor, manteniendo la frecuencia y el volumen de la señal constante, para ver cómo afecta la distancia al nivel de decibelios que le llegan al receptor.

6.2. Práctica 2. Los armónicos y el timbre.

Objetivos

El objetivo de esta práctica es que el alumno comprenda qué es un espectro de frecuencias y que observe los obtenidos de distintos instrumentos musicales tocando la misma nota para así poder entender mejor qué son los armónicos de un sonido y cómo influyen en el timbre de los instrumentos.

Equipamiento necesario

- Teléfono móvil con Phyphox.
- Instrumentos musicales.

Preparación de la práctica

Antes de empezar la práctica nos aseguraremos que el teléfono tiene descargada e instalada la aplicación Phyphox. Si no es así habrá que descargarla desde AppStore o GooglePlay dependiendo de si el sistema operativo del teléfono es iOS o Android.

Abrimos Phyphox en el receptor y seleccionamos la herramienta “**Espectro de audio**”. En la pestaña de “Ajustes” seleccionamos la opción de 32768 muestras. Así conseguiremos unas imágenes del espectro de frecuencias con más resolución. Una vez hecho nos movemos a la pestaña de “Historia” y ya tendríamos el teléfono listo para comenzar la práctica.

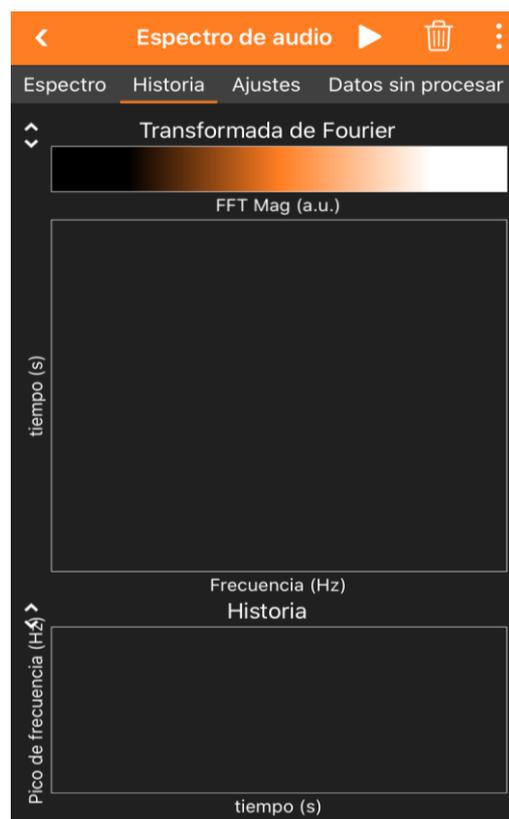


Figura 48. Imágenes de la utilidad “Espectro de audio”.

Realización de la práctica

Buscamos un espacio en el que el ruido ambiental no sea muy alto para que no interfiera con nuestra toma de muestras. En este caso no es tan importante como en la práctica anterior.

Escogemos una nota musical que será la que tocaremos en cada uno de los instrumentos. En nuestro caso hemos optado por **La4**, que se corresponde con la frecuencia de 440Hz.

Con el teléfono cerca nuestro pulsamos el botón de “reproducir”, tocamos la nota en el instrumento y Phypbox comenzará a registrar su espectro de frecuencias. Dejamos sonar la nota durante unos segundos y pulsamos otra vez el botón para detener el análisis. Obtendremos algo parecido a lo que vemos en la siguiente imagen.

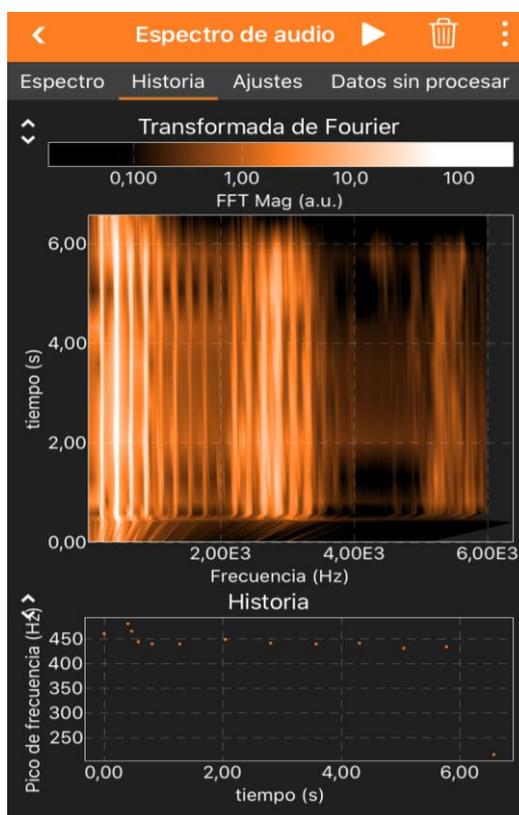


Figura 49. Imagen del espectro de frecuencias de la voz cantando un La.

En la parte superior observamos la imagen del espectro que se genera al aplicar la transformada rápida de Fourier a la onda sonora que emite el instrumento. Las líneas verticales representan la evolución de las distintas frecuencias a lo largo del tiempo. La línea situada más a la izquierda se corresponde con la frecuencia **fundamental**. A la derecha de esta y separadas de forma equidistante encontramos los armónicos de esta, que como se explicó en la parte teórica son frecuencias múltiplos de la fundamental.

En la parte inferior vemos una representación de la frecuencia en función del tiempo. Los puntos representan la frecuencia de pico en cada momento, es decir la fundamental del sonido. Como dijimos anteriormente en este caso son 440Hz durante todo el experimento.

Realizamos una captura de pantalla, limpiamos los datos pulsando sobre el icono de la papelera y configuramos de nuevo el número de muestras en la pestaña de “ajustes”. En este momento el teléfono está listo para analizar el siguiente sonido. Repetimos estos pasos con todos los instrumentos que tengamos obteniendo una serie de imágenes como las del **Anexo 3**, que posteriormente compararemos.

Interpretación de los resultados

Hemos elegido las siguientes imágenes para compararlas. Tenemos el espectro de frecuencia de un piano y de una guitarra eléctrica con sonido distorsionado.

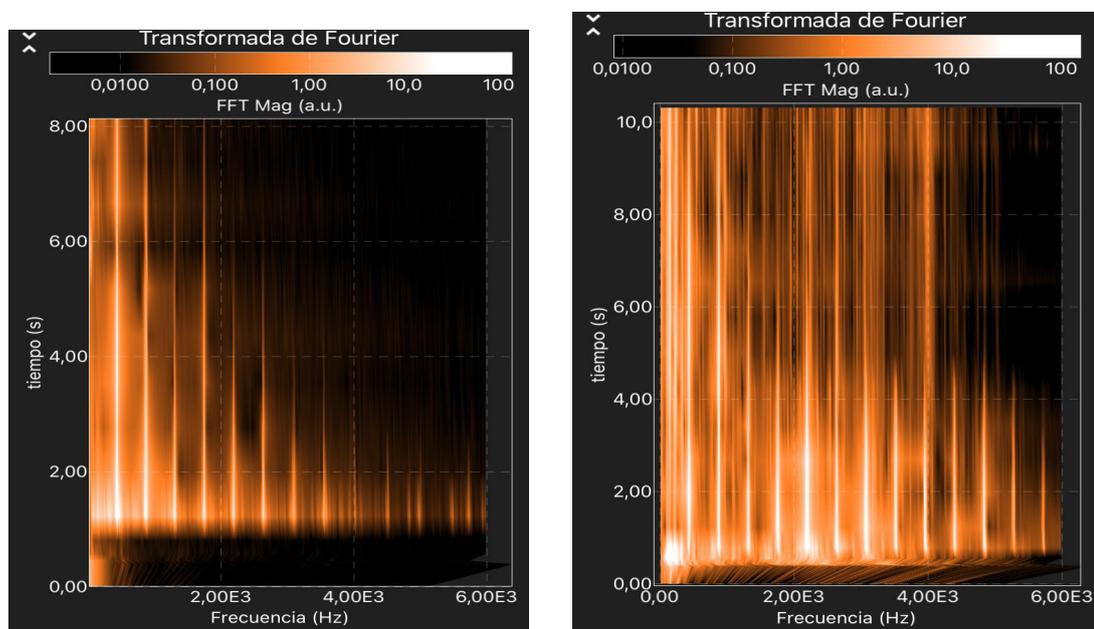


Figura 50. Imágen del espectro de frecuencias de un piano (izq.) y una guitarra eléctrica con sonido distorsionado (drcha.) tocando la nota La4.

Como vimos en el apartado de las cualidades del sonido donde hablamos del timbre, los armónicos son múltiplos de la frecuencia fundamental. En las gráficas la fundamental es la línea situada más a la izquierda y los armónicos están representados por las sucesivas líneas equidistantes entre sí a la derecha de la fundamental.

Podemos observar como el espectro del piano se compone principalmente de la frecuencia fundamental y de una sucesión de armónicos que van disminuyendo su intensidad de forma progresiva a medida que la frecuencia aumenta, siendo

bastante débil a partir del 8º armónico. Además observamos algunas componentes inarmónicas pero son pocas.

En el espectro de la guitarra también vemos la fundamental y los armónicos que, en este caso, mantienen su intensidad más constante en relación a la frecuencia anterior, pudiendo llegar a percibir hasta el 12º armónico. Podemos observar también cómo aparecen muchas líneas de menor intensidad entre los armónicos. Estas se corresponden a las frecuencias inarmónicas que aparecen al añadir la distorsión y que componen el sonido de la guitarra.

Evaluación

Para evaluar esta práctica se tendrán en cuenta varios criterios como son la entrega de un informe escrito, una breve exposición oral por parte de cada alumno y el desarrollo de la actividad. En el **anexo 4** se muestra una rúbrica con la que podríamos calificar estos aspectos.

Conclusiones

El timbre de los instrumentos es la propiedad más característica, lo que les aporta su “personalidad”. Y acabamos de ver como esta cualidad tiene que ver con las frecuencias armónicas que se producen al tocar una nota, o de forma más general, al hacer música. Estos armónicos dependen tanto de aspectos relacionados con las características constructivas del instrumento como del material utilizado. No es lo mismo el sonido que produce un instrumento de viento-madera como un oboe que el de uno de viento-metal como la trompeta. Las frecuencias de resonancia para un material son diferentes de las del otro con lo que se consigue un timbre distinto.

7. Conclusiones y líneas futuras

Los teléfonos inteligentes se han convertido en una herramienta centralizadora que utilizamos para comunicarnos, informarnos, divertirnos y trabajar. Y como se ha manifestado en este documento, son una gran herramienta pedagógica cuya incorporación en la metodología docente puede aportar grandes beneficios en la educación de los adolescentes. Para lograr esto es preciso fomentar una integración responsable de su uso en las aulas. Esto implica necesariamente diferenciar entre el uso didáctico y recreativo de los teléfonos y crear una normativa sobre su utilización.

En nuestra propuesta hemos visto cómo se puede trabajar en varias asignaturas conjuntamente diseñando actividades que integren los contenidos curriculares de estas materias. Con una buena planificación entre docentes se pueden crear proyectos de trabajo que permitan una colaboración de los alumnos en los que se trabajen y se adquieran mejores y más completas habilidades.

Un aspecto a tener muy en cuenta, especialmente en los tiempos que corren en los que la enseñanza virtual irá tomando cada vez más importancia, el uso de materiales audiovisuales que puedan ser accedidos de forma remota y asíncrona es cada vez más importante como complemento de las clases presenciales teóricas o prácticas.

La creación de este material de apoyo por parte de los docentes es una actividad que mejorará la práctica docente, aportando nuevas habilidades a un profesorado cada vez más inmerso en la era de la información, en la que estar actualizado y a la última es fundamental para atraer la atención de nuestros alumnos y ocupar una posición de referente, que es en parte lo que se espera del nosotros.

Desde el punto de vista del aprendizaje del alumnado, la realización de actividades de forma autónoma es clave para el desarrollo de ciertas competencias, como son “Aprender a aprender” y “Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor”. Debemos adaptar nuestra metodología para movernos del clásico, y ya caduco, “yo explico, vosotros escucháis” hacia otros métodos de enseñanza que permitan al propio alumno ser el que diseñe y marque en cierta medida los pasos que debe seguir. Y sobre todo que aprenda y tome responsabilidad de sus errores, ya que este es el camino para lograr un aprendizaje de más calidad.

En este trabajo hemos hablado de los sensores de los teléfonos, de algunas aplicaciones que permiten obtener datos de ellos y hemos propuesto dos experimentos para trabajar aspectos relacionados con el sonido. Podría ampliarse añadiendo otro tipo de actividades prácticas con las que utilicemos otros de los muchos sensores que incorporan los teléfonos, aparte del micrófono y del altavoz.

Se podrían diseñar experimentos relacionados con la materia de Física para explicar contenidos relacionados con conceptos como son el péndulo o el plano inclinado, y que pueden ser de gran ayuda en el proceso de aprendizaje.

Los videos creados para este trabajo son bastante básicos pero pueden servir como referencia para futuros docentes que quieran utilizar este recurso como parte de su metodología. El visionado de los mismos puede dar una idea sobre el ritmo que se debe utilizar, la importancia de la incorporación de imágenes y gráficos que refuercen el discurso y la presentación de contenidos.

8. Referencias bibliográficas

- Augner, C., & Hacker, G. W. (2012). Associations between problematic mobile phone use and psychological parameters in young adults. *International journal of public health*, 57(2), 437-441. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s00038-011-0234-z>
- HyperPhysics (2016). Intensidad del sonido. Recuperado el 1 de septiembre de 2020 de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Sound/intens.html#c3>
- Institute of Physics of the RWTH Aachen University (s.f.). Phyphox. Recuperado el 15 de agosto de 2020 de <https://phyphox.org>
- Jaramillo, A. M. (2007). *Acústica: la ciencia del sonido*. Medellín, Colombia: Fondo Editorial ITM.
- Lawrence, J. E. & Tar U. A. (2018). Factors that influence teachers' adoption and integration of ICT in teaching/learning process, *Educational Media International*, 55:1, 79-105. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/09523987.2018.1439712>
- Martin, F. & Ertzberger, J. (2013). Here and Now Mobile Learning: An Experimental Study on the Use of Mobile Technology. *Computers & Education*, 68, 76-85. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.04.021>
- Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. Boletín Oficial de Castilla y León, 8 de mayo de 2015, núm. 86.
- Pedró, F. (2011). *Tecnología y escuela: lo que funciona y por qué*. Madrid, España: Fundación Santillana.
- Poushter, J., Bishop, C. & Chwe, H. (2018). Social media use continues to rise in developing countries but plateaus across developed ones. *Pew Research Center*, 22, 2-19.
- Ramírez, L. (2019). *Experimentación en Física con dispositivos móviles*. Recuperado el 13 de agosto de 2020 de <https://experimentacioliure.files.wordpress.com/2020/05/exfidismo-2019-3.pdf>
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 3 de enero de 2015, núm. 3.
- Sanagustín, A (2013). Anatomía del oído. Recuperado el 1 de septiembre de 2020 de <https://www.albertosanagustin.com/2013/09/anatomia-del-oido.html>

Shahid, F., Aleem, M., Islam, M. A., Iqbal, M. A., & Yousaf, M. M. (2019). A review of technological tools in teaching and learning computer science. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(11), em1773. Recuperado de <https://doi.org/10.29333/ejmste/109611>

Suárez, L. & del Mar Espinosa, M. (2020). Dispositivo de medición de bajo coste para la determinación de propiedades de aislamiento acústico. *Revista de acústica*, 51(1), 11-19.

Tortora, G. J. & Derrickson, B. (2007). *Principios de Anatomía y Fisiología*. (11.ª ed.). Madrid, España: Editorial Médica Panamericana S.A.

9. Enlaces a los vídeos

Canal de *Samu The Professor*:

<https://www.youtube.com/channel/UCjZr3ehYw4ETe8wr5BriW2g>

Video “¿Cómo funciona Phyphox?”:

<https://www.youtube.com/watch?v=mDDM4Y3En-E>

Video “Práctica 1. Medición de la intensidad de señales sonoras.”:

https://www.youtube.com/watch?v=DtAMa_N4YxY

Anexo 1. Imágenes de Phyxox.

Sensores

- Aceleración (sin g)**
Obtenga datos sin procesar del llamado acelerómetro...
- Aceleración con g**
Obtenga datos sin procesar del acelerómetro. Este s...
- Giroscopio (velocidad de rotación)**
Obtenga datos sin procesar del giroscopio.
- Luz**
Obtenga datos sin procesar del sensor de luz.
- Magnetómetro**
Obtenga datos sin procesar del magnetómetro.
- Presión**
Obtenga datos sin procesar del barómetro.
- Ubicación (GPS)**
Obtenga datos de posición sin procesar de la naveg...

Acústica

- Amplitud de audio**
Obtén la amplitud de los sonidos.
- Autocorrelación de audio**
Mide la frecuencia de un solo tono.
- Efecto Doppler**
Detecta pequeños cambios de frecuencia del efecto...
- Espectro de audio**
Muestra el espectro de frecuencia de una señal de a...
- Generador de tonos**
Genera un tono de una frecuencia específica.
- Historial de frecuencia**
Mida el cambio de frecuencia a lo largo del tiempo p...
- Sónar**
Mide distancias a través de ecos y la velocidad del s...
- Visualizador de audio**
Muestra datos de audio grabados.

Herramientas

- Espectro de aceleración**
Muestra el espectro de frecuencia de los datos del a...
- Espectro Magnético**
Mostrar el espectro de frecuencia de datos del mag...
- Inclinación**
Mida el ángulo de inclinación del teléfono.
- Regla magnética**
Use una serie de imanes para medir la distancia, la v...

Mecánica

- Aceleración centrípeta**
Visualiza la aceleración centrípeta en función de la v...
- Colisión Inelástica**
Determine la energía perdida durante colisiones inel...
- Péndulo**
Determine la constante de gravedad ($g = 9.81\text{m} / \text{s}^2$)...
- Resorte**
Analice de frecuencia y período de un sistema mec...
- Rodar**
Coloque su teléfono en un tubo y determine su veloc...

Temporizadores

- Cronómetro acústico**
Obtenga el tiempo entre dos eventos acústicos.
- Cronómetro de movimiento**
Obtenga el tiempo entre dos eventos de movimiento.
- Cronómetro de proximidad**
Mida los tiempos en función del sensor de proximidad.
- Cronómetro óptico**
Medición del tiempo basada en la luz incidente en su...

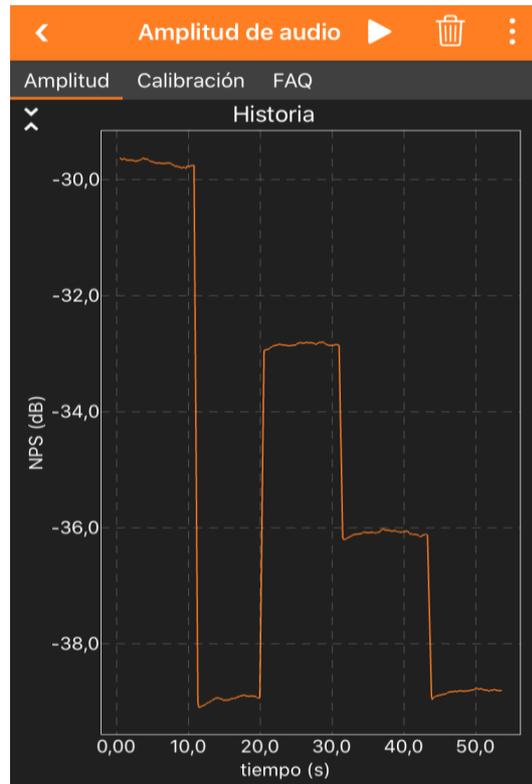
Vida cotidiana

- Ascensor**
Determina la velocidad de un ascensor usando un b...
- Medidor de aplausos**
Asignar puntajes a la longitud y amplitud de un apla...

Figuras 51-56. Utilidades de las secciones de Phyxox. Tomado de Phyxox.org

Anexo 2. Mediciones de nivel de presión sonora.

1ª medida



Figuras 57,58. Imágenes de la evolución de los valores de la intensidad.

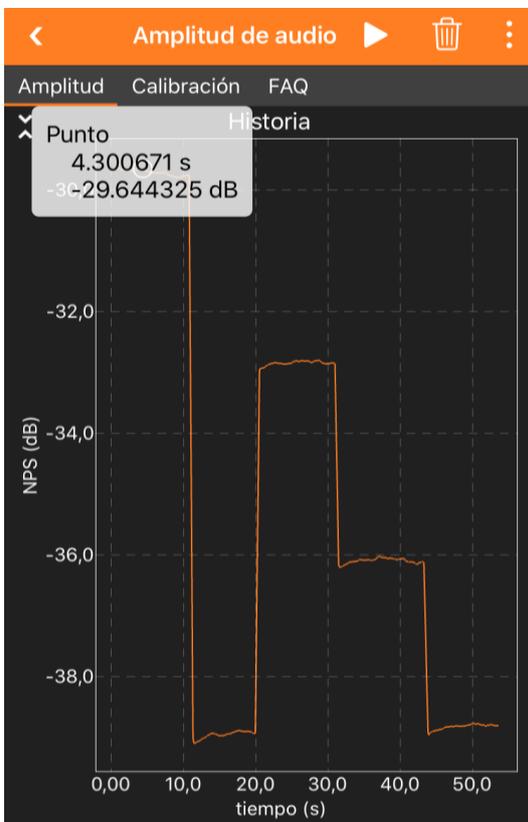


Figura 59. Emisor al aire libre.

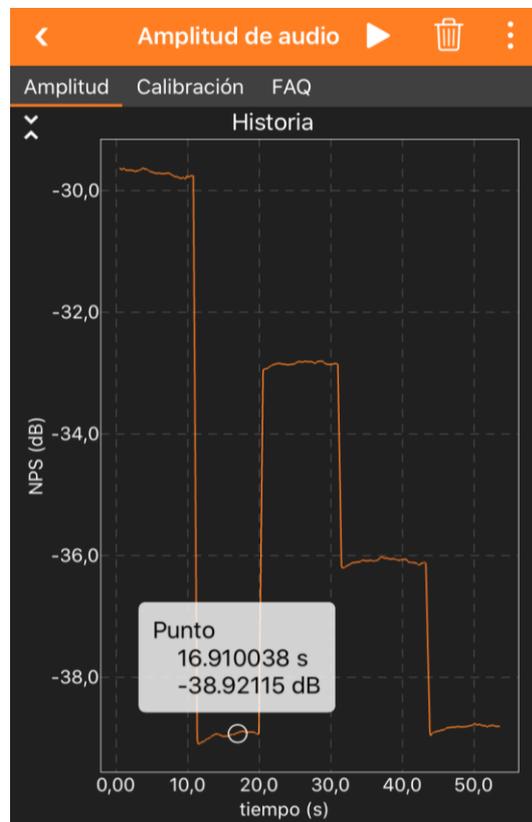


Figura 60. Emisor dentro de una caja de cartón.

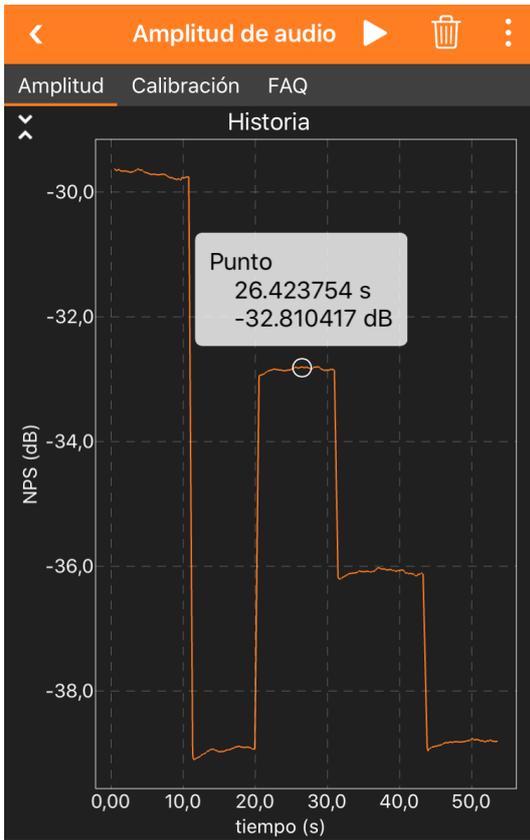


Figura 61. Emisor envuelto en plástico.

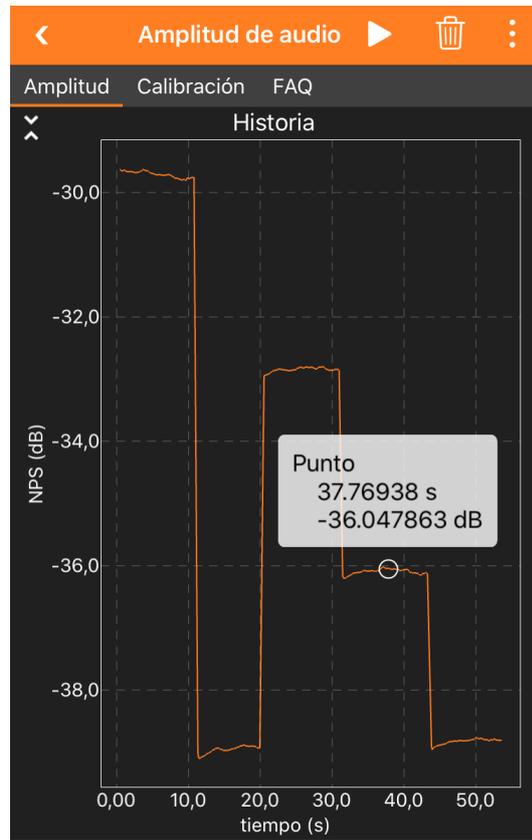


Figura 62. Emisor envuelto en una toalla.

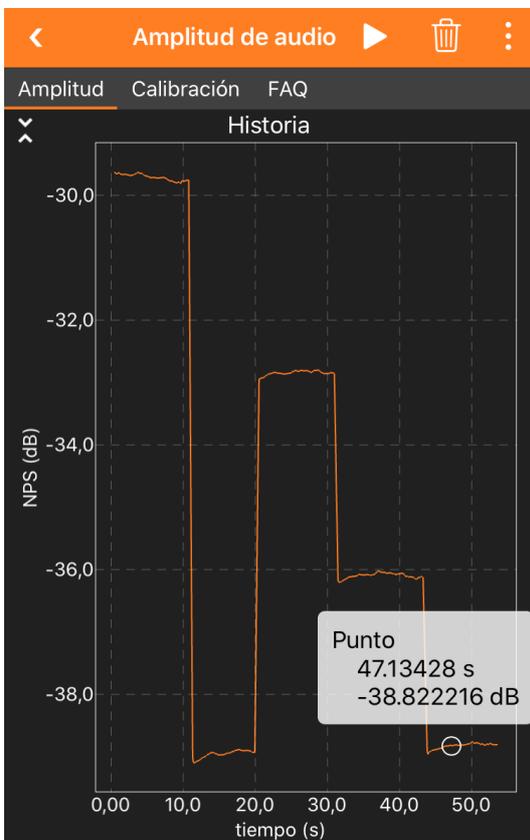
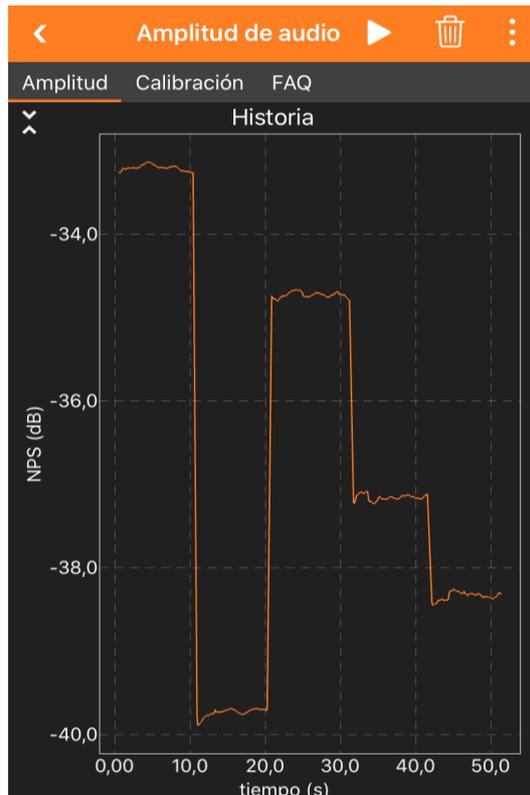


Figura 63. Emisor envuelto en una manta.

2ª medida



Figuras 64,65. Imágenes de la evolución de los valores de la intensidad.

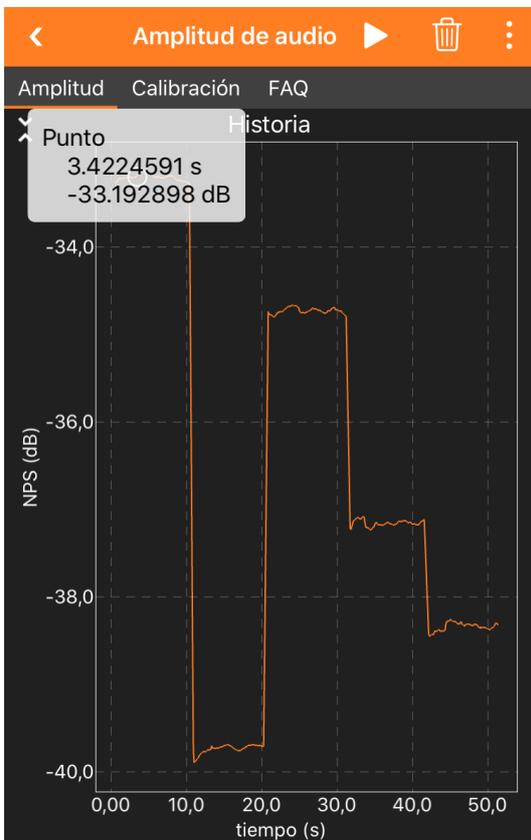


Figura 66. Emisor al aire libre.

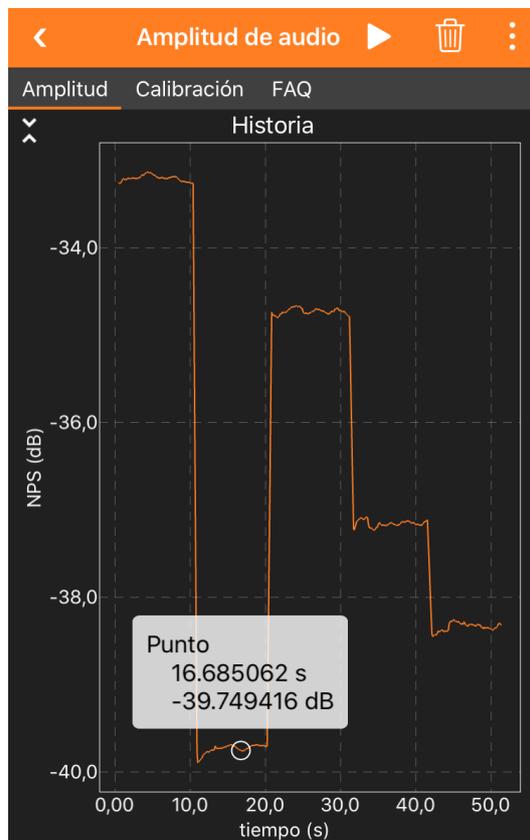


Figura 67. Emisor dentro de una caja de cartón.

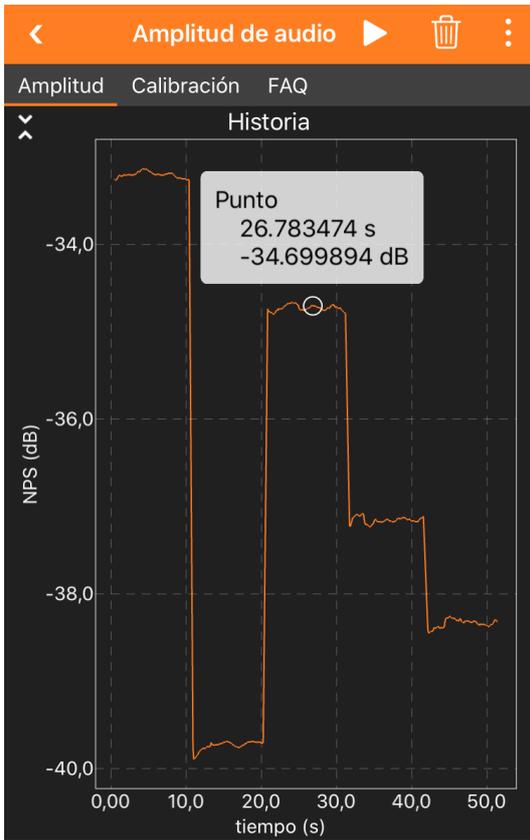


Figura 68. Emisor envuelto en plástico.

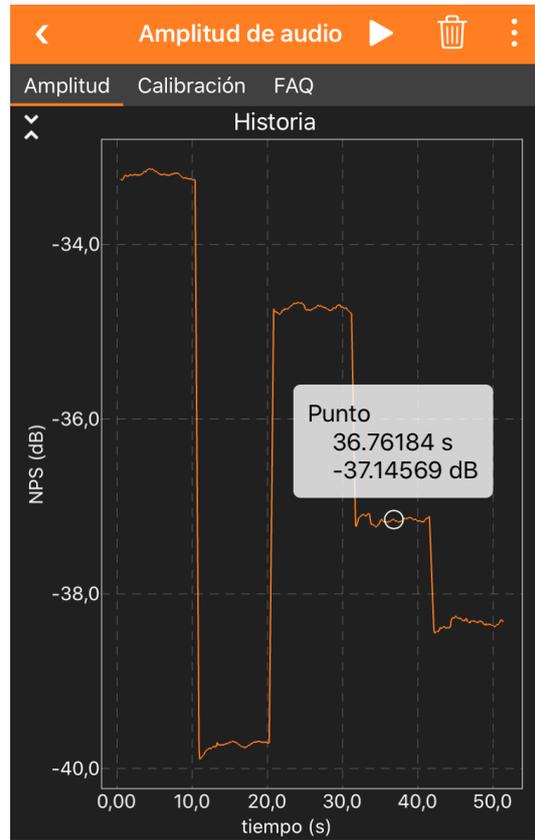


Figura 69. Emisor dentro de una caja de cartón.

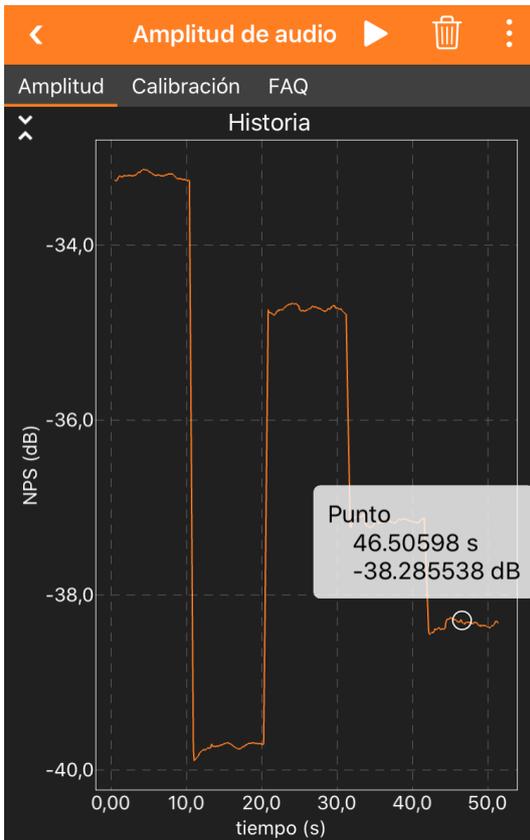
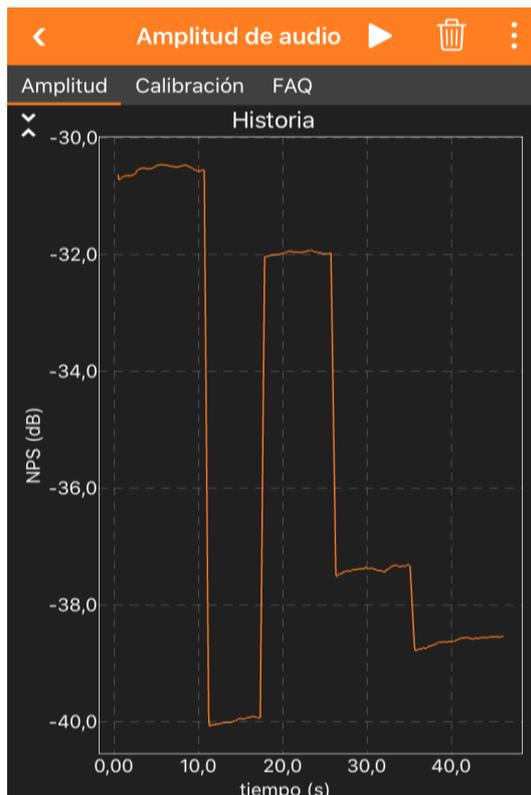


Figura 70. Emisor envuelto en una manta.

3ª medida



Figuras 71,72. Imágenes de la evolución de los valores de la intensidad.

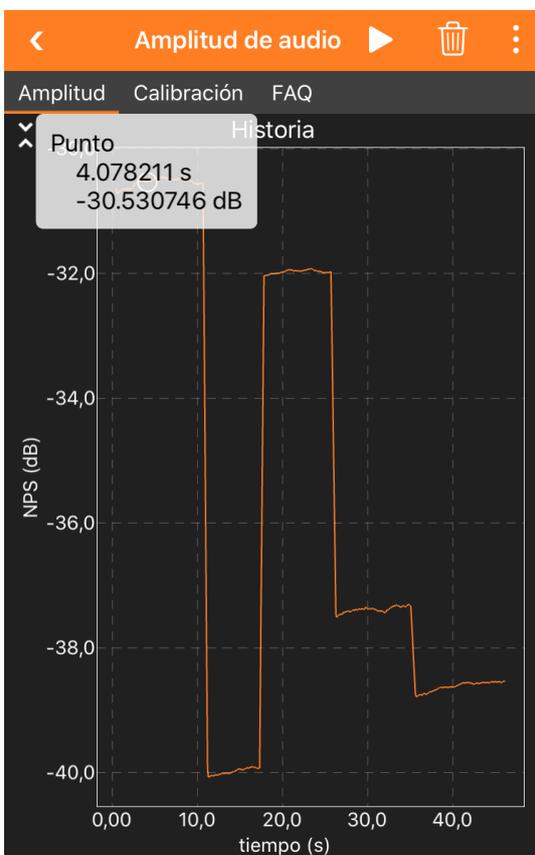


Figura 73. Emisor al aire libre.

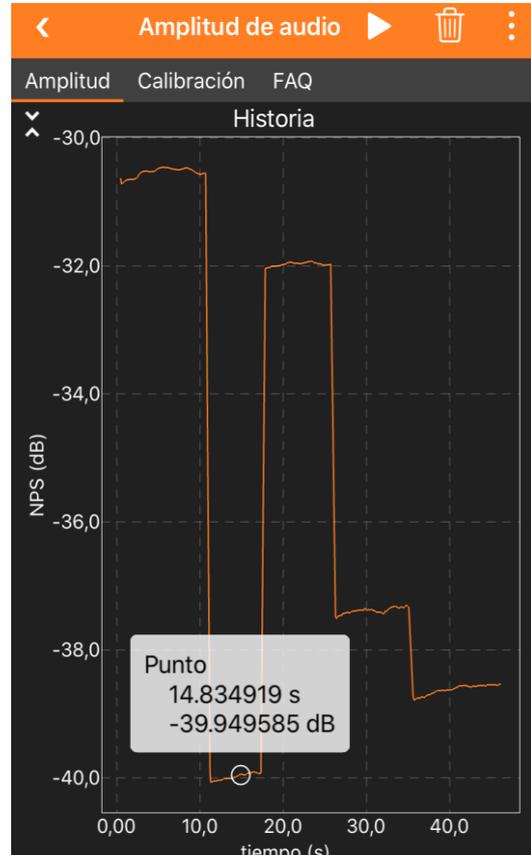


Figura 74. Emisor dentro de una caja de cartón.

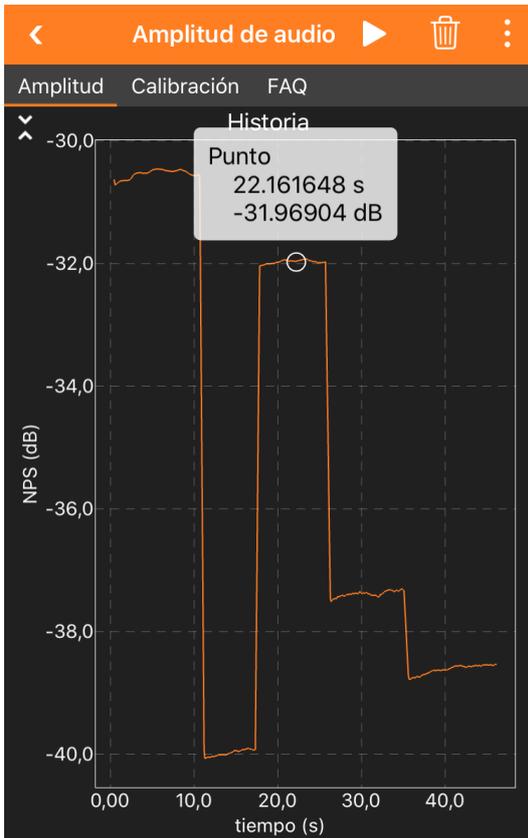


Figura 75. Emisor envuelto en plástico.

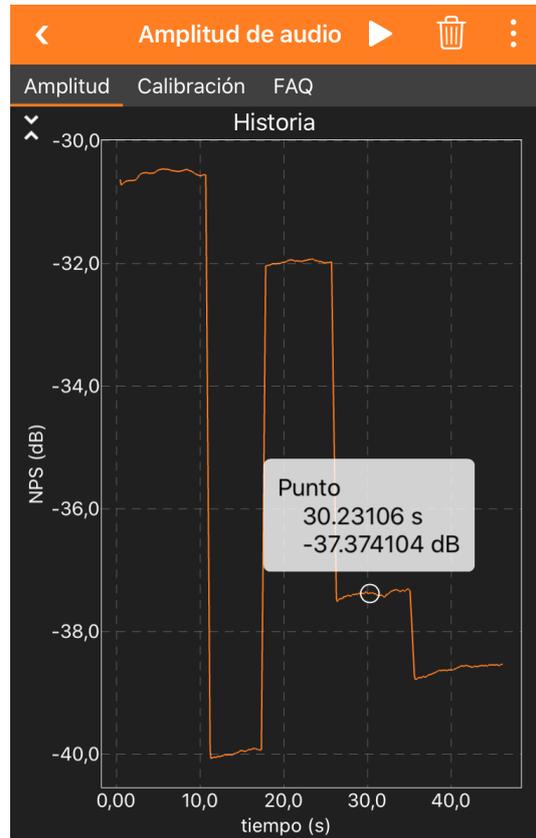


Figura 76. Emisor dentro de una caja de cartón.

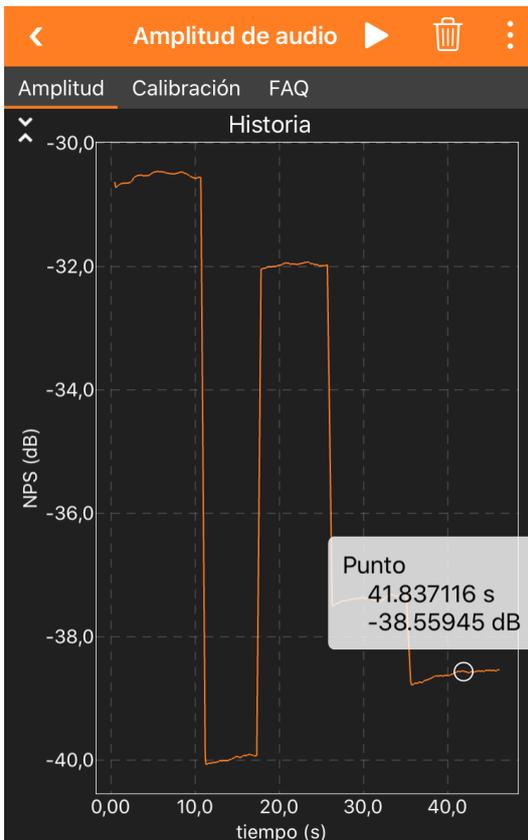


Figura 77. Emisor envuelto en una manta.

Anexo 3. Espectros de frecuencia de sonidos emitidos por distintos instrumentos tocando la nota La4.

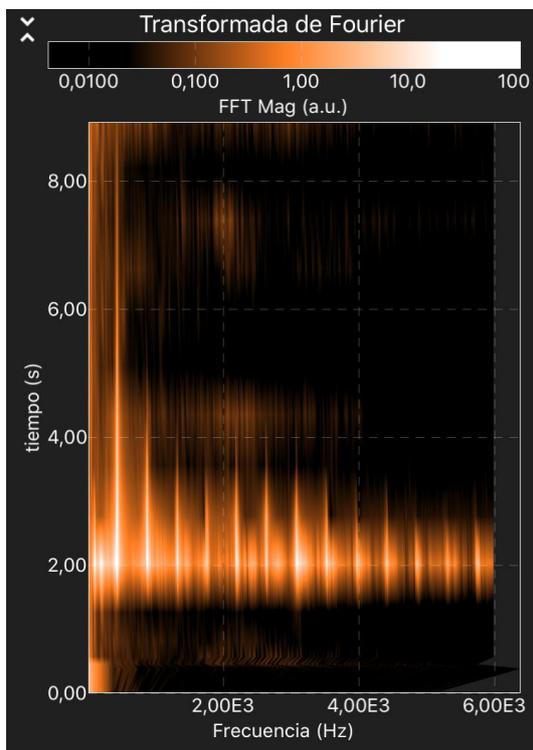


Figura 78. Guitarra clásica

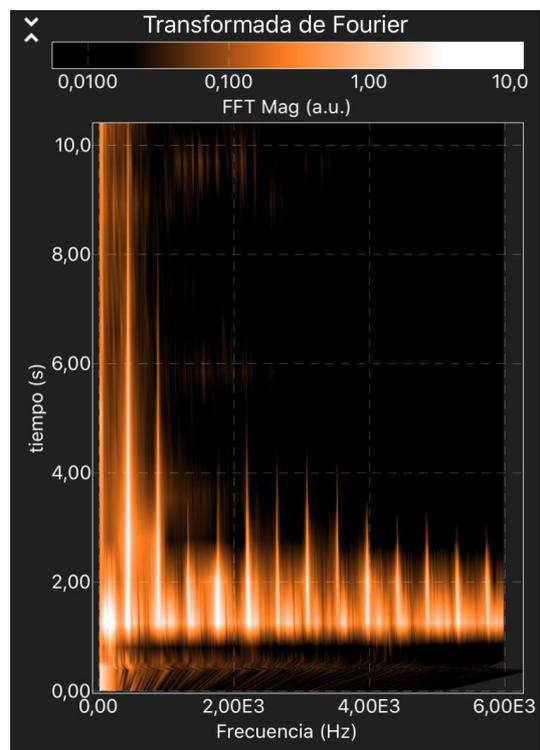


Figura 79. Guitarra acústica.

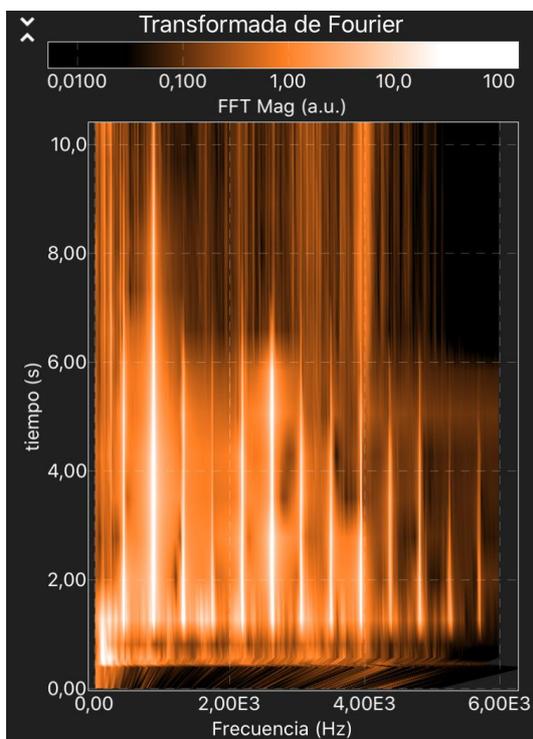


Figura 80. Guitarra eléctrica (limpio).

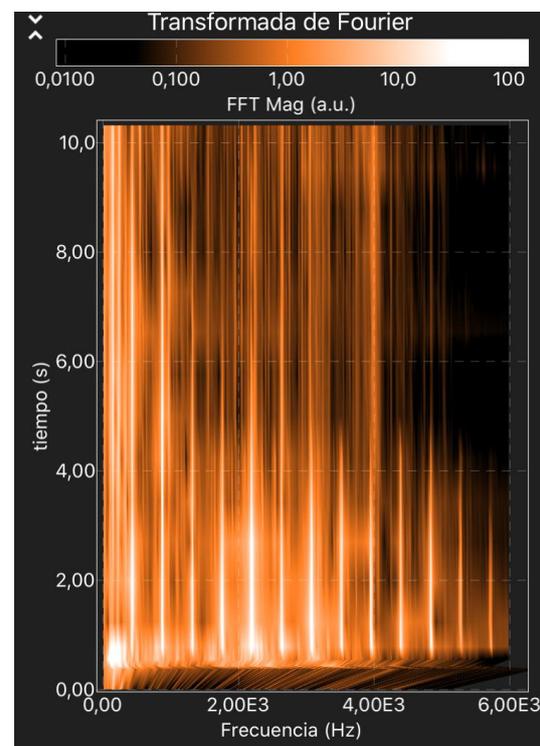


Figura 81. Guitarra eléctrica (distorsión).

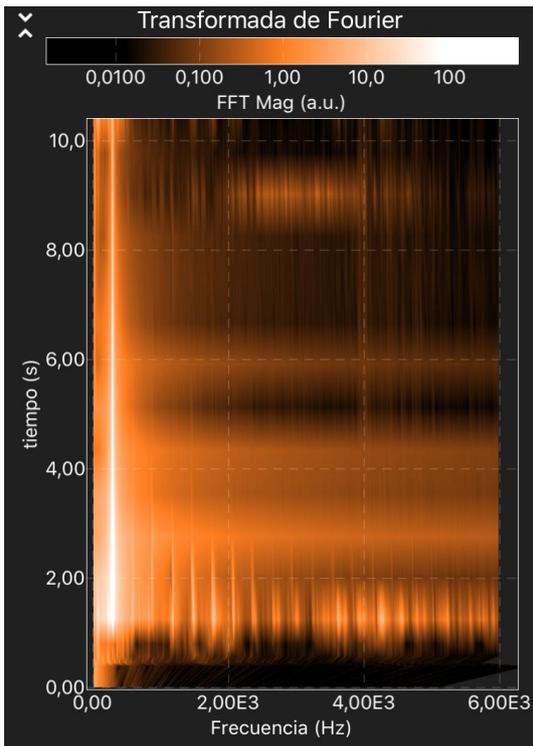


Figura 82. Bajo eléctrico.

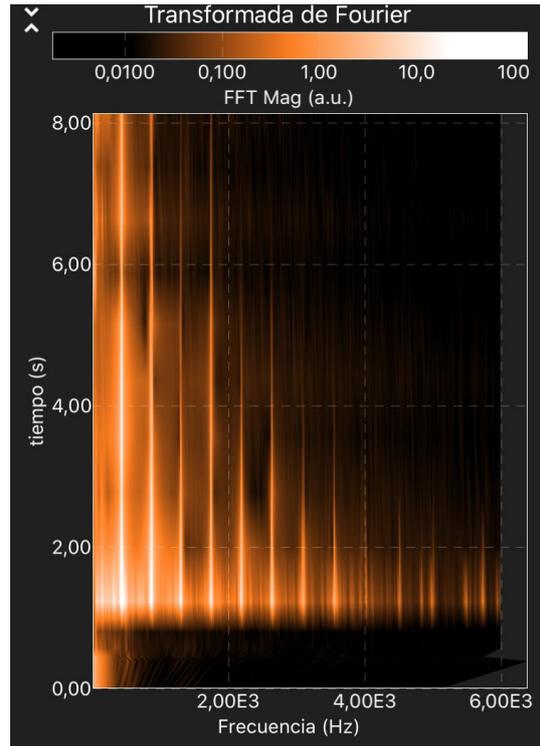


Figura 83. Piano.

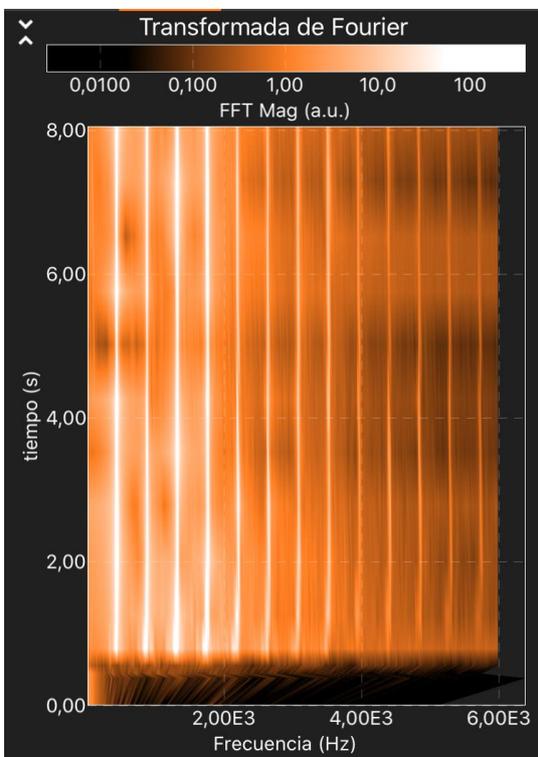


Figura 82. Trompeta.

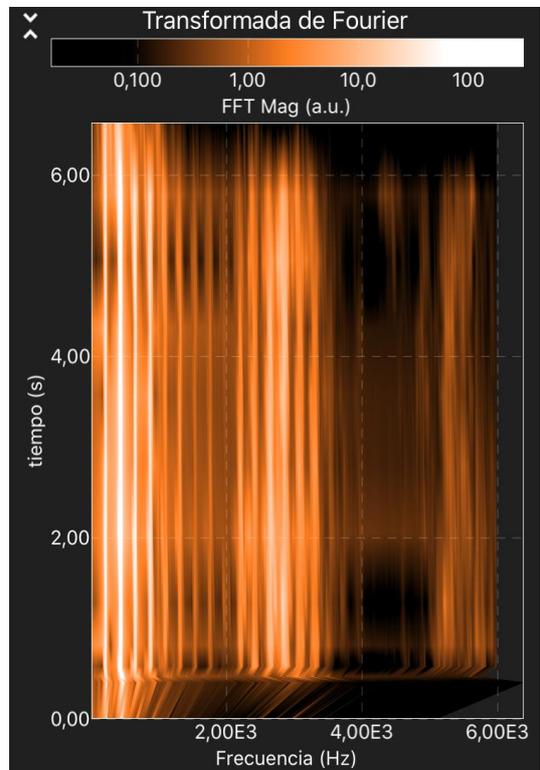


Figura 83. Voz humana.

Anexo 4. Rúbrica de evaluación de las prácticas propuestas.

| Criterios | Muy bien (3) | Bien (2) | Regular (1) | Deficiente (0) |
|-----------------------------------|--|--|--|---|
| Informe de la práctica | El informe presentado está completo, incluyendo detalladamente los apartados de: - medidas - gráficas - análisis de resultados. | El informe presentado está completo pero no incluye uno de los apartados: -medidas -gráficas -análisis de resultados, o no está suficientemente detallado | El informe presentado está completo pero no incluye varios de los apartados: -medidas -gráficas -análisis de resultados, o no está detallado | El informe no se ha presentado |
| Presentación oral | Realiza un buen análisis. El material de apoyo es de buena calidad y completo. | Realiza un análisis parcial . El material de apoyo es de calidad aceptable . | Realiza un análisis muy superficial . El material de apoyo es de baja calidad . | No realiza la presentación oral. |
| Desarrollo de la actividad | Es puntual. Realiza el experimento de acuerdo al procedimiento. Obtiene los resultados esperados. | Es puntual. Realiza el experimento de acuerdo al procedimiento. No obtiene los resultados esperados. | Es puntual. No realiza el experimento de acuerdo al procedimiento. No obtiene los resultados esperados. | No es puntual. No realiza el experimento de acuerdo al procedimiento. No obtiene los resultados esperados. |